
01

Manuscripts and Documents on the History of Physics: A Historical Materialist Textbook

Boris Hessen



Verum Factum
Studies and Sources on
Political Epistemology

Verum Factum 01

Manuscripts and Documents on the History of Physics: A Historical Materialist Textbook

Boris Hessen

Edited by Pietro Daniel Omodeo
and Sean Winkler

Foreword	7
Essays	
An Unpublished Manuscript by Boris M. Hessen: Materials and Documents on the History of Physics Rose-Luise Winkler	11
“A Pantheon of Great Ideas”. Boris Hessen and the History & Philosophy of Science Sean Winkler	35
The International and Interdisciplinary Circulation of Boris Hessen’s Theses Gerardo Ienna	75
Boris Hessen’s Philosophy of the Scientific Revolution Pietro Daniel Omodeo	133
Translation and transcript	
Socio-economic Prerequisites for the Emergence of Classical Physics (selection) Boris Hessen	187
Социально-экономические Предпосылки Возникновения Классической Физики Б. Гессен	269
Biographies	843
Colophon	846

FOREWORD

Verum Factum provides a transdisciplinary forum of discussions about the development, goals and consequences of epistemic activity. It fosters the publication of studies on the cultural-historical, socio-economic, environmental and especially the political dimensions of knowledge and scientific research.

The series starts with an unpublished work of a paradigmatic author, Soviet scholar Boris Hessen (1893-1936), who instigated the socio-political history of science. His famous essay on the “Socio-Economic Roots of Newton’s *Principia*” (1931) signalled—and at the same time inaugurated—a new era in science and technology studies. His relevance goes far beyond the sociological history of science, to which the appreciation of his legacy has often been limited, because he rather called for an integration of scientific education, socio-economic explanation, philosophical reflection, and political activism. He programmatically did so on Marxist grounds.

Hessen’s work raises the question about the collective praxis of knowledge and its underlying norms, aims and social orientation. In this regard, it is the ideal work with which to begin a series in historical and political epistemology, for which we chose the title *verum [ipsum] factum*, coined by Giambattista Vico. Accordingly, we aim to explore the emergence of knowledge cultures and techno-scientific societies from the global perspective of human activity and imagination. Hessen’s later synthesis of history of science and material history imbues Vico’s historicist position with concrete epistemological meaning by showing the relation of practical and conceptual aspects in the formation of scientific categories.

The present publication combines the transcript of the proofs for Hessen’s unpublished textbook, an English translation of selected parts and our appreciation of Hessen’s work within a broader historical and geographical picture.

Hessen’s textbook was an attempt to develop a historical-materialist model of scientific development in direct engagement with original source materials. In terms of Hessen’s oeuvre it may help to clear up at least two misunderstandings. First, it shows that his famous essay of 1931 by no means was an *ad hoc* improvisation; rather, it was based on years of preparation. Many of the texts he included in the textbook were translated by him and others for the first time into Russian, and presented classical physics as a crucial case study in the evolution of science and knowledge in general. Second, and more importantly, the textbook proves that Hessen was not so much trying to put forth an

unduly reductionist view, constraining the dynamics of scientific development to economic impulses, but rather tried to take into account as many aspects as possible. This already went beyond a clear-cut distinction between internal and external factors in knowledge dynamics.

The commentary essays in this volume contextualise Hessen's work from different perspectives. The leading thread is the common interest in his approach, i.e. the methodological project concerned with the connections between capitalism and science at a material as well as ideological level. The essays range from the particular historical background of his work and life, to Hessen's work in physics and the general reception of his historical work, in particular in connection with the historiographic category of the Scientific Revolution. Indeed, Hessen did not limit himself to the English case nor to the seventeenth century as the time of emergence of Newton's physics. Instead, he broadened the scope of his spatial and temporal exploration, in order to present mechanics as just one aspect of a more complex historical and political diagnosis of the main trends of techno-scientific modernity. His textbook includes sources as varied as the scientist-engineers of the Renaissance, German rationalist philosophy and legal culture, French absolutist programs of science institutionalisation, mercantilism, and the beginning of colonial globalisation. From this perspective, a common multifaceted process shaped the forms of epistemic development fuelled by economic and political interests.

In methodological terms, Hessen's approach shows how historical and philosophical as well as scientific and socio-economic levels can be integrated into a complex picture of the formation of science in both ideal and material sense. Today, the inquiry into connections of science, knowledge and emancipation as the products of the historical metabolism between human societies and their environments, in which scientific truth and objectivity are grounded, is still a project of great cultural and political urgency. With this volume we intend to launch a book series that will support and contribute to this end.

Sascha Freyberg and Pietro Daniel Omodeo
for the editorial collective of *Verum Factum*

An Unpublished Manuscript by Boris M. Hessen: Materials and Documents on the History of Physics¹

Rose-Luise Winkler

Boris Mikhailovich Hessen (russ. Gessen), the Soviet scientist, physicist, philosopher, sociologist and historian of science who came from the Ukraine, belongs to that generation of Marxist-oriented scientists who died tragically before their time. As we know today, B.M. Hessen was convicted on fabricated charges by the High Military Court of the USSR and executed on the same day. He was 43 years old.

His destiny is exemplary of many scientists who fell victim to Stalinist repression. The exact date of his conviction only became known through the publication of information from his investigative file from the central archives of the KGB via the work of Gennadij E. Gorelik in 1992.² Until this time, it was thought that he died in 1938,

¹ The proofs were found by Vladimir S. Kirsanov in the estate of A.P. Juškevič in December 2004 and kindly made available to me after being transferred to a CD-ROM in the spring of 2005. This article is a shortened, revised version of my lecture “Boris Hessen and the Origins of Sociology of Science in the Soviet Union (Russia)” given at the XXII. International Congress of the History of Science, Beijing 24–30 July 2005. It was published in *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät* 92 (2007): 133–152. This presentation was given to the class in the social sciences and humanities on 14 December 2006, and was dedicated to Boris Hessen on the occasion of the seventieth anniversary of his death on 20 December 2006.

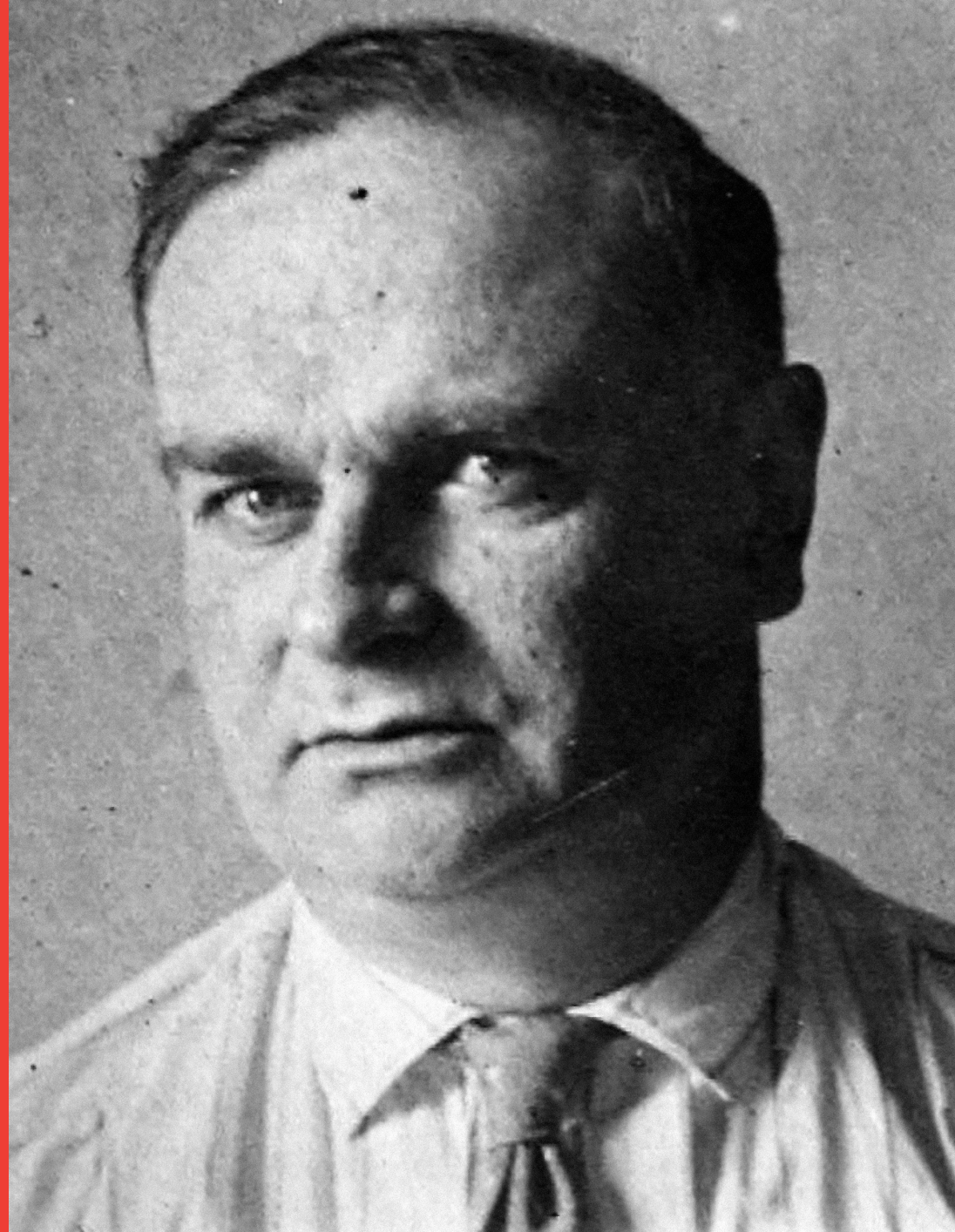
² Г.Е. Горелик, “Москва, физика, 1937,” *ВИЕТ*, № 1 (1992): 15–32; German: G. E. Gorelik, *Physicists under Stalin* (Braunschweig, 1995), 98–133.

but one can hardly ward off a macabre feeling today when these dates are falsely given in important publications.³ The date of his death is falsely specified in earlier publications. This can be concluded from the very extensive documentation from the commission for the history of knowledge at the Academy of Sciences of the USSR, which appeared in 2003.⁴ According to this information, Hessen was arrested no later than the 1st of September 1936 and then died in exile. Whether it is a case of conscious falsification of the data or only ignorance (more specifically, insufficient diligence) requires concrete evidence that is not available to me at the present time. The report referred to by G.E. Gorelik from the collection of the Physics Institute of the Academy of Sciences in Moscow (FIAN) from 1937 makes it clear that the participants did not know that Hessen was no longer alive at this time. Additionally, in the summer of 2005, Eugen L. Fejnberg⁵ shared his memories of two general assemblies of students and doctoral candidates which took place at the Physics Faculty of the MGU. Fejnberg also had the opportunity to attend lectures given by Hessen between 1930-1935. According to him, the allegations against Hessen were never made public, though allegedly, he created a “treasonous teaching

3 Thus in the compendium *Академия наук. Персональный состав, vols. 1 and 2*, 2nd edition (Moscow: Publisher of Science, 1999), 176, one can find the following entry notes: Гессен, Борис Михайлович. Родился 28 августа 1883 г., Елизаветград Херсонской губ., Умер 9 августа 1938 г., Москва (?), Философ. Член-корреспондент по отделению общественных наук (философия), с 1 февраля 1933 г. This data can also be found in the CD-ROM “The Russian Academy of Sciences 1724-1999”, in Russian and English (as well as in Internet publications): Boris Mikhailovich, Born on August 28, 1883, Died on August 9, 1938, Philosophy, Corresponding Member of the Division of Social Sciences, since February 1, 1933.

4 See Комиссия по истории знаний – 1921–1932 гг. Из истории организации историко-научных исследований в Академии наук. Составители: В.М. Орел, Г.И. Смагина. Изд.-во Наука (Ст. Петербург, 2003), 580, 681. The year given here, 1936, is correct, but the date of birth is wrong (1883). Ibid. Unfortunately, data is often adopted today without prior checking. In Hessen's case, this is also reflected in the international literature.

5 Evgenij L'vovic Fejnberg (1912 – 10.12. 2005), KM (1966) und OM (1997) of the Russian Academy of Sciences. At the beginning of August 2005, I spoke with Eugen L'vovič in his apartment in Moscow.



program of Physics”.⁶ The Physicist Grigorij S. Landsberg defended the program. According to Fejnberg, “He (Landsberg) had created the program, not Hessen.”⁷ Fejnberg could not be certain as to the exact time the general assemblies took place (1936?)⁸: “They spoke of ten years exile for such offences. Hessen had established a small circle for students to discuss philosophical questions concerning the natural sciences. He could have participated [in that circle], however he decided for another circle.”

We cannot provide any answer to the question as to whether a definitive program of Hessen’s underwrit these disputes, and whether this program already existed in the well-known lecture from 1931 or in the contents of the manuscript — which was not published but which we have received in the aforementioned proofs. Likewise, the most important witnesses of the time who could have provided information are no longer alive.

As the aforementioned source documents indicate, Hessen was excluded from the Academy of Sciences via a decree by the general assembly on the 29th of April, 1938.⁹ A corresponding decree from the 5th of March in 1957 rehabilitated him.¹⁰ According to statements of the Russian society, *Memorial*, the physical remains of B.M. Hessen, as well as those of Arkadij O. Apirin who was convicted with Hessen, lie in Donskoe cemetery in Moscow.¹¹ Branded as an enemy of the people and a traitor, his works were removed from the libraries of his home

6 Regarding this, compare Е.Л. Фейнберг, “Вавилов и Вавиловский ФИАН,” in *Эпоха и личность. Физика. Очерки и воспоминания* (Москва: Физматлит, 2003), 241.

7 Ibid.

8 That could be true, because Hessen’s arrest could not have gone unnoticed.

9 Compare Комиссия по истории знаний — 1921 – 1932 гг. Из истории организации историко-научных исследований в Академии наук. А.а.О.

10 Ibid. This was preceded by the rehabilitation decided upon by the Supreme Military Court of the USSR on April 21, 1956, by which Hessen’s arrest was annulled for lack of a sufficient reason.

11 Internet publication by *Memorial* (<http://www.memo.ru>). Compare Boris Hessen, *Wikipedia*.

and he was also never mentioned again in Soviet scientific publications. Igor E. Tamm¹², above all, had urged for Hessen's rehabilitation; they had studied together in Edinburgh and were friends since childhood.¹³ In the portentous years between 1936-1937, Igor E. Tamm lost not only Boris Hessen, who was one of his closest friends, but also his brother and many of his closest relatives and pupils.

Regarding the false entry of Hessen's birth date, the error¹⁴ appears to be a result of his imprisonment as most of the information regarding him and his activities was deleted from the relevant archives and are no longer accessible. Some evidence has nevertheless been preserved: from the collections of the Communist Academy (Komakademija), there is a personal statement from 1924 (handwritten) and two of his CVs, one handwritten from 1924¹⁵ and one typed from the handwriting department of the State Russian Library from 1930.¹⁶ Both CVs contain an unambiguous birthdate of 1893.¹⁷ One can also consult the matriculation certificate from 1913-1914 from the

12 I.E. Tamm (1895–1971), Nobel Prize for Physics 1958.

13 On the occasion of the 100th birthday of I.E. Tamm, the magazine *Priroda* published a special issue with memories from his contemporaries, students and a number of his original documents, in which the fate of Boris Hessen is also mentioned. Cf. К 100-летию Игоря Евгеньевича Тамма, *Специальный выпуск. Природа* № 7 (1995). See also Е.Л. Фейнберг, *Эпоха и личность. А.а.О.*, 60.

14 This is probably a printing error. This date is also in the compendium: *Научные работники Москвы. Часть IV* (Ленинград, 1930), 63. There it states: Гессен Б.М. доц. Каф. Истории и философии естествознания при МГУ, н. сотр. Комакадемии; физика, методология точн. Естествознания, обоснование статистич. Механики и теории относительности. ~ Пл. Свердлова, 2-й дом Советов, кв. 21, тел. 2-80-77 (16 VIII 83 Елизаветград).

15 Compare Автобиография Б.М. Гессена. 8. VII. 1924. Архив АН СССР. Фонд 364 (Komakademie/IKP). Опись За. № 17. Л. 3. (reproduced in the Appendix).

16 Автобиография Б.М. Гессена. Отдел рукописей ВГБИЛ, Фонд 384 (В.И. Невский), папка 6, ед. Хр. 15

17 These two documents are based on my information about Hessen's year of birth. Cf. My short biography, "B.M. Hessen," in *Portraits of Russian and Soviet Sociologists. Special Issue* (Berlin-Moscow, 1990), 126-130, (German and Russian, 1987-1988: 208-210, 168-170). An abridged account is contained in *Социологи России и СНГ XIX -XX вв. Библиографический справочник. Идиториал УРСС* (Москва, 1999), 64.

University of Edinburgh, where his name is written as Hessen and his age is given as 20 years old. This piece of evidence is handwritten as well.¹⁸ We also have printed evidence of I.E. Tamm's studies in Edinburgh from 1913-1914 (non-graduation certificate, Faculty of Arts) with a signature from E.T. Whittaker.¹⁹ One can assume that Hessen received such a certificate as well.

The sparse biographical accounts that we do have of Boris Hessen (no reliable information regarding his family can be ascertained, despite many attempts on my part) primarily concern details such as his fields of activity and publication areas, as indicated in the two CVs previously mentioned. We also have E. Tamm's reminiscences. Some additional fragments of information can be gleaned from consulting the archive of the Russian Academy. One depiction, which is given by Leonid V. Levsin in the book "The Deans of the Physics Faculty at Moscow University", is based on an evaluation of archival documents of Moscow University. It appeared in 2002 for the then-approaching 250-year celebration of the MGU in 2005.²⁰ His complete chronology of teaching in Physics includes a historical time period from 1756 until the present day. From 1805 to 1930, Levsin mentions the deans of the physics-mathematical *otdelenije* and later the faculty; an independent physics *otdelenije* came to be for the first time and was later remodelled into a faculty in 1933 with Boris Mikhailovich Hessen as the first Dean.²¹ From February 1931 until November 1934, Hessen was Dean of the first independent Physics Faculty of Moscow University and

18 University of Edinburgh Matriculations (1913-1914), 45, No. 873. The University requires a sum of 12 pounds for a copy of this certificate. The copy is in my private archive.

19 Compare "И.Е. Тамм в дневниках и письмах," *К 100-летию Игоря Евгеньевича Тамма*. А.а.О: 137.

20 Л.В. Лёвшин, *Деканы физического факультета Московского университета* (Москва, 2002). Leonid V. Levšin has been the Director of the *Otdelenije* for experimental and theoretical physics at the MGU since 1969. The archive of the MGU was not accessible to me personally and closed in 2004-2005 due to relocation of the library to the new building.

21 *Ibid.*, 18, 198-203.

from 1930 until his imprisonment, Director of the Physics Institute at the MGU. In 1934, FIAN was founded in connection with the relocation of the Academy from Leningrad to Moscow; its director, Sergej I. Vavilov, selected Hessen as his deputy. His successor in the office of Dean was the Physicist, Semen E. Chajkin.

Hessen was a member of various scientific committees (the natural sciences section of the Komakademie, the AdW of the USSR, and the GUS) and an editor at the following periodicals: The *Natural Sciences and Marxism* (Естествознание и марксизм), *Advancements in Physics* (Успехи физики), *Physics Journal of the Soviet Union* (published from 1932-1936 in Kharkov in German by the highest advisory body for economic organization in the USSR), the series *Biographies of Prominent People* (Биографии замечательных людей), the *Great Soviet Encyclopedia* (first edition) as well as the translation series *Classics of the Natural Sciences*.

From 1928, Hessen began publishing papers on questions in theoretical physics, on the methodology, philosophy and history of the natural sciences as well as on questions of teaching and formation (*Ausbildung*) in theoretical physics and in the natural sciences. The most-well known was his lecture “Социально-экономические корни механики Ньютона” (The Socio-Economic Roots of Newton’s *Mechanics*)²², which he presented at the 2nd International Congress for the History of Science and Technology in London.²³ Today, this lecture counts as a seminal work in science studies and the sociology of science. The lecture has been translated into six European languages

22 Published in 1933 and 1934 as a single publication. Reprinted in 1992 and 1998 in: R.-L. Winkler, *Из истории социологии науки: советский период 1917-1935, У истоков формирования социологии науки. Россия и Советский союз. Первая треть XX. века. Тюмень.*

23 Boris Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*,” in *Science at the Crossroads. Papers presented to the International Congress of the History of Science and Technology held in London from June 29th to July 3rd, 1931 by the Delegates of the URSS* (London: Russian Foreign-Languages Press, Kniga, 1931), 149–212.

as well as into Japanese, and has been repeatedly published.²⁴ The majority of the translations use the English version from 1931 as their foundation, which unfortunately contains a number of errors, above all in the reproduction of technical terms as well as in the erroneous entries of names of people and places.²⁵ The chosen topic, which is already clear in the title “socio-economic roots” is for example distorted in the German translation (by comparison with the English version), as the terms social and economic are separated.²⁶ Hessen understood these terms in a sense that can be traced back to Marx’s formation theory approach, which is derived from the concept of the “economic formation of society” (*ökonomischen Gesellschaftsformation*). In the English translation, we find the expressions “economic formation of society” and “economical formation of society,” which stems from Marx and Engels themselves.²⁷ By contrast, the concept of the “socio-economic formation” and the adjective “socio-economic” are not present. They are rather traceable to Hessen. These are equivalent to later descriptions of the question of societal determination by social phenomena (like science, art, culture, production, etc.) used in Marxist-oriented sociology and scientific research.

24 English (Sidney 1946, Lexington Mass. 1968, London 1971, New York 1971), Swedish (Stockholm 1972), German (Frankfurt a.Main 1974), Spanish (Havana 1985, Montevideo 1988, Pentalfa, Oviedo 1999, Barcelona 2001), French (Paris 1978 & 2006), Italian (Bari: De Donato 1977), Japanese (S.R. Mikulinskij speaks of two editions: С.Р. Микулинский. Очерки развития историко-научной мысли. Москва 1989).

25 Various questions arising from the translation have been pointed out in different ways in the literature. However, the full scope of the shortcomings in the translation have only now been made clear through a comparison with the Russian version as well as an examination of Hessen’s lecture. Efforts from GDR scientists to make a new translation and edit were unsuccessful up until the end of the 1980s.

26 J.G. Crowther’s formulation from 1935, given in the German translation [translated here into English–Ed.], is even more meaningful: “The Social and Economic Causes of Newton’s Principia”. See the Introduction to *Great English Researchers: From the Lives and Work of Great English Scientists in the 19th Century* (Berlin, 1948), 10.

27 For help in finding the English terms in K. Marx and F. Engels regarding the concept of formation, I would like to thank Mrs. Regina Roth of the academy-project MEGA at the BBAW.

The fact that Hessen initiated such a widespread discussion despite the errors and weaknesses of the translations—as is given expression in the reception of his work since 1931—speaks for the productivity of his approach. The impact of his contribution is comparable with the concept of a paradigm shift from Thomas Kuhn in the history of science in the 60s and 70s. The concept of socio-economic determination was, in the following period, one of the most important foundational concepts for sociological analysis, because it translated assertions about the relationship between societal formations and science into empirically graspable and comprehensible facts. In so doing, Boris Hessen formulated one of the cardinal problems of scientific-sociological research and posed the relevant questions with a specific object in mind: Was Newton an exception? Can Einstein's theory of relativity be situated within this perspective today? How does the formation theory approach and its conception of modernity, which was shaped by Marxism, stand today? This question is rarely considered today, if not deliberately shunned. That it has not been solved is due neither due to limited theoretical interest nor from insufficient significance; rather, it constitutes one of the contemporary problems of the development of the social sciences.

Additionally, the Russian publication includes historical sources and bibliographical references that were not included in the English version and which are still of interest today.²⁸ One example is the satire, which is not known in German, entitled *Arrêt burlesque, donné en la grand'chambre du Parnasse, en faveur des maîtres-es-Arts, médecins et professeurs de V Université de Stagyre, au pays des Chimères: pour le maintien de la doctrine d'Aristote* (first published in 1671), written

28 A new transcription of the lecture into German was made by the author (forthcoming).

by Nicolas Boileau.²⁹ In the (retrieved) manuscript, Hessen elaborately describes the history of this satire as a small sociological lesson in the relationship between science and power in the overall struggles between the central government and the provinces. The play was translated from the French by a Russian physicist and published in a history of physics.³⁰ It castigated the behaviour of the Scholastic philosophers of nature vis-à-vis the experimental, empirical investigation of nature. The satire clearly asserts that scientific knowledge cannot be governed by the decisions of the state and other committees, and certainly not by the judgments of the courts. Questions about truth and falsehood in the process of scientific understanding cannot be regulated by court orders (such as those concerning forbidden teaching subjects). Analogous situations, such as those depicted in this satire, are arguably in no way rare in the history of science in other countries. This is also true for Hessen's time considering science in the USSR, at least partially: empirical sociological research was increasingly based on restrictions. In physics, for example, a dispute arose concerning the influence of bourgeois attitudes on Einstein's theory of relativity; a debate in which Hessen was publicly accused.

Hessen, who deployed sociological methods (such as time-budget analysis) in his scientific work in order to discuss problems of the scientific work of physicists, also intensively engaged with questions about the social organization of science. He was a member of the social-scientific class of the Academy (since 1933) and was actively involved in the centre of the physical work in the academy and in the university as a physicist. The discrepancy that exists in the history of

29 In 1671, theologians and physicians at the University of Paris demanded a government decision to condemn the teachings of R. Descartes. In a biting satire, N. Boileau ridiculed these demands of the learned Scholastics.

30 It comes from N.A. Ljubimov, as I now see in the unpublished manuscript. Compare Н.А. Любимов, *История физики*. Vol. 3. (St. Petersburg, 1896), 508-511 (from the edition: *Oeuvre De Boileau-Despreux* (Paris, 1798), 391).

the reception of the works of B.M. Hessen, which consists of an imbalanced portrayal of his creative work in all of its aspects—physical, philosophical, sociological, and in the history of science—becomes more apparent in this unpublished manuscript. Little is known about his work in physics, and not much has been preserved in written records. It can be considered a scholarly desideratum for future physicists, researchers into nature and those philosophers, sociologists and historians of science who are interested in the history of physics.

Hessen is eager to show the role of historical investigation for understanding the categories of physics. He places great importance on acquaintance with the original sources. Therefore, he presents the history of physics in combination with the original sources, which he divides respectively into three themes according to his program. The first theme is the *socio-economic preconditions* (Italics from the author) of the classics of physics. The second theme is the emergence and development of the major principles of classical mechanics and the disputes over them in the seventeenth century. The third theme is the problem of movement in Newtonian physics, and the struggle between materialism and idealism concerning this problem in the seventeenth century. Concerning the first and third themes, some sections of his communication from 1931 convey a deepened perspective, which can easily be ascertained on the basis of a comparison with the working out of his lecture. This means that the wording of the sub-headings often agree.

Hessen extensively clarifies his approach in the contents of the extant foreword (pp. 6-7):

“The following volume of documents and materials has the goal of making the reader familiar with the original sources in the history of physics. It can be differentiated from the analogous collections which exist in western-European literature—which, for the most part, are a compilation of excerpts

from the classical works in chronological succession—above all through the selection and representation of the source materials. The material about physics is envisaged against the background of the *socio-economic relationships* [Italics by the author] of the relevant epochs. This is explained by bringing a large amount of economic and technical material into comparison with the usual history of physics. This volume does not envisage the task of providing a systematic depiction of the history of physics, but rather is dedicated to a range of themes, which are often from periods very distant to one another. This offers us the possibility of illuminating the *socio-economic preconditions and reproductions* of ideological disputes contained in single moments in the history of the development of science more completely and comprehensively.”

As Hessen notes in the foreword, he used a range of available translations and checked them against the versions in the original language. A large part of the materials were translated into Russian for the first time. Each chapter is preceded by a short introduction, which justifies the selection of sources and includes a general description to orient the reader, wherein Hessen frequently provides extensive historical commentary. The second chapter represents a type of chrestomathy of the history of physics. Many of the first translations into Russian are, at least in part, still not available for the Russian reader (for instance, the article “Antique Dynamics” from A.E. Hass, the article “On Newton’s and Descartes’ Dynamics” by Johann Bernoulli, as well as Roger J. Boskovič, “On the Principles of the Construction of Mechanics”, or the Boyle lectures from R. Bentley, which were first published by Ju.A. Danilov in 1993 in *BIET* 1 (1993): pp. 30–45, as

well as his correspondence with Newton.)³¹ Furthermore, the sources which Hessen used from the social sciences and economics were frequently recent ones. Whether or not Hessen knew about unpublished works from Karl Marx and Friedrich Engels cannot be determined from the available materials. For instance, *The German Ideology*, which Hessen draws upon in his lecture from 1931, was published in German by the Marx-Engels-Lenin Institute in Moscow in 1927 and later appeared in Russian in 1933.³² This work belongs to the basic bibliography of social scientific knowledge; in Hessen's time, however, this was a new one, the understanding of which had hardly developed in the sciences. References to the Russian sources were added for the German reader, which are not generally reflected in analogous works in the history of physics.

The book conceived by Hessen therefore not only represents a new perspective on the history of physics in the 1930s, but can also be considered a pioneering work for the nascent scientific research of this time.

The manuscript must have gone to the publishers at either the end of 1935 or the beginning of 1936. Hessen sent a letter to J.G. Crowther on the 26th of June 1935, which said that he had prepared a third significant revision and expansion of his lecture and asked whether it would be accepted for an English edition.³³ V.S. Kirsanov guessed that the date was 1936, because according to his opinion the

31 Compare: В.С. Кирсанов, "Уничтоженные книги: эхо сталинского террора в советской истории науки," *ВИЕТ* №.4 (2005): 122.

32 The first publication took place in 1927 from D.B. Rjasanov. On the difficulty of the first publication of the "German Ideology" see: *Successful Cooperation. The Frankfurt Institute for Social Research and the Moscow Marx-Engels-Institut (1924-1928). Contributions to Marx-Engels research. New Series, Special Volume 2.* (Berlin/Hamburg: Argument, 2000).

33 C.A.J. Chilvers published this correspondence in 2003: "The Dilemmas of Seditious Men: The Crowther-Hessen Correspondence in the 1930s," *BJHS* 36.4 (2003): 432.

book would have already been on sale if it had been an earlier date.³⁴

It is no longer possible to answer the question of who would have prepared the original sources for the translation, because the relevant information is not contained in the proofs. According to information from Kirsanov, the example of the proofs that is found in the papers of A.P Juškevič belonged to the prominent, outstanding translator Vladimir Solomonovič Gochman (1880-1956), Juškevič's father-in-law. However, Gochman's authorship cannot be established. The unpublished manuscripts from the 1930s discussed by Kirsanov³⁵ also contain a new translation of Newton's *Principia*, in which Hessen is designated as the editor. This work was conceived in a 7-volume complete works of Newton in 1934 by S.I. Vavilov and confirmed by the publishers.

The following pages reproduce the contents of the manuscript. A complete title as well as an index are not contained in the manuscript, which is, in addition, incomplete. Missing sections are noted. The page numbers correspond to the page numbers of the proofs.

34 Cf. С. Кирсанов, "Уничтоженные книги: эхо сталинского террора в советской истории науки," 122.

35 Ibid., 119–124.

Theme I. The Socioeconomic Preconditions of Classical Physics

Introduction	11-12
F. Engels, "Old Introduction" to the <i>Dialectics of Nature</i> (1880)	15-32
K. Marx and F. Engels, excerpts from the <i>German Ideology</i> Trade and Transport in the 16-17 Centuries.	35-45 48-84
<i>Capital</i> Volume 3. From the History of Merchant Capital	50-52
Letter from F. Engels to Conrad Schmidt (27 October 1890)	52
Navigation Acts	54-56
Transport in the Epoch of Feudalism	58-64
Development of River Transport	65-70
Excerpts from F. Engels, <i>The Fleet</i>	70-72
Shipbuilding	73-74
The Importance of Determining Longitude for the Development of Celestial Mechanics and Shipping	75-84
Warfare and Warfare in the 16 th and 17 th Centuries	86-102
1. From the History of the War in 16-17 Centuries	87-97
2. The Theoretical Study of the War	97-102
The Development of Iron and Steel Metallurgy in the 16 th and 17 th centuries. The Influence of this Development on the Formulation of Scientific Problems	105-112
Engineers and Engineering in the 16 th and 17 th Centuries (Chronological Overview after Feldhaus, "Glorious Chapter of Technology")	113-115

Theme II. The Emergence and Development of the Main Principles of Classical Mechanics and the Arguments in the 17th Century thereupon

Introduction	119-123
A.E. Haas, "Ancient Dynamics"	127-145
G.L. Long Range, "The Analytical Mechanics"	150

1.	On Different Principles of Statics	151-170
2.	On Different Principles of Dynamics	170-175
	A.G. Stoletov, "The Mechanics of Leonardo da Vinci" (missing in the proofs)	
	G. Galilei, Studies on Mechanics (missing in the printing flags)	
	Christiaan Huygens, Studies on Mechanics	321-332
	R. Descartes, "On the General Principles of Mechanics"	339-376
	P. Tannery, notes to Descartes' <i>Principles of Philosophy</i>	372-376
	G. W. Leibniz, Studies on Mechanics	380-411
1.	Letter on the Question of the Expansion of Bodies (1691)	381-384
2.	Brief Proof of Descartes's Memorable Errors (1686)	385-389
3.	Essay on the Dynamics of Laws of Motion (1691)	390-405
4.	Letter to Christiaan Huygens (October 1690)	406-411
	J. Smeaton, On Two Measures of Movement	417-422
	I. Newton, On the Laws of Motion	427-463
	Isaac Newton, <i>Philosophiae naturalis principia mathematica</i> . Translation by A.N. Krylov (Foreword to First Edition, Definitions, Axioms or Laws of Motion)	
	F. Engels, "On the Foundations of Mechanics"	467-502
	Excerpts from the <i>Anti-Dühring</i> and the <i>Dialectics of Nature</i>	
1.	Basic Forms of Movement	467-483
2.	Measure of Movement – Labour	483-496
3.	Space and Time	497-498
	(Comments on the <i>Anti-Dühring</i>)	
1.	Force	498-500
2.	Indestructibility of Movement	500
3.	Movement and Balance	501
4.	Mechanical Movement	501-502
	Johann Bernoulli, "On the Dynamics of Newton and Descartes"	507-515
	Roger Joseph Boskovič, "On the Principles of the Construction of Mechanics"	519-534
	J.B. ALEMBERT, "On the Foundations of Dynamics"	539-554
	Einstein, "Newton's Mechanics and their Influence on the Design of Theoretical Physics," <i>The Natural Sciences</i> 12 (1927)	557-564
	R. R. Glazebrook, "The Most Important Development Stages of Optics," <i>Nature</i> (June 1905)	567-574

Theme III. The Problem of Movement in Newton's Physics: The Struggle of Materialism and Idealism for This Question in the 17th Century

Introduction	577-579
Characteristics of the Main Schools of Thought in the 17-18 Centuries	
A.I. Heart, "Letters On the Study of Nature"	584-642
First letter: Empiricism and Idealism	586-612
Fifth letter: Scholasticism	613-623
Sixth letter: Descartes and Bacon	623-633
Seventh letter: Bacon and His School in England	633-642
K. Marx. <i>The Holy Family</i>	643-650
F. Engels, Excerpts from the <i>Dialectics of Nature</i> and "Natural Science in the Spirit World"	651-654
Old Introduction to the <i>Anti-Dühring</i> "On Dialectics"	653-654
G.W.F. Hegel, On Empiricism	657-659
F. Engels, Foreword to the English Edition of <i>The Development of Socialism from Utopia to Science</i> (1892)	660-667
<i>The Struggle for a New Science</i>	668
1. The General Progress of Science in the 17 th Century	669-681
2. The Old Universities and their Struggle against the New Science	681-707
3. Scientific Societies	708-722
4. Science Journals in the 17 th Century	722-725
Newton's Conception of Matter and Movement.	
Theological Motives in his Worldview	728
1. Newton, <i>Optics</i> , Question 31 and Question 28	729-736
2. Newton, <i>Principia</i> , Book III	737-744
3. The Boyle Lectures by Bentley and his Correspondence with Newton	747-769
4. The Polemic between Clark and Leibniz	770-782
The Materialist Critique of Newton's Concept of Matter and Movement in the 17 th century	
(This section is missing in the proofs)	
1. J. Toland, <i>Letters to Serena</i>	
2. P.S. Laplace, <i>Discourse of the System of the World</i> , Seventh Note	
3. I. Kant, <i>General Natural History and Theory of Heaven</i>	

Родился в 1893 г. В 1913 г. окончил 8 классов гимназии. 1913-1914 г. Учился в Эдинбургском у-тете /Шотландия/ на математическом отделении / Faculty of Science department of Pure Science/. Послушал и сдал: Введение в анализ и I часть дифференциального исчисления у проф. Whitaker¹ и аналитическую геометрию у Dr. Carse. Распад частичных сил* и теплоту у проф. Barkla² и физический практикум Dr. Carse....Химию неорганическую и химический практикум Проф. Walke .. Dr. Dobbin. Во время им(п)ериалистской войны вследствие невозможности попасть в Англию – два года 1914-1916 г. был студентом Экономического отделения Петроградского политехникума. Работал там по статистике у А.А. Чупрова³ и Мареса, занимался также математической статистикой. В тоже время работал на физ-мат. Петрогр. У-тета на который не был принят как еврей. За эти два года прослушал и отработал: Дифференциальное и интегральное исчисление, проф. Успенский ..В. и Селиванов. Приложение анализа к (гео?)..метрии, Адамов, Высшую алгебру Ю. Сокоцкий, теория определенных интегралов - Сокоцкий, Интегрирование дифференциальных уравнений - Стеклова⁴. Там предметы конечно сдать не мог. Кроме того самостоятельно занимался философией и немного историей математики. Сначала революции на партийной и пропагандистской работе: в 1917 г. до октября секретарем организации интернационалистов в г. Елисаветграде⁵ (Елизаветград), после Октябрьского переворота – секретарем совета рабочих депутатов, в 1919 г. ...– август член коллегии отдела народн. образов. там же. 1919-1921 в .сначала инструктором полит..работы вел в ... отделе и отделе подготовки персонала . От 1921 до настоящего времени в У-тете Свердловаполитэкономии и завед. экономическим циклом, (за?)..тем завед. Лекторским курсом. Владею немецким, французским, английским и латинским языками.

8.VII. 1924 г.

Личный почерк (Б. Гессен)

I was born in 1893. In 1913 I finished the 8th grade of the gymnasium. From 1913-1914, I studied at the University of Edinburgh, Scotland, in the Faculty of Science, Department of Pure Science. I took the following lectures and tutorials there and passed the exams "Introduction to Analysis" and the first section on differential calculus with Prof. Whittaker and analytic geometry by Dr. Carse, as well as "Thermal Energy" with Prof. Barkla and an internship in physics with Dr. Carse. Inorganic chemistry and a chemistry internship with Prof. Walke Dr. Dobbin. Since it was not possible to reach England during the imperialist war, I studied for two years 1914-1916 at the Faculty of Economics of the Petrograd Polytechnic. There I worked on statistics with A.A. Čuprov and Mares, and also engaged with mathematical statistics. In addition, I was an auditor at the Mathematical-Physical Faculty of the Petrograd University, where I was not accepted as a Jew. In these two years, I studied and worked on questions of differential and integral calculus, Prof. ... V. Uspenskij and Selivanov, application of analogues in the (geometry?) - Adamov, Higher Algebra - Ju. Sokockij, theory of determination of integrals, Sokockij, integration of differential equations - Steklov.

Of course, I could not take an exam for these subjects. Moreover, I studied philosophy independently as well as a little of the history of mathematics. From the beginning of the Revolution, I was involved in party work and propagandistic work: From 1917 to October as secretary of the Organization of Internationalists in Yelisavetgrad, after the October transition as Secretary of the Council of Workers' Deputies, 1919 from August - Member of the College for the Department of People's Education. From 1919-1921 initially an instructor in political work and in the departments ... and the department of personal training. From 1921 until today I am at Sverdlov University working and teaching Political Economy, I am head of the curriculum in Economics and Lecturer Education.

I am proficient in German, French, English and Latin.

8 July 1924

signature (B. Hessen)

В Правление ИКП⁶

Б. Гессен

План занятий по естествознанию на 1924/25 год.

В основу своего плана занятий мною положены те особенности моего естественно-научного образования, которые изложены в моем curriculum vitae: при сравнительно достаточной математической подготовке у меня нет систематических знаний по физике.

Кроме того семилетний перерыв (1917-1924) в моих занятиях делает необходимым многое повторить и снова привести в систему.

По математике: Основательное повторение дифференциальной геометрии и обыкновенных дифференциальных уравнений по

Czuber⁷. Vorlesungen über Differential- und Integral Rechnung, по Стеклову – обыкновенные дифференциальные уравнения и элементы..... вариационного исчисления. Лекции, читанные в Петерб.- У-тете 1912/13 гг.

По физике: Основательное повторение курса экспериментальной физике по Edser. Properties of Matter. Edser Heat. Эйхенвальд электричество. Теоретическая физика в объеме Haas Einfü(h)rung in die theoretische Physik Bd. I (последнее издание) Helmholtz. Dynamik der diskreten Massenpunkte.

Работа в Лаборатории несколько задач по экспериментальной физике (Общий практикум проделан мною в Англии) и практикум по электрическим колебаниям.

Ноябрь 1924 г.

Б. Гессен

Personal Work Plan for Natural Science 1924/25

The bases for my work plan are the features of my natural science education, which are set out in my curriculum vitae: If I have a comparatively sufficient education in mathematics, I lack a systematic education in physics. In addition, the seven-year break (1917-1924) in my activities ensures that a revision and replenishment of my knowledge is necessary.

In Mathematics: a thorough revision of differential geometry and the common differential equations according to Czuber – lectures on differential and integral calculus, according to Steklov – the common differential equations and elements of the calculus of variations. Lectures held at St. Petersburg University in 1912/13.

In Physics: Thorough repetition of a course on experimental physics according to Edser, Properties of Matter. Edser Heat. Oak forest electricity. Theoretical physics in the range of Haas. Introduction to theoretical physics. Volume 1, latest edition.

Helmholtz. Dynamics of the discrete mass points.

Laboratory work: some experimental physics tasks (a general internship I completed in England) and practical exercises in electrical vibration.

November 1924

B. Hessen

Б. Тессер

4

План занятий по естественным наукам на 1924/25 год.

В основу всего плана занятий мною положено не равенство часов естественным наукам, а необходимость освоения естественных наук, а именно математики и физики в моем курсе жизни: при ~~развитии~~ развитии идеального математического образования между ней систематическая работа по физике более или менее систематическая работа [1917-1924] в моих книгах вела к необходимости много повторить и снова ввести в систему.

По математике: Основательное повторение дифференциальной геометрии и обыкновенных дифференциальных уравнений в Сибире Volkmann über differential und Integral Rechnung. Смирнов - Основательное дифференциальное уравнение и метод вариационного исчисления. Лекции Гитана. Репрод. У-маса 1912/13 г.

По физике. Основательное повторение курса экспериментальной физики по Edler Properties of Matter Edler Heat. Диненбадт Электричество.

Теоретическая физика в объеме Haas Einführung in die theoretische Physik Bd I (последнее издание)

Helmholtz Dynamik der diskreten Massenpunkte.

Работа в Лаборатории несколько часов по экспериментальной физике. (общий материал разделен много в физике) и физику по электрическим колебаниям.

Июль 1924 г.

Б. Тессер

Notes

* incomprehensible, presumably missing a phrase
..... undeciphered words

1 Sir Edmund Whittaker (1873–1956), fourteenth Prof. of Mathematics in 1912 in the Faculty of Science. He established the first mathematical laboratory for numerical computation. R.M. Birse, *Science at the University of Edinburgh 1583–1993. An Illustrated History to Mark the Centenary of the Faculty of Science and Engineering 1893–1993. The Faculty of Science and Engineering* (The University of Edinburgh, 1994) 97.

2 Charles Barkla, the eleventh Prof. of Natural Philosophy, chair of Physics at King's College London since 1909, Nobel Prize for Physics 1917. Ibid.

3 Чупров, Александр Александрович (1874–1926), Russian mathematician and statistician. Taught 1902–1917 at the Faculty of Economics of the Polytechnic Institute in Petersburg.

4 Стеклов, Владимир Андреевич (1864–1926), Russian mathematician, OM (1912), Vice-President of the Academy of Sciences of the USSR 1919–1926, organizer and director of the Physico-mathematical Institute 1921–1926.

5 Ukrainian spelling in the original

6 (abbrev.) Институт Красной Профессуры

7 Czuber, Emanuel (1851–1925)

“A Pantheon of Great Ideas”.

Boris Hessen and the History & Philosophy of Science

Sean Winkler

§. Introduction

The publication of Boris Hessen’s *Manuscripts & Documents on the History of Physics* (hereafter, “*Manuscripts*”) with a partial English translation is an occasion worthy of celebration both for those interested in the study of Hessen’s works as well as in the study of the history & philosophy of science in general. Best-known for his address to the 2nd International Congress of the History of Science & Technology in London, England in 1931, Hessen’s “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*” (hereafter, the “1931 Newton paper”) sent shockwaves through the intellectual community which continue to reverberate to this day.¹ But, in spite of Hessen’s notoriety, for decades, the study of his work remained almost wholly restricted to his talk, with some notable exceptions aside. And while Hessen was a prolific author, his other works were generally considered unremarkable. In spite of this characterization, scholars nevertheless puzzled over what they took to be a tension in Hessen’s oeuvre between the 1931 Newton paper, which appeared to espouse

¹ Boris Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*,” in *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution: Texts by Boris Hessen and Henryk Grossmann*, ed. Gideon Freudenthal & Peter McLaughlin and trans. Philippa Schimrat (Dordrecht: Springer, 2009 [1931]), 41 – 101.

a so-called ‘externalist’² approach to the history & philosophy of science, while his other works appeared to espouse a so-called ‘internalist’³ approach. In recent years, however, we have seen a resurgent interest in Hessen’s thought all over the world, with translations of the 1931 paper appearing in multiple languages, along with the first ever English translations of several others of his works, suggesting that the study of Hessen’s thought is far from conclusive.⁴ In fact, the more attention his writings have attracted overall, it becomes clear that while he certainly does emphasize different themes throughout his work, far from being in conflict with each other, his works seem to be characterized by a remarkable consistency. Across his articles, books, textbook, encyclopedia entries, prefaces, book reviews and talks, most of which were sole-authored while others were co-authored, he continually espouses different aspects of a dialectical materialist approach to the history & philosophy of science.

The release of the *Manuscripts* along with a partial English translation marks yet another milestone in furthering this study, and stands as a perfect opportunity to take a bird’s eye view of Hessen’s thought to reflect upon precisely what the *Manuscripts* contribute to

2 J.B. Morrell, “Externalism,” in *Dictionary of the History of Science*, ed. W.F. Bynum, E.J. Browne & Roy Porter (London: The Macmillan Press Ltd., 1981), 145 – 146.

3 J.B. Morrell, “Internalism,” in *Dictionary of the History of Science*, ed. W.F. Bynum, E.J. Browne & Roy Porter (London: The Macmillan Press Ltd., 1981), 211.

4 Among the English translations, see Boris Hessen, “Preface to Articles by A. Einstein and J.J. Thomson,” trans. Sean Winkler, *Society and Politics* 13.1 (2019 [1927]): 87 – 102; Boris Hessen, “Materialist Dialectics and Modern Physics: Abstracts of the Report at the First All-Union Congress of Physicists in Odessa on 19 August 1930,” trans. Sean Winkler, *Historical Materialism* 28.4 (2020 [1930]): 235 – 241; Boris Hessen, “Marian Smoluchoswki (On the 10th Anniversary of His Death),” trans. Sean Winkler & Alexei Kojevnikov, *Science in Context*: Forthcoming; Boris Hessen, “Mechanical Materialism and Modern Physics,” trans. Sean Winkler & Alexei Kojevnikov, *Science in Context*: Forthcoming; Boris Hessen & Vasiliy Egorshin, “On Cde. Timiryazev’s Attitude towards Contemporary Science,” trans. Sean Winkler & Alexei Kojevnikov, *Science in Context*: Forthcoming; Olga Pattinson & Chris Talbot, eds. *Boris Hessen: Physics and Philosophy in the Soviet Union, 1927 – 1931; Neglected Debates on Emergence and Reduction* (Cham: Springer International Publishing, 2021).

our understanding therein. In this introductory essay, then, I present Hessen's thought by claiming that he stands out as the quintessential Deborinite dialectical materialist historian & philosopher of science. In other words, Hessen's position is defined by the contention that dialectical materialism is a philosophy in its own right, the development of which is essential to negotiating the construction of a new society against the backdrop of the relative limits of socioeconomic development and technological progress and the absolute limits of the laws of nature. The Introduction will proceed in the following steps. In §1, I provide a brief summary of the history Hessen's composition of the *Manuscripts* as well as the reception of the text. §2 lays out Hessen's argument in favor of treating contemporary scientific problems in light of the history of science, while §3 contends that Hessen supports a specifically Deborinite dialectical materialist approach to that history. From there, in §4, I will explain Hessen's argument for the root of classical physics in the socioeconomic development and technological progress engendered by early capitalism, while in §5, I chart his argument for how quantum mechanics and relativity theory are compatible with dialectical materialist philosophy and socialist construction. In support of my claims, I will draw from Hessen's oeuvre along with selections from the secondary literature.

§1. *Manuscripts & Documents on the History of Physics*

Hessen's *Manuscripts & Documents on the History of Physics* is a much fabled work. To this day, its composition and dissemination remain something of a mystery. But, while there is still much work to be done on understanding these matters, we nevertheless do have a sufficient amount of information to present a general narrative of Hessen's arrangement of the text and its transmission over the course of the past century; a story which I will outline in the following section.

We can say the following regarding Hessen's composition of the text with some degree of certainty. Even though the title page and the original table of contents of the work are missing (presumably censored), we know that Hessen meant for it to be titled *Manuscripts & Documents on the History of Physics*, based on the footer of p. 385.⁵ Exactly when Hessen began working on the text remains unclear, but he appears to have commenced working on it in the late 1920s and to have completed it sometime between 1934 and 1936. All in all, the text consists of Hessen's prefaces and commentaries, as well as primary and secondary sources to present a socioeconomic reading of the history of science, with special attention to early modern mechanics. The text is believed to have been part of a larger effort to prepare anthologies on the history of science on behalf of the Department of the Dialectics of Natural Science at Moscow State University. Hessen likely received assistance from his one-time collaborator, V.P. Egorshin,⁶ who would eventually betray him, along with an N.A. Isakovich, whose identity remains unclear, in his compilation of the text.⁷ The original manuscript has been either lost or destroyed, meaning the extant version from which the partial translation is derived is the layout of the actual printed version of the work.⁸ We are fortunate to have this at our disposal, but it nevertheless remains incomplete as pp. 177 – 320 are missing. There is some speculation that the missing pages most likely consisted of translations of works by Leibniz made by

5 Vladimir Kirsanov, *Izbrannyye trudy; Vospominaniya kolleg i druzey; Stikhi; Risunki* (Moskva: Izdatel'stvo im. Sabashnikovoykh, 2010), 98 – 99.

6 Vasilii P. Egorshin (1898–1985) was a Soviet physicist and historian & philosopher of science. He was a professor of physics at Moscow State University, whose primary specialization was the history of astronomy from a dialectical materialist point of view. He co-authored several articles in the late 1920s with Hessen, but would become one of Hessen's major opponents by the 1930s. Paul Josephson, *Physics and Politics in Revolutionary Russia* (Berkeley/Los Angeles/Oxford: University of California Press, 1991), 208; Sergei N. Korsakov, et al., *Boris Mikailovich Hessen. 1893 – 1936* (Moskva: Nauka, 2015), 90 – 91.

7 Sergei N. Korsakov, Private Email Correspondence, April 23, 2021.

8 Kirsanov, *Izbrannyye trudy*, 97.

Egorshin.⁹ Several of the primary sources included in the text — particularly those in Theme #2 by Bernoulli, Boscovich, Haas and Leibniz — were translated into Russian for the first time, but because of the missing title page and table of contents, we can only speculate as to who might have undertaken them.¹⁰

With respect to the dissemination of the work, we can make some of the following claims. The text was never released, most likely because of Hessen's fate, though it was set for publication in 1936 by the [State] United Scientific and Technical Publishing House, which eventually ceased operations in 1938. It is unclear why the text was only censored and not destroyed, but in any case, the physical copy came into the possession of Adolf Yushkevich (1906 – 1993), a Soviet historian of mathematics, who specialized in mathematics in Eastern Europe during the Middle Ages, and was a recipient of the George Sarton Medal by History of Science Society in 1978.¹¹ Upon Yushkevich's death in 1993, the text then came into the possession of Sergei Demidov (1942 –), a Russian physicist and mathematician of Lomonosov University in Moscow.¹² Demidov then passed it on to Vladimir Kirsanov (1936 – 2007), who was a Russian historian of science; he was the First Vice President of the Division of History of Science and Technology of the International Union of History and Philosophy of Science and a member of the Department of History of Physics at the Sergei I. Vavilov Institute.¹³ The first scan of the text was made by Rose-Luise Winkler, while it was in Kirsanov's possession. Kirsanov then handed off the text to Dimitri Bayuk, who is

9 Korsakov, Private Email Correspondence, April 23, 2021.

10 Kirsanov, *Izbrannyye trudy*, 100 – 101; Korsakov, et al., *Boris Mikailovich Hessen*, 146.

11 Isabella, Bashmakova, et al., "In Memoriam: Adolph Andrei Pavlovich Yushkevich (1906 – 1993)," *Historia Mathematica* 22 (1995): 113 – 118.

12 «S.S. Demidov», *Russian Academy of Sciences – Institute for the History of Science*, accessed November 23, 2021, old.ihst.ru.

13 Annette B. Vogt, "Eloge: Vladimir Semyonovich Kirsanov, 26 December 1936 – 12 May 2007," *Isis* 99 (2008): 803 – 805.

a specialist in Economic History, the History of Mathematics and the History of Science who works at the Department of Data Analysis, Decision Making, and Financial Technology at the Financial University Under the Government of the Russian Federation.¹⁴ The first studies of the text appear to have been carried out by Vladimir Kirsanov and Rose-Luise Winkler; Kirsanov having produced a table of contents in Russian and Winkler a table of contents in German.¹⁵ Currently, Sergei Korsakov (1973 –), a historian of science and philosopher and member of the Institute of Philosophy at the Russian Academy of Sciences,¹⁶ is now conducting an intensive study of the text, while others at and in collaboration with Ca' Foscari University of Venice have studied it as well. Finally, Korsakov uploaded a copy of the scan to the website of the Institute of Philosophy at the Russian Academy of Sciences, where it is available for download.¹⁷ The first English translation was completed by independent scholar, Giuliano Vivaldi, and then annotated and revised by Pietro Daniel Omodeo, Sascha Freyberg, Gerardo Ienna and myself.¹⁸ Undoubtedly, this is only part of the *Manuscripts'* story, as surely new details of its past are bound come to light with further study.

§2. *Sonntagslektüre* or Pantheon of Great Ideas

Among the many reasons to celebrate the publication and partial English translation of the *Manuscripts*, one is that it helps bring to

¹⁴ “Dimitri Bayuk,” *Research Gate*, accessed November 23, 2021, [researchgate.net](https://www.researchgate.net).

¹⁵ Dimitri Bayuk, Private Email Correspondence, April 19, 2021; Korsakov, Private Email Correspondence, April 23, 2021.

¹⁶ “Sergei N. Korsakov,” *Institute of Philosophy of the Russian Academy of Sciences*, accessed November 23, 2021, eng.iphras.ru.

¹⁷ Boris Hessen, *Materialy i dokumenty po istorii fiziki (granki)* (Unpublished, 1936 [?]), accessed November 23, 2021, gessen-hrest.pdf (iphras.ru).

¹⁸ I would like to extend our gratitude to Prof.'s Dimitri Bayuk and Sergei N. Korsakov for their invaluable help in documenting the transmission and content of this text.

light one of the central themes of Hessen's entire oeuvre. In the Preface to the text, Hessen evokes the following question: is the history of science a collection of mere artifacts or does it benefit contemporary scientific research? To stage the former view, he recounts a private conversation between himself and German philosopher of science as well as leading figure of logical empiricism, Hans Reichenbach during the 6th Congress of German Physicists in Königsberg, Germany (today Kaliningrad, Russia). Hessen quotes Reichenbach as having said the following: "For you [Hessen] the history of science is the key to knowledge about its real condition. For us, this is merely *Sonntag-lesektüre* [entertaining Sunday reading]; it cannot provide us with any real knowledge about today's situation in science."¹⁹ In other words, for Reichenbach, while the history of science may be compelling, it ultimately bears little to no significance for addressing problems in contemporary scientific research; a view which, as Hessen points out, was a widespread sentiment in the early 20th century that culminated in neo-positivism.²⁰ To stage the latter view, he points out that this a-historicism was hardly always the prevailing belief and in fact, insofar that as then recent as the 19th century, scientists took for granted that the history of science was indispensable for grappling with the scientific problems of the day:

Nearly all of the most significant representatives of nineteenth-century classical physics (Ampere, Faraday, Maxwell, von Helmholtz, Boltzmann, Calvin) showed, to some degree, a keen interest in the history of their science and addressed this history not only in particular articles and research, but

¹⁹ Boris Hessen, *Socio-Economic Prerequisites for the Emergence of Classical Physics*, in *Manuscripts and Documents on the History of Physics*, trans. Giuliano Vivaldi and ed. Pietro Omodeo & Sean Winkler (Venice: Verum Factum, 2022), 183 (hereafter, "*Socio-Economic Prerequisites*").

²⁰ *Ibid.*

also wove historical analyses of the issue into their main works.²¹

Hessen laments the former view, not only because he believes that the history of science is of intrinsic value, but because without it, it is impossible to understand contemporary science in a truly scientific manner. To properly understand the present moment of scientific research in such a way means first and foremost recognizing that it is itself not an endpoint, but a phase in an overall process of historical development. As he writes,

[n]o matter how new and unusual the theories of contemporary physics may be, no matter how radically they differ from the outlook of classical physics, the contemporary stage of development in physics is still a historical phase of its overall development.²²

By recognizing contemporary scientific research in such a fashion, one grasps a great deal more than just the passage of time. Indeed, it allows for the possibility of detecting patterns throughout history, such that the central problematics of science can be more readily distinguished from those more ephemeral. In this way, the history of science is not simply pleasurable reading for one's own enrichment, but a necessary component of understanding any and all scientific problems. As he writes,

In acquainting ourselves with the history of physics, we can see that many fundamental issues had been raised earlier and, in some cases, the correct way of resolving these issues

²¹ *Ibid.*

²² *Ibid.*

had already been outlined. History is, after all, not a 'list of human errors, but a pantheon of great ideas.'²³

Note, however, that for Hessen, it was not enough to simply reconstruct a chronology of major figures in the history of science. On the contrary, Hessen shunned more conventional narratives which saw the history of science as a series of the contributions of great minds, as he maintains that this too was an insufficiently scientific approach to the essence of the enterprise. From where, then, does the history of science actually emerge? What actually charters the development of the history of science? To address these questions, Hessen proposes a different methodology for addressing these very questions.

§3. The Materialist Dialectic

From his 1931 Newton paper, we see precisely why Hessen objects to more conventional narratives in the history of science. First and foremost, he argues, such narratives treat the history of science as if it simply sprang from the minds of scientific geniuses.²⁴ While Hessen never denies that figures like Galileo, Newton, etc. were indeed brilliant, genius alone does not account for the proper origins of scientific problems. Likewise, conventional approaches mystify the upper and lower limits of scientific discovery; that is, why certain scientific problems seem to emerge suddenly and to likewise encounter certain major blind spots that are obvious to posterity.²⁵ Second, such narratives treat the history of science as if ideas alone animated development.²⁶ The problem is, however, that science deals precisely

23 *Ibid.*, 183 – 184.

24 Hessen, "The Social and Economic Roots of Newton's *Principia*," 41.

25 *Ibid.*, 43 – 61, 73 – 82.

26 *Ibid.*, 42.

with the material world, not to mention the fact that there is an astonishing parallel between changes in the material world, specifically, in socioeconomic development and technological progress, and ideas in the history of science. According to Hessen, these shortcomings can be properly rectified by a so-called ‘dialectical materialist’ approach to the history & philosophy of science.²⁷

Now, today it has become rather difficult to imagine the merits of such a philosophy.²⁸ Indeed, what value is there in entertaining this philosophy at all and should it not simply be cast into the proverbial dustbin of history? I would argue, however, that it would be folly to assume that dialectical materialism was only ever one thing. Debates over what dialectical materialism actually was and how it should be applied were widespread throughout the 1920s. One could not go so far as to call dialectical materialism an empty signifier that meant whatever to whoever, but there were undoubtedly distinct camps of dialectical materialist philosophers, along with distinct individual flourishes to this way of thinking, by which one could hardly call them the same thing. That the meaning and significance of dialectical materialism was in flux is perhaps epitomized by the debate between two prominent camps of Soviet thinkers in the late 1920s: the mechanists and the Deborinites/dialecticians.²⁹ For the former, dialectical

27 *Ibid.*, 41 – 42.

28 There can simply be no avoiding the fact that as the official state ideology of the Soviet Union, dialectical materialism was an instrument of ideological indoctrination and at times, a pretext for exercising state terror. Even as a philosophical position, dialectical materialism was inflexible and unfalsifiable, in certain instances being an impediment to scientific progress, and at others, a pretext to catastrophe, as in the infamous ‘Lysenko affair’. See Dominique Lecourt, *Proletarian Science?: The Case of Lysenko*, trans. Ben Brewster (Atlantic Highlands: Humanities Press, 2003 [1977]).

29 The Deborinites were so named after Abram Deborin, a Soviet philosopher and member of the Academy of Sciences of the USSR. Between 1926 – 1931, Deborin served as the editor to the prominent Soviet journal, *Under the Banner of Marxism*, which was a major battleground for the debate between the mechanists and the Deborinites. Brian Kassof, “A Book of Socialism: Stalinist Culture and the First Edition of the *Bolshaia Sovetskaia Entsiklopediia*,” *Kritika* 6.1 (2005): 30.

materialism was a reductionist natural philosophy that resembled Newtonian mechanics (minus the theological elements) and was exceedingly hostile to any non-materialist positions.³⁰ For the latter, dialectical materialism was an anti-reductionist natural philosophy that continually evolved and saw it as necessary to entertain a more speculative approach to non-materialist positions.³¹ While the Deborinites enjoyed a brief victory over the mechanists in the late 1920s, by the time Joseph Stalin initiated the ‘Great Break’ in 1929 — in light of the failure of other revolutions to metastasize, making the Soviet Union an isolated state, along with the country’s need to modernize — the Deborinites were considered counterproductive to the efforts of socialist construction, with many being purged from positions of authority.³² This change of fortune for the Deborinites is perhaps epitomized in a co-authored article by Mitin, et al. and the Deborinites’ own response in the article, “On the Fight on Two Fronts in Philosophy”.³³ The final nail in the coffin to the Deborinites and the debate over dialectical materialism overall came when Stalin codified it as a monolithic institution of thought in 1931, which was later published as *Dialectical & Historical Materialism* in 1938.³⁴

Now, in spite of the shifting political terrain of his day, from beginning to end, Hessen’s thought remained emblematic of the Deborinite approach to dialectical materialism; that is, he saw it as a philosophy which mediates socialist construction alongside the relative

30 J.M. Bochenski, *Soviet Russian Dialectical Materialism [Diamat]* (Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1963), 34.

31 *Ibid.*

32 Loren R. Graham, “The Socio-Political Roots of Boris Hessen,” *Social Studies of Science* 15 (1985): 709 – 710.

33 Mark Mitin, et al., «O novykh zadachakh marksistsko-leninskoy filosofii», *Pravda*, June 7, 1930, ?; Boris Hessen, et al. «O bor’be na dva fronta v filosofii», *Pod znamenem marksizma* 5 (1930): 139 – 149.

34 Joseph Stalin, *Dialectical and Historical Materialism*, trans. unknown (New York: Prism Key Press, 2013 [1938]).

limits of socioeconomic development and technological progress and the absolute limits of the laws of nature. In a passage co-authored with fellow Deborinite philosophers and scientists, Hessen et al. say as much, by writing that

[t]he struggle for the philosophical materialism of Marx, i.e. for *dialectical materialism*, is the necessary link in the struggle for communism. . . . In the field of philosophy, it is that knot in which all the most important questions of the *theory and practice of the struggle of the proletariat in our era* are connected.³⁵

And, as previously mentioned, he saw it as an anti-reductionist natural philosophy; Hessen's own anti-reductionism being exemplified in the following quote, where he writes that

We cannot reduce or dissolve a higher form of motion into the sum of the lower forms of motion, since the specificity of the higher form of motion lies precisely in the fact that it represents not the sum of the lower forms, but their synthesis.³⁶

Based upon these premises, Hessen's articulation of dialectical materialism can best be encapsulated under the following parameters.

First and foremost, he saw dialectical materialism as fundamental ontology; that is, a philosophy concerning the essence of reality itself. As he writes,

35 Hessen, et al. «O bor'be na dva fronta v filosofii», 139, 141. See also Boris Hessen & Ivan Podvolotskiy, «Filosofskiye korni pravogo opportunizma», *Pod znamenem marksizma* 9 (1929): 1 – 3.

36 Boris Hessen, “Mechanical Materialism and Modern Physics,” Forthcoming.

[s]tudying the real processes of the motion of matter and human knowledge leads us to believe that dialectical contradiction is the objective contradiction of all motion, and that ‘dialectics reduced itself to the science of the general laws of motion, both of the external world and of human society [sic]’ (Marx).³⁷

By materialist, Hessen means that reality is a mind-independent, extended substratum, and by dialectical, he means that reality is defined by self-motion which is animated through the unity of opposites. In support of the former, he writes that reality is an “(extended) substance, objectively existing regardless of us,”³⁸ while in support of the latter, he writes that

dialectics teaches us to consider each object in its development, its self-movement; to study the immanent laws of the development of the object. . . . The unity of opposites, the inconsistency of all the connections and relations of the object is the basis of its self-movement.³⁹

While the synthesis of the terms may appear somewhat strange, we can perhaps better understand it by framing it as an ‘anti-Platonic’ position. Recall that, according to a rather elementary reading of Plato, physical reality is defined by contradictions, and it is because of these contradictions that the truth must lie in a transcendent realm

37 Hessen, “Materialist Dialectics and Modern Physics,” 240 – 241.

38 Boris Hessen, «Predislouviye k stat'ya G. Miye «Problema materii», *Pod znamenem marksizma* 1 (1927): 119.

39 Hessen & Podvolotskiy, «Filosofskiye korni pravogo opportunizma», 3. See also Boris Hessen, “On the Question of the Causality Problem in Quantum Mechanics. Preface to the 1931 Russian Translation of Arthur Haas, *Materiewellen und Quantenmechanik*,” in *Boris Hessen: Physics and Philosophy in the Soviet Union, 1927 – 1931; Neglected Debates on Emergence and Reduction*, ed. and trans. Chris Talbot & Olga Pattison (Cham: Springer Nature, 2021 [1931]), 142.

of self-identical forms.⁴⁰ For a dialectical materialist, however, precisely because there is no transcendent realm, the contradictory nature of the physical world does not convey its deficiency as reality, but indeed, reality itself. One of the outcomes of this position is the argument that human nature must be understood from the perspective not of ideas, but of material praxis; that is, the social relations and technological forms from which human beings sustain themselves and shape their reality across history.⁴¹

Second, Hessen treats dialectical materialism not only as fundamental ontology, but also as an epistemological standpoint. This epistemological standpoint entails not only explaining reality in dialectical materialist terms, but also of reflecting upon the condition of the possibility of explaining reality in such terms. Hessen identifies this, then, as a two-fold program which he calls a ‘Marxist classification of the sciences’. This program consists on one hand of a “study of the historical sequence of the forms of motion as they appear in the development of the science of physics in human society,” while on the other hand, a “study [of] the ‘natural science of the development of matter.’”⁴² In other words, dialectical materialism explains how the perception of reality is rooted in socioeconomic development and technological progress, while also understanding that scientific theories unfold according to competing understandings of matter and motion.

In sum, then, the sufficient condition for the emergence of natural scientific theories depends on not only a historical standpoint, but such a standpoint which is grounded in dialectical materialist philosophy. Scientific theories independent of history cannot scientifically

40 Plato, *Republic*, in *Plato: Complete Works*, ed. John M. Cooper and trans. G.M.A. Grube & C.D.C. Reeve (Indianapolis/Cambridge: Hackett Publishing Company, 1997), 1132 – 1155.

41 Hessen, “Materialist Dialectics and Modern Physics,” 240 – 241.

42 Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*,” 80.

explain their own emergence, nor can a conventional history of science. On the contrary, as Hessen argues, a scientific approach to scientific theories entails the assumption of an immanent, self-moving material reality, and as such, of human nature being fundamentally animated by socioeconomic development and technological progress, which is inherently historical. The emergence of scientific theories, then, requires basing them in the broader milieu of socioeconomic development and technological progress, along with seeing the historical development of ideas in natural philosophical and scientific theory must be grasped as competing theories in the development of the understanding of matter and motion.

§4. The Socio-Economic Roots of Modern Physics

I will now proceed to explain Hessen's arguments for the first prong of a Marxist classification of the sciences; namely, that socioeconomic development and technological progress provide the roots of scientific theory. Specifically, I will examine his position that the shift to early capitalism laid the groundwork for modern physics, primarily by analyzing the *Manuscripts*, while also alluding to notable differences with the 1931 Newton paper. Exegetically speaking, I contend that the *Manuscripts* is an elaboration upon the first two sub-theses of the 1931 Newton paper, though with some notable exceptions. Generally speaking, the 1931 Newton paper was designed to illustrate how the socioeconomic development and technological progress of early capitalism cultivated a milieu which was a necessary condition for the composition of a work like Sir Isaac Newton's magnum opus, *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. The *Manuscripts*, though affording no less significance to Newton, effectively makes this exact same argument, but with respect to the entirety of the Scientific Revolution. In this section, I will then outline Hessen's main arguments in the *Manuscripts*, noting major similarities with the 1931 Newton

paper along the way, followed by what the *Manuscripts* teach us about Hessen's thought and concluding with some of the noteworthy differences between the two texts.

The *Manuscripts* elaborate upon the 1931 Newton paper to the extent that the central thesis of the two works is the same. In fact, they are basically identical, as Hessen argues that “[t]he remarkable flourishing of the natural sciences in the sixteenth and seventeenth centuries is due to the break-up of feudal ownership, and the development of merchant capital, international maritime transport and heavy industry (mining and metallurgy).”⁴³ In other words, from the breakdown of the feudal economy and the ascent of capitalism as the prevailing mode of production, the transition from a consumption-based economy to an exchange-based economy made for a different *modus operandi* of production and in which machinery began to take on a central function within economic production. These major shifts resulted in need to theorize over the nature of machinery from a mathematical perspective, laying the groundwork for classical mechanics.

In order to properly establish his primary thesis, Hessen contends that one cannot understand this process solely chronologically, but must rather see it from both diachronic and synchronic perspectives. Hessen chooses to take a thematic approach; the three themes of the *Manuscripts* effectively being a reformulation of sub-theses 1 and 2 of the 1931 Newton paper. The first thesis of the 1931 Newton paper consists of two moments, “The Economics, Technology and Physics of Newton’s Era/The Physical Themes of the Era and the Contents of the *Principia*”, where the former part shows the ways in which the breakdown of the feudal economy and the dawn of the capitalist economy established new technical demands, while the latter shows how these technical demands constituted the practical basis

⁴³ Hessen, *Socio-Economic Prerequisites*, 186. See also Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*,” 44.

of what would become the theoretical problems of modern physics, thereby engendering the mechanistic conception of material causality.⁴⁴ These two components of the first thesis are transformed into two independent themes in the *Manuscripts*, such that “The Economics, Technology and Physics of Newton’s Era” becomes “The Socio-Economic Prerequisites for the Emergence of Classical Physics” whereas “The Physical Themes of the Era and the Contents of the *Principia*” becomes “The Emergence and Development of the Main Principles of Classical Mechanics and the Arguments surrounding Them in the 17th Century”. The second thesis of the 1931 Newton paper, “The Class Struggle during the English Revolution and Newton’s Worldview”, is designed to show because the mechanistic conception of materialist causality provided an inadequate conception of the physical world, natural philosophers and scientists invariably debated over the nature of divine and/or spiritual causes; often times, these divine and/or spiritual causes were rationalizations of religious beliefs among classes of thinkers.⁴⁵ This thesis effectively becomes “The Struggle of Materialism and Idealism concerning This Problem in the 17th and 18th Centuries”. We note that there are also numerous places where Hessen extracts lines essentially verbatim from the 1931 text.⁴⁶ To do so, he presents primary sources in the history of physics, primary sources in the socioeconomic history, secondary sources in the history of physics and socioeconomic history, all of which he narrates with his own prefaces and commentaries.

44 Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*,” 43 – 52, 52 – 61.

45 *Ibid.*, 61 – 73.

46 There are at least 9 parallel passages between the *Manuscripts* and the 1931 text: “Trade and Transport,” 5 – 6 [1931: 45 – 46]; technical problems related to transport, 19 [1931: 46 – 47]; technical problems of ballistics 22 – 23 [1931: 51 – 52]; mining industry, 23 – 24 [1931: 47 – 48]; practical tasks of mining industry 27 – 28 [1931: 48 – 49]; division of labour 40 [1931: 67]; university system vs. scientific societies 42 – 45 [1931: 53 – 56]; remark about Robert Boyle 66 [1931: 68]; Bentley and Newton 67 [1931: 68]]. Further study of the text will surely reveal there to be other parallels.

In Theme #1 – “Socio-Economic Prerequisites for the Emergence of Classical Physics”, Hessen explains how the breakdown of the feudal economy and the emergence of capitalism were the necessary condition for the rise of modern physics. As he states,

the first theme [is] aimed at showing how the break-up of feudalism and the development of a new mode of production brought a number of new technical tasks into existence and presented physics with a series of issues predominantly of a dynamic character.⁴⁷

This theme is broken up into four sub-themes, which can roughly be grouped into four categories: trade & transport, warfare, mining & metallurgy and engineering. Across these different sub-themes, Hessen shows how the dawn of the capitalist economy radically reshaped both the nature of the physical world as well as the ways in which we perceive it. To the extent that economic production was increasingly being governed by the merchant class and production organized for the sake of exchange, this created an increasing demand for improving trade routes by land and by sea. Where feudal lords had an incentive to retain shabby roads, given the *Grundruhrecht*, according to which lords had the right to any goods that fell on their land, with the dawn of capitalism, it became necessary to improve and construct new roads. Likewise, this created a demand to improve river and sea transport. In addition to improving shipbuilding to complete such journeys, this also led to the development of canal and lock construction along with the innovation of the pendulum clock to keep time while traveling at sea. Next, the development of capitalism coincided with the growth of powerful nation states and competition

47 Hessen, *Socio-Economic Prerequisites*, 186.

for foreign markets, hence accelerating the production of arms/artillery along with fortifications. Furthermore, the increased circulation of money required the greater extraction of copper, gold, iron and silver, thus leading to improvements in mining. Finally, the new world established the conditions for the emergence and predominance of engineering as a profession. In his summaries of each of these sub-themes, Hessen consolidates the practical challenges and the theoretical questions that emerged therefrom.⁴⁸

Theme #2 – “The Emergence and Development of the Main Principles of Classical Mechanics and the Arguments Surrounding Them in the 17th Century” explains how these various practical and theoretical tasks were consolidated into general theories of matter and motion. As Hessen points out, “This section provides a survey of the emergence and development of the main principles of dynamics.”⁴⁹ Though the shortest of the three themes, Theme #2 primarily focuses on the way in which physicists’ immersion in the practical tasks mentioned in Theme #1 provided the basis of their theoretical speculation. Likewise, Hessen points the domain of modern theoretical physics not as a static terrain, but rather, one infused with central tensions between major figures between, for instance, Descartes, Huygens, Leibniz and Newton, as well as between major concepts in physics regarding the conception and measurement of matter and motion; for instance, is matter active or passive, and is motion absolute or relative? Thus, in addition to the socioeconomic preconditions, Hessen shows the central tensions between different concepts animated the development of physics as well.⁵⁰

Theme #3 – “The Struggle of Materialism and Idealism concerning This Problem in the 17th and 18th Centuries” shows the

48 *Ibid.*, 186 – 219.

49 *Ibid.*, 220.

50 *Ibid.*, 220 – 225.

different topics which fall under, what could be called in Marxist parlance, 'ideological struggle'. Herein, Hessen addresses effectively two dimensions of this ideological struggle: first and foremost, between feudal universities and scientific societies and second, the ways in which the limitations of the mechanistic conception of material causation left open the door to incorporate immaterial causes and therefore, provided ways of defending against atheism and materialism. To elaborate upon the first point, Hessen explains how the universities were effectively the bastion of feudal society, to the extent that they produced the elite of the day and through their studies, inculcated all scientific study with the theological principles and moral values of the Church. In this respect, they resisted the efforts of the emerging bourgeois class to promote their scientific studies, meaning that rather than becoming a part of the university system, they had to form their own societies. The most famous of these scientific societies were the Florentine Academy del Cimento, the London Royal Society and the Parisian Academy of Sciences. Such societies provided the ascendant merchant class with a means for institutionalizing their interests; namely, to gather to share knowledge on economic and technical matters and to disseminate such knowledge through their own publications. Hessen also notes, however, that in spite of the fact that these societies remained steadfast in their commitment to the new scientific worldview, because of the limitations inherent to empiricism and the mechanistic conception of material causation, the resistance to full-fledged atheism, debates arose over the relationship between material and spiritual and/or divine causation.⁵¹

I maintain that the *Manuscripts* confirm an argument that many Hessen scholars have long been making; namely, that the 1931 Newton paper was never nearly as simplistic of a work as it was often

51 *Ibid.*, 226 – 262.

made out to be.⁵² While many have already detected this in the 1931 text itself or through the increased study of Hessen's other works, the *Manuscripts* only further confirms this in a number of different ways. Scholars have often argued that Hessen's oeuvre appeared to be plagued by an internal contradiction to the extent that the 1931 Newton paper defended an externalist approach to the history of science, while the rest of his oeuvre defended an internalist approach therein.⁵³ First and foremost, the *Manuscripts* confound the notion that the 1931 Newton paper was some kind of rushed exception to Hessen's overall project. Through reconstructing the chronology of Hessen's composition of the *Manuscripts*, we see that it appears to have been a project on which Hessen was working since the late 1920s, at a time during which he was composing those works which are often considered more internalist in nature.⁵⁴ That Hessen was composing these works side-by-side substantially mitigates the notion that he underwent some distinct break in his thinking. Second, the actual contents of the *Manuscripts* help to bridge the gap between the 1931 Newton paper and the rest of Hessen's oeuvre. But in the *Manuscripts*, we see Hessen placing both positions side-by-side. While sub-theses 1 and 2 roughly correlate to themes 1 and 2, in theme 2, Hessen, in mentioning a wider swath of thinkers, not only presents excerpts from classical works in modern physics, but isolates the major dialectical tensions between the systems of different physicists that propelled the theoretical debate forward. Third, while the *Manuscripts* certainly

52 See H.F. Cohen, *The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry* (Chicago/London: University of Chicago Press, 1994), 332. Cf. Gideon Freudenthal, "The Hessen-Grossmann Thesis: An Attempt at Rehabilitation," *Perspectives on Science* 15/2 (2005): 167; Gideon Freudenthal & Peter McLaughlin, "Classical Marxist Historiography of Science: The Hessen-Grossmann-Thesis," in *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution: Texts by Boris Hessen and Henryk Grossmann*, ed. Gideon Freudenthal & Peter McLaughlin (Dordrecht: Springer, 2009), 32.

53 Graham, "The Socio-Political Roots of Boris Hessen," 113.

54 See §1 above.

confirm that Hessen saw socioeconomic factors as foundational to the birth of modern physics, the sheer length of the work allows Hessen's vision greater room to breathe. In this expanded form, we see Hessen presenting a picture of scientific work that is far less schematic and clean. This sense is perhaps furthered by the fact that the style of presentation is so different between the 1931 text and the *Manuscripts*. Even though Hessen narrates his standpoint in prefaces and narration, by including other authorial voices via lengthy quotations of primary and secondary sources in physics, sources in history, etc., most of which do not align with Hessen's ideological commitments, the reader both gets Hessen's interpretation of how socioeconomic forces as well as other authors' conceptions of what animates these transformations. This lends it a greater sense of the complexity and, to some degree, the contingency of how certain practical and theoretical developments ensued.

There are, likewise, several noteworthy differences between the two texts that invite further analysis. First and foremost, as previously alluded to, the *Manuscripts* do not incorporate any discussion of sub-theses 3 and 4 from the 1931 Newton paper. Sub-thesis 3, "Engels' Conception of Energy and the Lack of the Law of Conservation of Energy in Newton", refers to the upper limit of progress of early modern physics; that is, in spite of the genius of figures like Newton, they did not notice certain matters which would eventually become obvious in the discussion of thermodynamics. Hessen contends that this was not due to the fact that they were unintelligent, but rather, that the technological basis had yet to be furnished. Thermodynamics was not possible until the steam engine began to play a central role in economic production during the 2nd Industrial Revolution.⁵⁵ Sub-thesis 4, "The Machine-Wreckers in Newton's Age and the Present-Day Wreckers of

55 Hessen, "The Social and Economic Roots of Newton's *Principia*," 73 – 82.

the Productive Forces”, refers to the way in which machine wrecking was a manifestation of workers enacting protest, while still imbued with bourgeois ideology which fixated on technology, rather than directing their attention to challenging class exploitation. The point here is to discuss how a transformation of socioeconomic relations would usher in a new perspective which would invariably construct the basis for a new type of science.⁵⁶ Once again, Hessen makes no mention of these topics in the *Manuscripts*. Another of the fascinating differences between the *Manuscripts* and the 1931 Newton paper is that Hessen’s discussion of the struggle between the old university system and scientific societies is that the former treats it as part of the ideological struggle, while the latter treats it as part of the socio-economic roots. Next, by virtue of the length, there are numerous historical details in the *Manuscripts* that are simply not mentioned in the 1931 piece (i.e. deliberate sabotaging of roads, design of fifth wheels on carriages, clocks, scientific societies beyond the London Royal Society), etc. Perhaps one of the more compelling is Hessen’s inclusion of reference to Johannes Mathesius’ *Sarepta*. This work incorporates a fascinating detail not mentioned at all in the 1931 Newton paper, namely, the way in which Protestantism was not simply a way of ‘eternalizing’ the capitalist order, but more concretely, of furnishing the religious sentiment which supplanted the ideological foundation for labor under capitalism. Take, for instance, Mathesius’ line where he states that “God’s mercy and gift is that, with the help of useful contraptions and tools, heavy labor carried out by the sweat of one’s brow, imposed upon humankind for its sins, is eased”.⁵⁷ Surely, further study of the 1931 paper and the *Manuscripts* side-by-side will reveal yet other subtle differences.

56 *Ibid.*, 82 – 89.

57 Hessen, *Socio-Economic Prerequisites*, 213.

§5. Quantum Mechanics & Relativity Theory

To complete my introductory account of Hessen, I will now show how his writings on quantum mechanics and relativity theory are thoroughly compatible with his 1931 Newton paper and the *Manuscripts*. Let us return for a moment to the mechanist-Deborinite/dialectician debate of the late 1920s; among the many factors precipitating this debate, two of the most central were the dawn of the revolutionary theories of quantum mechanics and relativity theory. Because both theories were developed by natural scientists in so-called ‘bourgeois’ contexts and embraced Machist epistemology, Soviet theorists were skeptical of the extent to which they were compatible with their political project. Those dialectical materialists of the mechanist persuasion specifically saw quantum mechanics and relativity theory as incompatible with the aims of a workers’ state, precisely on the aforementioned grounds. Those dialectical materialists of the Deborinite persuasion, Hessen included, however, saw this wholesale rejection as crude and simplistic, and ultimately as detrimental to a workers’ state.⁵⁸ Hessen specifically points out that the history of science betrays a cyclical pattern which would be perilous to ignore with respect to quantum mechanics and relativity theory. New scientific theories often first appear not as materialist, but as empiricist or idealist positions. This is for good reason, as radically new scientific theories tend to emerge from the discovery of new data that are incompatible with established conceptions of materialism.⁵⁹ To the extent that these theories are incompatible with such conceptions of materialism, they can often be understood as incompatible with materialism writ large. Time and again, however, the history of science shows that these more often than not become the germs of

58 Bochenski, *Soviet Russian Dialectical Materialism*, 34.

59 Hessen & Egorshin, “On Cde. Timiryazev’s Attitude towards Contemporary Science,” Forthcoming.

altogether new paradigms of materialism. As he & Egorshin write, citing Engels, “[w]ith each epoch-making discovery even in the sphere of natural science [‘not to speak of the history of mankind’], materialism has to change its form.”⁶⁰ Thus, it would be fallacious, Hessen claims, to simply dispense with the wealth of scientific data and theorizing afforded by these theories. Following his Deborinite approach to dialectical materialist philosophy closely, he argues that one must first and foremost, grasp quantum mechanics and relativity as moments in the historical development of competing conceptions of matter and motion and second, grasp how a materialist conception of these would be possible in principle in the context of a workers’ state.

A. *Quantum Mechanics*

Hessen sees the precedent for quantum mechanics in the history of science to the extent that he sees it as a continuation of competing conceptions of laws of nature, i.e. dynamical and statistical laws.⁶¹ One can find Hessen’s most fruitful engagement with quantum mechanics in his Preface to the Russian translation of Austrian physicist, Arthur Haas’ *Materiewellen und Quantenmechanik* [*Wave Mechanics and the New Quantum Theory*]. In this piece, Hessen speaks to the ways in which dialectical materialism already aligns with quantum mechanics, most importantly in the consistency between the idea of the former that matter is simultaneously continuous and

⁶⁰ *Ibid.*, 194. See also Friedrich Engels, *Ludwig Feuerbach and the End of Classical German Philosophy*, in *Marx & Engels: Collected Works*, vol. 26; *Engels 1882 – 89*, ed. Boris Tartakovsky and trans. Nicholas Jacobs, et al. (London: Lawrence & Wishart, 2010 [1886]), 369 – 370; V.I. Lenin, *Materialism and Empirio-Criticism: Critical Notes concerning a Reactionary Philosophy*, in *V.I. Lenin: Collected Works*, vol. 14; 1908, ed. Clemens Dutt and trans. Abraham Fineberg (Moscow: Progress Publishers, 1977 [1908]), 251.

⁶¹ Note that while Hessen sees quantum mechanics as primarily a continuation of the historical debate over laws of nature, i.e. dynamical and statistical, he also sees it as a continuation of debates over various other issues, such as individuals and aggregates/collectives, microcosm and macrocosm, etc. I only restrict my focus to the laws of nature for the sake of brevity.

discontinuous, and the idea of the latter that electron particles behave simultaneously as a particle and as a wave.⁶² He goes on to point out that where the two theories do not intersect was due to certain shortcomings in quantum mechanics that could be remedied by a dialectical materialist approach. One of the central themes surrounding quantum mechanics in the early 20th century was that of its significance to the central principle of any and all scientific research, i.e. the law of causality.⁶³ According to certain interpretations of quantum mechanics at the time, it appeared as though electrons were capable of moving entirely at random. As English physicist, Paul Dirac puts it in a paper from the 5th Solvay Conference, nature “makes a free choice.”⁶⁴ This concept is exemplified in German physicist, Werner Heisenberg’s concept of the ‘uncertainty principle’, which Hessen refers to as “[a]n increased precision in the determination of a particle’s position is related to an increased lack of precision in the determination of the momentum and vice versa.”⁶⁵ Heisenberg himself attributed the uncertainty principle to what would later be called the ‘observer effect’, according to which “in the micro-world . . . [.] it is impossible to separate the measured from the measurer.”⁶⁶ From this observation, many physicists — from Bohr, Dirac, Eddington, Haas, Heisenberg, Lorentz to Schrödinger — concluded that that the law of causality itself was at stake.⁶⁷ The position is perhaps best summarized by Schrödinger in his inaugural address upon his election to the Prussian Academy of Sciences, where he states that

62 Hessen, “On the Question of the Causality Problem in Quantum Mechanics,” 143.

63 *Ibid.*, 144 – 151.

64 *Ibid.*, 151. As mentioned in the editors’/translators’ note, ‘free’ does not appear in the original. See G. Bacciagaluppi & A. Valentini, *Quantum Theory at the Crossroads: Reconsidering the 1927 Solvay Conference* (Cambridge: Cambridge University Press, 2009), 405.

65 Hessen, “On the Question of the Causality Problem in Quantum Mechanics,” 152.

66 *Ibid.*, 153.

67 *Ibid.*, 144, 145, 151, 152, 153.

‘[t]he most burning issue for us today is whether we should abandon, along with classical mechanics, also its basis and method i.e. that immutable laws unambiguously determine the outcome in each individual case depending on arbitrary values of the initial conditions. It is a question of whether it is expedient to preserve the inviolability of the causality postulate.’⁶⁸

From this ambiguity, many physicists adopted a kind of descriptive approach, whereas others went to great extremes of adopting more idealistic or spiritualistic approaches.⁶⁹

For Hessen, however, one can see this tendency under a new light from a dialectical materialist standpoint, first and foremost by understanding it from a historical perspective. Indeed, throughout the history of modern physics, two kinds of laws continually reappear: dynamical and statistical. A dynamical law, Hessen writes, “is primarily based on the complete and unambiguous determination of a subsequent state by the previous one.”⁷⁰ One example of a dynamical law would be that of planetary orbit: “[a] planet’s position is unambiguously and precisely determined by its previous position and speed.”⁷¹ Conversely, a statistical law, he notes, “is the supposition of no dependence of the subsequent state on the previous one.”⁷² Take, for instance, a coin toss: “[w]hen a coin is tossed for the tenth time, heads or tails show *totally irrespective* of the result of the ninth toss.”⁷³

68 *Ibid.*, 152 – 153. See Erwin Schrödinger, „Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, 1929,“ in *Gesammelte Abhandlungen*, T. 3 (Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, F. Vieweg, 1984), 304.

69 Boris Hessen, «Idealisticheskiye techeniya v sovremennoy fizike i bor’ba s nimi», *Molodaya gvardiya* 3 (1929): 64 – 67.

70 Hessen, “On the Question of the Causality Problem in Quantum Mechanics,” 148.

71 *Ibid.*, 148.

72 *Ibid.*

73 *Ibid.*

And for centuries, by virtue of its establishing a ‘necessary connection’, dynamical law was seen as the proper expression of causation, whereas statistical law was seen as the placeholder for the heretofore undiscovered necessary connection.⁷⁴ In the case of quantum mechanics, however, statistical laws appear to have usurped dynamical laws altogether:

the peculiarity of the modern problem is that unlike in classical physics, statistical laws are not subordinate to the dynamical ones, and do not stand alongside them but present the only method that is currently available in physics and that is able to express the internal atomic phenomena’s laws.⁷⁵

For Hessen, dialectical materialist philosophy presages an answer to this problem via Engels’ account of the unity in opposition of ‘chance’ and ‘necessity’. This is exemplified in Engels’ quote where he writes

‘[i]f the fact that a particular pea-pod contains six peas, and not five or seven, is of the same order as the law of motion of the solar system, or the law of the transformation of energy, then as a matter of fact chance is not elevated into necessity, but rather necessity degraded into chance.’⁷⁶

In other words, if one tries to explain chance entirely via necessity or vice versa, one not only eliminates the opposite category, but

⁷⁴ *Ibid.*, 149.

⁷⁵ *Ibid.*, 149.

⁷⁶ Friedrich Engels, *Dialectics of Nature*, in *Marx & Engels: Collected Works*, vol. 25 – *Engels*, ed. Natalia Karmanova, et al. and trans. Clemens Dutt (London: Lawrence & Wishart, 2010 [1883]), 498 – 501. See Hessen, “On the Question of the Causality Problem in Quantum Mechanics,” 150 – 151; Hessen, “Preface to Articles by A. Einstein and J.J. Thomson,” 97.

one transforms the one category into the other. In this way, chance and necessity depend upon one another in order to be what they are in the first place. The same goes, Hessen contends, for dynamical and statistical laws. Any phenomenon depends upon the unity in opposition of dynamical and statistical laws, depending on what standpoint one adopts. They are not to the exclusion of one another, but on the contrary, necessarily interdependent such that understood together, they present a much richer conception of the causal relationships between phenomena. Hessen asserts that

[t]herefore, if we reject the fatalistic concept of determinism on the one hand and accept chance as not simply a consequence of our ignorance but an objective category, then the opposition between dynamical and statistical laws is destroyed. They do not exclude but imply each other. They are both necessary and valid.⁷⁷

Both dynamical and statistical law are abstractions; no circumstance where simply one is at work at the expense of the other.⁷⁸ If we return, for instance, to the example of planetary orbits, we find that they are in fact not such a simple expression of dynamical law. As Hessen writes as follows:

[a] planet's motion is a dynamical law because we neglect its interaction with its environment. We would observe random variations similar to the ones we observe for a tossed coin if we look at an actual trajectory of a real planet and not at a

⁷⁷ Hessen, "On the Question of the Causality Problem in Quantum Mechanics," 151.

⁷⁸ *Ibid.*, 150.

trajectory of a physical point in mechanics; the aggregate of these variations can be expressed by a statistical law.⁷⁹

Likewise, concerning the example of coin tosses, we find that they too are not such a simple expression of statistical law. Hessen indicates as follows: “the initial orientation, initial impulse, ejector mechanism, air movement as the coin falls and the whole complex set of initial conditions of a single toss[; e]ach single toss is fully determined by this set of conditions.”⁸⁰ Thus, there is no such thing as a simple expression of either dynamical or statistical law; all phenomena are intermixed.

Hessen proceeds to apply the same analysis to quantum mechanics, stating that

[a] single quantum’s direction of motion is accidental not in the sense that it is not determined but because a single quantum’s behavior is not essential for the entire aggregate of quanta; only the whole identifies a statistical law.⁸¹

That is, while a single quantum may appear to behave in a random fashion, it is nevertheless simply a member of a larger aggregate of quantum behavior that expresses a statistical law. This, of course, does not resolve every single conundrum of quantum mechanics insofar as the issue of observability remains a problem, because the scale of the particles and the instruments available to measure them mean that it is near impossible to determine any dynamical conception of quanta.⁸² Nevertheless, Hessen argues that we should treat this

79 *Ibid.*

80 *Ibid.*, 148.

81 *Ibid.*, 149, 151.

82 *Ibid.*, 154.

not as an *a priori* problem of observation as such, but as a limitation of the instruments of observation currently available and of current theories.⁸³

B. Relativity Theory

Hessen sees the precedent for relativity theory in the history of science to the extent that he sees it as a continuation of competing conceptions of subject and object.⁸⁴ Hessen's perhaps best-known defenses of relativity theory can be found in his *The Main Ideas of the Theory of Relativity*. Hessen's primary thesis in this work is that dialectical materialism and relativity theory coincide to the extent that they share similar conceptions of space and time. From the perspective of Newtonian mechanics, space and time are objective realities, but they exist independently of one another and independently of matter and motion; understood metaphorically, they are like containers within which physical processes take place.⁸⁵ From the perspective of relativity theory, though, space and time are inseparable from each other and inseparable from matter and motion. Based on the results of the famous Michelson-Morley experiment in 1887, this lent plausibility to the idea of the constancy of the speed of light.⁸⁶ The constancy of the speed of light, of course, presented a considerable challenge to the laws of classical physics, to the extent that if light traveled at a constant speed regardless of the speed of the subject and

⁸³ *Ibid.*, 155.

⁸⁴ Again, note that while Hessen sees relativity theory as primarily a continuation of the historical debate over subjectivity and objectivity, he also sees it as a continuation of debates over various other issues, such as space and time, etc. I only restrict my focus to subjectivity and objectivity for the sake of brevity.

⁸⁵ Boris Hessen, "(Selections from) *The Main Ideas of the Theory of Relativity*," in *Boris Hessen: Physics and Philosophy in the Soviet Union, 1927 - 1931; Neglected Debates on Emergence and Reduction*, ed. and trans. Chris Talbot & Olga Pattison (Cham: Springer Nature, 2021 [1928]), 115.

⁸⁶ Albert A. Michelson & Edward W. Morley, "On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether," *The American Journal of Science* 34.203 (1887): 332 - 345.

the object, this could not be accounted for. Einstein posited, then, that in order for the speed of light to remain constant that space and time had to contract and dilate. Hence, they are inseparable from one another and inseparable from the fabric of matter and motion.⁸⁷ Hessen then proceeds to argue that in this way, dialectical materialism and relativity theory coincide in at least two respects, as dialectical materialism too posits the inseparability of space and time and the inseparability of space-time from matter and motion. As he writes,

dialectical materialism suggests the concept of *the unity of space and time*. . . . [I]n real moving matter, space and time are tied into one complex (synthesis). Matter exists not in two separate and independent forms – space and time forms – but in one space-time form. Space and time are not added mechanically but are inseparably tied into one synthesis in moving matter.⁸⁸

Thus, “As far as physics is concerned the views of relativity theory on space and time generally coincide with the views of dialectical materialism on the relationship between space, time and matter.”⁸⁹

He goes on to say, however, that relativity theory had also precipitated an embrace of philosophical relativism, which Hessen describes as the idea “that cognition requires an available subject . . . [but that it] cannot leave the boundaries of the subject. We cannot ascend to absolute cognition and cannot approach it.”⁹⁰ Many had taken this to follow from relativity theory to the extent that this theory implies that there is no such thing as absolute space or time,

87 Hessen, “(Selections from) *The Main Ideas of the Theory of Relativity*,” 115.

88 *Ibid.*

89 *Ibid.*, 117.

90 *Ibid.*, 118.

but only relative space and time.⁹¹ For Hessen, however, this conflates two distinct conceptions of the notion of relativity, ‘philosophical’ and ‘physical’, where the former refers to the relativity of knowledge and the latter refers to the relativity of space-time intervals.⁹² Philosophical relativism, of course, does not imply that knowledge is simply arbitrary, but rather that knowledge simply does not extend beyond description from the perspective of one’s standpoint. Physical relativism, however, means that the object cannot be understood independent of its reciprocal relationship with the subject; that is, that there is a truthful determination of the relationship between the two.⁹³ He argues that many had assumed relativity theory to imply philosophical relativism because they had failed to adopt a proper conception of materialism. Relativity theory is incompatible with materialism only to the extent that one adopts a ‘metaphysical’ or ‘mechanical/mechanistic’ conception of materialism, according to which one can only cognize the object to the extent that one can conceive of it independent of the subject.⁹⁴ He notes that from a dialectical materialistic standpoint, one cannot omit the subject to the extent that the subject is itself material in nature and the extent to which phenomena are understood by way of their opposites. As he states, “[t]he thinking process as the highest form of motion and the most complex one is a process in a human brain that is inseparably tied with other processes there and is another side of a *material* process.”⁹⁵ Consequently, grasping the nature of the object does not mean extricating the subject, but on the contrary, acquiring knowledge of the object through the subject: “[a]ccording to dialectical materialism, a subject is both a condition and the only *method* for the consistent coverage

91 *Ibid.*, 116.

92 *Ibid.*, 122.

93 *Ibid.*, 120.

94 *Ibid.*, 119.

95 *Ibid.*, 115 – 116.

and cognition of an object. The way towards absolute knowledge is through a subject.”⁹⁶ The object exists independently of the mind, but truthful cognition is a relationship between a perceiving subject and an object; that is, according to dialectical materialism, there is a truth of the subject-object relation. Contrary to objectors, relativity theory and dialectical materialism share the idea that absolute knowledge is only possible from a relative standpoint. A reflection upon the nature of the subject, then, is not the obstacle to but the path towards asymptotically leading to absolute knowledge.⁹⁷

* * *

For Hessen, just as the breakdown of feudalism and the dawn of early capitalism furnished the basis of classical mechanics via socio-economic development and technological progress, so too the perceived breakdown of capitalism and the perceived dawn of socialism was furnishing the basis of a new science. Likewise, just as socio-economic development and technological progress alone left certain physical questions unanswered which were dealt with via ideological struggle, the same would be the case for quantum mechanics and relativity theory. Just as the merchant class had formed scientific societies in the ideological struggle over the new science at the rise of capitalism, so to the working class would have to form their own institutions in the ideological struggle over a new science at the rise of socialism. This meant not completely objecting to the study of quantum mechanics and relativity theory, but rather, cultivating their study in the context of working-class scientific institutions facilitated by the cooperation with experts in their respective scientific fields.⁹⁸

96 *Ibid.*, 119.

97 *Ibid.*, 119, 120.

98 Boris Hessen, «K voprosu o podgotovke nauchnoy smeny v oblasti teoreticheskogo

§. Conclusion

In this introductory essay, I provided a general survey of Boris Hessen's thought in order to properly contextualize our understanding of his *Manuscripts & Documents on the History of Physics*. I asserted that we can best grasp the *Manuscripts* as an expression of Hessen's commitment to a Deborinite dialectical materialist approach to the history & philosophy of science. This assertion was supported by providing a general account of Hessen's composition of the *Manuscripts* and its reception. Then, I proceed to enumerate Hessen's approach to contemporary scientific problems through an analysis of the history of science from a Deborinite dialectical materialist standpoint. The essay then went on to show how Hessen applied this approach to classical physics, along with quantum mechanics and relativity theory. Altogether, we saw the portrait of a philosopher who took dialectical materialism as a philosophy in its own right, which served the practical purposes of facilitating the birth of a new society in light of the limits of socioeconomic development and technological progress as well as of the laws of nature.

yestestvoznaniya», *Kommunisticheskaya revolyutsiya* 5 (1929): 62 – 67; Hessen & Egorshin, "On Cde. Timiryazev's Attitude towards Contemporary Science," Forthcoming; Boris Hessen & Ivan Luppel, «O kruzhkakh po izucheniyu dialekticheskogo materializma sredi molodykh nauchnykh rabotnikov», *Kommunisticheskaya revolyutsiya* 14 (1928): 77 – 83.

Bacciagaluppi, G. & A. Valentini. 2009. *Quantum Theory at the Crossroads: Reconsidering the 1927 Solvay Conference*. Cambridge: Cambridge University Press.

Bashmakova, Isabella, et al., 1995. "In Memoriam: Adolph Andrei Pavlovich Yushkevich (1906 – 1993)." *Historia Mathematica* 22: 113 – 118.

Bayuk, Dimitri. 19 April 2021. Private Email Correspondence.

"Dimitri Bayuk." *Research Gate*. Accessed November 23, 2021. researchgate.net.

Bochenski, J.M. 1963. *Soviet Russian Dialectical Materialism [Diamat]*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.

Cohen, H.F. 1994. *The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry*. Chicago/London: University of Chicago Press.

«S.S. Demidov». *Russian Academy of Sciences – Institute for the History of Science*. Qccessed November 23, 2021. old.ihst.ru.

Engels, Friedrich. 2010a [1883]. *Dialectics of Nature*. In *Marx & Engels: Collected Works, vol. 25 – Engels*. Edited by Natalia Karmanova, et al. and translated by Clemens Dutt, 313 – 629. London: Lawrence & Wishart.

—. 2010b [1886]. *Ludwig Feuerbach and the End of Classical German Philosophy*. In *Marx & Engels: Collected Works, vol. 26; Engels 1882 – 89*. Edited by Boris Tartakovsky and translated by Nicholas Jacobs, et al., 353 – 398. London: Lawrence & Wishart.

Freudenthal, Gideon. 2005. "The Hessen-Grossmann Thesis: An Attempt at Rehabilitation." *Perspectives on Science* 15.2: 166 – 193.

- Freudenthal, Gideon & Peter McLaughlin. 2009. "Classical Marxist Historiography of Science: The Hessen-Grossmann-Thesis." In *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution: Texts by Boris Hessen and Henryk Grossmann*. Edited by Gideon Freudenthal & Peter McLaughlin, 1 – 40. Dordrecht: Springer.
- Graham, Loren R. 1985. "The Socio-Political Roots of Boris Hessen: Soviet Marxism and the History of Science." *Social Studies of Science* 15: 705–722.
- Hessen, Boris. 1927. «Predislivoiye k stat'ya G. Miye «Problema materii»». *Pod znamenem marksizma* 1: 118 – 119.
- . 1929a. «Idealisticheskiye techeniya v sovremennoy fizike i bor'ba s nimi». *Molodaya gvardiia* 3: 58 – 71.
- . 1929b. «K voprosu o podgotovke nauchnoy smeny v oblasti teoreticheskogo yestestvoznaniya». *Kommunisticheskaya revolyutsiya* 5: 62 – 67
- . 1936 (?). *Materialy i dokumenty po istorii fiziki (granki)*. Unpublished. Accessed November 23, 2021. gessen-hrest.pdf (iphbras.ru).
- . 2009 [1931]. "The Social and Economic Roots of Newton's *Principia*." In *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution: Texts by Boris Hessen and Henryk Grossmann*. Edited by Gideon Freudenthal & Peter McLaughlin and translated by Philippa Schimrat, 41 – 101. Dordrecht: Springer.
- . 2019 [1927]. "Preface to Articles by A. Einstein and J.J. Thomson." Translated by Sean Winkler. *Society & Politics – Boris Hessen and the Dialectics of Natural Science* 13: 87 – 102.
- . 2020 [1930]. "Materialist Dialectics and Modern Physics: Abstracts of the Report at the First All-Union Congress of Physicists in Odessa on 19 August 1930." Translated by Sean Winkler. *Historical Materialism* 28.4: 235 – 241.
- . 2021 [1928]. "(Selections from) *The Main Ideas of the Theory of Relativity*." In *Boris Hessen: Physics and Philosophy in the Soviet Union, 1927 – 1931; Neglected Debates on Emergence and Reduction*. Edited and translated by Chris Talbot & Olga Pattison, 113 – 129. Cham: Springer Nature.
- . 2021 [1931]. "On the Question of the Causality Problem in Quantum Mechanics. Preface to the 1931 Russian Translation of Arthur Haas, *Materiewellen und Quantenmechanik*." In *Boris Hessen: Physics and Philosophy in the Soviet Union, 1927 – 1931; Neglected Debates on Emergence and Reduction*. Edited and translated by Chris Talbot & Olga Pattison, 141 – 156. Cham: Springer Nature.
- . *Socio-Economic Prerequisites for the Emergence of Classical Physics*. In *Manuscripts and Documents on the History of Physics*. Translated by Giuliano Vivaldi and edited by Pietro Daniel Omodeo & Sean Winkler. (Venice: Verum Factum, 2022).
- . Forthcoming. "Marian Smoluchowski (On the 10th Anniversary of His Death)." Translated by Sean Winkler & Alexei Kojevnikov. *Science in Context*.
- . Forthcoming. "Mechanical Materialism and Modern Physics." Translated by Sean Winkler & Alexei Kojevnikov. *Science in Context*.

- Hessen, Boris & Vasilij Egorshin. Forthcoming. "On Cde. Timiryazev's Attitude towards Contemporary Science." Translated by Sean Winkler & Alexei Kojevnikov. *Science in Context*.
- Hessen, Boris & Ivan Luppel. 1928. «O kruzhkhakh po izucheniyu dialekticheskogo materializma sredi molodykh nauchnykh rabotnikov». *Kommunisticheskaya revolyutsiya* 14: 77 – 83.
- Hessen, Boris & Ivan Podvolotskiy. 1929. «Filosofskiyeh korni pravogo opportunizma». *Pod znamenem marksizma* 9: 1 – 29.
- Hessen, Boris, et al. 1930. «O bor'be na dva fronta v filosofii». *Pod znamenem marksizma* 5: 139 – 149.
- Josephson, Paul. 1991. *Physics and Politics in Revolutionary Russia*. Berkeley/Los Angeles/Oxford: University of California Press.
- Kassof, Brian. 2005. "A Book of Socialism: Stalinist Culture and the First Edition of the *Bolshaia Sovetskaia Entsiklopediia*." *Kritika* 6.1: 55 – 95.
- Kirsanov, Vladimir. 2010. *Izbrannyye trudy; Vospominaniya kolleg i druzey; Stikhi; Risunki*. Moskva: Izdatel'stvo im. Sabashnikovykh.
- Korsakov, Sergei N. 2015. Boris Mikailovich Hessen. 1893 – 1936. Moskva: Nauka.
- . 23 April 2021. Private Email Correspondence.
- "Sergei N. Korsakov." *Institute of Philosophy of the Russian Academy of Sciences*. Accessed November 23, 2021. eng.iphras.ru.
- Lecourt, Dominique. 2003 [1977]. *Proletarian Science?: The Case of Lysenko*. Translated by Ben Brewster. Atlantic Highlands: Humanities Press.
- Lenin, V.I. 1977 [1908]. *Materialism and Empirio-Criticism: Critical Notes concerning a Reactionary Philosophy*. In *V.I. Lenin: Collected Works, Vol. 14; 1908*. Edited by Clemens Dutt and translated by Abraham Fineberg. Moscow: Progress Publishers.
- Michelson, Albert A. & Edward W. Morley. 1887. "On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether." *The American Journal of Science* 34.203: 332 – 345.
- Mitin, Mark, et al. 7 June 1930. «O novykh zadachakh marksistsko-leninskoy filosofii». *Pravda*, ?.
- Morrell, J.B. 1981a. "Externalism." In *Dictionary of the History of Science*. Edited by W.F. Bynum, E.J. Browne & Roy Porter, 145 – 146. London: The Macmillan Press Ltd.
- Morrell, J.B. 1981b. "Internalism." In *Dictionary of the History of Science*. Edited by W.F. Bynum, E.J. Browne & Roy Porter, 211. London: The Macmillan Press Ltd.
- Pattinson, Olga & Chris Talbot, eds. 2021. *Boris Hessen: Physics and Philosophy in the Soviet Union, 1927 – 1931; Neglected Debates on Emergence and Reduction*. Cham: Springer International Publishing.
- Plato. 1997. *Republic*. In *Plato: Complete Works*. Edited by John M. Cooper and translated by G.M.A. Grube & C.D.C. Reeve, 971 – 1223. Indianapolis/Cambridge: Hackett Publishing Company.
- Schrödinger, Erwin. 1984. „Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, 1929.“ In *Gesammelte Abhandlungen, T. 3*. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, F. Vieweg.

Stalin, Joseph. 2013 [1938]. *Dialectical and Historical Materialism*. Translator unknown. New York: Prism Key Press.

Vogt, Annette B. 2008. "Eloge: Vladimir Semyonovich Kirsanov, 26 December 1936 – 12 May 2007." *Isis* 99: 803 – 805.

The International and Interdisciplinary Circulation of Boris Hessen's Theses

Gerardo Ienna

Introduction

The reception of Hessen's famous essay titled *The Social and Economic Roots of Newton's Principia* has undergone various stages or, to put it in Bourdieu's terms, labeling processes (*marcature*) through which Hessen himself has come to be regarded as a precursor figure in a wide range of debates. Readers of his work have offered a variety of interpretations of it based on their specific positions within these debates.

In the following pages, I will outline the various phases of the circulation of Hessen's theses from the 1930s to the present day. I will first reconstruct the immediate reception in Britain of Hessen's theses during the conference and in the years immediately following. Subsequently, I will highlight how the legacy of Hessen and the readings of him by British Marxists went beyond the national borders of Britain to arrive, firstly, in the US and, secondly, back to the USSR through a process of reverse circulation of ideas. In both cases this complex form of dissemination of Hessen's theses led to different kinds of debates. I will also consider the positions of the detractors of the theses referred to in derogatory terms as 'externalist' by showing how Hessen's intervention in 1931 has been taken as the main polemical target of this current of research. In the second part of the text, I will move towards more contemporary debates highlighting how Hessen's thought has been rehabilitated since the 1970s as the inspirational father first of the Radical Science Movements and then showing how

his theses have been taken up in the emerging debates in the field of Sociology of Scientific Knowledge and in the wider STS context. The anti-deterministic character of his theses will emerge clearly from the account of scholars interested in overcoming the debate between internalism vs. externalism. To conclude, I will trace the last phases of the international circulation of this author and the emergence of a more mature phase of canonization of his work. I will retrace the various translations that have been made of the famous 1931 speech and of other texts by Hessen that have only recently been published in languages other than Russian (and for this reason are little known at international level). The reconstruction of the international and interdisciplinary circulation of Hessen's famous essay is necessary for understanding how the evaluation of his intellectual legacy has changed over time.

The Debates in the United Kingdom Stemming from the London Congress

During the congress and in the following days, the theses supported by the Soviet delegates generated a strong debate. Its resonance was broadly perceived by those present at the event in London. At the time, there was a very active circle of scientists in the United Kingdom engaged in political leftism, whom Werskey called the 'visible college.'¹ This group included John Desmond Bernal, John Haldane, Lancelot Hogben,² Hyman Levy, and Joseph Needham. These authors had a common interest in the investigation of science's role

¹ The concept of the visible college was coined by Werskey, echoing the expression "invisible college," which was employed by Robert Boyle to refer to a dozen natural philosophers gathered around him in 1660. Gary Werskey, *The Visible College. The Collective Biography of British Scientific Socialists in the 1930s* (New York: Holt Rinehart Winston, 1979).

² He proposed the immediate publication of the texts of the Soviet delegation.

in society. Excluding Haldane,³ everybody in this group was at the 1931 congress and remained strongly influenced by the talks of the Soviet delegation.

The intervention of the Soviet delegation was meant as a cultural-political operation and, for this reason, it was decided that the Soviet communications should be published in English in a volume titled *Science at the Crossroads*. During the course of the conference, a group of translators and proofreaders at the Russian Embassy worked hard to prepare the volume for print. On the morning of July 4, during the actual speech of the Soviet delegation, a first unbound version of the Soviet papers was distributed. The complete collection of the Soviet delegates' papers was published by the Russian Foreign-Language Press about ten days after the end of the conference. Despite numerous typographical errors and inaccurate linguistic revision of the translation, copies of the book quickly sold out⁴. An expanded version (with revisions) introduced by Paul Gary Werskey and including a preface by Joseph Needham appeared in 1971.⁵

The Marxist approach proposed by these delegates clearly separated them from the positivist and Comtian approach to understanding the history of science.⁶ For a long time, this discipline had, in fact, been practiced as a secondary activity by professional scientists who

3 Haldane was the only one absent at the congress. He would only turn to Marxism after the Spanish Civil War in 1936.

4 Gideon Freudenthal and Peter McLaughlin, "Classical Marxist Historiography of Science: The Hessen-Grossmann-Thesis," in *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution*, ed. Gideon Freudenthal and Peter McLaughlin, (Dordrecht: Springer, 2009), 1-40.

5 Bukharin, *Science at the Cross Roads*. Only Hessen's text has been reprinted in a stand-alone edition in Sydney 1946. For an analysis of the various editions of the text cf. Gerardo Ienna and Giulia Rispoli "Boris Hessen al bivio fra scienza e ideologia," in *Le radici sociali ed economiche della meccanica di Newton* by Boris Hessen, ed. Gerardo Ienna (Rome: Castelvecchi, 2017), 39-41.

6 Jean François Braunstein, *L'histoire des sciences* (Paris: Vrin, 2008); Jérôme Lamy and Arnaud Saint-Martin, "La sociologie historique des sciences et des techniques. Essai de généalogie conceptuelle et d'histoire configurationnelle," *Revue D'histoire des sciences* 68, no. 1 (2015): 175-214.

had often not deeply reflected on the theoretical-historical model implicit in their construction of historical narratives. During the very early stages of institutionalization, the history of science thus crystallized around the celebration of great personalities, such as Galileo Galilei, Johannes Kepler, and Isaac Newton, who were often presented as intellectual figures capable of bringing a radical transformation to the sphere of human knowledge through their genial contribution. However, this approach underestimated the role played by certain forms of knowledge and certain types of actors (therefore marginalized in standard narratives) in enabling the social emergence of scientific activity. For the first time in the history of the historiography of science, the interventions of Bukharin, Hessen, Rubinstein, and others emphasized the role of technicians in the development of science, the impact of cultural-religious convictions on scientific practices, and particularly the determinations coming from the economic-social structure on the sphere of intellectual production.⁷ All these elements mutually concur to form a system in equilibrium, as

7 In the same period in France the historiographic current of *Annales* founded by Marc Bloch and Lucien Febvre emerged. This tradition has had relevant intersections with the debates in the history and philosophy of science, especially in the context of the French *épistémologie historique* [cf. Enrico Castelli Gattinara, *Les inquiétudes de la raison: épistémologie et histoire en France dans l'entre-deux-guerres* (Paris: Vrin 1988)]. As pointed out by Maria Paula Diogo, "The Perfect Pair" authors gathered around the journal *Annales* have contributed in various ways to the history of science and techniques. These authors have proposed an approach based on the rejection of an event-based narrative (*histoire événementielle*). Their goal was rather to propose a historiographical model based on the concepts of *total history*, *history-as-problem* (*histoire totale*, and *histoire-problème*) aimed at proposing a long-term (*longue durée*) historical perspective on social and cultural phenomena. In analogy to what Hessen proposed in his speech in London, authors such as Braudel and Febvre devoted attention to the analysis of the material conditions of the emergence of technological forms as much as its effects on culture and society. This communion of purpose is also evident from the collaboration between the Bernalist authors Needham and Julian Huxley with Febvre in the context of the UNESCO project for the writing of the *History of Scientific and Cultural Development of Mankind* cf. Maria Paula Diogo, "The Perfect Pair." See also Elena Aronova, *Scientific History. Experiments in History and Politics from the Bolshevik Revolution to the End of the Cold War* (Chicago: University of Chicago Press, 2021), 87-131.

we outlined above, where science, technology, and society reinforce each other.

The rhetoric of the scientific genius sent by God or appearing from nowhere is therefore deconstructed through the adoption of sociological tools of analysis capable of bringing to light a hidden side of the dynamics of scientific production and highlighting the communitarian structure of scientific activity.

It should also be emphasized that this historiographical model is not unrelated to a certain way of understanding the organization of scientific activity in contemporary times. The issues at stake in the science-at-the-crossroads debate therefore imply the discussion of two intimately connected aspects: on the one hand, the opposition between capitalist science and socialist science, and on the other hand, the opposition between internalist historiographic methodology and what has been called (not without discredit) externalist methodology.⁸ The approach proposed by the Soviet delegates inaugurated a method of inquiry that allows us to see both the effect of science on societal transformation and the impact of society on the production of scientific practices. The entanglement of these two aspects still represents a fundamental theoretical background that Marxism has provided in order to understand the most urgent problems of our contemporaneity.

Among the members of this visible college, Bernal and Needham were particularly prolific in their work to further the perspective of the Hessen theses in the history of science.⁹ Bernal was a strong supporter of the Soviet model in its promotion of a harmonious development of

⁸ Wolf Schäfer, "Boris Hessen and the Politics of the Sociology of Science," *Thesis Eleven*, 21, no. 1 (1988): 103-116, on 104.

⁹ Steven Shapin, "Hessen Thesis," in *Dictionary of the History of Science*, ed. William F. Bynum, (London: Macmillan, 1982), 185-186.

society and science.¹⁰ In addition to his scientific studies about X-rays and molecular biology, Bernal authored several now classic texts, such as *Engels and Science* (1935); *The Social Function of Science* (1939); *Marx and Science* (1952); *Science and Industry in the Nineteenth Century* (1953); his monumental work in three volumes, *Science in History* (1954); and *Emergence of Science* (1971). Especially in his 1939 book, he tried to address the question—particularly important for Marxism—of science policy. In accordance with Bukharin’s presentation at the London congress that focused on the relation between science and ideology, and theory and praxis, Bernal delineated a way to put scientific practice at the service of society.

In this regard, he clearly stated that the interest in dialectical materialism in the United Kingdom emerged from the congress of 1931. In fact, the Soviet delegation “showed what a wealth of new ideas and points of view for understanding the history, the social function, and the working of science could be and were being produced by the application to science of Marxist theory.”¹¹ In a footnote, he also added an explicit reference to the Hessen theses: “Hessen—article on Newton— [...] was for England the starting point of a new evaluation of the history of science.”¹² In this context *Science in History* served as a perfect example of how to provide a Marxist interpretation of the history of science. This text by Bernal would later become a classical point of reference within this discipline and considered by many a masterpiece.¹³

10 Serge Guéroult, “Présentation,” in *Les racines sociales et économiques des Principia des Newton*, Boris Hessen, (Paris : Vuibert, 2006), 1-67.

11 John D. Bernal, *The Social Function of Science* (London: Rutledge, 1946), 393.

12 *Ibid.*, 406.

13 In fact, in 1981, on the occasion of the fiftieth anniversary of the London congress, the journal *Isis* dedicated a special part of its third issue to the theme of Marxism and history of science in which Jerome Ravetz and Richard Westfall contrasted precisely in attributing a different meaning to Bernal’s science in history for the history of the discipline, cf. Jerome Ravetz and Richard S. Westfall, “Marxism and the History of Science,” *Isis* 72, no. 3 (1981): 393-

At the same time, Joseph Needham was publishing his *Chemical Embryology* (in three volumes) in 1931. During the preparation of this book, he also had the possibility to meet Charles Singer, the president of the London congress. During the congress, Needham was particularly impressed by Boris Zavodovskij's talk. Indeed, Zavodovskij reached the same conclusions of Needham, even if the former was starting from the axioms of dialectical materialism. Nevertheless, Hessen's contribution played the most significant role in shaping Needham's thought. In his *History of Embryology* (1934)—a revised version of his text from 1931—Needham wrote, “further historical research will enable us to do for the great embryologists what has been so well done by Hessen for Isaac Newton.”¹⁴ In introducing the second edition of *Science at the Cross Roads*, he said, “This essay [by Hessen], with all its unsophisticated bluntness, had a great influence during the subsequent forty years, an influence still perhaps not yet exhausted.”¹⁵ Also, in his later works—like the monumental seven-volume *Science and Civilisation in China* (published between 1954 and 2004)—Needham expressed his debt to the stimuli received by Bukharin, Hessen, and the other Soviet delegates.

Among those attending the conference was also the scientific journalist James Gerald Crowther.¹⁶ He was particularly active in

405. Consider also that the Society for Social Studies of Science, one of the major institutions in the field of STS, has awarded the J. D. Bernal Prize every year since 1981 to a scholar who has distinguished himself or herself by making a significant contribution to the study of the social dimension of science. Among the winners of this prize are: Robert K. Merton, Thomas Kuhn, Joseph Needham, Joseph Ben-David, Bruno Latour, David Edge, David Bloor, Harry Collins, Barry Barnes, Donna Haraway, Steven Shapin, Michel Callon, Sheila Jasanoff, Donald MacKenzie, Steve Woolgar, and Karin Knorr Cetina.

¹⁴ Gary Werskey, “Introduction,” in *Science at the Cross Roads*, ed. N. Bukharin, (London: Frank Cass & Co. Ltd., 1971), XXII.

¹⁵ Joseph Needham, “Foreword,” in *Science at the Cross Roads*, ed. N. Bukharin (London: Frank Cass & Co. Ltd., 1971), VIII.

¹⁶ Crowther was a correspondent for the *Manchester Guardian* and a secret member of the communist party. It was Crowther himself who revealed the real composition of the Russian delegation at least four weeks before the beginning of the conference.

politics and closely associated with Hessen, with whom he maintained correspondence from 1931 until the death of the Russian physicist.¹⁷ Crowther was a very prolific scholar who represented a cardinal point in the evolution and dissemination of Marxist methodology in the history of science. By 1930, he had already published *Science in Soviet Russia* (his interest in this topic predated the congress). In *The Social Relation of Science*, Crowther also declared, “The movement, of which Hessen’s essay was the most brilliant expression, transformed the history of science from a minor into a major subject.” In particular, he declared that Hessen’s perspective demonstrated how the history of science “was essential for the solution of contemporary social problems due to the unorganized growth of a technological society.”¹⁸ As will be explained in the next paragraph, this broad UK leftist movement in science took the name of Bernalism in the following years (from the name of Bernal, its major authoritative scholar).

In the same context in which the Hessen theses were disseminated in the United Kingdom, one must also consider the economic historian, George Norman Clark.¹⁹ Despite being a detractor of Hessen’s theses, he clearly declared that Hessen’s work represented “the best available statement” of the relation between the rise of modern

17 Christopher A. J. Chilvers, “The Dilemmas of Seditious Men: The Crowther-Hessen Correspondence in the 1930s,” *The British Journal for the History of Science*, 36, no. 4 (2003): 417-35.

18 James Gerald Crowther, *The Social Relations of Science* (New York, The Macmillan Company, 1941), 617.

19 Clark, who was the opening speaker of the first session of the London conference, was harshly criticized by the Soviet delegation. See Freudenthal and McLaughlin, “Classical Marxist Historiography of Science,” 30. For the Russians, in fact, Clark’s proposals (but also Hill’s), went toward a new form of “the cult of heroes” of the history of science. From a Marxist point of view, it was considered necessary to break with individualistic and/or bourgeois philosophies of history, privileging instead studies that highlighted how the great scientists of the past had been influenced by the social and economic forces of their time. See Werskey, “Introduction,” XXII.

science and the fall of the feudal economy.²⁰ But Clark's reception of Hessen's work was not without criticism. In *Science and Social Welfare in the Age of Newton* from 1937, he specified that in order to explain the success of natural sciences in those centuries, there were other factors to be considered in addition to those indicated by Hessen. Together with the rise of the bourgeoisie, Clark underlined at least six other factors: the role played by religion, the concern for treating the sick, the desire to win wars, artistic creation, and the pursuit of pure knowledge.²¹ The third part of his book, titled *Social and Economic Aspects of Science*, is entirely dedicated to the discussion of Hessen's approach to the history of science. Various scholars have highlighted some of Clark's misunderstandings of Hessen's arguments (we will come back to this topic later) that were reproduced in the process of canonizing the author in the following years. Various scholars highlighted some of Clark's misunderstandings of Hessen's arguments—a topic that I will come back to later—that were reproduced in the process of canonizing the author in the following years. From this point of view, Clark made a serious mistake in assuming that the study of the determinant social factors of scientific thought should consist mainly in dissecting a scientist's personal motivation. On the contrary, Hessen and the Marxist tradition have explicitly criticized this point as an individualistic tendency in philosophy.²² In particular, Clark argued that he would have used a “biographical”²³ and “psychological”²⁴ model in the history of science (i.e., precisely what the Russian authors criticized).

Although Clark's reading of Hessen's text is strongly critical and at times even a caricature, in our opinion it is necessary to consider

20 George Norman Clark, *Science and Social Welfare in Age of Newton* (Oxford, Oxford University Press, 1937), 63.

21 Guérout, “Présentation,” 37; Clark, *Science and Social Welfare*, 89.

22 Freudenthal and McLaughlin, “Classical Marxist Historiography of Science,” 30.

23 Clark, *Science and Social Welfare*, 86.

24 *Ibid.*, 87.

that the English historian's objective is largely to overcome the 'crude' approach of the Soviets by means of a series of additions that allow him to go beyond the strictly economic interpretation of Newton's work. Clark also knew Max Weber, whom he quotes explicitly in his text (a year before the publication of Merton's theses.²⁵ Despite this, he recognized that the German author did not have a complete understanding of the relationship between religion, science, and technology. After having quoted *The Protestant Ethic and the Spirit of Capitalism*, he argued:

It does not appear to me that this generalization is borne out by the facts. We have seen that Spain and Portugal were homes of the studies of navigation and medicine. In the sixteenth century Italy was the most fruitful field of science and technology; in the early seventeenth in France and the Catholic Netherlands had some great names; in the late seventeenth and eighteenth England and Holland had their turn. But there was a great deal more besides religion to account for this; many other elements of economic history were tending to the same result.²⁶

Throughout the 1930s, the Marxist approach to science was developed even beyond the British borders. Authoritative authors coming from very heterogeneous intellectual backgrounds had, in fact, already worked in this direction, so that a strong historiographic tradition began to consolidate in the West.²⁷

25 Robert K. Merton "Science, Technology and Society in Seventeenth Century England," *Osiris* 4 (1938): 360-632. See also Steven Shapin, "Understanding the Merton Thesis." *Isis* 79, no. 4 (1988): 594-605.

26 *Ibid.*, 85-6.

27 From the context of the Vienna Circle and Austro-Marxism, Edgar Zilsel developed an original interpretation of the birth of modern science as the resolution of a class conflict. Edgar

From the '30s to the '50s: Beyond the U.K.

At the same time, the Hessen theses crossed the Britannic borders to arrive on the American side of the Atlantic Ocean. In this context, Merton played a central role in the dissemination of Hessen's work and of a certain conception of science and technology studies. He defended his PhD thesis, *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England*, in 1935 and published it in 1938. This work is considered the birth certificate of the sociology of science as an autonomous discipline, and it represents a cardinal moment for the *querelle* between internalism and externalism. This text is composed of two main parts: from paragraph 1 to 6, he develops what has been called the "Merton theses."²⁸ In the same spirit of Weberian sociology, Merton establishes a connection between Protestant ethics and the emergence of modern scientific thought in England during the seventeenth century. On the contrary, in the second part of the essay

Zilsel, *The Social Origins of Modern Science* (Dordrecht, Springer, 2013). Henryk Grossmann and Franz Borkenau, an economist and sociologist, respectively, were both affiliated with the Institut für Sozialforschung (Institute for Social Research) in Frankfurt under Carl Grünberg's direction. These authors thus related in various ways to the nascent Frankfurt critical theory. Cf. Rick Kuhn, "Henryk Grossman and Critical Theory," *History of the Human Sciences* 29, no. 2 (2016): 42-59; Gideon Freudenthal and Peter McLaughlin, eds., *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution: Texts by Boris Hessen and Henryk Grossmann* (Dordrecht, Springer, 2009); Valeria E. Russo, "Henryk Grossmann and Franz Borkenau A Bio-Bibliography," *Science in Context* 1, no. 1 (1987): 181-91; Rick Kuhn, "Introduction to Henryk Grossman's Critique of Franz Borkenau and Max Weber," *Journal of Classical Sociology* 6, no. 2 (2006): 57-100. Within this special issue and other articles, Peter D. Omodeo has instead analyzed the perspective elaborated by Gramsci. Pietro D. Omodeo, "La via gramsciana alla scienza," *Historia Magistra* 4 (2010): 53-68; Pietro D. Omodeo, "Egemonia e scienza: Temi gramsciani in epistemologia e storia della scienza," *Gramsciana: Rivista internazionale di studi su Antonio Gramsci* 2 (2016): 59-86; Massimiliano Badino and Pietro D. Omodeo, *Cultural hegemony in a scientific world: Gramscian concepts for the history of science* (Leiden, Brill, 2020); Pietro D. Omodeo, "The Struggle for Objectivity: Gramsci's Historical-Political Vistas on Science against the Background of Lenin's Epistemology" *HoST-Journal of History of Science and Technology* 14, no. 2 (2020): 13-49. For a general perspective on these issues, cf. Ienna and Rispoli, "Boris Hessen At The Crossroads of Science And Ideology".

²⁸ At the time, Merton had already used Hessen's work for an article dedicated to the analysis of the relation between science and military technique. R. K. Merton, "Science and Military Technique," *The Scientific Monthly* 41/6 (1935): 542-545.

(from paragraph 6 to 11), the role of the Hessen theses is more explicit. In fact, in a footnote, Merton admits to closely following “the technical analysis of Hessen in his provocative essay.”²⁹ In particular, he highlights how the Russian author’s paper “provides a very useful basis for determining empirically the relation between economic and scientific development.”³⁰ In one of the appendices of his text, Merton also emphasizes his dependence on Clark’s interpretation of the Hessen theses. Clark suggests that Hessen “over-simplifies the social and economic aspect of the science.” In contrast, Clark “points out that at least six major classes of influence outside of science proper were operative: economic life, war, medicine, arts, religion and most important of all, the disinterested search for truth.”³¹

Merton chose an eclectic methodology for which—despite indicating some distance from a strictly Marxist approach—he recognized his debt to Hessen.³² In chapters 7, 8, and 9, he reproduces Hessen’s model. First of all, Merton highlights the needs and interests at work in the productive sector and, second, its associated technical problems. Only at the end does he discuss the emergence of the scientific problems derived from these factors. It is necessary to note that Guérout identified how some of Hessen’s historiographical errors were reproduced in Merton’s essay without corrections.³³ The conventional narrative has crystallized (in the wake of Weber) the idea that the “Merton theses”, as opposed to a Marxist theses, would have

29 R. K. Merton, “Science, Technology and Society in Seventeenth Century England”, *Osiris* 4 (1938): 501-502.

30 Ibid.

31 Ibid., 565.

32 “We have already indicated that the preceding three chapters of the present study, despite certain differences of interpretation, are heavily indebted to Hessen’s work.” Ibid.

33 These errors had been broadly recognized by many scholars (for example, cfr. Needham, J., “Introduction,” VIII). For his part, Merton reproduced some of these errors like writing “Herique” instead of “Von Guericke” (p. 507) or “the arsenal of Florence” instead of “the arsenal Venice” Guérout, “Présentation,” 47.

given centrality to the superstructural elements, in this case, religion. As we will see, however, Hessen did not uphold a rigid deterministic relationship between structure and super-structure; in fact, quite the contrary. Therefore, Merton's debt to Hessen is even greater than has been previously thought. The idea that there is an opposition between internalism and externalism will come to be based precisely on this flawed interpretation. However, Merton's³⁴ and Clark's use of the Hessen theses has reinforced the canonization and dissemination of the Soviet author on a global scale. This process erected an image of Hessen as a precursor of various lines of research which, with some rectifications, have become known as "externalism". For subsequent generations, and to an ever-increasing extent, Hessen became a benchmark figure.

Another central contribution is that of Edgar Zilsel, one of the members of the Vienna Circle (later exiled to the U.S.). This author dedicated considerable attention to the sociological application of Marxist methodology to the history of science. Even if Zilsel never directly quoted Hessen's work, the theses of these two authors have frequently been juxtaposed based on the affinity of their ideas. The Viennese author's thesis tends to explain the emergence of science in the modern age in light of the resolution of social tension between, on one hand, the humanistic and university elite, and on the other, the engineers and the artisans living in more modest conditions.³⁵ Zilsel

³⁴ The success of Mertonian sociology in the U.S. has made possible the institutionalization of sociology of science as an autonomous discipline: R. K. Merton, "The Sociology of Science: An Episodic Memoir," in *The Sociology of Science in Europe*, eds. R.K. Merton; J. Gaston (London-Amsterdam: Feffer & Simons, 1977); Ben-David, J. "Emergence of National Traditions in the Sociology of Science. The United States and Great Britain," in *Sociology of Science. Problems, Approaches and Research*, ed. J. Gaston (San Francisco-Washington-London: Jossey-Bass Publishers, 1978).

³⁵ J. Lamy; A. Saint- Martin, "La sociologie historique des sciences et des techniques. Essai de généalogie conceptuelle et d'histoire configurationnelle," *Revue D'histoire des sciences* 68/1 (2015): 175-214.

and Hessen share common ground in the inversion of the canonical perspective on the history of science as a history of great personalities, great inventions and discoveries. From the Viennese author's perspective, the conditions of nascent capitalism and the bourgeoisie's needs made the affirmation of a new *scientific spirit* possible.³⁶ In this sense, the spread of capitalism necessarily required technological progress as a way of facilitating the development of the productive process. The social effects of these conditions allowed for the traversing of the social and cultural boundaries between academics and humanists, who were exclusively involved in the intellectual and university context, and artists and engineers, who were effectively engaged in manual work, like surgeons and barbers, manufacturers of measuring instruments, those employed in construction or engineering firms, etc. For Zilsel, the birth of modern science was represented by this cross-fertilization process.

In line with this theoretical endeavor, the German sociologist Franz Borkenau, a member of the Communist Party, argued that on the contrary, the emergence of modern science was the result of the passage from manual labor to new forms of uniform production, characterized by temporally segmented and quantitatively precise tasks.³⁷ In other words, work underwent a mechanical transformation, as seen with the abstraction and standardization of processes and for Borkenau, this was linked with the advent of the modern concept of natural law and mechanical philosophy.

Henryk Grossmann is another author often associated with Hessen.³⁸ Grossmann was an economist and statistician with communist sympathies. He had Polish-Jewish origins and migrated to Germany,

36 Zilsel, *The Social Origins of Modern Science*, 10.

37 Guérout, "Présentation," 42.

38 This connection had great success, especially for the edition that collects the texts of both authors under the direction of Freudenthal and McLaughlin.

but after Hitler's rise to power, he emigrated to the U.S. Many scholars have erroneously argued that he only knew Hessen indirectly (i.e. through Clark's interpretations). In 1938, Grossmann wrote a review of *Science and Social Welfare in the Age of Newton* by Clark,³⁹ in which he highlights how Clark only offered an interpretation of Hessen in light of the first of his three theses. Contrary to Clark's interpretation, Grossmann affords more prominence to the third thesis, in accordance with his interest in mechanical philosophy and physical movement. In this sense, Grossmann developed a kind of *technological determinism* according to which the emergence of modern science was a direct consequence of the state of then-existent technology.⁴⁰ He maintains that because the technology of the time hadn't exhibited any other kind of movement than those related to mechanics, science was then mainly dedicated to mechanical questions.

Back in URSS: A reverse circulation of ideas

In the years following the London congress, the debates certainly did not end. During the 1930s, the so-called visible college was transformed into a progressively larger cultural phenomenon known as Bernalism.⁴¹ This name was motivated by the wide influence generated by *The Social Function of Science* in the British and intellectual field, which allowed it to establish itself as a reference manifesto

³⁹ H. Grossman, "Review of G.N. Clark, *Science and Social Welfare in the Age of Newton*" in *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution*, eds. Gideon Freudenthal and Peter McLaughlin (Dordrecht/Boston: Springer, 2009), 235.

⁴⁰ H. Grossmann, "The Social Foundations of the Mechanistic Philosophy and Manufacture," in *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution*, eds. Gideon Freudenthal and Peter McLaughlin (Dordrecht/Boston: Springer, 2009).

⁴¹ For Bernalism's dissemination, cf. Ravetz and Westfall, "Marxism and the History of Science"; Maurice Goldsmith and Alan Mackey, eds., *The Science of Science* (London: Pelican Books, 1966); Gary Werskey, "The Marxist Critique of Capitalist Science: A History in Three Movements?," *Science as Culture* 16, no. 4 (2007): 397-461; Aronova, *Scientific History*, 132-139.

for Marxism in scientific debates.⁴² The sphere of intellectual debates of the 1930s that sprang from the 1931 London conference also had a *longue durée* effect over the following decades and fostered the Soviet reception of a wider range of intellectual debates.

Shortly before the London Congress, a new interdisciplinary field of research emerged in the Soviet Union. *Naukovedenie* (the science of science) stood at the crossroads of history, sociology, and epistemology. Russia's electrification plan, for example, was among the first objectives of *naukovedenie*, which became known as the study of the inherent nature of science and a general theory of scientific cognition. In 1926, Ivan A. Borichevsky described it as a study of the social purpose of science and its relations with other types of social creativity. According to Borichevsky, this area of knowledge did not yet exist, but it must. It was required by the very dignity of its object—the revolutionary power of exact knowledge.⁴³ With this early description, *naukovedenie* can even be considered as a sociology of science *ante litteram*.

The main goal of the *naukovedenie* was to analyze science and technology as institutions, combining what we would now call organization and management of science and social studies of science. In Soviet Marxist terms, science is thus interpreted as a strategic productive force for the progress of society. This branch of research had a twofold task: on the one hand, to improve the performance of scientific researchers, and on the other, to understand the cognitive dimension of science using all relevant human and social sciences. *Naukovedenie* was thus configured as a field at the intersection of the two cultures, that is, between the humanities and social sciences

42 Goldsmith and Mackay, *The Science of Science*, 9.

43 Ivan A. Borichevsky, "Naukovedenie kak tochnaya nauka," *Vestnik Znaniya* 12 (1926): 786; Yakov M. Rabkin, "'Naukovedenie': The Study of Scientific Research in the Soviet Union," *Minerva* 14 (1976): 61–78.

(providing the method) and the natural sciences (representing the object).⁴⁴ Apart from Borichevsky, the pioneering figures of *naukovedenie* in the 1920s include Bukharin and Vladimir Vernadsky. In 1916, the latter had already recognized the need to address the problem of the organization of research and scientific work in Russia and the importance of creating a network of research institutes across the country and even at a global level. He argued that science is a global phenomenon, thus in order to solve problems that pertain to contemporary society, a concerted effort at the transnational level is required. Moreover, organization is fundamental when it comes to obtaining scientific achievements in a quick and ‘economic’ way.⁴⁵

Vernadsky worked to establish an institutional commission for the study of the history of knowledge at the Soviet Academy of Sciences.⁴⁶ One of the objectives of the commission was to study nature in relation to the evolution of society, a project Bukharin mentioned in his presentation in London. The commission addressed the importance of developing the field of the humanities, paying exceptional attention to the history and philosophy of science and sociology. Vernadsky believed that scientific work could only be clarified in a historical context because only then is it possible to understand emergent phenomena. Moreover, he argued that the study of history had revealed the need for a reconstruction of science as transdisciplinary

44 Elena Aronova, “The Politics and Contexts of Soviet Science Studies (*Naukovedenie*): Soviet Philosophy of Science at the Crossroads,” *Studies in East European Thought* 63, no. 3 (2011): 175–202.

45 Vladimir I. Vernadsky, “Izbrannye nauchnye trudy akademika V.I. Vernadskovo,” in *Trudy po istorii, filosofii y organizazii nauki, Tom. 8* (Fenics, 2012).

46 The first chair of the “History of Modern Scientific Thought,” which discussed both the contributions of Soviet scientists and great classics such as Newton, was established in those years, and in 1927, the Institute of History of Science, as a part of the Natural Science Section of the Academy of Sciences, was taken over by Bukharin. The institute covered broad areas addressing the relationship between science, the arts, technology, scientific research methodology, and more.

knowledge and as a global phenomenon.⁴⁷ In this way, Vernadsky pointed out the problem of the rationalization of science that was at the base of scientific and economic planning in the 1920s and 1930s.

In the 1910s and 1920s, an interdisciplinary intellectual field emerged in Poland as well, called *naukoznawstwo* (also translated as the science of science or logology). The main authors of the *naukoznawstwo* were Stanislaw Michalski and some representatives of the philosophical school of Lvov and Warsaw, such as Kazimierz Twardowski, Maria Ossowska, Stanislaw Ossowski, Tadeusz Kotarbinski, Kazimierz Ajdukiewicz, and Florian Znaniecki.⁴⁸

Although the genesis of Polish and Soviet science of science studies were relatively independent from one another, their disciplinary histories intertwined as they developed. During the Stalin era in the Soviet Union, the whole scientific field of science suffered various forms of censorship and purges, abetted by Lysenkoism⁴⁹. Beside the most famous case, the Lysenko affair, in relation to which the geneticist Vavilov (one of the speakers at the '31 conference) was sentenced to death, many of the authors who participated in the London Congress were publicly discredited or, in the worst cases, purged.⁵⁰ The same fate impacted the institutionalization process of the *naukoovedenie* and *naukoznawstwo* whose development came to an abrupt halt in the 1930s.⁵¹

47 Vladimir I. Vernadsky, "O Zadacach Komissii po izucheniu estestvennykh proizvoditel'nykh sil v dele organizazii spetsializirovannykh issledovatel'nykh institutov," *Voprosy istorii estestvoznaniya y techniki*, no 1 (1999 [1917]): 161-167.

48 Michał Kokowski, "The Science of Science (naukoznawstwo) in Poland: Defending and Removing the Past in the Cold War," in *Science Studies during the Cold War and Beyond*, eds. Simone Turchetti and Elena Aronova (New York, Palgrave MacMillan, 2016), 150.

49 Dominique Lecourt, *Lyssenko* (Paris: Maspero, 1976)

50 Needham, "Foreword," IX-X.

51 In Poland, this type of study had suffered a major setback due to the double invasion of Nazi Germany and the USSR and the subsequent closure of many universities, foundations, and scientific associations. Cf. Kokowski, "The Science of Science (naukoznawstwo) in Poland," 151; Tadeusz Krauze, Zdzislaw Kowalewski and Adam Podgórecki, "The Sociology of Science in

For many years, the ideas of Bukharin, Hessen, Vavilov, and many others were banned in Soviet intellectual debates. Nevertheless, the kind of approach proposed by these authors and the *naukovedenie* and *naukoznawstwo* had already begun to circulate in Western countries. Because of these vicissitudes, Bernalism became, perhaps paradoxically so, the only survivor of the theories proposed by the Soviet delegates of London, which shortly in turn became a western version of the science of science.⁵²

It was not until Stalin's death in 1953 and with the more moderate policies of his successor, Nikita Khrushchev and especially those of Leonid Brezhnev beginning in the 1960s, that this type of study began to attract new attention in the Soviet Union. For this reason, it is only at the end of the 1950s and the beginning of the 1960s that there was a real institutionalization of the *naukovedenie* label, which hybridized both Polish *naukoznawstwo* and Western science policy.⁵³ In fact, in 1965, the *International Congress on the History of Science* was held between Krakow and Warsaw with the participation of Soviet and Polish delegates, as well as scholars from the Western Bloc. The conference was opened by Bernal and Mackay's plenary lecture

Poland," in *The Sociology of Science in Europe*, eds. Robert K. Merton and Jerry Gaston, 193-223 (London-Amsterdam, Feffer & Simons, 1977), 204; Loren R. Graham, *Science in Russia and the Soviet Union: A Short History* (Cambridge, Cambridge University Press, 1993), 152.

⁵² Cf. Goldsmith and Mackey, *The Science of Science*; Derek De Solla Price, *Little Science, Big Science* (New York: Columbia University Press). Also, the classical article by Polish scholars Ossowska and Ossowski was translated and broadly disseminated in English by the journal *Minerva*: Maria Ossowska and Stanislaw Ossowski, "The Science of Science," *Minerva* 3, no. 1 (1964): 72-82.

⁵³ It should be remembered that after the end of the war, Poland was completely annexed to the countries under Soviet influence, which led to massive control by the USSR over academic posts in the nation's universities. In those years, for example, the texts of Marx, Engels, Lenin and Stalin were translated into Polish, as were the most important contributions of scientists from the Soviet regime such as Zhdanov, Lysenko, Vladimir Alexandrovic, etc. As for the science of science, the previous generation of scholars had largely been relieved of their institutional positions, leading to a forced alignment in this field of research with Soviet orthodoxy (cf. Kokowski, "The Science of Science (*naukoznawstwo*) in Poland," 152-55).

entitled *On the Roads to a Science of Science*. This talk seems to have had an impact on the Soviets similar to that which Hessen's talk at the 1931 London conference had on the field of Anglophone scientific studies.⁵⁴ Bernal and Mackey's text was quickly translated and published shortly thereafter in a popular Russian journal [*Voprosy istorii estestvoznaniia i tekhniki*].

The Russian reaction was immediate and, as early as 1966, S. R. Mikulinsky⁵⁵ and N. I. Rodny published an article titled "Science as a Subject of Specialized Society" in which they defended a new stage of development and institutionalization of *naukovedenie*.⁵⁶ In this text, the *naukovedenie* are described as having two components: one stemming from the history of science, the other aiming at the study of social and economic conditions and the psychological dimension of scientific thought. This is a justification for the turn of the Institute of the History of Science, founded by Vernadsky, toward the new field of the *naukovedenie*.⁵⁷

Bernal's texts, which were translated, thus established themselves in the Soviet Union as a central reference in this academic field. More than 100 people attended the same conference, including Derek J. De Solla Price (USA), Gennady M. Dobrov (USSR), Michajlowicz Kedrov (USSR) René Taton (France), and Ignacy Malecki (Poland).⁵⁸ In particular, it is to the fortunate meeting between Dobrov himself (author of *Science of Science: Introduction to General Science Policy Studies*) and De Solla Price that part of the expansion of Soviet

54 Cf. E. M. Mirsky, "Science Studies in the USSR (History, Problems, Prospects)," *Science Studies* 2, no. 3 (1972): 281-94; cf. Rabkin, "'*Naikovedenie*': The Study of Scientific Research in the Soviet Union."

55 Mikulinsky was the director of the Institute of History of Natural Sciences and Technology of the USSR Academy of Sciences.

56 Mirsky, "Science Studies in the USSR," 283

57 Rabkin, "'*Naikovedenie*': The Study of Scientific Research in the Soviet Union," 74.

58 Kokowski, "The Science of Science (*naukoznawstwo*) in Poland," 160.

research in the field of infometry should be attributed.⁵⁹ In 1966, thanks to the organization of a Soviet-Polish conference in Lvov,⁶⁰ a real meeting between the *naukovedenie* and the *naukoznawstwo* took place. At that time, according to Dobrov⁶¹, it would seem that the emergence of the label *naukovedenie* covered not only the science of science (and naukoznawstwo), but also the concept of Science Policy that was starting to emerge in those years in Europe. In fact, in 1971 the International Council for Science Policy Studies (ICSPS) was founded in Moscow, the first effective international institution in the field of Science and Technology Studies (STS). This international institution played a strategic role in linking Western STS with Soviet *naukovedenie* and social studies on science in some Third World countries. At the time of its foundation, De Solla Price was appointed president and two vice presidents from both sides of the Iron Curtain were named: the Soviet Mikulinvski and the French Jean-Jacques Salomon. This organization included researchers from the Soviet bloc and others from the Western capitalist bloc at the same time. Among the most active members of the Soviet bloc in the ICSPS—engaged, obviously, with the *naukovedenie* and its variations—were Dobrov (USSR); Zdislaw Kowalewski, I. Malecki and Bohder Walentynowicz (Poland); Ladislav Tondl, R. Richta (Czechoslovakia); Nicola Stefanov (Bulgaria); Stefan Balan (Romania); Günter Kröber (GDR); and J. Farkas (Hungary). The spirit in which the ICSPS was born overcame the barriers of the cultural Cold War from the political-intellectual point of view related to techno-scientific questions. This association represented, on the one hand, one of the principal vectors of diffusion of

59 Linda Lubrano, *Soviet Sociology of Science* (Columbus-Ohio: American Association for the Advancement of Slavistic Studies, 1976), 9.

60 Cf. Gennady M. Dobrov, "The Sociology of Science in the URSS," *The Sociology of Science in Europe*, eds. Robert K. Merton and Jerry Gaston (London-Amsterdam, Feffer & Simons, 1977), 316.

61 Dobrov, "The Sociology of Science in the URSS," 316-34.

the *naukovedenie* and, on the other hand, one of the principal circuits by which some Soviets or Germans from the GDR had been able to enter into contact with the Western Science policy.⁶²

The intuitions proposed by the Soviet delegates at the 1931 conference (later largely marginalized in the USSR) were re-proposed in an updated version by Bernal (and Bernalists like De Solla Price) who in the meantime had become intellectual points of reference—and privileged interlocutors—in the Soviet Union. In addition, the emergence of the new field of research, Science Policy, fostered an exchange of ideas between East and West. It is therefore a paradoxical dynamic of reverse circulation and of ideas and paradigms between the two sides of the Iron Curtain.⁶³

The combined analysis of both the effects of science on social transformations and the impact of society in the production of scientific discourses still represents a fundamental theoretical contribution that Marxism has provided to understand the most urgent problems of our contemporary times. Following the legacy of the 1931 conference, science and technology must therefore be investigated both by researching its economic roots—according to Hessen’s expression—and by analyzing and imagining what the social function of science might be today—as Bernal would put it.

62 Aant Elzinga, “The Rise and Demise of the International Council for Science Policy Studies (ICSPPS) as a Cold War Bridging Organization,” *Minerva* 50, no. 3 (2012): 277-305; Gerardo Ienna, “Science and Technology Studies. Socio-epistemologia storica delle negoziazioni disciplinari” (PhD diss., Alma Mater Studiorum Università di Bologna, 2019), 189-96.

63 For a general perspective on the international circulation of ideas, see Pierre Bourdieu, “Les conditions sociales de la circulation internationale des idées,” *Actes de la recherche en sciences sociales* 145 (2002): 3-8; Gisèle Sapiro, Marco Santoro and Patrick Baert, eds., *Ideas on the Move in the Social Sciences and Humanities: The International Circulation of Paradigms and Theorists*, (Dordrecht, Springer Nature, 2020). Eglė Rindzevičiūtė, *The Power of Systems, How Policy Sciences Opened Up the Cold War World* (Cornell University Press, 2016).

Interlude: Internalism and Liberalism in Science during the Post-War Period

As we have seen in the previous paragraphs, Hessen's intervention in '31 gave way to two intellectual programs: "Bernalism" and "externalism." In the post-war period, two counter-movements emerged against the Hessen theses. The first type of detractors represented—from a methodological point of view—the internalist tendency in the history of science. The second type of detractors was a kind of political opposition to Bernalism represented by the liberal wave in science.

For internalism, science is an intellectual activity essentially isolated from its social, political, and economic context. From this point of view, the interpretive effort focuses on the intellectual aspects of the setting and the solutions to problems. The most influential thinker in this type of approach at the global level is Alexandre Koyré.⁶⁴ His development of the internalist line of thinking started in *Études Galiléennes* (published in 1938) and continued with *La révolution astronomique* (1961), which further deepened his elaboration of the topic. However, *From the Closed World to the Infinite Universe* of 1957 is considered to be his masterpiece. Koyré's formulation of the concept of the *astronomic* or *scientific revolution* is mandatory knowledge for anyone that is engaged in the history of science (and has been totally absorbed into common sense). In his *Newtonian Studies* (published posthumously in 1965), one might read the following as a rejection of the Hessen theses and of the externalist program as a whole⁶⁵:

⁶⁴ On this point see also Pietro D. Omdeo, "Boris Hessen's Philosophy of the Scientific Revolution", in this volume

⁶⁵ In a footnote, he mentioned Hessen, Clark, Grossmann, and Borkenau: cfr. A. Koyré, *Newtonian Studies* (London: Chapman & Hall, 1965), 6.

The new science, we are told sometimes, is the science of the craftsman and the engineer, of the working, enterprising, and calculating tradesman, in fact, the science of the rising bourgeois classes of modern society.

There is certainly some truth in these descriptions and explanations: it is clear that the growth of modern science presupposes that of the cities, it is obvious that the development of firearms, especially of artillery, drew attention to problems of ballistics; that navigation, especially that to America and India, furthered the building of clocks, and so forth—yet I must confess that I am not satisfied with them. I do not see what the *scientia activa* has ever had to do with the development of the calculus, nor the rise of the bourgeoisie with that of the Copernican, or the Keplerian, astronomy.⁶⁶

From *Études Galiléennes* to his posthumous works, Koyré argued for the hypothesis that the experiments never played a significant role in the emergence of the scientific revolution. On the contrary, they were often an obstacle to it, and in their place, Koyré highlights the importance of mental experiments instead. Koyré's internalist thesis was received by an entire generation of historians of science, which included such prominent figures as Bernard Cohen at Harvard, Alfred Rupert Hall in London, Herbert Butterfield at Cambridge, Alistair Crombie at Oxford, Charles Gillispie at Princeton, etc.⁶⁷ In this period, as Werskey confirms: "the history of science emerged as a distinct academic discipline under the guidance of scholars supremely conscious of the Marxists' neglect of science as a body of ideas."⁶⁸ Marxist accounts of science provided the basis for internalists' treatment of science as simply a corpus of ideas.

66 Ibid., 5-6.

67 J.-F. Braunstein, *L'histoire des sciences* (Paris: Vrin, 2008), 92.

68 Werskey, "Introduction," XXIII.

In 1949, Butterfield published *The Origins of Modern Science*, one of the most important contributions to the internalist intellectual wave. He was well known for having introduced into the history of science a strong critique to the *Whig* interpretation of history, which was understood as the tendency to prize past revolutions as long as they were victorious. In this sense, a teleological principle was surreptitiously inserted into the historical dimension of science, and thus the existence of progress was presupposed in science. Butterfield's approach was continued by his disciple Alfred Rupert Hall in his *Ballistic in the Seventeenth Century*, in which Hall inverted Hessen's perspective. In this book, Hall argues that scientists' engagement with ballistics between the sixteenth and seventeenth centuries naturally emerged from their interests in the study of movement (which was, at the time, the most fruitful field of inquiry). In his article entitled "Merton Revisited", he identifies Hessen's intervention of '31 as a "collector's piece,"⁶⁹ and defines it as the first contribution to the externalist approach.

At the same time, opposition to the Hessen theses began to assume a political dimension. This opposition not only took the form of an internal question to the methodology of the history of science, but also of an antagonism toward so-called Bernalism (i.e., a socialist political model of science). After the end of WWII, liberal scientists were mainly concerned with the danger of giving up the freedom of science (e.g., *Lysenkoism*), as they believed that it would cause the end of "pure science." From this point of view, it is important to consider the foundation laid by Michel Polanyi and John Baker in the *Society for Freedom in Science*. Their program explicitly aimed to oppose the very tradition which Hessen had initiated. As Baker writes,

69 A. R. Hall, "Merton Revisited, or Science and Society in the Seventeenth Century", *History of Science* 2 (1963): 2

The movement against pure science and against freedom in science was first brought to Great Britain by the Soviet delegation to the International Congress on the History of Science held in London in 1931. [...] Owing to the world-wide economic depression, attention in 1931 was naturally focused on economic matters, and this preoccupation lent impetus to the specifically Marxist doctrine, then brought to England from Russia, that scientific progress was really determined by economic causes and that all scientific work should be consciously and directly devoted, under central control, to the material service of the State.⁷⁰

This interlude shows how the canonization process and the global circulation⁷¹ of the Hessen theses were determined by the fact that the theses were understood in a polemical fashion by a whole intellectual current. This characterization, however, was based not so much on a genuine hermeneutic effort to understand Hessen's work, but on an extremely reductionist reading of it.

Forms of Bernalism during the 70s and Radical Science Movements

Bernalism, a sort of heir of 'Hessenianism', as a cultural phenomenon gradually expanded to involve both professional scientists engaged with the problem of the social responsibility of scientists and social scientists interested in studying science as a socio-cultural phenomenon. The wide influence of *The Social Function of Science* stemmed from Bernal's accurate prediction of the centrality that

⁷⁰ J. R. Baker and A. G. Tansley, "The Course of the Controversy on Freedom of Science," *Nature* 158 (1946): 574.

⁷¹ Bourdieu, «Les conditions sociales de la circulation internationale des idées».

science would assume in the post-war politics that came to characterize the Cold War.⁷² As more and more countries drifted toward fascism or toward socialism in the 1930s, Bernal observed how science took on a different role in capitalist societies. “Science is both affecting and being affected by the social changes of our times, but in order to make this awareness in any way effective, the intersection of the two needs to be analyzed far more closely than has yet been done.”⁷³

The so-called Radical Science Movements that emerged from the social and political movements of '68 became particularly sensitive to these aspects. In various national contexts, debates and movements based on the idea of the social and political non-neutrality of science rapidly emerged. The focus was the analysis of the social function of science in advanced capitalist society. For example: after its foundation in 1969, the British Society for Social Responsibility in Science (BSSRS) published its manifesto in 1970 in which the non-neutrality of scientific knowledge was clearly argued⁷⁴. During the 1970 conference of the American Association for the Advancement of Science, a group of militant scientists distributed their “manifesto” titled “Toward a Science for the People” (which marks the birth of the homonymous movement).⁷⁵ These events consolidated radical science movements in the U.S. and in the U.K.⁷⁶ In the same period,

72 Werskey, “Introduction,” XXIV.

73 Bernal, *The Social Function of Science*.

74 BSSRS, “‘Manifesto’, British Society for Social Responsibility in Science,” 1970, *Constitution, Manifesto and Other Papers Relating to the Founding of the British Society for Social Responsibility in Science*, Reference K/PP178/11/1/3), Welcome Library Archive, Papers of M H F Wilkins.

75 Bill Zimmerman, et al., “Toward a Science for the People,” in *Science for the People. Documents from America’s Movement of Radical Scientist*, eds. Sigrid Schmalzer, Daniel S. Chard and Alyssa Botelho (Amherst - Boston: University of Massachusetts Press, 1970), 15–22.

76 Zac Bharucha, *The Radical Science Movement in the U.K. 1968-1978. Struggles Against the Impact of Capitalist Ideology on Science, Technology and Social Relations of Science* (Poland: Amazon Fulfillment, 2018); Sigrid Schmalzer, Daniel S. Chard, and Alyssa Botelho, eds., *Science for the People. Documents from America’s Movement of Radical Scientist* (Amherst - Boston: University of Massachusetts Press, 2018).

it is also possible to date the birth of an Italian radical science movement with the writing of the so-called “Varenna Manifesto”⁷⁷ and the French movement known as “critique des sciences”⁷⁸.

Such forms of New Leftism in science needed to identify authoritative precursors in order to intellectually legitimate their own existence. From this point of view, the cultural and intellectual work carried out by Gary Werskey is one of the most significant. The latter was in fact at the same time embedded in the radical movements at the transnational level and in the process of birth of the new academic sector of the STS (as I will illustrate this in the next paragraph). Werskey entered Harvard as a graduate student in history in 1965, completing his doctorate in 1973 under the joint supervision of Stuart Hughes and Everett Mendelsohn. Between 1968 and 1987, he lived in the United Kingdom, where he taught, in addition to the Science Studies Unit of Edinburgh, “science and industrial sociology” at Leicester, then Bath, and finally at the University of London. During this time, he co-founded the *Radical Science Journal* in 1972 and actively participated in the activities of the BSSRS.

It was in these circumstances, and in the wake of these debates, that a new edition of *Science at the Crossroads* was reprinted in 1971 — on the occasion of the fortieth anniversary of the London congress. A new *Introduction* by Werskey and a *Foreword* by Needham (one of the few still alive among the congress’s participants and in a position to provide testimony) were added to this publication. The anniversary edition was made in the middle of the Cold War, when

77 Gerardo Ienna, «Fisici italiani negli anni '70. Fra scienza e ideologia.», *Physis* LV, n. 1-2 (2020): 415-42.

78 Mathieu Quet, *Politiques du savoir. Sciences, technologies et participation dans les années 1968*. (Paris: Édition des archives contemporaines, 2013); Renaud Debailly, *La critique de la science depuis 1968. Critique des sciences et études des sciences en France après Mai 68* (Paris: Hermann, 2015). A specific analysis should be devoted to the relationship between Bernalism and rationalist movements in France Sylvain Laurens, *Militer pour la science. Les mouvements rationalistes en France (1930-2005)* (Paris: Éditions de l'EHESS, 2019).

the relationship between science, technology, politics, and the economy was a pressing topic. Technological and scientific development seemed to impose transformative changes upon the world, the military balance of power, political relations among nations, and even everyday life. During the postwar period and throughout the Cold War era, science became a new issue for public policy and a source of economic and military growth. In this context, a strong interest in the debates from the '30s and '50s began to resurface. Hessen's work was broadly considered one of the most striking examples among the interpretative proposals of that period. Needham expressed that Hessen's influence was "not yet exhausted,"⁷⁹ while also underlining that "The trumpet-blast of Hessen may therefore still have great value in orienting the minds of younger scholars towards a direction fruitful for historical analyses still to come."⁸⁰

Thanks to this new edition, in the publications relating to the radical science movements of the '70s, references to Bernalism, to Hessen's theses and to the volume *Science at the Crossroads* became a constant point of reference. Bulletins and news journals such as the *American Science for the People* and the British *Science for People* and *Radical Science Journal* (now published under the new title *Science as Culture*) thus hinged on these new interpretative forms of 1930s scientific Marxism in light of the theoretical innovations of the New Left.

Throughout the 1970s, Werskey worked on the British Marxist debates that had emerged since the 1930s by reconstructing a "collective biography" of a group of socialist scientists such as Bernal, Haldane, Hogben, Levy, and Needham. In 1978, he published the already mentioned monograph titled *The Visible College* and various articles on this subject and on other related topics.

79 Needham, "Introduction," VIII.

80 Ibid., IX.

The importance that Hessen obtained in the context of the radical science movements is also attested to by the references to this author that appear in two cardinal texts by Hilary and Steven Rose (that we therefore propose as examples). Both in *Political Economy of Science* and in *The Radicalization of Science* — both of which were widely considered to be intellectual cornerstones of the radical science movements — Hessen is mobilized in order to show his topicality and analytical potentiality in contemporary debates⁸¹. Here are two examples of these interpretations:

The second strand raised the question of whether a socialist society would generate a specifically socialist science; was there an unique socialist biology, by contrast with bourgeois biology, for instance? In so far as Newtonian mechanics were seen by Hessen as the product of a particular historical period in bourgeois society, the answer to that must have been seen as in the affirmative; what Hessen's contribution in 1931 (and indeed subsequent Soviet discussions in this area) have not adequately analysed out, however, is the question of whether there is indeed a bourgeois, by contrast to a socialist, science. But the unravelling of this argument, though implicit in Hessen, was not perceived by the Marxist British scientists in the 1930s. Rather, like Haldane, they were

81 In the context of the Radical Science Movements we often refer in a broad sense to the contributions contained in *Science at the Crossroads* even if, both Rose and Rose, as well as other authors, have explicitly emphasized that Hessen's text was the most stimulating of all. "It was indeed from the Soviet Union that the second of our major themes, that of the ideological determination of science, was injected into the British debate with the appearance of the Soviet delegation at the 1931 London conference on the history of science. Although the delegation was headed by Bukharin, its major contribution was provided by a paper from Hessen on "The Social and Economic roots of Newton's *Principia*". Hilary Rose and Steven Rose, eds., *The Radicalisation of Science: Ideology of/in the Natural Sciences, Critical Social Studies* (London: Macmillan Press, 1976), 4–5.

to spend their theoretical strength over the next few years in a relatively fruitless endeavour to demonstrate the negation of the negation, the interpenetration of opposites, and the transformation of quantity into quality in a variety of scientific developments. Only when, much later, Needham turned his attention to the history of Chinese science and technology and Bernal attempted first the seminal *Social Function of Science* (1939) and later the rather more synoptic and less satisfactory *Science in History*, was the Hessen experience to bear fruit⁸².

In this passage, it clearly emerges how, compared to an “old left” model, the focus of radical science movements had shifted from the glorification of planned science typical of the socialist system to the elaboration of a critique of the capitalist system of scientific production. This change of axis determined the emergence of one of the thematic sites typical of the contributions of the 1970s, namely the relationship between science and ideology, or rather, the analysis of the ideology intrinsic to scientific activity in advanced capitalist societies. This point, rejected by the orthodoxy of the Soviet Diamat centered on Engels’ *The Dialectic of Nature* and Lenin’s *Materialism and Empiriocriticism*, represents one of the main tonalities of the new left in the scientific field.

How has bourgeois history, philosophy and sociology of science come to ignore the unity of science and technology? We can see this in the case of a leading sociologist of science, R. K. Merton, whose early work, *Science, Technology and Society in Seventeenth century England* is a rejoinder to Hessen, a Soviet

82 Rose and Rose, eds., *The Radicalisation of Science*, 5–6.

physicist who, as part of the Bukharin-led delegation to the International Congress of the History of Science and Technology held in London in 1931, presented a classical Marxist thesis of scientific growth. Hessen took Newtonian mechanics and showed how it was developed directly in response to the needs of burgeoning capitalism. Whilst his internalist British critics at the meeting sought to correct Hessen on small points of 'fact', Merton responded to the theoretical challenge of what was to be called the 'externalist' theory of scientific growth. [...] Merton attempted to show that science develops not solely in response to economic needs, but also requires a supportive value system- namely Protestantism. While this comes close to arguing that the superstructure -in the form of religious ideology -determines the base, Merton was concerned to examine the base/superstructure relationship. However, the emphasis on religious ideology and its compatibility with the scientific ethos pushed the work away from any economic explanation into a form of sociological internalism, characterized by a preoccupation with science as a more or less autonomous subsystem. This preoccupation with the scientific ethos was paralleled by the philosopher Polanyi's conception of the scientific community as a self-governing collectivity. This variant of internalism, which dominated the academic sociology of science for thirty years, ceased to address itself to questions of the interpenetration of science and the social order at the cognitive level, or even of scientists and the social order at the structural level. [...] Thus the fundamental character of science and technology in their social functions was lost to sight⁸³.

83 Hilary Rose and Steven Rose, eds., *The Political Economy of Science* (London: Macmillan Education UK, 1976), 20–21.

In this quotation, it is possible to see the way in which Hessen's legacy was being re-actualized and operationalized among the militant scientists of the 1970s. Hessen's theses are used as the picklock to unhinge the then hegemonic research agenda of Mertonian-style sociology of science in order to actualize a Marxist view (thus based on a theory of conflict) of the relationship between science and society. In the passage just quoted, it is interesting to note how Rose and Rose -reading Merton's perspective as a form of 'sociological internalism'- place Mertonian sociology in a position of dialectical integration with Polanyi's perspective to which they oppose a rehabilitation of the study, in the Bernalian sense, of the social functions of science.

Another militant scientist who was active in the *Radical Science Journal* was Robert M. Young, who moved in a similar direction. After defining Hessen's text as a "locus classicus of the base-superstructure approach to the history of science," Young attacks the "bourgeois" ⁸⁴ perspective of Mertonian sociology.

A similar path was taken by Robert K. Merton, the doyen of bourgeois sociology of science, whose original work in the 1930s was littered with footnotes and homages to Hessen. Merton focused on the origins, the class perspectives, the choice of topic, and other parameters of scientific knowledge while avoiding any commitment to seeing the resultant discoveries in ideological terms. The sociology of knowledge thereby became an elaborate study of the context of origination while carefully keeping away from the context of justification, the holy of holies which is so dear to non-Marxist philosophers of science. Within this framework of sociology of science as sociology of knowledge, quite subtle work has been

⁸⁴ Robert M. Young, "Marxism and the History of Science," in *Companion to the History of Modern Science*, ed. R. C. Olby, et al. (London: New York: Routledge, 1990), 81.

done about scientific communities, patronage, honours, the culture of laboratories, scientific accountability (or the lack of it) to the rest of society, and other topics which take the existing mode of production as given⁸⁵.

As I will highlight in the next section, this kind of criticism of the sociology of institutional science eventually led to the emergence of the Sociology of Scientific Knowledge (from now SSK). The latter is in fact a research program polemically in contrast to Mertonian sociology. If the latter had the ambition to describe the institutional structures within which science operates, SSK aspires to apply the sociological method to the very contents of science.

In the uses of the new left, Hessen's theses and the interventions of *Science at the Crossroads* obtained, in the terms of Bourdieusian sociology, a new social and symbolic labelling⁸⁶. From having been initially received in Europe as one of the canonical expressions of Soviet Marxism in its institutional version, in the hands of the radical science movements, these texts became the instrument to deconstruct the "old left" and also question some aspects of the same Soviet approach from which they came, thus affording them a new life.

Perhaps this passage is still evident if we look at the peculiar reception of this volume in the Italian cultural context. Among the European communist parties, the Italian one was one of the most developed and rooted in the territory at the level of cultural policies. For this reason, in this country, many Soviet works were translated and imported into the debate practically at the same time as they were published. However, this wasn't the case with *Science at the Crossroads*. Although the text had been commented upon and quoted by

85 Ibid., 84.

86 Cfr. P. Bourdieu, «Les conditions sociales de la circulation internationale des idées», *Actes de la recherche en sciences sociales*. N. 145, 2002.

Italian scholars (first of all Gramsci who criticized the approach developed by Bukharin⁸⁷), the text was translated until 1977.

The meta-scientific debates of the 1970s in Italy were characterized by what I have called the “Italian Science Wars”, or the wide series of *querelles* characterized by heated debate over the political neutrality/non-neutrality of science and technology⁸⁸. This controversy — both academic and public — was characterized by the epistemological and political clash between the positions of Ludovico Geymonat (and his Milanese school), the positions of the philosopher and historian of science Paolo Rossi (and his school) against a large and varied group of scientists and militants of the extreme left inspired by 1968. Paradoxically, unlike the Anglophone “science wars”, in the Italian context, it was the professional scientists (Radical Science Movements) who criticized the neutrality of science, while humanists (Geymonat and Rossi) defended its objectivity and a-political character⁸⁹. The use of the theses of the Soviet delegates to the '31 congress found themselves, at one point, at the center of this debate.

The most attentive readers and major importers of the Soviet epistemological debate in Italy during those years were Geymoant and his student Silvano Tagliagambe (with particular emphasis on the history and philosophy of physics). The program developed by Geymonat's so-called “Milanese school” was largely centered on the attempt to find an intersection between dialectical materialism and the neo-positivism developed by the Vienna Circle. One might expect, then, that the reception (as well as the translation) of *Science at the*

87 Pietro Daniel Omodeo, «Egemonia e scienza. Temi gramsciani in epistemologia e storia della scienza», *Gramsciana* 2016, no. 2 (2016): 59–86.

88 Giuliano Pancaldi, «Purification Rituals: Reflections on the History of Science in Italy», in *Impure Cultures. Interfacing Science, Technology and Humanities* (Bologna: CIS, 2010); Ienna, «Fisici italiani negli anni '70. Fra scienza e ideologia».

89 Ienna, «Fisici italiani negli anni '70. Fra scienza e ideologia», *Physis*, LV, 1-2 (2020)415–42.

Crossroads might have been an initiative coming from this intellectual group. Consider in fact that Hessen had been one of the supporters and promoters of the reception of the innovations of the theory of relativity and quantum mechanics in the USSR despite the fact that these were judged to contradict *Diamat*. As is well known, Hessen's intervention in London had an ironic and provocative character and aimed to show that even the Newtonian physical theory (accepted in the USSR) had bourgeois roots. The criticism of the ideological drifts of the Soviet *Diamat* and the defense of the autonomy and neutrality of science (especially in relation to the debates in contemporary physics) was exactly one of the cardinal points on which the rehabilitation of dialectical materialism was based for the Milanese school.

However, it was rather the radical movements for science that cited this volume extensively and enthusiastically. Thanks to the publication of the new English edition in 1971, a group of militant physicists and Italian radicals had come into contact with this text finding its theses particularly stimulating. In *L'ape e l'architetto* (*The Bee and the Architect*), a volume widely considered the manifesto of the Italian radical science movements, it is in fact possible to see this enthusiasm:

Of great importance for us was therefore the recent discovery, through the re-edition in England of the interventions of the Soviet delegation at the Conference on the History of Science and Technology held in London in 1951, of a current of dialectical materialism apparently very much alive until the beginning of the Stalinist era, which explicitly and articulately supported points of view very close to those expressed in the works collected here. The volume mentioned is *Science at the Crossroads*, which appeared in 1971 and reached us less than a year ago.

In the wake of this enthusiasm, *Science at the Crossroads* progressively became one among the points of reference for Italian Radical Science Movements. It was in fact on the initiative of a group linked to the *L'ape e l'architetto* that the publisher De Donato of Bari published the first Italian translation of the text. The text [with the Italian title *Scienza al bivio*] appeared as the first volume in a book series titled “Storia e critica delle scienze” (“History and critique of science”) conceived and directed by Giorgio Israel.⁹⁰ In the Italian editorial note it is possible to read a clear statement of how the interventions of “Science at the Crossroads” could be a cardinal theoretical resource in the debates on the “non-neutrality” of scientific knowledge:

It is almost superfluous to underline the topicality of the themes that emerge from this book in a period such as this, in which the question of the “non-neutrality” of science, the relationship between science and society, the problem of whether scientific theories contain a planning aspect and whether this can be reduced to the subjectivity of scientists or to a class finalism, and finally what answers can be found on these themes in Marxian and Marxist thought are at the center of the debate. Around all this, the interventions contained in this book provide a precise answer that, whatever the judgment that can be given, addresses the issue of the specific contents of the sciences of the 1930s and engages in the lively scientific debate of that crucial period, referring to the concrete experience of the attempt to build socialism in the USSR.

For all these reasons, it seems to us that this book can be an important instrument to critically reflect on the themes that

⁹⁰ Luca Di Bari, *I Meridiani. La casa editrice De Donato fra storia e memoria* (Bari: Dedalo, 2012), 217.

are today at the center of a debate that has relevant theoretical and practical implications.⁹¹

Immediately after its publication, the text was panned with a review by Tagliagambe in the newspaper organ of the Italian Communist Party “l’Unità”. While acknowledging the interest in the publication of *Science at the Crossroads*, Tagliagambe emphasized that the papers presented by the Soviets in London were “instruments that are by now dated or, in any case, marked by a distance that is anything but irrelevant with respect to the most advanced acquisitions of the current debate”.⁹² The review focuses on showing how dangerous it is to affirm the topicality of a text without having adequately reconstructed its socio-historical roots. This type of cultural operation “cannot but be considered a further and diseducative example of that halved and schizoid externism that, unfortunately, is experiencing in the cultural atmosphere of today’s Italy its greatest splendor”.⁹³ In fact, according to the author, there has been a “disconcerting nonchalance with which interventions tending to assert the need, for a historian of science, to take into account the political, economic and social conditions in which a specific scientific contribution has matured” have been presented “in a totally uncritical and ahistorical way”.⁹⁴ On the contrary, Tagliagambe focuses his attention on the socio-historical context from which Hessen’s intervention emerges as “anything but weak and inessential”. In fact, the author highlights how Hessen was part of the group of dialectical materialists led by Deborin, whose objective was to “create a common front of philosophers and scientists

91 Nikolaj Ivanovič Bucharin, ed., *Scienza al bivio: interventi dei delegati sovietici al Congresso internazionale di storia della scienza e della tecnologia, Londra 1931* (Londra: Frank Cass and Company Limited, 1971; Bari: De Donato, 1977), 6.

92 Silvano Tagliagambe, «Scienziati e ideologi», *L’Unità*, 22 September 1977, 3.

93 Ibid.

94 Ibid.

committed, while respecting the autonomy of their fields of research, to the elaboration and diffusion of a new type of culture, capable of penetrating the masses and inspired by an open reflection, and above all free of preconceptions and dogmatic closures, on the relations between Marxism and science”.⁹⁵ In this sense, being faithful to the theoretical orientation of the “Milanese school”, Tagliagambe directs his reading towards an actualization of Hessen’s theses as precursors of the epistemological positions in defense of the “neutrality of science”.

In response to this, Diego De Donato, the director of the publishing house, sent a letter to the director of L’Unità Alfredo Reichlin in order to denounce “the more or less transparent reasons for such nonchalance in the service of such prejudicial animosity”⁹⁶. In the actually published version of the letter, De Donato deconstructs Tagliagambe’s assertions showing how the volume reported a historical framework in the translations of the preface and introduction by Needham and Werskey. It is also possible to read in the letter:

The intentions behind the not easy undertaking of a series dedicated to the problems of contemporary science, of which *Scienza al Bivio* is only the first volume, are not to provide an additional tool to the spirit of controversy that seems to animate Prof. Tagliagambe, but to offer the possibility of a new way of thinking about the problems of contemporary science. Tagliagambe, but to offer safe points of reference (certainly, also “philologically”) and a space that does not pretend to be neutral but neither predetermined in a summarily ideological way to a debate that registers so far, even in the ranks of the left, deep and openly irremediable divisions.⁹⁷

95 Ibid.

96 This archival document is quoted in: Di Bari, *I Meridiani. La casa editrice De Donato fra storia e memoria*, 218.

97 Diego De Donato and Silvano Tagliagambe, «Scienza e società nell’URSS degli anni ’30», *L’Unità*, 24 ottobre 1977, 3.

This letter was published with an additional response from Tagliagambe. Tagliagambe reiterated in his text how this publication had been “a missed opportunity” for a serious study of the relationship between science and society in the USSR: “On the contrary, it was decided not to insist on this theme, nor can it be said that the brief — and for other things taken for granted and not supported by a serious and thorough documentation — considerations of Werskey, constitute a satisfactory answer to the above-mentioned need”.⁹⁸ These attacks were not without further defence by the Radical Science Movements. Marcello Cini wrote a review in *Il Manifesto*, Giorgio Israel in *Rinascita* and two critical notes appeared in the historic popular science magazine *Sapere* (which was also militantly oriented at the time).

The Institutional Dissemination of Hessen’s Work between the ’60s and ’80s

As mentioned above, in the Anglo-Saxon context, the history of science became an institution and obtained disciplinary autonomy thanks to internalist scholars. On the other side of the Atlantic, the sociology of science and so-called externalism attained the status of a discipline, especially with Merton and the work of the Mertonians. Between the ’60s and the ’80s —after the institutionalization phase of the discipline—, there arose a clear need for interdisciplinary dialogue between philosophy, history, and sociology in science studies.

In order to understand this process, it is necessary to mention Kuhn, whose work is a cornerstone of all disciplinary studies of science. In his *Copernican Revolution* (1957)—a text which was strongly influenced by Koyré—, he extended the internalist approach, while trying to integrate it with the externalist approach. In 1972, Kuhn

98 *Ibid.*

mentioned the Hessen theses in a presentation at a conference⁹⁹ in which he tried to overcome the classical opposition between internalism/externalism, shifting the problem onto the debate about the unity or disunity of science.¹⁰⁰ In 1962, he published *The Structure of Scientific Revolutions*, a work universally recognized as one of the most influential in many disciplinary fields (thanks to the intrinsic functionality of concepts such as *paradigm*, *normal science*, and *anomaly*). From this point of view, *The Structure* opened a new vision of the social dimension of science during the '70s, even if he refused some sociological interpretations of his work as supporting a relativistic viewpoint.¹⁰¹

It is important to focus our attention on the emergent interest in the interdisciplinary studies of science (i.e. STS). In 1964, David Edge founded the *Science Studies Unit* in Edinburgh, recruiting young lecturers like Barry Barnes, David Bloor, Steven Shapin, and Werskey, whom we already mentioned. In this context, the basis of the “strong programme” in the SSK was developed. Through a careful commingling of the sociology of knowledge (Durkheim and Mannheim), the philosophy of Ludwig Wittgenstein, and the Kuhnian thesis, SSK proposed a new interdisciplinary program in the study of science (rhetorically conceived as an anti-Mertonian program).¹⁰² The first aim of this new program was to establish a fruitful dialogue between history, philosophy, and the sociology of science.

99 Kuhn participated at the congress in honor of George Sarton with an intervention titled “Mathematical versus Experimental Traditions in the Development of Physical Science.” cfr. T. Kuhn, *The Essential Tension* (Chicago: The University of Chicago Press, 1977).

100 Ibid., vi, 32

101 On this point see also Pietro D. Omdeo, “Boris Hessen’s Philosophy of the Scientific Revolution”, in this volume.

102 For the advocates of SSK, Mertonian sociology would have studied science only from the external point of view without raising the problem of the social conditioning of the internal content of scientific knowledge. For the vulgate of SSK, science is treated by Mertonians as a “black-box.”

The U.K. academic context in which SSK emerged was characterized on one hand by a broad dissemination of Bernalism,¹⁰³ and on the other hand by the debate between internalist and externalist positions. As highlighted above, both Bernalism and externalism were recognized as a direct effect of Hessen's intervention in London. Among other references (like Durkheim, Mannheim, Wittgenstein, etc.), SSK recognized the Hessen theses as a precursor of their program.

Werskey was the most engaged figure in building a bridge between the Marxist tradition and STS scholars, as he dedicated a great number of articles to the intersection between the two domains as well as his *The Visible College* (1979), which was mentioned above. Among other contributions, he published a paper in 1971 titled "British Scientists and 'Outsider' Politics, 1931-1945" in the first issue of the field's "flag journal," *Science Studies*¹⁰⁴ (today known as *Social Studies of Science*). This text ends with the following reference to the '31 congress's collected interventions: "British science once again finds itself 'at the crossroads.'"¹⁰⁵ In a footnote, Werskey more explicitly recognizes the importance of this text, which he defines as an "invaluable document" that had "a profound impact on the thinking of Radical scientists."¹⁰⁶

For his part, Barnes had contended that Marxism in science "found its most single-minded application" in the Hessen theses.¹⁰⁷

103 For example, the *Rede lecture* of 1959 titled *The Two Cultures* by Charles Percy Snow gave a broad public, political and academic resonance to Bernalism. This lecture has also had the effect of stimulating the birth of many interdisciplinary programs or research units in U.K. Universities like that of Edinburgh. Furthermore, since 1981, the *Society for Social Studies of Science* has given out the *J. D. Bernal Prize* (the most important recognition in the field of STS) explicitly dedicated to the memory of this author.

104 It is remarkable that the first issue of the most prominent journal in the field provided a clear reference to this tradition. *Science Studies* was founded in 1971 by Edge and Roy MacLeod with a clear interdisciplinary aim. D. Edge and R. MacLeod, "Editorial," *Science Studies* 1/1 (1971): 1-2.

105 G. Werskey, "British Scientists and "Outsider" Politics, 1931-1945", *Science Studies*, 1/1 (1971): 83.

106 Werskey, "British Scientists and "Outsider" Politics, 1931-1945", 83.

107 B. Barnes, ed., *Sociology of Science* (Harmondsworth: Penguin; 1972), 18.

To this he added,

When it was published in 1931 few were able to set aside their political commitments and evaluate it objectively, but it provided an influential theoretical model, and one may wonder how many of the empirical studies now used to illustrate its weakness would have existed in its absence. (p. 17-18)¹⁰⁸

Along the same Kuhnian line of thinking, SSK also aimed to overcome the opposition between externalism/internalism. In doing so, authors like Bloor, Michael Mulkey, and Shapin deconstructed the inherited image of Hessen as an advocate of crude externalism. From this point of view, Bloor stressed that Hessen's work "is certainly crude, although by no means so crude as the parodies of it found in internalist criticisms would imply."¹⁰⁹ Mulkey clearly reverses the kind of superficial interpretations of the Hessen theses that were made by internalists, as he, after having synthesized the main aspects of Hessen's work, writes that

Although the economic factor is fundamental to the materialist conception of history, this does not mean in Hessen's view that it is the sole determining influence upon any particular set of ideas. Accordingly, he attempts to complete his analysis of Newton's work by showing how Newton drew selectively upon the cultural resources available to a member of his class, for example, in the form of political, juridical, philosophical and religious beliefs, and by showing how these ideological elements influenced and limited Newton's thought.¹¹⁰

108 Ibid.

109 B. Barnes, *Scientific Knowledge and Sociological Theory* (London: Routledge 1974), 106.

110 M. Mulkey, *Science and the Sociology of Knowledge* (London-Boston: Allen & Unwin, 1979), 7-8.

Contrary to previous interpretations, Mulkay maintains that the Hessen theses allow one to open the “black box” of science and provide its sociological explanation (i.e. the first aim of SSK). In this sense, Hessen’s work is used by the author as a good example of the potential of a Marxist approach in SSK:

It [Hessen’s work] merely serves here to illustrate that Marx can be interpreted in a strong sense, that is, as implying that the content of established scientific knowledge should be treated to a considerable extent as the outcome of specific social processes.¹¹¹

From 1972 until 1989, Shapin—among those affiliated with the *Science Studies Unit*—was a professor at Edinburgh. For his course on the social history of science, he proposed various readings, including Hessen, Bernal, Needham, Zilsel, Ravetz, R. M. Young, etc.¹¹² In 1981, he authored three entries for the *Dictionary of the History of Science*: “Needham thesis,” “Hessen thesis,” and “Zilsel thesis.” Moreover, in subsequent years, Shapin adopted a skeptical perspective on the opposition between internalism/externalism. In his historical treatment of this topic,¹¹³ he referred to Hessen’s work as a pivotal point from which various disciplinary debates in science studies have followed. Shapin remarked that the internalist interpretation of the Russian author was a parodistic version of the real text:

While Hessen’s materialism informed his attack on the supposed absolute autonomy of ideas, neither he nor the

¹¹¹ Ibid.

¹¹² S. Shapin, “A Course in the Social History of Science,” *Social Studies of Science* 10/2 (1980): 231-258.

¹¹³ S. Shapin, “Discipline and Bounding: The History and Sociology of Science as Seen through the Externalism-Internalism Debate,” *History of Science* 30 (1992): 333-369.

historical materialist tradition from which he came ever proposed to reduce science totally to its economic foundation [...] From Marx and Engels onwards, materialists have always acknowledged that material influences proceed through culture and that cultural practices may come to have relative autonomy.¹¹⁴

On the same line, also in his bibliographical essay for *Scientific Reason*, he mentions Hessen's and Zilsel's works among the classics of the history of science.¹¹⁵

In 1984, another protagonist of STS, Simon Schaffer, published an article entirely dedicated to Hessen titled "Newton at the Crossroads" in the journal *Radical Philosophy*.¹¹⁶ This text reconstructs Hessen's argument and addresses its uses by authors like Clark, Merton, Needham, Bernal, Hall, etc. Schaffer highlights two issues in particular. On one hand, he emphasizes Hessen's deconstruction of the notion of the scientific genius. The concept of the scientific genius starts to look erroneous and useless in light of any adequate contextualization of scientific, cultural, economic, and political practices. Even if naively, Hessen took into serious consideration the power structures underlying scientific knowledge to challenge this notion. On the other hand, Schaffer emphasizes Hessen's account of the social construction of science. In the same spirit as many others in STS who had appropriated Hessen's work, Schaffer tried to retrace an intellectual genealogy in order to legitimate STS as an intellectual field. Moreover, in the introduction to the second edition of *Leviathan and the Air-Pump*, both Shapin and Schaffer recognize their debt to Marxist methodology by arguing that

114 Ibid., 362.

115 S. Shapin, *The Scientific Revolution* (Chicago: The University of Chicago Press, 1996).

116 S. Schaffer, "Newton at the Crossroads", *Radical Philosophy* 37 (1984): 23-28.

For many British historians, Marxism was a lingua franca, not necessarily providing a theoretical foundation for political projects but certainly constituting a loosely connected set of concepts and methodological sensibilities with which many historians felt they should engage even while their political affiliations diverged.¹¹⁷

The primary aim of *Leviathan and the Air-Pump* was to ascertain the implicit, though tangible, political significance of scientific development. In some way, this book is part of the materialistic line of research in the history of science.¹¹⁸

As in previous years, the Hessen theses were once again recognized during this period as an influential and innovative contribution to the description of the relation between science and technology. In *The Social Construction of Facts and Artefacts*, Trevor Pinch and Wiebe Bijker refer to Hessen's work as a "locus classicus" in technology studies, because he "argued that pure science is indebted to developments in technology."¹¹⁹

An Hessenian Renaissance?

The first edition of the text *The Social and Economic Roots of Newton's Principia* is the English the one of 1931 in the collective volume entitled *Science at Crossroads*,¹²⁰ whose editorial operation had

117 S. Shaffer and S. Shapin, *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*, 2nd Ed. (Princeton-Oxford: Princeton University Press, 2001): XXIV.

118 Lamy, J.; Saint Martin, A., "Marx, un spectre qui ne hante plus les sciences studies? Première partie: Marx, des campus aux machines," *Cahiers d'histoire. Revue d'histoire critique* 124 (2014): 161-182.

119 T. Pinch and W. E. Bijker, "The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other", in *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, eds. W. Bijker, T. P. Hughes and T. J. Pinch (Cambridge-Mass: MIT press, 1987), 19.

120 B. Hessen, *The Social and Economic Roots of Newton's 'Principia'*, in *Science at the*

already been proposed by Hogben in the first days of the conference and published, with translations made in a very short time, at the Russian embassy in London a few days later. The same volume was then reissued in 1971 with contributions from Werskey and Needham¹²¹. In Russia, the first edition in of Hessen's paper to appear independently comes from 1933¹²² of which an extract also appeared in the form of article in the magazine *Priroda*¹²³ (a second full version already appeared in print in 1934).¹²⁴ In 1946, an Australian publisher in Sydney reprinted, this time independently, the text of Hessen in English.¹²⁵ In 1968, only an extract of the original text appeared in the United States in a collection edited by Basalla titled *The Rise of Modern Science: Internal or External Factor?*¹²⁶ Simultaneously with the second edition of all the Soviet contributions of 1971, Robert S. Cohen published a complete and independent version of the text of Hessen for a New York publisher.¹²⁷ In 1972, it was followed by the Swedish edition,¹²⁸ in 1974 by the German one edited by the sociologist Peter Weingart,¹²⁹ and in

Cross-Roads. Papers presented to the International Congress of the History of Science and Technology, held in London from June 29th to July 3rd, by the delegates of the USSR (Kniga, London, 1931), 149-212

121 Ibid.

122 B. Gessen, «Sotsial'no-ekonomicheskie korni mekhaniki N'iutona», *Doklad na II mehdunarodnom kongresse po istorii nauki i tekhniki* (Moskva-Leningrad, 1933).

123 B. Gessen, «Klassovaia borba epochi angliiskoi revoliutsii i mirovosrenie N'iutona», in *Priroda*, 1933, N. 3-4: 16-30.

124 B. Gessen, «Sotsial'no-ekonomicheskie korni mekhaniki N'iutona», *Doklad na II mehdunarodnom kongresse po istorii nauki i tekhniki* (Moskva-Leningrad, 1934).

125 B. Hessen, *The Social and Economic Roots of Newton's Principia* (Current Book Distributors: Sydney, 1946).

126 Basalla, ed. *The Rise of Modern Science: Internal or External Factors?* (D.C. Heath: Lexington, 1968) 31-38.

127 B. Hessen, *The Social and Economic Roots of Newton's Principia*, ed. R.S. Cohen (New-York: Howard Fertig, 1971).

128 B. Hessen, «De sociala och ekonomiska forutsattningarna för Newton Principia», in *Ide och klass*, ed. R. Ambjörnsson (Stockholm: PAN/Nordstedts, 1972), 90-145.

129 B. Hessen, «Die sozialen und ökonomische Wurzeln von Newton's Principia» in *Wissenschaftssoziologie II, Determinanten Wissenschaftlicher Entwicklung*, ed. P. Weingart (Frankfurt am Main: Athenäum Verlag, 1974), 261-325.

1977 by the Italian one that I already mentioned.¹³⁰ All three, however, were contained in larger collections which were not exclusively dedicated to Hessen. In 1985, Pablo Pruna realized the first Spanish edition published in Cuba in La Havana (the first from the Russian text of '33)¹³¹ and in 1986, the first Japanese edition was published by Hōseidaigaku shuppan-kyoku and Hosei University Press.¹³²

However, starting from the 90s, within the main theoretical formulations in the field of meta-scientific studies, references to Marxist terminology, especially the Hessenian one, decreased drastically. The fall of the Berlin Wall, the so-called “end of ideologies” and their consequences in the field of cultural production were certainly a determining cause of this loss of interest.

It is only since the 2000s that there has been a *nouvelle vague* of interest in the methodological perspective elaborated by Hessen. Compared to the previous ones, however, this new season of studies has had some notable points of originality. As I mentioned, until the end of the '80s, the reception of Hessen was limited to the reading of his famous *The Social and Economic Roots of Newton's Principia*. It is at this stage, in fact, at the end of a *longue durée* work of canonization of Hessen that the first critical editions of his work emerged, as well as the rediscovery and republication of other texts of this author that allow today a historiographically more solid interpretation of the same 1931 London intervention.

This new phase opened with the appearance of a 1999 publication in Spanish by Pablo Huerga-Melcon (the first accompanied by

130 B. Hessen, «Le radici sociali ed economiche dei *Principia* di Newton», in *Scienza al bivio*, ed. N. Bukharin (Bari: De Donato, 1977), 183-244.

131 B. Hessen, *Las Raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton*, ed. and trans., Pedro Pruna (La Habana: Academia, 1985).

132 B. Hessen, ニュートン力学の形成—『プリンキピア』の社会的経済的根源 (叢書・ウニベルシタス) 単行本, 東京 [Tokyo]: 法政大学出版局 (Hōseidaigaku shuppan-kyoku; Hosei University Press, 1986).

a careful critical reconstruction) that has the merit of looking at the figure of Hessen in a more complete and organic way. The full-bodied volume titled *La ciencia en la encrucijada*, in addition to including the text of 1931, also contains various other contributions by Hessen, presented for the first time in translation.¹³³ 2006 saw the first critical French edition edited by Serge Guérout and Christopher Chilvers¹³⁴ (the text of the translation had already been available in an unpublished version since 1979 to the users of the fund “science et société” of the inter-university library of Jussieu)¹³⁵.

This renaissance of interest also extends toward a more detailed historiographical reconstruction of Hessen’s impact on meta-science studies. An exemplary case from this point of view was the workshop titled “Science at the Crossroads: Geopolitics, Marxism, and Seventy-Five Years of Science Studies” (2006) organized at Princeton University and aimed at trying to retrace the history of Science Studies following the evolution and involution of Marxist theory. As can already be seen from the title, the references to the Hessenian text and to the famous London convention of 1931 were once again recognized and identified as the pivotal point from which to unravel a whole series of receptions of this type. Werskey, among those invited to the meeting, retraced a long historiographic path of the relations between Marxism and science studies, proposing a *Visible College Revisited*.¹³⁶

133 B. Hessen, «Las raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton», in *La ciencia en la encrucijada*, ed. P. Hueriga-Melcon (Oviedo: Pentalfa, 1999).

134 B. Hessen, *Les racines sociales et économiques des Principia des Newton*, ed. S. Guérout and rev. C. Chilvers (Paris: Vuibert, 2006).

135 Before being published, we have at least two instances where translations were circulated informally in library funds: B. Hessen, *Les fondements sociaux et économiques des Principia de Newton*, trans. Serge Guérout (Paris: Bibliothèque interuniversitaire scientifique de Jussieu, 1978 [Unpublished translation but made available to library users]) but also, B. Hessen, «Raíces sociales y económicas de los *Principia* de Newton», in *Newton, el hombre y su sombra*, trans. H. Valanzano (E.U.B.C.A., 1988 [Version printed at the University of Montevideo]), 1-60.

136 Cfr. G. Werskey, *The Visible College Revisited: Second Opinions on the Red Scientists of the 1930s*, in *Minerva*, V. 45, N. 3, 2007, pp. 305-319; e Cfr. *The Marxist Critique of Capitalist Science: A History in Three Movements?*, in *Science as Culture*, V. 16, N. 4, 2007, pp. 397-461.

In 2009, we saw the appearance of the first edition of Hessen's speech of 1931 in modern Greek.¹³⁷ An important turning point in the re-circulation of Hessen's thought is to be found in the re-edition in English of Hessen's famous speech. In 2009, Gideon Freudenthal and Peter McLaughlin published in the Boston Studies in Philosophy of Science series of Springer publishers— therefore bringing the work into global circulation—an edition titled *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution* that collects and combines Hessen's text with a series of essays by Grossmann dedicated to modern science.¹³⁸

Both editors of this volume are well immersed in German-speaking debates and are close to the research in German historical epistemology which developed around figures such as Peter Damerow, Wolfgang Lefèvre¹³⁹ and Jürgen Renn, and which then consolidated in the programs developed at Department I of the Max Planck Institute for the History of Science in Berlin on the material conditions of scientific production. The juxtaposition of the theses of Hessen and Grossmann, besides being justified by their consonance and integrability, is also motivated by further socio-historical reasons. In the German context, Grossmann's contributions to Marxist economics have been an important intellectual reference in the circles of the German post-Sixties New Left since the 1970s.¹⁴⁰ As already pointed out, Hessen had already been introduced into the German context by Weingart

137 B. Hessen, Οι κοινωνικές και οικονομικές ρίζες των Αρχών Φυσικής Φιλοσοφίας του Νευτώνα, ed. Dimitris Dialetis (Athens: Nefeli, 2009).

138 B. Hessen, *The Social and Economic Roots of Newton's Principia*, in *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution. Texts by Boris Hessen and Henryk Grossmann*, ed. G. Freudenthal and P. McLaughlin (Dordrecht/Boston: 2009).

139 The most notable attempt to rehabilitate the Marxist tradition in history and philosophy of science in the 1920s and 1930s is contained in Lefèvre's 1978 volumetitled *Natural Theory and Mode of Production (Naturtheorie und Produktionsweise)*.

140 Boris Hessen and Henryk Grossmann, *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution*, ed. Gideon Freudenthal e Peter McLaughlin (Boston/Dordrecht: Springer Netherlands, 2009), 252.

in 1974 through the publication of the text of '31 in an anthology of texts on the sociology of science which probably had a smaller circulation than the works of Grossmann already available in the original German. The volume edited by Freudenthal and McLaughlin is therefore intended to give Grossmann greater legitimacy on the international level and, at the same time, to reintroduce Hessen's work in the German context.

It was probably also due to the new interest aroused by the resumption of the international debate on these topics that in 2013 Rose-Luise Winkler, one of the leading experts of Hessen's thought¹⁴¹, published a new German language version of the 1931 London intervention.¹⁴² Rose-Luise Winkler is also to be credited with the rediscovery of the anthology of texts from the history of modern science (which we publish here in English) that Hessen had compiled before his untimely death. This anthology collects all the sources that the author had used to develop the arguments presented in "The Social and Economic Roots of Newton's *Principia*".¹⁴³

Such an international revival is probably also the basis of the revival of interest in this author in Russia. In 2015, the volume *Борис Михайлович Гессен (1893-1936)* was published, which aims to propose a general reconstruction of the figure of Hessen by providing a detailed reconstruction of his bibliography and a complete list of his

141 See Rose-Luise Winkler, 1987/88) "B.M. Hessen," in *Porträts russischer und sowjetischer Soziologen. Sonderheft Soziologie und Sozialpolitik. Beiträge aus der Forschung* (Berlin and Moskau: Akademie der Wissenschaften, 1987/88), 208–21 and Rose-Luise Winkler, *An den Ursprüngen wissenschaftssoziologischen Denkens. Erstes Drittel des XX. Jahrhunderts (Russland/Sowjetunion)* (Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 2013).

142 B. Hessen, „Die sozialökonomischen Ursprünge der Mechanik Newtons.“ In *An den Ursprüngen wissenschaftssoziologischen Denkens: Erstes Drittel des XX. Jahrhunderts: Russland/Sowjetunion*, ed. R.L. Winkler (Berlin: Trafo Wissenschaftsverlag, 2013), 243–344.

143 Rose-Luise Winkler, "Ein unveröffentlichtes Manuskript von Boris M. Hessen: 'Materialien und Dokumente zur Geschichte der Physik.'" *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät* 92 (2007): 133–152.

works both published and unpublished.¹⁴⁴ Between 2018 and 2019 the Russian open access journal *Epistemology & Philosophy of Science* re-published in the original language (with the addition of abstracts in English) three texts by Hessen allowing a greater global dissemination (many of the texts by this author are in fact not easily available).¹⁴⁵ At the same time, also in the Russian language, several articles and essays dedicated to Hessen have been published.¹⁴⁶

After the aforementioned 1986 Japanese edition, Hessen's text continues to circulate in Asia thanks in part to the 2016 Korean translation of the 1931 intervention.¹⁴⁷

In 2017, in collaboration with Giulia Rispoli and Pietro Daniel Omodeo, I edited the first critical and autonomous edition in Italian starting with a comparison between the English text of 1931 and the Russian text of 1933 (comparing it with the French, Spanish and Italian translations). In this context, we have deepened the biography of Hessen, his writings and the socio-political context in which it was situated, clarifying the misunderstandings related to the first English translation that have been perpetuated for many years. This collaboration opened up a still ongoing research project aimed at legitimizing Hessen as a cardinal author for historical epistemology and political epistemology (of which this volume is further evidence). We have published several papers on this line of research and others are still in the process of being published.

144 С.Н. Корсаков, А.В. Козенко, and Г.Г. Грачева, Г.Г., *Борис Михайлович Гессен (1893 – 1936)* (Москва [Moscow], Наука [Nauka], 2015).

145 Boris Hessen, «Выступление на заседании Президиума Коммунистической Академии. 1 августа 1931 г.», *Эпистемология и философия науки* 55, n. 3 (2018): 205–10; Boris Hessen, «Материалистическая Диалектика и Современная Физика. Тезисы Доклада на I Всесоюзном Съезде Физиков в Одессе 19 августа 1930 Г», *Эпистемология и философия науки* 56, n. 1 (2019): 209–15; Boris Hessen, «Выступление на Научной Сессии Института Философии, Посвящённой 25-Летию Выхода в Свет Труда в.и. Ленина “Материализм и Эмпириокритицизм”. 22 июня 1934 Г», *Эпистемология и философия науки* 56, n. 1 (2019): 216–24.

146 Cfr. S. Winkler, *Selected Bibliography, Societate si politica*, XIII, no. 1 (2019): 103–109.

147 B. Hessen, *뉴턴 역학의 사회경제적 근원*, 서울 [Seoul]: 북스힐 (Bugseuhil: Books Hill, 2016).

In 2019, Sean Winkler edited a special issue of the journal *Societate și Politică* [*Society and Politics*] entirely dedicated to Hessen's thought. In addition to a number of interesting essays, this special issue published a translation of a text by Hessen in English titled "Preface to Articles by A. Einstein and J.J. Thomson" (translated and edited by S. Winkler). The latter helps to shed light on the approach of this author both in the field of the history of physics and in that of theoretical physics. In the same trajectory, in 2020 another paper by Hessen entitled *Materialist Dialectics and Modern Physics: Abstracts of the Report at the First All-Union Congress of Physicists in Odessa on 19 August 1930* was translated into English for the journal *Historical Materialism* and accompanied by an essay by Winkler.

In 2021 Chris Talbot and Olga Pattison 2021 have translated and edited the first English edited volume of Hessen's contribution published before his famous '31 intervention: *Boris Hessen: Physics and Philosophy in the Soviet Union, 1927-1931. Neglected Debates on Emergence and Reduction*. This operation, together with the unpublished anthology that we are now publishing in English, lays the groundwork for a more complete and organic interpretation of the figure of Hessen. Both these volumes, if read at the same time, allow one to see how much Hessen's historiographical theses were embedded in deep reflections on the foundations of contemporary physics (especially quantum mechanics and relativity) and vice versa. The possibility of consulting these documents, so far unpublished, allows us to have a complete view of the integrated historical-epistemological approach proposed by Hessen.

Conclusion

How should Hessen being labeled the progenitor of these various debates about scientific knowledge be interpreted? From a methodological point of view, Koyré had strongly criticized the idea of

the “precursor” in the history of science: “Rien n’a eu une influence plus néfaste sur l’histoire que la notion de ‘précurseur.’ Envisager quelqu’un comme ‘précurseur’ de quelqu’un d’autre, c’est, très certainement, s’interdire à le comprendre.”¹⁴⁸ Nevertheless, it is very interesting to observe the process by which the figure of an authoritative “precursor” is constructed by an emergent field or debate that tries to legitimize itself. According to what Bourdieu called the social condition of international (but also interdisciplinary) circulation of ideas,¹⁴⁹ Hessen’s work passed through various labelling phases.

The history and sociology of science has attributed to the Russian author the merit/demerit of having been among the first to open a new wave of studies, which were later labeled externalism. Nevertheless, it should be emphasized that Merton was the one who introduced terms such as internalism and externalism into debates about science. Moreover, the choice to line up on one side or the other, internalist or externalist, depends also on different disciplinary revindications that conditioned the process and the form of the institutionalization of specific disciplinary fields (we especially focused our attention on Anglo-American debates¹⁵⁰). Also, Hessen’s work had an extraordinary impact on the context of *science policy*, by laying the foundation of what came to be known as “Bernalism.” This posture had a broad political impact on science studies, not only in the U.K. but also in the USSR and in Poland. Bernal’s works had, in those cases, an impact as great as that of Hessen at the London congress in 1931,¹⁵¹ and stimulated the renaissance of *naukovedenie*. There was,

148 Koyré, “Introduction,” in *Des révolutions des orbes célestes (Du livre I, chapitres 1-11)*, by N. Copernicus (Paris: Librairie Félix Alcan, 1934 [1543]), 4.

149 Bourdieu, «Les conditions sociales de la circulation internationale des idées».

150 In other national cases, such as French or USSR debates, the institutionalization of disciplinary studies of science followed different trajectories.

151 E. M. Mirsky, “Science Studies in the USSR (History, Problems, Prospects),” *Science Studies* 2/3 (1972): 281-294; Y. M. Rabkin, “*Naukovedenie*: The Study of Scientific Research in the Soviet Union,” *Minerva* 14/1 (1976): 61-78.

therefore, a sort of bidirectional circulation of research paradigms between the two sides of the iron curtain. During the post-'68 period, Radical Science Movements emphasized the importance of Hessen's work for the analysis of the entanglement between science, technology and socio-political contexts. In this phase, new forms of actualization of Hessen's theses emerged, aimed at showing the non-neutrality of scientific knowledge. Finally, Hessen's work had been perceived from the perspective of SSK as a theoretical source for unlocking the so-called "black box" of the social content of scientific knowledge. As we have seen, in this sense, the Hessen theses played a peculiar role in the closure of the debate between internalism/externalism.

As we have seen, there has been no single way of reading Hessen. Being identified as a stimulus for the construction of new paradigms of research and analysis, his theses have been constantly subjected to a labelling process that has led the Soviet author to be identified as a precursor and prophet of a vast number of intellectual positions, some of them contradictory.

What should be noted, however, is that even though Hessen has been repeatedly accused by mainstream scientific historiography as too 'crude' of an author, his legacy has not ceased to stimulate new forms of reflection for more than ninety years. This indicates that it is not as easy to curb his significance as the so-called internalist current would like. Nowadays, it is necessary to revisit the Soviet physicist's work in order to revive the critical spirit in which he interpreted the sciences, with the effort not only of trying to understand his underlying political values, but to historically and sociologically reconsider our own epistemologies as well.

Acknowledgment

This article is part of two projects that received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program. On the one hand, I worked on some sections of the paper (pp. 75-100 and 128-130) during my participation in the ERC *EarlyModernCosmology* project (Horizon 2020, GA: 725883) at Ca' Foscari University of Venice led by Pietro D. Omodeo. On other hand, the paragraphs on pages 100-128 are to be considered as part of my Marie Skłodowska-Curie Global Fellowship (MISHA- Horizon 2020; GA: 101026146) at the University of Verona and the University of Maryland.

This work would not have been possible without the help of a supportive group of friends and colleagues. I would like to thank Giulia Rispoli, Pietro Daniel Omodeo, Sascha Freyberg, Sean Winkler and Massimiliano Badino for their comments and thoughts on this article. Moreover, I am grateful to scholars from the Ca' Foscari University of Venice (especially those involved in the ERC project *EarlyModernCosmology*) and the University of Verona for providing me with a stimulating environment for discussion. However, I would like to point out that this article completes a research project that had already begun with various previous articles published in collaboration with Giulia Rispoli.

Boris Hessen's Philosophy of the Scientific Revolution

Pietro Daniel Omodeo

Preliminary Remarks

Boris Hessen is one of the most quoted historians of the Scientific Revolution but also one of the most controversial. His manifesto of Marxist historiography, “The Social and Economic Roots of Newton’s Mechanics” (or “of Newton’s *Principia*,” depending on the edition and language of reference)¹ is still regarded — and often dismissed — as the most representative piece of ‘externalist’ history of science. First presented at the 1931 *International Congress of the History of Science and Technology* in London, his talk was met with the enthusiasm of a young generation of British Marxists, among whom we find John Bernal and Joseph Needham. These English-speaking scholars were much more active in continuing Hessen’s project of a socio-economical history of science than their Russian counterparts, as the Stalinist purges set a brutal stop to the life and work of Hessen “according to the dreadful principle that *all revolutions devour their own children*.”²

Hessen, along with the other Soviet delegates who attended the London conference under the leadership of the Bolshevik intellectual and politician Nikolai Bukharin, opened up a line of inquiry into the societal meaning of science and its economic motivations that

1 For the sake of brevity, I will refer to it as *Social-Economic Roots* from now onwards.

2 J. Needham, New Foreword to *Science at the Cross Roads* (London: Frank Cass, 1971), ix.

renounced standard accounts of knowledge as the achievement of exceptional individuals of uncommon genius. In general, they raised the question of the social and political function of science. Hessen's essay on Isaac Newton had a particularly strong impact as it addressed a key figure of modern physics. It brought forward the thesis that ideas are not generated from other ideas. Instead of mental parthenogenesis, Hessen argued that we ought to explain the emergence of scientific knowledge through a close consideration of societal contexts and hegemonic interests. Scientific agendas are always connected with technological challenges and are closely tied to economic needs. According to Hessen, modern science and modern capitalism went hand in hand. Indeed, scientific knowledge was a major instrument of economic expansion under new economic settings that, in England, were first established in the passage from the sixteenth century to the seventeenth.

Yet, the strength of Hessen's emphasis on the dependency of modern science on economy also came to be seen as his major weakness, both by anti-Marxist (internalist and culturalist) historians of science as well as cultural Marxists. In both cases, Hessen was dismissed — or, better said, his stereotype image was dismissed — as an economic reductionist. Opponents accused him and his approach to be crude, limited and schematic. Idealist historians of science embraced this negative judgment in the wake of Alexandre Koyré's Platonic vision of intellectual progress.³ Later, social-constructivist and social-democratic historians repeated this same critique. This was the case with Steve Shapin and Simon Schaffer's classic in Goffmanian historical sociology of science.⁴ Their account of seventeenth-century

³ Cf. Wolfgang Lefèvre, "Galileo Engineer: Art and Modern Science," in *Galileo in Context*, ed. Jürgen Renn (Cambridge: Cambridge University Press, 2001), 11-13.

⁴ I take Goffman's sociology as the type of an approach that shifts the focus of the discipline from macro-sociological to micro-sociological interactions. Erving Goffman, *Stigma: Notes on the Management of Spoiled Identity* (New York: Simon & Schuster, 1963).

scientific culture in England, *Leviathan and the Air-Pump* (1985) shifted the focus of the sociology of science from socio-economic structures to the interactions of social actors. In this manner, they renounced a possible explanation of the Scientific Revolution in terms of emergent capitalism.⁵ On the other hand, the general suspicion towards everything that stemmed from the Soviet Union, which is typical of cultural Marxists of the Frankfurt kind, led many to renounce not only communism in politics but also any attempts at a socio-economic investigation of science and, what is worse, epistemology tout court, as Jürgen Habermas's trajectory exhibits.⁶

As for the reception of Boris Hessen, whose Newton essay is possibly the most translated and reprinted work on the Scientific Revolution, its fate is indissolubly linked to political motives, which are exceptionally diverse. His essay has been seen as a socialist model of history-writing in the West, a point of reference for new attempts to build a leftist historiography, an instance of dogmatic economicism in the eyes of the idealist defenders of the purity of science, the work of a political opponent subjected to the merciless *damnatio memoriae* of Stalinist censorship, and a cumbersome presence to be relegated to a cabinet of antiquarian curiosities after the end of the Cold-War, when the neo-liberal consensus wiped out all Grand Narratives.

Hence, the following questions arise: What is still alive of Hessen's work and legacy? In our time, in which both economic analyses in the history of ideas and the concept of Scientific Revolutions are not fashionable anymore, what can still be learned from Hessen's much-discussed approach to these topics?

This publication of Hessen's anthology on early modern

⁵ Pietro Daniel Omodeo, *Political Epistemology: The Problem of Ideology in Science Studies* (Cham: Springer, 2019a), 14–21.

⁶ Andrew Feenberg, "Modernity, Technology and the Forms of Rationality," *Philosophy Compass* 6/12 (2011): 865–873.

physics, together with the English translation of some important sections, aims at a fresh reassessment of his thought, beyond the stereotypes. In recent years, his approach has been epitomized through a historical-epistemological phrase, the so-called ‘Hessen-Grossman thesis’. According to this, “economics [...] *present[s]* demands, which *pose* technical problems, which *generate* scientific problems.”⁷ The present publication helps us to look at the deeper roots of the thesis and the broader historical interests behind his famous essay, *Social-Economic Roots*. The anthology shows that Hessen’s conception of early-modern science was based on much historical research, a close reading of primary sources and a fair acquaintance with secondary literature. From the beginning of the text, Hessen makes his main goal clear: to integrate science with history and to reclaim the latter’s role as an essential complement of knowledge theory. Against Hans Reichenbach’s neo-positivist dismissal of history as a futile hobby, Hessen argues that physical research (as an instance of modern science in general) can only be understood and furthered from the diachronic perspective of transformation and revolutions. “This collection of documents and materials — as one reads — takes up the task of acquainting the reader with the history of physics through its primary sources.” It also acquaints us with Hessen’s engagement with the sources and debates of his time. In this light, his 1931 communication on Newton should be seen as no occasional writing. Rather, it was based on a lasting commitment to (what later came to be called) historical epistemology.⁸

⁷ Gideon Freudenthal and Peter McLaughlin, “Classical Marxist Historiography of Science: The Hessen-Grossmann Thesis,” in *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution: Texts by Boris Hessen and Henryk Grossmann*, ed. Gideon Freudenthal and Peter McLaughlin (Dordrecht: Springer, 2009), 4.

⁸ Hans-Jörg Rheinberger, *Historische Epistemologie zur Einführung* (Hamburg: Junius, 2007), 36; Pietro Daniel Omodeo, Gerardo Ienna and Massimiliano Badino, *Lineamenti di Epistemologia Storica: Correnti e temi, Preprints of the Max Planck Institute for the History of Science – Berlin 506* (2021): 21-22.

Hessen's Approach to the Early-Modern Physics in His Classic Essay of 1931⁹

Before I consider the conception of the Scientific Revolution that emerges from Hessen's anthology, it is expedient to recount the main theses of his *Social-Economic Roots*, the talk he delivered at the London *International Congress of the History of Science and Technology* in 1931.¹⁰ The two texts are closely interlinked. As Sean Winkler has already pointed out,¹¹ many sections of the anthology are literally taken from *Social-Economic Roots*. This word-by-word internal quotation by their author points to the fact that there is a common conception underlying them.

Among the communications of the Soviet delegates who were deputed to present and promote the Marxist approach of the history of science in London, Hessen's communication was among the most articulated. It went against semi-mythical accounts, according to which Newton was a lonely genius and his physics was a form of pure science detached from any worldly interests. By contrast, Hessen argued that his famous *Philosophiae naturalis principia mathematica* (*Mathematical Principles of Natural Philosophy*) (1687) constituted a scientific achievement as the synthesis of experiences and theories stemming from social, economic and technological contexts. Hessen's agenda was directed against idealistic accounts and even the banality of Providential-sounding narratives like that of Whitehead, who went

9 This section is a revision of Pietro Daniel Omodeo, "Socio-Political Coordinates of Early-Modern Mechanics: A Preliminary Discussion," In *Emergence and Expansion of Preclassical Mechanics*, Boston Studies in the Philosophy and History of Science, ed. Rivka Feldhay, Jürgen Renn, Matthias Schemmel, and Matteo Valleriani (Cham: Springer, 2018a), 58-62, and Omodeo, *Political Epistemology*, 100-105.

10 Hessen's essay was first published in *Science at the Cross Roads* (London: Kniga, 1931), reprinted in 1971 (London: Frank). I will quote it from the most recent edition in "The Social and Economic Roots of Newton's *Principia*," in *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution*, ed. Gideon Freudenthal and Peter McLaughlin (Dordrecht: Springer, 2009).

11 Cfr. *infra* Sean Winkler, "A Pantheon of Great Ideas: Boris Hessen and the History & Philosophy of Science."

so far as to state that “our modern civilization is due to the fact that in the year when Galileo died, Newton was born.”¹² In order to contrast such futile rhetoric, Hessen proposed to abandon the self-celebratory narrations of the elites and rather embrace the standpoint of the masses:

[One] defect that Marx’s theory removes is the view that the subject of history is not the mass of the people, but individuals of genius. In contradistinction to this view Marx examined the movement of the masses who make history and studied the social conditions of the life of the masses and the changes in those conditions.¹³

Hessen took Karl Marx’s preface to *Zur Kritik der politischen Ökonomie* (*A Contribution to the Critique of Political Economy*) (1859) as a point of departure for his theoretical-political conceptions. He summarizes Marx’s structure-superstructure distinction as follows: “The mode of production of material life *conditions* the social, political and intellectual life process of society.”¹⁴ Hessen clearly stressed the dependency of the cultural ‘superstructure’ on the economic ‘basis’. However, he left open for debate the question of whether such conditioning is monocausal and deterministic or not. It is important to stress this aspect because such theoretical openness downplays the too-often repeated criticism of economic reductionism leveled against him.

To be sure, the leader of the Soviet delegation, Bukharin had a less nuanced opinion on this matter, especially in his popularizing

12 Freudenthal and McLaughlin, “Classical Marxist Historiography of Science.” 28.

13 Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*,” 42-43.

14 Freudenthal and McLaughlin, “Classical Marxist Historiography of Science,” 42, emphasis added.

works on historical materialism for the working class. In his introduction to Marxist philosophy *Historical Materialism* (1921), Bukharin had argued, on a materialist basis, for the naturalization of the laws of social development — a viewpoint for which historicist Marxists such as György Lukács and Antonio Gramsci harshly criticized him.¹⁵ In London, Bukharin continued presenting himself as a champion scientist of historical materialism. Indeed, he regarded historical materialism as Marxist sociology *tout court*, that is to say, a scientific theory of society and its deterministic development. As he believed that determinism is an essential component of science in general, he thought of both natural and societal processes as necessary and independent of subjective factors: “in nature and society there is a *definite* regularity, a *fixed* natural law. The definition of this natural law is the first task of science. This causality in nature and society is objective.”¹⁶

As a consequence of these premises, Bukharin asserted that even revolutions are predictable just like solar eclipses on the bases of astronomical knowledge or the boiling of water at 100° C. As it appears from Hessen’s historical work, he refrained from such crude forms of naturalization. Rather, his reflection on the dynamics of science, economy, technology, politics, philosophy and religion was dialectical in the sense that he considered the dynamic interdependencies and reciprocal influences of the various material and cultural components of the historical process. He did not renounce the primacy of the economical but also considered the role of ideology as relevant to the explanation of science and society.

Newton’s time was marked by the rise of early capitalism as a new economic and social formation, the expansion of merchant

¹⁵ György Lukács, “N. Bucharin: Theorie des historischen Materialismus,” in *Werke, Frühschriften II*, vol. 2 (Neuwied-Berlin: Hermann Luchterhand, 1968); Antonio Gramsci, *Quaderni del carcere* (Turin: Einaudi, 2007), Notebook XI.

¹⁶ Nikolai Bukharin, *Historical Materialism: A System of Sociology* (New York: International Publishers, 1934 [1921]), 20.

capital and manufacture. The development of communication, transport, industry and warfare were connected with the interest of the entrepreneurial classes of the late Middle Ages and early modernity. This is a theme that also underlies the anthology. In *Social-Economic Roots*, he detailed the technical problems raised by the expansion of these three areas (transport, industry and warfare) and the corresponding scientific fields that flourished during the sixteenth and seventeenth centuries in Europe. First, the needs of communication and transport, mainly maritime, required the improvement of vessels, the development of new navigation techniques, especially in the Oceans, and the building of canals and locks. In order to address the technical problems of navigation, improved hydrostatics and hydrodynamics were needed. Moreover, astronomical, geographical, mathematical and optical knowledge had to be augmented as a means to support navigation. The most important realms of industry were mining and war, the technical problems of which could be solved by chemical and mechanical experts of a variety of topics ranging from simple machines to hydro- and aerostatics and the science of materials. Third, the military requirements of a time marked by the introduction of firearms led to the perfection of ballistics and fortification techniques, the study of dynamics and the improvement of architecture. These areas of economy and technology also constitute the most important structural realms that Hessen explored in the first part of his unpublished anthology. As for the relevance of his approach, in particular of his idea of the ‘socio-economic roots’, this had such an impact in the discipline that, as Rose-Luise Winkler says, it “is comparable with Kuhn’s concept of paradigm in the research on knowledge of the 1960s and 1970s.”¹⁷

17 See Rose-Luise Winkler, *infra* as well as “Ein unveröffentlichtes Manuskript von Boris M. Hessen: ‘Materialien und Dokumente zur Geschichte der Physik,’” *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät* 92 (2007), 133-152: 139: “Die Wirkung seines Beitrages ist vergleichbar der

In *Social-Economic Roots*, after an overview of the economic, technical and scientific characteristics of Newton's age, Hessen offered a summary of the central problems faced by early-modern mechanics. The main issues can be enumerated as follows. A first area concerns simple machines, inclined planes and statics in general. A second area concerns the free fall and projectile trajectories. Thirdly, hydrostatics and aerostatics, atmospheric pressure and the motion of bodies through a medium constituted an important area of inquiry. Fourthly, heavenly mechanics and the theory of tides were significantly advanced. As collateral subjects, Hessen mentioned optics and magnetism. Additionally, he gave a list of the most renowned early-modern scientists. It comprised Leonardo da Vinci, Girolamo Cardano, Guidobaldo Del Monte, Simon Stevin, Galileo Galilei, Niccolò Tartaglia, Giovan Battista Riccioli, Otto von Guericke, Blaise Pascal, Pierre Boyle and Johannes Kepler.¹⁸ He also mentioned Agricola, for mining, and Gilbert, for magnetism, a discipline whose economic-technological roots resided in navigation. According to Hessen, Newton brought most of these branches of physics to a theoretical synthesis but the brilliance of his intellectual achievement should not obscure the deep economic and technical roots of his science.

After considering the structure in which early modern mechanics was implanted, Hessen dealt with its superstructure, especially the philosophical-theological contexts. As he cautioned his listeners,

des von Thomas S. Kuhn eingeführten Paradigma-Begriff in der Wissensforschung in den 1960-70er Jahren. Der Begriff der sozialökonomischen Determination ist in der Folgezeit einer der wichtigsten Grundbegriffe für soziologische Analysen geworden, da er Aussagen zum Verhältnis von Gesellschaftsformationen und Wissenschaft empirisch erfassbare und interpretierbare Sachverhalte übersetzt. Boris Hessen hat damit eines der Kardinalprobleme der wissenschaftssoziologischen Forschung formuliert und an einem prägnanten Objekt Fragen dazu aufgeworfen."

¹⁸ Hessen, "The Social and Economic Roots of Newton's *Principia*," 52.

It would [...] be a gross oversimplification to derive *every problem* studied by various physicists, and *every task* they solved, directly from economics and technology. [...] The economic situation is the basis. But the development of theories and the individual work of a scientist are also affected by various superstructures, such as political forms of class struggle and its results, the reflection of these battles in the minds of the participants – in political, juridical, and philosophical theories, religious beliefs and their subsequent development into dogmatic systems.¹⁹

The political context of Newton was that of reformism, which was sanctioned by the Glorious Revolution of 1688. Hessen saw it as a compromise between the interests of the monarchy and those of the bourgeoisie that had heralded the English Revolution of 1648. According to Hessen, this climate of moderation and settlement (the “class compromise of 1688” as he called it) informed Newton’s piety which, in turn, affected the philosophical views of the *Principia*. God and idealistic assumptions entered his conception of nature, although radical materialistic and mechanistic views were available in his time, such as those by Richard Overton, Thomas Hobbes, René Descartes and John Toland. Newton avoided theological, philosophical and political excesses. He assumed that a teleological principle of divine origin preserves the universe and its order. Moreover, he considered motion to be a mode superimposed on essentially inert matter and viewed space as a *sensorium Dei* (God’s sensory) which is separable from matter. Thus, Hessen’s considerations on superstructures and science, along with the cultural environment within which Newton operated mainly accounted for the perceived shortcomings

¹⁹ Ibid., 61.

of the latter's system, essentially its distance from an accomplished material and physical (as well as evolutionary) account of nature like the one that would be produced by Pierre Simon Laplace in the time of the French Revolution.²⁰

It should be added that Hessen did not posit a unidirectional dependency of science on technology. Rather, he pointed out a possible feedback mechanism, that is, a dialectical reinforcement of technology through science and vice versa:

The immense development of technology was a powerful stimulus to the development of science, and the rapidly developing science in turn fertilized the new technology.²¹

However, he did not go so far as to expand this idea on a more general explanatory level. In fact, he did not explicitly mention a similar dialectical loop between technology and economy and, even less so, between economy and politics, or politics and philosophy. In other words, his conception of the relation of structure and superstructure did not overtly challenge the primacy of economic causality. Nevertheless, he acknowledged that science is affected by the cultural element alongside the economic-technological. As he did not survive the Stalinist purges, he would never develop and circulate the details of his research program.²² It was the task of American sociologist, Robert Merton to develop Hessen's insight by considering in more detail the incidence of technology, on the one hand, and Puritan ethics

20 A similar idea, that ideology only accounts for the shortcomings of science, has been defended by George Canguilhem, "Qu'est-ce qu'une idéologie scientifique?" in *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie* (Paris: Vrin, 2009), 39-55.

21 Hessen, "The Social and Economic Roots of Newton's *Principia*," 84.

22 For the intellectual context of Hessen's work, see Rose-Luise Winkler, *An den Ursprüngen wissenschaftssoziologischen Denkens. Erstes Drittel des XX. Jahrhunderts (Russland/Sowjetunion)* (Berlin: trafo Wissenschaftsverlag, 2013).

(distinct from theology), on the other, in the natural debates of Newton's time, in his classic of Weberian sociology of science, *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England* (1938).

New Insights into Hessen's Views on the Scientific Revolution Based on His Unpublished Anthology

At his death, Hessen's anthology of sources relative to early modern science was almost ready for print. Herein, he gathered short texts relevant to the philosophy of science and its history from the socio-economic perspective he embraced. This collection, which we print here for the first time, was about six hundred pages long and, as it stands, presents the scholar with many difficulties. A major one concerns its bibliography. Hessen's quotations are seldom accompanied by exact references, if at all. Moreover, we could not establish which translations already existed — and which he simply appropriated — and which translations were completely new. Hessen generically mentions the fact that most of the translations into Russian were carried out for his anthology. Hessen also informed his reader, in the foreword, that he checked the translations against the originals:

For this collection a number of translations available in Russian and checked afresh with the originals were used. The classics of natural science and especially physics were, unfortunately, very rarely translated into Russian so far, therefore, the major part of the material appears in Russian translation for the first time.

More work must be done in order to check the provenance of the sources that the collection comprises. The aforementioned defects can be ascribed to the fact that, although the book is in good shape and essentially completed, it never reached the final stage of

publication. One additional problem for the reader is the absence of some sections about which we can only infer something thanks to the table of contents.

Marx and Engels are the political-philosophical authors of reference throughout the anthology. The old introduction to the *Dialektik der Natur* (*Dialectic of Nature*) together with excerpts from *Die deutsche Ideologie* (*German Ideology*) serve as an introduction to the first part, which is devoted to the “Socio-Economic Prerequisites for the Emergence of Classical Physics.” A preface by Hessen and short texts of his are also inserted in the volume and are here provided to the reader in English translation. The anthology’s first section brings together sources on what one would call today ‘practical knowledge’. Hessen considered them sources on the socio-economic basis of early modern science and society as well as sources on the history of technology. They concern commerce, navigation, transport, naval engineering, warfare, military industry and metallurgy. It is without a doubt that Hessen’s choice of these themes is closely connected with the program that he outlined in London in 1931 to investigate the socio-economic and technological roots of modern science. Indeed, *Social-Economic Roots* started from his consideration of the same realms with respect to Newton. They are the structural ground floor of society in accordance with the Marxist precept to investigate cultural phenomena starting from their ‘basis.’ The interpretative framework is clearly stated, among other places, at the beginning of the first part:

The remarkable flourishing of the natural sciences in the sixteenth and seventeenth centuries is due to the break-up of feudal ownership, the development of merchant capital, international maritime transport and heavy industry (mining and metallurgy). The area of physics which developed earlier than the others and which reached the greatest development was mechanics.

The second thematic section deals with the conceptual (if one likes ‘internal’) aspects of the history of science, focusing on the developments of mechanics in modernity. It is devoted to the development of early-modern mechanics and includes excerpts from the best known physicists of the time such as Galileo, Huygens, Descartes, Leibniz, and Newton. The analytical development of the discipline is also taken into account through a selection from Bernoulli and D’Alembert. A historical overview of classical mechanics by Albert Einstein is also included, as a complement to the primary sources.

The third thematic section addresses the philosophical controversies related to science in the seventeenth and eighteenth centuries. This is the section devoted to problems of ideology, that is, to disputes on concepts and general worldviews. The Newton-Clark controversy over the philosophical fundamentals of physics is discussed to some extent, together with philosophical sources which Hessen deemed apt to offer an understanding of nature as an immanent realm without transcendence. Even the freethinker John Toland is given space in the collection. Immanuel Kant and Laplace are mentioned for their theories about the origin of the universe and its developmental nature. The philosophical endowment not only includes texts by Marx (*Die heilige Familie*) and Engels (*Dialektik der Natur* and *Anti-Dühring*) but even Hegel’s remarks on empiricism.²³ Hessen believes that the philosophical controversies of the time can be brought back to a fundamental opposition between materialism and idealism. Theological biases, for instance those emerging from Newton’s work or the Boyle lectures on science and faith, are a clear signal of ‘idealism’. Moreover, this section deals with the institutional dimension of early-modern science: knowledge institutions such as universities and scientific academies, as well as issues of communication through scientific journals.

23 Winkler, “Ein unveröffentlichtes Manuskript von Boris M. Hessen,” 143-146, offers a German translation of the table of contents of the anthology. Also see her essay, *infra*.

From this outline, the general structure of the volume should be clear. To sum it up, the first part deals with the economic and societal developments, technology and practices that constituted the basis of modern science. The second part deals with the development of scientific disciplines and theories — mechanics receives a special treatment among the sciences because, “of all the areas of physics, mechanics was the first to develop. It achieved before others a greater completion, and its influence strongly affected the other areas of physics.” The third part deals with ideology, that is, with philosophy as a science of ideas (in accordance with the etymology: *ideo-*logy), and with the institutional-political settings of science, including universities and academies. In comparison to *Social-Economic Roots*, Newton occupies a less central place as he is only one of the authors that deserve attention among those who contributed to the Scientific Revolution. The whole progress of early-modern science — not only his *Principia* — needs to be understood on the basis of context, both material and ideological.

In order to exemplify Hessen’s broad historical perspective, I would like to briefly discuss his presentation of two other early-modern scientists: Benedetto Castelli and Galileo Galilei. Both Italian Renaissance scientists are introduced in the first part of the anthology on the socio-economic roots of physics. Galileo’s pupil Castelli, renowned for his works on mathematical physics, is here celebrated for his contribution to hydraulics as a response to the needs for improved transportation in connection with waterways. The foundational work in case is *Della misura delle acque correnti* [*On the Measurement of Running Waters*] (1628),²⁴ here extolled as a successful application of Galilean science to new fields:

24 Cf. Benedetto Castelli, *On the Measurement of Running Water*, trans. Deane R. Blackman (Florence: Olschki, 2007).

Castelli's treatise on hydraulics was issued by the school of Galileo and emerged from Galileo's direct observations. They named it the "Golden Book". The great discoveries of Torricelli eclipsed this work, but its historical significance was even greater, for along with it the mechanics of liquids entered the field of physical laws, for the sake of which the empirical sciences had fought so stubbornly and unavailingly for two centuries. He is the first testimony to the successes of the Galilean approach to nature and a document of the dependence of the latter on the questions and needs of the time. The greatest service that Castelli had paid to scientific and practical hydraulics lay in the first principle of the dependence of the speed of the movement of water in rivers and canals on their width and height.

The significance of Castelli's science is not reduced to his discovery of some law or method for the quantification of running water taken in itself, but is connected with the socio-political relevance of his inquiries in a context in which the improvement of trade was crucial for securing economic growth in accordance with the interests of ruling mercantile classes. As the thesis goes, it was those interests that acted as drivers for the development of modern science. The development of hydraulics depended on massive interests to improve waterways and the regimentation of running waters for economic reasons.

Hessen regarded war as another crucial field which accounted for scientific expansion, as military needs dictated many research agendas. Galileo's work is first mentioned in this connection. The construction of fortresses and the use of firearms accounts for many of his scientific inquiries. Just as Newton, according to *Social-Economic Roots*, Galileo is here presented as an instance of how modern science emerged from social practices.²⁵

25 On which, cf. Matteo Valleriani, *Galileo Engineer* (Dordrecht: Springer, 2010).

The problems of the maximal conservation of energy and the effectiveness of machines, the precision of gunfire, the resistance of the fortifications – these were the same questions which had been discussed in technical literature for two centuries already.

However, this interpretation of Galileo is far from the reductionist image that is too often ascribed to Hessen. He neither reduces science to technology nor theory to practice. There is a gap between them and scholars like Galileo created bridges between the mathematical and natural reflection and workshops' experience as the new scientists codified practical knowledge at a more abstract level than that of the practitioner's labor.

But Galileo approached the work done in the workshops, with which he was acquainted only thanks to his teacher mainly as a field for experiments and observations, which were to lead, above all, to the establishment of the theoretical foundations of the mechanical arts. Therefore, his formulation of these questions is fundamentally different, and their solution does not depend on any tradition of workshops and theorists, although his attention was constantly directed to the practical application of learning which had been established theoretically and experimentally.

In other words, according to Hessen, Galileo was not just an 'engineer' but a mathematician and philosopher who extracted and codified knowledge that he could derive from various fields of practice.²⁶ Hessen here mentions the Arsenal of Venice, the state-run navy

²⁶ For considerations on the early-modern collaborative tension between engineers and mathematicians, see Cesare Maffioli, *La via delle acque (1500 - 1700): appropriazione delle arti e trasformazione delle matematiche* (Florence: Olschki, 2010).

shipyard, as a relevant place where a fruitful exchange between practitioners and the emerging figure of the modern scientist, a fact that Galileo extols at the beginning of his *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* (*Discourses and Mathematical Demonstrations Relating to Two New Sciences*) (1638).²⁷

Hessen considers mining to be another realm of practice, experimentation and knowledge extraction. He looks at the problems of the effective use of mines as the basis of technical and chemical developments, with special reference to Agricola.

In part two of the anthology, which deals with the history of physics from a more internal perspective (the genesis and development of the main principles of mechanics in early modernity), he refers to Joseph-Louis Lagrange and Albert Einstein to offer a general interpretative framework. The former's *Mécanique analytique* (*Analytical Mechanics*) (first published in Paris, in 1788) offers Hessen a systematic outlook on the development of the discipline of mechanics since antiquity. According to Lagrange's partition of the discipline, mechanics comprises two main areas, statics and dynamics; the main 'discoverers' and 'systemizers' which he lists are brief but accurate. His historical overview ranges from Archimedes to Newton, whose universal gravitation made mechanics into a new science (a *science nouvelle*).²⁸ While Lagrange serves the purpose of presenting the his-

27 Jürgen Renn and Matteo Valleriani, "Galileo and the Challenge of the Arsenal," *Preprints of the Max Planck Institute for the History of Science Berlin* 179 (2001), (<https://www.mpiwg-berlin.mpg.de/sites/default/files/Preprints/P179.pdf>) (accessed on 1 October 2021).

28 I summarized the schema that emerges from Lagrange's historical reconstruction in 2018 as an advancement in three steps: first, mechanics as the science of machines in the Renaissance systematization of ancient and medieval sources on statics and machines along with the emergence of dynamics as a new field for physical-mathematical investigation; second, the physical-mathematical science of balance and motion in general through a process of generalization leading to Newton's mathematical physics; third, mechanics as an analytical science coinciding with its complete transformation into a deductive mathematical discipline. See Pietro Daniel Omodeo, "The Social Position and Intellectual Identity of the Renaissance Mathematician-Physicist Giovanni Battista Benedetti: A Case Study in the Socio-Political History of Mechanics," in *Emergence and Expansion of Preclassical Mechanics*, Boston

torical genesis of mechanics, Einstein gives the coordinates for understanding its developments up to the most recent times. As Hessen writes:

In order for the reader to gain some perspective on the further development of mechanics, we provide an article by Einstein, written for the Newtonian bicentennial anniversary. This paper gives a general perspective on the further development of Newtonian mechanics and relativity theory and a general evaluation of classical mechanics.

While dealing with the details of mechanics, the second partition follows the model of Ernst Mach's *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch Dargestellt (Science of Mechanics: A Critical and Historical Account of Its Development)* (Leipzig, 1883) in that certain fields of the scientific development are left at the margin. The most significant among them is Copernican astronomy. Hessen explains the choice as linked to the need to limit the scope of his anthology and to focus on a selected set of themes:

Unfortunately, due to lack of space, we had to neglect Galileo's astronomical works, which played a significant role in the development of mechanics; just as in the selection of Newton's works, we nearly neglected all of his cosmogonic and astronomical works. This, however, made it possible to fully cover the development of the basic principles of dynamics.

The decision to leave astronomy out of the picture is strategic, as the detection of the socio-economic roots of modern science can

Studies in the Philosophy and History of Science, ed. Rivka Feldhay, Jürgen Renn, Matthias Schemmel, and Matteo Valleriani (Cham: Springer, 2018b), 181-213.

be much easier and more directly inferred from practical mechanics than from mathematical astronomy or cosmology. Yet, the latter fields, especially debates on the order of the cosmos and the boundaries of nature, would have been well suited for the discussion of problems of ideology and clashes of worldviews.

In the third part of the anthology, Hessen puts matter and motion at the center of his consideration of the ideological struggles on the main categories of physics. He is particularly interested in the connection of modern physics with the developments of materialism. In this respect, God's function in Newton's system responds to his theological concerns and affects his views on the maintenance of the order of the universe and fundamental concepts. Hessen here considers both the *Principia* as well as the correspondence between Newton's associate Clarke and Leibniz, especially from the viewpoint of their disagreements on God, matter and motion. Moreover, as one reads, "if Leibniz's criticism of Newton is conducted from an idealistic angle, then in a somewhat later period (at the beginning of the eighteenth century) we come up with a materialist critique of Newton's views on the part of Toland." The excerpt of the latter's *Letter to Serena* is missing from the extant copy of the anthology but we know that Hessen used it from the table of contents. From the table of contents, we also see that Toland's *Letter* was followed by two texts by Kant and Laplace on the origin of the world. These sources are missing, too. However, their relevance is explained against the background of a general interest in developmental materialistic conceptions of the world in which dynamism has become an intrinsic property of matter.

In the extracts from his *Letters to Serena*, John Toland aims his sharp criticisms against the conception of the modality of motion. Motion, he claims, is an existing and indivisible feature of matter. It should be included as an integral part of its

definition. Only this conception, Toland justly affirms, provides a rational explanation of the law of the constant quantity of movement. It resolves difficulties regarding the moving force and the initial push. Thus, in the controversy between Leibniz and Toland with Newton, the problem of self-propulsion of matter was clearly posed, which received a definitive solution in the teachings of Marx, Engels and Lenin.

The ideological struggles over matter and the divine are read against a more general conflict between the institutions of feudalism and those of capitalism. The two conflicting societal models and groups of interests, according to Hessen, had their special forms of knowledge. While the new science served the interests of the new emergent society, in particular those of the bourgeoisie, the old regime had its cultural bulwarks. In Hessen's view, universities essentially played the role of conservative intellectual institutions as they were hardly permeable to philosophical and intellectual novelties connected with the emergent leading classes in society. In view of today's historical sociology of knowledge, Hessen's judgment on medieval and early-modern universities looks too schematic as it neglects the university's societal function at large — for instance, as the educational centers of early modern intelligentsia in general, including the most celebrated scientists of the time — and reduces it to the issue of class struggle. Nonetheless, Hessen's discussion is significant in that it early on pointed to the relevance of considering teaching institutions in connection with the history of science and ideological struggles as an essential factor.

In Hessen's view, the medieval and early-modern Church was not simply a cultural institution that surveyed matters of theological conformity. It was first and foremost an economic institution, linked to a pre-capitalistic societal formation: "The Church was the international center of feudalism, and was itself a major feudal overlord,

since it owned no less than a third of Catholic tenure.” From this perspective, the defense of orthodoxy and that of feudal land interests are two sides of the same coin.

Scholastic philosophy can be seen as another expression of pre-capitalist corporate interests. “The struggle between university science and science beyond the university, serving the needs of a rising bourgeoisie, is a reflection in the ideological sphere of the class struggle of the bourgeoisie with feudalism.” What Hessen calls “science beyond the university” is the emergent modern science. As he claims, its main cultural institutions were new creations: the Florentine *Accademia del cemento*, the French *Académie des Sciences* and the English Royal Society. The strengths and weaknesses of these institutions and the science they cultivated reflected those of the ascending bourgeoisie which “placed natural science at its service.” On the one hand, they made the advancement of science possible, particularly in its experimental and mathematical form. On the other hand, radical forms of materialism were avoided and theological compromises were attempted, as can be evidenced by Bentley’s Boyle lectures that are included in the anthology.²⁹

Hessen also discusses the problem of early-modern censorship, in particular politically-led ones. Cartesianism in France is a case in point. The King’s decree of 1671 which banned teaching Cartesianism from university is a historical example of institutional politics connected with the ideological struggle for the affirmation of a new culture and a new science.³⁰ This instance also serves Hessen’s pur-

29 Among recent studies on science in early-modern academies, cf. Giulia Giannini and Mordechai Feingold, *The Institutionalization of Science in Early Modern Europe* (Leiden: Brill, 2020).

30 For an updated study on this topic, see Sophie Roux, “The Condemnations of Cartesian Natural Philosophy under Louis XIV (1661-91),” in *The Oxford Handbook of Descartes and Cartesianism*, ed. Steven Nadler, Tad S. Schmaltz and Delphine Antoine-Mahut (Oxford: Oxford University Press, 2019), 755-779.

pose of condemning the political imposition of philosophical orthodoxy in general. His reference to the dramatic evolution of the cultural-political climate of Soviet Union and the imposition of ideological conformity should be clear from statements as the following one, in which the meaning of Arnauld's parliamentary defense of Descartes goes beyond his time and the special circumstances in which it was pronounced:

Arnauld presented a note to parliament, in which with great merit proved the impossibility of prohibiting the Cartesian doctrine and the harmful that such a measure would provoke. History, he stated, persuades us, that no law can force people to prefer one philosophy to another and that any attempt of such a kind can only undermine the authority of legislative power. Cartesianism is reproached in vain for the fact that it cannot be brought into compliance with the dogmas of the Church. The same can be said for any other philosophy.

Ideological Skirmish on the Scientific Revolution: Hessen's Externalist Legacy versus Internalism³¹

The fate of Hessen's contribution to the history of science is also linked to the rise and fall of the main historiographic concept of the Scientific Revolution, which looms large, although implicitly, over his work. The relevance of his argument concerning early modern science and Newton has long been perceived as a contribution to the debate about the origins of modern science — if not of science tout

³¹ This and the following two sections are a reworking of Pietro Daniel Omodeo, "Scientific Revolution, Ideologies of the," in *Encyclopedia of Early Modern Philosophy and the Sciences*, ed. Dana Jalobeanu and Charles T. Wolfe (Online: Springer, 2020a), 1-10.

court. Leftist and conservative scholars as different as the intellectual historian Alexandre Koyré and the sociological historian of science Edgar Zilsel, shared a common belief that the origins of science had to be searched for in the Renaissance, independently of the deep difference of their approaches. In recent years, though, the very idea of a unique break in history leading to the emergence of science has been cast into doubt to the point that sociologist of science Steven Shapin stated, in an introduction of his to this very topic, that “there was no such a thing as the Scientific Revolution, and this is a book about it.”³²

In spite of this bold statement, Shapin’s introduction was not original as he presented standard authors and themes of science from the sixteenth and seventeenth centuries. Before him, others had established the canon. Hessen can be seen as one of those who challenged the hero’s narrative, but not the most important steps and constituents of scientific modernity. Herbert Butterfield asserted the list of canonical authors and themes that any history of the Scientific Revolution ought to deal with in his own introduction to it, *The Origins of Modern Science* (1958). According to Butterfield, these must be comprised of Nicolaus Copernicus’s heliocentric theory, William Harvey’s theory of blood circulation, Francis Bacon’s empirical method and experimentalism, Cartesian mechanism, modern physics (with particular attention to dynamics and universal gravitation), the birth of scientific societies, and modern chemistry. These themes, with small additions and variations, can be found in countless handbooks on the Scientific Revolution which appeared in the middle decades of the twentieth century. Hessen’s Newton essay and anthology clearly constitute a precedent case in the choice of the fields of relevance for modern science.

Hessen does not stand alone as a founding figure of externalist

³² Steven Shapin, *The Scientific Revolution* (Chicago: The University of Chicago Press, 1996), 1.

historiography. Marxist historiography has further reference in authors such as the scholar linked to the Frankfurt Institute for Social Research Henryk Grossmann, the affiliate of the Vienna circle Edgar Zilsel,³³ and the aforementioned British leftists Bernal and Needham.³⁴ Among later contributions to a socio-political comprehension of science, one should add post-68 works stemming from Berlin and Rome such as Wolfgang Lefèvre's *Naturtheorie und Produktionsweise (Natural Theory and Mode of Production)* (1978) and *L'Ape e l'architetto: Paradigmi scientifici e materialismo storico* (1977) by a radical scientists' collective that comprised Giovanni Ciccotti, Marcello Cini, Michelangelo De Maria, and Giovanni Jona-Lasinio.

After Hessen invited historians to investigate the causal relation between social formations and cultural expressions and to look at the development of machine technology as the *conditio sine qua non* for the development of theoretical mechanics, Zilsel expanded Marxist sociology of science by looking at the social status of early modern scientists. In a widely circulated and often mentioned paper on the social roots of the Scientific Revolution, *The Sociological Roots of Science* (1942), he argued that the origins of modern science had to be traced back to incipient capitalism. Zilsel stressed the crucial role played by the craftsmen's experience and higher artisans in forming the basis for a new empirical, practice-oriented science. They lived in an age of valuation of practical knowledge and technical skills. He especially regarded Gilbert, Galileo and Bacon as the three main representatives of the empirical and theoretical science that emerged

³³ Freudenthal and McLaughlin, "Classical Marxist Historiography of Science" and Pamela O. Long, *Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences, 1400-1600* (Corvallis: Oregon State University Press, 2011), 11-22.

³⁴ Robert M. Young, "Marxism and the History of Science," in *Companion to the History of Modern Science*, ed. Robert Cecil Olby, et al. (London/New York: Routledge, 1990), 77-86.

out of the new cultural context of their time.³⁵ More specifically, Zilsel argued that the persona of the modern scientist resulted from the fusion of three types: the craftsmen owing to their practical sense, the university professor for his systematic thought and the humanist elites for literacy.³⁶ Zilsel and his generation took it for granted that Europe was the place and early modernity was the time in which this particular socio-intellectual fusion occurred. The same assumption underlies the so-called ‘Needham Question’ of why science originated in Europe and not in China or other cultural contexts which, in the sixteenth century, had at their disposal technological knowledge that was similar, if not more advanced. The main difference, in Needham’s view, was the presence, in Europe, of a capitalist (or proto-capitalist) society, the interests of which coincided with those of a bourgeoisie on the march towards its societal hegemony.

On the opposite ideological front of the Iron Curtain, another strand of historiography of the Scientific Revolution found a reference point in the idealistic-biased work of the philosophical historian of science Koyré. He was one of the most arduous supporters of the thesis that Scientific Revolution constituted an epochal break of philosophical import.³⁷ In his classical works on the history of science — *Études galiléennes* (1939), *From the Closed World to the Infinite Universe* (1957) and *Newtonian Studies* (1965) — he propagated the idea that the emergence of modern science in Europe occurred between the mid sixteenth-century and the end of the seventeenth century thanks to a series of intellectual heroes. In this sense, Koyré was a sort

35 Edgar Zilsel, “The Sociological Roots of Science,” *Social Studies of Science* 30/6 (2000 [1942]): 935-939.

36 Omodeo, “Socio-Political Coordinates of Early-Modern Mechanics,” 67-73.

37 Cf. Alexandre Koyré, “Galileo and Plato,” *Journal of the History of Ideas* 4 (1943): 400: “The Scientific Revolution of the sixteenth century [has been] one of the profoundest, if not the most profound, revolution of human thought since the invention of the Cosmos by Greek thought: a revolution which implies a radical intellectual ‘mutation’, of which modern physical science is at once the expression and the fruit.”

of anti-Hessen. His intellectual giants set the stage for a new vision of nature and the universe and provided the conceptual tools for the investigation of nature.

According to Koyré, the most important philosophical shift towards scientific modernity was conceptual. It concerned the passage from a qualitative, approximate approach to a quantitative one, together with the geometrization of space and the establishment of cosmological infinity. In addition, he regarded the codification of scientific ideas, such as the concept of inertia and the heliocentric planetary theory, as fundamental. In accordance with Koyré's understanding of science as a purely intellectual endeavor, he neglected and even explicitly rejected the idea that society and technology could account in any manner for its historical development. This led him to conclusions that were hardly tenable, for instance that Galileo's physics was a pure revolution of thought that did not presuppose any experimental work.

In his programmatic paper of 1943, "Galileo and Plato," Koyré explicitly dissociated himself from sociological and Marxist positions:

This revolution [the Scientific Revolution] is sometimes characterized, and at the same time explained, as a kind of spiritual upheaval, an utter transformation of the whole fundamental attitude of the human mind; the active life, the *vita activa* [i.e., the πράξις] taking the place of the θεωρία, the *vita contemplativa*, which until then had been considered its highest form. [...] [According to this perspective,] the science of Descartes – and a fortiori that of Galilei – is nothing else than (as has been said) the science of the craftsman or of the engineer.³⁸

38 Ibid., 400-401.

Koyré's opinion goes in the opposite direction. His main argument was, indeed, that Galileo's mathematized physics was a Platonic contemplation of numbers and geometries, which are revealed through the natural phenomena as their universal essences. The interpretation of Galileo as a Platonist supported the thesis that the Scientific Revolution fundamentally was a "spiritual revolution."³⁹ He dismisses practical interpretations of Galileo as a misled form of Baconianism: "The attitude we have just described is much more that of Bacon [...] than that of Galileo or Descartes."⁴⁰ But actually, if this remark had to be directed against Hessen and Marxist positions, it constitutes a typical misunderstanding, as the latter clearly distinguished between individual intentions, such as utilitarian motivations, and social functions. Hessen posited a distinction between the perception that people of the past had of their condition and the applications of their knowledge and the socio-economic factors which fostered their inquiries and the scientific practices. Additionally, Koyré argued that Galileo's and Descartes's "science is not made by engineers or craftsmen, but by men who seldom built or made anything more real than a theory."⁴¹

In a footnote of "Galileo and Plato,"⁴² Koyré explicitly opposes the Marxist theses of Franz Borkenau's *Der Übergang von feudalen zum bürgerlichen Weltbild* (*The Transition from the Feudal to the Bourgeois Worldview*) (1934) relying on the criticism by Henryk Grossmann in "Die gesellschaftlichen Grundlagen der mechanistischen Philosophie und die Manufaktur" (*The Societal Foundations of Mechanic Philosophy and Manufacture*) (1935). Koyré does not mention here the fact that Grossman's criticism of Borkenau's image of "Descartes artisan" rested on a more nuanced form of Marxism, one that did not

39 Ibid., 403.

40 Ibid., 400-401.

41 Ibid., 401.

42 Ibid.

simply posit a morphological analogy between societal bases and cognitive structures but rather one which, similarly to Hessen, searched for the technological and practical roots of scientific codifications. Koyré also mentioned Leonhard Olschki's work on Renaissance science as linked to the technological culture of the late Middle Ages, as if it was just the same interpretative line of Borkenau and other Marxists. Among them, he dismisses Zilsel's paper on "The Sociological Roots of Science" for its emphasis on the "superior artisans" and their role in the development of the modern scientific outlook.

It is remarkable that, in this polemical context, Koyré does not mention the Soviet papers of 1931. Such silence must be explained by his profound aversion against all that is Marxist. He generally avoided mentioning the name of Marx, too, apart from a few exceptions. In a post-scriptum of 1961 to an essay of 1930, "Les études hégéliennes en France" (Hegelian Studies in France), he declared:

[...] last but not least, the emergence of Soviet Russia as world power and the victories of the communist armies and ideologies [...]. Hegel generated Marx; Marx generated Lenin; Lenin generated Stalin.⁴³

As a matter of fact, the success of Koyré's 'disembodied' history in Anglo-American scholarship was the product of an overdetermination. It was largely due to the perception that his intellectual historiography was a politically sound alternative to *socialist* externalist historiography. It was the most suitable approach for 'free' Western societies.

⁴³ Quoted from Yehuda Elkana, "Alexandre Koyré: Between the History of Ideas and Sociology of Disembodied Knowledge," *History and Technology* 4 (1987): 141: "[...] enfin – last but not least – l'émergence de la Russie soviétique comme puissance mondiale et les victoires des armées et de l'idéologie communiste [...] Hegel *genuit* Marx; Marx *genuit* Lenine; Lenine *genuit* Staline." After a turbulent youth, in which Koyré embraced socialist ideas, he later turned to Gaullism. See Paola Zambelli, *Alexandre Koyré In Incognito* (Firenze: Olschki, 2016).

Koyré's great admirer, the Harvard-trained historian and philosopher of science Thomas Kuhn, for one, lifted Koyré's historical interpretation of the Scientific Revolution to the level of a general theory of science.⁴⁴ According to him, 'revolutions' concern all of the identifiable turning points in the development of any scientific discipline. According to the epistemology that he expounded in his classic of historical epistemology, *The Structure of Scientific Revolutions* (1962), the history of science unfolded through long periods, in which 'normal' science advanced upon unquestioned and stable foundations, which were upturned by crises and revolutions of their supporting frameworks, or 'paradigms', and their eventual substitution with new paradigms.

Although Marxist scholars were in deep disagreement with Koyré on which *causes* could explain scientific advancements, they did not disagree with him on the *fact* that science was born at precise points in space and time. 'Socialist' externalists sought societal factors while 'liberal' internalists restricted their inquiry to the intellectual merits of individual minds and the contents of their pure science. Despite their interpretative differences, this ideology-laden opposition between the two camps did not cast the very idea of the Scientific Revolution into doubt. Instead, there was a struggle to define, explain and appropriate this concept. Internalists and externalists shared the conviction that the core of modern science was the advance of the physical-mathematical disciplines.

While Hessen's work can be read as an early contribution to the comprehension of the birth of modern science, the accurate determination of the causes and nuances behind such emergence constituted a sort of research program for most historians of science from the Fifties up to the Nineties. In a retrospective of those years, Simon

44 Kuhn explicitly praised Koyré as his *maître à penser*. See Thomas S. Kuhn, "Alexandre Koyré and the History of Science," *Encounters* 34 (1970): 67.

Schaffer and Steven Shapin have remarked that, still in the 1980s, the notion of the Scientific Revolution was, for many scholars, “the central organizing element in the grand narrative of science and its past — the moment when ‘modern science’ originated, when everything changed, and from which there was no return.”⁴⁵

The Crisis of the Scientific Revolution as a Historiographic Category

The definite end of the internalist-externalist divide, which was always disputed anyway, can be traced back to Shapin and Schaffer. Their best known work, *Leviathan and the Air-Pump* (1585), has been celebrated as the instigator of a cultural turn in the history of science. Although it emerged from Cold-War debates on the origins of modern science, the two authors were not satisfied with the state of the art of the debates about early-modern science. They took it upon themselves to question its framework, in particular the internalist-externalist debate, by replacing the grand narrative of modern science with micro-historical reconstructions. Instead of focusing upon structures, as earlier sociologists did, they focused on the ethos of the scientific community in its relevant context. They specifically dealt with the debate between the seventeenth-century English experimenters from the Royal Society and Thomas Hobbes’s philosophical rationalism. In this manner, they relativized and localized the central figures, themes and institutions of the Scientific Revolution and transformed them into one case study among many other possible ones.

However, the success of their erosion of the Scientific Revolution narrative can neither be explained by their argumentative cogency nor by their exemplary historical analysis. Instead, their book

⁴⁵ Steven Shapin and Simon Schaffer, *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life* (Princeton: Princeton University Press, 2011), xxix.

should be seen as one that appeared in a timely moment when the criticism of the Scientific Revolution was gaining momentum from various directions and for different reasons.

One of the most controversial historiographical assumptions of the Scientific Revolution concerned the notion that there was a fundamental historical discontinuity between the old conceptions and the new world vision that emerged in early European modernity. Although medieval scholars and other nostalgic admirers of the 'premodern' world had previously argued for the continuity between Scholasticism and early-modern science,⁴⁶ their arguments rested on 'internalist' considerations about the generation of ideas from ideas (e.g., the principle of inertia and terrestrial motion from Scholastic disputes on the *impetus* imparted to moving bodies). In recent years, new arguments for continuity have been derived from institutional history, especially those arising from studies on scientific education, communication and circulation. As has been noted, traditional university teaching was the necessary background for the emergence of the new theories propagated by Galileo, Descartes, Newton and their like.⁴⁷

A more destabilizing critique of the Scientific Revolution has come from the dismissal of the idea of modernity itself. This attack upon such a central historiographical category has come from at least two concurring tendencies: the reduction of historical inquiry to localized case studies or micro-histories and the post-modern rhetorical turn away from the trust in historical reconstruction towards

46 For example, Pierre Duhem, Anneliese Maier, Marshall Claggett and Edward Grant. See Floris Cohen, *The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry* (Chicago: The University of Chicago Press, 1994), 147–150.

47 See, among others, Charles Schmitt, *Studies in Renaissance Philosophy and Science* (London: Variorum Reprints, 1981) and Mordechai Feingold, *The Mathematicians' Apprenticeship: Science, Universities and Society in England, 1560–1640* (Cambridge: Cambridge University Press, 1984).

narrativism.⁴⁸ From the Nineties onwards, the classical connection between scientific progress, modernity and civilization has been seriously questioned. The critique of modern ‘securities’ in the name of post-modern ‘freedom’ has even undermined the belief in the solidity of modern science.⁴⁹

Two additional critiques ought to be mentioned in regards to the epistemological assumptions behind the concept of the Scientific Revolution. One is that the Scientific Revolution assumes science in the singular but this should be substituted with sciences in the plural — and epistemology should be declined in the plural as well.⁵⁰ This pluralistic perspective eliminates the very possibility of detecting one single moment in history at which science emerged. Moreover, insofar as the sociology of science is concerned, social constructivism has questioned the objectivity of truth-claims in general.⁵¹ Its most radical version has undermined the legitimacy of science’s reference to a physical reality by reducing validity to social dynamics disconnected from material constraints.⁵²

Yet, the most powerful cultural-political critique has come from post-colonial and global history: the allegation of Eurocentrism.⁵³ The Marxist historian of Chinese science Needham once justified

48 Omodeo, “Soggettività, strutture, egemonie: Questioni politico-culturali in epistemologia storica,” *Studi Culturali* 15/2 (2018c): 211-234.

49 Cf. Bauman, *Postmodernity and Its Discontents*.

50 Peter Galison and David J. Stump, *The Disunity of Science: Boundaries, Contexts, and Power* (Stanford: Stanford University Press, 1996).

51 Cf. Steven Shapin, *A Social History of Truth: Civility and Science in Seventeenth-Century England* (Chicago: The University of Chicago Press, 1994).

52 Luigi Pellizzoni, “Innocent, Guilty or Reluctant Midwife?: On the Reciprocal Relevance of STS and Post-Truth,” *Tecnoscienza: Italian Journal of Science and Technology Studies* 10/1 (2019): 115-130.

53 See Dhruv Raina, “After Exceptionalism and Heritage: Thinking through the Multiple Histories of Knowledge,” in *1001 Distortions: How (Not) to Narrate History of Science, Medicine, and Technology in Non-Western Cultures*, ed. Sonja Brentjes, et al. (Würzburg: Ergon, 2016), 25-38. See also Dipesh Chakrabarty, *Provincializing Europe: Postcolonial Thought and Historical Difference* (Princeton: Princeton University Press, 2000).

his studies on science and civilization in China by arguing that they would help understand why the Scientific Revolution took place in Europe in the first place. The new post-colonial perspective fosters comparative studies which do not share Needham's presuppositions about European exceptionalism. It radicalizes Needham's own contention against "that fundamental insularity of outlook which is so difficult for Europeans, even those who have the best intentions, to discard."⁵⁴

In connection with (and partially as a consequence of) the Eurocentric criticism, a new wave has emerged that aims to go beyond an 'exclusivist' history of science and embrace a more 'inclusive' history of knowledge:

This capacious and usefully vague term [history of knowledge] has the advantage of nipping in the bud sterile, inconclusive discussions about whether Hellenistic alchemy or indigenous Peruvian botany or early eighteenth-century British steam technology is really science—the definition of which has proved to be as elusive as the Holy Grail or the Snark [...] it allows historians to follow practices wherever they may lead, however remote these may be from anything resembling latter-day science.⁵⁵

While cognitive democracy may seem secure, the boundaries of science have become very blurred. Together with the suppression of the Scientific Revolution and modernity, post-modern epistemology and the ecumenism of global studies erode the trust that a clear-cut

⁵⁴ Joseph Needham, *Science and Civilization in China, vol. 1* (Cambridge: Cambridge University Press, 1954), 3.

⁵⁵ Lorraine Daston, "The History of Science and the History of Knowledge," *Know* 1/1 (2017): 142–143.

line can distinguish science from opinion. Such a post-truth predicament puzzles historians and philosophers of science. The current political climate has led to concerns about the political consequences of a social-epistemological relativism that can be easily instrumentalized for the purposes of propaganda (corporate, religious and electoral) while, simultaneously, new forms of social Darwinism reduce truth to the interest of the stronger.⁵⁶ In the current predicament, marked by post-modern skepsis and post-truth agendas, the question of the roots, validity and functions of science — all of which are crucially addressed in Hessen's work — acquire renewed cultural and political relevance.

New Prospects on the Scientific Revolution

If we were to assess the gains of the debates that questioned the idea of the Scientific Revolution, the debates of the last decades have offered us a broader understanding of science as a cultural phenomenon.⁵⁷ Additionally, studies on once-neglected disciplines such as astrology and alchemy are flourishing today.⁵⁸ Along with other mythological and ideological forms, religion has also come to the forefront as a crucial element of the early-modern scientific culture. This has likewise led to a renewed attention to the so-called 'Merton thesis.'

⁵⁶ Naomi Oreskes and Eric M. Conway, *Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming* (New York: Bloomsbury Press, 2010), and Pietro Daniel Omodeo "The Political and Intellectual Entanglements of Post-Truth: A Review of Steve Fuller's *Post-Truth: Knowledge as Power Game*," *Public Seminar: In the spirit of The New School for Social Research, informing debate about the pressing issues of our times* (<http://www.publicseminar.org/2019/09/the-political-and-intellectual-entanglements-of-post-truth/>) (18 September 2019b).

⁵⁷ Moritz Epple and Claus Zittel, *Science as Cultural Practice* (Munich: Akademie Verlag, 2010).

⁵⁸ See, for example, Darrel Rutkin, *Sapientia Astrologica: Astrology, Magic and Natural Knowledge, ca. 1250–1800. vol I. Medieval Structures (1250–1500): Conceptual, Institutional, Socio-Political, Theologico-Religious and Cultural* (Cham: Springer, 2019).

Merton argued in his seminal work *Science, Technology and Society in Seventeenth-Century England* (1938) for the relevance of ‘Protestant ethics’ as one of the main drivers behind much of seventeenth-century natural inquiry at the Royal Society. According to Merton, English classical science — that of Robert Boyle and Newton — grew on a terrain that had been constantly fertilized by Puritan ideas and habits about the investigation of nature as a means of glorifying God and improving the human condition at the same time.⁵⁹ It is interesting to note, in this context, that Merton explicitly acknowledged Hessen as his source for considerations about the relation of the science of Newton’s age to technology and societal factors:

In the discussion of the technical and scientific problems raised by certain economic developments, I follow closely the technical analysis of Professor B. Hessen in his provocative essay, “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*,” in *Science at the Cross Roads* [...]. Professor Hessen’s procedure, if carefully checked, provides a very useful basis for determining empirically the relations between economic and scientific development. These relations are probably different in an other than capitalistic economy since the rationalization which permeates capitalism stimulates the development of scientific technology.⁶⁰

Although Merton did not acknowledge Hessen as a source of inspiration for his inquiry into the religious elements of the science of

⁵⁹ Robert K. Merton, *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England* (New York: Howard Fertig, 1970 [1938]), 80–136.

⁶⁰ Robert K. Merton, *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England*, *Osiris* 4 (1938): 501-502, no. 24.

Newton's times, possibly because his approach was rather Weberian than Marxist, it is still important to stress that both in *Social-Economic Roots* and this anthology of sources on the history of physics, Hessen devoted much space to religion in seventeenth-century England.

In recent years, post-Mertonian scholarship has gone much further in the reassessment of the role played by religions (in the plural) in the development of modern natural science. After the cultural turn of the Nineties, this line of thought has gone so far as to indiscriminately rehabilitate all sorts of religious agendas. Revisionist perspectives have reconsidered famous Inquisitorial trials on science, most notably the 'Galileo Affair', and deployed apologetic strategies to rehabilitate forms of scientific control, censure and propaganda.⁶¹ In this manner, religiously-tinged approaches have questioned and reconsidered the meaning of modern scientific mentality in the name of the 'culturalist' principle that we should let the 'actors' speak on their own terms — which revives, on the methodological level, the positivistic prescription that the historian ought to be a transparent writer of unbiased reports.

Apart from a good dose of cynicism in their assessment of the power relations of early-modern science, such positions also neglect that a great part of the justification of early modern science was based on an unprecedented emphasis on experience, practice and effectiveness. As Hessen well knew and his anthology contributes to notice, Renaissance mathematicians were at the forefront in the defense of a conception of science which was at once theoretical and practical.⁶² To give one example, the practical mathematician Bonaiuto Lorini

⁶¹ Omodeo, "‘Jesuit Science’ and Cultural Hegemony: A Political-Historiographical Critique," in *Cultural Hegemony in a Scientific World: Gramscian Concepts for the History of Science*, ed. Massimiliano Badino and Pietro Daniel Omodeo (Leiden: Brill, 2020b), 115-155.

⁶² Cf. Jürgen Renn, ed., *Galileo in Context* (Cambridge: Cambridge University Press, 2001).

expressed such an epistemology, which was typical for the mentality of his generation of ‘scientist-engineers’ as follows:⁶³

Those who wish to deal with these [technical] works do not only need to know mathematics, in order to assess and realize them, but also have to be prudent and experienced mechanics.⁶⁴

The Neapolitan experimenter Giambattista Della Porta, one of the most prominent members of the scientific Academy of *Lincei*, expressed a similar idea in his renowned *Magiae naturalis libri viginti* (*Twenty Books on Natural Magic*) (1589). According to him, the new practice-oriented man of science whom he called the “natural magician”,

must be a skillful workman, both by natural gifts, and also by the practice of his own hands; for knowledge without practice and workmanship, and practice without knowledge, are worth nothing; these are so linked together, that the one without the other is but vain, and to no purpose.⁶⁵

Such an awareness of effectiveness and the practical orientation of knowledge ultimately rested on the material experience of concrete scientific practices.⁶⁶

63 Lefèvre, *Naturtheorie und Produktionsweise, Probleme einer materialistischen Wissenschaftsgeschichtsschreibung: Eine Studie zur Genese der neuzeitlichen Naturwissenschaft* (Darmstadt: Luchterhand, 1978), 96. The English translation is forthcoming in a volume along with other works of Lefèvre in the Verum Factum series.

64 Lorini, *Delle fortificazioni* (Venice: Rampazetto, 1596), 172.

65 Della Porta, *Natural Magick in XX Bookes* (London: Gaywood, 1658), 3.

66 For new perspectives on practical knowledge, see above all Smith, *The Body of the Artisan: Art and Experience in the Scientific Revolution* (Chicago: The University of Chicago Press, 2004).

The reduction of the idea of the Scientific Revolution to historiographical distortion also neglects the early-modern roots of the idea of a break between the moderns and the ancients. The belief in the scientific-technical superiority of the moderns was symbolized by the three so-called ‘Baconian technologies’: gunpowder, typography and the compass. The celebration of this triad became a sort of commonplace among Renaissance thinkers concerning the practical roots of knowledge, among whom we find the Renaissance polymath Girolamo Cardano and the Royal mathematician in Paris Pierre de la Ramée.⁶⁷ In chapter 41 of his autobiography, *De vita propria liber*, Cardano presented gunpowder, the compass and the printing press as “natural prodigies observed, rare though, in my life.” In his eyes, all of them were overshadowed by the geographical discoveries:

Among the extraordinary, though quite natural circumstances of my life, the first and most unusual is that I was born in the century in which the whole world became known; whereas the ancients were familiar with but little more than a third part of it.

[...] We explore America [...] Brazil, a great part of which was before unknown, Terra del Fuego, Patagonia, Peru [...] Toward the East under the Antarctic we find the Antiscians [. . .] and some Northern people not yet known, as well as Japan [...] all discoveries sure to give rise to great and calamitous events in order that a just distribution of them may be maintained.⁶⁸

A world of possibilities was opened by the new geography. These commercial and colonial opportunities produced a novel “European

⁶⁷ Ramus, *Scholarum mathematicarum libri XXXI* (Basel: Per Eusebium Episcopum et Nicolai Fratris haeredes, 1569), 65.

⁶⁸ Cardano, *The Book of my Life (De Vita Propria Liber)* (New York: Dover Publications, 1962), 189–190.

self-definition” that reflected the establishment of global power relations.⁶⁹ Amerigo Vespucci, after whom America was named, started his *Mundus novus* (*New World*) (1503) with a note on the cultural consequences of his discoveries relative to the authority of the ancients:

These [regions] we may rightly call a new world. Because our ancestors had no knowledge of them, and it will be a matter wholly new to all those who hear about them. For this transcends the view held by our ancients.⁷⁰

A few years later, Copernicus found it convenient to refer to these claims of Vespucci’s in order to introduce his daring cosmology which set the earth in motion around the Sun.⁷¹ At the beginning of the next century, the telescopic observation of the surface of the moon, of new satellites, stars and celestial phenomena were often regarded as a furthering of the geographic conquest in the heavens.

Francis Bacon took inspiration from the Oceanic travels to foster the progress of knowledge in line with his well-known idea of the connection between science and power, which is aptly synthesized by the dictum “*Scientia et potentia humana in idem coincidunt*” (Human knowledge and human power come to the same thing).⁷² He praised a form of knowledge which is useful, practical and empirical. Moreover, he saw his commitment to it as his institutional duty as an adviser to the King of England. In *The Advancement of Learning* (1605)

69 Vogel, “European Expansion and Self-Definition”, in *The Cambridge History of Science*, vol. 3. *Early Modern Science*, ed. Katherine Park and Lorraine Daston (Cambridge: Cambridge University Press, Cambridge, 2006), Omodeo Senior, *Amerigo Vespucci: The Historical Context of His Explorations and Scientific Contribution* (Venice: Edizioni Ca’ Foscari, 2020).

70 Vespucci, *The Mundus Novus*, transl. George Tyler Northup (Princeton: Princeton University Press, 1916), 1.

71 Copernicus, *De revolutionibus orbium coelestium* (Nuremberg: Petreius, 1543), 2r.

72 Bacon, *The New Organon*, ed. Lisa Jardine and Michael Silverthorne (Cambridge: Cambridge University Press, 2000a), 33. Cf. Pimentel, “The Iberian Vision: Science and Empire in the Framework of a Universal Monarchy”. *Osiris* 15 (2001).

he tried to persuade King James to institutionalize science, because it was functional to the empowerment of the nation, which was, in truth, an imperial program of dominion over nature and rule over other people. Bacon equated his advice to James to the teaching that Aristotle imparted to Alexander the Great, which set the intellectual foundations of the Hellenic conquest of the world.⁷³

In summary, the early-modern discourse on the superiority of the moderns — whether technological or scientific — received direct or indirect justification from European colonial expansion: cosmography produced the first globes, terrestrial and celestial, the compass permitted the navigators to cross unknown waters, gunpowder to conquer new territories, and the printing press to circulate knowledge. The historical-cosmological connection between scientific and technological progress, modernity and Eurocentrism are not an ungrounded historians' construct propagated by the Scientific Revolution narrative. Rather, these ideas were already interlocked at the beginning of a historical phase of global expansion. They expressed, at the level of individual and collective consciousness, the establishment of new world dominations, which secured some European nations a vantage point in relation to other cultures and their own past. Within this perspective, the Scientific Revolution should be seen as a historically grounded narrative of a phase of *scientific hegemony*, which coincides with Eurocentric modernity.

Today, the story of the Scientific Revolution looks like an origin myth. It refers to the beginning and essence of modernity.⁷⁴ In the

⁷³ Bacon, "The Advancement of Learning", in *The Oxford Francis Bacon*, ed. Michael Kiernan, vol 4 (Oxford: Clarendon, 2000b), 10, B4v. Cf. Omodeo, "Bacon's Anthropocene: The Historical-Epistemological Entanglement of Power, Knowledge, and Nature Reassessed". *Epistemology and Philosophy of Science* 58/3: 148-170 (2021).

⁷⁴ Omodeo and Freyberg, "Die Kopernikanische Revolution als Geschichtszeichen: Zur Entstehung der Transformationskosmologie", in *Was ist Kosmos?*, ed. Peter König and Oliver Schlaudt (Heidelberg: Heidelberg University Press, 2021).

years of the Cold War, to side with a spiritual understanding of the history of modern science or to offer a socio-economic explanation à la Hessen meant to take sides in the cultural struggles that opposed incommensurable political paradigms, namely capitalism and real socialism. But, at a deeper level, the Scientific Revolution itself was the expression of an ideology, namely the Eurocentrism that it implicitly justified. Such ideology is not mere mystification — an intentional lie to be dispelled and corrected. Rather, it is a conception that constitutes political action. It reflects on society, justifying and redirecting it. Hence, the Scientific Revolution cannot be treated as a mere problem of historiography and epistemology to be revised and eventually substituted by a ‘correct’ narrative (or abandoned for no narrative at all) once a hypothetical agreement among the academic community of historians of science (perhaps ‘historians of knowledge’) has been reached. Rather, the Scientific Revolution should be understood as the cultural expression of specific relations of power and a specific historical arrangement of society at a global level. Its geo-historical coordinates correspond to European colonial expansion and the establishment of Europe-centered forms of global dominion. It is by no means accidental that the dawn of the Scientific Revolution coincided with the definitive end of European centrality in geo-politics and the establishment of a US-centric globalization.⁷⁵

Thus, in political-epistemological terms, the Scientific Revolution ought to be understood as a problem of science and power, or in more precise terms as a historical-historiographical case for an inquiry into problems of scientific hegemony. It helps us to reflect on the socio-political and historical conditions, causes and implications of scientific (and scientific-technological) hegemony. Within this perspective, the problems linked to the history and philosophy of the

⁷⁵ On the system cycles of hegemonies, see Arrighi, *The Long Twentieth Century: Money, Power, and the Origins of Our Times* (London: Verso, 1994).

Scientific Revolution have not lost their significance at all, as they are still at the center of science politics. The Scientific Revolution can maintain today paradigmatic relevance as a suited terrain to study the problem of scientific (and scientific-technological) dominion at a symbolic level (of ideology via historiography) as well as at the material level of political economy and global power relations. The crucial problem of the Scientific Revolution is that of the power relations that were established through early-modern knowledge hegemonies, and our positioning thereupon.

A Concluding Note: Hessen as a Reference Author of Political Epistemology

Hessen is certainly an intellectual ally for a materialist history of science, which looks at the world-transformative potential of science and the power relations in which it is inscribed. According to him, science never was a pure problem of ideas or ideology, but one of concrete organization and change both of the natural and the social spheres. In line with his approach, historiography cannot be seen as mere narrative. Rather, it is a form of reflection on the social roots of science, even an instrument of the societal ‘metabolism’ of natural resources. From today’s perspective, it is important to reassess his legacy not only as an antidote against postmodern relativism and post-truth cynicism. Also, it can constitute a reference point for the emerging environmental paradigm in the humanities and natural sciences. In the context of the current Anthropocene debates, science and technology have become major factors of geological transformation to the point that a new geological epoch is presently under scrutiny by the geological community.⁷⁶ As Jürgen Renn has recently ar-

⁷⁶ Zalasiewicz, *The Anthropocene as a Geological Time Unit: A Guide to the Scientific Evidence and Current Debate* (Cambridge: Cambridge University Press, 2019).

gued, the history of science is part of the material history of the earth system.⁷⁷ Indeed, the history of the earth in the Anthropocene is in many ways an epistemological history because the development of scientific knowledge cannot be separated from the material transformation of our environment at a local scale as well as at a large planetary one — marking the passage from generic anthropogenic impact to the specific stratigraphic discontinuity in the turn of the 1950s.⁷⁸ The related problematic is not a mere issue of narrative or abstract categorization (as has sometimes been claimed).⁷⁹ Rather, it is an urgent call for a revision of our relation to nature and the development of an appropriate science, one that considers humanity and nature as mutually effective — with science in-between. This is in large part a teaching that one can derive from Hessen's conception of science and its history. In the context of current debates about science and the environment, the historical and economic dimensions of the Anthropocene are often neglected. The problem is not a name, say 'Capitalocene', but the socio-economic dimension of world-transformation, capitalist or not. Indeed, the problem of a humanized world implies a criticism of our societal structures that does not dismiss science and its epistemology but rather co-opts it as an instrument of comprehension, orientation and aware decision. In this sense, the history of science as the history of world transformation makes the study of epistemic processes a crucial realm of politics. This was the spirit that animated Hessen and his commitment to epistemic history and sociology as two axes for the construction of a new emancipated and critical society.

77 Renn, *The Evolution of Knowledge* (Princeton: Princeton University Press, 2020).

78 Steffen, "The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration". *The Anthropocene Review* 2(1) (2015).

79 Moore, *Anthropocene or Capitalocene? Nature, History and the Crisis of Capitalism* (Oakland: Kairos, 2016) and Haraway, "Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene: Making Kin", in *Environmental Humanities*, vol. 6 (2015). Cf. Bonneuil and Fressoz, *The Shock of the Anthropocene: The Earth, History and Us* (London: Verso, 2017).

Hessen's vision of science is that of a collective endeavor. The educational dimension of modern scientific culture, which was so much emphasized in the Thirties by the main theoretician of the *Denkkollektiv*, Ludwig Fleck, was a concrete program in Hessen's case. His anthology attests to his commitment to forge a new kind of scientist, who is trained in history and philosophy. The question of how a liberated science and science as a common good can be achieved is still the unsolved problem in our technoscientific society, one of the most urgent ones to be addressed.⁸⁰ Hessen's life experience and intellectual legacy can and should be reactivated to face the Anthropocene and the most pressing challenges of scientific modernity. Now as then, science stands at a cross roads.

⁸⁰ Cf. Marcuse, *One-Dimensional Man. Studies in the Ideology of Advanced Industrial Society* (Boston: Beacon Press, 1964), and "Industrialisierung und Kapitalismus", in *Max Weber und die Soziologie heute: Verhandlungen des 15. deutschen Soziologentages in Heidelberg 1964*, ed. Otto Stammer (Tübingen: Mohr Siebeck, 1965); Ciccotti et al., *L'Ape e l'architetto: Paradigmi scientifici e materialismo storico* (Milan: Feltrinelli, 1977).

- Arrighi, Giovanni. *The Long Twentieth Century: Money, Power, and the Origins of Our Times*. London: Verso.
- Bacon, Francis. 2000a. *The New Organon*, ed. Lisa Jardine and Michael Silverthorne. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bacon, Francis. 2000b. *The Advancement of Learning*. In: *The Oxford Francis Bacon*, ed. Michael Kiernan, vol 4. Oxford: Clarendon.
- Bauman Zygmunt. 1997. *Postmodernity and Its Discontents*. Cambridge and Oxford: Polity Press-Blackwell.
- Bonneuil, Christophe and Jean-Baptiste Fressoz. 2017. *The Shock of the Anthropocene: The Earth, History and Us*. London: Verso.
- Bukharin, Nikholai. 1934. *Historical Materialism: A System of Sociology*. New York: International Publishers, [1921].
- Canguilhem, George. 2009. Qu'est-ce qu'une idéologie scientifique? In Canguilhem, George. *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*, 39–55. Paris: Vrin.
- Cardano, Girolamo and Jean Stoner. 1962. *The Book of my Life (De Vita Propria Liber)*. New York: Dover Publications.
- Castelli, Benedetto. 2007. *On the Measurement of Running Water*, transl. Deane R. Blackman. Florence: Olschki.
- Chakrabarty, Dipesh. 2000. *Provincializing Europe: Postcolonial Thought and Historical Difference*. Princeton: Princeton University Press.
- Ciccotti, Giovanni, Marcello Cini, Michelangelo De Maria, and Giovanni Jona-Lasinio. 1977. *L'Ape e l'architetto: Paradigmi scientifici e materialismo storico*. Milan: Feltrinelli.

- Cohen, Floris. 1994. *The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Copernicus, Nicolaus. 1543. *De revolutionibus orbium coelestium*. Nuremberg: Petreius.
- Daston, Lorraine. 2017. The History of Science and the History of Knowledge. *Know* 1/1:131–154.
- Della Porta, Giovanni Battista. 1658. *Natural Magick in XX Bookes*. London: Gaywood.
- Elkana, Yehuda. 1987. Alexandre Koyré: Between the History of Ideas and Sociology of Disembodied Knowledge. *History and Technology* 4: 115–148.
- Feenberg, Andrew. 2011. Modernity, Technology and the Forms of Rationality. *Philosophy Compass* 6/12: 865–873.
- Feingold, Mordechai. 1984. *The Mathematicians' Apprenticeship: Science, Universities and Society in England, 1560–1640*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Freudenthal, Gideon and Peter McLaughlin (eds). 2009. *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution. Texts by Boris Hessen and Henryk Grossmann*. Dordrecht: Springer.
- Galison, Peter and David J. Stump. 1996. *The Disunity of Science: Boundaries, Contexts, and Power*. Stanford: Stanford University Press.
- Giannini, Giulia and Feingold, Mordechai. 2020. *The Institutionalization of Science in Early Modern Europe*. Leiden: Brill.
- Gramsci, Antonio. 2007. *Quaderni del carcere*. Turin: Einaudi.
- Haraway, Donna J. 2015. Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene: Making Kin. In: *Environmental Humanities*, vol. 6: 159–165.
- Haraway, Donna J. 2016. *Staying with the Trouble: Making Kin in the Chthulucene*. Durham: Duke University Press.
- Hessen, Boris. 1931. The Social and Economic Roots of Newton's *Principia*. In: *Science at the Cross Roads*, 147–212. London: Kniga.
- Hessen, Boris. 2009. The Social and Economic Roots of Newton's *Principia*. In: *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution: Texts by Boris Hessen and Henryk Grossmann*, ed. Gideon Freudenthal and Peter McLaughlin, 41–102. Dordrecht: Springer.
- Koyré, Alexandre. 1943. Galileo and Plato. *Journal of the History of Ideas* 4: 400–428.
- Kuhn Thomas S. 1970 Alexandre Koyré and the History of Science. *Encounters* 34: 67–69.
- Lefèvre, Wolfgang. 1978. *Naturtheorie und Produktionsweise, Probleme einer materialistischen Wissenschaftsgeschichtsschreibung: Eine Studie zur Genese der neuzeitlichen Naturwissenschaft*. Darmstadt: Luchterhand.
- Lefèvre, Wolfgang. 2001. Galileo Engineer: Art and Modern Science. In *Galileo in Context*, ed. Jürgen Renn. Cambridge: Cambridge University Press, 11–27.
- Long, Pamela O. 2011. *Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences, 1400–1600*. Corvallis: Oregon State University Press.
- Lorini, Bonaiuto. *Delle fortificazioni*. Venice: Rampazetto.

- Lukács, György. 1968. N. Bucharin: Theorie des historischen Materialismus. In: Lukács, György. *Werke, Frühschriften II*, vol. 2. Neuwied-Berlin: Hermann Luchterhand, 598-608.
- Maffioli, Cesare. 2010. La via delle acque (1500 - 1700): appropriazione delle arti e trasformazione delle matematiche. Florence: Olschki.
- Marcuse, Herbert. 1964. One-Dimensional Man. Studies in the Ideology of Advanced Industrial Society. Boston: Beacon Press.
- Marcuse, Herbert. 1965. Industrialisierung und Kapitalismus. In *Max Weber und die Soziologie heute: Verhandlungen des 15. deutschen Soziologentages in Heidelberg 1964*, ed. Otto Stammer, 161-180. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Merton, Robert K. 1938. *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England*. Osiris 4: 360–632.
- Merton Robert K. 1970. Science, Technology and Society in Seventeenth Century England New York: Howard Fertig [1938].
- Moore, Jason W. (ed.). 2016. *Anthropocene or Capitalocene? Nature, History and the Crisis of Capitalism*. Oakland: Kairos.
- Needham, John. 1971. New Foreword to *Science at the Cross Roads*. London: Frank Cass, vii-x.
- Omodeo [Senior], Pietro. 2020. *Amerigo Vespucci: The Historical Context of His Explorations and Scientific Contribution*. Venice: Edizioni Ca' Foscari.
- Omodeo, Pietro Daniel. 2018a. Socio-Political Coordinates of Early-Modern Mechanics: A Preliminary Discussion. In: *Emergence and Expansion of Preclassical Mechanics*, Boston Studies in the Philosophy and History of Science, ed. Rivka Feldhay, Jürgen Renn, Matthias Schemmel, and Matteo Valleriani, 55-78. Cham: Springer.
- Omodeo, Pietro Daniel. 2018b. The Social Position and Intellectual Identity of the Renaissance Mathematician-Physicist Giovanni Battista Benedetti: A Case Study in the Socio-Political History of Mechanics. In: *Emergence and Expansion of Preclassical Mechanics*, Boston Studies in the Philosophy and History of Science, ed. Rivka Feldhay, Jürgen Renn, Matthias Schemmel, and Matteo Valleriani, 181-213. Cham: Springer.
- Omodeo, Pietro Daniel. 2018c. Soggettività, strutture, egemonie: Questioni politico-culturali in epistemologia storica. *Studi Culturali* 15/2: 211–234.
- Omodeo, Pietro Daniel. 2019a. *Political Epistemology: The Problem of Ideology in Science Studies*. Cham: Springer.
- Omodeo, Pietro Daniel. 2019b. The Political and Intellectual Entanglements of Post-Truth: A review of Steve Fuller's Post-Truth: Knowledge as Power Game. *Public Seminar: In the spirit of The New School for Social Research, informing debate about the pressing issues of our times* (<http://www.publicseminar.org/2019/09/the-political-and-intellectual-entanglements-of-post-truth/>) (18 September 2019).
- Omodeo, Pietro Daniel. 2020a. Scientific Revolution, Ideologies of the. In: *Encyclopedia of Early Modern Philosophy and the Sciences*, ed. Dana Jalobeanu and Charles T. Wolfe, 1-10. Springer Online.

- Omodeo, Pietro Daniel. 2020b. 'Jesuit Science' and Cultural Hegemony: A Political-Historiographical Critique, in *Cultural Hegemony in a Scientific World: Gramscian Concepts for the History of Science*, ed. Massimiliano Badino and Pietro Daniel Omodeo, 115-155. Leiden: Brill.
- Omodeo, Pietro Daniel. 2021. Bacon's Anthropocene: The Historical-Epistemological Entanglement of Power, Knowledge, and Nature Reassessed. *Epistemology and Philosophy of Science* 58/3: 148-170.
- Omodeo, Pietro Daniel and Sascha Freyberg. 2021. Die Kopernikanische Revolution als Geschichtszeichen: Zur Entstehung der Transformationskosmologie. In: *Was ist Kosmos?*, ed. Peter König and Oliver Schlaudt. Heidelberg: Heidelberg University Press (in press/2022)
- Omodeo, Pietro Daniel, Gerardo Ienna and Massimiliano Badino. 2021. *Lineamenti di Epistemologia Storica: Correnti e temi. Preprints of the Max Planck Institute for the History of Science — Berlin* 506.
- Oreskes, Naomi and Eric M. Conway. 2010. *Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming*. New York: Bloomsbury Press.
- Pellizzoni, Luigi. 2019. Innocent, Guilty or Reluctant Midwife? On the Reciprocal Relevance of STS and Post-Truth. *Tecnoscienza: Italian Journal of Science & Technology Studies* 10/1, 115-130.
- Pimentel, Juan. 2001. The Iberian Vision: Science and Empire in the Framework of a Universal Monarchy, 1500-1800. *Osiris* 15: 17-30.
- Raina, Dhruv. 2016. After Exceptionalism and Heritage: Thinking through the Multiple Histories of Knowledge. In: *1001 Distortions: How (Not) to Narrate History of Science, Medicine, and Technology in Non-Western Cultures*, ed. Sonja Brentjes et al., 25—38. Würzburg: Ergon.
- Ramus, Petrus. [Pierre De la Ramée]. 1569. *Scholarum mathematicarum libri XXXI*. Basel: Per Eusebium Episcopum et Nicolai Fratris haeredes.
- Renn, Jürgen (ed). 2001. *Galileo in Context*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Renn, Jürgen. 2020. *The Evolution of Knowledge*. Princeton: Princeton University Press.
- Renn, Jürgen and Valleriani, Matteo. 2001. Galileo and the Challenge of the Arsenal. *Preprints of the Max Planck Institute for the History of Science Berlin* 179 (<https://www.mpiwg-berlin.mpg.de/sites/default/files/Preprints/P179.pdf>) (accessed on 1 October 2021).
- Rheinberger, Hans-Jörg. 2007. *Historische Epistemologie zur Einführung*. Hamburg: Junius.
- Roux, Sophie. 2019. The condemnations of Cartesian natural philosophy under Louis XIV (1661-91). In *The Oxford handbook of Descartes and Cartesianism*, ed. Steven Nadler, Tad S. Schmaltz and Delphine Antoine-Mahut, 755-779. Oxford: Oxford University Press.
- Rutkin, Darrel. 2019. *Sapientia Astrologica: Astrology, Magic and Natural Knowledge, ca. 1250–1800*. vol I. *Medieval Structures (1250–1500): Conceptual, Institutional, Socio-Political, Theologico-Religious and Cultural*. Cham: Springer.

- Shapin, Steven. 1996. *The Scientific Revolution*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Shapin, Steven and Simon Schaffer. 2011 [1985]. *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*. Princeton: Princeton University Press.
- Schmitt Charles B. 1981. *Studies in Renaissance Philosophy and Science*. London: Variorum reprint.
- Smith, Pamela. 2004. *The Body of the Artisan: Art and Experience in the Scientific Revolution*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Steffen, Will et al. 2015. The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review* 2(1): pp. 1–18.
- Valleriani, Matteo. 2010. *Galileo Engineer*. Dordrecht: Springer
- Vespucci, Amerigo. 1916. *The Mundus Novus*, transl. George Tyler Northup. Princeton: Princeton University Press.
- Vogel, Klaus. 2006. European Expansion and Self-Definition. In: *The Cambridge History of Science*, vol. 3. *Early Modern Science*, ed. Katherine Park and Lorraine Daston, 818–840. Cambridge: Cambridge University Press, Cambridge.
- Winkler, Rose-Luise. 2007. Ein unveröffentlichtes Manuskript von Boris M. Hessen: ‘Materialien und Dokumente zur Geschichte der Physik. *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät* 92: 133–152.
- Winkler, Rose-Luise. 2013. *An den Ursprüngen wissenschaftssoziologischen Denkens. Erstes Drittel des XX. Jahrhunderts (Russland/Sowjetunion)*. Berlin: trafo Wissenschaftsverlag.
- Young, Robert M. 1990. Marxism and the history of science. In: *Companion to the History of Modern Science*, 77–86, ed. Robert Cecil Olby et al. London and New York: Routledge.
- Zalasiewicz Jan et al. 2019. *The Anthropocene as a Geological Time Unit: A Guide to the Scientific Evidence and Current Debate*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Zambelli, Paola. 2016. *Alexandre Koyré in incognito*. Firenze: Olschki.
- Zilsel Edgar. 2000. The Sociological Roots of Science. *Social Studies of Science* 30/6 [1942]: 935–939.

Socio-economic Prerequisites for the Emergence of Classical Physics

Boris Hessen

Б. Гессен

Социально-
экономические
Предпосылки
Возникновения
Классической Физики

Translation (selection)

PREFACE

Russian literature on the history of physics is really quite meagre, and in recent years few works of any significance have emerged on the subject, even in Western Europe. This situation is not accidental. Nearly all of the most significant representatives of nineteenth-century classical physics (Ampere, Faraday, Maxwell, von Helmholtz, Boltzmann, Calvin) showed, to some degree, a keen interest in the history of their science and addressed this history not only in particular articles and research, but also wove historical analyses of the issue into their main works. Unfortunately, this tradition has long passed into history. Nowadays, not only have historical considerations and analyses disappeared from the works of leading physicists, but there are even currents and schools which fundamentally reject the utility and need for any historical study of science at all.

“For you the history of science is the key to knowledge about its real condition. For us, this is merely *Sonntagslektüre* (entertaining reading on a Sunday); it cannot provide us with any real knowledge about today’s situation in science.” This is how Professor Reichenbach, a representative of neo-Machism with whom the author had the opportunity to speak at the 6th Congress of German Physicists in Königsberg, summarized our dispute.

The rapid replacement of theories which has been taking place in physics in recent years, and their radical distinction from the views and principles of classical physics, has led many representatives of contemporary science to look at classical physics as something which is now completely obsolete; like a majestic edifice which, unfortunately, belongs only in a museum.

This view is radically incorrect. No matter how new and unusual the theories of contemporary physics may be, no matter how radically they differ from the outlook of classical physics, the contemporary stage of development in physics is still a historical phase of its overall development. Therefore, knowledge of the history, of the origin, and development of physical theories not only aids in understanding its contemporary condition, but also helps to establish its historical roots and, by doing so, clears the way for new research.

The modern development of physics offers a wide variety of basic categories—causation, the laws of statics and dynamics, the issue of dimension—that require profound analysis. The role of historical research for understanding these categories is undeniable. In acquainting ourselves with the history of physics, we can see that many fundamental issues had been raised earlier and, in some cases, the correct way of resolving these issues had already been outlined. History is, after all, not a “list of human errors, but a pantheon of great ideas.” How little we have tapped into this cache of treasures! What we know about

the thoughts of the great architects of contemporary natural sciences is all too often limited to that which is laid out in our textbooks and books on the history of sciences, and often does not even remotely resemble the rich thought of the original. With very rare exceptions, we barely find any portrayal of that intense struggle taking place between different schools of physics and the process which forged its basic principles and laws.

This collection of documents and materials takes up the task of acquainting the reader with the history of physics through its primary sources. This collection differs from similar collections existing in Western European literature which are often represented by a collection of short excerpts from the classics arranged in chronological order, above all by its selection and design of the material. Physical material is provided against the background of socio-economic relations of the corresponding age. Hence, we have included a larger selection of economic and technical material compared to customary histories of physics.

Special attention was paid to the portrayal of the struggle between different schools of thought; the selection of material was often made from this perspective. The struggle between schools of thought cannot be fully understood unless we analyze the nature of the ideological structure which took (and continues to take) place around physical categories. Therefore, considerable space was afforded to the ideological struggle around categories in mechanics, thereby depicting the struggle between materialist and idealist ideas in the physics of the seventeenth century.

This collection does not take up the task of providing a systematic depiction of the history of physics, but takes a number of themes which are often separated from each other by significant periods. This allows us to fully and comprehensively highlight specific moments in the historical development of science, their social and economic prerequisites and the twists and turns in the ideological struggle.

Of all the areas of physics, mechanics was the first to develop. It came to greater completion before others, and its influence has strongly affected the other areas of physics. In its origin and development, mechanics evolved and developed the most significant categories of physics.

Therefore, the first part of the collection is allotted to the emergence and the first stage of the development of classical mechanics. The second part will be dedicated to the laws of the conservation and the transformation of energy, the development of the theory of the electromagnetic field and the problem of the structure of matter.

Each of the three themes comprising the first part of the collection is prefaced by a short text, providing an overview of the material which comprises this theme and an exposition of the main ideas which this material should illustrate. Within each theme, the material is organized by sections, each of which is itself prefaced by a short introduction.

Each major original work includes annotations and bibliographical references. The introduction and annotations should make it easier for the reader to use the material. The collection of material was conceived and executed according to a precisely defined plan, the main principles of which are set out in the introduction to the theme. Hence, nearly all of the excerpts and documents are internally linked with each other and can be read in succession. For the reader interested in the separate articles, links are given in the text to supporting material which will aid their reading. These links allow us to reduce any explanatory notes, which the reader can substitute with original articles and documents.

A number of translations available in Russian and checked afresh with the originals were used for this collection. Unfortunately, the classics of natural science and especially physics were very rarely translated into Russian. Therefore, the majority of the material appears in Russian translation for the first time.

I wish to thank N. A. Isakovich, a colleague from the Institute of Physics of Moscow State University, who rendered invaluable assistance to me in the selection of material, the compilation of the index and the preparation of the volume for publication.

Boris Hessen

Socio-Economic Prerequisites for the Emergence of Classical Physics

CONTENT OF THE FIRST THEME¹

The remarkable flourishing of the natural sciences in the sixteenth and seventeenth centuries is due to the break-up of feudal ownership, and the development of merchant capital, international maritime transport and heavy industry (mining and metallurgy). The area of physics which developed earlier than the others, and which reached the greatest development was mechanics. Although some knowledge on thermal, electrical and optical phenomena was available from late antiquity, mechanics was the area of physics which gained the most significance and was more widely developed since ancient times. While statics largely managed to acquire maturity in the works of Archimedes, ancient dynamics constituted, by comparison, a series of often groundless guesses. The authentic development of dynamics only came into its own in modern times.

Documents and materials gathered in the first theme are aimed at showing how the break-up of feudalism and the development of a new mode of production brought a number of new technical tasks into existence and presented physics with a series of issues predominantly of a dynamic character. This triggered the swift development of dynamics, which attained provisional perfection in the works of Galileo, Huygens and Newton.

The development of communications and transport, and of long-distance maritime travel, as well as the growth of the mining industry and the arms industry (which received a huge boost from the invention of firearms), raised a series of (*mainly mechanical*) problems for physics. This explains the fact that the seventeenth century was largely the century of the formation and development of classical mechanics. This does not mean, of course, that other sections of physics did not also develop. In this period, optics developed rather swiftly and was

¹ Content of the First Topic

F. Engels, Old introduction to *Dialectics of Nature*

K. Marx and F. Engels, excerpt from the *German Ideology*.

Trade and Transport in the Sixteenth and Seventeenth Centuries.

Warfare and the Arms Industry in the Sixteenth and Seventeenth Centuries.

Development of the Iron and Steel Industry in the Seventeenth and Eighteenth Centuries

Engineers and Engineering in the Sixteenth to Eighteenth Centuries.

(Chronological Overview according to Feldhaus)

enriched by a series of significant discoveries. However, its situation cannot be compared with that of mechanics, which had a powerful impact not only on other sections of physics, but also on other natural scientific disciplines.

The documents reproduced below illustrate the set of those issues in physics which form the basis of those technical tasks that advanced the development of the productive forces of that age, and show why that great constellation of natural scientists, beginning with Galileo and ending with Newton, chose the problems of terrestrial and celestial mechanics as the main themes of their research.

TRADE AND TRANSPORT²

Trade already reached a high level of development at the beginning of the Middle Ages. However, overland transport routes were in a pitiful condition. Roads were so narrow that not even two horses could share the same stretch of road. The ideal road was one where three horses could pass side by side, where, in the expression of those times (fourteenth century), “a bride could drive past without hooking onto the cart with a corpse.”

There is little wonder why goods were transported in packs. Road construction was almost completely absent. The insularity of the feudal economy gave no impetus to its development. On the contrary, both the feudal lords and the inhabitants of those locations where commercial transport took place had an interest in keeping road conditions poor. The feudal lord’s interest in this poor condition was due to the system of *Grundhrecht*, which gave him proprietary rights over everything which fell on his lands from a cart or pack.

The speed of overland transport in the fourteenth century did not exceed 5-7 miles per day. Naturally, maritime and waterway transport played a large role, given the greater cargo capacity of ships, as well as a result of their greater speed of movement: the largest two-wheeled cart with 10-12 oxen could barely hold two tons of goods, whereas a ship of average size could hold up to 600

2 The section comprises the following topics:

1. The development of trade and trade relations in the sixteenth and seventeenth centuries;
2. Transport in the feudal era and its successes in the sixteenth and seventeenth centuries;
3. The development of river transport. The successes of hydrostatics and its links with the development of the construction of canals and locks;
4. Shipbuilding;
5. The significance of issues of longitude for the development of celestial mechanics.

tons. In the fourteenth century, goods from Constantinople to Venice were three times more likely to travel by sea than by land. However, maritime transport in this age was also very imperfect: since there were no good methods for orienting a vessel on open seas, they sailed close to shore, which slowed the speed at which they could move. Although the first mention of the compass, which can be found in the Arab book *The Merchant's Treasury*, dates to 1242,³ it was not universally used until the second half of the fourteenth century. One sees the emergence of geographical maritime maps at that time. But, the compass and maps could only be used effectively alongside the skill of properly navigating the seas; that is, by being able to determine latitude and longitude.

The developing capitalist mode of production broke down the medieval isolation of the city and rural community, remarkably expanding the geographical horizon and significantly accelerating the pace of life. It needed more convenient transport links, better means of communication, more precise measures of time and, in connection with the accelerating pace of exchange, more precise methods of calculation. Special attention was paid to water transport; that is, to maritime transport as a means of connection with other countries and river transport as a means of connection within the country. The development of river transport was also facilitated by the fact that since antiquity, water routes were the most convenient and studied routes. The natural growth of cities was also associated with the system of river transport. Transportation by river was three times cheaper than animal-drawn transport. Canal construction was also developed as a supplementary means of domestic transport and as a means of connecting maritime transport with the domestic system of rivers.⁴

³ [The described book is most likely the *Treasure of the Merchants on the Knowledge of Minerals*, written by Baylak Al-Qibjāqī, a Muslim scholar from Cairo (fl. ca. 1250). It is said that “Baylak was the first author writing in Arabic to treat the use of the magnetic needle as a ship’s compass”. *Treasure of the Merchants* is in fact a mineralogical work whose part on the magnetic needle has been translated into French by Klaproth, and then by Clément-Mullet. We are thankful to Razieh-Sadat Mousavi and Bohloul Hamid for this information.]

⁴ See Boris Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*,” in *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution: Texts by Boris Hessen and Henryk Grossmann*, ed. Gideon Freudenthal & Peter McLaughlin and trans. Philippa Schimrat (Dordrecht: Springer, 2009) 45 – 46.

TRANSPORT IN THE FEUDAL AGE AND ITS SUCCESSES IN THE SIXTEENTH AND SEVENTEENTH CENTURIES

Transport routes in the feudal age were in a wretched condition. Kulischer provides a set of data on the condition of transport.

He mentions the state of bridges, back to the thirteenth century and earlier in Italy and France. Even though their construction was considered a charitable deed and grounds for receiving indulgences, they emerged in only insignificant numbers and only where it was impossible to wade across the river. Bridges were wooden, and often a cart could not pass by on them at all; they were not intended for wagons: *non carribus* [not for carts]. In Avignon in the twelfth century, a bridge of 900 meters was built in the course of ten years; on the Rhône in the thirteenth century, a bridge of 1,000 meters was completed in 30 years. In the Hanseatic Region, we find several bridges in the fourteenth century: chroniclers make special mention of those 'perfect' constructions of stone bridges built at huge expense and see them as an extraordinarily important phenomenon. But even the 'remarkable' stone bridge in the town of Minden was wrecked by drifting ice; in the Mosel Region, the only existing bridge until the mid-fourteenth century was the stone bridge built by the Romans. Only in Northern Italy, it seems, were there bridges in somewhat better condition.

Road improvement was not seen as in the interest of the people in those localities through which a path lay, for the worse the conditions of the road were, the more supplementary horses were needed, the more income this brought to farriers for mending of carts, horseshoes and also, the more travelers spent on products while they stopped there. For lords, it was more advantageous not to build roads and bridges, but to worsen their condition and even destroy them, for – apart from the fact that a bad road facilitated raids and pillage – according to the principle of “what falls from the cart is then lost” (*Grundruhrrecht*), anything which had fallen to the ground, if the cart was broken or was overturned when an animal fell, then became the property of the landowner. Merchants were advised that “when you go to the fair, take a cart with small wheels and ensure that you do not have to pay *Grundruhr*, otherwise all your profits will disappear.”⁵ The longer the journey lasted, the larger the income would accrue to the landlord and the convoy; that is, those riders accompanying those travelling for the protection of people and their property. Besides, the convoy was often a so-called 'dead' convoy, where everything was limited to the receipt of the payment

5 <Source unknown>.

of convoy money. These receipts were then a simple means of extortion: in no way did they protect travelers. On the contrary, the feudal lord's men attacked those who paid and robbed them; warring parties paid no attention to any letters of unhindered passage, even if they were issued by the Emperor himself.

Often, feudal lords intentionally damaged roads and put all kinds of obstructions and barriers in place – they built bridges on firm land and stretched chains across the river, in order to secure charges when the travelling merchants passed through the numerous customs posts. For this last purpose, *Strassenzwang* (*nemini licitum sit per villas circumire*)⁶ was established; that is, the prohibition to replace once and for all the worst road with a better and more direct way. For example, a mandatory roundabout route was established through Poznan, Głogów etc. to get from Poland to the Leipzig fair, which was three times longer than the direct route. To prevent the bypassing of roads and customs, the feudal lords built high towers dominating the entire neighborhood, and even concluded alliances with each other for this purpose, mandating stops in certain places, and stripping merchants who had infringed upon their regulations of all their goods. This was connected to the countless number of customs posts: in the fourteenth century, there were 64 posts on the Rhein, 35 on the Elbe and 77 on the Danube in Lower Austria; there were 24 posts around Nuremberg and of these, ten were within three miles of the city. As a consequence of those customs posts, transport on the Rhein was highly constrained. According to Karl Lamprecht, between Bingen and Koblenz, customs duties in the Rhein comprised more than two thirds of the price of a good. Mathias Paris speaks of the “*Furiosa Teutonicorum insania*” (the insanity of the German expressed in customs posts) for good reason. Of course, the speed of transport in similar circumstances could not be great: in the course of a day, according to Getz, they travelled an average of 5-7 miles; in the Alps, this was only possible with a change of horses.

The conditions of transport led to the fact that trading transactions could only be carried out very slowly. We can discern this from the correspondence of Hildebrand Wekinhusen, recently published by Shtid. Sending a letter from Danzig to Bruges in the best-case scenario took ten days, from Lübeck to Bruges it sometimes took 31 and 48 days, and from Riga to Bruges between 39 and 52 days and sometimes even 73 days. Even the short distance between Bruges and Cologne required 6-8 days. There was still no proper postal communication

6 [No one is permitted to go around cities.]

system; merchants used the services of individuals who were sent as and when needed.

The poor conditions of roads in England remained unchanged for many years. Even in 1662 this situation had not changed in the slightest, and so a court ruling announced that riding on main roads was “very dangerous and almost impossible.” Thomas Macaulay provides a vivid picture of the conditions of English roads.

“It was by the highways that both travelers and goods generally passed from place to place; and those highways appear to have been far worse than might have been expected from the degree of wealth and civilization which the nation had even then attained. On the best lines of communication, the ruts were deep, the descents precipitous and the way often such as it was hardly possible to distinguish, in the dusk, from the unenclosed heath and fen which lay on both sides. Ralph Thoresby, the antiquary, was in danger of losing his way on the great North Road, between Barnby Moor and Tuxford, and actually lost his way between Doncaster and York. Pepys and his wife, travelling in their own coach, lost their way between Newbury and Reading. In the course of the same tour, they lost their way near Salisbury and were in danger of having to pass the night on the plain.

“It was only in fine weather that the whole breadth of the road was available for wheeled vehicles. Often the mud lay deep on the right and the left; and only a narrow track of firm ground rose above the quagmire. At such times obstructions and quarrels were frequent, and the path was sometimes blocked up for a long time by carriers, neither of whom would break the way. It happened almost every day that coaches stuck fast, until a team of cattle could be procured from some neighbouring farm, to tug them out of the slough.

“But in bad seasons, the traveller had to encounter inconveniences still more serious. Thoresby, who was in the habit of travelling between Leeds and the capital, has recorded, in his Diary, such a series of perils and disasters as might suffice for a journey to the Frozen Ocean or to the Desert of Sahara. On one occasion, he learned that the floods were out between Ware and London, that passengers had to swim for their lives, and that a higgler had perished in the attempt to cross. In consequence of these tidings, he turned out of the high road and was conducted across some meadows, where it was necessary for him to ride

to the saddle skirts in water. In the course of another journey, he narrowly escaped being swept away by an inundation of the Trent. Afterwards, he was detained at Stamford for four days, on account of the state of the roads, and then ventured to proceed only because fourteen members of the House of Commons, who were going up in a body to Parliament with guides and numerous attendants, took him into their company. On the roads of Derbyshire, travelers were in constant fear for their necks, and were frequently compelled to alight and lead their beasts. The great route through Wales to Holyhead was in such a state that in 1685, a viceroy, going to Ireland, was five hours in travelling fourteen miles from Saint Asaph to Conway. Between Conway and Beaumaris, he was forced to walk a great part of the way and his lady was carried in a litter. His coach was, with much difficulty and by the help of many hands, brought after him entire. In general, carriages were taken to pieces at Conway and borne, on the shoulders of stout Welsh peasants, to the Menai Straits. In some parts of Kent and Sussex, none but the strongest horses could, in winter, get through the bog, in which, at every step, they sank deep. The markets were often inaccessible during several months. It is said that the fruits of the earth were sometimes suffered to rot in one place, while in another place, distant only by a few miles, the supply fell far short of the demand. The wheeled carriages were, in this district, generally pulled by oxen. When Prince George of Denmark visited the stately mansion of Petworth in wet weather, he was six hours in going nine miles; and it was necessary that a body of sturdy hinds should be on each side of his coach, in order to prop it. Of the carriages which conveyed his retinue, several were upset and injured. A letter from one of the party has been preserved, in which the unfortunate courtier complains that during fourteen hours, he never once alighted, except when his coach was overturned or stuck fast in the mud...

“The expense of transmitting heavy goods in this way was enormous. From London to Birmingham, the charge was seven pounds a ton; from London to Exeter twelve pounds a ton. This was about fifteen pence a ton for every mile, more by a third than was afterwards charged on turnpike roads and fifteen times what is now demanded by railway companies. The cost of conveyance amounted to a prohibitory tax on many useful articles. Coal in particular was never seen except in the districts where it was produced, or in the districts to which it could be carried by

sea, and was indeed always known in the south of England by the name of sea coal.”⁷

Domestic trade developed much more slowly than did foreign trade. It was hindered by those bad conditions in which it took place.

Henri Sée describes the condition of France in that time as follows.

“The roads are far from sufficient. Of course, during the age of Henry IV, serious steps were made to improve them, the great ‘Master of the Roads’, Duke Sully was engaged in repairing roads and bridges, abandoned during the thirty years of civil turmoil. But in the age of Richelieu and Mazzarino [Mazarin], works on road restoration were mainly neglected so that at the start of the absolutist reign of Louis XIV, the bad state of the main roads was noticeable everywhere in the country. Jean-Baptiste Colbert is credited with organizing the management of roads and bridges for which the *intendants des provinces* (provincial administrators) were now given a decisive role. Important roads were built. But towards the end of Louis XIV’s reign, the decline of roads is once again noted (these were common complaints in the internal reports of the *intendants* for 1681[]). Apart from this, nothing had been done to improve country roads.

When this was at all possible, it was preferred to use river transport, a far cheaper route. Therefore, navigation of the most important rivers was improved. The digging of canals was also undertaken on a large scale. The Briare Canal was begun in 1605, but work on it was abandoned between 1610 and 1638 and was completed in 1642; the Languedoc Canal, planned by Riquet and which was to connect the Atlantic Ocean with the Mediterranean Sea, was dug between 1665 and 1681. Colbert considered a number of other canal projects, but during the reign of Louis XIV, only those connecting Saint-Omer with Calais and the Loire with the Loing (a tributary of the Seine) through Montargis were dug.

Overland transport was still very primitive. Public postal carriages moved very slowly. From Paris to Orleans they took two days, to Lyon ten days, to Strasbourg 11, to Lille four days and to Calais five days. Road carriages

⁷ Thomas B. Macaulay, *The History of England from the Accession of James II, vol. 1* (Chicago: Donohue, Henneberry & Co., 1890), 339 – 341, 342.

were initially open carriages and were only equipped with leather curtains later to be replaced by wooden panels. As far as animal-drawn transportation was concerned, two or four-wheel carts were used which spent, for example, four days to travel between Orleans and Paris. However, there was considerable progress in the postal service which was reorganized first under Henry IV and then under Richelieu, and then further improved under Louis XIV. In 1672, new tariffs were established for the carriage of letters: a simple letter sent at a distance of fewer than 25 leagues cost 2 sous; at a distance of more than 80 leagues, the cost increased to 5 sous. The circulation of letters grew noticeably. In 1673, postal revenues comprised of 1,200,000 livres; in 1713, this reached the sum of 3,100,000 livres. As for the transportation of goods, its organization was still very imperfect.”⁸

However, according to information from Kulischer, the successes in the field of overland transportation were, nonetheless, very significant. The invention of the ‘fifth wheel’ – an element, allowing the front of the cart to turn autonomously of its entire body – at the end of the sixteenth and beginning of the seventeenth century allowed the construction of a great variety of complex forms of coach. If at the end of the Middle Ages it was possible to travel at an average of no more than five miles a day, rarely 6-7 miles, then in the seventeenth and eighteenth centuries in England, the speed of not very bulky goods consisted of 7-8 miles a day, while in Germany they reached speeds of 9-10 miles with a change of horses. Thus, even compared to the sixteenth century, the speed of transport in the seventeenth century increased: from Strasbourg to Augsburg the transportation of goods in 1590 took 8 days, whereas it took 5 days in 1690; from Magdeburg to Hamburg it took 6 days in 1560, and 100 years later, it took 3-4 days. In France, a five-horse cart with a load of 6,000 pounds (lbs) could travel 8 miles a day, 9 even with a large quantity of horses and on good roads. But most drivers had only four horses and had to negotiate difficult road conditions, so 7 miles was considered sufficient and normal; from Paris to Lyon, the distance of 95 miles was completed in 12-15 days (in the winter it took even longer). All central points had many coaching inns, which contained horses; periodically, once or twice a week, an entire column of carriages was moved – carts drawn by four or eight horses loaded with 3-6 tons of goods.

⁸ Henri Sée, *L'Évolution commerciale et industrielle de la France sous l'ancien régime* (Paris: Marcel Giard, 1925), 91 – 93.

THE DEVELOPMENT OF RIVER TRANSPORT. SUCCESSES OF HYDROSTATICS IN CONNECTION WITH THE CONSTRUCTION OF CANALS AND LOCKS

Domestic waterways played a large role as a means of communication. Already in the fifteenth century, locks--at first, stone and then in the form of bridges--became a common phenomenon in the Italy of the fifteenth Century and had already been 'long in use' in the age of Leonardo Da Vinci.

According to data in Sombart, there were 9 orders for the improvement of rivers in the sixteenth century, 24 in the seventeenth century and 36 in the eighteenth century. Already by 1624, for example, the Thames became navigable to Oxford with the aim of transporting Oxford building stone to London, as well as coal and other necessary things to Oxford, which were then transported at a very high price ... navigable rivers were improved and another six were made navigable.

Bernstein-Kogan gives a brief survey of the development of domestic waterways in Europe.

It is beyond question that the lock canal was introduced in France in the sixteenth century, and that from that period, the process of river canalization and the construction of genuine canals began. We know of the existence of lock canals in France from 1515. The first canal with locks was built in 1528. This is the so-called Canal de l'Ourcq on the river Marne, close to Paris.

In 1538, work began on the canalization of the river Vilaine in the current department of the Lower Loire. The plan for this lock, completed only in 1575, was attributed to Leonardo da Vinci. At the same time, the canalization of the river Lot (a tributary of the Garonne) was carried out, replacing the primitive structures that were there previously. During the era of the Duke of Sully, the construction of the Briare Canal (connecting the Haute Loire with the basin of the Seine) and was 59 km in length. It was completed only in 1642. The seventeenth century is known for the construction of a grandiose structure for its time like the Canal du Midi which connects the Mediterranean Sea with the Bay of Biscay through the Garonne. The construction of this canal, 279 km long, was completed under Louis XIV in 1684. "[T]here is nothing more useful and profitable for the people, than navigation along rivers", Colbert wrote at the end of his life. In the same era, the Canal d'Orleans was completed (1679), with a length of 74 km and which supplemented the connection of the

Loire with the Seine through the Briare Canal, and the Neufosse Canal, 18km long, in the north around Lille was begun (1682). In the eighteenth century the following canals were built: the Canal du Loing (1719), 50 km long; the Saint Quentin canal (1732) with a length of 98 km, which was then linked to the Somme (1769), the Canal du Centre, 130 km long (begun in 1783), the Canal du Bourgogne (242 km, begun in the same year) and the canal in Franche-Comté Canal (now it is part of the canal between the Rhine and the Rhone). Construction of a canal in the Nivernais was begun (178 km). The Canal du Bourgogne connected the Seine with Rhône through the Seine and the Doubs, and the Nivernais Canal – where the upper reaches of the Loire with the Yonne, and, consequently, with the Seine again. The Saint Quentin canal opened access from the Seine through the Oise to the Flanders water network (through the Scheldt). Towards the end of the eighteenth century, the general length of canals in France consisted of around 1,000 km.⁹

The first attempts to improve the conditions of river navigation were made very early on in Germany, at the beginning of the fourteenth century. One can indicate a few cases of work on the construction of waterways (apart from the Stecknitz Canal, built between 1390 and 1398, and the Kraffohlkanal¹⁰ completed in 1495). But, the first significant structures emerged in Germany at the start of the seventeenth century in the boundaries of the growing and developing Brandenburg. Above all, we mean the Finow Canal, which was begun in 1603 in the reign of Albrecht Achilles [of Brandenburg] and for the first time connected the basins of the Oder and the Elbe (through the Havel), and then the Müllrosener Canal, which was constructed during the reign of the 'Great Electoral Prince' [Friedrich Wilhelm, der Große Kurfürst] between 1661 and 1668, and connected the Oder with the Spree. By 1668, there were 185.5km of canals and 329.7km of lock canals with 72 locks.

In England, the need for the development of transport routes was provoked by the start of the industrial revolution in the second half of the eighteenth century. Until the beginning of the eighteenth century in England, the development of domestic waterways only went as far as the canalization of rivers. From the beginning of the fifteenth Century and until the end of the first half of the

⁹ <Page unknown>. Сергей В. Бернштейн-Коган [Sergei V. Bernstein-Kogan], *Очерк развития и современного состояния внутреннего водного транспорта в главнейших странах Западной Европы и в Северной Америке, В. I – II* (Санкт-Петербург, 1912 – 1913), ?

¹⁰ [Today, Kanał Jagielloński]

eighteenth century, one can identify 21 cases in which permission was granted for the canalization of rivers, which in most cases was conducted by private entities. The most significant projects of this kind date to the first half of the eighteenth century.

The construction of canals and locks required knowledge of the basic laws of hydrostatics, i.e. the laws of liquid flow, since it was necessary to be able to calculate water pressure and the rate of its discharge. In 1598, Simon Stevin studied the issue of water pressure and he already saw how water can have a pressure greater than its weight on a vessel; in 1642, Castelli published a special treatise on the movement of water in canals depending on its section; in 1646, Torricelli studied the theory of fluid dynamics.

Leonardo Olschki has provided information about Galileo's work in this sphere. The school of Galileo issued Castelli's treatise on hydraulics, which emerged from Galileo's direct observations. They named it the "Golden Book." The great discoveries of Torricelli eclipsed this work, but its historical significance was even greater, for along with it, the mechanics of liquids entered the field of physical laws, for the sake of which the empirical sciences had fought so stubbornly and unavailingly for two centuries. It is the first testimony to the successes of the Galilean approach to nature and a document of the dependence of the latter on the questions and needs of the time. The greatest service that Castelli paid to scientific and practical hydraulics lay in the first principle of the dependence of the speed of the movement of water in rivers and canals on their width and height. As soon as Castelli's book appeared, Galileo had the opportunity to prove, with the aid of new methods of hydrodynamics, the enormous practical use of this science and thus publicly sanctified the new school of thought (in terms of its) technical tasks. While he corresponded with Castelli on its principles, the Tuscan government decided to canalize the Arno and its tributary, the Bisenzio, as their frequent overflowing persistently brought misery, and the danger of waterlogging of vast areas of fertile land became ever more threatening. This was a calamity that especially threatened the Florentine region and historians of the city wrote about when the damage exceeded the norm.

Whereas they had already set about controlling the flow of rivers in Lombardy long ago, in Tuscany they embarked on merely incidental works that lacked any broad outlook. Now, the Grand Duchy resolved to remedy this state of affairs and instructed its engineers to compose a plan for the control of both rivers. At the end of 1630, the preparatory work had progressed so much that Galileo, as court mathematician, was entrusted with providing feedback on the planned enterprise.

It seems that such tasks became particularly relevant in those years. Indeed, Galileo received a request from one of his most gifted students regarding the regulation of the flow of the river Arbia in the province of Siena; the Genoese patrician Baliani, who was already in correspondence with Castelli on the principles of hydrodynamics, turned to Galileo with a plan for the supply of water to his native city. Two young friends of our scientist, Andrea and Niccolò Arrighetti, both of whom were members of the Florentine Academy of Language [*Accademia della Crusca*] and respected scientists and politicians in Florence, carried long and passionate disputes about the principles of his mechanics and the possibilities of applying them to water facilities. Soon after, Galileo surveyed the project of the canalization of the Arno proposed by Sigismondo Coccapani, who was a respected painter and architect at the time. This was the same artist who proposed many projects for the façade of the Florentine Cathedral which Galileo was asked to judge along with the projects of other participants in the artistic competition. At the same time, the Bologna Inspector General for water structures, Cesare Marsili, with whom Galileo had been in lively correspondence over scientific issues and personal matters, enthusiastically greeted the publication of the small work on hydrodynamics and used it as the basis of the project to canalize the Reno. In Rome, this book was literally torn from Castelli's hands.

THE IMPORTANCE OF DETERMINING LONGITUDE FOR THE DEVELOPMENT OF CELESTIAL MECHANICS. THE DEFINITION OF LONGITUDE IN CONNECTION WITH THE DEVELOPMENT OF MARITIME TRANSPORT

The question of defining longitude on the high seas was one of the main questions that determined the fate of navigation. Brewster cites the history of this problem which played a huge role in stimulating the development of celestial mechanics.

“The great problem of the determination of the longitude at sea, to which the discoveries of Newton so greatly contributed, had begun, at this time, to attract the notice of English mathematicians. At an earlier period indeed, the subject was brought before the leading members of the Royal Society under very unique circumstances. Towards the close of 1674, Le Sieur de St. Pierre, a French charlatan, who commanded the interest of the Duchess of Portsmouth, had procured from the King a commission for examining a scheme for the discovery of the longitude.

This commission, among other names, included those of Lord Brouncker, Dr. Ward, Sir Christopher Wren, Sir Jonas Moore, and Dr. Hook. In February 1675, Flamsteed was on a visit to Sir Jonas Moore, and having accompanied him to a meeting of the commissioners, his name was added to their list. By his assistance the ignorance and presumption of the Frenchman were soon exposed; and the result, though mortifying to his patrons at court, proved highly advantageous to the interests of astronomy. Flamsteed had written a letter to the commissioners, and another to St. Pierre, explanatory of his views, and thus describes the origin of the Royal Observatory of Greenwich: "I heard," he says, "no more of the Frenchman after this; but was told that my letters being shown King Charles II, he, startled at the assertion of the fixed stars' places being false in the catalogue, (of Tycho,) and said with some vehemence, 'he must have them anew observed, examined, and corrected, for the use of his seamen;' and further, (when it was urged to him how necessary it was to have a good stock of observations taken for correcting the motions of the moon and planets,) with the same earnestness, 'he must have it done.' And when he was asked who could or who should do it? 'The person,' says he, 'that informs you of them.' Whereupon I was appointed to it." In the royal warrant for the payment of Flamsteed's salary, the astronomical observator, as he was then called, was commanded "to apply himself forthwith, with the utmost care and diligence, to rectify the tables of the motions of the heavens, and the places of the fixed stars, so as to find out the so much desired longitude of places for the perfecting the art of navigation."

No further steps seem to have been taken in this important matter till the 25th of May 1714, when several captains of her Majesty's ships, merchants of London, and commanders of merchantmen, presented a petition to the House of Commons, setting forth "that the discovery of longitude is of such consequence to Great Britain, for safety of the navy, for merchant ships, as well as of improvement of trade, that for want thereof many ships have been retarded in their voyages, and many lost; but if due encouragement were proposed by the public, for such as shall discover the same, some persons would offer themselves to prove the same before the most proper judges, in order to their entire satisfaction, for the safety of men's lives, her Majesty's navy, the increase of trade, and the shipping of these islands, and the lasting honor of the British nation." This sagacious petition, which proved to be a grand step in the advancement of astronomy, was

submitted to a large committee, whose report was laid on the table of the House on the 7th of June, and taken into consideration on the 11th. The following is the report and resolution of the committee, which, as we shall see, forms an important event in the life of Newton.

“Mr. Ditton and Mr. Whiston being examined, did inform the committee that they had made a discovery of the longitude, and were very certain that the same was true in the theory, and did not doubt but that, upon due trial made, it would prove certain and practicable at sea.

“That they had communicated the whole history of their proceedings towards the said discovery to Sir Isaac Newton, Dr. Clarke, Mr. Halley, and Mr. Cotes, who all seemed to allow of the truth of the proposition as to the theory, but doubted of several difficulties that would arise in the practice.”

Sir Isaac Newton, who attended the committee, said,

“That for determining the longitude at sea there have been several projects, true in theory, but difficult to execute.

“1. One is by a watch to keep time exactly; but, by reason of the motion of the ship, the variation of heat and cold, wet and dry, and the difference of gravity in different latitudes, such a watch hath not yet been made.

“2. Another is by the eclipses of Jupiter’s satellites; but, by reason of the length of telescopes requisite to observe them, and the motion of a ship at sea, those eclipses cannot yet be there observed.

“3. A third is by the place of the moon; but her theory is not yet exact enough for that purpose. It is exact enough to determine the longitude within two or three degrees, but not within a degree.

“4. A fourth is Mr. Ditton’s project: And this is rather for keeping an account of the longitude at sea, than for finding it, if at any time it should be lost, as it may easily be in cloudy weather. How far this is practicable, and with what charge, they that are skilled in sea affairs are best able to judge. In sailing by this method, whenever they are to pass over very deep seas, they must sail due east or west, without varying their latitude; and if their way over such a sea doth not lie due east or west, they must first sail into the latitude of the next place to which they are going beyond it, and then keep due east or west, till they come at that place.

“In the three first ways there must be a watch regulated by a spring, and

rectified every visible sunrise and sunset, to tell the hour of the day or night. In the fourth way such a watch is not necessary. In the first way there must be two watches, this and the other above-mentioned.

“In any of the three first ways, it may be of some service to find the longitude within a degree, and of much more service to find it within forty minutes, or half a degree if it may, and the success may deserve rewards accordingly.

“In the fourth way, it is easier to enable seamen to know their distance and bearing from the shore, forty, sixty, or eighty miles off, than to cross the seas; and some part of the reward may be given, when the first is performed on the coast of Great Britain, for the safety of ships coming home; and the rest, when seamen shall be enabled to sail to an assigned remote harbour without losing their longitude if it may be.

“Dr. Clarke said that there could no discredit arise to the Government in promising a reward in general, without respect to any particular project, to such person or persons who should discover the longitude at sea.

“Mr. Halley said, that Mr. Ditton’s method for finding the longitude did seem to him to consist of many particulars which first ought to be experimented before he could give his opinion; and that it would cost a considerable sum to make the experiments, but what the expense would amount to he could not tell.

“Mr. Whiston affirmed that the undoubted benefit which would arise in the land, and near the shore, would vastly surmount the charges of experiments.

“Mr. Cotes said that the project was right in the theory near the shore, and the practical part ought to be experimented.

“And, upon the whole, the committee came to these resolutions: ‘That it is the opinion of this committee that a reward be settled by Parliament upon such person or persons as shall discover a more certain and practicable method of ascertaining the longitude, than any yet in practice; and the said reward be proportioned to the degree of exactness to which the said method shall reach.’”

The House adopted this resolution unanimously.

This important bill, which, as predicted by British captains and merchants, has in various ways contributed “to the lasting honour of the British nation,” contributes in no slight degree to the honour of Newton. Had the evidence of the different witnesses in Parliament been recorded without their names, it would

not have required the sagacity of Bernoulli to have discovered the testimony of Newton, – the “lion from his claw.” The most distinguished of his successors, with all the lights of a century and a half, could not have stated more correctly the true and the only methods of finding the longitude at sea. The method by chronometers has been brought to the highest perfection, and is doubtless the most correct and infallible. The method “by the place of the moon,” has, by means of his own lunar theory, perfected by his successors, become second only to that of the watch.

So as early as 1696, a report was spread among the members of the Royal Society that Newton was occupied with the problem of finding longitude at sea; but as the report had no foundation, he requested Halley to inform the members “that he was not about it.” Long after this, however, he directed his attention to the invention of an instrument for determining longitude by the position of the moon; and, in the year 1700, he communicated to Dr. Halley the description of a reflecting sextant for observing the distance from the moon from the fixed stars at sea.

After Newton’s death, the problem of finding longitude at sea became a subject of general interest throughout Europe. Various acts related to it were passed in England. In 1726, our countryman, John Harrison, produced a timepiece of singular accuracy, and after many trials, during one which it gave the longitude within 10' 45" of accuracy, he was granted £10,000; half the reward was offered in Queen Anne’s Act and the other half was promised when he or someone else should make an equally good timepiece, upon the same principle. Mr. Kendal, who was appointed to make such a watch by the Board, succeeded so completely, that after it had been around the world with Captain Cook in the years 1772-1775, Mr. Harrison was given the second £10,000. In order to further encourage inventions for the discovery of longitude, a new act was passed in 1774, which offered a reward of £5,000 for a chronometer or timepiece that would determine the longitude within a degree, or sixty geographical miles; – of £7,000 for determining it within two-thirds of a degree, or forty miles; and £10,000 for determining it within half a degree, or thirty miles. The very same rewards were offered for any other method by which the same accuracy was obtained; and a special reward of £5,000 was promised to the author of such solar and lunar tables that were sufficiently exact to show the distance of the moon from the sun and stars, within fifteen seconds of a degree,

«such tables were constructed entirely upon the principles of gravitation laid down by Sir Isaac Newton, except with respect to those elements which must necessarily be taken from astronomical observations.»

Based on this Act, the widow of Tobias Mayer received £3,000 for his lunar tables, and Euler received £300 for the theorems on which they were founded.

The Board of Longitude in France [*Beaureau des Longitudes*], which was established to promote the same objective as the English Board, rewarded Euler for the new tables that he published in 1771. During the rest of the eighteenth century, and the first quarter of the nineteenth century, these two Boards tried to promote all those scientific objects which were designed to improve the instruments and methods for determining longitude at sea. The French Board, which was composed of the most distinguished astronomers in France, existed in all its original activity and utility; but, the British Board was abolished in 1828, as if we had ceased to be a maritime nation – it was the only scientific Board in the kingdom which afforded salaries for scientific men.¹¹

The methods for determining longitude which were provided by celestial mechanics, for example, the movement of the moon, were insufficiently satisfactory; therefore, scientists did not cease researching and looking for more reliable means of determining longitude. A reliable means for determining longitude was discovered in the pendulum clock, which was invented and researched by Huygens. Thus, this issue influenced not only the development of celestial mechanics, but also more general research into mechanics, because Huygens' treatise on the pendulum clock provides a solution to the most significant mechanical tasks (See Theme 2 below).

Huygens himself points to the significance of the issue of determining longitude for the development of his research in mechanics.

The first clocks on ships which served to determine longitude were to be found on the English merchant ship. One Scottish seafarer, who sailed at the head of a flotilla of three ships from Guinea to the Islands of St. Thomas, located near the Equator, tells of how he, setting the clocks clockwise, sailed 700 miles back and once again set off to the shores of Africa. Having sailed in this direction for 200-300 miles, he changed his course and headed for the island of Barbados. The calculations of the distance they had to travel were different for the captains of the two different vessels from those of the owner of the pendulum clock: one calculated 80 miles, another 100 and a third an even greater distance. By his clock, he concluded that it was a maximum of 30 miles to the Cape Verde islands, and he was proven right.

¹¹ Sir David Brewster, *Memoirs of the Life, Writings, and Discoveries of Sir Isaac Newton*, vol. 2 (Edinburgh: Thomas Constable and Co.; London: Hamilton, Adams, and Co., 1860), 257 – 265.

At that time, Holland and France also carried out experiments to check the accuracy of determining longitude with the aid of the pendulum clock. The Duke of Belfort commissioned his astronomer to carry out observations during his journey to Crete. He determined the longitude of all those places where they went ashore, through which they passed and the longitudes which they did not know precisely, and they always found that the difference in longitude corresponded to the difference calculated on their best maps. For example, the difference in longitude between the port of Toulon and the city of Candia (Heraklion) was determined at 1 hour 22 m., that is 20°30', and on the return journey this distance was again determined, and the same result was obtained, thus indicating the precision of the calculation.

“ [...] One cannot consider the ordinary pendulum a trusted and precise measure of time, because large swings require a longer time, than lesser swings; however, I discovered with the help of geometry a previously unknown means of pendulum suspension: I investigated the curvature of a curve, which, remarkably, fittingly provides its movement with the desired regularity.

After I applied this method of suspension to the clock, its movement became so regular and precise, that after innumerable tests on land and on water it became clear that these clocks could serve astronomy and navigation with extreme precision.”¹²

The development of trade relations posed the following technical problems for transport:

1. *Increasing the capacity and speed of the vessel.*
2. *Improving the floating aspects of the vessel: its stability, its maintaining a fair speed, low magnitude of oscillation, good steering and ability to maneuver; something particularly important for military vessels.*
3. *Convenient and reliable ways of orienting in the sea: a means of determining latitude and longitude, magnetic variation and the times of high and low tides.*
4. *Improvement of the domestic water systems and connection with the sea: the construction of canals and locks.*

¹² Christiaan Huygens, *Horologium oscillatorium: Sive de Motu Pendulorum ad Horologia Aptato Demonstrationes Geometricae* (Paris: Apud F. Muguet, 1673), 1 – 2.

Let us sort out what physical preconditions were necessary for resolving these technical problems.

1. To increase the carrying capacity of a vessel, knowledge of the basic laws of navigation of bodies in liquid since to calculate carrying capacity one needs to know how to calculate the displacement of vessels. This is a problem of hydrostatics.
2. To improve the floating features of the vessel it is necessary to know the laws of motion of bodies in liquid. This is a particular form of the problem of the laws of motion of bodies in a resistant medium – one of the main tasks of hydrodynamics. The problem of the vessels stability and the periodicity of its oscillation is one of the basic tasks of the mechanics of material points.
3. The problem of determining longitude is reduced to the observation of celestial bodies and requires the existence of optic instruments, as well as knowledge of the maps of celestial bodies and their movement for its resolution. The problem of determining longitude can be most easily and simply resolved with the existence of the chronometer. But since a reliable chronometer was only invented in the 1730s after the publication of the works of Huygens, then the measurements of the distance of the moon from the immobile stars could be used to determine longitude. All of this is the task of celestial mechanics.
4. The construction of canals and locks requires knowledge of the basic laws of hydrodynamics, and the laws of liquid flow since it is necessary to know how to calculate water pressure and its rate of discharge.

As one can see, the problem of the construction of canals and locks led to a focus on hydrostatics and hydrodynamics in mechanics.¹³

MILITARY AFFAIRS AND THE ARMS INDUSTRY¹⁴

The formation and growth of powerful states and their competition in foreign markets as well as in colonial countries led to a number of serious military conflicts, especially to naval wars (cf. *Marx*, the excerpt above from “German ideology”, pp. 33 and ff.)

¹³ See Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*,” 46 – 47.

¹⁴ 1. From the history of military affairs in the sixteenth and seventeenth centuries.

2. Theoretical research into military affairs.

Military affairs and military equipment reached great heights of development and had a tremendous influence on the development of a number of problems in physics, primarily connected with problems of ballistics.

THEORETICAL RESEARCH IN MILITARY AFFAIRS

The development of military affairs confronted scientists with a number of technical problems. Galileo paid a great deal of attention to them. Below, we cite some data on work in this field by Olschki.

Galileo followed the same path (as did his teacher, Ricci), until he devoted himself entirely to the scientific problems posed by the theory of constructing fortresses and firearms.

This can be seen from his invention of the military geometric compass around which his first public polemic ensued. Galileo defended his rights as an inventor. The fruits of his specific technical training are both surviving treatises on the art of constructing fortresses, which clearly show the influence of Florentine methods and theories on Galileo. In them, we find, among other things, Dürer's method for constructing a pentagon which Florentine mathematics teachers learned for practical purposes and which was also taught by Ostilio Ricci, alongside the Euclidean methods in his treatises.

His intention to write several books for soldiers in order to acquaint them with the theory and also to communicate precise knowledge to them of all mathematical issues deserving their attention (for example, the technique for digging trenches, combat formation, the building of fortifications, topographical surveys, artillery, the use of various instruments, etc.) showed how strongly he was affected by the details of his youth education. If this was his intention and did not acquire a literary and systematic realization, other indications attest to the existence of a continuous connection between the thought and work of Galileo in his mature years with his first youthful impressions and pursuits, and also with the traditions of the artists and engineers of the Renaissance. In the same year, when Galileo proposed these plans to the Florentine court, he outlined a curriculum for the newly founded Academy, which was to train the military. Galileo demanded

“knowledge of arithmetic, geometry and solid geometry, the mechanical sciences in their widely differing applications, artillery sciences along with knowledge of the many different circumstances in this field, knowledge of the compass and other instruments for drafting plans, the

measurement of distances, heights and depths and furthermore – the rules of perspective in order to correctly portray any real or fictitious object, like, for example, fortifications and their sections or of any kind of military machines, and, finally, knowledge of military architecture.”¹⁵

Nowhere could Galileo have indicated more clearly, directly and persuasively the path of his scientific development than here, in the introduction to his last work, in which he constantly upholds his perpetual connection between empirical practice and natural scientific theory. But it was characteristic for Galileo from the very beginning, in this persistent combination of theoretical and practical interests, to give precedent to theoretical issues over technical ones. Galileo’s scientific research differed from the works of his predecessors and contemporaries, who posed analogous questions and resolved them in an amateurish and random fashion. The problems of the maximal conservation of energy and the efficiency of machines, the precision of gunfire, the resistance of fortifications; these were the same questions which had already been discussed in the technical literature for two centuries. But when Galileo approached the work done in the workshops, with which he was only acquainted thanks to his teacher primarily as a place for experiments and observations, these were to lead, above all, to the establishment of the theoretical foundations of the mechanical arts. Therefore, his formulation of these questions is fundamentally different, and their solution does not depend on any tradition of workshops and theorists, although his attention was constantly directed to the practical application of learning which had been established theoretically and experimentally.

The mathematical education which he received relatively late in his youth remained Galileo’s starting point (due to his studies in both pure and applied mathematics and mechanics), insofar as it introduced him into the theoretical literature of his time; doubt about the accuracy of traditional physical concepts was combined with criticism of purely technical experience. Thanks to Ricci’s teaching, Galileo was able to understand this literature, which would not have been so easily accessible to him without knowledge of the practical questions of mechanics. This is confirmed by the choice of problems that became the themes of Galileo’s first works.

In the following excerpt from *Discorsi*, Galileo talks about the importance of weapons production for the development of scientific research.

¹⁵ Leonardo Olschki, *Geschichte der Wissenschaftlichen Neusprachlichen Literatur, T. 3: Galilei und Seine Zeit* (Halle: Max Niemeyer Verlag, 1927), 154.

“SALVIATI. The constant activity which you Venetians display in your famous arsenal suggests to the studious mind a large field for investigation, especially that part of the work which involves mechanics; for in this department, all types of instruments and machines are constantly being constructed by many artisans, among whom there must be some who, partly by inherited experience and partly by their own observations, have become highly expert and clever in explanation.

SAGREDO. You are quite right. Indeed, I myself, being curious by nature, frequently visit this place for the mere pleasure of observing the work of those who, on account of their superiority over other artisans, we call “first rank men.” Conference with them has often helped me in the investigation of certain effects including not only those which are striking, but also those which are recondite and almost incredible.”¹⁶

In 1607, the Venetian republic chose Pietro Duodo as the commander of troops in Padua. Soon after taking office, Duodo decided to establish a military academy, where noble Paduans who were training in gymnastics and fencing could take a course in the sciences, which were in some way or another related to military affairs. Therefore, the college’s statute (named the *Accademia Dellia*) required that there be a course “in serious subjects, mainly from the field of mathematics.”

The management of the academy only undertook to effectively implement this regulation at the beginning of 1610. In the correspondence which they conducted regarding this, a short note by Galileo has been preserved; the manuscript has been kept in the file on the Academy at the communal archive in Padua. The note is not signed with the author’s name, but the handwriting so clearly belongs to Galileo that there can be no doubting the authenticity of this document. There is a note written in Duodo’s hand with the phrase: “Memory aid for mathematics teachers.” It is not clear whether Galileo wrote this note due to prompting by Duodo, who had wanted to receive information from him on those mathematical topics which a soldier needed to know, or if he was presenting a study program which he would have conducted if he were chosen to teach there.

The development of military affairs poses the following technical issues:

¹⁶ Galileo Galilei, *Dialogues Concerning Two New Sciences*, trans. Henry Crew & Alfonso de Salvio (New York: Dover Publications, Inc., 1954), 1

Internal ballistics

1. The study of processes occurring in weapons when being fired, and their improvement.
2. The strength of a weapon at its lowest weight.
3. Features for convenient and good aim

External ballistics

1. The trajectory of a projectile in the void.
2. The trajectory of a projectile in the air.
3. The correlation of air resistance to the speed of a projectile.
4. The deviation of the trajectory of a projectile.

The physical bases of these technical problems are as follows:

1. The study of the processes occurring in the instrument requires the study of the process of the compression and expansion of gases – basically a mechanical task, as well as the study of the phenomenon of delivery (the law of action and reaction).
2. The strength of the weapon poses a problem for studying the resistance of materials and testing their strength. This problem, which is of great importance for the art of construction at this stage of development, is solved by purely mechanical means.
3. The problem of projectile trajectory in the void comes down to solving the problem of the free fall of bodies under the influence of gravity and the composition of translatory motion with free fall.
4. Regarding the flight of a projectile in the air, there is the particular form of the motion of bodies in a resistant medium and of the dependence of resistance on speed.
5. The deviation of the projectile from the calculated trajectory can occur due to changes in the initial velocity of the projectile, changes in atmospheric density and the influence of rotations of the earth. All of these are purely mechanical problems.
6. Tables for aiming can be correctly composed by solving the problem of external ballistics and a general theory of projectile trajectory in a resistant medium.

Thus, we see that if we set aside the process of producing weapons and projectiles, which is the task of metallurgy, the main problems posed by the artillery of that period are at their core of the problem of mechanics.¹⁷

¹⁷ See Hessen, "The Social and Economic Roots of Newton's *Principia*," 51 – 52.

THE DEVELOPMENT OF MINING AND IRON AND STEEL METALLURGY IN THE SIXTEENTH AND SEVENTEENTH CENTURIES

The Influence of this Development on the Formulation of Scientific Problems:

By the end of the Middle Ages (fourteenth-fifteenth centuries), the mining industry had already developed into a major industry. The growth of the circulation of money motivated the extraction of silver and gold. If “the discovery of America was due to the thirst for gold [...] because the enormously expansive European industry of the fourteenth and fifteenth centuries and the trade corresponding to it demanded more tools of exchange”, then, on the other hand, the demand for gold forced them to pay special attention to the operation of pits and of gold and silver mines.

The rapidly growing arms industry, which had made great strides since the invention of firearms and the introduction of heavy artillery, was a significant impetus for the extraction of iron and copper. Already by 1350, firearms had become common for the armies of Eastern, Southern and Central Europe. In the fifteenth century, heavy artillery reached a rather high level of perfection. In the sixteenth and seventeenth centuries, the arms industry made great demands on the metallurgical industry. In March and April 1652 alone, Cromwell needed 335 cannons, while in December, he required another 1,500 weapons, weighing 2,230 Tons, and an additional 117,000 shells and 5,000 hand-made bombs.

Clearly, therefore, the problem of the most effective use of mines loomed large. Above all, it posed the issue of deep cast mining. But the deeper the mines became, the more difficult and dangerous it was to work in them. A number of devices were required for pumping water from the ventilation shafts and lifting ore to the surface. Moreover, it became necessary to lay the mines and to navigate them.

Already at the beginning of the sixteenth century, mining reached an impressive level of development. Agricola left a detailed encyclopedia of mining, from which one can see the many technical devices adopted therein. Pumps and hoisting devices (winches, horizontal screws) were developed for lifting iron ore and water. The mining industry was already a complex organism in the sixteenth century, which demanded a significant amount of knowledge for its organization and administration. Therefore, it immediately grew into a major industry, unencumbered by any guild system and thus devoid of the typical inertia of the latter. Technically, it generated the most progressive and significant revolutionary elements of the medieval working class: the miners. Laying tunnels required

extensive knowledge of geometry and trigonometry. Scientist-engineers were already working in the mines by the fifteenth century.¹⁸

In his *Sarepta*, a collection of sermons given in Joachimstal between 1553-1562, the pastor Mathesius, a preacher in Joachimstal between 1553-1562, gives a lively and succinct description of all devices used in mining. He speaks about the compass in these phrases:

“These are great instruments worthy of praise and gratitude. For they lead not only travelers on land and seafarers on the high seas, but also for you, miners, located underground, they indicate which way the passages lead to and where you should go.”¹⁹

From this, we can conclude that mines were already extremely complex. It is easy to get lost there. A compass is much-needed during the installation of ventilation for new paths, the determination of the mine’s definition, borders and so on.

“It is especially necessary in the noble art of the surveyor, without which it is impossible to do anything in mining, wanting to work for the benefit of the owner of the mine, wanting to correctly set the direction of workings for their connection, to delay the flow of water, to direct a jet of air on the workings, to protect themselves from invasion from adjacent mines and so on. Surveying students were to diligently study Euclidean and basic geometry, learn the techniques of measurement, study the mechanisms applicable with these devices, and only masters of their craft were able to understand triangulation and its proportions.”²⁰

Mathesius admired the engineers. There were many of them and they were extremely highly valued for their field of labor. He finds that he should “praise the labor and work of the artisans and prefer[s] such miracle-workers who possess the truth to other mining techniques which can only restore the old mine. Indeed, princes and gentlemen also know how to appreciate such

¹⁸ See Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*,” 47 – 48.

¹⁹ Johannes Mathesius, *Sarepta oder Bergpostill: sampt der Jochimßthalischen kurtzen Chroniken* (Nürnberg, 1562), <page unknown>.

²⁰ *Ibid.*, <page unknown>.

skilled people, whom God and nature preferred to others. The Emperor Maximilian managed very well with his adepts. So, when a man, equipped with a trade in Innsbruck, constructing water drainage machines in Kuttenberg and draining a large lake with syphon-like machines, met with some abusive behavior and complained to the Emperor, then the pious Emperor stated:

“These people do not know how to deal with smart people.”

“But since in our time, thank God, surveying and other free arts are studied along with the gospel in schools, and many people already know their benefits, as well as how to use quadrangulation and triangulation for measuring the earth, then the owners of mining and mining cities should promote and help smart heads, capable and prone to this, loving mathematics and art, so that they could thoroughly study the art of surveying and invent useful and durable machines, so that at an inexpensive price it was possible to constantly extract water and ore.”²¹

Free from guild customs and restrictions, mining developed into a major industry. Technically, it was the most progressive. The machine-making industry was also very highly developed. This is what Mathesius has to say:

“The work of the miner is very heavy and many are so overstrained, moving the heavy gate, extracting ore and water that they have blood coming from the throat; many even pay with their lives because they have to stand naked all day, pumping water and carrying out the compulsory job. God’s mercy and gift is that, with the help of useful contraptions and tools, heavy labor carried out by the sweat of one’s brow, imposed upon humankind for its sins, is eased; that he instead of humans harnesses horses and with the aid of fine contraptions, by means of water, wind and fire raises water and ore from the greatest depths, so as to reduce costs and more speedily extract the hidden treasures to the surface.

A true blessing, for which both God and men should be given thanks, is that animals and the elements are also brought into service, and that many sagacious heads profitably are employed in the mining business with their inventions. The bread one procures is not sweet, standing a whole day over the pulley and making many rounds for one pfennig, enduring constant blows and jolts of the pulley and the handle. When the

21 Ibid., <page unknown>.

two of us have to take out many tubs of water in one shift (with each tub containing almost an entire bucket), this too is a hard job sucking the brain out from one's bones and shortening life. But God afforded the experts who thought up good help and attached a handle to the pulley and arranged lifting wheels so to ease the work and make it more productive. There are also lifting wheels with pulleys (*Scheiben*) and handles (*Scheibenpulsen*), stepped wheels, so that not only the arms and shoulders, but also the legs and the whole body participated in the raising of ore and water – and this is also worthy of gratitude. The vertical winch is also a wonderful thing for with its help, water and ore can be raised to the surface by horses; moreover, in one shift, one can take out more than twenty by hand pulleys. The application of a horse-powered brake pulley (*Bremsscheibe*) is also convenient. It would also be convenient and advantageous for you to suspend shafts (*Welle*) and crossbeams (*Stempel*) in the mine, so as to have spikes (*Brustwinden*), logs (*Kloben*) and wind poles (*Windstangen*). The miners also have furs (*Bulgen; Utres* in Agricola), leather bags in which they bring ore from the high mountains to houses in the winter, and carts on which empty bags are transported back to the mountains.

A wide and well-constructed shaft tunnel with a gutter for water composes a wonderful drainage structure in the mine, since water and bad air escape through it while ore is delivered in concrete skips and carts. For this, our miners should thank God and willingly, swiftly and unflinchingly pay their dues – the fourth and ninth Pfennig. But where it is impossible to construct a shaft, the latter (with great advantage) is replaced by a special drainage structure, raising the water in buckets by means of a horse-drawn pulley and special wheels driven by wind or water. On the surface, the water flowing in the ravines raises of its own accord and proceeds to the castles and mountainous areas. In the mine, such structures are impossible, because for them to work it is necessary to carry a much larger amount of water to the surface, than that which rises to the surface. The owner of the Pithi Mine died from grief from his inability to drain out the water. To raise the water from underground, you need to conduct the water to the mine from above, as was done in Pithi's mines, where the rich owner died from grief. But scientists and engineers have come up with many useful drainage facilities, especially pumps, with the aid of which the mine water appearing is pumped out by hand, horse, wind and other propellants.

You miners should sing in your songs the glory to the good man who now arranges the raising of ore and water with the help of the wind. They say that now the water is pumped out with the help of fire...”

Finally, since I am talking about different structures, I, as a priest in the mining industry should thank God for the wonderful machinery that makes it possible to conduct fresh air into the tunnels and drive out the foul air. This is done with the aid of air pipes (in Agricola, *canalis longus*, as stated in Latin), blast engines and fans. Indeed, it is not difficult to arrange a pipeline from boards over the shaft, cover the cracks in it with clay, so that clean air can penetrate into the mine, and the foul air exit through the air-purifying channel; especially where the foul air is blown by bellows, it is quickly replaced by clean air, because nature does not tolerate any place remaining empty and unoccupied.

It is said that in Kuttenberg, foul air is discharged through large pipes, similar to chimney stacks, especially when fires are lit; thus, clear air is conducted to the mine to a depth of five hundred lachters and even deeper; we, in Joachimstal, have recently constructed a similar facility, and also with the help of blast engines, conduct clear air into depths of several hundred lachters, having to build two tunnels, one on top of another, at great cost.”²²

The treatment of metals was also undergoing a great transformation. The invention of the method of melting ore by using coal was a huge step forward. The patent issued to Lord Dudley, states that he “found the secret of the art, the method and the means for smelting iron ore in furnaces with bellows, using sea or mine coal, and turning it into casting or bars of the same quality as when using charcoal.”²³

Of no lesser significance, although of another kind, was the invention of amalgamation for the extraction of silver in 1507, which made American mines very profitable. Iron processing also underwent a significant transformation: galvanizing (the first half of the sixteenth century), rolling (1615), a 6-10 quintal hammer for the manufacturing of anchors and cannons, machines for the drilling of gun muzzles all appeared in the sixteenth and seventeenth centuries. Even

22 Ibid., <page unknown>.

23 Edward Lord Dudley, “Letters Patent, 22nd February, 19 Jac. I. A.D. 1622, to Edward Lord Dudley,” in *Reports and Notes of Cases on Letters Patent for Inventions*, by Thomas Webster (London: Thomas Blenkarn, 1844), 14.

more important for the economic life of this period were improvements in the processing of precious metals, starting with the calender roll of the Frenchman Brulet in 1552 and culminating in the invention of the coil edge mill (for finishing the edges of coins), in France in 1685 thus permitting an exact mintage of coinage, and which was first used in England under Cromwell.

The development of exchange and military equipment posed the following technical problems for the mining industry:

1. Raising ore from great depths.
2. Ventilation devices in the mines.
3. Pumping water from the mines in water discharge facilities – the problem of pumps.
4. The transition from the Catalan forges method of production, which prevailed until the fifteenth century, to the blast furnace production, an integral part of which, apart from ventilation, is the problem of the blowing facilities.
5. Ventilation through means of air drafts and special blowers.
6. The processing of ore and iron with stamp mills and dividing machines.

We will now consider the physics which lay at the basis of these technical tasks:

1. Ore lifting and the task of constructing hoists, is just a simple matter of calculating the pulleys and blocks, that is, varieties of simple mechanical machines.
2. Ventilation devices require traction, i.e. their operation comes down to aerostatics, representing a particular problem of statics.
3. Pumping water out of mines and the construction of pumps, especially piston pumps, requires a great deal of research in the field of hydro- and aerostatics. Torricelli, von Guericke and Pascal grappled with the problem of raising liquids in pipes and atmospheric pressure.
4. The transition to the blast furnace immediately brought large blast furnaces into operation on outbuildings, water wheels, ash-pit bellows, stamp mills and heavy hammers.

The design of blowers for blast furnaces required the study of air movement and its compression, and posed the same physical problems as mine ventilation.

As with other facilities, the construction of stamp mills and heavy hammers, which operated by the force of falling water (or horsepower), required a

complex calculation of gears and transmission mechanisms, which is also essentially the task of mechanics. The theory of friction and the mathematical calculations of gear transmission were developed in the construction of mills.

Thus, if we set aside the great demands that the mining and metallurgical industries of that period placed on chemistry, the whole complex of physical problems did not go beyond mechanics.²⁴

ENGINEERS AND ENGINEERING IN THE SIXTEENTH AND SEVENTEETH CENTURIES²⁵

1196 ALAMANNUS DE GUITELMUS

The term 'engineer' (*encingerius*) was first used in *Annales Placentium Guelfi*, where Guitelmus was designated as the engineer of the city of Milan. He built the ditches and palisades of Vicenza.

In the next century, we find several occurrences of the word 'engineer' originating from the common root in-*cingere* (surround a city with fortifications).

1540 There has also been conjecture that the title 'engineer' first appeared in 1540 to refer to the designers of military weapons and that it came from the Italian 'ingegnos' or the Spanish 'engenno' (machine, appliance).

1621 In German, the word 'engineer' first appeared in a letter which mentions an illustrated technical manuscript *Ingenieur Buch* (*Engineering Book*)

1685 The creator of the fountains of Versailles was named the steward of machines (*Maschinen Gouverneur*)

²⁴ See Hessen, "The Social and Economic Roots of Newton's *Principia*," 48 – 49.

²⁵ Chronology designed according to Franz Maria Feldhaus, *Ruhmesblätter der Technik*, 2nd ed. (Leipzig: Brandstetter, 1926), Vol. 2, pp. 15-24. [Hessen's reference integrated]

1697 KONRAD KYESER

The title ‘Chief Engineer’ appears in a book on military disciplines by Johann Sebastian Gruber. The post of major or chief engineer is mentioned among other military positions. “He must not only thoroughly know geometry and fortifications for his position, and not only be a good theorist and armchair ‘engineer’, but, in addition to all this, he must be an experienced practitioner,” Gruber states.

The introduction of firearms immeasurably expands the engineer’s field of work. During this period, countless technical books, nearly always illustrated, appear, many of which were on weapons.

The first extant German illustrated manuscript of this kind was compiled by Konrad Kaiser from Eichstätt. One can trace this engineer’s school back to 1540.

1422 MARIANO DI JACOPO FROM SIENA

In 1422, Mariano di Jacopo from Siena compiled an illustrated technical manuscript.

1471 MARTIN MERTZ

In 1471, Martin Mertz compiled an illustrated technical manuscript.

1460 ROBERTO VALTURIO FROM RIMINI

The first printed book on engineering was compiled by Roberto Valturio in 1460, and was printed in 1472. It was republished several times until 1555.

1474 LUDWIG HOHENWANG

The first German printed technical book was published by the Augsburg printer, Ludwig Hohenwang. This was a translation of the fourth century B.C. author Vegetius, to which were added drawings by Valturio.

Leonardo da Vinci wrote a number of books on engineering (1452-1519).

1549 VANNUCCIO BIRINGUCCIO

For the first time, technical matters were separated from military affairs in a book by Vannuccio Biringuccio. The book enjoyed great success for a hundred years and was republished many times.

1556 GEORGIUS AGRICOLA

In Germany, Agricola's book about ore mining saw wide circulation.

1578 JACQUES BESSON

Jacques Besson, the engineer of the French king and who had replaced Leonardo da Vinci in this position, opens his book about machines to a series of plush editions on technical matters. Most attention is drawn not to the text, but to the drafts and drawings.

1595 In 1595, Besson's book was released in German.

After Besson, a whole number of engineers published books on technical issues and the art of engineering. These books did not represent systematic works on technical matters, but gave merely an incidental description of machines, apparatuses, etc. See below for a chronological list of these books:

1588 Ramelli
1597 Lorini
1605 Veranzio
1607 Tsonka
1613 Ziesing
1615 De Ko
1618 Strada
1629 Branka
1661 Bekler
and others

For a long time, indeed for centuries, engineers were only hired when it was necessary to produce a specific work. Later on, engineers became civil servants.

1745 In 1745, Germany's first educational institution (independent of the University) was founded in Braunschweig, which taught technical subjects. From this school arose the contemporary Braunschweig higher technical school.

1776 In 1776, Friedrich the Great founded a technical college in the royal palace. Its eventual fate is unknown.

1799 In 1799, a Building Academy was founded in Berlin, where mathematics, machine science, mechanics, hydraulics and technical drawing were all taught.

The Emergence and Development of the Main Principles of Classical Mechanics and the Arguments Surrounding Them in the 17th Century

CONTENTS OF THE SECOND THEME²⁶

This section provides a survey of the emergence and development of the main principles of dynamics, starting from the works of Galileo. A lack of space does not permit us to pay sufficient attention to Galileo's forerunners,

26 Arthur Erich Haas – Ancient Dynamics

Joseph-Louis Lagrange – On the Main Principles of Statics and Dynamics (Analytical Mechanics)

1. On Different Principles of Statics

2. On Different Principles of Dynamics

Alexander Stoletov – The Mechanics of Leonardo Da Vinci

Galileo Galilei – Studies on Mechanics

Christiaan Huygens – Studies on Mechanics

Rene Descartes – On the General Principles of Mathematics

Gottfried Wilhelm Leibniz – Studies on Mechanics: [1. *Letter on the Question of the Expansion of Bodies*. 1691; 2. *Brief Proof of Descartes's Memorable Errors* 1686; 3rd *Essay on the Dynamics of Laws of Motion* (1691); 4. *Letter to Christiaan Huygens of October 1690*]

John Smeaton – On Two Measurements of Movement (MOTION???)

Isaac Newton – On the Laws of Motion (*Isaac Newton. Philosophiae naturalis principia mathematica. Translation by A.N. Krylov. (Foreword to First Edition, Definitions, Axioms or Laws of Motion)*)

Friedrich Engels – On the Foundations of Mechanics (*Excerpts from the "Anti-Dühring" and the "Dialectics of Nature": 1. Basic Forms of Movement; 2. Measure of Movement – Labour; 3. Space and Time (Comments on the Anti-Dühring): 1. Force; 2. Indestructibility of Movement; 3. Movement and Balance; 4. Mechanical Movement*)

Johann Bernoulli. On the Dynamics of Newton and Descartes.

Roger Joseph Boskovič. On the Principles of the Construction of Mechanics.

Jean le Rond d'Alembert – On the Foundations of Dynamics

Albert Einstein – Newton's Mechanics and their Development (*Newton's Mechanics and their Influence on the Design of Theoretical Physics (from: The Natural Sciences 12/1927)*)

Richard Glazebrook. The Most Important Development Stages of Optics (*from: Nature, June 1905*)

even those such as Leonardo da Vinci. Another reason that we abandoned the idea of including the works of Leonardo here was that they played no role in the development of dynamics since they were not published until much later. We limit ourselves to publishing a speech given by Stoleto, which outlines the most important aspects of Leonardo's work. A survey of ancient dynamics is provided in the article by Haas.

Due to a lack of space, we were constrained to choose whether to present the principles of statics or of dynamics. We chose dynamics not because statics is of no interest, but because with the formulation of the principles of virtual displacements, statics reaches a sufficiently complete form, while the principles of dynamics have a much more complex history and play an incomparably more important role in the development of general physical and philosophical views and theories.

This gap in the history of the principles of statics is, to some extent, filled by a remarkable chapter from Lagrange's *Analytical Mechanics* which provides a concise survey of the principles of statics from a historical perspective, which is unrivalled in its clarity.

We preface the original works by the architects of modern mechanics with Lagrange's overview of the principles of mechanics, taken from "Analytical Mechanics" and which is a fine introduction to the whole theme.

Particular attention was paid to covering the development of the principles of mechanics when choosing the excerpts.

The development of mechanics in the seventeenth century rested not only on the question of the perpetual refinement, systematization and design of its principle foundations, but also on the disputes between different schools of thought.

One of the main objectives of this theme is to show these disputes, over the course of which the basic foundations of mechanics were crystallized. There are two fundamental axes upon which this struggle over the principles of mechanics took place: between the school of Descartes on the one hand, and those of Huygens, Leibniz and Newton on the other. Leibniz's dispute with Descartes primarily revolves around two fundamental problems: those concerning matter and motion and the measures of motion. Leibniz contrasts his own conception of matter as an active substance to a purely geometric understanding of matter endowed with a passive ability for mechanical displacement.

Descartes' view here represented by the second part of the *Principles* is countered by Leibniz's view which is given in extensive form in his article, "A Brief Demonstration of a Notable Error of Descartes", which served as a starting

point for the entire dispute concerning the two measures of motion, in “Considerations on Dynamics” and in the letter on whether “The Essence of Matter Lies Only in Its Extension.”

The dispute over the two measures of motion was not only of fundamental significance for contemporaries, but also something of great practical interest. The article by Smeaton (a famous researcher and developer of steam engines), “An Experimental Examination of the Quantity [...] of Mechanic Power”, provided below, shows that even in a later period, the problem of the two measures of motion occupied not only the minds of theoreticians but also of those of technical engineers.

D’Alembert’s interpretation of this problem can be found in the preface to his famous *Treatise on Dynamics*, provided below.

The reader will find Engels’ interpretation of the two measures of motion in the corresponding articles from his *Dialectics of Nature*.

In the dispute between Leibniz and Descartes, the significance of mass emerges as one of the basic categories of mechanics, while the significance of the law of kinetic energy (*vis viva*) acquires its full development in the works of Huygens and Bernoulli. Additionally, Leibniz clarifies the vectorial nature of the law of the conservation of the quantity of motion and thus frees the Cartesian formulation of the law from its inherent limitations.

Descartes’ *Principles* is greatly significant with respect to the development of the foundations of mechanics, since it provides further development of the law of inertia – which Galileo had expressed fairly cogently (cf. *Dialogue on the Two Chief World Systems*) –, and developed the principles of relative motion – also provided by Galileo (cf. *ibid*) and so brilliantly and systematically used by Huygens to address the issue of the impact of bodies at rest and centrifugal force.

In the works of Galileo, the most important principles of mechanics are contained in a more or less developed form. The selection of excerpts from his works aims to provide an idea of the development of the main principles of dynamics. Therefore, his *Discourses and Mathematical Demonstrations* is presented here in a much fuller form than his famous *Dialogue on the Two Chief World System*, from which we provide only those sections where Galileo expounds his principles of relativity, and where he introduces his idea of centrifugal force. Galileo had a clear idea of centrifugal force, but he was wrong with respect to its magnitude and believed that any small force of gravity could counterbalance its action. Huygens was the first to provide a correct theory of centrifugal force. Unfortunately, due to a lack of space, we had to neglect Galileo’s astronomical

works, which played a significant role in the development of mechanics; just as in the selection of Newton's works, we omitted nearly all of his cosmogonic and astronomical works. However, this made it possible to fully cover here the development of the basic principles of dynamics.

Huygens's works in the field of mechanics differ from Newton's not only in the way they were constructed, but also in the basic principles that underlie their study.

Huygens was a direct successor to the works of Galileo. The principle of relative motion, the law of inertia and the laws of centrifugal force are all brought to culmination in his works.

While Galileo's mechanics are essentially the mechanics of material points, Huygens is the first pioneer in the mechanics of a system of material bodies (of material points). That is why Huygens could not be satisfied with those principles provided by Galileo alone. In solving the problem of the center of the oscillations of the system of material bodies in general terms, he had to resort to a new principle.

This principle is expounded by Huygens in the fourth part of the excerpts from his *The Pendulum Clock*, which are provided below. Huygens places at the foundation of his study the principle that while moving freely a center of gravity cannot rise above that position which it occupied at the beginning of the movement. However, this provision was not only met with general rejection, but was strongly attacked by Newtonians. This controversy is represented here by a number of letters. Apparently, even Newton himself was not inclined to afford this principle with much significance, and in the first edition of his *Principles*, he provides a result that contradicts it in his discussion of the displacement of water from a vessel (cf. the letter of Huygens given on page ?). Though this was corrected in the subsequent editions of *Principles*, it seems that Newton did not change his attitude towards Huygens's principle.

Newton's work is represented by a lengthy excerpt from his *Principles*. In contrast to the work of Huygens, who developed his principles of mechanics in connection with solutions to concrete problems (on the motion of bodies in collision, on centrifugal force, on the complex pendulum), the work of Newton takes up the task of attempting to provide a system of mechanics.

Mechanics finds its preliminary culmination in the *Principles*. The principles of mechanics which had been developed by Newton's predecessors are combined and systematized in this work. Here, we see the birth of that tendency in mechanics inextricably linked with the name of Newton and which was the reigning school of thought in physics for more than two centuries. That is why it

is particularly interesting to compare Newton's conception of mechanics with those of Leibniz and Huygens, which represent their own particular schools of thought.

There is no doubt that Newton's law of gravitation and his astronomical works made a much greater impression on his contemporaries than the fundamentals of his mechanics. Here, however, we will be exclusively concerned with the fundamentals of mechanics provided there.

The ideas of celestial mechanics and, above all, the role played by the central forces therein as well as in all of Newton's mechanics, had a profound influence on the development of his physics and a particularly strong impact on the development of electromagnetism. A special topic in the second part will be devoted to Newton on the problems of long-range and short-range actions.

In Newton's *Principles*, the problem of space and time as physical categories is posed in its entire scope for, perhaps, the first time. We have therefore provided the relevant passages from the *Principles*, leaving a detailed analysis of this problem to the second part, where it will be provided in connection with the principle of relativity. Here, we provide Engels' statements about space and time as well as about the main categories of mechanics.

The disputes over the conceptions of physics between Cartesianism and Newtonianism are not merely over their positions on the conceptions of matter, but also over the question of the causes of gravitation and of long-range and short-range actions.

Despite their struggle against the physics of Descartes, when it comes to the nature of gravity and of long-range and short-range actions, Leibniz and Huygens mainly align with the thought of Descartes. Leibniz and Huygens tried to develop a vortex theory of gravity, but without much success. (Huygens devoted a special work to this question: *On the Cause of Gravity*).

The struggle between these conceptions will be presented in detail in the topics about short-range and long-range actions and in the history of the development of views on the nature of force. In this theme, we provide only a few letters by Leibniz to Huygens directed against the theory of gravity and the force of long-range action.

The further development of the struggle between Cartesian and Newtonian schools, particularly in eighteenth-century France, represents one of the most interesting pages in the history of physics, to which we also refer in the second part. In order to give some idea of this dispute, we provide excerpts from the work of Johann Bernoulli, which provide a comparison between the systems of Descartes and Newton. Unfortunately, Bernoulli's voluminous mathematical

calculations relating to the calculation of the orbits of the planets, had to be omitted due to a lack of space, limiting us solely to that section of the text which sets out the fundamental formulation of the question.

The most extreme tendency in the theory of long-range action, combined with the pure dynamism that brings the matter to unextended centers of power, appears in the work of Vescovini, from which we have provided excerpts from the first part.

All preconditions for an analytical interpretation of mechanics were created in works of Galileo, Descartes, Huygens and Newton.

One of the first systematic works on analytical mechanics (after Euler), and which lays out mechanics mainly in the form that we know it today, is the famous treatise by D'Alembert. We provide the whole preface to this treatise, in which D'Alembert raises the most fundamental questions about the categories and principles of mechanics.

In order for the reader to gain some perspective on the further development of mechanics, we provide an article by Einstein, written for the Newtonian bicentennial anniversary. This paper provides a general perspective on the further development of Newtonian mechanics and relativity theory and a general evaluation of classical mechanics. This problem will be covered in more detail in the second part, in the topic of the theory of relativity.

The seventeenth century was an epoch of great discoveries in the field of optics, especially in physical optics. However, as a physical discipline in this age – both in terms of its relative significance, and in its impact on the development of other subfields of physics –, it cannot be compared with mechanics. Therefore, we discuss the development of optics, as well as the doctrine of electricity and magnetism, in the second part, where the general development of the doctrine of light will also be presented, starting from mechanical theories (Huygens, Young, Newton and Fresnel) and ending with the electromagnetic theory of light.

In order to give the reader a general idea of the development of optics, we include in this theme an article by Glazebrook, which contains a concise overview of the most important stages of its development.

The Problem of Matter and Movement in Newton's Physics. The Struggle of Materialism and Idealism Concerning This Problem in the Seventeenth and Eighteenth Centuries

CONTENT OF THE THIRD THEME²⁷

The second theme offers a portrayal of the disputes between the schools of thought in physics. The third theme aims to show the ideological struggle concerning these basic categories in physics.

Freeing natural science from theology was a huge impetus to its development. However, this liberation was not accomplished immediately, and the theological elements were quite strong even among the leading natural scientists of this age.

One of the main objectives of this theme is to show the struggle of materialistic schools of thought against the idealistic and theological aspects of the physics of the XVII century. It is not possible to represent this struggle in all of its detail given the unusual amount of the material. Therefore, we selected the Newtonian conception as it had the most influence on the subsequent development of natural science. The problem of matter and motion in the Newtonian conception is highlighted.

The general features of the philosophical schools of thought in this age are provided in Herzen's remarkable *Letters on the Study of Nature*.

After this, follows the fine history of the development of materialism in England and France, provided by Marx in his *German Ideology*.

Newton's worldview took shape and developed in the age of the intense class struggle of the English Revolution. Engels' preface to the English edition

²⁷ Characteristics of the Main Schools of Thought in the Seventeenth and Eighteenth Centuries.
Struggle for A New Natural Science Conception of Matter and Motion in Newton. Theological Motifs of His World Outlook.
Materialist Critique of The Newtonian Conception of Matter and Motion.

of *From Utopia to Science* provides a picture of the class struggle at the time of the English Revolution and explains the characteristic features of the mindset of English natural scientists, including that of Newton.

Excerpts from Engels' "Natural Science in the Spirit World" provide a concise and vivid characterization of empiricism as a scientific method and explain why consistent empiricism leads to theology and mysticism. Herzen's *Letters* and the excerpts from Hegel's *Encyclopædia* also provide general characterizations of the empiricism, which was so typical of natural scientists of this age. The seventeenth century was a time of fierce conflict between the universities and the progressive science outside the university, centered in the scientific societies emerging at the time. We devote a special section to the features of this struggle. Scientific journals played a significant role in the dissemination of scientific knowledge and the development of a new form of communication between scientists and scientific institutions in this age, the development of which is represented by a number of materials.

The significance of Newton's "*Principles*", of course, is not limited to their significance for technology. The very title of Newton's main work indicates that he provides a system, a worldview. One of the main ideas of Newton's cosmogony consists in representing the movement of the planets as a consequence of the combination of two forces: one, the central one, directed towards the sun, and the other, a tangential one, comprised of an 'initial' impulse. Newton left it to God to carry out this initial impulse, though he "forbade him any further interference in his solar system."²⁸

In this singular 'division of labor' regarding the management of the universe between God and mechanical causality resides the interweaving of religious dogmas with the materialistic principle of causality, which is typical of many English natural scientists.²⁹

Regarding the problem of the relation between matter and motion, Newton views it from the point of view of the pure modality of motion. Therefore, he searches for the initial cause of the origin of planetary motion; and, because this motion cannot be explained by the force of gravity alone, he introduces the creator, who gives matter the initial impulse. The idea of a deity in Newton's system is not incidental, but closely related to his concept of matter and motion.

28 Friedrich Engels, *Dialectics of Nature*, in *Marx & Engels: Collected Works*, vol. 25 – *Engels*, ed. Natalia Karmanova, et al. and trans. Clemens Dutt (London: Lawrence & Wishart, 2010), 480.

29 See Hessen, "The Social and Economic Roots of Newton's *Principia*," 67.

These theological aspects of Newton's system are very vividly expressed in the third book of the *Principles*, of which we have included excerpts, as well as in the well-known questions of his *Optics*.

But apart from this, there are even more significant documents which show Newton's orientation towards the theological and his relation to materialism, which gained wide popularity in England at that time. Here, we refer specifically to Newton's famous letters to Bentley, which we include in full along with one of Bentley's letters to Newton.

The dispute between Leibniz and Clarke regarding the Newtonian conception of divinity and matter and motion is of equal interest. Although Newton himself did not participate in this dispute, Clarke served as his official representative. Clarke's letters to Leibniz were looked over by Newton. The dispute with Leibniz is essentially a continuation of the polemic regarding the two measures of motion, along with other matters.

Based on theological argumentation, Leibniz challenges Newton's idea of the indivisibility of motion (its efficacy) from matter.

If Leibniz conducts his criticism of Newton from an idealistic standpoint, then in a somewhat later period (at the beginning of the eighteenth century), we find a materialist critique of Newton's views on the part of Toland.

In the excerpts from his *Letters to Serena*, John Toland aims his sharp criticisms against the conception of the modality of motion. Motion, he claims, is an actual and indivisible feature of matter. It should be included as an integral part of its definition. Only this conception, Toland justly affirms, provides a rational explanation of the law of the constant quantity of movement. It resolves difficulties regarding the motive force and the initial impulse. Thus, the problem of the self-motion of matter was clearly posed in the controversy between Leibniz and Toland with Newton, and received a definitive solution in the teachings of Marx, Engels and Lenin.

Newton's deity has two functions: it provides the initial impulse to matter and puts the disturbed orbits of celestial bodies in order (see Leibniz's correspondence with Clarke). In other words, God is necessary for Newton not only as a first mover, but also as a factor ensuring the lengthy stability of the solar system which Newton considered unstable.

Laplace's critique of Newtonian cosmogony proceeds along these two lines. Firstly, Laplace proves that the solar system is stable in itself, and secondly that the construction and origin of the solar system can be accounted for without any divine initial impulse, if one accepts that motion is an original aspect of matter.

Thus, Laplace proceeds along the same position outlined by Toland, though on a purely physical plane.

But, the work of Laplace and Kant is important not only in this respect. As Engels points out (see the old introduction to the *Dialectics of Nature*), the cosmogonic hypothesis of Kant-Laplace made a breach in the worldview that nature has gone unchanged since time immemorial.

Together with their works in natural science is included the idea of development, which will later become the guiding thread of the whole study of nature.

CHARACTERISTICS OF THE MAIN PHILOSOPHICAL SCHOOLS OF THOUGHT IN THE SEVENTEENTH AND EIGHTEENTH CENTURIES³⁰

STRUGGLE FOR A NEW NATURAL SCIENCE

The development of productive forces set before science a number of practical goals which required their resolution with urgent necessity. Official science, which was concentrated in the medieval universities, not only made no effort to solve these tasks, but actively opposed the emerging natural science. The universities of the fifteenth to the seventeenth centuries served as a bulwark of feudal mores. They were not simply bearers of feudal traditions, but also their active defenders. In 1655, during the struggle between guild masters and the workers associations, the Sorbonne actively sided with the masters and the guild system, supporting the masters with proofs from science and Holy Scripture.”

The whole doctrinal system of the medieval universities was an accomplished scholastic system. Natural science had no place in the universities of

³⁰ Alexander Herzen. Letters on the study of nature (scholasticism, rationalism, empiricism)

First Letter. Empiricism and Idealism

Fifth Letter. Scholasticism

Sixth Letter. Descartes and Bacon.

Seventh Letter. Bacon and his School in England.

Karl Marx. The Holy Family (on English and French materialism). Critical comparison with French materialism.

Friedrich Engels. Excerpts from the “Dialectics of Nature” and *Anti-Dühring*.

1. Natural Science in the Spirit World

2. Old Introduction to *Anti-Dühring*.

Hegel. On Empiricism. Excerpts from the *Logic*. Encyclopaedia of Philosophical Sciences.

Friedrich Engels. Preface to the English edition of *The Development of Socialism from Utopia to Science*. (Class struggle in the era of the English Revolution).

the Middle Ages. In Paris in 1355, teaching Euclidean geometry was only permitted during the holidays. The books of Aristotle constituted the main disciplines of “natural science”, and all living content was eviscerated from them. Even medicine was taught as a logical science. No one was allowed to study medicine unless they had studied logic for three years. Admittedly, for acceptance into medicine, a certificate was required, but not one of any relevance; rather, it was a testimony to the fact that the student had come from a legal marriage. But clearly, one of these non-logical arguments was insufficient for medical knowledge. The well-known surgeon, Arnold Villeneuve from Montpellier, complained that even the professors from the Faculty of Medicine not only could not cure patients of the most ordinary illnesses, but that they were even unable to give their patients an enema.³¹

“Anything which is not in Aristotle does not exist for them.”³²

When Galileo invented the telescope and discovered the phases of Venus, trading companies turned to him for his telescope (which surpassed those manufactured in Holland), while University philosophers did not want to hear about these new facts.

With the same force that the fading feudal order waged in the struggle against the new progressive means of production, the feudal universities stood up against the new science.

“We will laugh, my Kepler” Galileo wrote bitterly to Kepler on the 19th August 1610 “at the extraordinary stupidity of the multitude. What do you say to the leading philosophers of the faculty here, to whom I have offered a thousand times to show my studies but who with the lazy obstinacy of a serpent have never consented to look at planets, nor at the Moon, nor even the telescope itself. Verily, the eyes of these men are closed to the light of truth. Remarkable as it is but they do not occasion any surprise. People of this kind think that philosophy is a book of some sort [...] and that the truth is not to be sought either in the world or in nature but by comparing texts!”³³

31 See Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*,” 53 – 54.

32 Ibid., 54.

33 Galileo Galilei, Letter to Kepler (19 August 1610), in *Le Opere di Galileo Galilei*, vol. 10, ed. Antonio Favaro, et al. (Florence: Barbèra, 1890 – 1909), 421 – 423. See Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*,” 54.

When Descartes resolutely came out against the Aristotelian physics of hidden qualities and against university scholasticism, he encountered fierce resistance on the part of the Vatican in Rome and the Sorbonne. In 1671, theologians and physicians of Paris University solicited a government resolution, which condemned the teachings of Descartes.

In a caustic satire, Boileau ridicules the scholastics' petitions made to the scientists. We present in full this remarkable document, which superbly illustrates the situation in medieval universities.

Still in the second half of the eighteenth century in France, Jesuit professors could not yet come to terms with Copernicus's theory. In 1760, Fathers Le Seur and Jacquier considered it necessary to make the following observation in the Latin edition of Newton's *Principles* in 1760:

“Newton in his third book accepts the hypothesis of the movement of the earth. The proposition of the author cannot be explained except on the basis of this hypothesis. We have therefore been forced to act from a position not our own. But, we openly declare that we follow the decree released by the Supreme Pontiffs against the movement of the Earth.”³⁴

The universities almost exclusively prepared theologians and lawyers. The Church was the international center of feudalism, and was itself a major feudal overlord, since it owned no less than a third of Catholic tenure.

Medieval universities were a powerful weapon for the domination of the Church. However, those technical problems which we outlined in the first theme required a tremendous amount of technical knowledge, and significant mathematical and physical training. If the sciences began to develop with miraculous speed after the dark night of the Middle Ages, then we owe this to the development of industry (Engels).

Since the Crusades, industry began developing in tremendous strides and acquired a wealth of new facts (metallurgy, mining, the arms industry, the dyeing trade) which not only supplied new material for observation, but also new methods of experimentation as well as the construction of new tools. One can say that a systematic experimental science has only been possible since that time. Furthermore, the great geographical discoveries, which were also

³⁴ Thomas Le Seur & François Jacquier, Preface to *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, vol. 3, 2nd Ed. by Isaac Newton, ed. Thomas Le Seur & François Jacquier (Cologne: Sumptibus Cl. & Anti. Philibert bibliop, 1760). See Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton's *Principia*,” 54.

ultimately determined by productive interests, delivered a tremendous amount of material, which had previously been inaccessible, in the fields of physics (e.g., magnetic declination), astronomy, meteorology and botany.

Finally, in the middle of the fifteenth century, a powerful weapon emerged in the distribution of knowledge, namely the printing press.

The construction of canals, locks and vessels, the laying of tunnels and mines, their ventilation and pumping out of water, the calculation and the building of firearms and fortresses, the problems of ballistics, the production and calculation of navigational instruments, the development of methods to orient the vessels; all this required an entirely different type of people than those being prepared in the universities. Already during the third quarter of the sixteenth century, Johannes Mathesius, in listing the minimum knowledge necessary for a surveyor, shows that he should fully possess the method of triangulation, should be well-acquainted with Euclid's geometry, know how to use a compass well (which was necessary for laying tunnels), be able to calculate the correct direction of the mine and know the structure of pumps and ventilation equipment. He points out that theoretically educated engineers were needed for the laying of tunnels and the development of mines, as these affairs are far superior to the forces of a simple uneducated miner. Of course, all of this could not be learned in the universities of that time. The new science grew up as an extra university science through the struggle with universities.

The struggle between university science and the science beyond the university, which served the needs of a rising bourgeoisie, is a reflection of the class struggle of the bourgeoisie with feudalism in the ideological sphere.

Step by step, a thriving bourgeoisie proceeded with the rapid development of science. The bourgeoisie needed a science for the development of its industry which investigated the properties of material bodies and the manifest forms of the forces of nature. Prior to then, science had been a humble servant of the church and was not permitted to go beyond those limits established by faith. The bourgeoisie needed science and science rose up against the church alongside the bourgeoisie. So, the bourgeoisie came into conflict with the feudal Church (Engels). In addition to professional schools (surveying schools, schools for trained gunners), the centers of new science (new natural science) were also the non-university scientific societies.

In the 1650s in Florence, the renowned Florentine Accademia del Cimento was founded, which aimed to study nature through the means of experimentation. On its team, it boasted such scientists as Borelli and Viviani. The Accademia was the spiritual heir to Galileo and Torricelli, and continued their work.

Its motto is “provando e riprovando” (to check and check again, experimentally).

In 1645, a group of natural scientists emerges in London, who met up daily to discuss scientific issues and new discoveries.

The Royal Society was born from this group in 1661. It united the most advanced and outstanding scientists in England and in opposition to university scholasticism, taking as its motto “*nullius in verba*” (take nothing at its word).³⁵ Robert Boyle, William Brouncker, Christopher Wren, Edmond Halley and Robert Hooke all took an active part in the Society. One of the leading members of the Royal Society was Newton.

We see how the ascending bourgeoisie placed natural science at its service; that is, at the service of the development of productive forces. Being the most progressive class at the time, it thus required the most progressive science.

The English revolution provided a powerful impetus to the development of productive forces. There was a need not only to solve individual problems empirically, but also to lay a sturdy theoretical foundation for solving the general methods of the whole ensemble of physical problems, which in turn fostered the development of productive forces and new technology.³⁶

OLD UNIVERSITIES AND THE STRUGGLE AGAINST THE NEW SCIENCE

By the seventeenth century, universities founded in the Middle Ages were bulwarks of scientific reaction and scholasticism. The disciplines taught in the university in no way responded to new demands.

If we move on to consider, Mullinger asserts, this and to what extent the courses taken at the student [in the seventeenth century], differ from the courses, considered in the analysis of the Middle Ages, then we see that the anti-conservatism in the field of the secular sciences is almost as surprising as the innovation in the theological sciences. We already saw that, according to the Statutes of 1549, the study of mathematics was replaced by that of grammar. In the Elizabethan statutes, mathematics was not at all obligatory for students of the course. It is true that a professor of mathematics was still teaching, but there is no information of whether attending these lectures was in any way

35 Horace, “To Maecenas,” in *The Epistles of Horace*, vol. 1, ed. and trans. Evelyn Shirley (Cambridge: Cambridge University Press, 1888), 1.

36 See Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*,” 54 – 56.

obligatory; those attending them turned out to be second year students or bachelor students of the arts. It is, perhaps, not superfluous to note that the volume of information which they were able to receive, was destroyed. They were lectured on the principal rules of arithmetic, set out by Cuthbert Tunstall or Girolamo Cardano. In terms of geometry, they could go as far as Euclid's definitions, axioms and some theorems of the first book [of the *Elements*]. The information that could be obtained from cosmography and astronomy was even less satisfactory because not only were they meager, but were for the most part simply incorrect. In the century of Galileo and Kepler and almost a hundred years after Copernicus arrived at his great discovery, the students of Oxford and Cambridge still drew their knowledge about the celestial system from Ptolemy's *Almagest*; and although no less time had passed since Magellan and Vasco da Gama had circumnavigated the southern continent, these students were still turning to Plato's *Timaeus* for information about cosmography and for geographical information they turned to pagan writers of the first century; Strabo or Plinius or to those short essays in which Pomponius Mela summed up the geographical knowledge of the Romans of the Claudian age.

The explanation for this surprising indifference to the sciences, then called "mathematical", was not to be found in the spirit of conservatism alone. The statements of the great mathematician Wallis, who entered the College of Emmanuel in 1632, illuminates this question in another way. "Even in that time," he tells us, "the mathematicians in London were studying in London more than in any other university,"³⁷ because the subject matter denoted by this term was considered to belong to practical life rather than to the usual university program; that is, to that class "of mechanical disciplines, that is to say, to that class of "mechanical objects (of study)" which, in the expression of Bacon, were considered by those if there were "a shame for science to lower itself to research or consider them [...]."³⁸

The place of "mathematics" was taken by rhetoric. The most assiduous and bright recipients of a bachelor's degree clearly wished to combine the study of the traditional ethics, physics and metaphysics of that time with their narrow education.

But, in order to prevent that exaggerated impression which certain terms which are full of significance in the present day, one should remember that the

37 John Wallis, "Dr. Wallis's Account of some Passages of his own Life," in *Peter Langtoft's Chronicle*, ed. Thomas Hearne, M.A. (Oxford: The Theater, 1725), cxlviii.

38 <Source unknown>.

scholastics were still thought of as the main authorities in these questions and that when it came to the research of some disputed issue in physics, the statements of a Roman or Greek Church Father were often considered to have the last word.

Every new opinion was forbidden. The following excerpt from the *Ratio studiorum* of the Jesuit Acquaviva offers a certain idea about the spirit of teaching at that time:

“The teacher is not to permit any novel opinions or discussions to be mooted; nor to cite or allow others to cite the opinions of an author not of known repute; nor to teach or to suffer to be taught anything contrary to prevalent opinions of acknowledged doctors current in the schools. Obsolete and false opinions are not to be mentioned at all even for refutation nor are objections to received teaching to be dwelt on at any length [...]. In philosophy Aristotle is always to be followed, and Thomas Aquinas in general [...].”³⁹

For a long time, the situation of the universities did not change at all. No changes were made to the Oxford statutes from 1570 up to 1859, just as there were no substantial changes in the organization of Leipzig University from 1558 until 1830. In the regulations of the Theological Faculty of Bologna University, nothing changed from 1360 until 1783. Indeed, universities in the eighteenth century surpassed all records for conservatism. In Germany, for example, while on the one hand, 1733 saw the founding of Göttingen University, which was to prove a safe haven for the sciences, on the other hand, in 1740, the University of Innsbruck refused to open a department of botany and chemistry, and the study of the latter was to take place in pharmacies. In Erlangen, the Professor of Chemistry had to conduct all laboratory classes at his own home and with his own equipment from 1754 to 1769.

“The universities – writes Monroe – responded much less quickly to new educational ideas than the secondary institutions. Theological-classical scholasticism controlled German universities throughout the seventeenth century; but in 1694, the University of Halle was founded chiefly

³⁹ Thomas S. Baynes, ed., “Jesuits,” in *The Encyclopædia Britannica: A Dictionary of Arts, Sciences, and General Literature, 9th Ed., vol. 13* (Edinburgh: Adam and Charles Black, 1881), 651.

as a protest against the old university. Halle is considered the first modern university, for there saw first the 'real' subjects taught with the new method and in the modern tongue. Franke mentioned in connection with the real schools, and Thomasius, who had been expelled from Leipzig because of their too liberal ideas, made Halle the center of the new influence. The costume of using German in the university lecture room, introduced by Thomasius, who also produced the first German magazine, soon spread, as did also the university teaching of the natural sciences and a more liberal philosophy.

In 1737, the University of Gottingen became a second such center of these same influences. By the close of the century, the conquest of all universities, at least of Protestant Germany, was complete.

The conservative English universities responded much more slowly and much less thoroughly to the new influences. During the professorship of Isaac Newton (1669-1702) and the headmastership of Richard Bentley (1740-1742), Cambridge was given the strong mathematical bent, which it has retained ever since, while the mathematical and physical sciences were also fostered. During the eighteenth century, the Georges founded a number of royal professorships in history and the sciences. But unlike Germany, there was no such renovation of the university there according to the new spirit until late in the nineteenth century.”⁴⁰

Vladimir Guerrier offers a picture of university life and the struggle between scholasticism and humanism in France:

Like other medieval institutions of France, for example the parliament, the university was born under the tutelage of royal power and was on the receiving end of its centralizing principle. In France there were several parliaments, but the Parisian parliament was the main one; that is, the highest legal and governmental institution of the whole state. In the very same way, the Parisian University was the highest scientific institution for the entire kingdom, and its history coincides with the history of the French Enlightenment. The remaining universities were nothing more than its provincial affiliates. French universities have yet another similarity with its parliaments. The latter acquired such a rigid organization,

⁴⁰ Paul Monroe, *A Text-Book in the History of Education* (London: Macmillan & Co., Ltd.; New York: The Macmillan Company, 1909), 501 – 502.

and were shielded by such secular privileges and supported by such extensive class interests, that they became almost inaccessible to the influence of time and new arrangements. The university even lagged behind society at large.

In the beginning of the sixteenth century, the University of Paris became the bulwark of scholasticism against the influence of humanism. King Francis I, as a patron of humanism, had to create a special institution, independent of the university, to support it. This was the famous Collège de France, which exists to this day. The college originally consisted of twelve professors who were appointed by the king himself. They did not belong to the university and their lectures were both public and free. Here, for example, a fearless champion of humanism, of genuine philosophy and of sound pedagogical instincts against vacuous scholasticism like Pierre de la Ramée [*Petrus Ramus*] found refuge from the persecution of offended scholastics. De la Ramée had to struggle throughout his life with his enemies from the universities and perished from their revenge during the St. Bartholomew's Day Massacre. The University showed the same tenacity later in the struggle against the Jesuits who wished to subordinate popular education to their will and to infiltrate the university. Despite having the support of the government, the Jesuits managed only after great efforts to acquire their right to open schools and public courses. Their struggle did not end there, as the university did not permit young people to enter the Jesuit courses to enter the magisterial exams. It was only during the reign of Louis XIV that the Jesuits finally prevailed over the resistance of the university.

In its struggle with the Jesuits, the university was concerned about its own monopoly and not in some substantial difference in the direction and method of teaching. As far as the latter was concerned, enmity was much fiercer, and the university directed such enmity towards Cartesianism.

Humanism was odious to the university because it insisted on a classical education, and based its instruction on the study of the best writers of Greek and Latin literature; so too was Cartesianism, because it placed mathematics and physics in the forefront, and rejected all the scholastic trash which was supported by the authority of the great Aristotle and required [...] dialectical artifice in the place of physical experiments and anatomical specimens. These innovations scared those who lived complacently in the world of *substantial forms* and for the sake of their bizarre metaphysics garbled the Latin language just as they distorted the simple meaning of man. These philosophers had not wanted to recognize any truth in these innovations.

All candidates for philosophy degrees were obliged to acquire their first laurels in the struggle against Cartesianism and to speak out against the new doctrine with the rusty weapon of scholastic dialectics. But, the doctrine soon began to infiltrate the ranks of its opponents, and this only further hardened the university's stance.

When the Archbishop of Paris conveyed the King's decree to the university in 1671, according to which any new doctrines departing from received teachings should be excluded from university teaching and that not a single proposition drawn on these new doctrines should be discussed in scholastic debates, all the faculties (led by the Theological Faculty) hastened to declare their submission and their zeal in prosecuting any innovation. The Medical Faculty did not lag behind the Theological Faculty and the enquiry from Reims Medical Faculty over whether one should reject debating a medical thesis, in which the influence of Cartesianism was reflected, replied that this should not be permitted and that one should respectfully comply with the Royal decree. But, the opponents of Cartesianism were not content with these administrative measures alone: they wanted to obtain a formal prohibition from parliament against disseminating Descartes' doctrines within the kingdom under pain of severe punishment. The university was already preparing a petition along these lines, and the first President of the parliament, Lamoignon, told his acquaintances that there was no way he could not carry out the university's wishes. But to the honor of the university, such an edict was not enacted. Some passionate adherents of Descartes were among its members. And eventually, this whole affair precipitated grave concern in broader society. Arnauld presented a note to parliament, in which he proved with great merit the impossibility of prohibiting the Cartesian doctrine and the harm that such a measure would provoke. History, he states, persuades us that no law can force people to prefer one philosophy over another, and that any such attempt can only undermine the authority of legislative power. Cartesianism was reproached in vain for the fact that it could not be brought into compliance with Church dogmas. The same can be said for any other philosophy. This originates from the fact that any doctrine based exclusively on conclusions drawn from reason is insufficient and cannot satisfy the requirements of faith. If one is to preserve inviolate the principles of faith from the conclusions of reason, then any philosophical system really based on the laws of reason can be made to concord with faith.

A perhaps stronger effect than these philosophical proofs was exerted on public opinion and parliament by the satire written by Boileau together with Racine and Bernier. In this satire which Boileau introduced to his friend

Lamoignon the poets lampooned parliament's regulation against Cartesianism in favor of university scholasticism even before its enactment.

In light of such a strong feeling in society, the University of Paris stopped short of submitting its petition (prohibiting the teaching of Cartesianism) and the Parliament's decision was never enacted. But the example of the main university affected the provincial ones. The University of Angers was to distinguish itself in its prosecution of the new philosophy. Cartesianism was especially prevalent there, due to the activity of several professors who belonged to the Order of the Oratorians and who, therefore, were less dependent on their scholarly colleagues. André Martin was one of the first proponents of Cartesianism, although he found it necessary to work under a pseudonym. His successor in the department, Bernard Lamy, acted even more audaciously. Coquery, the principal of the college who established the order of the Oratorians at the university, also belonged to the adherents of Descartes. In 1675, Angers University received a royal message which, using the example in line with the University of Paris, instructed that the dissemination of new doctrines should in no way be allowed in lectures. Upon the receipt of this message, the whole university decided to take heed and put it in the archive. They then gathered all the rectors of the college, the professors of philosophy and the abbots at the monastery, in order to oblige them to fall in line with the university's decision and finally, to henceforth subject all theses and handwritten textbooks of philosophy to censorship by a special commission appointed by the University. Only Coquery protested and appealed to the Parisian parliament. There in the previous three years, Cartesianism had made great strides, for the parliament annulled the resolution of Angers University and summoned it to court for its abuse of power. But because of this decision, the Parliament itself came into conflict with the government, and at a time when absolutism was in full swing. Shortly before this, the young Louis had appeared at parliament in a hunter's costume and with a whip in his hands. Therefore, following the verdict of the parliament, a royal decree was issued, which annulled this verdict and confirmed the prohibition imposed by the University of Angers against Cartesianism and against its adherents in the Oratorian order.

The universities' opposition against Cartesianism was particularly rigid in character as a result of the fact that the Faculty of Theology was dominant, and because the majority of theologians considered Cartesianism to be incompatible with Christian religion, as it rejected the metaphysical scholastic explanation of the doctrine on transubstantiation. Just as humanism, being outcast by universities, had to search for another body, thereby giving rise to the Collège de France, so too Cartesianism found shelter outside the university and was

the cause of the emergence of new scientific institutions. It found this refuge in academic societies, a new phenomenon characteristic of this age. Such societies became legion; in Paris alone, there were around twelve of them. Initially, they had no clearly defined organization, but several of them soon acquired a more coherent character. Eventually, the government turned its attention towards them and under its patronage, formed the Academy of Sciences in 1666 which brought about a fruitful outcome.

We encounter a similar phenomenon in England. There too, the need to find new bodies besides the antiquated universities to successfully develop mathematics and the natural sciences led to the organization of scientific societies and finally, to the establishment of the London Royal Society, which was soon to become famous due to the name of Newton. In France, even in Descartes' lifetime, societies and assemblies of scientists existed which were dedicated to developing his philosophy and which attempted to confirm its outcomes through physical experiments and anatomical research. The Parisian scholars gathered around either Father Mersenne in the Franciscan monastery (*aux Minimes*), or at the place of Abbot Picot's, where Descartes would stay when he came to Paris, or at the place of Habert de Montmor, a member of Parliament. The latter was so devoted to the new doctrine that he begged Descartes to accept a cottage from him as a gift, which would earn an income of 3,000 to 4,000 livres. The members of the society gathered every week at Montmort's to expound and explain Descartes' philosophy. But, Descartes' followers were not content with the scientific societies being accessible only to a few; they disseminated the new philosophy with the aid of public lectures and discussions at which members of all social strata attended. The well-known physicist Rohault, one of Descartes' most scholarly and talented followers, held a public meeting every Wednesday in his house which was attended by bishops and abbots, court doctors, philosophers, mathematicians, teachers, students, provincial Frenchmen, foreigners and artisans; in a word, people of all ages, genders and ranks. In this society, 'ladies came first'. Rohault presented physics at these gatherings, beginning with theory and supporting it with the most precise experiments. Moreover, he allowed everyone to interrupt him with questions and objections. Régis (Pierre-Sylvain) emerged from this school, and went on to read similar public lectures in Toulouse and Montpellier. Upon his return to Paris and after Rohault's death, he renewed his public lectures in 1680 with such success that he harmed his own cause. The Archbishop of Paris, alarmed by the commotion caused by these courses, ordered them to be closed after six months. In his eulogy to Régis, Fontenelle tells us that the interest which they

stirred was so great that one needed to arrive long before the start in order to find a free place.⁴¹

THE STRUGGLE AGAINST FEUDAL UNIVERSITIES

Ratke, Bacon, Comenius and other advocates of progressive ideas of the seventeenth century conducted their work outside the university which had little sympathy for new ideas. Neither the philosophers Descartes, Hobbes and Locke, nor the scientists Harvey and Boyle, nor Bacon (who represented both science and philosophy) were close to the university milieu. Thus, it turned out that new ideas came to fruition in secondary schools and other organizations. The first Academy of Natural Sciences was founded in 1619 in Rostock. During the reign of Frederick the Great (1740-1786), the Berlin Academy was a powerful agent of new ideas.

At the end of the Thirty Years' War (1648), the Ritterakademien (literally 'Knight Academies', which were high schools that specialized in educating the sons of the nobility) once again played a role and became the agent for disseminating rationalist and practical new ideas in contrast to the scholastic and formalistic universities and gymnasia.

In England, Hobbes conducted the struggle against scholasticism and the old universities.

We know that Cromwell wished to establish a new university in the North of England. Hobbes, on the other hand, thought that transforming old universities and freeing them from scholasticism would be, if not easier then at least more feasible. Through his friend, Henry Stubbe, a scholar and physician, Hobbes took part in the Oxford controversy of 1659. One of the disputants, William Dale, used arguments and certain typical expressions taken from the *Leviathan*. And while John Webster's *Academicarum* elicited a reciprocal apologia with the astronomer Seth Ward, in a special "Appendix" to the *Vindiciae Academicarum* (1654), the latter made a point of starting a dispute with Dale and Hobbes (obviously considering the latter his main support). At the same time, Hobbes was drawn into a number of other disputes.

Finally, in London in 1655, the first part of his philosophical system *De Corpore* was published, containing sections on logic, metaphysics and natural

⁴¹ Владимир Герье [Vladimir Guerrier], *Лейбниц и его век: Отношения Лейбница к России и Петру Великому, т. 1* (Санкт-Петербург: Наука, 2018 [1868]), 162 – 168.

philosophy. In his dedication (to the Earl of Devonshire) and in a number of paragraphs from the text, the author declares war against theology. He compares it with Aristophanes's Empusa, or, an evil spirit, who roams on bronze donkey legs; like her, theology too has one sturdy leg, the Holy Scriptures, and one lame, metaphysical philosophy.

“Leviathan has made all the clergy my foe, – writes Hobbes, – Each nest of theologians was hostile [...]. At first, they wrote libels of *Leviathan* and this only caused it to be read all the more. It gave it a greater force and it will, I hope, be eternally significant and will not need anyone's further defence.”⁴²

The dispute with the Oxford Professor John Wallis on the principal questions of mathematics (as a mathematician the latter proved to be right) began at this time and only ended with Hobbes's death. It had a malign impact on Hobbes's relation with a number of friends. This dispute was “directly connected with the dispute about the universities.” Wallis and Ward formed an alliance. Wallis belonged to the party of Presbyterians. He attacked his dangerous opponent at his weakest point – in the realm of geometry. Ward went on to attack the foundations of Hobbes's philosophy. Both books came out at the beginning of 1656. In the same year, Hobbes released the English translation of *De Corpore*, in which several chapters on mathematics were revised and added “Six Letters to the Professors of Mathematics [...]” in the form of an appendix. Here, he fiercely defends himself from his attackers, who had moved on to attack the application of algebra and geometry; a realm where Wallis had particularly distinguished himself. In a letter which dates from this time, Hobbes states that he started a dispute with Wallis only because the latter was the mouthpiece of the ideas of the united clergy of the whole country, and hence, addressing Ward, he not only exposed himself to his criticism, but to the *Vindex* (the university defender). This statement is all the more interesting because the dispute occurred in the heyday of Cromwell's power.

Hobbes was accused for having recommended that (the doctrines in) his appendix to the *Leviathan* were to be taught at university and referred to existing universities “shops and workshops of the clergy.” He did not want to strike

⁴² Thomas Hobbes, “The Life of Thomas Hobbes of Malmesbury,” trans. J.E. Parsons, Jr. & Whitney Blair, *Interpretationes* 10.1 (1982): 5.

against the university as a corporation, but only aimed at some individuals who wished to preserve there the authority of the Church independently from the State.

“Whatever hue and cry you raise, – he wrote – and instead of recommending the teaching of my *Leviathan* in universities, I would propose to organize a new, secular university, where only laymen would teach physics, mathematics, moral philosophy and politics, just as earlier the clergy solely taught theology. Still, it would be useful and without particular expenditures would be of great profit for the improvement of education. Only one building and several principal faculties would be required. It would be good for students to learn as best they could if no-one had arrived at the university sent their parents for students, just as for the learning of a craft so that later one could earn one's bread from this knowledge; but for a university to be a place where richly gifted persons worked who could dispose of their time as they wished, and loved truth for its own sake.”⁴³

Here, we see most clearly how far Cromwell's plans coincided with Hobbes' thought.

Hobbes goes on to point out that geometry probably owes more to Gresham College or private individuals in London, Paris and other cities (who never passed through or taught in any universities) than to any university.

There arose a need for new technical schools. Descartes proposed a project for such a school.

Pierre D'Alibert, France's State Treasurer, was one of Descartes' closest friends; he considered Descartes the most suitable person to make useful to society part of that wealth which providence had entrusted to him. He tried many times to tempt him in the same way that Alexander had once tempted another philosopher. Descartes had always defended himself with the same force but, admittedly, with less brilliance than Diogenes. But at least partially succumbing to those noble impulses which D'Alibert had in sacrificing part of his own wealth for the sake of mankind, he persuaded him to establish an institution for the improvement of the arts in Paris.

43 Thomas Hobbes, *Six Lessons to the Savilian Professors of the Mathematics*, in *The English Works of Thomas Hobbes of Malmesbury*, vol. 7, ed. Sir William Molesworth, Bart. (London: Longman, Brown, Green, and Longmans, 1845), 345.

He advised building large halls for craftsmen (each hall being dedicated to a separate craft) at the Royal College and at other institutions intended for the public. Each hall was to be attached to an office, where mechanical instruments (necessary or useful for that art which would be taught there) were to be located. (Monetary) Funds were to be raised, sufficient not only for the expenses needed for experiments, but also to pay for teachers or professors, the numbers of which would be equal to the number of arts which would be taught there. These professors would need to know mathematics and physics so well that they could answer all the questions of the craftsmen and to enlighten them about everything and that clear understanding which would allow them to make new discoveries in art. It should only give public lectures on holidays and Sundays after morning service, so that every craftsman would have the possibility to attend them, with no detriment to their work. Descartes, who proposed this endeavor, assumed that the court would agree to this and that the Archbishops would see in this proposal a good means for distracting people from the drunkenness and debauchery, which are so common on feast days. The decision to implement these great plans was taken by D'Alibert during Descartes' last visit to Paris, but its execution was delayed until his return from Sweden from where he hoped to come and settle in Paris as soon as the city was put at ease with his presence. However, Descartes's death put an end to all these fine projects. D'Alibert was constantly distracted by other affairs, until other friends of Descartes, reminding him of these noble intentions, instilled in him the idea to do something positive that would perpetuate the memory of this recently departed, illustrious figure.

McCauley provides an extremely vivid picture of the interest in science observed in seventeenth-century England:

The year 1660, the age of the restoration of the old constitution, is also the age from which dates the ascendancy of the old philosophy. In that year, the Royal Society, destined to be a chief agent in a long series of glorious and salutary reforms, began to exist. In a few months, experimental science became all the mode. The transfusion of blood, the ponderation of air, the fixation of mercury, succeeded to that place in the public mind which had been lately occupied by the controversies of the Rota. Dreams of perfect forms of government made way for dreams of wings with which men were to fly from the Tower to the Abbey, and of double-keeled ships which were never to founder in the fiercest storm. All classes were hurled along by the prevailing sentiment. Cavalier and

Roundhead. Churchman and Puritan were for once allied. Divines, jurists, statesmen, nobles, princes, swelled the triumph of the Baconian philosophy. Poets sang with emulous fervor the approach of the golden age. Cowley, in lines wright with thought and wit, urged the chosen seed to take possession of the promised land flowing with milk and honey, that land which their great deliverer and lawgiver had seen, as from the summit of Pisgah, but had not been permitted to enter. Dryden, with more zeal than knowledge, joined his voice to the general acclamation, and foretold things which neither he nor anybody else understood. The Royal Society, he predicted, would soon lead us to the extreme verge of the globe, and there delight us with a better view of the Moon. Two able and aspiring prelates, Ward, Bishop of Salisbury, and Wilkins, Bishop of Chester, were conspicuous among the leaders of the movement. Its history (that of the Royal Society. *Ed*) was eloquently written by a younger divine, who was rising to high distinction in his profession, Thomas Sprat, afterwards Bishop of Rochester. Both Chief Justice Hale and Lord Keeper Guildford stole some hours from the business of their courts to write on hydrostatics. Indeed, it was under the immediate directions of Guildford that the first barometers ever exposed to sale in London were constructed. Chemistry divided, for a time, with wine and love, with the stage and the gaming table, with the intrigues of a courtier and the intrigues of a demagogue, the attention of the fickle Buckingham. (Prince) Rupert has the credit of having invented *mezzo tinto*; and from him is named that curious bubble of glass which has long amused children and puzzled philosophers. Charles himself had a laboratory at Whitehall and was far more active and attentive there than at the council board. It was almost necessary to the character of a fine gentleman to have something to say about airpumps and telescopes; and even fine ladies, now and then, thought it becoming to affect a taste for science, went in coaches and six to visit the Gresham curiosities, and broke forth into cries of delight at finding that a magnet really attracted a needle, and that a microscope really made a fly look as large as a sparrow.⁴⁴

It must be emphasized here that experimental science naturally would find its appeal among a vastly larger group of people than that technically

44 Thomas Babington Macaulay, *The History of England from the Accession of James II*, vol. 1 (Chicago: Donohue, Henneberry & Co., 1890), 369 – 370.

called the “intellectual class” of the seventeenth century. From the nature of their teachings, scholasticism and humanism had created almost a cast of the learned and molded the realm of mental activities into an oligarchy or aristocracy; experimental science, on the other hand, stood from its earliest stages for the popularization and hence the democratization of knowledge. While previously the topics and modes of contemplation had been removed from everyday objects and the affairs of men and confined to regions of speculation barred from most minds, now the subjects and methods of investigation became closely connected with those of homely life. Moreover, the facts of experimental science were of such a nature that they could be comprehended not by a few highly trained individuals, but by a large number of people of clear mind and comparatively little education.

Whereas before, all intellectual activity had been connected with a mastery of Latin and Greek – an insurmountable barrier to those whose circumstances or inclination had prevented them from learning those languages in youth – now the vernacular, at everyone’s command, was sufficient linguistic preparation for anyone to join in the study of the sciences. Before, years of preparation had been necessary to give one the hope, not of adding to, but merely of comprehending the thoughts of those who had gone before them. Now, it had appeared that the possession of “a faithful hand and an observing eye”⁴⁵ (Hooke) put the possibility of sharing in discoveries and sharing in valuable work within the reach of vast numbers. Thus, experimental science entered the ranks in competition with scholastic learning and made its strongest appeal not to the erudite university man, who was wedded to accepted tenets and proud of his place in the oligarchy of the learned, but to the *unzunftigen* (non-professional laymen) hitherto excluded from the privileges of mental activity. Indeed, this appeal seemed to arouse tremendous passion at times. Sprat says (1667): “The love of this science is so strongly roused in the century in which we live, that there seems nothing more in vogue in Europe.”⁴⁶ The development of this love of science among non-university men created the type of the science-loving amateur, which was so characteristic of the latter half of the seventeenth century.

⁴⁵ Robert Hooke, *Micrographia, or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses with Observations and Inquiries Thereupon* (London: J. Martyn and J. Allestry, 1665), viii.

⁴⁶ Thomas Sprat, *The History of the Royal Society of London for the Improving of Natural Knowledge* (London, 1722 [1667]), <page unknown>.

Amateurs in science — ‘amateurs’ in the accepted sense of the word, denoting those that practice their art ‘not as a livelihood but for the love of it’ — were to be found in many places and among many classes of people in the latter half of the seventeenth century. Mainly, of course, they were to be found in circles which were sufficiently wealthy so as not to feel the immediate urgency of gaining a livelihood, and had therefore sufficient leisure to follow their inclinations. As these conditions existed, on the one hand, in the larger commercial centers in England and the Netherlands, on the other, in the homes of the nobles and the privileged classes, it was in these places that such an interest was most conspicuous.

An exhaustive study of the amateur scientists of this age, however interesting, is from the nature of this study, impossible. I shall merely take up a few individual instances to show how broad the interest was, and to illustrate the various types of men who became devotees of the new knowledge.

In Italy, Ferdinand and Leopold Medici found a pastime in experimenting, had a laboratory and a collection of instruments, devised experiments and had a glass blower. Count Federico Cesi, early in the century, was a great lover of science. Count Marsiglio in Bologna was a great experimenter, who gathered men of similar interests around him, and finally bequeathed his home to the university as a laboratory.

In France, the Duke of Orleans, brother of Louis XIV, had a well-equipped chemical laboratory and loved alchemy, but as Saint-Simon says, “not to find gold but to amuse himself with curious experiments.” He owned a convex lens of great power, the focus of which would melt and volatilize metallic gold. He also had his own chemists who worked with him. Likewise, he was a great lover of botany and he summoned the prominent English botanist Morison to supervise his gardens at Blois.

France was home to one of the most famous amateurs of all time, Peiresc, the parliamentarian. He was a friend of Galileo, and a frequent correspondent of learned contemporaries. A constant observer of the stars, he bought forty telescopes until he acquired one good enough to follow the observations of Galileo’s *Sidereus Nuntius*, though he was unhappy that he missed a transit of Mercury. He was equally interested in the shape of snow crystals, fossilized rocks, fish and plants. His main business was that of assisting learned men, as he is depicted by his friend and biographer, Gassendi. He was so interested in physiology that he conducted experiments on a man to test Harvey’s discovery. But France, on the whole, produced few amateur experimenters. There, interest in science often took the form of merely attentive watching of other

experimenters' progress, as is seen in the case of Colbert and Denis de Sallo, the learned founder of the *Journal des Sçavans*.⁴⁷

Throughout the seventeenth and the eighteenth centuries, the Dutch were famous for their skill in making fine instruments; in a most real sense, every lens grinder was an amateur scientist. The famous Leeuwenhoek, a linen merchant, was self-taught and indeed so little educated that he understood no language but Dutch. He was, nevertheless, gifted with great manual skill, having made a microscope solely for his own amusement. Gradually, he perfected this skill so that it magnified to 160 degrees and enabled him to study infusoria. He had so many microscopes that he kept one microscope for one or two specimens in his investigations.

Huygens was an amateur in the same sense as Robert Boyle, having dedicated his whole life to science, though not being affiliated with any university. Von Helmont was also a very rich man who had his own laboratory.

In Germany, there are famous instances of amateur interest. The Fuggers, who were rich merchants, took the scientist L'Ecluse along on their travels. There was also Guericke, who, even as mayor of Magdeburg, continued his interest in experimental science, such that when the city was plundered during the Thirty Years' War, he turned to his skill in engineering to earn a livelihood. There was Hevelius (1611-1679), the son and heir of a rich brewer in Danzig, who in 1641 built for himself an observatory, which was the best-equipped of the time, and who ground his own lenses. Furthermore, there was Tschirnhausen, the Saxon Duke, who owned three glass factories, and was not only devoted to science, but the originator of famous physical discoveries. Above all, there was Leibniz, who earned his livelihood as librarian at the Court of Hannover, but constantly worked at physical and mechanical problems.

An odd example of the popular interest in science to which the modern word "fad" might apply were the anatomical dissections open to the public.

There is another mode of gauging the amateur interest of the nations in experimental science other than that of a biographical enumeration of such amateurs. Both in France and in Germany, 'popular' work on experimentation was widely read and released in many editions. In 1624, Leurechon published his *Récréation mathématique composée de plusieurs problèmes plaisants et facétieux en fait d'arithmétique, géométrie, mécanique, optique, et autres*

⁴⁷ Martha Ornstein, *The Role of Scientific Societies in the Seventeenth Century* (Chicago: The University of Chicago Press, 1928), 53 - 56 [Starting with "It must be emphasized . . ."].

parties de ces belles sciences. The book was published in seventeen editions in the next year, and saw six French and four English translations, one of which was especially noteworthy, and one into German by Schwenter *Deliciae physico-mathematicae* (1651). It is one of the most instructive books along this line of inquiry. A perusal of its pages gives a clear idea of how much of physics and chemistry may have been within the possession of the interested amateur. We have the description of the experiments made by Schwenter, partly according to Leurechon's direction – all written down avowedly not for study, but for amusement; the experiments are entertaining tricks, not investigations.⁴⁸

SCIENTIFIC SOCIETIES

Scientific societies grew widely in the seventeenth century. The new science was cultivated in them, and not in the universities.

They made every effort to foster the cause of experimental science. This was the touchstone, the charter of their existence, the motive underlying their every activity. Their efforts may be epitomized as follows: The societies concentrated groups of scientists at one place, performed experiments and investigations impossible to individuals, encouraged individual scientists and gave them both opportunity and leisure, often through financial support, for scientific work.

They became centers of scientific information, as they published and translated scientific books, and periodically disseminated scientific discoveries, thus coordinating the scientific efforts of the various progressive European countries. They concerned themselves with matters of domestic interest such as trade, commerce, tools and machinery, and tried to improve the everyday by the light of science. They contributed to the general enlightenment by dispelling popular errors, and at times endeavored to reach the public by means of lectures. But first and foremost, they developed the scientific laboratory, created the national observatory, devised, perfected and standardized instruments, devised and promoted exact methods of experimentation, and thus established the laboratory method as the only true means of scientific study.

Clearly, the conclusion follows that the organized support which science needed in order to become a part of peoples' thought and lives was not obtained from universities, but from activities of scientific societies.⁴⁹

48 Ibid., 64 – 66.

49 Ibid., 259 – 260.

FLORENTINE ACADEMY DEL CIMENTO

In the 1650s in Florence, under the patronage of Ferdinand II and with the participation of his brother Leopoldo De' Medici, the famous Florentine Accademia del Cimento (Cimento meaning experiment. *Ed*) was formed. The main task of the academy was to study nature exclusively through experiments. The influence of Galileo and his disciples was reflected in the new institution. In it, the spirit of Galileo rose from the ashes.

There were only nine members of the academy. The originality of the establishment, which existed for only ten years from 1657 until 1667, consisted in the close unity of the participants, such that each person's individuality was lost and they appeared before the scientific world as one collective person. Works were published on behalf of the collective without designating to which of the members the experiment belonged.

An account of the experiments was published in Florence in 1667, and then in a new edition in 1692 under the title *Saggi di naturali esperienze fatte nell' Accademia del Cimento*. The book was dedicated to the Grand Duke of Tuscany.

The Academy opened on 19 June 1657. Sessions took place in the Court of Prince Leopoldo, who was always present. But in Rome, a scientific academy devoted to the study of nature in the spirit of Galileo was met with little favor. When Prince Leopoldo started to cover a cardinal's cap, the condition given to him was that he had to dissolve the academy first. The Prince yielded. To accommodate Ruina, the academy was closed in 1667. In his readings on the history of physics (*Geschichte der Physik: Vorlesungen*. Leipzig 1879, posthumous edition), Poggendorf subjects the activity of the members of the academy and the results of their combined works to an extensive examination. The nine members were, in alphabetical order, Giovanni Borelli, Candido del Buono, Paolo del Buono, Lorenzo Magalotti, Alessandro Marsili, Francesco Redi, Carlo Rinaldini, Antonio Uliva and Vincenzo Viviani. Among these, the main figures of the academy were Borelli and Candido del Buono. Magalotti was, as it were, the secretary of the assembly. The *Saggi* were mainly set out by them. We should add that the majority of the members of the academia were of aristocratic origin. These included the Del Buono brothers, Magalotti, Marsili and Redi.

Scientific experiments – and exclusively, experiment without theory and hypotheses, and without mathematical development – was the academy's task; "testing and retesting" (*provando e riprovando*); such was its motto. It was not in the character of the academia, so it was said in the description of the experiments, to argue about the causes of phenomena.

The *Saggi* are composed of thirteen chapters. The first deals with measuring devices and their use; It describes the thermometer and alcohol with an arbitrary scale; a hydrometer, a hygrometer based on the precipitation of air moisture on the surface of a conical vessel, is cooled by filling it with ice. They measured how long the flowing water filled the substituted vessel or parts of it. Apart from the devices, it describes the pendulum as a solid body, hanging on two threads. The experiment protocols note that the pendulum hangs on one thread, and changes the direction in which it swings (as with Foucault's experiments in the future). The second chapter is devoted to numerous experiments on air pressure and the formation of the Torricellian vacuum. Various observations of phenomena in airless space are provided, comparing them with the way they occur in air. The third chapter describes the experiments with artificial freezing; the fourth deals with natural ice; the fifth chapter studies the expansion of metals and other bodies from heat; in the sixth – water compressibility; the seventh provides a proof that there are no absolutely light bodies and that the ascent of light bodies upward is explained by the surrounding pressure, a rather more severe environment; in the eighth, experiments with magnets are described, although nothing substantially new is provided here; in the ninth – experiments with rubbed amber (incidentally, an experiment with the disappearance of the electric state, if the rubbed amber is hung over a flame); the tenth chapter involves a study of the color of some liquids (incidentally, it describes the red color acquired by a solution of litmus from the action of an acid). Experiments on the speed of sound by observing gunshots, made before the opening of the Academy in 1656 by the works of Borelli and Viviani, is described in the eleventh chapter. Chapter eleven is devoted to experiments on falling bodies and air resistance. Academicians made, among other things, experiments on the gun, fired from a moving vessel. Chapter thirteen mentions various experiments, and, among other things, an attempt to measure the speed of light. It also describes observations of phosphorescence and experiments with incendiary mirrors.

THE FOUNDING OF THE LONDON ROYAL SOCIETY

Gresham College is so intimately connected with the early history of the English society that a few words must be said about it here. In his will (1575), Sir Gresham left valuable property to the citizens of London to provide them with a college in his former mansion. Seven professors were to live there in commodious apartments and were to deliver daily lectures to citizens of London on

divinity, astronomy, music, geometry, law, physics and rhetoric; indeed, conveying a remarkable interest in the spread of science, and in an attempt to reach the unlettered people.

The group of scientists who regularly gathered at Gresham College later turned into the London Royal Society. These people opposed the old scholastic knowledge. The following lines, excerpts from a poem probably written by William Glanville⁵⁰ and dedicated to Gresham College, were very typical of its attitude.

*In praise of the choice company of Philosophers' and Witts who meet
Wednesdays weekly at Gresham College.*

At Gresham College a learned nott
Unparalleled designs have layed
To make themselves a corporation
And know all things by Demonstration

These are not men of common mould;
They covert fame but condemn gold
This College Gresham shall hereafter
Be the whole world's University

Oxford and Cambridge are our laughter,
Their learning is but pedantry
These new Collegiates do assure us
Aristotle's an ass to Epicurus.⁵¹

Neither the London Royal Society nor the Academie des Sciences was brought to life by a sovereign power, as was the Cimento by the Medici, but rather arose out of informal, spontaneous gatherings of devotees to experimental science, scholars and amateurs. The Royal edict did not create them, but simply

50 Dorothy Stimson would later note that the "Ballad of Gresham College" was most likely penned by Joseph Glanvill. See Dorothy Stimson, "Ballad of Gresham College," *Isis* 18.1 (1932): 104.

51 Charles R. Weld, *A History of the Royal Society with Memoirs of the Presidents, vol. 1* (London: John W. Parker, 1848), 79 – 80n10. For the complete poem, see Stimson, "Ballad of Gresham College," 108 – 117.

gave them a definite, but more enduring, form to their previous organization.

The interests of both of these bodies were not as scientific as those of the Cimento; they were well-nigh all-comprehensive. Purely scientific problems went side-by-side with a consideration of matters pertaining to trade, commerce and manufacture, and it was this phase of their interests which, especially in the first instance, won them royal patronage.

“We then discussed – wrote Wallis in his autobiographical note – the circulation of the blood, the valves in the vein, the lymphatick vessels, the Copernican hypothesis, the nature of the comets and new stars, the satellites of Jupiter, the oval shape (as it then appeared) of Saturn, the spots in the sun, and its turning on its own axis, the inequalities and the selenography of the moon, the several phases of Venus and Mercury, the improvement of telescopes, and grinding of glasses for that purpose, the weight of air, the possibility or impossibility of vacuities and nature’s abhorrence thereof, the Torricellian experiment in quick-silver, the descent of heavy bodies, and the degrees of acceleration therein; and divers other things of like nature. Some of which then were but new discoveries, and others not so generally known and embraced, as now they are, with other things appertaining to what hath been called the *New Philosophy*, which from the times of Galileo at Florence and Sir Francis Bacon in England, hath been much cultivated in Italy, France, Germany as well as other parts abroad, as well as with us in England [...]. About the year 1648-1649, some of our company were removed from Oxford; above all Doctor Wilkins and then Doctor Goddard. Our company split. Those in London continued to meet as before (and we with them, when we had occasion to be there), but our part constantly met at Oxford.”⁵²

In 1661, the king granted a Royal Charter to the society, thus codifying its existence in law. Two years later, on April 22, 1663, the Charter was replaced by a new, broader one, which still constitutes the main statute of the society. According to the charter, the Society is composed of the president, the council and its fellows (members): *praesis consilium et sodales Regalis Societatis Londini pro*

⁵² John Wallis, “Dr. Wallis’s Account of some Passages of his own Life,” clxiii – clxiv. See Weld, *A History of the Royal Society*, vol. 1, 31 – 32.

scientia naturale promovenda. The king declared himself the founder and patron of the society. As its motto, the society chose a shield with the caption, “*Nullius in verba* (Take nobody’s word for it).” There were many proposals for the motto, but the simplest one was chosen. Some proposed to portray a vessel with the caption, “*Et augebitur scientia* (And knowledge will be increased)”; others proposed two telescopes, the earth and the planets with the caption, “*Quantum nescimus* (How little we know)”; another proposal was for the Sun on a shield with, “*Ad majorem lumen* (To the greater light)” and the verse “*Quis dicere falsum audeat* (Who dares speak falsehood)”; on the coat of arms, a caption from the epistles reading “*Omnia probate* (Examine everything).”

Here is an excerpt from the Charter of Charles II, on the foundation of the Royal Society from 15 July 1661:

Insofar as we are aware that a number of persons of high education, inventiveness and merit, and whose interests and research in these fields converged, have for some time given heed to a custom of meeting weekly and have organized for the discussion of hidden reasons with the aim of establishing definite and correcting undefined philosophical theories, thus to be, owing to their work in the field of inquiry of natural phenomena, the benefactors of mankind; and having already made significant progress through various useful and wonderful discoveries, inventions and experiments in mathematics, mechanics, astronomy, navigation, physics and chemistry – we decided to bestow our Royal blessing, protection and a particular commendation of this eminent society as a useful and laudable enterprise.⁵³

“We have long and fully resolved with Ourselves to extend not only the boundaries of the Empire, but also the very arts and sciences. Therefore, we look with favor upon all forms of learning, but with particular grace we encourage philosophical studies, especially those by which actual experiments attempt either to shape out a new philosophy or to perfect the old. In order, therefore, that such studies, which have not hitherto been sufficiently brilliant in any part of the world, may shine conspicuously amongst our people, and that at length the whole world of letters

⁵³ See Weld, *A History of the Royal Society*, vol. 1, 121. This passage does not feature in published copies of the First Charter.

may always recognize us as a Defender of the Faith, but also as a universal lover and patron of every kind of truth: [...] Know that we [...] do ordain, that there shall be a Society, consisting of a President, Council and Fellows, which shall be called and named the Royal Society [...] the Council shall consist of twenty one fellows (of whom we will the President to be always one [...]) and that all and other singular persons, who within one month ...shall be received and admitted by the President and Council...whom the more eminently they are distinguished for the study of every kind of learning and good letters, the more ardently they desire to promote the honours, studies and advantage of this society [...] the more we wish them to be especially deemed fitting and worthy of being admitted into the Number of the Fellows of this society.”⁵⁴

“The business and design of the Royal Society”, writes Hooke, is:

“To improve the knowledge of all naturall things, and all useful Arts, Manufactures, Mechanick practices, Engynes and Inventions by Experiments (not meddling with Divinity, Metaphysics, Moralls, Politicks, Grammar, Rhetorick or Logick).

To attempt the recovering of such allowable arts and inventions as are lost.

To examine all systems, theories, principles, hypotheses, elements, histories, and experiments of things natural, mathematicall, and mechanicall, invented, recorded or practiced, by any considerable author, ancient or modern. In order to the compiling of a complete system of solid philosophy for explicating all phenomena produced by nature or art and recording a rationall account of the causes of things.

In the meantime this Society will not own any hypothesis, system, or doctrine of the principles of natural philosophy, proposed or mentioned by any philosopher, ancient or modern, nor the explication of any phenomena whose recourse must be had to originall causes (as not being explicable by heat, cold, weight, figure, and the like, as effects produced thereby); nor dogmatically define, nor fix axioms of scientificall things, but will question and canvass all opinions, adopting nor adhering

⁵⁴ King Charles II, “Translation of First Charter, granted to the President, Council, and Fellows of the Royal Society of London,” *The Royal Society* (1662). <https://royalsociety.org>.

to none, till by mature debate and clear arguments, chiefly such as are deduced from legitimate experiments, the truth of such experiments be demonstrated invincibly.

And till there be a sufficient collection of experiments, histories, and observations, there are no debates to be held at the weekly meetings of the Society, concerning any hypothesis or principal of philosophy, nor any discourses made for explicating any phenomena, except by special appointment of the Society, or allowance of the President. But the time of the Assembly is to be employed in proposing and making experiments, discoursing of the truth, manner, grounds, and use thereof, reading and discoursing upon letters, reports and other papers concerning philosophical and mechanical matters, viewing and discoursing of curiosities of nature and art, and doing such other things as the Council or the President shall appoint.”⁵⁵

It was typical for the kind of people who joined the society to pursue exclusively practical aims. Sprat (the historian of the Royal Society) described their part of the work in this respect:

“They raised the issue of the composition of a catalogue of all crafts and industries [...] noting down all physical formulae or know how (manufacturing secrets), apparatus, tools, machines and manual production methods requiring a special skill [...]. They recommended expanding the production of tapestries, silk, smelting ore with coal... to put to the test in various places in England to find out whether its application perfect pottery. They compared the soil and clay of different sorts so as to discover which produced the best bricks and tiles. They engaged in the spreading of the potato crop and set about experimenting so as to obtain oil from tobacco.”⁵⁶

Research was also carried out in the field of improving wine varieties, improving methods of cooking and beer, manuring lime, as well as designing a

⁵⁵ Robert Hooke, British Museum MSS 4441. See Weld, *A History of the Royal Society*, vol. 1, 146 – 148.

⁵⁶ Thomas Sprat, *The History of the Royal Society of London for the Improving of Natural Knowledge*, 190 – 192. See Ornstein, *The Role of Scientific Societies in the Seventeenth Century*, 120.

new cider press and a lamp for hatching eggs. They studied the means for the production of rapiers in Germany and questions relating to the construction of wagons. Sir William Petti's ship aroused much interest. Winthrop read a report on the convenience of building vessels in some areas of North America, owing to the presence in these places of large reserves of good oak, pine trees and sawmills. On 15 October 1662, the King published a decree, stating that no invention in physics or mechanics could be patented without prior approval by the society. As a result of this, a whole series of machines were submitted for approval; one, for example, for the production of linen, which was interesting for the fact that it was the prototype of Hargreaves's machine. Samples of machines, and in particular, a printing press, arrived for the society's consideration even from Germany.⁵⁷

Wishing to imagine what these collections of the XVII century were like and, in particular, the gatherings of the young Royal Society, it is not necessary to compare them above all with the meetings of our modern academies, since there is no similarity between them. One should note that most of the reports in our academies are the result of observations and experiments. Also, it is very rare for these experiments to be carried out during gatherings, especially since our requirements for experiments and the progress of modern physics are such that even the simplest of them require such care and sometimes such a long amount of time for preparation, as well as that it impossible to think of carrying them out and reproducing them in the presence of members of this gathering. The members of the Royal Society, on the contrary, mainly went to witness the experiments, in which they were interested as much as they were in the conclusions. Wishing to oppose the old method – which considered the description of experiments as blather –, they deemed it not to be trusted. Their main pursuit was experiments, and they sometimes made several of them, in a muddled way, investigating any “rarity in sight.” “The Secretary records the results of the experiments, Monconi says, “regardless of their success, so as to be able to detect false assumptions and use correct ones.”⁵⁸ At the end of each session, they decided what experiments would be conducted in the near future. The members of the society also carried out many experiments in their houses. If the object of investigation was very small or if it was possible to share it, it was left up to Hooke to examine under a microscope. The clerical servant of the society,

57 Ornstein, *The Role of Scientific Societies*, 120 – 121.

58 <Source unknown>.

a courageous old hand, received two pounds of maintenance a year, and was later entrusted four pounds, i.e. about 40 rubles, for his preparation of experiments and the delivery of live animals..., in addition to clerical work. The beginnings of the Royal Society's activities were similar to seminars, where everyone brings their personal work and summarizes the work of others, but they mainly prepared and organized experiments. Reading the book of Birch, accurate and truthful, as all the special magazines, one is present in spirit at the discussions or, better, interviews with well-informed people captured directly, sharing their curiosity about a variety of issues. No matter how humble and primitive all of these studies and experiments were, the germ of the newest science nevertheless rested within them.

In 1684, the Society appointed curators to whom it entrusted (who were charged with) organizing and conducting experiments: the first curators were Robert Hooke and Denis Papin. In the same year, the Royal Society set up eight commissions:

1. Mechanical, which was charged with investigating and improving all inventions in mechanics; it was comprised of 69 members and Lord Brouckner was its chairman;
2. the astronomical and optics panel was comprised of 15 members under the presidency of Doctor Goddard;
3. the anatomical committee was under the presidency of Doctor Ent; all medics and another three members were included in his team;
4. a chemical committee, also comprised of all the medics and another 7 members, was under the presidency of Doctor Goddard;
5. a commission for rural economy (agriculture) with 32 members under the presidency of Goddard;
6. a technological (Histories of Trade) committee of 35 members, presided over by Doctor Merret;
7. a committee of 21 members under the presidency of John Hoskins; it was entrusted with "collecting all the observations of natural phenomena and all experiments already carried out and described;"
8. a commission of 20 members presided over by Povey who were entrusted with the Society's correspondence.

In addition to those experiments that the Royal Society could undertake domestically, it tried to organize questionnaires abroad.

Thus, from 1661, that is, before receiving the Royal Charter, Lord Brouncker and Robert Boyle were instructed to make an extensive program of

meteorological and physical experiments on the peaks of Tenerife. In the same year, before the establishment of the commissions mentioned above, the Society appointed another Commission to draw up a series of questionnaires for foreigners, travelers, etc. So, for example, they learned that Count Sandwich was going to Lisbon, and so members of the Society suggested that he conduct oceanographic research. Travelers and captains who arrived from distant countries were questioned, so that information could be elicited from them. At the onset of winter, a program of refrigeration experiments were planned, since they did not know at that time how to artificially create cold; they asked questions concerning this topic to travelers going to the Netherlands; they petitioned the Lord Lieutenant and the East India company for members of the Royal Society to have permission to be placed under their officers' custody.

Questions of technology were of great interest to our academicians; undoubtedly, as people of business, they had purely practical and material reasons for being interested in these questions, and apparently, by some kind of trustworthy instinct, they understood that artisans and Industrialists kept a lot of valuable and positive information, perfected by thousands of years of practice and which they continued to develop independently of science; this seemed to constitute an enormous arena for scientific achievements; scientific discoveries were possible in workshops and factories just as they were during long journeys. From one Protocol of 1667, we learn that Howard was charged with studying new and old methods of tanning leather, Hooke with those of making soap and hats, Gill with the manufacturing of paper and Thomas Cox of refining sugar. They learned the preparation of cider, discussed the method of preserving and improving wines, the cultivation of melons [...]. They were even interested in how to fashion steel and brass plates; how to weave wool and the preparation of marbling paper. Reading Birch's or Weld's history of the Society, it is very interesting to see how it gradually developed detailed rules, how important traditions were established; in short, to see how the organism of the Society developed and was determined. These readings lead one to feel in the presence of the continual perfection of a scientific organization. Much more serious thought was given to the recruitment of new fellows and admission to the Society became an ever more arduous process.

FOUNDATION OF THE PARISIAN ACADEMY OF SCIENCES

In the time when the Royal Society was founded in England, in Paris, France, a meeting of scientists assembled weekly to talk about their research and to communicate their observations and discoveries. These gatherings

initially took part at the home of one amateur, Monmort and then at that of Melchisedech Thevenot. The latter, an extremely inquisitive man, was interested in all areas of knowledge: he studied history, geography, physics, mathematics, languages and philosophy.

Among those who belonged to this private and free academy were Descartes, Roberval, Blondel, Mersenne, Blaise Pascal and his father. Hobbes was accepted into this society during his stay in Paris in 1640, and it was there where Mersenne introduced him to Descartes. Colbert, seeking all possible means to spread and develop the sciences, realized the benefits the state could reap from this society, and cemented a plan to consolidate its existence through its transformation into a royal institution. Louis XIV approved this plan, and the Academy of Sciences was founded.

The king secured pensions for the academicians and bestowed upon them the decree of being the capital for conducting experiments and for the purchase of instruments. Alongside this, Colbert added a number of young people who wished to devote their life to science with the title of adjuncts (adjoints) and who would work with the Society as helpers in the difficult and complex tasks of the Society. On 22 December 1666, the Academy opened its assembly in one of the halls of the Royal Library. It was established that the Academy would meet twice a week: mathematicians on Wednesdays, naturalists and physiologists, then designated by the common name of physicists, on Saturdays.

BENTLEY'S BOYLE LECTURES AND HIS CORRESPONDENCE WITH NEWTON

Robert Boyle, who died in 1692, appointed the sum of 50 pounds sterling in his will for the organization of lectures, which were to be read annually in one of the churches of England. In these lectures-sermons it was proposed to "set out the arguments in favor of the irrefutability of Christianity and of refuted the unbelief" (proving the Christian religion against notorious Infidels).⁵⁹ Bentley was chosen to be the first lecturer, a chaplain of the Bishop of Worcester. As the basic theme of his lectures, Bentley chose *The Confutation of Atheism*. Atheism and materialism were widespread (circulated widely) during this period in England, and caused alarm among the clergy and the ruling classes. Monk, Bentley's biographer, describes the spread of materialist doctrines as follows:

59 <Source unknown>. See Hessen, "The Social and Economic Roots of Newton's *Principia*," 68.

“It may be observed that the doctrines of Spinoza and Hobbes had made considerable progress in that age among the higher classes of society and were particularly dangerous from the insidious way in which they undermined all belief in natural and revealed religion. Both these writers professed indeed to acknowledge the existence of a God; but by denying the Divine Providence in the government of the world, and by representing the existence of the universe as the result of necessity, they conducted their disciples to the very depths of atheism. The metaphysical subtilty of their reasonings, the assumption of a calm and philosophical tone of enquiry, and the apparent novelty of their dogmas, combined to mislead the unwary. The positions of Hobbes had been ably combatted by Cudworth in his “Intellectual System” and Cumberland in his book *De legibus naturae*, but these works were not sufficiently popular to resist an evil, which had spread so far as to become seriously alarming [...].”⁶⁰

He was deeply compelled by the need to overturn Hobbes’s system, of which “the taverns, and coffee-houses, nay, Westminster Hall and the very churches”⁶¹ were full. From personal observation, he was convinced that “not one Infidel in a hundred was other than a Hobbist”;⁶² and that they all knew well that his theory of a corporeal God was a pretence to elude the premises of the law, or to use Bentley’s own expression “a mere sham to get his book printed”;⁶³ for in those days, it seems, religion could not be made the object of open attacks and insults [...].⁶⁴

Atheistic writers had propounded that the creation of the world out of chaos, and the subsequent maintenance of our System, were explained by, what they termed, “natural causes.” Such schemes, which wholly excluded the immediate agency of the Divine will, had become numerous; but the fact was, that they all contradicted the laws of nature, upon which they pretended to be founded, as completely as was done by the Epicurean hypothesis of atoms descending down an infinite space by an inherent principle of gravitation tending

60 James H. Monk, *The Life of Richard Bentley, D.D.*, vol. 1 (London, 1833), 38 – 39.

61 Richard Bentley, “R. Bentley to E. Bernard – May the 28th,” in *The Correspondence of Richard Bentley, D.D.*, vol. 1, ed. Christopher Wordsworth (London, 1842), 39.

62 Ibid.

63 Ibid.

64 Monk, *The Life of Richard Bentley, D.D.*, vol. 1, 41.

not towards other matter, but towards a *vacuum*. The erroneous but prevalent system of Descartes, which supposed the planets to be carried by the force of vortices around the Sun, afforded too great a handle for atheistic proponents, not to be pressed into their service.”⁶⁵

Concurring with Locke that the concept of deity is not innate, Bentley sought evidence for the existence of the deity in the manifestations of human thought, in the organization of nature and in the structure of the universe. Bentley decided to devote the seventh and eighth lectures to the deduction of the proof of existence of the deity from the structure of the universe, and decided to draw on the basic material for proofs from consideration of the physical principles of the structure of the world as they are provided in Newton’s *Principles*. To prepare for this task, he turned to Newton himself, from whom he received a list of books necessary to study the question.

In preparing his lectures for the press, Bentley encountered a number of difficulties and he turned to Newton for their clarification.

Newton was very attentive to Bentley’s questions and set out his views on the proof of the existence of God in the following four letters.⁶⁶

65 Ibid., 42.

66 See Hessen, “The Social and Economic Roots of Newton’s *Principia*,” 68.

Transcript

ПРЕДИСЛОВИЕ

[1/5]

Наша русская литература по истории физики крайне бедна, да и в западноевропейской литературе за последние годы не появилось почти ничего сколько-нибудь значительного. Такое положение не случайно. Почти все наиболее значительные представители классической физики XIX века (Ампер, Фарадей, Максвелл, Гельмгольц, Больцман, Кельвин) в той или иной степени проявляли живой интерес к истории своей науки и обращались к ней не только в особых статьях и исследованиях, но и органически вплетали в свои основные произведения исторический анализ проблем. Эта традиция, к сожалению, давно уже отошла в историю. В настоящее время не только исчезает историческое рассмотрение и анализ проблем из работ руководящих физиков, но создаются даже течения и школы, принципиально отрицающие полезность и необходимость исторического изучения науки.

«Для вас история науки ключ к познанию ее настоящего состояния – для нас это *Sonntagslectüre* (воскресное чтение для развлечения), она нам не может дать ничего для познания ее сегодняшнего состояния». Так резюмировал наш спор один из представителей современного неомажизма, профессор Рейхенбах, с которым автору этих строк довелось беседовать на 5-м съезде немецких физиков в Кенигсберге в 1930 г.

Быстрая смена теорий, происходящая в физике в последние годы, их кардинальное отличие от взглядов и принципов классической физики, приводят многих представителей современной науки ко взгляду на классическую физику, как на нечто совер-

[2/6]

шенно отжившее, как на величественное сооружение, но, к сожалению, музейного характера. Такой взгляд в корне неправилен. Как бы новы и непривычны ни были теории современной физики, как бы радикально они ни расходились со взглядами классической физики, все же и современный этап развития физики есть исторический этап в ее общем развитии. Поэтому знание истории возникновения и развития физических теорий не только облегчает понимание их современного состояния, но и помогает установить их исторические корни и тем самым проясняет дорогу новым исследованиям.

Современное развитие физики выдвигает целый ряд основных

категорий – причинность, статистическая и динамическая закономерность, проблема измерения, – нуждающихся в глубоком анализе. Роль исторического исследования для понимания этих категорий несомненна. Знакомясь с историей развития физики, мы видим, что многие вопросы уже ранее были принципиально поставлены и в некоторых случаях был намечен правильный путь к их разрешению. История ведь не «список человеческих заблуждений, но пантеон великих идей». Как мало еще мы черпаем из этой сокровищницы! То, что мы знаем о мыслях великих творцов современного естествознания, то, что излагается сплошь да рядом в наших учебниках и книгах по истории науки, часто даже в отдаленной степени не напоминает богатства мыслей подлинника. За очень редкими исключениями мы почти не находим также и изображения той напряженной борьбы, которая велась между различными направлениями в физике и в процессе которой выковывались основные принципы и законы.

Настоящий сборник документов и материалов ставит себе задачу познакомить читателя с историей физики по первоисточникам. От подобных сборников, существующих в западно-европейской литературе и представляющих собрания небольших отрывков из классиков, расположенных в хронологическом порядке, настоящее собрание документов отличается прежде всего подбором и оформлением материала. Физический материал дан на фоне социально-экономических отношений соответствующей эпохи. Отсюда – больший по сравнению с обычными историями физики экономический и технический материал.

[3/7]

Особенное внимание обращено было на изображение борьбы различных направлений, – под этим углом зрения производился отбор материала. Борьба направлений не может быть понята до конца, если мы не проанализируем сущности идеологической борьбы, которая велась и ведется вокруг физических категорий. Поэтому много места уделено идеологической борьбе вокруг категорий механики, которая отображает борьбу материалистических и идеалистических идей в физике XVII века.

Данный сборник не ставит себе задачи систематического изображения истории физики, а берет ряд тем, часто отдаленных друг от друга значительными периодами. Это дает возможность полнее и всестороннее осветить отдельные моменты исторического развития науки, их социально-экономические предпосылки и перипетии идеологической борьбы.

Из всех отделов физики первым по времени развивается механика.

Она раньше других отделов достигает наибольшей законченности, и ее влияние чрезвычайно сильно сказывается на развитии других отделов физики. В процессе зарождения и развития механики складываются и развиваются важнейшие категории физики.

Поэтому первую часть собрания документов и материалов мы отводим зарождению и первым этапам развития классической механики. Вторая часть будет посвящена закону сохранения и превращения энергии, развитию теории электромагнитного поля и проблеме строения материи.

Каждой из трех тем, составляющих первую часть сборника, предпослано краткое содержание темы, дающее общий обзор материала, составляющего эту тему, и выясняющее основные идеи, которые этот материал должен иллюстрировать. Внутри каждой темы материал систематизирован по разделам, каждому из которых предпослано краткое введение.

Каждой большой оригинальной работе предпосланы аннотация и библиографическая справка. Введения и аннотации должны облегчить читателю пользование материалом. Собрание материалов задумано и выполнено по точно определенному плану, основные принципы которого изложены во введении к темам; поэтому почти все отрывки и документы имеют внутреннюю связь и могут быть прочитаны подряд. Для читателя,

[4/8]

интересующегося отдельными статьями, в тексте даны ссылки на вспомогательный материал, могущий облегчить чтение. Эти ссылки позволяют уменьшить количество разъяснительных примечаний, вместо которых читатель может использовать оригинальные статьи и документы.

Для настоящего сборника использован ряд переводов, имеющих на русском языке и заново сверенных с подлинниками. К сожалению, переводная русская литература по классикам естествознания особенно в области физики весьма бедна и поэтому большая часть материала появляется в русском переводе впервые.

В подборе материала, составлении указателей и подготовке книги к печати большую помощь мне оказала сотрудница Института физики МГУ Н.А. Исакович, которой приношу свою благодарность.

Б. Гессен

[5/9]

I СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

[6/10]

СОДЕРЖАНИЕ ПЕРВОЙ ТЕМЫ

Ф. Энгельс – старое введение к «диалектике природы».

К. Маркс и Ф. Энгельс – отрывки из «Немецкой идеологии».

Торговля, пути и средства сообщения в XVI-XVII вв.

Военное дело и военная промышленность в XVI-XVII вв.

Развитие черной и металлургической промышленности в XVI-XVIII вв.

Инженеры и инженерное дело в XVI-XVIII вв.

(хронологическая справка по Фельдхаусу).

[7/11]

СОДЕРЖАНИЕ I ТЕМЫ

Блестящий расцвет естествознания в XVI-XVII вв. обусловлен разложением феодального хозяйства, развитием торгового капитала, международных морских сношений и тяжелой индустрии (горной и металлургической). Отделом физики, развившимся ранее других и достигшим наибольшего развития, является механика. Хотя тепловые, электрические и оптические явления были в виде ряда отдельных сведений известны с глубокой древности, наиболее важным и развитым отделом физики уже в древности являлась механика. Статика в работах Архимеда достигает большой степени законченности, но античная динамика является скорее рядом догадок, часто малоосновательных. Настоящее развитие динамики относится к новому времени.

Документы и материалы, собранные в первой теме, имеют своей целью показать, как разложение феодализма и развитие нового способа производства, вызывая к жизни ряд новых технических задач, ставят перед физикой ряд проблем преимущественно динамического характера. Именно этим вызывается быстрое развитие динамики, которая в трудах Галилея, Гюйгенса и Ньютона получает свое предварительное завершение.

Развитие путей и средств сообщения, дальние морские путешествия, рост добывающей промышленности и военной индустрии, получившей громадный толчок с изобретением огнестрельного оружия, ставит перед физикой ряд проблем – и в основном проблем механических. Этим объясняется тот факт, что XVII в. является по преимуществу веком создания и развития классической механики. Это не значит, конечно, что не разви-

[8/12]

ваются и другие отделы физики. Оптика в этот период развивается довольно быстро и обогащается рядом крупнейших открытий. Однако ее положение нельзя сравнить с положением, занимаемым механикой, имеющей ведущее значение и оказывающей мощное влияние не только на другие отделы физики, но и на другие естественнонаучные дисциплины.

Документы, приводимые ниже, иллюстрируют комплекс тех физических проблем, которые лежат в основе технических задач, выдвигаемых развитием производительных сил этой эпохи, и показывают, почему великая плеяда естествоиспытателей, начиная с Галилея и кончая Ньютоном, выбирает основной темой своих исследований проблемы земной и небесной механики.

[9/15]

Ф. ЭНГЕЛЬС

СТАРОЕ ВВЕДЕНИЕ К «ДИАЛЕКТИКЕ ПРИРОДЫ»

1880 Г.¹

Современное естествознание, которое одно лишь достигло всеобщего, систематического, научного развития, в противоположность гениальным натурфилософским догадкам древних и весьма важным, но спорадическим и оставшимся по большей части безрезультатными открытиями арабов, – современное естествознание, как и вся новейшая история, датирует от той знаменательной эпохи, которую мы, немцы, называем по приключившемуся с нами тогда национальному несчастью² реформацией, французы – ренессансом, а итальянцы – квинквеченто, и содержание которой не исчерпывается ни одним из этих наименований.

1 Карл Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. XIV, стр. 475-492, ИМЭЛ, Соцэкгиз, 1931.

2 Национальное несчастье – подчеркнуто неизвестным лицом. Прим. ред. Соч. М. и Э.

Это – эпоха, начинающаяся со второй половины XV столетия. Королевская власть, опираясь на горожан, сломала мощь феодального дворянства и основала крупные, по существу национальные монархии; в которых получили свое развитие современные европейские нации и современное буржуазное общество; и в то время как буржуазия и дворянство еще ожесточенно боролись между собой, немецкая крестьянская война пророчески указала на грядущие классовые битвы, ибо в ней на арену выступили не только восставшие крестьяне, – в этом не было ничего нового, – но за ними показались начатки современного пролетариата с красным знаменем в руках и с тре-

[10/16]

бованием общности имущества на устах. В спасенных при гибели Византии рукописях, в вырытых из развалин Рима античных статуях перед изумленным Западом предстал новый мир – греческая древность; перед <классическими... [..?.] пластическими>³ светлыми образами ее исчезли призраки средневековья; в Италии достигло неслыханного расцвета искусство, которое явилось точно отблеск классической древности и которое в дальнейшем никогда уже не поднималось до такой высоты. В Италии, Франции, Германии возникла новая, первая современная литература; Англия и Испания пережил вскоре затем свою классическую литературную эпоху. Рамки старого *Orbis terrarum* были разбиты; только теперь собственно была открыта земля и положены основы для позднейшей мировой торговли и для перехода ремесла в мануфактуру, явившуюся, в свою очередь, исходным пунктом современной крупной промышленности. Духовная диктатура церкви была сломлена; германские народы в своем большинстве приняли протестантизм, между тем как у романских народов стало все более и более укореняться перешедшее от арабов и питавшееся ново-открытой греческой философией жизнерадостное свободомыслие, подготовившее материализм XVIII столетия.

Это был величайший прогрессивный переворот, пережитый до того человечеством, эпоха, которая нуждалась в титанах и которая породила титанов по силе мысли страстности и характеру, по многосторонности и учености. Люди, основавшие современное господство буржуазии, были

3 В отрывках из сочинений Маркса и Энгельса в прямые скобки заключены вставки редакции сочинений Маркса и Энгельса, в остроугольные – изъеденные мышами и по возможности восстановленные части рукописи. *Прим. ред.*

чем угодно, но только не буржуазно-ограниченными. Наоборот, они были более или менее обвеваны авантюрным характером своего времени. Тогда не было почти ни одного крупного человека, который не совершил бы далеких путешествий, не говорил бы на четырех или пяти языках, не блистал бы в нескольких областях творчества <прекрасно, и именно не только в теоретической, но также и в практической жизни...>; Леонардо да Винчи был не только великим художником, но и великим математиком, механиком и инженером, которому обязаны важными открытиями самые разнообразные отрасли физики; Альбрехт Дюрер был художником, гравером, скульптором, архитектором и, кроме того, изобрел систему фортификации, содержащую в себе многие идеи, развитые значительно позже Монтамбером и новейшим немецким учением о крепостях. Макиавелли был государственным деятелем,

[11/17]

историком поэтом и, кроме того, первым достойным упоминания военным писателем нового времени. Лютер вычистил не только авгиевы конюшни церкви, но и конюшни немецкого языка, создал современную немецкую прозу и сочинил текст и мелодию того пропитанного чувством победы хорала, который стал марсельезой XVI века. Люди того времени не стали еще рабами разделения труда, ограничивающее, калечащее действие которого мы так часто наблюдаем на их преемниках. Но что особенно характерно для них, так это то, что они почти все живут в теме интересами своего времени, принимают участие в практической борьбе, становятся на сторону той или иной партии и борются, кто словом и пером, кто мечом, а кто и тем и другим. Отсюда та полнота и сила характера, которая делает из них цельных людей. Кабинетные ученые являлись тогда исключениями; это либо люди второго и третьего ранга, либо благоразумные филистеры, не желающие обжечь себе пальцев <как Эразм>.

И естествознание развивалась тогда в обстановке всеобщей революции, будучи само насквозь революционно: ведь оно должно было еще завоевать себе право <свободного ис[следования]> на существование. Вместе с великими итальянцами, от которых датирует новейшая философия, оно дало своих мучеников для костров и темниц инквизиции. И характерно, что протестанты предупредили католиков в преследовании свободного естествознания. Кальвин сжег Сервета, который был близок к открытию кровообращения, и при этом заставил жарить его живым 2

часа; инквизиция удовольствовалась, по крайней мере, тем, что просто сожгла Джордано Бруно.

Революционным актом, которым естествознание заявило о своей независимости и как бы повторило лютеровское сожжение папской буллы, было издание бессмертного творения, в котором Коперник бросил – хотя и скромно и, так сказать, лишь на ложе смерти – перчатку церковному авторитету в естественных делах. Отсюда датирует освобождение естествознания от теологии, хотя выяснение отдельных взаимных претензий затянулось до нашего времени, не завершившись еще и теперь во многих головах. Но с тех же пор развитие наук пошло гигантскими шагами, усиливаясь, если можно так выразиться, пропорционально квадрату расстояния (во времени) от своего исходного пункта. Точно нужно было доказать миру, что отныне и для высшего продукта органической материи, для человеческого духа, будет иметь силу закон обратный тому, который действует для неорганических веществ.

Главная задача, которая предстояла естествознанию в начавшемся теперь первом периоде его развития, заключалась в том, чтобы справиться с имевшимся налицо материалом. Во всех

[12/18]

областях приходилось начинать с самого начала. Древность имела Эвклида и солнечную систему Птолемея, арабы – десятичное исчисление, начала алгебры, современную систему счисления и алхимию; христианское средневековье не оставило ничего. При таком положении вещей естественно, что первое место заняла элементарнейшая отрасль естествознания – механика земных и небесных тел, а наряду с ней, на службе у нее, открытие и усовершенствование математических методов. Здесь были совершены великие дела. В конце рассматриваемого периода, отмеченного именами <Лейбница и> Ньютона и Линнея, эти отрасли знания получили известное завершение. Важнейшие математические методы были установлены в основных чертах: аналитическая геометрия – главным образом Декартом, логарифмы – Непером, дифференциальное и интегральное исчисление – Лейбницем и, может быть, Ньютоном, То же самое можно сказать о механике твердых тел, главные законы которой были выяснены раз навсегда. Наконец, в астрономии солнечной системы Кеплер открыл законы движения планет, а Ньютон объяснил их общими законами движения материи. Остальные отрасли естествознания были еще далеки от такого предварительного завершения. Механику жидких и

газообразных тел удалось несколько обработать лишь к концу указанного периода⁴. Физика в собственном смысле слова была еще в самой первоначальной стадии, за исключением оптики, успехи которой были вызваны практическими потребностями астрономии. Химия эмансипировалась от алхимии только благодаря теории флогистона. Геология еще не вышла из эмбриональной стадии минералогии, и поэтому не могла еще существовать палеонтология⁵. Наконец, в области биологии занимались главным образом накоплением и первым отбором колоссального материала как ботанического и зоологического, так анатомического и собственно физиологического. О сравнении между собой форм жизни, об изучении из географического распространения, их климатических и т.д. условий еще не могло быть и речи. Здесь только ботаника и зоология достигли некоторого завершения благодаря Линнею.

Но что особенно характеризует рассматриваемый период, так это – образование известного цельного мировоззрения, центром которого является учение об *абсолютной неизменности природы*. <Согласно представлению Ньютона, планеты неизменно движутся вокруг своей...> Согласно этому взгляду, природа каким

[13/19]

бы путем она ни возникла, раз она уже имеется налицо, остается всегда неизменной, пока она существует. Планеты и спутники их, однажды приведенные в движение таинственным «первым толчком», продолжают кружиться по предначертанным им эллипсам во веки веков или, во всяком случае, до скончания всех вещей. Звезды покоятся навсегда неподвижно на своих местах, удерживая друг друга благодаря «всеобщему тяготению». Земля остается от века или от дня своего творения (в зависимости от точки зрения) одинаковой, неизменной. Теперешние «пять частей света» существовали всегда, имели всегда те же самые горы и долины, тот же климат, ту же флору и фауну, если не говорить об изменениях, внесенных рукой человека. Виды растений и животных были установлены раз навсегда при их возникновении, равное порождало всегда равное, и

4 На полях карандашом отмечено: «Торичелли по поводу регулирования альпийских горных потоков». *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

5 На полях карандашом отмечено: «О сравнении анатомического [...?] климатического распределения, о географии фауны и флоры еще нет речи». *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

Линней делал уже большую уступку, когда говорил, что благодаря скрещиванию местами могли возникнуть новые виды. В противоположность истории человечества, развивающейся во времени, истории природы приписывалось только возникновение в пространстве. За природой отрицали всякое изменение, всякое развитие. Революционное вначале естествознание оказалось вдруг перед насквозь консервативной природой, в которой все было и остается теперь таким же, каким оно было извечно, и в которой все должно было оставаться до скончания мира или во веки веков таким, каким оно было с самого начала.

Хотя естествознание первой половины XVIII века поднималось высоко над греческой древностью с точки зрения объема своих познаний и даже с точки зрения отбора материала, но оно далеко уступало ей в смысле идеального одоления этого материала, в смысле всеобщего мировоззрения. Для греческих философов мир был по существу чем-то возникшим из хаоса, чем-то развившимся, чем-то ставшим. Для естествоиспытателя рассматриваемого нами периода он был чем-то окостенелым, неизменным, а для большинства чем-то созданным сразу. Наука все еще глубоко сидела в теологии. Она повсюду искала и находила в качестве последней причины толчок извне, необъяснимый из самой природы. Если притяжение – торжественно названное Ньютоном всеобщим тяготением – и рассматривается как существенное свойство материи, то где источник непонятной тангенциальной силы, дающей начало планетным орбитам? Как возникли бесчисленные виды животных и растений? Как, в особенности, возник человек, относительно которого было твердо принято, что он существует не от века? На все подобные вопросы естествознание слишком часто отвечало ссылкой на творца всех вещей. Коперник в начале рассматриваемого нами периода дает отставку теологии; Ньютон завершает этот период постулатом божь-

[14/20]

ственного первого толчка. Высшая всеобщая идея естествознания рассматриваемого периода это – мысль о целесообразности естественных процессов, плоская вольфовская телеология, согласно которой кошки были созданы, чтобы пожирать мышей, мыши – чтобы быть пожираемыми кошками, а вся природа, – чтобы доказать мудрость творца. Нужно считать огромным достоинством и честью тогдашней философии, что она не поддавалась влиянию ограниченной точки зрения тогдашнего естествознания, что она – начиная от Спинозы и кончая великими французскими

материалистами – настойчиво пыталась объяснить мир из него самого, предоставив детальное оправдание этого естествознанию будущего.

Я отношу к этому периоду еще и материалистов XVIII века, потому что в их распоряжении не было иного естественно–научного материала, чем описанный выше. Составившее эпоху произведение Канта было им неизвестно, а Лаплас явился долго спустя после них. Не забудем, что хотя прогресс науки совершенно подкопал это устарелое мировоззрение, но вся первая половина XIX века все еще находится под его влиянием и по существу его преподают еще и теперь во всех школах⁶.

Первая брешь в этом окаменелом мировоззрении была пробита не естествоиспытателем, а философом. В 1755 г. Появилась «Всеобщая естественная история и теория неба» Канта. Вопрос о первом толчке был здесь устранен; земля и вся солнечная система предстали как нечто *ставшее* в ходе времени. Если бы подавляющее большинство естествоиспытателей не ощущало перед мышлением того страха, который Ньютон выразил своим предостережением: физика, берегись метафизики! – то они должны были бы извлечь из одного этого гениального открытия Канта такие следствия, которые сберегли бы им бесконечные блуждания по кривопутьям и колоссальное количество потраченного в ложном направлении времени и труда. В открытии Канта лежал зародыш всего дальнейшего прогресса. Если земля была чем-то ставшим, то чем-то ставшим должны были быть также ее теперешнее геологическое, климатическое, географическое состояние, ее растения и животные, и она должна была иметь

[21/15]

историю не только в пространстве, но и во времени. Если бы стали немедленно и решительно работать в этом направлении, то естествознание ушло бы в настоящее время значительно дальше того места, где оно находится. Но что путного могло выйти из философии? Сочинение Канта

⁶ Как непоколебимо мог верить еще в 1861 г. в это мировоззрение человек, научные работы которого доставили весьма много ценного материала для преодоления его, показывают следующие классические слова: «Alle... in sich.» (*Mädler*, Pop. Astr., Berlin, 1861, 5-е изд., стр. 316) *Прим. автора*.

[На полях карандашом отмечено: «Законченность старого мировоззрения дала почву для рассмотрения всего естествознания как одного целого. На этой точке зрения стояли, еще чисто механически, один за другим французские энциклопедисты, затем в одно и то же время Сен-Симон и немецкая натурфилософия, – завершена она Гегелем»]. *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

не имело непосредственного влияния, пока, долгие годы спустя, Лаплас и Гершель не развили и не обосновали его содержания, подготовив таким образом торжество «небулярной гипотезе». Дальнейшие открытия закрепили, наконец, ее победу; важнейшими из них были установление собственного движения неподвижных звезд, доказательство существования оказывающей сопротивление среды в мировом пространстве, установленное спектральным анализом химическое тождество мировой материи и существование таких раскаленных туманных масс, какие предполагал Кант.

Но позволительно усомниться, пришло ли бы естествоиспытателям в голову заметить противоречие между учениями об изменяющейся земле и о существующих на ней неизменных организмах, если бы зарождавшемуся пониманию того, что природа не *есть*, а *становится и погибает*, не явилась помощь с другой стороны. Возникла геология, которая выявила не только наличность образовавшихся друг после друга и расположенных друг над другом геологических слоев, но и сохранившиеся в этих слоях раковины и скелеты вымерших животных, стволы, листья и плоды несуществующих более растений. Пришлось признать, что историю во времени имеет не только земля, взятая в целом, но и ее теперешняя поверхность и живущие на ней растения и животные. Признание это произошло первоначально не без труда. Теория Кювье о претерпеваемых землей революциях была революционна на словах и реакционна на деле. На место акта божественного творения она поставила целый ряд подобных творческих актов и сделала из чуда существенный <составную часть> рычаг природы. Лишь Ляйелль внес здравый смысл в геологию, заменив внезапные, вызванные капризом творца революции постепенными действиями медленного преобразования земли⁷.

Теорию Ляйелля было еще труднее примирить с гипотезой постоянства органических видов, чем все предшествовавшие ей теории. Мысль о постепенном преобразовании земной поверх-

7 Недостаток ляйеллевской концепции – по крайней мере, в ее первоначальной форме – заключался в том, что она считала действующие на земле силы постоянными – постоянными как по качеству, так и по количеству. Для нее не существует охлаждения земли: земля < получает вновь свой докантовский вечный [...] характер, хотя эта вечность и включает на этот раз более или менее циклическое движение > не развивается в определенном направлении; она просто изменяется случайным, бессвязным образом. *Прим. автора.*

[16/22]

ности и всех условий жизни на ней приводила непосредственно к учению о постепенном преобразовании организмов и их приспособлении к изменяющейся среде, приводила к учению об изменчивости видов. Однако традиция является силой не только в католической церкви, но и в естествознании. Сам Ляйелль в течение долгих лет не замечал этого противоречия, а его ученики и того менее. Это можно объяснить только утвердившимся в то время в естествознании разделением труда, благодаря которому каждый ограничивается своей специальной областью знания и немногие лишь способны обозреть его в целом.

Между тем в физике произошел огромный сдвиг вперед, результаты которого были почти одновременно резюмированы тремя различными людьми в столь знаменательном для этой отрасли естествознания 1842 году. Майер в Гейльбронне⁸ и Джоуль в Манчестере доказали превращение теплоты в механическую силу – и механической силы в теплоту. Установление механического эквивалента теплоты покончило со всеми сомнениями по этому поводу. В то же время Грове – отнюдь не профессиональный естествоиспытатель, а английский адвокат – доказал при помощи простой обработки накопившегося физического материала, что все так называемые физические силы – механическая сила, теплота, свет, электричество, магнетизм и даже так называемая химическая сила – переходят при известных условиях друг в друга, без какой бы то ни было потери силы, и таким образом доказал, задним числом, при помощи физических методов теорему Декарта, что количество имеющегося в мире движения неизменно. Благодаря этому различные физические силы – эти, так сказать, неизменные «виды» физики – превратились в различно дифференцированные и переходящие по определенным законам друг в друга формы движения материи. <И если электричество превращается в теплоту, свет, магнетизм, химическую силу, механическое движение, то разве это большее чудо, чем происхождение человека от обезьяны?>⁹ В науке удалось избавиться от случайности наличия такого-то и такого-то количества физических сил, ибо были доказаны их взаимная связь и переходы

8 Энгельс ошибочно пишет: «в Гейдельберге». *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

9 На полях отмечено карандашом: «Силы находят свое единство в движении материи, устранена случайность наличия такого-то и такого-то количества сил. Внесено единство в физическое мировоззрение и согласие с общими результатами исследования в [...] вечном круговороте...» *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

друг в друга. Подобно астрономии, и физика пришла к тому неизбежному результату, что последним выводом является вечный круговорот движущейся материи¹⁰.

[17/23]

Удивительно быстрое развитие химии после Лавуазье и особенно после Дальтона разрушало, с другой стороны, старое представление о природе. Благодаря получению неорганическим путем производившихся до того лишь в живых организмах соединений было доказано, что законы химии имеют ту же силу для органических тел, как и для неорганических, и была заполнена значительная часть остававшейся еще после Канта непроходимой пропасти между неорганической и органической природой.

Наконец, и в области <физиологического> биологического исследования начатые в середине прошлого века систематически организуемые научные путешествия, экспедиции, более точное <ботаническое и геологическое> изучение европейских колоний во всех частях света живущими там специалистами, далее успехи палеонтологии, анатомии, физиологии вообще, в особенности со времени систематического применения микроскопа и открытия клетки, – все это накопило столько материала, что стало возможным – и в то же время необходимым – применение сравнительного метода. С одной стороны, благодаря сравнительной физической географии были установлены условия жизни различных флор и фаун, а с другой – были сравнены между собою различные организмы в отношении их гомологичных органов, и притом не только в зрелом возрасте, но и на всех ступенях их развития¹¹. Чем глубже проникало это исследование, чем точнее оно делалось, тем больше расплывалась под руками та застывшая система <неизменных видов, полов, классов царств> неизменной органической природы. Не только безнадежно исчезали границы между отдельными видами растений и животных, но появились животные, как амфиокс и лепидосирена, которые точно издевались над всеми существовавшими до того классификациями¹², и, наконец, были найдены организмы, относительно которых нельзя было даже сказать, относятся

10 На полях чужой рукой (вероятно, Аронса) карандашом отмечено: «Helmholtz».
Прим. ред. Соч. М. и Э

11 На полях: «Эмбриология» (Erhaltung der Kraft, 1847). *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

12 На полях: «Ceratodus». *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

ли они к животному миру или к растительному¹³. Пробелы палеонтологической летописи все более и более заполнялись, заставляя даже самых упорных ученых признать поразительный параллелизм, существующий между историей развития отдельных организмов, давая, таким образом, аriadнину нить из того лабиринта, в котором, казалось, окончательно запутались ботаника и зоология. Характерно, оно почти одновременно с нападением Канта на учение о вечности солнечной системы, К. Вольф произвел в 1759 г. первое нападение на теорию постоянства видов, провозгласив

[18/24]

учение об их развитии. Но то, что было у него только гениальным предвосхищением, то приняло более конкретные формы у Окена, Ламарка, Бера и было победоносно проведено 100 лет спустя, в 1859 г., Дарвином. Почти одновременно было констатировано, что протоплазма и клетка, признанные уже раньше последними форменными элементами всех организмов, живут самостоятельно в качестве низших органических форм. Благодаря этому была доведена до минимума пропасть между органической и неорганической природой и вместе с тем устранено одно из серьезнейших препятствий на пути к учению о происхождении организмов путем развития. Таким образом современное мировоззрение было разложено, все неизменное улетучилось, все признававшееся вечным стало считаться преходящим, вся природа предстала находящейся в вечном потоке и круговороте.

<И вот мы снова вернулись к концепциями великих основателей греческой философии о том, что вся природа, начиная от мельчайших, частиц ее до величайших тел, начиная от песчинки и кончая солнцем, начиная от протиста и кончая человеком, находится в вечном возникновении и уничтожении, в непрерывном течении, в неустанном движении и изменении. С той только существенной разницей, что то, что было у греков гениальной догадкой, является у нас результатом строго научного, опытного исследования и поэтому имеет гораздо более определенную и ясную форму. Правда, эмпирическое доказательство этого круговорота несвободно от пробелов, но последние незначительны по сравнению с тем, что уже твердо установлено; притом они с каждым днем все более и более

13 На полях: «dito Archeopterix etc.». (Erhaltung der Kraft, 1847). *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

заполняются. И разве может быть без пробелов такое подробное доказательство, если вспомнить, что главнейшие отрасли науки – звездная астрономия, химия, геология – насчитывают едва одно столетие, сравнительные методы в физиологии – едва пятьдесят лет и что основная форма почти всякого <физиологического> развития жизни – клетка – открыта каких-нибудь сорок лет назад!¹⁴.

Из раскаленных вращающихся масс газа, законы движения которых станут, может быть, известны нам лишь после нескольких столетий наблюдений над собственным движением звезд, развились благодаря охлаждению и сжатию бесчисленные солнца и солнечные системы нашего – ограниченного последними звездными кольцами Млечного пути – мирового острова. Развитие это шло, очевидно, не повсюду с одинаковой скоростью. Астрономия оказывается все более и более вынужденной при-

[19/25]

знать существование темных, не просто планетных тел в нашей звездной системе, т.е. признать существование потухших звезд (Медлер); с другой стороны (согласно Секки), часть туманных пятен относится, в качестве еще не готовых солнц, к нашей звездной системе, что не исключает того, что другие туманности, как утверждает Медлер, являются далекими самостоятельными мировыми островами, степень развития которых должен установить спектроскоп.

Лаплас показал подробным и еще не превзойденным до сих пор образом, как развивается из отдельной туманной массы солнечная система; позднейшая наука только подтвердила ход его мыслей.

На образовавшихся таким образом отдельных телах – солнцах, планетах, спутниках – господствует первоначально та форма движения материи, которую мы называем теплотой. Не может быть и речи о химических соединениях элементов даже при той температуре, которой обладает еще в наше время солнце; дальнейшие наблюдения над солнцем покажут, насколько при этом теплота способна превращаться в электричество или магнетизм: уже и теперь можно считать почти установленным, что происходящие на солнце механические движения имеют своим исключительным источником борьбу теплоты с тяжестью.

¹⁴ Этот абзац перечеркнут и отделен от предыдущего и последующего чертой.
Прим. ред. Соч. М. и Э.

Отдельные тела охлаждаются тем быстрее, чем они меньше. Сперва охлаждаются спутники, астероиды, метеоры; наша луна давно уже погасла. Медленнее охлаждаются планеты, медленнее всего – центральное светило.

Вместе с прогрессирующим охлаждением на первый план начинает все более и более выступать взаимодействие превращающихся друг в друга физических форм движения, пока, наконец, не будет достигнут пункт, с которого начинает давать себя знать химическое сродство, когда химически индифферентные до того элементы химически дифференцируются друг за другом, приобретают химические свойства и вступают друг с другом в соединения. Эти соединения непрерывно изменяются вместе с понижением температуры, которая влияет различным образом не только на каждый отдельный элемент, но и на каждое отдельное соединение элементов, изменяются также вместе с зависящим от этого переходом части газообразной материи сперва в жидкое, а потом в твердое состояние, и вместе с созданными благодаря этому новыми условиями.

Эпоха, когда планета приобретает твердую кору и скопления воды¹⁵ на своей поверхности, совпадает с той эпохой, когда ее

[20/26]

собственная теплота начинает играть все меньшее и меньшее значение по сравнению с теплотой, получаемой ею от центрального светила. Ее атмосфера становится ареной метеорологических явлений в современном смысле этого слова, ее поверхность – ареной геологических перемен, при которых созданные атмосферными осадками отложения приобретают все больший перевес над медленно ослабевающими действиями вовне раскаленно-жидкого внутреннего ядра.

Наконец, если температура понизилась до того, что – по крайней мере на каком-нибудь значительном участке поверхности – она уже не переходит границы, при которой способен существовать белок, то, при наличии благоприятных химических условий, образуется живая протоплазма. В настоящее время мы еще не знаем, в чем заключаются эти благоприятные предварительные условия – что неудивительно, так как до сих пор еще не установлена химическая формула белка, и мы даже еще не знаем, сколько существует химически различных белковых тел, и так как

15 Скопления воды – подчеркнуто посторонней рукой. *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

только приблизительно лет десять, как стало известно, что совершенно бесструктурный белок обнаруживает все существенные функции жизни <ассимиляция>: пищеварение выделение, движение, сокращение <раздражимость>, реакцию на раздражение, размножение¹⁶.

Может быть, прошли тысячелетия, пока не создались условия, необходимые для следующего шага вперед, и из этого бесформенного белка <о котором Окен пророчески...> не произошла благодаря образованию ядра и оболочки первая клетка. Но вместе с этой первой клеткой была дана и основа для формообразования всего органического мира. Сперва образовались, как мы должны это допустить по данным палеонтологической летописи, бесчисленные виды бесклеточных и клеточных протистов, о которых рассказывает нам единственный Eozoon Canadense и из которых некоторые дифференцировались постепенно в первые растения, а другие – в первые животные. А из первых животных развились – главным образом путем дальнейшего дифференцирования – бесчисленные классы, порядки, семейства, роды и виды животных и, наконец, та порода животных, в которой достигает своего полного развития нервная система, именно позвоночные, и опять–таки, наконец, среди последних, то позвоночное, в котором природа дошла до познания самой себя, – человек.

И человек возник путем дифференцирования, и не только в индивидуальном смысле, – т.е. так, что из одной единственной клетки развивается путем дифференцирования сложнейший из

[21/27]

существующих в природе организмов, – но и в историческом смысле. Когда после тысячелетних попыток произошла, наконец, дифференциация руки от ноги и установилась прямая походка, то человек обособился от обезьяны и была заложена основа для развития членораздельной речи и для мощного развития мозга, благодаря которому образовалась с тех пор непроходимая пропасть между человеком и обезьяной. Развитие специфических функций руки означает появление орудия, и орудие означает специфически человеческую деятельность, преобразующее обратное воздействие человека на природу, производство. И животные имеют орудия в узком смысле слова, но лишь в виде членов своего тела, как это можно утверждать о муравьях, пчелах, бобрах; и животные производят, но

16 На полях: Zirkelschluss. Прим. ред. Соч. М. и Э.

их производительное воздействие на окружающую природу равно нулю. Лишь человеку удалось наложить свою печать на природу: он не только переместил растительные и животные миры, но изменил также вид и климат своего местопребывания и изменил даже растения и животных до того, что результаты его деятельности могут исчезнуть лишь вместе с гибелью всего земного шара.

И этого он добился прежде всего и главным образом благодаря руке. Даже паровая машина, являющаяся до сих пор самым могущественным его орудием при преобразовании природы, в последнем счете, будучи орудием, основывается на руке. Но параллельно с развитием руки развивалась и голова, зарождалось сознание – сперва отдельных практических, полезных действий, а впоследствии, на основе этого, у народов, находившихся в более благоприятных условиях, понимание обуславливающих эти полезные действия законов природы. А вместе с быстрорастущим познанием законов природы росли и средства воздействия на природу; при помощи одной руки люди не создали бы паровой машины, если бы наряду с рукой и отчасти благодаря ей не развился соответственным образом и мозг.

Вместе с человеком мы вступаем в область истории. И животные обладают историей, именно историей своего происхождения и постепенного развития до своего теперешнего состояния, но эта история делается помимо них, для них, а поскольку они сами принимают в этом участие, это происходит без <сознания конечной цели> их введомы и желания. Люди же, чем больше они удаляются от животных, в тесном смысле слова, тем более начинают делать сами сознательно свою историю, тем меньше становится влияние на эту историю непредвиденных факторов, неконтролируемых сил, и тем более соответствует результат исторического действия установленной заранее цели. Но если мы подойдем с этим масштабом к человеческой истории, даже к истории самых развитых народов современности, то найдем,

[22/28]

что здесь все еще существует колоссальная дисгармония между поставленными себе целями и достигнутыми результатами, что по-прежнему доминируют непредвиденные влияния, что неконтролируемые силы гораздо могущественнее, чем приводимые планомерно в движение силы. И это не может быть иначе до тех пор, пока самая важная историческая деятельность человека, та деятельность, благодаря которой человечество

вышло из животного состояния, которая образует материальную основу всех прочих видов деятельности человека, пока производство, направленное на удовлетворение жизненных потребностей человечества <даже в наиболее промышленных странах...>, т.е. в наше время – общественное производство, предоставлено слепой игре непредвиденных воздействий неконтролируемых сил, и пока, следовательно, поставленная себе заранее цель осуществляется лишь в виде исключения, гораздо же чаще осуществляются противоположные ей результаты. В самых передовых, промышленных странах мы смирили силы природы, поставив их на службу человечеству; мы, благодаря этому, безмерно увеличили производство, так что теперь ребенок производит больше, чем раньше сотня взрослых людей. Но каковы же результаты этого роста производства? Растущий прибавочный труд, растущая нищета масс и каждые десять лет огромный крах. Дарвин не понимал, какую он написал горькую сатиру на людей и в особенности на своих земляков, когда он доказал, что свободная конкуренция, борьба за существование – прославляемая экономистами как величайшее историческое завоевание – является нормальным состоянием *животного мира*. Лишь сознательная организация общественного производства, в которой происходит планомерное производство и потребление, может поднять людей над прочими животными в общественном отношении так, как их подняло производство вообще в специфическом смысле. Благодаря общественному развитию подобная организация становится с каждым днем все возможнее. От нее будет датировать новая историческая эпоха, в которой люди, а вместе с ними все отрасли их деятельности, в частности естествознание, сделают такие успехи, что все совершенное до того покажется только слабой тенью.

Но все, что возникает, достойно гибели. Пройдут миллионы лет, народятся и сойдут в могилу сотни тысяч поколений, но неумолимо надвигается время, когда истощающаяся солнечная теплота не сумеет уже растапливать надвигающийся с полюсов лед, когда все более и более сгущающееся у экватора человечество перестанет находить и там необходимую для жизни теплоту, когда постепенно исчезнет и последний след органической жизни, и земля – застывший, мертвый шар, подобно лу-

[23/29]

не – будет кружить в глубоком мраке по все более коротким орбитам вокруг тоже умершего солнца, на которое она, наконец, упадет. Другие планеты испытают ту же участь, иные раньше, иные позже земли; вместо

гармонически расчлененной, светлой, теплой солнечной системы останется холодный, мертвый шар, продолжающий идти своим одиноким путем в мировом пространстве. И судьба, постигшая нашу солнечную систему, должна раньше или позже постигнуть все прочие системы нашего мирового острова, должна постигнуть системы всех прочих бесчисленных мировых островов, даже тех, свет от которых никогда не достигнет земли, пока еще существует на ней человеческий глаз, способный воспринять его.

Но когда подобная солнечная система завершит свой жизненный круг и подвергнется судьбе всего конечного, когда она станет жертвой смерти, то что будет дальше? Будет ли труп солнца продолжать катиться в виде трупа в бесконечном пространстве, и неужели все бесконечно разнообразные, прежде дифференцированные силы природы превратятся навсегда в единственную форму движения, в притяжение? «Или же, – как спрашивает Секки (стр. 810), – в природе имеются силы, способные вернуть мертвую систему в первоначальное состояние раскаленной туманности, способные пробудить ее для новой жизни? Мы этого не знаем».

Разумеется, мы этого не знаем в том смысле, в каком мы знаем, что $2 \times 2 = 4$, или что притяжение материи действует обратно пропорционально квадрату расстояния. В теоретическом естествознании, которое свои взгляды на природу старается объединить в одно гармоническое целое, без которого в наше время не сделает шага вперед даже самый беззаботный по части теории эмпирик, нам приходится очень часто оперировать с не вполне известными величинами, и логика, последовательность мысли должны были всегда заполнять такие неизбежные пробелы познания. Современное естествознание вынуждено было заимствовать у философии положение о неразрушимости движения <материи>, без которого оно неспособно более существовать. Но движение материи не сводится к одному только грубому, механическому движению, к простому перемещению; движение материи это – такие теплота и свет, электрическое и магнитное напряжение, химическое соединение и разложение, жизнь и, наконец, создание. Говорить, будто материя за все время своего бесконечного существования имела только один раз – и то на ничтожно короткий, по сравнению с вечностью, срок – возможность дифференцировать свое движение и, таким образом, развернуть все богатство этого движения и что до этого и после этого она навеки обречена довольствоваться про-

[24/30]

стым перемещением, – говорить это – все равно, что утверждать, будто материя <сила> смертна и движение преходяще. Неразрушимость движения надо понимать не только в количественном, но и в качественном смысле. Материя, – чисто механическое перемещение которой хотя и содержит в себе возможность превращения при благоприятных обстоятельствах в теплоту, электричество, химическое действие, жизнь, но которая не в состоянии породить из самой себя эти условия, – такая материя *утратила* <силу и> *движение*, – движение, которое потеряло способность превращаться в свойственные ему различные формы, хотя и обладает еще *dynamis*, но не обладает уже энергией, и, таким образом, отчасти уничтожено. Но и то и другое немислимо.

Одно, во всяком случае, несомненно: было время, когда материя нашего мирового острова превратила в теплоту такое количество движения – мы до сих пор еще не знаем, какого именно рода, – что из него могли развиваться, по меньшей мере (по Медлеру), 20 миллионов солнечных систем, которые – как мы в этом столь же твердо убеждены – рано или поздно погибнут. Как происходили это превращение? Мы это знаем так же мало, как мало знает отец Секки, превратится ли будущее *caput mortuum* нашей солнечной системы снова в сырой материал для новых солнечных систем. Но здесь мы вынуждены <допустить чудо> либо обратиться к помощи творца, либо сделать тот вывод <что случившееся однажды может снова произойти>, что раскаленный сырой материал для солнечной системы нашего мирового острова возник естественным путем, путем превращения движений, которые *присущи от природы* движущейся материи и условия которых должны, следовательно, быть снова произведены материей, хотя бы после миллиардов лет, более или менее случайным образом, но с необходимостью, присущей и случаю.

Теперь начинают все более и более признавать возможность подобного превращения. Ученые приходят к убеждению, что конечная участь звезд – это упасть друг на друга, и они вычисляют даже количество теплоты, которое должно развиваться при подобном столкновении. Внезапное появление новых звезд, о котором сообщает нам астрономия, легче всего объясняются гипотезой о подобных столкновениях. При этом надо иметь в виду, что не только наша планетная группа вращается вокруг солнца, а солнце движется внутри нашего мирового острова, но что и весь наш мировой остров движется в мировом пространстве, находясь во временном относительном равновесии с прочими мировыми островами, ибо даже относительное равновесие

[25/31]

свободно движущихся тел может существовать лишь при одновременно обусловленном движении, и некоторые исследователи допускают, что температура в мировом пространстве не повсюду одинакова. Наконец, мы знаем, что за исключением ничтожно малой части, теплота бесчисленных солнц нашего мирового острова исчезает в пространстве, тщетно пытаясь поднять температуру его хотя бы на одну миллионную долю градуса Цельсия. Что происходит со всем этим огромным количеством теплоты? Погибает ли она навсегда в попытке согреть мировое пространство, перестает ли она практически существовать, сохраняясь лишь теоретически в том факте, что мировое пространство нагрелось на долю градуса, выражаемую десятью или более нулями? Это предположение означает отрицание учения о неразрушимости движения; оно оставляет открытой дверь для гипотезы, что путем последовательного падения друг на друга звезд все существующее механическое движение превратится в теплоту, которая будет излучена в мировое пространство, благодаря чему, несмотря на всю «неразрушимость силы», прекратится вообще всякое движение. (Между прочим, здесь обнаруживается, как неудачно выражение: неразрушимость силы, вместо выражения: неразрушимость <материя> движения). Мы приходим, таким образом, к выводу, что излучаемая в мировое пространство теплота должна иметь возможность каким-то путем – путем, установить который предстоит в будущем естествознанию, – превратиться в другую форму движения, в которой она может снова накопиться и начать функционировать. А в таком случае отпадает и главная трудность, мешавшая обратному превращению умерших солнц в раскаленную туманность.

Впрочем, вечно повторяющееся последовательное появление миров в бесконечном времени является только логическим королларием к одновременному сосуществованию бесчисленных миров в бесконечном пространстве: принудительную необходимость этого положения должен был признать даже антитеоретический мозг янки Дрэпера¹⁷.

Материя движется в вечном круговороте, завершающем свою траекторию в такие промежутки времени, для которых наш земной год не может служить достаточной единицей; в круговороте, в котором время

17 «Множественность миров в бесконечном пространстве приводит к представлению последовательной смены миров в бесконечном времени» (Draper, Hist. Int. Devel. II). *Прим. автора.*

наивысшего развития, время органической жизни и, еще более, жизни сознательных существ столь же скудно отмерено, как пространство в жизни и в самосознании; в круговороте, в котором каждая отдельная форма существо-

[26/32]

вания материи – безразлично, солнце или туманность, отдельное животное или животный вид, химическое соединение или разложение – одинаково преходяща и в котором ничто не вечно, кроме вечно изменяющейся, вечно движущейся материи и законов ее движения и изменения. Но, как бы часто и как бы безжалостно ни совершался во времени и в пространстве этот круговорот; сколько бы бесчисленных солнц и земель ни возникало и ни погибало; как бы долго ни приходилось ждать, пока в какой-нибудь солнечной системе, на какой-нибудь планете не появятся условия, необходимые для органической жизни; сколько бы бесчисленных существ ни должно было погибнуть и возникнуть, прежде чем из их среды разовьются животные с мыслящим мозгом, находя на короткий срок пригодные для своей жизни условия, чтобы затем быть тоже истребленными без милосердия, – мы все же уверены, что материя во всех своих превращениях остается вечно одной и той же, что ни один из ее атрибутов не может погибнуть и что поэтому с той же самой железной необходимостью, с какой она некогда истребит на земле свой высший цвет – мыслящий дух, – она должна будет его снова породить где-нибудь в другом месте и в другое время.

[27/35]

К. МАРКС И Ф. ЭНГЕЛЬС
НЕМЕЦКАЯ ИДЕОЛОГИЯ¹⁸

[1.] ОБЩЕНИЕ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ СИЛА

Наибольшее разделение материального и интеллектуального труда это – отрыв города от деревни. Противоположность между городом и деревней начинается вместе с переходом от варварства к цивилизации, от племенного строя к государству, от местной ограниченности к нации и тянется через всю историю цивилизации до нашего времени (Лига против хлебных законов). Вместе с городом появляется и необходимость

18 К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. IV, ИМЭЛ, Партиздат, 1933, стр. 40-51.

администрации, полиции, налогов и т.д., – словом, коммунальной жизни, а значит, и политики вообще. Здесь впервые сказалось разделение населения на два больших класса, непосредственно основанное на разделении труда и на орудиях производства. Город уже представляет собой факт концентрации населения, орудий производства, капитала, потребностей и способов их удовлетворения, между тем как в деревне мы наблюдаем диаметрально противоположный факт изолированности и разобщенности. Противоположность между городом и деревней может существовать только в рамках частной собственности. Она наиболее грубо выражает подчинение индивида разделению труда и определенной, навязанной ему деятельности, – подчинение, которое одного превращает в ограниченное городское животное, а другого – в ограниченное деревенское животное и ежедневно заново порождает противоположность между их интересами. Главное здесь – опять-таки труд; он есть сила, стоящая *над* индивидами, и пока эта сила существует, должна существовать частная собственность. Уничтожение противоположности между городом и деревней есть одно из первых условий коллективности,

[28/36]

условие, которое, в свою очередь, зависит от множества материальных предпосылок и которое, как всякий видит сразу же, не может быть осуществлено одной только волей (эти условия следует рассмотреть еще подробнее). Отделение города от деревни можно рассматривать также и как отделение капитала от земельной собственности, как начало независимого от земельной собственности существования и развития капитала, т.е. собственности, основанной только на труде и обмене.

В городах, которые не перешли в средневековье в готовом виде из прошлой истории, а образовались заново освободившимися крепостными, единственной собственностью каждого индивида – за исключением приносимого им с собой небольшого капитала, который весь почти заключался в самых необходимых инструментах, – была его особая специальность. Конкуренция постоянно прибывавших в город беглых крепостных, непрерывная война деревни с городом и связанная с ней необходимость организации городской военной силы, узы общей собственности на некоторую определенную специальность, необходимость общих зданий для продажи своих товаров (тогда ремесленники были в то же время и купцами) и связанное с этим недопущение в эти здания посторонних, противоположность интересов отдельных ремесел между собой, необходимость

охраны с трудом изучаемого ремесла и феодальная организация всей страны – таковы были причины объединения рабочих каждого отдельного ремесла в цехи. Мы не будем здесь подробно останавливаться на многочисленных изменениях цехового строя, вызванных позднейшим историческим развитием. В течение всего средневековья непрерывно продолжается бегство крепостных в города. Эти крепостные, преследуемые в деревнях своими господами, приходили поодиночке в города, где они находили организованную общину, по отношению к которой они были беспомощны и где им приходилось мириться с тем положением, в которое их ставили потребность в их труде и интересы их организованных городских конкурентов. Эти приходившие в город поодиночке рабочие никогда не смогли стать силой, так как в том случае, если их работа носила цеховой характер и требовала выучки, цеховые мастера подчиняли их себе и организовывали согласно своим интересам; если же она не требовала выучки и поэтому носила не цеховой, а поденный характер, то они не могли организовать и навсегда оставались неорганизованной чернью. Нужда городов в поденной работе создала чернь. Города эти были настоящими «союзами», порожденными непосредственными потребностями, заботой об охране собственности и об умножении средств производства и защиты отдельных членов. Чернь в этих городах была совершенно бессильна вследствие того, что

[29/37]

она состояла из чуждых друг другу пришедших туда поодиночке индивидов, которые неорганизованно противостояли организованной, по-воински снаряженной и ревниво следившей за ними силе. Подмастерья и ученики были организованы в каждом ремесле так, как этого требовали интересы мастеров; патриархальные отношения между ними и мастерами придавали последним двоякую силу: во-первых, мастера оказывали непосредственное влияние на всю жизнь подмастерьев и, во-вторых, работа подмастерьев у одного и того же мастера была действительной связью, объединявшей их против подмастерьев других мастеров и обособлявшей их от последних; наконец, подмастерья были связаны с существующим строем уже своей заинтересованностью в том, чтобы самим стать мастерами. Поэтому, если чернь, по крайней мере, поднимала иногда мятежи против всего этого городского строя, – мятежи, которые, впрочем, вследствие ее бессилия, не приводили ни к какому результату, – то подмастерья не шли дальше мелких протестов в рамках отдельных цехов,

что неотъемлемо от самого существования цехового строя. Все крупные восстания средневековья исходили из деревни, но и они, ввиду раздробленности и связанной с ней крайней отсталости крестьян, оставались совершенно безрезультатными.

Разделение труда в городах между отдельными цехами было еще [совершенно примитивно], а внутри самих цехов между отдельными рабочими вовсе не было проведено. Каждый рабочий должен был знать целый ряд работ, должен был уметь делать все, что можно было сделать при помощи его инструментов: ограниченное общение и слабая связь отдельных городов между собой, скудость населения и ограниченность потребностей препятствовали дальнейшему разделению труда, и поэтому каждый желавший стать мастером должен был овладеть всем своим ремеслом. Вот почему у средневековых ремесленников еще есть известный интерес к своей специальной работе и к тому, чтобы делать ее хорошо, интерес, который мог подниматься до степени примитивного художественного вкуса. Но поэтому же каждый средневековый ремесленник целиком уходил в свою работу, относился к ней с рабской преданностью и был гораздо более подчинен ей, чем современный рабочий, равнодушно относящийся к своей работе.

Капитал в этих городах был натуральным капиталом; он заключался в жилище, инструментах и естественно образовавшейся наследственной клиентуре; вследствие неразвитого общения и недостаточного обращения он не мог быть реализован и поэтому переходил по наследству от отца к сыну. Капитал этот – в отличие от современного – не исчислялся в деньгах, при которых безразлично, в какой именно вещи он заключается, –

[30/38]

а был непосредственно связан с трудом владельца, совершенно неотделим от него и поэтому был *сословным капиталом*.

Ближайшим распространением разделения труда было обособление производства от обращения, образование особого класса купцов, – обособление, которое было унаследовано от прошлого в сохранившихся от античности городах (между прочим, в населенных евреями) и очень скоро появилось во вновь возникших городах. Этим создавалась возможность торговой связи, выходящей за пределы ближайшей округи, – возможность, осуществление которой зависело от существующих средств сообщения, от обусловленного политическими отношениями состояния публичной безопасности по дорогам (как известно, в течение всего

средневековья купцы передвигались вооруженными караванами) и от обусловленного соответствующей степенью культуры большего или меньшего развития потребностей в доступных сношениях областях. С сосредоточением сношений в руках особого класса и с расширением торговли, благодаря купцам, за пределы ближайших окрестностей города, тотчас возникает и взаимодействие между производством и обращением. Города вступают в связь друг с другом, из одного города в другой привозятся новые орудия труда, и разделение между производством и [организацией] сношений вскоре вызывает новое разделение производства между отдельными городами, каждый из которых переходит к эксплуатации некоторой преобладающей отрасли промышленности. Мало-помалу начинает исчезать первоначальная местная ограниченность.

В средние века в каждом городе горожане вынуждены были для защиты своей шкуры объединяться против сельского дворянства; распространение торговли и установление путей сообщения дали возможность отдельным городам познакомиться с другими городами, добившимся осуществления тех же интересов в борьбе против того же противника. Из целого ряда местных объединений горожан отдельных городов лишь мало-помалу возник класс горожан, бюргеров. Условия жизни отдельных горожан благодаря антагонизму по отношению к существующим отношениям и обусловленному ими способу труда, стали условиями, общими им всем и независимыми от каждого в отдельности. Горожане создали эти условия, поскольку они оторвались от феодальной системы, и [в свою очередь] были созданы ими, поскольку они были обусловлены своей противоположностью к феодализму, который они застали уже существующим. С возникновением связи между отдельными городами эти общие им всем условия развились в классовые условия. Одни и те же условия, одна и та же противоположность, одни и те же интересы должны были в общем повсюду создать

[31/39]

также один и те же нравы. Сама буржуазия развивается лишь постепенно, вместе со своими условиями, снова распадаясь в зависимости от разделения труда на различные фракции, и в конце концов поглощает

все существовавшие до нее имущие классы¹⁹, по мере того как вся наличная собственность превращается в промышленный или торговый капитал (параллельно с этим она преобразует большинство существовавших до того неимущих и часть бывших прежде имущими классов в новый класс – пролетариат). Отдельные индивиды образуют класс лишь постольку, поскольку им приходится вести общую борьбу против какого-нибудь другого класса; в остальных отношениях они сами противостоят друг другу враждебно в качестве конкурентов. С другой стороны, и класс становится самостоятельным по отношению к индивидам, так что последние находят уже заранее установленными условия своей жизни: класс определяет их житейское положение, а вместе с тем и их личную судьбу, он подчиняет их себе. Это соответствует подчинению отдельных индивидов разделению труда и может быть устранено лишь путем уничтожения частной собственности и самого труда. Каким образом это подчинение индивидов классу вместе с тем развивается в подчинение всякого рода представлениям, мы уже не раз указывали.

Только от распространения сношений зависит, сохранятся ли для дальнейшего развития или нет достигнутые в той или другой местности производительные силы, в особенности сделанные в ней изобретения. Пока сношения ограничиваются непосредственным соседством, каждая местность должна самостоятельно делать то или другое изобретение; достаточно простых случайностей, вроде вторжений варварских народов или даже обыкновенных войн, чтобы довести какую-нибудь страну с развитыми производительными силами и потребностями до необходимости начинать все сначала. В первоначальной истории каждое изобретение должно было делаться ежедневно заново и в каждой местности независимо от других. Как мало были гарантированы от полной гибели развитые производительные силы, даже при сравнительно обширной торговле, показывает пример финикийцев, большинство изобретений которых погибло на долгое время благодаря вытеснению этой нации из торговли, ее завоеванию Александром и последовавшему за этим ее упадку. Другой пример – судьба средневековой живописи на стекле. Только тогда, когда сношения приобретают мировой характер и базируются на крупной промышленности, когда все нации втя-

19 Пометка Маркса на полях: «Она сперва поглощает принадлежащие непосредственно государству отрасли труда, а затем – все более или менее идеологические сословия». *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

гиваются конкуренцией в борьбу, только когда обеспечивается сохранение достигнутых производительных сил. Ближайшим следствием разделения труда между различными городами было возникновение мануфактур, отраслей производства, выросших из рамок цехового строя. Исторической предпосылкой первого расцвета мануфактур – в Италии, а позже во Фландрии – было общение с иностранными нациями. В других странах – например в Англии и Франции – мануфактуры первоначально организовались внутренним рынком. Кроме указанных предпосылок, мануфактуры обусловлены еще возросшей концентрацией населения – в особенности деревенского – и капитала, который начал скопляться отчасти в цехах, несмотря на все цеховые запреты, отчасти у купцов, в отдельных руках. Тот вид труда, который с самого начала был связан с машиной, хотя бы еще самой примитивной, обнаружил вскоре наибольшую способность к развитию. Ткачество, которым до того крестьяне занимались между делом, чтобы изготовить себе необходимую одежду, было первым видом труда, получившим благодаря расширению сношений толчок к дальнейшему развитию. Ткачество было первой из мануфактур и осталось главной из них. Возросший вместе с ростом населения спрос на материи для одежды, начавшиеся благодаря ускорившемуся обращению накопление и мобилизация натурального капитала, порожденная ими и стимулируемая постепенным расширением сношений потребность в предметах роскоши – все это дало толчок количественному и качественному развитию ткачества, вырвало его из рамок прежних форм производства. Наряду с ткачеством для собственно потребления крестьянами, которые продолжали это делать и поныне продолжают, в городах возник новый класс ткачей, ткани которых были предназначены для всего туземного рынка, а по большей части также и для иностранных рынков. Ткачество – разновидность труда, не требующая в большинстве случаев большого искусства и распадающаяся на бесчисленное множество отраслей – в силу самой своей сущности противилось цеховым путам.

Поэтому ткачеством занимались очень часто и вне рамок цеховой организации в деревнях и местечках, которые постепенно превратились в города, и притом в самые цветущие города каждой страны. С появлением свободной от цеховых форм мануфактуры сразу изменились и отношения собственности. Первый шаг вперед от натурально-сословного капитала был следствием появления купцов, капитал которых был с самого начала движимым, был капиталом в современном смысле слова, поскольку об

этом может идти речь в применении к тогдашним отношениям. Вторым шагом вперед было появление мануфакту-

[33/41]

ры, которая, в свою очередь, мобилизовала массу натурального капитала и вообще увеличила количество движимого капитала по сравнению с количеством капитала натурального. Мануфактура стала в то же время убежищем для крестьян от исключавших их или дурно оплачивавших цехов, подобно тому как прежде цеховые города служили крестьянам убежищем от [притеснявшего их сельского дворянства].

Одновременно с возникновением мануфактур начинается период бродяжничества, вызванный упразднением феодальных дружин, роспуском войск, служивших королям против их вассалов, улучшением земельного и превращением огромных площадей пахотной земли в пастбища. Уже отсюда ясно, что это бродяжничество тесно связано с распадом феодализма. Уже в XIII в. были отдельные периоды подобного бродяжничества, но всеобщим и длительным явлением оно становится лишь в конце XV в. и в начале XVI в. Этих бродяг, столь многочисленных, что один лишь Генрих VIII английский приказал повесить 72 000 их, можно было заставить работать лишь с величайшим трудом, преодолев упорнейшее сопротивление. Быстро расцветшие мануфактуры, в особенности в Англии, постепенно поглотили их. С появлением мануфактуры различные нации начинают конкурировать между собой, вступают в торговую борьбу, которую ведут с помощью войн, охранительных пошлин и запрещений, между тем как прежде народы, находившиеся между собой в сношениях, вели друг с другом мирный обмен. Торговля отныне приобретает политическое значение.

С появлением мануфактуры изменяется и отношение рабочего к работодателю. В цехах между подмастерьями и мастером продолжали царить патриархальные отношения; в мануфактуре же их сменили денежные отношения между рабочими и капиталистом; если в деревнях и незначительных городах отношения эти продолжали носить патриархальную окраску, то в крупных подлинно мануфактурных городах от этой окраски очень быстро не осталось почти и следа.

Мануфактура и вообще все развитие производства достигли огромного подъема благодаря расширению сношений, вызванному открытием Америки и морского пути в Ост-Индию. Новые, ввезенные оттуда продукты, в особенности вступившие в обращение массы золота и серебра,

которые радикально видоизменили взаимоотношения классов и нанесли жестокий удар феодальной земельной собственности и рабочим, походы авантюристов, колонизация и, прежде всего, ставшее теперь возможным и изо дня в день совершавшееся все в большем объеме расширение рынков до размеров мирового рынка, – все это породило новую фазу исторического развития, на которой мы здесь

[34/42]

не будем подробно останавливаться. Благодаря колонизации новооткрытых земель торговая борьба наций друг с другом получила новую пищу, а тем самым и большее распространение и приобрела более ожесточенный характер.

Расширение торговли и мануфактуры ускорило накопление движимого капитала, между тем как в цехах, не получивших никакого стимула к расширению производства, натуральный капитал оставался неизменным или даже убывал. Торговля и мануфактура создали крупную буржуазию; в цехах концентрировалась мелкая буржуазия, которая уже перестала, как прежде, господствовать в городах и должна была склониться перед господством крупных купцов и мануфактуристов²⁰. – Это было причиной того, что цехи пришли в упадок, как только соприкоснулись с мануфактурой.

В эпоху, о которой мы говорим, общение наций между собой принимает две различные формы. Вначале ничтожное количество находившегося в обращении золота и серебра вызвало запрет вывозить эти металлы; с другой стороны, ставшая необходимой ввиду надобности предоставить занятие растущему городскому населению и по большей части импортированная промышленность не могла обойтись без привилегий, которые, конечно, могли быть предоставлены не только для борьбы против внутренней, но, главным образом, против внешней конкуренции. Эти первоначальные запрещения распространили на всю нацию местные цеховые привилегии. Пошлины возникли из поборов, взимаемых феодалами с проезжавших через их владения купцов в качестве выкупа за отказ от ограбления их, – поборов, которые впоследствии взимались также городами и при возникновении современных государств явились для казны

²⁰ Пометка Маркса на полях: «Мелкая буржуазия, среднее сословие, крупная буржуазия». *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

удобнейшим средством добывать деньги. Появление на европейских рынках американского золота и серебра, постепенное развитие промышленности, быстрый подъем торговли и вызванный этим расцвет нецеховой буржуазии и денег – все это придало указанным мероприятиям другое значение. Государство, которое все менее и менее могло обходиться без денег, сохраняло теперь из фискальных соображений запрет вывоза золота и серебра; буржуа, для которых эти только что выброшенные на рынок денежные массы стали главным предметом вожделений, были вполне довольны этим; прежние привилегии стали источником дохода для правительства и продавались за деньги; в таможенном законодательстве появились вывозные пошлины, которые лишь тормозили развитие промышленности и преследовали чисто фискальные цели.

[35/43]

Второй период наступил в середине XVII столетия и тянулся почти до конца XVIII-го. Торговля и судоходство расширялись быстрее, чем мануфактура, игравшая второстепенную роль; колонии начали становиться крупными потребителями; отдельные нации делили между собой путем продолжительной борьбы открывавшийся мировой рынок. Этот период начинается законами о мореплавании и колониальными монополиями. Путем тарифов, запрещений, трактатов по возможности устранялась конкуренция между нациями, а в конечном счете, борьба конкурентов велась и решалась с помощью войн (в особенности морских). Могущественнейшая морская держава, Англия, получила перевес в торговле и мануфактуре. Уже здесь – концентрация в одной стране. Для защиты мануфактуры постоянно прибегали к охранительным пошлинам на национальном рынке, к монополиям в колониях и к дифференциальным пошлинам на иностранном рынке. Оказывали покровительство обработке производимого в самой стране сырья (шерсть и полотно в Англии, шелк во Франции), запрещая вывоз производимого в стране сырья за границу (шерсть в Англии) и оставляя в пренебрежении, а то и совсем запрещая обработку импортируемого сырья (хлопок в Англии). Нация, первенствовавшая в морской торговле и обладавшая наибольшим колониальным могуществом, обеспечивала себе, конечно, и самое обширное – как количественно, так и качественно – развитие мануфактуры. Мануфактура вообще не могла обходиться без охраны, так как достаточно было малейшей перемены в других странах, чтобы она лишилась своего рынка и была разорена; при сколько-нибудь благоприятных условиях ее легко было ввести в какой-нибудь

стране, но именно поэтому ее легко было и разрушить. Вместе с тем, благодаря тем методам какими она велась, особенно в XVIII веке в деревнях, она так срасталась с жизненным укладом огромной массы людей, что ни одна страна не осмеливалась ставить на карту ее существование допущением свободной конкуренции. Поэтому, поскольку ей удавалось вывозить свои продукты, она всецело зависела от расширения или ограничения торговли, оказывая, со своей стороны, сравнительно ничтожное обратное воздействие на нее. Этим объясняется ее второстепенное значение, а также влияние купцов в XVIII веке. Купцы, а в особенности судовладельцы, более чем кто-либо настаивали на государственной охране и монополиях; правда, и мануфактуристы требовали – и добивались – охраны, но в смысле политического значения они всегда уступали купцам. Торговые города, особенно приморские, достигли некоторой цивилизованности и приобрели крупнобуржуазный характер, тогда как в фабричных городах продолжали царить мелкобуржуазная

[36/44]

стихия (ср. Айкин и др.). XVIII век был веком торговли. Пинто определенно говорит об этом: «Торговля – это конек нашего века; с некоторых пор только и говорят, что о торговле, мореплавании, флоте»²¹. Этот период характеризуется также отменой запрета на вывоз золота и серебра, возникновением торговли деньгами, банков, государственных долгов, бумажных денег, спекуляции акциями и ценными бумагами, всякого рода ажиотажа и развитием денежной системы вообще. Капитал потерял еще добрую часть своего первоначального натурального характера. Неудержимо развивающаяся в XVII столетии концентрация торговли и мануфактуры в одной стране – в Англии – мало-помалу создала для нее относительный мировой рынок, а тем самым и спрос на ее мануфактур-

21 Хотя движение капитала значительно ускорилося, оно все еще оставалось сравнительно медленным. Раздробление мирового рынка на отдельные части, каждая из которых эксплуатировалась особой нацией, устранение конкуренции между нациями, неповоротливость самого производства и неразвитость денежной системы, проходившей еще первые степени развития, – все это тормозило обращение. Следствием этого был мелочный, грязный, торгашеский дух, свойственный всем тогдашним купцам и всем методам торговли. По сравнению с мануфактуристами, а тем более с ремесленниками, они были, конечно, крупными буржуа, но по сравнению с купцами и промышленниками следующего периода они оставались мелкими бюргерами (ср. А. Смита). *Прим. автора.*

ные продукты, который уже не мог быть больше удовлетворен прежними промышленными производительными силами. Этот переросшие производительные силы спрос и был движущей силой, вызвавший третий со времени средневековья период частной собственности, породив крупную промышленность – использование сил природы для промышленных целей, машины и самое детальное разделение труда. Прочие условия этой новой фазы – свобода конкуренции в пределах страны, создание теоретической механики (механика, которую Ньютон довел до совершенства, вообще была в XVIII веке самой популярной во Франции и Англии наукой) и т.д. уже существовали в Англии (свободной конкуренции в пределах страны повсюду приходилось добиваться при помощи революции – 1640 и 1688 гг. в Англии, 1789 г. во Франции). Конкуренция заставила вскоре каждую страну, не желавшую утратить своей исторической роли, прибегнуть для охраны своих мануфактур к новым таможенным мероприятиям (старые пошлины уже не годились для борьбы с крупной промышленностью) и ввести вслед за тем крупную промышленность, охраняя ее таможенным тарифом. Несмотря на эти охранительные меры, крупная промышленность универсализировала конкуренцию (она – практическая свобода торговли; охранительные

[37/45]

пошлины являются в ней только паллиативом, оборонительным оружием в пределах свободы торговли), создала средства сообщения и современный мировой рынок, подчинила себе торговлю, превратила весь капитал в промышленный капитал и породила таким образом быстрое обращение (развитую денежную систему) и централизацию капиталов. При помощи универсальной конкуренции она заставляла всех индивидов до крайности напрягать свою энергию. Где только могла, она уничтожала идеологию, религию, мораль и т.д., а там, где она этого не сумела добиться, она превратила их в явную ложь. Она впервые создала всемирную историю, поскольку поставила удовлетворение потребностей каждой цивилизованной нации и каждого индивида в ней в зависимость от всего мира и поскольку уничтожила прежнюю, примитивную обособленность отдельных наций. Она подчинила естествознание капиталу и лишила разделение труда последних следов его естественного возникновения. Она вообще уничтожила натуральные отношения, поскольку это возможно в рамках труда, превратив их в денежные отношения. На место прежних, естественно развившихся городов она создала современные крупные

промышленные города, вырвавшиеся с невероятной быстротой. Повсюду, куда она проникла, она разрушила ремесло и вообще все прежние ступени промышленности. Она завершила победу торгового города над деревней. [Ее первая предпосылка] – автоматическая система. [Ее развитие] породило множество производительных сил, для которых частная [собственность] является такими же оковами, какими цеховой строй был для мануфактуры и мелкое деревенское производство для развивающегося ремесла. При господстве частной собственности эти производительные силы получают лишь одностороннее развитие, становясь для большинства разрушительными силами, и множество подобных производительных сил вовсе не может найти себе применение при частной собственности. Крупная промышленность создала повсюду в общем одинаковые отношения между классами общества и тем самым уничтожила особенности отдельных национальностей. Наконец, в то время как буржуазия каждой нации еще сохраняет свои особые национальные интересы, крупная промышленность создала класс, которому во всех нациях присущи одни и те же интересы и у которого уже уничтожена национальность, – класс, который действительно отрешился от всего старого мира и вместе с тем противостоит ему. Крупная промышленность делает для рабочего невыносимым не только его отношение к капитализму, но и самой труд.

Разумеется, крупная промышленность не во всех местностях данной страны достигает одинакового уровня развития. Это,

[39/46]

однако, не задерживает классового движения пролетариата, так как порожденные крупной промышленностью пролетарии становятся во главе этого движения и увлекают за собой всю остальную массу и так как не вовлеченные в крупную промышленность рабочие попадают из-за нее в еще худшее положение, чем сами рабочие крупной индустрии. Точно так же страны, в которых развита крупная промышленность, воздействует на более или менее непромышленные страны, поскольку последние, благодаря мировым сношениям, втягиваются во всеобщую конкурентную борьбу²².

22 Конкуренция изолирует друг от друга индивидов – не только буржуа, но еще более пролетариев, – несмотря на то, что она их сводит вместе. Поэтому проходит немало времени, пока эти индивиды сумеют объединиться, не говоря уже о том, что для этого объединения, – если ему не предстоит остаться лишь местным – крупная индустрия должна сперва создать необходимые средства, а именно крупные

Эти различные формы были также и формами организации труда, а значит, и собственности. В каждый период происходило объединение существующих производительных сил, поскольку потребности делали это объединение необходимым.

[39/48]

ТОРГОВЛЯ, ПУТИ И СРЕДСТВА СООБЩЕНИЯ

1. Развитие торговли и торговых отношений в XVI-XVII вв.
2. Транспорт в эпоху феодализма и успехи его в XVI-XVII вв.
3. Развитие речного транспорта. Успехи гидростатики и связи с развитием строительства каналов и шлюзов.
4. Морское судостроение.
5. Значение проблемы определения долготы для развития небесной механики.

[40/49]

ТОРГОВЛЯ, ПУТИ И СРЕДСТВА СООБЩЕНИЯ

Торговля достигает значительного развития уже к началу средних веков. Однако сухопутные пути сообщения находятся в весьма жалком состоянии. Дороги настолько узки, что на них не могут разойтись даже две лошади. Идеалом дороги является такая дорога, где три лошади могли бы идти рядом, где, по выражению того времени (XIV в.), «невеста могла бы проехать, не зацепив воза с покойником».

Немудрено, что товары провозятся во вьюках. Дорожное строительство почти совершенно отсутствует. Замкнутость феодального хозяйства не дает никаких импульсов для развития дорожного строительства. Наоборот, как феодалы, так и

жители мест, где проходит торговый транспорт, заинтересованы в плохом состоянии дорог. Феодал заинтересован в плохом состоянии дорог потому, что Grundhurrrecht дает ему право собственности на всякую вещь, упавшую на его землю с повозки или вьюка.

Скорость передвижения сухопутного транспорта в XIV в. не

промышленные города и дешевые быстрые пути сообщения. Поэтому лишь после долгой борьбы можно победить всякую организованную власть, противостоящую этим изолированным индивидам, живущим в условиях, которые ежедневно воспроизводят эту изолированность. Требовать противного равносильно требованию, чтобы в эту определенную историческую эпоху не существовало конкуренции или чтобы индивиды выкинули из головы отношения, над которыми они вследствие своей изолированности не имеют никакого контроля. *Прим. автора.*

превышает 5-7 миль в день. Естественно, что морской и водный транспорт играют большую роль как вследствие большей грузоподъемности кораблей, так и вследствие большей скорости передвижения: самая большая двухколесная повозка при 10-12 волах едва вмещала 2 т товара, в то время как судно средней величины вмещало до 600 т. В том же XIV в. из Константинополя в Венецию ездили втрое скорее морем, чем сушей. Однако и морской транспорт этого периода весьма несовершенен: так как нет еще хороших методов для ориентировки судна в открытом море, то плавают вблизи берегов, что очень замедляет скорость передвижения. Хотя первое упоминание о компасе в арабской книге “Сокровищница купцов” относится к 1242 г., но он входит во всеобщее употребление не ранее второй половины XIV в. К этому времени относится появление географиче-

[41/50]

ских морских карт. Но компас и карты могут быть рационально использованы только при умении правильно ориентироваться в море, т.е. определять широту и долготу.

Развивающийся капиталистический способ производства разбивает средневековую замкнутость города и сельской общины, необычайно расширяет географический кругозор, значительно убыстряет темп жизни. Ему нужны удобные пути сообщения, более совершенные средства сообщения, более точное измерение времени, и, в связи со все убыстряющимся темпом обмена, более точные приемы счета. Особенное внимание обращается на водный транспорт - на морской транспорт как на средство связи между отдельными странами и на речной транспорт как на средство связи внутри страны. Развитию речного транспорта способствует также и то, что с древности водные пути являлись наиболее удобными и исследованными, и естественный рост городов был связан с системой речных сообщений. Перевозка по рекам стоила втрое дешевле гужевого транспорта. Развивается также строительство каналов как дополнительное средство внутреннего транспорта и как средство соединения морского транспорта с внутренней системой рек.

РАЗВИТИЕ ТОРГОВЛИ И ТОРГОВЫХ ОТНОШЕНИЙ В XVI-XVII ВВ.

К. МАРКС

ИЗ ИСТОРИИ КУПЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА²³

Не подлежит никакому сомнению, – и именно этот факт привел к совершенно ошибочным взглядом, – что великие революции, произошедшие в торговле в XVI и XVII вв. после географических открытий и быстро подвинувшие вперед развитие купеческого капитала, составляют главный момент в ряду тех, которые содействовали переходу феодального способа производства в капиталистический. Внезапное расширение мирового рынка, умножение обращающихся товаров, соперничество между европейскими нациями в стремление овладеть азиатскими продуктами и американскими сокровищами, колониальная система, – все это существенным образом содействовало разрушению

[42/51]

феодальных рамок производства. Между тем современный способ производства в своем первом периоде, мануфактурном периоде, развивался только там, где условия для этого создались еще в средние века. Стоит сравнить, например, Голландию с Португалией²⁴. А если в XVI и отчасти в XVII столетии быстрое расширение торговли и создание нового мирового рынка оказали подавляющее влияние на падение старого и на подъем капиталистического способа производства, то это, напротив, произошло на основе уже созданного капиталистического способа производства. Мировой рынок сам образует основу этого способа производства. С другой стороны, имманентная для последнего необходимость производить в постоянно увеличивающемся масштабе ведет к постоянному расширению мирового рынка, так что в этом случае не торговля

23 К. Маркс, Капитал, т. III, кн. 3, отдел. 4, гл. 20, стр. 233-234, Партиздат, М., 1932, 9-е изд.

24 Какое преобладающее значение для развития Голландии, кроме других обстоятельств, имел базис производства, заложенный в ее рыболовстве, мануфактуре и земледелии, это показали уже писатели XVIII столетия. См. например Massey. В противоположность прежним взглядом, когда размеры и значения азиатской, античной и средневековой торговли ставились слишком низко, теперь вошло в моду чрезвычайно переоценивать их. Всего лучше можно освободиться от такого представления, если рассмотреть английский ввоз и вывоз к началу XVIII столетия и сравнить с современным. И однако он был несравненно более значителен, чем у какого бы ни было торгового народа прежнего времени (см. Anderson, History of Commerce). *Прим. автора.*

революционизирует промышленность, а промышленность постоянно революционизирует торговлю. И торговое господство теперь связано уже с большим или меньшим преобладанием условий, от которых зависит развитие крупной промышленности. Стоит сравнить, например, Англию и Голландию. История падения Голландии как господствующей торговой нации есть история подчинения торгового капитала промышленному капиталу. Препятствия, которые ставят разлагающему влиянию торговли внутренняя устойчивость и строй докапиталистических национальных способов производства, поразительно обнаруживаются в сношениях англичан с Индией и Китаем. Широкий базис способа производства составляет здесь единство мелкого земледелия с домашней промышленностью, причем к этому присоединяется еще форма деревенских общин, покоящихся на общинном землевладении, которая, впрочем, была первоначальной формой и в Китае. В Индии англичане, как властители и собственники земельной ренты, немедленно применили свою непосредственную политическую и экономическую власть для того, чтобы разрушить эти маленькие экономические общины. Их торговля оказывает здесь революционизирующее влияние на способ производства лишь постольку, поскольку они дешевируют своих

[43/52]

товаров уничтожают прядение и ткачество, исконную интегральную часть этого единства промышленно-земледельческого производства, и, таким образом, разрывают общину. Но даже и здесь это дело разложения удается им лишь очень медленно. Еще менее оно удается в Китае, где непосредственная политическая власть не приходит на помощь. Большая экономия и сбережение времени, происходящие от непосредственного соединения земледелия и мануфактуры, оказывают здесь упорное сопротивление продуктам крупной промышленности, в цену которых входят *faux frais* повсюду пронизывающего их процесса обращения. В противоположность английской, русская торговля, напротив, оставляет незатронутой экономическую основу азиатского производства.

ЭНГЕЛЬС-КОНРАДУ ШМИДТУ²⁵

27 ОКТЯБРЯ 1890 Г.

...Там, где имеется разделение труда в общественном масштабе, отдельные работники становятся самостоятельными друг от друга. Производство является в последнем счете решающим. Но, как только *торговля* продуктами обособляется от производства в собственном смысле, она следует своему собственному движению, над которым в общем и целом господствует производство, но в отдельных частях и внутри этой общей зависимости она, торговля, все же следует своим собственным законам, которые присущи природе этого нового фактора. У этого движения [торговли] есть свои собственные фазы, и в свою очередь она оказывает обратное действие на движение производства. Открытие Америки было вызвано голодом в золоте, который еще раньше изгнал португальцев в Африку (см. Soetber, Edelmetallproduction), потому что европейская промышленность, так могуче расширившаяся в XIV и XV веках, и соответствовавшая ей торговля требовали больше орудий обмена, которых Германия - великая страна серебра в 1450-1550 гг. - дать не могла. Завоевание Индии португальцами, голландцами, англичанами с 1500 по 1800 г. имело целью *ввоз из Индии*. О вывозе туда ни один человек не думал. И все же какое колоссальное обратное действие оказали на промышленность эти открытия и завоевания, вызванные чисто торговыми интересами! Только потребности *вывоза* в эти страны создали и развили крупную промышленность [в Европе]...

[44/53]

Вот в каких ярких красках описывает Люис Робертс, в своей книге «Merchant's Map of Commerce» («Торговая карта купца») 1638 г., торговлю Англии²⁶. «Когда, обозревая государства и города всего света и каждый маленький порт и гавань, я вижу повсюду англичан, разыскивающий новую торговлю, то я начинаю верить, что это страна достигла своего высшего развития, или ей предстоит еще дальнейшие успехи, которых

Рис. 1. Фронтиспис и титульный лист 3-го тома книги «Сборник путешествий, послуживших к организации и развитию Ост-индской компании...» 1705.

25 К. Маркс и Ф. Энгельс. Письма, перев. и ред. Адоратского. Соцакгиз, 1931, 4-е изд., стр. 378.

26 Б.Г. Гиббинс. Очерк истории английской торговли и колоний, 1899, гл. VI, стр. 29.

я не в состоянии предвидеть». Далее он замечает, что английская торговля не ограничивалась теперь вывозом прежних главных продуктов страны – сукна, свинца, олова и тканей, – но что она вела теперь и значительное транспортное морское дело, так что другие государства получали продукты отдаленных стран через посредство английских купцов. Например,

[45/54]

Ост-индская компания вела теперь морскую торговлю с Индией, Аравией и Персией, которая прежде составляла монополию итальянских купцов. Таким же образом морской транспорт товаров в Турцию и азиатские порты, бывший прежде в руках французов, перешел теперь к левантской компании. Все эти, а также и другие подробности указывают нам, что Англия стала занимать теперь первое место в ряду торговых наций.

Еще более показательно постоянное разрастание английских колоний. В вест-индских колониях начинают разводить вывезенный из Бразилии сахарный тростник. Дело, приносящее огромную прибыль. Автор книги «Trade Revived» («Возрождение торговли») в 1659 г. говорит по поводу Барбадоса, что здесь многие низкорожденные люди наживали богатства вельмож. Завоевание Кромвелем Ямайки у испанцев в 1655 г. в большой мере способствовало развитию торговли и могущества англичан в Вест-Индии. Расширяется торговля с американскими плантациями. Сэр Вильям Петти в 1676 г. говорит, что груз, поднимаемый судами, занятыми в американской и гвинейской торговле, до тех пор незначительной, простирался до 40000 т – весьма значительной цифры по тем временам. Давенант говорит, что эти сведения относятся к несколько более позднему времени, что английский экспорт в североамериканские плантации за шесть лет, с 1682 г., поднялся, в своей средней стоимости, до 350 000 фунт. стерл., а вывоз оттуда, причем большая часть доставляемых в Англию товаров опять вывозилась на европейский материк, оценивался около 950 000 фунт. стерл.

С целью поддержания английской торговли Кромвель издал так называемый навигационный акт. Навигационный акт имел целью нанести удар посреднической торговле Голландии, главнейшему тогдашнему сопернику Англии²⁷.

27 Гиббинс, *idem*, стр. 33.

НАВИГАЦИОННЫЙ АКТ

9 ОКТЯБРЯ 1651 Г.²⁸

«Для увеличения торгового флота и поощрения мореплавания нации, что, благодаря благому провидению и покровительству божию, является столь важным средством благополучия и безопасности этой республики, настоящим парламентом и его властью должно быть постановлено, что с 1 декабря 1651 г.

[46/55]

и впредь от этой даты никакие продукты и товары, произрастающие или производимые в Азии, Африке и Америке, или же в их частях, или же на относящихся к ним островах..., не должны вывозиться или же доставляться в Английскую республику, или в Ирландию, или же в какие-либо земли, острова, плантации, или территории, принадлежащие этой республике или находящиеся в ее владении, на каком-либо ином корабле или кораблях, судне или судах, кроме тех, которые действительно и без обмана принадлежат только гражданам этой республики или ее колоний, как собственникам или действительным владельцам, и капитан и матросы которых также будут гражданами этой республики, под страхом конфискации и потери всех товаров, которые будут ввозиться вопреки этому акту, а также под страхом конфискации корабля со всем его снаряжением, пушками и принадлежностями, на котором будут доставлены или ввезены названные товары или продукты; половина конфискованного будет идти в пользу республики, а другая – в пользу всякого лица или лиц, которые захватят товары или продукты и будут отстаивать свои права в каком-либо призовом суде республики.

Далее вышеназванной властью постановлено, что никакие продукты и товары, произрастающие или производимые в Европе или какой-либо ее части, с 1 декабря 1651 г. не должны доставляться и ввозиться в Английскую республику или в Ирландию, или иные земли, острова, колонии и территории, принадлежащие этой республике или находящиеся в ее владении, ни на каком другом корабле или кораблях, судне или судах, кроме тех, которые принадлежат действительно и без обмана только гражданам этой республики, и ни на каких других судах, за исключением тех

28 Acts and ordinances of the interregnum, 1642-1660, II, стр. 559-560, 1911. Перевод взят из сборника “Новая история в документах и материалах”, под ред. Н. М. Лукина и В. М. Далина, 1934, т. I, стр. 46-38.

иностранных кораблей и судов, которые действительно являются собственностью подданных той страны или местности, где произрастают или производится названные товары, могут быть доставлены или обыкновенно сначала привозятся, для дальнейшего транспорта, – все это поставлено под той же угрозой конфискации, изложенной в предыдущей части этого акта, с тем, чтобы упомянутые конфискации изыскивались и употреблялись, как было сказано выше.

Далее вышеназванной властью постановлено, что никакие продукты и товары, произрастающие и производимые за границей и которые должны быть ввозимы в республику на судах, принадлежащих ее гражданам, не должны перевозиться или из какого-либо иного места или мест, страны или стран, кроме тех, где названные продукты произрастают и производятся, или тех портов, куда они могут быть перевозимый или обыкновенно сперва привозится для дальнейшего транспорта, – но ни из

[47/56]

каких иных мест и стран под угрозой конфискации и убытков, изложенных в первой части этого акту, с тем, чтобы упомянутые конфискации выискивались и употреблялись, как было сказано выше...».

В 1559 г., – говорит Кулишер²⁹, – в лондонском порту имелось 22 набережных, где допускалась нагрузка и разгрузка кораблей между восходом и закатом солнца; в лондонской гавани в 1696 г. был устроен первый запирающийся шлюзами со стороны моря док (отдан в концессию герцогу Бедфордскому). Уже в конце XVII в. англичане с гордостью рассказывали о тех огромных суммах, которые уплачивались на лондонской таможне, и о том лесе мачт, который покрывал Темзу вплоть до Тоуэра. Хотя тоннаж всего судоходства Лондона в это время едва достигал 70 000 тонн, он казался англичанам колоссальным: действительно, эти 70 000 тонн составляли третью часть всего тоннажа королевства. В половине XVII в. (1642 г.) Английская ост-индская компания имела флот в 15 000 тонн; у нее имелось на Темзе (1628 г.) 7 судов дальнего плавания в 4 200 тонн и 34 других сунда в 7 850 тонн. В Лондоне сосредоточивалась английская торговля как с континентом Европы, так и с Индией и американскими колониями:

²⁹ И. М. Кулишер, История экономического быта Западной Европы, II, Соцэкгиз, 1931, 8-е изд., стр. 199.

принадлежавшая Англии по Навигационному акту монополия торговли с колониями находилась в руках Лондона, ибо здесь помещались привилегированные заокеанские компании.

В той же книге Кулишер приводит следующую любопытную выписку из дневника за 1501 г. венецианского купца и банкира Джироламо Примули³⁰: «24-го числа пришли письма из Португалии от посланника Венецианской сеньории, отправленного туда для того, чтобы тщательно разузнать правду о путешествии в Индию, затеянном португальским королем..., так как это предприятие имеет для венецианского государства больше значения, чем война с турками... Правда, погибло семь кораблей, но остальные шесть (речь идет о второй экспедиции 1500-1501 гг.) привезли столько товаров и на такую сумму денег, что даже трудно оценить... И если это путешествие повторится, а это, как мне кажется, легко может случиться, король Португалии сможет называться королем денег, так как все съедутся в его страну, чтобы купить пряности, а деньги останутся в Португалии... Когда пришло в Венецию это известие, оно вызвало большую досаду во всем городе, каждый был поражен, что

[48/56]

в наше время найден путь, о котором никогда ни в древние времена, ни при наших предках, не слышал и не ведали. И сенаторы признали, что эта вестъ-худшее, что Венецианская республика когда-либо могла получить, кроме разве потери своей свободы... И это потому, что нет никакого сомнения, что венецианское государство достигло такой известности и славы только благодаря морю, непрерывной торговле и плаваниям...

Рис. 2. Рынок в Бантаме. Гравюра из книги Линдшоттена «Восточная Индия», 1548-1550.

И все с деньгами съезжались в Венецию покупать пряности... Теперь же, когда найден этот новый торговый путь из Португалии, португальский король будет свозить все пряности в Лиссабон, и, несомненно, венгерцы, немцы, фламандцы, французы, которые приезжали в Венецию закупать пряности, теперь обратятся в Лиссабон, который ближе ко всем этим странам, и туда легче довести, и там они все будут иметь дешевле, а

30 Idem, стр. 200.

это важнее всего. Отсюда я заключаю, что если это путешествие из Лиссабона в Каликут установится так, как оно началось, то венецианским галерам и венецианским купцам не будет хватать пряностей, а если иссякнет эта торговля в Венеции, то можно считать это равным тому, как если иссякла пища и молоко для младенца».

Большую торговлю ведер Голландия в XVII веке; в то время все гавани, бухты, заливы Голландии были полны кораблями; все каналы внутри страны покрыты судами. Существовала характерная поговорка, что там столько же народа живет на воде, сколько на земле. Насчитывали 200 самых

[49/58]

крупных, 3 000 средних судов, имевших свою главную стоянку у Амстердама. К самому городу примыкал густой, темный лес их мачт.

Рис. 3. Амстердам в XVII веке. Современная гравюра

В XVII в. стало обычным делом отправляться в путешествие в Индию; научились плавать со всяким ветром. Каждый дом сделался школой судоходства; не было ни одного без морской карты. Могли ли они уступить врагу, они, столь всецело покорившие моря. Голландские корабли пользовались славой, что они «скорее сжигают себя, чем сдаются».

ТРАНСПОРТ В ЭПОХУ ФЕОДАЛИЗМА И УСПЕХИ ЕГО В XVI–XVII ВВ.

Пути сообщения в эпоху феодализма были в отвратительном состоянии. Кулишер³¹ приводит ряд данных о состоянии транспорта.

О мостах упоминается, правда, начиная с XIII века, в Италии и Фландрии и раньше; хотя постройка их считалась бого-

[50/59]

угодным делом и основанием для получения индульгенции, но все

³¹ И.М. Кулишер, История экономического быта Западной Европы, I, Соцэкгиз, 1931, 8-е изд., стр. 275–277.

же появляются они лишь в незначительном количестве и только там, где невозможно было переходить реки вброд. Мосты эти были деревянные, и часто повозка проехать по ним вовсе не могла; они не были предназначены для повозок: *non curribus* (не для возов). В Авиньоне был построен в XII веке мост в 900 м длины в течение 10 лет, на Роне в XIII веке — в 1000 м и был закончен в 30 лет. В области Ганзы находим в XIV веке несколько мостов; о «совершенных», построенных с огромными расходами каменных мостах летописцы особо упоминают как о чрезвычайно важном явлении. Но даже «прекрасный» каменный мост у г. Миндена был сорван ледоходом; в области Мозеля построенный римлянами каменный мост являлся до половины XIV в. единственным. Только в Северной Италии мосты, по-видимому, находились в несколько лучшем состоянии.

Улучшение дорог вовсе не входило в интерес жителей той местности, через которую лежал путь, ибо чем хуже была дорога, тем больше требовалось добавочных лошадей, тем больше дохода приносили кузнецы от починки телег, подков, наконец, тем больше тратили проезжающие во время остановок на потребляемые ими продукты. Для сеньоров же выгодно было не строить дороги и мосты, а ухудшать и разрушать их, ибо — помимо того, что плохая дорога облегчала нападения и грабежи, — по принципу «что с возу упало, то пропало» (*Grundruhrrecht*), всякая вещь, которая падала на землю, если телега ломалась или опрокидывалась при падении животного, становилась собственностью сеньора. «Когда едешь на ярмарку, —дается совет купцам,— бери повозку с небольшими колесами и смотри, чтобы тебе не пришлось платить *Grundruhr*, а то вся твоя прибыль пропала». Чем дольше продолжалось путешествие, тем больший доход доставлял сеньору и конвой, т.е. охрана людей и их имущества посредством всадников, которые сопровождали проезжающего. Впрочем, конвой нередко имел характер так называемого «мертвого» конвоя, где все ограничивалось получением квитанции в уплате конвойных денег. Эти квитанции являлись уже простым средством вымогательства: они нисколько не охраняли проезжающих; наоборот, собственные же люди сеньора нападали на уплатившего и грабили его; воюющие же стороны, во всяком случае, не обращали внимания на грамоту о беспрепятственном проезде, даже если она была выдана самим императором.

Нередко феодалы специально портили дороги и устраивали всевозможные стеснения и преграды — строили на суше мосты, протягивали цепи через реку, чтобы обеспечить себе сборы при

проезде купцов мимо многочисленных таможен. Ради этой последней цели был установлен и «Strassenzwang» (*nemini licitum sit per villas circumire*), т.е. запрещение заменять раз навсегда установленную худшую дорогу лучшей и более прямой. Из Польши на Лейпцигскую ярмарку был, например, установлен, в качестве обязательного, кружной путь через Познань, Глогау и т.д., который был втрое длиннее прямого пути. Для борьбы с обходом дорог и таможен феодалы строили высокие башни, господствовавшие над всей окрестностью, заключали между собой даже союзы с этой целью, причем предписывали остановку в определенных местах и отнимали весь товар у нарушавших постановления купцов. Это находилось в связи с бесчисленным количеством таможенных застав; в XIV в. насчитывалось 64 заставы на Рейне, 35 — на Эльбе и 77 — на Дунае в Нижней Австрии; около Нюрнберга имелось 24 заставы, из них 10 на расстоянии всего 3 миль от города. Транспорт по Рейну, вследствие многочисленности таможен, был крайне стеснен; по Лампрехту, на расстоянии между Бингеном и Кобленцом рейнские пошлины составляли свыше двух третей ценности товара. Недаром Mathias Paris говорит о «*Furiosa Teutonicorum insania*», о помешательстве немцев, выражающемся в бесчисленных таможенных заставах. Конечно, скорость передвижения при подобных условиях не могла быть велика; в течение дня — по Гецу — в среднем проезжали 5—7 миль; в Альпах, впрочем, лишь при смене лошадей.

Условия транспорта приводили к тому, что торговые операции могли совершаться лишь весьма медленно. Мы можем усмотреть это из корреспонденции Гильдебранда Векингузена, опубликованной недавно Штида. Письма из Данцига в Брюгге шли в лучшем случае 10 дней, из Любека в Брюгге иногда 31 и 48 дней, из Риги в Брюгге 39—52 дня, иногда даже 73 дня. Даже на небольшом расстоянии между Брюгге и Кельном требовалось 6—8 дней. Правильных почтовых сношений еще не было; купцы пользовались услугами отдельных лиц, которых они отправляли по мере надобности.

Плохое состояние сухопутных дорог в Англии не изменяется в течение долгих лет. Еще в 1662 г. это положение совершенно не изменилось, и поэтому в одном из судебных постановлений езда по главным дорогам объявляется «очень опасной и почти невозможной». Яркую картину состояния дорог в Англии дает Маколей³². «Как путешественники, так и то-

32 Маколей, Сочинения, 1875 г., изд. М. О. Вольфа, т. VI, История Англии, ч. 1. стр. 310—312.

вары перевозились из одного места в другое по большим дорогам; а эти большие

[52/61]

дороги, как оказывается, были гораздо хуже, нежели можно было бы ожидать от той степени богатства и цивилизации, которой нация уже и тогда успела достигнуть. Лучшие пути сообщения отличались глубокими колеями, крутыми спусками и нередко были таковы, что в сумерки почти невозможно было отличить их от неогороженных степей и болот, тянувшихся по

Рис. 4. «Как папа Иоанн около Арленберга в снегу лежал». Гравюра 1536. (Карета опрокинулась вследствие дурной дороги).

обеим сторонам. Антикварий Ральф Торзби едва не заблудился на большом Северном тракте, между Барнби-Муром и Токсфордом, и действительно заблудился между Донкастером и Иорком. Пепис и жена его, путешествуя в собственной карете, заблудились между Ньюбери и Ридингом. В ту же самую поездку заблудились они близ Салисбери и едва не были принуждены переночевать на открытом месте.

Только в хорошую погоду могли колесные экипажи пользоваться всею шириною дороги. Направо и налево нередко лежала глубокая грязь, и только узкая полоса твердой земли возвышалась над топью. В такие времена остановки и ссоры случались часто, и проезд иногда долгое время бывал загорожен возчиками, из которых ни один не хотел свернуть с дороги. Кареты почти ежедневно вязли и сидели в грязи, пока не являлись

[53/62]

с какой-нибудь соседней фермы вола, чтобы вытащить экипажи из трясины. Но в дурную пору года путешественник подвергался неудобствам еще более важным. Торзби, который обыкновенно ездил между Лидсом и столицей, записал в своем дневнике столько опасностей и несчастных случаев, что их было достаточно в путешествии к Ледовитому океану или в Сахару. Однажды он узнал, что между Вэром и Лондоном реки выступили из берегов, что путники должны были спасаться вплавь, и что один разносчик погиб, пытаясь переправиться. Вследствие этих известий он свернул с большой дороги и отправился с проводником через луга, где ему приходилось ехать по края седла в воде. В другой раз его чуть-чуть не унесло наводнением Трента. После того он оставался в

Стамфорде четыре дня по случаю состояния дорог и, наконец, решился двинуться далее потому только, что его приняли в свое общество четырнадцать членов палаты общин, которые все вместе отправлялись в парламент с проводниками и многочисленной прислугой. На дербиширских дорогах путешественники постоянно подвергались опасности сломать себе шею и нередко должны были слезать с коней и вести их под уздцы. Большой тракт через Валлис Ирландии и Голигед был в таком состоянии, что в 1685 г. наместник, отправлявшийся к месту своего назначения, должен был употребить пять часов, чтобы проехать четырнадцать миль от Сент-Асафа до Конвея. Между Конвеем и Бомарисом он принужден был идти большую часть дороги пешком, а жену его несли в носилках. Его карета с большим трудом и при помощи множества рук была перенесена за ним целиком. Вообще же экипажи разбирались в Конвее на части и переносились на плечах дюжих валлийских крестьян до Менайского пролива. В некоторых частях Кента и Соссекса только самые сильные лошади могли зимою переходить через болото, в котором они на каждом шагу глубоко вязли. Рынки часто бывали недоступны в течение нескольких месяцев. Говорят, что произведения земли иногда преспокойно гнили в одном месте, тогда как в другом, всего за несколько миль от первого, предложение далеко не соответствовало спросу. Колесные экипажи в этом округе обыкновенно запрягались волами. При посещении роскошного Петвортского замка в дождливую погоду принц Георг Датский должен был употребить шесть часов, чтобы проехать девять миль; да и то необходимо было, чтобы целая толпа дюжих мужиков поддерживала с обеих сторон его карету. Из числа экипажей, которые везли его свиту, многие были опрокинуты и повреждены. До сих пор сохранилось письмо одного из его дежурных джентльменов, в котором несчастный царедворец жалуется, что он в продолжение четырнадцати часов ни разу не

[54/63]

останавливался, за исключением тех случаев, когда его карета опрокидывалась или увязала в грязи.

«Издержки на пересылку тяжелых товаров этим путем были огромны³³. От Лондона до Бирмингама плата была 7 фунтов с тонны, от Лондона до Экстера 12 фунтов с тонны. Это составляло около 15 пенсов с тонны за

33 *Маколей*, Сочинения, т. VI, История Англии, ч. I, стр. 313.

каждую милю, одну третью более, нежели потом платилось на заставных дорогах, и в пятнадцать раз более того, что теперь³⁴ требуется обществами железных дорог. Стоимость провоза равнялась запретительной пошлине на многие полезные предметы. Каменный уголь, в особенности, не встречался нигде кроме округов, в которых он добывался, или округов, куда он мог доставляться морем; и действительно, на юге Англии он всегда был известен под названием морского угля».

Внутренняя торговля развивалась гораздо медленнее, чем внешняя. Мешали те дурные условия, в которых она происходила.

Сэ так описывает состояние Франции того времени³⁵.

Дорог еще далеко не достаточно. Правда, во времена Генриха IV были сделаны серьезные шаги в этом направлении; великий «дорожный мастер» Сюлли занялся починкой дорог и мостов, заброшенных в продолжение тридцатилетних гражданских неурядиц. Но в эпоху Ришелье и Мазарини работы по восстановлению дорог были в большей своей части в пренебрежении, так что к началу самостоятельного царствования Людовика XIV повсюду во Франции отмечают плохое состояние главных дорог. Кольберу принадлежит заслуга организации управления мостов и дорог, в котором теперь получили решающую роль интенданты провинций. Были проведены важные дороги. Но в конце царствования Людовика XIV снова отмечают упадок дорог (части жалобы на это в докладных записках интендантов за 1681 г.). Кроме того, ничего не было сделано для улучшения проселочных дорог.

Когда это только возможно, предпочитают пользоваться речными, гораздо более дешевыми путями. Поэтому улучшали судоходность наиболее значительных рек. Производились также большие работы по прорытию каналов. Бонарский канал, начатый в 1605 г. и заброшенный с 1610 до 1638 гг., был закончен в 1642 г.; запроектированный Рике Лангедокский канал, кото-

[55/64]

рый должен был соединить Атлантический океан со Средиземным морем, был прорыт с 1665 по 1681 г. Кольбер подумывал о проведении еще

34 Писано в 1848 году. *Прим. ред.*

35 H. Sèe, *Esquisse d'une histoire économique et sociale de la France*, Paris 1929, стр. 267–269

ряда других каналов, но при Людовике XIV были еще прорыты только канал, соединяющий Сент-Омер с Кале, и канал, соединяющий Лауру с Луэнгом (притоком Сены) через Монтаржис.

Рис. 5. Дорожная карета на железных рессорах (по Веранино, 1505). На переднем плане рессора в увеличенном масштабе.

Сухопутный транспорт еще очень примитивен. Передвижение почтовых общественных карет очень медленно. Из Парижа в Орлеан едут 2 дня, в Лион — 10 дней, в Страсбург — 11, в Лилль — 4, в Кале — 5 дней. Дорожные кареты делались вначале открытыми и лишь снабжались кожными занавесками, которые позднее были заменены деревянными панелями. Что же касается гужевой перевозки товаров, то она производилась в двух- или четырехколесных тележках, которые тратили, например, на переезд, из Парижа в Орлеан 4 дня. Однако можно отметить довольно большой прогресс в службе почты, реорганизованной сначала при Генрихе IV и Ришелье, а затем усовершенствованной при Людовике XIV. В 1672 г. была установлена новым тарифом стоимость писем: простое письмо, посланное на расстояние менее 25 лье, стоило 2 су; на расстояние свыше 80 лье — 5 су. Циркуляция писем заметно возросла. В 1673 г. сумма откупа почт составляла 1 200 000 ливров; в 1713 г. они достигли суммы в 3 100 000 ливров. Что же касается товарных перевозок, то их организация еще очень несовершенна.

Однако все же успехи в области транспорта товаров сушей во Франции были, по сведениям Кулишера³⁶ весьма значительны. Изобретение в конце XVI или в начале XVII вв. «пятого колеса» — элемента, позволяющего передку телеги поворачиваться независимо от всего кузова ее — позволило постройку самых различных и сложных форм карет. Если в конце средневекового периода успевали проехать в среднем не более 5 миль в день, редко 6—7 миль, то в XVII — XVIII вв. в Англии скорость провоза не очень громоздких товаров составляла

[56/65]

7—8 миль в день, а в Германии 9—10 миль при перемене лошадей.

³⁶ И. М. Кулишер, История экономического быта Западной Европы, II, Соцэкгиз, 1931, 8е изд., стр. 332.

При этом, даже по сравнению с XVI в., скорость перевозки в XVII в. возросла: из Стразбурга в Аугсбург перевозка товаров продолжалась в 1590 г. 8 дней, а в 1690 г. — 5 дней; из Магдебурга в Гамбург в 1560 г. — 6 дней, сто лет спустя — 3—4 дня. Во Франции воз, запряженный пятью лошадьми, с грузом в 6 000 фунтов мог проехать 8 миль в день; при большем числе лошадей и на хороших дорогах и 9 миль. Но большинство возчиков имело всего по четыре лошади и должно было считаться с тяжелыми дорогами, почему 7 миль считались достаточными и обычными; из Парижа в Лион расстояние в 95 миль совершали в 12—15 дней; зимой ездили и дольше. Во всех центральных пунктах появились многочисленные постоянные дворы, содержавшие лошадей; периодически раз или два в неделю двигались целые обозы — возы, запряженные четырьмя-восемью лошадьми, нагруженные 3—6 т товара.

РАЗВИТИЕ РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА. УСПЕХИ ГИДРОСТАТИКИ В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ СТРОИТЕЛЬСТВА КАНАЛОВ И ШЛЮЗОВ

Большую роль как средства сообщения играют внутренние водные пути. Уже в XV в. шлюзы — сначала каменные, а потом в виде перемычек — стали обычным явлением в Италии XV в. и были уже «давно в употреблении» во времена Леонардо да Винчи.

По данным Зомбарта³⁷, в XVI в. было издано 9 распоряжений об улучшении рек, в XVII в. — 24, в XVIII в. — 36 распоряжений. Так, например, уже в 1624 г. Темза была сделана судоходной до Оксфорда с целью «перевозки водой оксфордского построечного камня в Лондон и угля и других необходимых вещей в Оксфорд, ныне перевозимых по очень высокой цене только сухопутными путями». До конца XVII в. восемь судоходных рек были улучшены, а шест сделаны судоходными.

Краткий обзор развития внутренних водных путей в Европе дает Бернштейн-Коган³⁸.

Не подлежит сомнению, что камерный шлюз был занесен в XVI в. во Францию, и что с этого времени здесь начались

37 *W. Sombart, Der moderne Kapitalismus, Leipzig 1919, т. II, полутом I, стр. 252.*

38 *С. Бернштейн-Коган, Внутренний водный транспорт, вып. I, История и финансы, гл. I (отрывки), стр. 28 — 32.*

[57/66]

шлюзование рек и постройка настоящих каналов. Камерные шлюзы стали известны во Франции с 1515 г. Первый канал с такими шлюзами был выстроен в 1528 г. Это так называемый Уркский канал (d'Ourcq) на Марне, поблизости от Парижа.

В 1538 г. было начато шлюзование реки Вилен (Vilaine) в нынешнем департаменте Нижней Луары. План этого шлюзования, законченого лишь в 1575 г., приписывается Леонардо да Винчи. В это же время было произведено настоящее шлюзование реки Ло (приток Гаронны), заменившее прежние примитивные сооружения. При Сюлли начат был постройкой Бриарский канал (соединяет верховья Луары с бассейном Сены) длиной в 59 км. Он был закончен лишь в 1642 г. К XVII в. относится постройка такого грандиозного для своего времени сооружения, как Южный канал, который соединяет Средиземное море с Бискайскими заливом через Гаронну. Постройка этого канала, длиной 279 км, закончена при Людовике XIV в 1684 г. «Нет ничего более полезного и прибыльного для народа, чем плавание по рекам», — писал Кольбер в конце своей жизни. В эту же эпоху был закончен канал Орлеанский (1679 г.) длиной 74 км, которым дополнено было соединение Луары с Сеной через Бриарский канал, и начат постройкой канал Нейфоссе, длиной 18 км, на севере около Лилля (1682 г.). В XVIII в. построены: Луэнгский канал (Loing) (1719 г.) длиной 50 км. Сен-Кентский канал (1732 г.) длиной 98 км, который затем был соединен с Соммой (1769 г.), Центральный канал длиной 130 км (начат в 1783 г.), Бургундский канал (242 км, начат в том же году) и канал в Франшконтэ (ныне вошел в состав канала между Рейном и Роной). Кроме того, начат был постройкой канал в Нивернэ (178 км). Бургундский канал соединял Сену с Роной через Сену и Ду, а канал Нивернэ — верховья Луары с Ионой и, следовательно, еще раз с Сеной. Сен-Кентский канал открывал доступ от Сены через Уазу к Фландрской водной сети (через Шельду). К концу XVIII в. общее протяжение каналов во Франции составляло уже около 1000 км.

Первые попытки улучшения условий судоходства по рекам были сделаны в Германии очень рано, в начале XIV в. Можно указать за время до XVII в. еще кое-какие случаи работ по устройству водных путей (кроме Штекницкого канала, построенного между 1390 и 1398 гг., Крафольского канала, законченного в 1495 г.). Но первые значительные сооружения возникают в Германии в начале XVII столетия в пределах растущего и развивающегося Бранденбурга. Мы имеем в виду прежде всего Финовский канал, начатый в 1603 г. при Альбрехте-Ахилле и впервые связавший

бассейны Одера и Эльбы (через Гавель), а затем Мюльрозский канал, построенный при «великом кур-

[58/67]

фюсте», между 1661 и 1668 гг., связавший Одер и Шпрее. Всего до 1668 г. существовало 185,5 км каналов и 329,7 км шлюзных рек с общим числом шлюзов, равным 72.

В Англии необходимость в развитии путей сообщения была вызвана начавшейся во второй половине XVIII в. промышленной революцией. Вплоть до начала XVIII в. в Англии развитие внутренних водных путей шло только в направлении канализирования рек. С начала XV в. и до конца первой поло-

Рис. 6. Немецкая речная торговая флотилия. Гравюра 1506.

вины XVIII в. можно указать 21 случай, когда выдавались разрешения на канализирование рек, производившееся в большинстве случаев на средства частных лиц. Наиболее значительные работы этого рода относятся к первой половине XVIII в.

Строительство каналов и шлюзов требует знания основных законов гидростатики, законов истечения жидкостей, так как необходимо уметь вычислять давление воды и скорость ее истечения. Стевин в 1598 г. занимается вопросом о давлении воды, и он уже видит, что вода может оказывать на дно сосуда давление, большее ее веса; в 1642 г. Кастелли издает специальный трактат о движении воды в каналах в зависимости от его сечения; Торчелли в 1646 г. занимается теорией истечения.

[59/68]

Данные о работах в этой области Галилея дает Ольшки³⁹. Из школы Галилея выходит трактат Кастелли по гидравлике, возникший под непосредственным наблюдением Галилея и названный им «золотой книгой». Великие открытия Торичелли заслонили этот труд, но тем больше его историческое значение, ибо вместе с ним механика жидкостей вступила в область физических закономерностей, ради получения которых

39 Л. Ольшки, История научной литературы на новых языках, т. III, Галилей и его время, ГТТИ, М.-Л., 1933, стр. 216-219.

так упорно и тщето боролась эмпирическая наука двух столетий. Он – первое

Рис. 7. Внешние городские ворота города Любека. Гравюра 1560

свидетельство успехов галилеева подхода к природе и документ о зависимости последнего от запросов и потребностей времени. Крупнейшая заслуга Кастелли в научной и практической гидравлике заключалась в первом применении принципа зависимости скорости движения вод в реках и каналах от их ширины и высоты. Лишь только появилась книга Кастелли, как Галилею представился случай доказать с помощью новых методов гидродинамики огромную пользу этой науки для практики и таким образом публично освятить новое направление технических за-

[60/69]

дач. В то время как он переписывался с Кастелли о ее принципах, тосканское правительство решило устроить канализацию Арно и его притока Безенцио, так как их частые разливы причиняли постоянно бедствия, и опасность заболочения обширных пространств плодородной земли становилась все более угрожающей. Это было бедствие, от которого особенно страдала Флорентинская область и о котором писали историографы города, когда причиняемый им ущерб превосходил обычную норму.

Рис. 8. Торговое судно. Гравюра. 1600

Тогда как в Ломбардии уже давно приступили к регулированию течения рек, в Тоскане продолжали полагаться на бога и предпринимали лишь случайные, лишенные широкого кругозора, работы⁴⁰. Теперь великогерцогское правительство решило исправить дело и поручило своим инженерам составить план регулирования обеих рек. В конце 1630 г. предварительные работы подвинулись настолько далеко, что Галилею в качестве при-

40 В то время как Леонардо да Винчи работал еще в Ломбардии на своей системой каналов, флорентинцы решили в 1504 г. пригласить оттуда специалистов по водным сооружениям в Тоскану, чтобы, изменив устье Арно, причинить ущерб пизанцам и добиться от них покорности. *Прим автора.*

[61/70]

дворного математика было поручено дать отзыв о задуманном предприятии.

Подобные задачи стали, по-видимому, особенно актуальными как раз в те годы. Действительно, Галилей получил запрос от одного из своих даровитейших учеников насчет регулирования течения реки Арбия в Сиенской области; генуэзский патриций Бальяни, переписывавшийся уже с Кастелли о принципах гидродинамики, обратился к Галилею с планом водоснабжения своего родного города; о принципах его механики и о возможностях применения ее к водяным сооружениям, горячо и долго спорили между собой два молодых приятеля нашего исследователя – Андреа и Николо Арригетти, оба члены Флорентинской академии языков и уважаемые во Флоренции ученые и политики. Вскоре после этого Галилей дал отзыв о проекте канализации Арно, предложенном Джисмондо Коккапани, уважаемым тогда живописцем и архитектором; это был тот самый художник, который предложил множество проектов для фасада флорентинского собора, отзыв о которых Галилей должен был дать вместе с отзывами о проектах других участвовавших в конкурсе художников. А в это время болонский генерал-инспектор по водным сооружениям, Чезаре Марсили, с которым Галилей уже в течение ряда лет находился в оживленной переписке по научным вопросам и личным делам, встретил с энтузиазмом небольшое сочинение по гидродинамике и положил его в основу проекта канализации Рено. В Риме книжку эту буквально вырвали из рук Кастелли.

[61/70]

МОРСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

Ф. ЭНГЕЛЬС

ОТРЫВКИ ИЗ СТАТЬИ «ФЛОТ»⁴¹

...Долгое время как кораблестроение, так и навигация, по-видимому, не прогрессировали. В продолжение всего средневековья суда были небольших размеров, а смелый дух норманнов и фризов исчез. Теми улучшениями, которые были введены в кораблестроении, были обязаны итальянцам и португальцам, которые теперь стали самыми смелыми

⁴¹ К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. XI, ч. 2. ИМЭЛ, Партиздат, М., 1934, стр. 518–520.

моряками. Португальцы открыли морской путь в Индию, два итальянца на иностранной службе,

[62/71]

Колумб и Кабот, были со времен норманна Лейфа первыми, переплывшими Атлантический океан. Далекие морские путешествия сделались теперь необходимостью и требовали больших кораблей. В то же время необходимость вооружить тяжелой артиллерией военные и даже торговые суда точно так же требовала увеличения размеров и тоннажа судов. Те же причины, которые вызвали появление постоянных армий на суше, вызвали к существованию постоянный военный флот на море, и только

Рис. 9. «Великий Гарри» (по картине Гольбейна).

с этого времени мы можем говорить о военном флоте как таковом. Эра колониальных предприятий, которая теперь открылась перед всеми морскими нациями, также свидетельствовала о необходимости постройки больших военных флотов для защиты их торговли и новых колоний. С этого времени начинается период, более богатый морскими сражениями и развитием морских вооружений, чем какой-либо из предыдущих.

Основание британского флота было положено Генрихом VII, который построил первый корабль, названный «Великий Гарри». Преемник Генрика VII создал регулярный, постоянный флот, являвшийся собственностью государства, самый большой корабль которого был назван Henry Grace de Dieu [«Генрих

[63/72]

милостью божьей»]. Этот корабль, величайший из всех построенных до того времени, имел 80 пушек, расположенных частью на двух обычных плоских орудийных палубах, частью на добавочных платформах, находившихся в носовой части корабля и на корме. Он был снабжен четырьмя мачтами, его тоннаж исчисляется различно – от 1000 до 1500 т.

Весь британский флот к моменту смерти Генриха VII состоял приблизительно из 50 парусных судов, общим водоизмещением в 12000 тонн, с экипажем около 8000 матросов и морской пехоты. Большие корабли этого периода являлись неуклюжими сооружениями, имевшими высокую надводную часть, т.е. снабженные высокими носовыми и кормовыми надстройками, что создавало чрезвычайный перевес верхней части.

Следующий большой корабль, о котором мы имеем сведения, это – Sovereign of the Seas [«Властитель морей»], впоследствии названный Royal Sovereign [«Королевский властелин»]. Он был построен в 1637 г. Этот корабль является первым судном, о вооружении которого мы имеем почти точный отчет. Он имел три сплошных палубы, бак, шканцы, ют и рубку; на нижней палубе он имел 30 орудий 42- и 32-фунтовых; на средней 30 орудий 18- и 9-фунтовых; на верхней палубе – 26 легких орудий, вероятно 6- или 3-фунтовых. Кроме того, он имел 20 погонных орудий (chase guns) и 26 орудий на баке и на шканцах. Но в мирное время это вооружение уменьшалось до 100 орудий, так как полное вооружение было, видимо, слишком велико для судна. Что касается судов меньшего размера, то тут наши сведения являются крайне скудными. В 1651 г. военный флот был подразделен на шесть разрядов. Но кроме них продолжали существовать многочисленные классы внеградных кораблей, например шалупы, понтоны (hulks), а позднее – бомбардирские суда, корветы, брандеры и яхты. В 1677 г. мы находим список судов всего английского флота, по которому самый большой, перворазрядный трехпалубник имел 26–42-фунтовых пушек, 28–24-фунтовых, 28–9-фунтовых, 14–6-фунтовых и 4–3-фунтовых, а самый маленький двухпалубник (пятого разряда) имел 18–18-фунтовых, 8–6-фунтовых и 4–4-фунтовых, т.е. 30 орудий в целом. Весь флот состоял из 129 судов. В 1714 г. мы находим 198 судов, в 1727 г. – 178 и в 1744 г. – 128.

Впоследствии, по мере того как увеличивается число судов, увеличивается также и размер их, а тяжесть вооружения увеличивается вместе с тоннажем.

Первый английский корабль, соответствующий нашему современному фрегату, был построен сэром Робертом Дедли в конце XVI столетия. Но лишь по прошествии полных 80 лет

[64/73]

этот класс кораблей, сперва вошедший в употребление у южно-европейских наций, был введен в английском флоте. Особые, быстроходные качества фрегатом некоторое время плохо понимались в Англии. Британские корабли были, как общее правило, перегружены орудиями, так что их нижние порты⁴² были лишь на 3 фута уровня воды и их нельзя было открывать в бурную погоду. Этим мореходные качества судов были также сильно ухудшены. Испанцы и французы допускали несколько больший тоннаж,

42 Отверстия в бортах, открываемые для стрельбы из орудий, но обычно закрытые.
Прим. ред. Соч. М. и Э.

чем это требовало число орудий; вследствие этого их корабли могли выдерживать орудия более тяжелого калибра, имели большее количество запасов, большую пловучесть и были более быстроходными.

Ощутительный поворот в судостроении совершился в Англии при короле Якове I⁴³. При нем особая комиссия выработала разные полезные правила для построения и оснастки судов. Первый фрегат построен был Петтом (1646 г.); он был длиной 85 футов и носил 32 пушки. Англичане превозносили это судно за его легкость и быстроту. Тот же Петт построил первый 100-пушечный корабль, впрочем неудачно. Сэру Вальтеру Ралейгу (1650 г.) корабельная архитектура обязана первым своим появлением. Купеческое судостроение, идя в параллель с военным, было настолько удовлетворительно, что англичане могли на случай войны взять из купеческого флота до 400 судов и обратить их на военные потребности. Первые приложения математических вычислений к корабельной архитектуре сделаны были Дином (1666 г.), принявшим при вычислении водоизмещения закон, что вес плавающего тела равняется весу вытесняемой им воды. Он строил суда, способные помещать провизии и запасов на 6 месяцев и, следовательно, совершать продолжительные плавания, которые до этого времени ограничивались летними кампаниями продолжительностью в 3, не более 4 месяцев.

Значительный толчок к исследованиям в области гидростатики дают проблемы, возникающие при постройке морских военных судов. Это ярко выражено в следующем отрывке из «Начал гидростатики» Стевина⁴⁴.

[65/74]

«Когда было предложено устраивать на небольших судах платформы, возвышающиеся приблизительно на 20 футов, чтобы помещать на них солдат, то возникло сомнение, выдержит ли вершина плавающего тела эту нагрузку и не опрокинется ли судно, так что находящиеся наверху люди попадают в воду. Чтобы выяснить это обстоятельство, над одним из судов было проделано испытание. Это дало мне повод исследовать, нельзя ли, прежде чем переходить к экспериментам в большом масштабе, осветить вопрос путем математических исчислений, касающихся

43 Данные взяты из книги *Боголюбова*, История корабля.

44 Начала гидростатики; Архимед, Стевин, Галилей, Паскаль. *Стевин*, О плавающих телах, вершина коих нагружена, стр. 127.

формы и веса, и отсюда уже подходить к практическим решениям. В этих целях мы помещаем ниже теорему, относящуюся лишь к судам и вообще телам, вершина которых нагружена и которые плавают в воде; если же тела находятся на суше, то указанная теорема на них не распространяется, и они пребывают в равновесии, если основание перпендикуляра, опущенного из центра тяжести их на плоскость основания, лежит внутри периметра последнего».

[66/77]

ЗНАЧЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОТЫ ДЛЯ
РАЗВИТИЯ НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ
ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОТЫ В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ
МОРСКОИХ СНОШЕНИЙ

Вопрос определения долготы в открытом море – один из основных вопросов, решающих судьбу мореплавания. Брюстер приводит историю развития этой проблемы, которая сыграла огромную роль в стимулировании развития небесной механики⁴⁵. «Вопрос об определении долготы в открытом море, разрешению которого в такой большой мере способствовали открытия Ньютона, начал в это время привлекать внимание английских математиков. Однако этот вопрос был поставлен перед членами Королевского общества еще раньше и притом при очень странных обстоятельствах. В конце 1674 г. сэра де Сент-Пьер, французский шарлатан, которому покровительствовала герцогиня Портсмутская, добился от короля назначения комиссии для рассмотрения проекта определения долготы. В эту комиссию в числе других входили лорд Брункер, доктор Уорд, сэра Кристофер Рен, сэра Джонаса Мура и доктор Гук. В феврале 1675 г. Флемстид, гостивший в это время у Джонаса Мура и явившийся с ним на заседание комиссии, был также включен в число членов. С его помощью невежество и сомнение француза были вскоре изобличены, что хотя и было неприятно его высоким покровителям, но принесло большую пользу астрономии. Флемстид написал два письма, адресованные одно членам комиссии, а другое Сент-Пьеру, в которых он излагает свою точку зрения и следующим образом описывает основание Гринвичской обсерватории: «После этого я больше не слышал о французе, но мне передавали, что когда мои письма

45 *Sir D. Brewster, Memoirs of the life, writings, and discoveries of sir Usaac Newton, Edinburg, London 1855, ч. I, стр. 257-263.*

были показаны королю Карлу (II), последний, пораженный утверждением, что положения неподвижных звезд в каталоге Тихо Браге неправильны, сказал с некоторой горячностью, что они должны быть снова рассмотрены и исправлены для пользы его мореплавателей, и затем (после того, как ему была указана необходимость постоянных наблюдений для исправления расчетов движения луны и планет), он заявил с той же серьезностью, что «это должно быть сделано». После же того, как его спросили, кто может или должен будет заняться этим, он ответил: «Лицо, которое сообщает вам об этом». Таким образом я был назначен на этот пост». В приказе короля для уплаты жалования Флемстиду «астрономический наблюдатель», как он называется, должен

[67/78]

«отныне приступить со всевозможной тщательностью и прилежанием к исправлению таблиц движения небесного свода и положений неподвижных звезд с целью нахождения столь желаемой долготы различных мест для усовершенствования искусства мореплавания»⁴⁶.

Однако, по-видимому, ничего дальнейшего не было предпринято в этом важном вопросе до 25 мая 1714 г., когда несколько командиров королевского флота, лондонских купцов и капитанов коммерческих кораблей представили в парламент петицию, в которой заявляют, что «определение долготы имеет настолько большую важность для Великобритании, безопасности флота, торговых кораблей, а также развития торговли, что из-за невозможности определения таковой многие корабли были задержаны в пути и многие погибли, но если обществом будет обещана достаточная поддержка для тех, кто откроет таковую, то найдутся лица, могущие доказать свое открытие перед соответствующими судьями для их полного удовлетворения, безопасности человеческих жизней, флота ее величества, роста торговли и судоходства этих островов и вящей славы британской нации». Для рассмотрения этой прозорливой петиции, сыгравшей важную роль в развитии астрономии⁴⁷, была назначена большая комиссия, доклад которой был представлен в Палату общин 7 июня и рассмотрен 11 июня. Ниже мы приводим доклад и резолюцию комиссии, которая, как мы увидим, явилась важным событием в жизни Ньютона.

«Мистер Диттон и мистер Уистон, будучи спрошены, сообщили комиссии, что ими сделано открытие долготы и что они уверены, что

46 Бейли, Флемстид, стр. 37 и 38. Прим, автора.

47 См. Brewster, Life of Newton, т. I, стр. 351. Прим. автора.

последнее правильно в теории, и не сомневаются, что, будучи испытано, оно окажется действительным и применимым на море.

Что они сообщили всю историю своего открытия сэру Исааку Ньютону, доктору Кларку, мистеру Галлею и мистеру Котсу, которые, по-видимому, согласились с правильностью теории, но выразили сомнение относительно трудностей, могущих возникнуть на практике».

Ньютон, присутствовавший на заседаниях комиссии, заявил:

«Что для определения долготы на море было предложено несколько проектов, правильных в теории, но применение которых встречает затруднения.

1. Один основан на применении часов, точно показывающих время; однако еще не удалось сделать часов, показывающих верное время в условиях движения корабля, переходов от тепла

[68/79]

к холоду, от сухости к влажности и различия тяготения под различными широтами.

2. Второй состоит в определении долготы по затмению спутников Юпитера: однако по причине длины необходимых для этого телескопов и движения корабля в море таковые наблюдения в настоящее время еще не могут быть произведены в открытом море.

Рис. 11. Карта Молюких островов из книги «Сборник путешествий, послуживших к организации Ост-инд. компании...» 1705.

3. Третий основан на определении положения луны, но теория последней пока еще недостаточно изучена для этой цели. Она достаточно для определения положения с точностью до двух или трех градусов, но не до одного градуса.
4. Четвертым является проект мистера Диттона; последний сводится скорее к ведению записей долготы в открытом море, чем к определению последней в случае утери, что может легко случиться в туманную погоду. Насколько это возможно и каковы потребные на это затраты, могут лучше судить люди, опытные в морском деле. Пользуясь этим методом, при прохождении очень больших глубин необходимо держать курс прямо на восток или запад, не изменяя широты; если же их путь по этим

[69/80]

очень глубоким местам не лежит прямо на восток или запад, нужно раньше определить широту места, находящегося дальше того, куда направляются, а затем оттуда держать курс на восток или запад, пока не приплывут в нужное место.

В первых трех проектах надо иметь часы, регулируемые пружиной и сверяемые каждый раз, когда есть возможность видеть восход или закат солнца для того, чтобы знать часы дня или ночи. В четвертом проекте такие часы не надобны. В первом проекте необходимо иметь двое часов – эти и описанные выше.

В любом из трех первых проектов может принести некоторую пользу определение долготы с точностью до одного градуса и гораздо больше пользы – определение ее с точностью до сорока минут или полуградуса, если это возможно, и успех может быть достоин соответствующего вознаграждения.

Четвертый проект скорее дает мореплавателям возможность определить расстояние и положение от берега, находящегося на расстоянии сорока, шестидесяти или восьмидесяти миль, чем пересекать моря. Некоторая часть вознаграждения может быть присуждена, когда первое (определение расстояния от берега. – *Перев.*) будет произведено на побережье Великобритании для безопасности возвращающихся судов, а остальная – когда мореплаватели смогут держать курс в определенную отдаленную гавань, не теряя долготы, если это возможно осуществить».

Доктор Кларк сказал, что правительство не вызовет нареканий, если обещает награду вообще, независимо от какого-либо определенного проекта, всякому нашедшему способ определения долготы в открытом море.

Мистер Галлей сказал, что ему кажется, что метод мистера Диттона для определения долготы в открытом море состоит из отдельных подробностей, которые должны быть проверены, прежде чем он сможет высказать свое мнение по этому вопросу, и что эти опыты должны обойтись довольно дорого; какова же должна быть сумма расходов, он сказать не может.

Мистер Уистон утверждал, что бесспорная польза, которую это принесет стране и прибрежной полосе, с лихвой окупит расходы на опыты.

Мистер Котс сказал, что проект теоретически правилен вблизи берегов и что практическая часть должна быть подвергнута испытанию.

И в общем комиссия пришла к следующему решению: согласно

мнению настоящей комиссии, парламент должен присудить награду всякому лицу или лицам, нашедшим более точный и удобный метод определения долготы, чем любой, применяемый в настоящее время, и что эта награда должна соответствовать степени точности, достигнутой означенным методом.

[70/81]

Эта резолюция была единогласно принята Палато

Этот важный закон, который, согласно предсказанию британских капитанов и купцов, различными путями способствовал «вящей славе британского народа», немало содействовал также и славе Ньютона. Если бы даже показания различных экспертов, данные в парламенте, были записаны без обозначения их имен, то и тогда не надо было быть Бернулли, чтобы узнать среди них показания Ньютона. «Льва узнают по когтям». Самые выдающиеся из его преемников, обогатившиеся опытом полутора столетий, не могли бы более точно определить единственно правильные методы определения долготы в открытом море. Определение долготы при помощи хронометра доведено до высшего совершенства и, без сомнения, является наиболее точным и безошибочным. Метод «по положению луны» с помощью его же теории луны, усовершенствованной его преемниками, может быть признан следующим по точности за методом «часов».

Уже в 1696 г. среди членов Королевского общества распространился слух, что Ньютон занят проблемой определения долготы в открытом море, но ввиду необоснованности этого слуха Ньютон поручил Галлею довести до сведения членов, что он «не занимается этим вопросом». Однако много времени спустя он занялся изобретением инструмента для определения долготы по положению луны и в 1700 г. сообщил доктору Галлею описание отражательного секстанта для наблюдения расстояния луны от неподвижных звезд в открытом море⁴⁸».

«После смерти Ньютона⁴⁹ вопрос об определении долготы в открытом море стал предметом интереса широкой европейской публики. В Англии были изданы различные законы, относящиеся к этому вопросу. В 1726 г. англичанин Джон Гаррисон сконструировал часы удивительной точности, и после многочисленных опытов, в одном из которых он определил

48 *Brewster, Life of Newton, т. I, стр. 239. Прим. ред.*

49 *Brewster, Life of Newton, т. II, стр. 263.*

долготу с точностью до 10' 45", 10000 фунт. стерл. – половина награды, обещанной в законе королевы Анны, – были присуждены ему. Вторая половина была обещана ему или другому лицу за такие же точно часы, сконструированные по тому же принципу. Кендаль, избранный для изготовления этих часов, справился со своей задачей настолько успешно, что после того как часы со-

[71/82]

вершили с капитаном Куком кругосветное плавание в 1772–1775 гг., Гаррисон получил обещанные вторые 10000 фунтов. С целью дальнейшего поощрения изобретений для определения долготы был издан в 1774 г. новый закон, обещавший награду в 5000 фунтов за хронометр или часы, определяющие долготы с точностью до одного градуса, или 60 географических миль, 7000 фунтов за определение долготы с точностью до двух третей градуса, или 40 миль, и 10000 фунтов за определение ее с точностью до полуградуса, или 30 миль. Те же награды были предложены за любой другой метод, дающий такие же точные результаты, и специальная награда в 5000 фунтов была обещана за составление солнечных или лунных таблиц, достаточно точных для определения расстояния луны или солнца и звезд с точностью до 15 секунд.

«Эти таблицы должны быть полностью основаны на принципах тяготения, установленных сэром Исааком Ньютоном, за исключением элементов, которые по необходимости должны быть взяты из астрономических наблюдений».

«На основании этого закона вдова Тобиаса Майера получила 3000 фунтов за его лунные таблицы, а Эйлер – 300 фунтов за теоремы, на которых они основаны⁵⁰.

Французское бюро долгот, основанное с той же целью, что и английское, премировало Эйлера за его новые таблицы, опубликованные в 1771 г., и в течение всего XVIII в. и первой четверти XIX в. оба учреждения занимались поощрением всех научных изобретений, могущих способствовать усовершенствованию инструментов и методов определения долготы в открытом море. Французское бюро, насчитывающее среди своих членов всех наиболее выдающихся астрономов Франции, существует и продолжает свою деятельность и поныне; английское же прекратило свое

50 *Brewster, Life of Newton, т. I, стр. 350–352. Прим. автора.*

существование в 1828 г., как если бы Англия перестала быть нацией мореплавателей. Это была единственная научная комиссия в королевстве, платившая жалование ученым».

Способы определения долготы, даваемые небесной механикой, например движения луны, были недостаточно удовлетворительны; поэтому все время не прекращаются исследования и изыскания более надежных способов определения долготы. В часах с маятником, изобретенных и исследованных Гюйгенсом, найдено надежное средство для определения долготы. Таким образом эта проблема имела влияние не только на развитие небесной механики, но и на развитие общих исследований по меха-

[72/83]

нике, так как трактат Гюйгенса о часах с маятником дает решение важнейших механических задач (см. ниже в теме 2).

Гюйгенс сам указывает на значение проблемы определения долготы для развития его исследований по механике⁵¹.

Первые судовые часы, служившие для определения долготы, находились на английском торговом судне. Один шотландец-мореплаватель, плававший во главе флотилии из трех судов из Гвинеи на острова св. Фомы, находящиеся приблизительно на экваторе, рассказывает, что, поставив там часы по солнцу, он затем шел 700 миль обратно и снова отклонился к берегу Африки. Проплыв в этом направлении 200–300 миль, он изменил курс и направился к о. Барбадосу. Вычисления расстояний, которые им надо было пройти, у капитанов двух других судов отличались от вычислений обладателя часов с маятником: у одного на 80 миль, у другого на 100 и у третьего – еще на больше. Сам он заключал по состоянию своих часов, что до островов Зеленого мыса остается максимум 30 миль, и сказался прав.

Голландия и Франция также производили с тех пор опыты по проверке точности определения долгот при помощи часов с маятником. Герцог Бельфорт поручил своему астроному производить наблюдения во время своей поездки на Крит. Тот определял долготы всех тех мест, где высаживались на берег, и которые проезжали, и долготы которых точно не

⁵¹ Huygens, *Die Pendeluhr* (Ostwald's Klassiker) № 192, Leipzig, 1913, ч. I. Описание часов с маятником (выборки), стр. 21–23.

знали, и всегда находили, что разность долгот соответствовала разности их, вычисленной по лучшей карте. Например, разность долгот между Тулонским портом и городом Кандией была определена в 1 ч. 22 м., т.е. $20^{\circ}30'$, а на обратном пути это расстояние было опять определено, и был получен тот же результат, что доказывает точность вычислений.

«...Нельзя⁵² считать обычный маятник верным и точным мериллом времени, так как бóльшие размахи его требуют более продолжительного времени, чем меньше; однако я нашел, с помощью геометрии, неизвестный до сего времени способ подвеса маятника, а именно: я исследовал кривизну одной кривой, которая удивительным образом подходит для того, чтобы придать его движению желаемую равномерность.

После того как я применил этот метод подвеса к часам, ход их стал настолько равномерным и точным, что после бесчисленных испытаний на суше и на воде выяснилось, что эти часы могут с большой точностью служить астрономии и судоходству».

[73/84]

Развитие торговых сношений ставит перед транспортом следующие технические проблемы:

1. *Увеличение грузоподъемности судна и его скорости.*
2. *Улучшение плавательных свойств судна: остойчивость его, хороший ход, небольшая амплитуда при качке, хорошая управляемость и способность к лавированию, что особенно было важно для военных судов.*
3. *Удобные и надежные способы ориентировки в море: способ определять широту и долготу, магнитное склонение, время приливов и отливов.*
4. *Усовершенствование внутренней водной системы и соединение ее с морем: строительство каналов и шлюзов.*

Разберем, какие физические предпосылки нужны для разрешения этих технических проблем.

1. Для увеличения грузоподъемности судна необходимо знание основных законов плавания тел в жидкости, так как для подсчетов грузоподъемности надо знать, как рассчитать водоизмещение судна. Это – проблема гидростатики.

52 Idem, стр. 3

2. Для улучшения плавательных свойств судна необходимо знать законы движения тел в жидкостях. Это есть частный вид проблемы закона движения тел в сопротивляющейся среде – одна из основных задач гидродинамики. Проблема остойчивости судна и периода его качания есть одна из основных задач механики системы точек.
3. Проблема определения долготы сводится к наблюдению небесных светил и требует для своего разрешения наличия оптических инструментов и знания небесной карты светил и их движений. Проблема определения долготы может наиболее удобно и просто решаться при наличии хронометра. Но так как надежный хронометр изобретен только в тридцатых годах XVIII в., после работ Гюйгенса, то для определения долготы пользуются измерением расстояния луны от неподвижных звезд. Все это – задачи небесной механики.
4. Строительство каналов и шлюзов требует знания основных законов гидростатики, закона истечения жидкостей, так как необходимо уметь вычислять давление воды и скорость ее истечения. Как видим, и проблема строительства каналов и шлюзов приводит к задачам механики (гидростатики и гидродинамики).

[74]

ВОЕННОЕ ДЕЛО И ВОЕННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

1. Из истории военного дела в XVI-XVII веках
2. Теоретическое изучение военного дела

[75/87]

ВОЕННОЕ ДЕЛО И ВОЕННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Оформление и развитие мощных государств и их конкуренция на внешних рынках и в колониальных странах приводили к ряду серьезных военных конфликтов, особенно к морским войнам (ср. *Маркс*, приведенный выше отрывок из «Немецкой идеологии», стр. 33 и сл.).

Военное дело и военная техника достигают огромной высоты развития и оказывают большое влияние на развитие ряда физических проблем, связанных в первую очередь с задачами баллистики.

ИЗ ИСТОРИИ ВОЕННОГО ДЕЛА В XVI-XVII ВВ.

ПИСЬМО МАРКСА К ЭНГЕЛЬСУ⁵³

25 СЕНТЯБРЯ 1857 Г.

История армии нагляднее, чем что-либо, подчеркивает правильность наших взглядов на связь производительных сил и общественных отношений. Вообще армия важна для экономического развития. Так, например, у древних наемная плата вполне развилась прежде всего в армии. Точно так же у римлян *reculium castrense*⁵⁴ является первою правою формою, в которой признается движимая собственность за лицами, не находящимися на положении отца семейства. Точно так же ограни-

[76/88]

зован цеховой строй в корпорации *fabri*⁵⁵. Здесь же имеет впервые место и применение машин в крупном масштабе. И даже особая ценность металлов и употребление их в качестве денег основывались, по-видимому, первоначально – после того как миновал гриммовский каменный век – на их военном значении. В армии же впервые проводится разделение труда внутри одной профессии. Вся история буржуазных общественных формаций выражена здесь в сжатом виде с поразительной ясностью. Если

Рис. 12. Император Максимилиан у оружейных мастеров. Современная гравюра.

у тебя будет время, ты должен как-нибудь разработать данный вопрос с этой точки зрения.

Единственные пункты, по моему мнению, упущенные в твоём изложении, следующие:⁵⁶ 1) Первое появление в большом количестве *and at opse*⁵⁷ наемного войска у карфагенян (для нашей ближайшей цели я прошотрю ставшее мне лишь недавно изве-

[77/89]

53 *К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, т. XXII, ИМЭЛ, Партиздат, стр. 239-240.*

54 *Частная собственность солдат в лагере. Прим. ред. Соч. М. и Э.*

55 *Войсковых ремесленников. Прим. ред. Соч. М. и Э.*

56 *Маркс имеет в виду помещаемую ниже в отрывках статью Энгельса «Армия». Прим. ред.*

57 *«и сразу». Прим. ред. Соч. М. и Э.*

ственным сочинением одного берлинца о карфагенской войне); 2) Развитие военного дела в Италии в пятнадцатом и начале шестнадцатого века. Именно здесь были выработаны тактические приемы. Очень забавно также описание Макиавелли в его истории Флоренции того, как дрались *condottieri*⁵⁸ (я спишу это для тебя). (Впрочем, если я поеду к тебе в Брайтон, я лучше привезу том Макиавелли с собою. История Флоренции, это – шедевр). Наконец, 3) Азиатская военная система, как она впервые появляется у персов, а затем, хотя и в сильно видоизмененной форме, снова возникает у монголов, турок и других.

Ф. ЭНГЕЛЬС

ОТРЫВКИ ИЗ СТАТЕЙ «АРМИЯ» И «Артиллерия»⁵⁹

Стр. 389 От арабов, живших в Испании, знакомство с выработкой и употреблением пороха распространилось на Францию и на остальную Европу; сами арабы получили его от народов Дальнего Востока, которые, в свою очередь, заимствовали его от первоначальных изобретателей – китайцев. В первой половине XIV столетия пушка была впервые введена в европейских армиях; это были тяжелые, неповоротливые артиллерийские орудия, бросавшие каменные ядра и пригодные только для осадной войны. Однако скоро изобретено было мелкое огнестрельное оружие. Город Перуджия в Италии обзавелся в 1364 г. 500 шт. ручного огнестрельного оружия, ствол которых был не более 8 дюймов в длину; они затем дали толчок производству пистолетов (названных так по городу Пистойя в Тоскане). Немного спустя стали выделять более длинное и более тяжелое ручное огнестрельное оружие – аркебузы (*arquebuses*), соответствующие нашему современному мушкету: но, имея короткий и тяжелый ствол, они стреляли лишь на ограниченное расстояние, а фитильный запал служил почти непреодолимым препятствием для точного прицеливания; кроме того, они отличались и всевозможными другими недостатками. К концу XVI столетия в Западной Европе уже не существовало войск, не имевших своей артиллерии, и частей, вооруженных аркебузами. Но влияние нового оружия на общую тактику было весьма мало заметно.

58 Вожди наемных войск. *Прим. ред. Соч. М. и Э.*

59 К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, ИМЭЛ, Партиздат, т. XI, ч. 2, М., 1934.

[78/91]

Как крупное, так и мелкое огнестрельное оружие требовало очень много времени для заряжания, а по своей неуклюжести и дороговизне не имело никаких преимуществ перед самострелом даже около 1450 г.

Стр. 414.

В течение XV столетия были сделаны значительные усовершенствования как в конструкции, так и в применении артиллерии. Пушки стали отливать из железа, меди или бронзы. Подвижная казенная часть стала выходить из употребления, всю пушку теперь отливали целиком. Лучшие пушечные литейные

Рис. 14 Мушка, выставленная нюрнбержцами против турок. 1518 г. Гравюра на меди А. Дюрера.

заводы были во Франции и в Германии. Во Франции были сделаны также первые попытки во время осад подвозить пушки и устанавливать их под прикрытием. Около 1450 г. стали устраивать нечто вроде траншей, а вскоре после того братья Бюро соорудили первые батареи орудий с затворами; с помощью этих батарей французский король Карл VII взял обратно за один год все те города и крепости, которые захватили у него англичане. Но наиболее крупные улучшения были произведены французским королем Карлом VIII. Он окончательно отказался от подвижной задней части ствола, стал отливать свои пушки из бронзы, и притом целиком, ввел цапфы и лафеты

[79/92]

на колесах и стрелял только чугунными снарядами. Он упростил также калибры и обыкновенно брал в поле более легкие.

Стр. 391

Таким образом Карл VIII явился основателем полевой артиллерии. Его пушки, поставленные на колесные лафеты и перевозимые большим количеством лошадей, неизмеримо превосходили старомодную неуклюжую артиллерию итальянцев (перевозимую быками) и производили такое опустошение в густых колоннах итальянской пехоты, что Макиавелли написал свое «Искусство войны» главным образом для того, чтобы предложить строй, могущий уменьшить потери пехоты от действия на нее такой артиллерии.

Стр. 415-416.

Император Карл V не отставал от своих французских соперников в деле усовершенствования полевых пушек. Он ввел лафетные передки, превратив таким образом двухколесное орудие, на время его передвижения, в четырехколесную тележку, могущую двигаться более быстрым аллюром и преодолевать неровности почвы. Таким образом в сражении при Реми в 1554 г. эти легкие пушки могли двигаться галопом.

Первые теоретические исследования относительно пушек и полета снарядов тоже относятся к этому периоду. Говорят, что итальянец Тарталья открыл тот факт, что угол возвышения в 45° дает *in vacuo* [в безвоздушном пространстве] максимальную дальность полета. Испанцы Колладо и Уфано тоже занимались подобными исследованиями. Так были заложены теоретические основы артиллерийской науки. Около того же времени исследования Ванноччи Бирингоччо об искусстве литья (1540 г.) повели к значительному прогрессу в изготовлении пушек, тогда как изобретение Гартманом калибровой шкалы, при помощи которой измерялась каждая часть пушки по ее отношению к диаметру дула, дало устойчивый образец для конструкции орудий и проложило путь для установления определенных теоретических принципов и общих эмпирических правил.

Одним из первых результатов усовершенствования артиллерии был полный переворот в искусстве фортификации. Со времени ассирийской и вавилонской монархий искусство это подвинулось вперед очень мало. Но теперь новое огнестрельное оружие всюду делало бреши в каменных стенах старой системы и приходилось изобретать новую систему укреплений. Стены надо было сооружать таким образом, чтобы непосредственному огню осаждающего была открыта возможно меньшая поверхность каменных сооружений и чтобы сильная артиллерия могла

[80/93]

быть размещена на валах. Старая каменная стена стала заменяться земляным валом, лишь облицованным камнем, а небольшая боковая башня превратилась в большой пятиугольный бастион. Постепенно все каменные части укреплений стали прикрываться против непосредственного действия огня внешними земляными сооружениями, и в середине XVII столетия оборона крепостей опять стала относительно сильнее, чем атака, пока Вобан снова не дал преобладания последней.

Рис. 15. Осада Штральзунда. Гравюра 1628

До этой поры операция заряжания производилась непосредственным засыпанием пороха в пушку. Около 1600 г. были введены картузы из холщевых мешков, содержащих установленные количества пороха, что значительно сократило время, необходимое для заряжания, и обеспечило большую точность огня благодаря большему однообразию зарядов. Около того же времени было сделано важное изобретение, а именно – изобретение вязанной картечи и простой картечи. Производство полевых орудий, приспособленных для стрельбы полыми снарядами, тоже относится к этому периоду. Многочисленные осады, имевшие место во время войны Испании против Нидерландов, весьма сильно содействовали усовершенствованию артиллерии, употребляемой при обороне и при атаке крепостей, особенно в применении мортир и гаубиц, бомб, каркасных снарядов, каленых ядер и в деле приготовления запальных трубок и других огнестрельных припасов.

[81/94]

Стр. 395–396.

В артиллерии стало теперь общим явлением уменьшение веса орудий, пользование патронами и картечью. Другая крупная перемена состояла во включении этого рода войск в состав армии. До той поры хотя пушки и принадлежали государству, но люди, обслуживающие их, не были собственно солдатами, а составляли род гильдии, и артиллерия признавалась не особым родом войск, а ремеслом. Ее офицеры не имели соответственного чина в армии и их считали более близкими к мастерам – портным и столярам, чем к джентльменам с офицерским патентом в кармане. Однако около этого времени артиллерия была сделана составной частью армии и подразделена на роты и батальоны; артиллерийская прислуга превращена в постоянных солдат, а офицеры получили те же чины, что в пехоте и в кавалерии. Вызванные этой реформой централизация и устойчивость личного состава артиллерии проложили путь артиллерийской науке, которая при старой системе не могла развиваться.

Стр. 418–420.

Таким образом эта часть армии была признана самостоятельным родом войск, и обучение офицеров и солдат было взято государством в свои руки. В 1690 г. во Франции была учреждена артиллерийская школа, существовавшая, по крайней мере в течение 50 лет, как единственная в

мире. В 1697 г. Сен-Реми издал справочник артиллерийской науки, очень хороший для своего времени. И все же «тайна», окружавшая артиллерийское дело, была столь велика, что многие усовершенствования, принятые в других странах, были еще неизвестны во Франции, а конструкция и состав артиллерии каждой страны значительно различались друг от друга. Так, французы еще не ввели у себя гаубицы, изобретенной в Голландии и до 1700 г. введенной в большинстве армий. Ящики для амуниции на лафетных передках, впервые введенные Морицем Нассауским, были неизвестны во Франции и мало где приняты. Пушка, лафет и передок были слишком тяжелы для того, чтобы перегружать их еще добавочным весом снарядов. Самые малые калибры, вплоть до 3 фунтов, были действительно упразднены, но легкая полковая артиллерия была во Франции неизвестна. Заряды, употреблявшиеся в артиллерии рассматриваемого периода, были обыкновенно очень тяжелы: первоначально они весили столько же, сколько ядро. Хотя порох был плохого качества, заряды эти производили все же гораздо более сильное действие, чем употребляемые ныне, так что это обстоятельство

[82/95]

было одной из главных причин страшной тяжести пушки. Для того чтобы выдержать такие заряды, вес бронзовой пушки часто в 250–400 раз превосходил вес снаряда. Однако необходимость сделать пушки более легкими заставила постепенно уменьшить заряд, и к началу XVIII столетия последний составлял обыкновенно лишь половину веса снаряда. Для мортир и гаубиц заряд регулировался в зависимости от дистанции и обычно был незначителен. Конец XVII и начало XVIII столетия были периодом, когда артиллерия в большинстве стран была окончательно введена в состав армий, лишена своего средневекового, цехового характера, признана особым родом войск и благодаря всему этому сделалась способной к нормальному и быстрому развитию. Результатом был почти немедленный и весьма заметный прогресс. Стали очевидными беспорядочность и разнообразие калибров и моделей, неопределенность всех существующих эмпирических правил, полное отсутствие прочно установленных принципов; все это терпеть далее стало невозможным. Ввиду этого всюду стали производить в широких размерах опыты, с целью выяснить действие калибров, отношение калибра к заряду, к длине и весу пушки, распределение металла в пушке, дальность выстрела, действие отдачи на лафеты и т. п. В течение 1730–1740 гг. Белидор руководил такими опытами в Ла-Фер во

Франции, Робинс – в Англии и Папачино д'Антони – в Турине. Результатом явилось большое упрощение калибров, лучшее распределение металла в пушке и очень заметное уменьшение заряда, который теперь достигал от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ веса снарядов. Вровень с этими усовершенствованиями шел и прогресс научной артиллерии. Галилеем было положено начало теории параболы; его ученик Торичелли, Андерсон, Ньютон, Blondель, Бернулли, Вольф и Эйлер занимались дальнейшим изучением полета снарядов, сопротивления воздуха и причин отклонения снарядов. Вышеназванные артиллеристы–экспериментаторы тоже существенно содействовали развитию математической стороны артиллерии.

Армии, – говорит Макс Вебер⁶⁰ – становились все более и более крупными потребителями фабричных изделий по мере того, как возрастали размеры оплачиваемых войск, прогрессировала в них дисциплина и совершенствовались вооружение и

[83/96]

военная техника. Для текстильной промышленности важным обстоятельством явилось введение военной формы, как средства установления дисциплины и облегчения надзора; для железной индустрии – потребность в орудиях и снарядах; для торговли – потребность в жизненных припасах. К сухопутному войску присоединяется и флот. Увеличение размеров военных судов открыло индустрии новый рынок для сбыта. В то время как размеры торговых судов почти не изменились до самого конца XVIII столетия, составляя в среднем для приходящих в Лондон судов еще в 1750 г. всего 140 *t*, военные суда уже в XVI столетия достигали вместимости в 1 000 *t*, а в XVIII столетии это стало нормальным. Потребности армии и флота возрастали с увеличением числа и протяжения путей военных судов (а также и торговых), в особенности начиная с XVI столетия. Если до тех пор длительность пути на восток обычно равнялась году, то теперь суда оставались в плавании гораздо большее время. Одновременно передвижение войск на более далекие расстояния во время сухопутных походов вызывало необходимость усиленного снабжения их амуницией, провиантом и т.д. Наконец, начиная с XVII столетия, постройка судов и производство орудий идут необыкновенно ускоренным темпом.

60 *Макс Вебер, История хозяйства, «Наука и школа», 1924, стр. 195.*

Надо только представить себе – говорит Зомбарт в посвященном вопросу о связи между войной и капитализмом сочинении, – что обозначало для средневекового человека, который в качестве производителя был ремесленником, когда, например, в марте и апреле 1652 г. английское правительство немедленно потребовало 335 пушек, а в декабре того же года объявило, что ему нужно немедленно 1 500 железных артиллерийских орудий весом в 2 230 т за 26 фунт. стерл. тонна и, кроме того, столько же повозок, 117 000 снарядов, 5 000 ручных гранат, 12 000 баррелей пороха по 4 фунт. стерл. 10 шилл. И агенты объезжали страну, стучались в двери ко всем мастерам, выделявавшим пушки, и все же не в силах были удовлетворить внезапный и огромный спрос. Какой переворот все это должно было вызвать в старинном процессе производства мастеров–оружейников! И не их одних. Рядом с производством ружей, пистолетов, пушек и других предметов вооружения (кирас, алебард), снарядов, селитры, пороха, рядом с появлением литейных заводов для литья пушек и гранат, производства ружей, пороховых заводов, крупный спрос на эти предметы должен был повлиять на производство нужных для них материалов – металлов: железа, меди, олова, – и преобразовать процесс их переработки, в особенности превращение руды в литое и ковкое железо: армия стала крупным потребителем последнего, в сущности, единственным массовым потребителем железа. В связи с этим находится повсюду развитие гор–

[84/97]

ного дела с XVI в., расширение добычи железной руды, как и развитие в Англии доменных печей – во многих странах они сооружались исключи – медных, свинцовых, оловянных рудников. Отсюда появление и новых доменных печей, без них не могло бы обойтись литье железа, необходимое для пушек, ядер, труб. Спрос на железные пушки являлся принуждением к устройству доменных печей – во многих странах они сооружались исключительно для литья пушек и снарядов. Отсюда и применение новых инструментов. Сверлильные и токарные станки, – говорит Бек, – получили свое первоначальное развитие в области производства артиллерийских орудий. Сверление пушек являлось той проблемой, на которой главным образом развилась сверлильная техника.

Военная⁶¹ техника, особенно производство оружия, играла очень

61 F. Nassbaum, History of the economic foundations of moderne Europe, 1933, стр. 87.

значительную роль. Охрана интересов и награждение изобретателей были в интересах государства. С ростом численности армий, единообразием вооружения и увеличением размера орудий эти новые производства требовали больших заводов. Массовое производство пороха началось, очевидно, в Шпандау в 1578 г. Вот таблица важнейших усовершенствований вооружения:

Железные ядра (вместо каменных)	1471 г.
Немецкий круглый затвор	1515 г.
Удлиненные стволы	около 1550 г.
Взрывающиеся бомбы	1588 г.
Заряжающиеся с казенной части орудия	XVI век
Мушкет	до 1600 г.
Цилиндрические гранаты	1627 г.
Кремневый затвор	1630-1640 г.
Литье и сверление орудий	1740 г.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВОЕННОГО ДЕЛА

Развитие военного дела ставило перед ученым ряд технических проблем. Галилей уделял им много внимания. Ниже приводим данные Ольшки⁶² о работе его в этой области.

Галилей шел теми же путями (как и его учитель Риччи), пока он не отдался всецело научным проблемам, поставленным как раз теорией сооружения крепостей и огнестрельного оружия.

[85/98]

В этом можно убедиться из изобретения им военно-геометрического циркуля, вокруг которого завязалась первая публичная полемика. Галилей выступил в ней с защитой своих прав изобретателя. Плодом его особенной технической выучки являются оба сохранившихся трактата об искусстве сооружения крепостей, в которых еще ясно чувствуется влияние, оказанное на Галилея флорентинскими методами и теориями. Мы встречаем в них, между прочим, дюреровский метод построения

62 Л. Ольшки, История научной литературы на новых языках, т. III, Галилей и его время, стр. 104.

пятиугольника, который усвоили себе флорентинские учителя математики для практических целей и которому обучал также Остилио Риччи наряду с эвклидовским способом в своих трактатах.

Насколько⁶³ сильно здесь сказались особенности воспитания Галилея в молодости, показывает его намерение написать несколько книг для солдат, чтобы не только познакомить их с теорией, но и сообщить им также точные познания обо всех заслуживающих внимания, зависящих от математики вопросах, как, например, о технике рытья окопов, боевого строя, возведения укреплений, топографических съемок, артиллерийской техники, употребления различных инструментов и т.д.⁶⁴ Если это намерение и не получило литературного и систематического осуществления, то другие показания свидетельствуют о наличии непрерывной связи между мыслью и творчеством Галилея в зрелые годы и его первыми юношескими впечатлениями и занятиями, а также традициями художников и инженеров эпохи Возрождения. В том же году, когда Галилей обратился с предложением указанных планов к флорентинскому двору, он набросал учебную программу для вновь основанной академии, которая должна была заниматься подготовкой военных. Галилей требовал «знания арифметики, геометрии и стереометрии, механических наук в их различнейших приложениях, артиллерийской науки вместе с знанием причин и объяснениями многих отдельных случаев, которые могут иметь место в этой области, знания компаса и других инструментов для черчения планов, измерения расстояний, глубин и высот, далее – правил перспективы, чтобы правильно изобразить любой реальный или выдуманный предмет, как, например, укрепления и их части или всякого рода военные машины, и наконец, знания военной архитектуры».

Галилей⁶⁵ нигде не мог указать более ясно, прямо и убедительно пути своего научного развития, чем именно здесь, во

[86/99]

вступлении к своей последней работе⁶⁶, в которой он все время продолжает сохранять свою всегдашнюю связь между эмпирической

63 Л. Ольшки, История научной литературы на новых языках, т. III, Галилей и его время, стр. 105.

64 Ср. письмо к Винта (Vinta) от 7 мая 1910 г. Ed, naz, т. X, стр. 325. Прим. авт.

65 Idem, стр. 107.

66 Имеются в виду «Беседы», отрывок из которых приведен ниже. Прим. ред.

практикой и естественно–научной теорией. Но для Галилея с самого же начала характерно при этом постоянном сочетании теоретических и практических интересов, то, что теоретические вопросы получают перевес над чисто техническими. Этим научное исследование Галилея отличается от трудов его предшественников и современников, ставивших аналогичные вопросы и решавших их дилетантским и случайным образом. Проблемы максимального сбережения сил и эффективности машин, меткости выстрелов, сопротивления крепостных сооружений – это все те же вопросы, которые уже на протяжении двух веков обсуждались технической литературой. Но Галилей подошел к работе мастерских, с которой он познакомился лишь благодаря своему учителю, главным образом как к области для опытов и наблюдений, которые должны были привести, в первую очередь, к установлению теоретических основ механических искусств. Поэтому его формулировка этих вопросов принципиально отлична, и решение их отнюдь не зависит от какой бы то ни было традиции мастерских и теоретиков, хотя его внимание и было постоянно направлено на возможность практического применения теоретически и экспериментально установленных учений.

Полученное в молодости относительно поздно математическое образование оставалось и здесь исходным пунктом, поскольку оно ввело Галилея, благодаря его занятиям как чистой, так и прикладной математикой и механикой, в теоретическую литературу его времени; сомнение в правильности традиционных физических концепций сочеталось в ней с критикой чисто технического опыта. Благодаря преподаванию Риччи Галилей в состоянии был понять эту литературу, которая без знаний практических вопросов механики была бы для него во всяком случае не так легко доступна. Это подтверждается уже выбором проблем, сделавшихся темами первых работ Галилея.

В приводимом ниже отрывке из «Бесед»⁶⁷ Галилей говорит о том, какое значение для развития научного исследования играло производство оружия.

«САЛЬВИЯТИ. Обширное поле для размышления, думается мне, дает пытливым умам постоянная деятельность вашего зна-

[87/100]

67 *Галилео Галилей. Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, ГТТИ, 1934. Соч. Галилео Галилея, т. I, День первый, стр. 47.*

менитого арсенала, синьоры венецианцы, особенно в области касающейся механики, потому что всякого рода инструменты и машины постоянно доставляются туда большим числом мастеров, из которых многие путем наблюдения над созданиями предшественников и размышления при изготовлении собственных изделий приобрели большие познания и остроту рассуждения.

САГРЕДО. Вы нисколько не ошибаетесь, синьор. Я, будучи по природе любознательным, часто ради удовольствия посещаю это место, наблюдая за деятельностью тех, которых по причине их превосходства над остальными мастерами мы называем «первыми»; беседы с ними не один раз помогли мне разобраться в причинах явлений не только изумительных, но и казавшихся сперва совершенно невероятными».

В 1607 г. Венецианская республика избрала Пиетро Дуодо на пост командующего войсками Падуи⁶⁸. Вскоре после вступления в должность Дуодо решил основать военное училище, в котором благородные падуанцы кроме обучения чисто гимнастическим приемам и фехтованию могли бы проходить курс наук, так или иначе относящихся к военному делу. Поэтому устав этого училища, которому было присвоено название «*Academia Delia*», требовал, чтобы проходил курс «серьезных предметов, главным образом из области математики».

Только в начале 1610 г. руководители академии взялись за проведение этого предписания устава в жизнь, и в переписке, которую они вели по этому вопросу, сохранилась короткая записка Галилея; рукопись хранится в делах академии в коммунальном архиве Падуи. Записка не подписана именем автора, но почерк настолько несомненно принадлежит Галилею, что всякие сомнения о подлинности этого документа отпадают. На нем имеется приписка рукой Дуодо: «Памятка для преподавателя математики». Не выяснено только, написал ли Галилей свою записку, чтобы исполнить желание Дуодо, который хотел получить от него информацию о тех предметах математики, которые необ-

68 Вступительная заметка редакции Национального издания Соч. Галилея к записке Галилея «Сводка познаний, необходимых для хорошего кавалериста и солдата и имеющих отношение к математическим наукам» («*Racolta di quelle cognizione che a perfetto cavaliere e soldato si richieggono le quali hannu dependenza dalle scienza matematiche*»). Galileo Galilei, *Le Opere*, Edizione Nazionale Firenze, 1891, т. II, стр. 605, перевод с итальянского сделан по этому изданию.

[88/101]

ходимо знать военному, или же он последовал предложению представить программу преподавания, по которой он вел бы обучение, если бы был избран на должность преподавателя.

Развитие военного дела ставит следующие технические проблемы:

Внутренняя баллистика

1. Изучение процессов, происходящих в оружии при стрельбе, и усовершенствование их.
2. Прочность оружия при наименьшем весе.
3. Приспособления для удобной и хорошей наводки.

Внешняя баллистика

1. Траектория снаряда в пустоте.
2. Траектория снаряда в воздухе.
3. Зависимость сопротивления воздуха от скорости полета снаряда.
4. Отклонение снаряда от траектории.

Физические основы этих технических проблем:

1. Изучение процессов, происходящих в оружии, требует исследования процесса сжатия и расширения газов – в основном задача механическая, как и изучение явления отдачи (закон действия и противодействия).
2. Прочность оружия ставит проблему изучения сопротивления материалов и испытания их прочности. Эта проблема, имеющая большое значение и для строительного искусства на данной ступени развития, решается чисто механическими средствами.
3. Проблема траектории снаряда в пустоте сводится к решению задачи о свободном падении тел под влиянием силы тяжести и о сложении поступательного движения со свободным падением.
4. Полет снаряда в воздухе есть частный вид проблемы движения тел в сопротивляющейся среде и зависимости сопротивления от скорости движения.
5. Отклонение снаряда от вычисленной траектории может происходить вследствие изменения начальной скорости снаряда, изменения плотности воздуха, влияния вращения земли. Все это – чисто механические проблемы.

[89/102]

6. Таблицы для наводки могут быть правильно составлены, если решена проблема внешней баллистики и дана общая теория траектории снаряда в сопротивляющейся среде.

Таким образом мы видим, что если оставить в стороне процесс самого производства орудия и снаряда, который представляет задачу металлургии, то основные проблемы, которые ставятся артиллерией того периода, суть проблемы механики.

[90/105]

РАЗВИТИЕ ГОРНОЙ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В XVI-XVII ВВ.

ВЛИЯНИЕ ЭТОГО РАЗВИТИЯ НА ПОСТАНОВКУ НАУЧНЫХ ПРОБЛЕМ

Горная промышленность уже к концу средних веков (XIV-XV вв.) развивается в крупную промышленность. Развитие денежного обращения вызвало рост добычи золота и серебра. Если «открытие Америки было вызвано голодом в золоте... потому что европейская промышленность, так могуче расширившаяся в XIV-XV вв., и соответствующая ей торговля требовали большие орудий обмена»⁶⁹, то, с другой стороны, потребность в золоте заставила обратить особое внимание на эксплуатацию шахт и золотых и серебряных рудников.

Мощно развивающаяся военная промышленность, сделавшая гигантские шаги со времени изобретения огнестрельного оружия и введения тяжелой артиллерии, в сильной степени стимулировала добычу железа и меди. Уже в 1350 г. огнестрельное оружие становится обычным для армий стран восточной, южной и центральной Европы. В XV в. тяжелая артиллерия достигает довольно высокого совершенства. В XVI и XVII вв. военная промышленность предъявляет громадные требования к металлургической промышленности. Только в марте и апреле 1652 г. Кромвель потребовал 335 пушек, а в декабре еще 1 500 орудий весом в 2 230 т и, кроме того, 117 000 снарядов и 5 000 ручных бомб.

Понятно поэтому, что проблема наиболее эффективной эксплуатации шахт и рудников выдвигается на первый план. Прежде всего ставится проблема глубокой добычи. Но чем более углубляются шахты, тем труднее

69 См. выше письмо Энгельса Конраду Шмидту. *Прим. ред.*

и опаснее становится работа в них. Необходим целый ряд приспособлений для откачки воды

[91/106]

вентиляции шахт, подъема руды на поверхность. Кроме того, надо уметь правильно прокладывать шахты и ориентироваться в них.

Уже в начале XVI в. горное дело достигает большого развития. Агрикола оставил подробную энциклопедию горного дела, из которой можно видеть, как много технических приспособлений применялось в горном деле. Для подъема руды и воды устраиваются насосы и подъемные сооружения (вороты, горизонтальные винты). Уже в XVI в. горный промысел представляет собой сложный организм, требующий больших знаний для организации и управления. Поэтому горная промышленность сразу развивается как крупная промышленность, свободная от цехового строя и поэтому лишенная цеховой косности. Она технически наиболее прогрессивна и порождает наиболее революционные элементы рабочего класса средневековья – горнорабочих. Прокладка штолен требует больших знаний в геометрии и тригонометрии. Уже в XV в. ученые–инженеры работают в рудниках.

В «Сарепте» – собрании проповедей, произнесенных пастором Матезиусом, проповедником в Иоахимстале, между 1553–1562 гг. – приводится в чрезвычайно живой и сжатой форме описание всех применяющихся в горном деле приспособлений. Вот в каких словах говорит он о компасе: «Это – прекрасные инструменты, достойные похвалы и благодарности. Ибо они ведут не только путешественников на суше и мореплавателей в открытом море, но и вам, горнорабочим, находящимся под землей, они указывают, в какую сторону ведут ходы и куда вы должны идти». Отсюда мы можем заключить, что шахты уже чрезвычайно сложны. В ответвлениях и ходах легко запутаться. Инженерам компас также необходим при проведении вентиляции новых ходов, определении границ рудников и т.д. «Особенно же необходим он в благородном искусстве маркшейдера, без которого в горном деле нельзя обойтись, желая работать с выгодой для хозяина рудника, желая правильно задать направление выработок для их соединения, задержать приток воды, направить струю воздуха по выработкам, предохранить себя от вторжения в смежные рудники и т.п. Маркшейдерские ученики должны прилежно изучать эвклидову и основную геометрию, должны научиться приемам измерения, изучить устройство

применяемых при этом приборов, и только мастера своего дела могут понимать толк в триангуляции и пропорциях».

[92/107]

Матезиус восхищается инженерами – их еще очень мало и труд их расценивается чрезвычайно высоко. Он находит, что должно «хвалить труд и работу искусников и предпочитать таких чудодеев, обладающих истиной, другим горным техникам, которые могут лишь восстановить старую шахту. Ведь князя и господ тоже умеют ценить таких искусных людей, которых бог и природа предпочли другим. Император Максимилиан очень хорошо обходился со своими искусниками. Ибо, когда человек, оборудовавший промысел в Инсбруке, устроивший в Киттенберге водоотливные машины и осушивший большое озеро при помощи машин, вроде сифонов, встретил со стороны некоторых дурное обращение и стал жаловаться императору, то благочестивый император сказал: «Эти люди не умеют обходиться с умными людьми».

«Но так как в наше время, слава богу, маркшейдерское и другие свободные искусства изучаются наряду с евангелием в школах, и уже многие люди знают их пользу, а равно и как пользоваться для измерения земли квадрангуляцией и триангуляцией, то владельцы горных промыслов и горнопромышленные города должны содействовать и помогать умным головам, способным и склонным к этому, любящим математику и искусства, чтобы они основательно могли изучить маркшейдерское искусство и изобретали полезные и прочные машины, чтобы за недорогую цену можно было постоянно извлекать воду и руду».

Свободный от цеховых традиций и ограничений горный промысел развивается как крупная промышленность. Он технически наиболее прогрессивен. Сильно развито машинное производство. Вот что говорит Матезиус: «Труд горнорабочего очень тяжел и многие так надрываются, двигая тяжелые ворота,

[93/108]

извлекая руду и воду, что у них кровь идет горлом; многие даже платятся жизнью, потому что им приходится стоять целый день наги, выкачивая воду и выполняя обязательный урок. Милость и дар божий, что он помощью полезных сооружений и инструментов облегчает тяжелый труд в поте лица, наложенный на человеческий род за грехи; что он вместо людей запрягает лошадей и при помощи прекрасных сооружений,

посредством воды, ветра и огня поднимает из величайших глубин воду и руду, чтобы уменьшить затраты и быстрее извлечь скрытые сокровища наверх».

Рис. 17. Водоподъемная машина с наливным колесом (из книги Ариколы «О горном деле» 1557 г.)

«Истинное благодеяние, за которое следует благодарить бога и людей, что животные и стихии также несут свою службу и что многие умные головы с пользой служат горному делу своими изобретениями. Не сладок хлеб, который приходится добывать, стоя целый день над воротом и делая много кругов за один пфенниг, терпя постоянные удары и толчки ворота и рукояток. Когда вдвоем приходится вытаскивать в одну смену много ушатов воды, причем каждый ушат содержит почти целое ведро, – это тоже нелегкая работа, высасывающая мозг из костей, сокращающая жизнь. Но бог дал искусников, придумавших хорошую помощь, приделавших к вороту рукоятки и устроивших подъемные колеса, чтобы облегчить труд и сделать его производительнее. Устроили также подъемные колеса со шкивами (Scheiben) и рукоятками (Scheibenpulsen), ступенчатые колеса, чтобы не только руки и плечи, но также ноги и все тело участвовали в подъеме руды и воды, – а это также достойно

[94/107]

благодарности. Вертикальный ворот также прекрасная вещь, ибо при его помощи вода и руда поднимаются наверх лошадьми, причем в одну смену можно вывезти больше, чем в двадцать ручными воротами. Также удобно применение конного привода для тормоза (Bremsscheibe). Будет также удобно и выгодно для вас, если вы подвесите в копиях валы (Welle) и переключины (Stempel), чтобы иметь шпиды (Brustwinden), блоки (Kloben) и Windstangen. У горцев есть также мехи (Bulgen; Utres у Агриколы), кожаные мешки, в которых они зимой привозят руду с высоких гор к домам, и тележки, на которых пустые мешки отвозятся обратно в горы».

Рис. 18. Откачка воды из шахты (из книги Агриколы «О горном деле», 1557 г.)

«Широкая и хорошо устроенная штольня с желобом для воды представляет собой прекраснейшее водоотливное сооружение в руднике, ибо через нее выходят вода и дурной воздух и производится доставка руды в

бадьях и тележках. За это наши горнорабочие должны благодарить бога и охотно, быстро и неуклонно давать свою подать – четвертый и девятый пфенниг. Но там, где нельзя устроить штольню, последняя с большой пользой для дела заменяется особым водоотливным сооружением, поднимающим воду в бадьях посредством конного ворота и особых колес, приводимых в движение ветром или самой же водой. На поверхности вода, текущая в оврагах, поднимается сама собой за счет собственной работы и проводится в замки и гористые места. В руднике такие сооружения невозможны, ибо для действия их необходимо провести сверху количество воды, значительно большее того, которое поднимается на поверхность, и владелец рудника Pithi умер с горя от невозможности отвести воду. Чтобы поднять подземные воды, нужно провести в руд-

[95/110]

ник воду сверху, как это сделано в рудниках Pithi, где богатый владелец умер с горя. Но ученые и инженеры придумали многие полезные водоотливные сооружения, особенно насосы, при помощи которых появившуюся в руднике воду откачивают ручной силой, конными, ветряными и другими двигателями».

«Вы, горнорабочие, должны в своих песнях петь славу тому хорошему человеку, который теперь устраивает подъем руды и воды при помощи ветра. Говорят, что теперь вода выкачивается уже при помощи огня...»

«Наконец, раз уж я заговорил о разных сооружениях, мне как священнику на горном промысле следует возблагодарить бога за прекрасные приспособления, дающие возможность проводить в штольни свежий воздух и выгонять из них испорченный. Делается это при помощи воздухопроводных труб (у Агриколы, по-латыни – *canalis longus*), воздуходувных машин и вееров. Ведь нетрудно устроить над штольной трубу из досок, замазать щели в ней глиной, чтобы чистый воздух мог проникнуть в рудник, а испорченный уйти из него по воздухоочистительному каналу; особенно там, где испорченный воздух выдувается мехами, он быстро замещается чистым, ибо природа не терпит, чтобы какое-либо место оставалось пустым и незанятым».

«Говорят, что в Куттенберге дурной воздух отводится через большие трубы, похожие на дымовые, особенно когда разводят огонь; таким образом чистый воздух проводится в шахты на глубину пятисот лахтеров и еще глубже; у нас, в Иоахимстале, недавно устроены такие же сооружения, и тоже при помощи воздуходувных машин проводят чистый воздух на

глубину нескольких сотен лахтеров, и пришлось даже с большими затратами устроить две штольни – одну над другой».

Обработка металлов претерпевает также большие изменения. Громким шагом вперед было изобретение способа плавки руды при помощи каменного угля. В патенте, выданном лорду Дудлей, говорится, что он «нашел тайну искусства, способ и средства для плавки железной руды в печах с мехами, применяя морской или рудниковый уголь, и превращения ее в литье или бруски того же качества, что и при применении деревянного угля».

Почти не менее значительным, хотя и в другом роде, было изобретение (1507 г.) амальгамации для выделения серебра, сделавшее вполне рентабельными американские рудники⁷⁰. Обработка железа также претерпела значительные изменения: оцин-

[96/111]

ковывание (первая половина XVI в.), прокатка (1615 г.), молот в 6–10 центнеров весом для изготовления якорей и пушек, машины для высверливания дула орудий – появились в XVI и XVII вв. Еще большее значение для экономической жизни этого времени имели усовершенствования в обработке драгоценных металлов, начавшиеся с плющильного валька француза Брюлье в 1552 г. и увенчавшиеся изобретением гуртичного станка (для отделки гуртиков монет), впервые примененного в Англии при Кромвеле, во Франции в 1685 г. и позволяющего точную чеканку монеты.

Развитие обмена и военной техники ставит перед горной промышленностью следующие технические проблемы:

1. Подъем руды с большой глубины.
2. Вентиляционные приспособления в шахтах.
3. Откачка воды из шахт в водоотливные сооружения – проблема насоса.
4. Переход от сыродутного способа производства, господствовавшего до XV в., к доменному производству, составной частью которого, как и вентиляции, является проблема воздуходувных сооружений.
5. Вентиляция посредством тяги воздуха и специальных воздуходувок.

70 *F. Nussbaum, History of the economic foundations of modern Europe, стр. 86.*

6. Обработка руды и железа при помощи толчей и делительных машин. Рассмотрим физические проблемы, лежащие в основе этих технических задач.

1. Подъем руды и задача сооружения подъемников сводятся к задаче расчета воротов и блоков, т.е. разновидностей так называемых простых механических машин.
2. Вентиляционные приспособления требуют тяги, т.е. сводятся к аэростатике, представляющей частную задачу статики.
3. Откачка воды из шахт и сооружение насосов, особенно насосов поршневых, требует больших исследований в области гидро- и аэростатики.

Торичелли, Герике и Паскаль занимаются проблемой поднятия жидкостей в трубах и атмосферным давлением.

4. Переход к доменному производству сразу вызывает появление больших доменных печей со служебными постройками, водяными колесами, поддувальными мехами, толчеями и тяжелыми молотами.

Конструирование воздуходувок для поддувальных мехов в доменных печах требует изучения движения воздуха и его сжатия и ставит те же физические проблемы, что вентиляция шахт.

[97/112]

5. Как и при прочих приспособлениях, устройство толчей и тяжелых молотов, приводимых в движение силой падающей воды (или животной силой), требует сложного расчета зубчатых колес и передаточного механизма – по существу тоже задача механики. На строительстве мельниц развиваются учение о трении и математические расчеты зубчатых передач.

Таким образом, если оставить в стороне те большие требования, которые горная и металлургическая промышленность того периода предъявляют к химии, весь комплекс физических задач не выходит из пределов механики.

[98/113]

ИНЖЕНЕРЫ И ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО В XVI-XVII ВВ
(ХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ СПРАВКА СОСТАВЛЕННАЯ ПО КНИГЕ
Feldhaus. Ruhmesblätter der Technik. 2-е изд. т., 2, стр. 15–24)

1196 АЛАМАНУС ГВИТЕЛЬМУС

Впервые употребляется название инженер, *encingerius* в *Annales Placentium Guelfi*, где Гвительмус назван инженером города Милана. Он же построил рвы и палисады Виченцы.

В следующем столетии мы находим ряд транскрипций слова «инженер» восходящих к общему корню *in-singere* (опоясывать, окружать город укреплениями).

1540 Есть также предположение, что название «инженер» впервые появилось в 1540 г. для обозначения конструкторов военных орудий и произошло от итальянского *ingegnors* или испанского *engenpos* (машина, приспособление).

1621 В немецком языке слово «инженер» впервые появляется в 1621 г. в письме, о котором упоминает иллюстрированная техническая рукопись «*Ingenieur Buch*» («Инженерная книга»).

1685 Создатель Версальских фонтанов назывался *Maschinen gouverneur* (управитель машин).

1697 КОНРАД КАЙЗЕР

Название «Главный инженер» появляется в книге по военным дисциплинам Иоганна Себастьяна Грубера. Должность главного или обер инженера упоминается среди других военных должностей. «Он должен не только основательно знать по должности геометрию и фортификацию и быть не только хорошим теоретиком и кабинетным «инженером», но, кроме того, опытным практиком», говорит Грубер.

Введением огнестрельного оружия в огромной мере расширяется область работы инженеров. В этот период появляется бесчисленное множество книг, почти всегда иллюстрированных, по технике, главным образом об орудиях.

Первая дошедшая до нас немецкая иллюстрированная рукопись такого рода составлена Конрадом Кайзером из Эйштета. Можно проследить школу этого инженера вплоть до 1540 г.

1422 ЯКОПО МАРИАНО ИЗ СИЕННЫ

В 1422 г. Якопо Мариано из Сиенны составил иллюстрированную техническую рукопись.

1471 МАРТИН МЕРЦ

В 1471 г. составил иллюстрированную техническую рукопись Мартин Мерц.

1460 РОБЕРТО ВАЛТУРНО ИЗ РИМИНИ

Первая печатная книга по инженерному делу составлена Роберто Валтурно в 1460 г., напечатана в 1472. Несколько раз переиздавалась до 1555 г.

1474 ЛЮДВИГ ГОГЕНВАНД

Первая немецкая печатная техническая книга была издана Аугсбургским типографом Людвигом Гогенвандом. Это сделанный им перевод Вегетиуса (300 до н. э), к которому прибавлены рисунки из книги Валтурио.

Ряд книг по инженерному делу написал Леонардо да Винчи (1452-1519).

1549 ВАНУЧЧИО БИРИНГУЧЧИО

Впервые техника отделена от военного дела в книге Вануччио Бирингуччио. Книга в течение ста лет пользовалась большим успехом и выдержала много изданий.

1556 ГЕОРГ АГРИКОЛА

В Германии большое распространение получила книга Агриколы о рудном деле.

1578 ЖАК БЕССОН

Инженер французского короля, Жак Бессон, заменивший в этой должности Леонардо да Винчи, открывает своей книгой о машинах серию роскошных изданий по технике.

Главное внимание обращается не на текст, а на рисунки и чертежи.

1595 В 1595 г. книга Бессона вышла на немецком языке. После Бессона целый ряд инженеров издавал книги по технике и инженерному искусству. Книги эти не представляли собой систематических трудов по технике, а давали лишь случайные описания машин, аппаратов и т.д. Ниже приводится хронологический список этих книг.

1588 Рамелли 1615 Де Ко

1597 Лорини 1618 Страда

1605 Веранцио 1629 Бранка

1607 Цонка 1661 Беклер

1613 Цейзинг и др.

В течение долгого времени, целых столетий, инженеров нанимали только тогда, когда нужно было производить какую-нибудь конкретную работу. Позднее инженеры стали государственными служащими.

1745 В 1745 г. было основано в Брауншвейге первое в Германии учебное заведение (независимое от университета), в котором обучали техническим предметам. Из этого учебного заведения развилась современная Брауншвейгская высшая техническая школа.

1776 В 1776 г. основано Фридрихом Великим техническое учебное заведение в королевском дворце. Дальнейшая судьба его неизвестна.

1799 В 1799 г. основана в Берлине строительная академия, в которой преподавали также математику, машиноведение, механику, гидравлику и техническое черчение.

[101]

ЗАРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ И БОРЬБА ВОКРУГ НИХ В XVII В.

[102]

СОДЕРЖАНИЕ ВТОРОЙ ТЕМЫ

Артур Эрих-Гесс – Античная динамика

Жозеф Луй Лагранж – Об основных принципах статики и динамики

А. Г. Столетов – Механика Леонардо Да Винчи

Галилео Галилей – Исследования по механике

Христиан Гюйгенс – Исследования по механике

Рене Декарт – Об общих принципах механики

Готфрид Вильгельм Лейбниц – Исследования по механике

Джон Смитон – О двух мерах движения

Исаак Ньютон – О законах движения

Фридрих Энгельс – Об основах механики

Иоганн Бернулли – О динамике Ньютона и Декарта

Рожер Иосиф Боскович – О принципах построения механики

Жен Лерон Даламбер – Об основах динамики

Альберт Эйнштейн – О механике Ньютона и ее развитии

Глезербрук – Основные этапы развития Оптики

[103/119]

СОДЕРЖАНИЕ ВТОРОЙ ТЕМЫ

В этом разделе дан обзор возникновения и развития основных принципов динамики, начиная с работ Галилея. Недостаток места не позволяет уделить достаточно внимания предшественникам Галилея, даже таким, как Леонардо да Винчи. Мы отказались от помещения работ Леонардо также и потому, что они не оказали влияния на развитие динамики, так как были опубликованы значительно позднее. Мы ограничиваемся речью Столетова, в которой обрисованы важнейшие стороны творчества Леонардо. Обзор античной динамики дан в статье Гааса.

Из-за недостатка места пришлось делать выбор между изложением развития принципов статики и динамики. Мы выбрали динамику не потому, что статика не представляет интереса, а потому, что с формулировкой начала возможных перемещений статика достигает достаточно законченной формы, в то время как принципы динамики имеют гораздо более сложную историю и играют несравненно более важную роль в развитии общих физических и философских воззрений и теорий.

Этот пробел в области истории принципов статики несколько восполняется замечательной главой из «Аналитической механики» Лагранжа, где в историческом аспекте дан сжатый, но непревзойденный по ясности обзор принципов статики.

Оригинальным работам творцов современной механики мы предпосылаем обзор принципов динамики Лагранжа, также заимствованный из «Аналитической механики» и являющийся прекрасным введением ко всей теме.

Особое внимание при подборе отрывков из классиков было обращено на освещение развития принципов механики.

Развитие механики в XVII в. – это не только последовательное уточнение, систематизация и оформление принципиальных ее основ, но и борьба различных направлений.

Одной из основных задач данной темы является показ этой борьбы, в процессе которой выкристаллизовывались основные принципы механики.

[104/120]

Борьба вокруг принципов механики происходит по двум линиям: между школой Декарта и Лейбницем, с одной стороны, и Гюйгенсом, Лейбницем и Ньютоном – с другой. Спор Лейбница с Декартом в основном ведется вокруг двух основных проблем: о материи и движении и о мерах движения. Чисто геометрическому пониманию материи, наделенной пассивной способностью к механическому перемещению, Лейбниц противопоставляет концепцию материи как деятельной субстанции.

Взглядам Декарта, представленным здесь второй частью «Начал», противопоставляются взгляды Лейбница, которые в развернутом виде даны в его статье «О достопамятной ошибке Декарта», послужившей отправным пунктом для всего спора о двух мерах движения, в «Рассуждении о динамике» и в письме о том, «Заключается ли существо материи только в протяженности».

Спор о двух мерах движения имел не только большое принципиальное значение, но представлял для современников важный практический интерес. Статьи Смитона, знаменитого усовершенствователя и исследователя паровых машин, «Об экспериментальном исследовании количества механической энергии», приводимая ниже, показывает, что даже в более позднюю эпоху проблема двух мер движения занимала не только умы теоретиков, но и техников-инженеров.

Трактовка этой проблемы Даламбером дана в предисловии к его знаменитому «Трактату о динамике», приводимому ниже.

Энгельсовскую трактовку проблемы о двух мерах движения читатель найдет в соответствующих статьях Энгельса из «Диалектики природы».

В споре Лейбница с Декартом выясняется значение массы как одной из основных категорий механики и значение закона живых сил, который получает свое полное развитие в работах Гюйгенса и Бернулли. Кроме того, Лейбниц выясняет векториальный характер закона сохранения количества движения и тем самым освобождает декартовскую формулировку закона от присущих ей трудностей.

«Начала» Декарта имеют в отношении развития основ механики большое значение, так как дают дальнейшее развитие закону инерции, высказанному в довольно четкой форме Галилеем (см. «Диалоги о двух главных системах мира»), и развивают принцип относительного движения, также данный Галилеем (см. там же) и столь блестяще и систематически применяемый Гюйгенсом для решения вопроса об ударе твердых тел и о центробежной силе.

В работах Галилея содержатся в более или менее развитом виде главные принципы механики. Подбор отрывков из его

[106/121]

работ имеет своей целью дать представление о развитии основных принципов динамики. Поэтому «Рассуждения и математические доказательства» представлены гораздо полнее, чем знаменитые «Диалоги о двух системах мира», из которых даны только те места, где излагается галилеев принцип относительности и вводится представление о центробежной силе. О центробежной силе у Галилея было ясное представление, однако он заблуждался в оценке ее величины и полагал, что как угодно малая сила тяготения может уравновесить ее действие. Впервые правильную теорию центробежной силы дал Гюйгенс.

К сожалению, за недостатком места пришлось отказаться от астрономических работ Галилея, сыгравших немалую роль в развитии механики; точно так же, как и при выборе работ Ньютона, мы почти отказались от его космогонических и астрономических работ. Это зато позволило с большей полностью осветить развитие основных принципов динамики.

Работы Гюйгенса в области механики отличаются от работ Ньютона не только по характеру построения, но и по основным принципам, положенным в основу исследования.

Гюйгенс является прямым продолжателем работ Галилея. Принцип относительного движения, закон инерции, законы центробежной силы получают в его работах свое завершение.

В то время как механика Галилея есть в сущности механика материальной точки, Гюйгенс является первым пионером механики системы материальных тел (материальных точек). Именно поэтому Гюйгенс не мог удовлетвориться только теми принципами, которые были даны Галилеем, а при решении в общем виде задачи о центре колебания системы материальных тел должен был прибегнуть к новому принципу.

Этот принцип, высказанный Гюйгенсом в четвертой части «Часов с маятником», приводимой ниже в отрывках, принцип, согласно которому центр тяжести системы при свободном ее движении не может подняться выше того положения, которое он занимал при начале движения, кладется Гюйгенсом в основу всего исследования. Однако это положение не только не встретило общего признания, но подверглось сильному нападкам со стороны ньютонианцев. Poleмика эта представлена рядом писем. По-видимому, и сам Ньютон не склонен был придавать большое значение этому принципу, и в первом издании «Начал» в проблеме об истечении воды из сосуда им дан результат, противоречащий ему. На эту ошибку указал Гюйгенс (см. приводимое ниже на стр. ? письмо Гюйгенса), и она была исправлена в последующих изданиях «Начал», но отношения своего к принципу Гюйгенса Ньютон, по-видимому, не изменил.

[106/122]

Работы Ньютона представлены большим отрывком из «Начал». В отличие от работ Гюйгенса, развившего свои принципы механики в связи с решением конкретных проблем, (о движении тел при соударении, о центробежной силе, о сложном маятнике), работа Ньютона ставит своей задачей дать *систему механики*.

В «Началах» механика находит свое предварительное завершение.

Принципы механики, развитые предшественниками Ньютона, объединены и систематизированы в «Началах». Здесь создано то направление механики, которое неразрывно связано с именем Ньютона и которое более чем двести лет являлось господствующим направлением в физике. Именно поэтому особенно интересно сопоставление концепции механики Ньютона с концепцией Лейбница и Гюйгенса, представляющих особое направление.

Несомненно, что на современников закон тяготения Ньютона и его астрономические работы произвели гораздо большее впечатление, чем его основы механики. Однако здесь нас будут занимать исключительно данные им обоснования механики.

Идеи небесной механики и в первую очередь роль, которую в ней, да и во всей механике Ньютона, играют центральные силы, оказали глубокое влияние на развитие всей физики и сказались особенно сильно в развитии электромагнетизма. Поэтому эта сторона системы Ньютона вместе с проблемой дальнего действия и ближнего действия будет развита как особая тема во второй части.

В «Началах» Ньютона, пожалуй, впервые в физике во всей широте поставлена проблема пространства и времени как физических категорий. Мы приводим поэтому соответствующие места из «Начал», оставляя подробный разбор этой проблемы до второй части, где он будет дан в связи с принципом относительности. Здесь же мы приводим высказывания Энгельса о пространстве и времени и об основных категориях механики.

Борьба физических концепций картезианства и ньютонианства идет не только по линии концепции материи, но и по вопросу о причинах тяготения и о дальнем действии и ближнем действии.

Несмотря на свою борьбу против физики Декарта, Лейбниц и Гюйгенс в вопросе о природе тяготения и о дальнем действии и ближнем действии в основном примыкают к Декарту. Лейбниц и Гюйгенс пытаются развить вихревую теорию тяготения, однако без особого успеха. (Гюйгенс посвятил этому вопросу специальное сочинение: «О причине тяжести».)

Борьба этих концепций будет представлена подробно в темах о ближнем действии и дальнем действии и в истории развития взгля-

[107/123]

дов на силовое поле. В этой теме мы даем только некоторые письма Лейбница к Гюйгенсу, направленные против теории тяготения и сил дальнего действия.

Дальнейшее развитие борьбы картезианской и ньютоновской школ, особенно во Франции в XVIII в., представляющее одну из интереснейших страниц в истории физики, мы также относим ко второй части. Для того чтобы дать некоторое представление об этой борьбе, мы приводим отрывки из работы И. Бернулли, в которой дано сопоставление систем Декарта и Ньютона. К сожалению, объемистые математические выкладки Бернулли, относящиеся к вычислениям орбит планет, за недостатком места пришлось опустить, ограничившись только той частью текста, которая излагает принципиальную постановку вопроса.

Наиболее крайнее направление теории дальнего действия, сочетающееся с чистым динамизмом, сводящим материю к непротяженным центрам сил, проявляется в работе Восковина, отрывки из первой части которой мы приводим.

Трудами Галилея, Декарта, Гюйгенса, Ньютона были созданы все предпосылки для аналитической трактовки механики.

Одним из первых систематических трудов по аналитической механике (после Эйлера), излагающим механику в том виде, как она в основном излагается сейчас, является знаменитый трактат Даламбера. Предисловие к этому трактату, в котором Даламбер ставит важнейшие принципиальные вопросы категорий и принципов механики, мы приводим целиком.

Для того чтобы у читателя была некоторая перспектива относительно дальнейшего развития механики, мы даем статью Эйнштейна, написанную им к ньютоновскому двухсотлетию юбилею. Эта статья дает общий аспект дальнейшего развития ньютоновской механики и теории относительности и общую оценку классической механики. Более подробно эта проблема будет освещена во второй части, в теме о теории относительности.

XVII в. является эпохой важнейших открытий и в области оптики, особенно физической оптики. Однако значение ее как физической дисциплины в эту эпоху — как по ее удельному весу, так и по влиянию на развитие других отделов физики — не может сравниться с механикой. Мы относим поэтому развитие оптики, как и учение об электричестве и магнетизме, ко второй части, в которой будет представлено общее развитие учения о свете, начиная от механических теорий его (Гюйгенс, Юнг, Ньютон, Френель) и кончая электромагнитной теорией света.

Для того чтобы дать читателю общее представление о развитии оптики, мы включаем в настоящую тему статью Глезербрука, содержащую сжатый обзор важнейших этапов ее развития.

[108/127]

ОСНОВЫ АНТИЧНОЙ ДИНАМИКИ⁷¹

ВВЕДЕНИЕ

Своеобразное промежуточное положение, которое занимала в древности физика между философией и математикой, яснее всего сказывалось в неодинаковости развития обеих ветвей механики — статики и динамики. Если статика явилась в древности плодотворнейшим полем деятельности физико-математиков, если именно применение точного метода довело ее до совершенства, заслуживающего еще и ныне нашего удивления, то динамика представляла самую благодарную почву для натурфилософских спекуляций, имевших своим предметом прежде всего сущность тяготения и силы и восходивших к самым началам натурфилософии⁷².

Большинство мыслителей досократовской эпохи уже занимались проблемами тяжести и движения, которые и Платон пытался разрешить с новой точки зрения. Высшей точки своего развития достигло в древности учение о движении в работах Аристотеля, исследования которого — правда, не всегда успешные — охватывали почти все вопросы динамики. Из его взглядов исходят, развивая их, а часто и возражая против них, последователи позднейших философских школ. Стратон углубленно занимался изучением явления свободного падения, эпикурейцы и стоики исследовали сущность тяжести, Плутарх также развил взгляды по этому вопросу. Комментаторы Аристотеля, особенно

[109/128]

Александр Афродисийский, Сириан и Симпликий старались дополнить его воззрения, а часто также и подтвердить их экспериментальным путем. Среди писателей-физиков динамическими проблемами занимались особенно Гиппарх, Герон Александрийский, Клавдий Птолемей и Клеомед.

⁷¹ А. Е. Haas, Die Grundlagen der antiken Dynamik. Archiv Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, 1908, т. I, стр. 19—47

⁷² Как было отмечено в обзоре первой темы, основной причиной малого развития динамики в античном мире было не «промежуточное положение» физики, а особенности развития античной техники и роль рабского труда в античной экономике. *Прим. ред.*

Из древних сочинений, посвященных преимущественно вопросам динамики, сохранились лишь немногие. «Физика» Аристотеля, его «Книги о небе», приписываемое ему собрание механических задач, а также принадлежащая Герону и известная нам только в арабском переводе «Механика», – вот единственные остатки античной литературы, разработавшей эту область. От некоторых других сочинений динамического содержания до нас дошли, если не считать весьма кратких выдержек, только заглавия. Так, мы знаем, что Аристотель, Теофраст, Стратон и Хрисипп написали сочинения, озаглавленные: «О движении», одна из книг Стратона носила заглавие: «О легком и тяжелом», Гиппарх написал исследование о падении тяжелых тел, Клавдий Птолемей – о причинах естественного движения, а Клеомеду принадлежало сочинение о движении тяжелых тел к срединному пункту. Кроме того, динамические исследования были, конечно, рассеяны во всех тех различных сочинениях, которые трактовали о природе, о стихиях, о движении небесных сил и тому подобных вопросах.

В качестве источников для истории античной динамики, кроме немногих сохранившихся от древности и уже названных сочинений имеют особенное значение следующие: «Тимей» Платона; приписываемое Аристотелю собрание проблем перипатетической школы; дидактическая поэма Лукреция Кара «О природе вещей»; два сочинения Герона, особенно интересные для истории динамики своими введениями, а именно его «Пневматика» и сохранившаяся, к сожалению, только в латинском переводе «Катоптрика»; некоторые сочинения Плутарха из числа «Moralia», особенно исследование «О лице на лунном диске» и «Платоновские вопросы», и составленные Симпликием комментарии к «Физике» Аристотеля и к его книгам «О небе», являющиеся, благодаря содержащемуся в них ценным сведениям по истории физики, наряду с биографическими и доксографическими работами Диогена Лаэртского, Аэтия и Ария Делима, важнейшим дополнением к сохранившимся подлинным сочинениям древних физиков и натурфилософов.

I. ТЯГОТЕНИЕ

Подлинную основу античной динамики составляет, как важнейшей ее принцип, различие между естественным и вынужденным движением. Если тело находится в определенном месте

пространства, то оно, как показывает наблюдение, может совершить движение по любому направлению, исходящему из данного места. Однако среди этих направлений в каждом отдельном случае есть, как учили древние, одно направление, остающееся тем же самым для не очень удаленных друг от друга мест и отличающееся от всех остальных. Это — то единственное направление, в котором возможно движение данного тела без приложения к нему силы, без усилий со стороны какого-либо живого существа, без работы какого бы то ни было приспособления. Движение в этом направлении, определяемом для каждого тела его природой, называется естественным, а всякое другое — вынужденным, или насильственным движением.

Этим различием обусловлены и представления древних о сущности тяготения, как причины естественных движений. В античной физике можно легче всего различить три самостоятельные теории тяготения, если пренебречь несущественными деталями. Первая и вторая теории принимают, что через каждую точку пространства проходит прямая, определяющая направление естественного движения для каждого находящегося в данном месте тела, независимо от его свойств. Первая теория допускает это движение по прямой в обоих направлениях из данной точки и поэтому вводит наряду с тяжестью также и легкость как естественное свойство материи. Вторая теория, о противоположность первой приписывающая тяжесть всем телам, считает движение по этой прямой естественным только тогда, когда оно происходит в одном направлении, именно «вниз», тогда как движение в противоположном направлении причисляет к вынужденным. Наконец, третья теория утверждает, что вообще нельзя указать определенного направления, исходя из чисто геометрической точки зрения и что только субстанция, из которой состоит тело, имеет решающее значение в вопросе о том, куда направлено его естественное движение. По главным представителям этих теорий их можно назвать: первую—аристотелевской, вторую — эпикуровской и третью — платоновской.

Первая из этих теорий была наиболее распространена в древности. Она основана на древнем представлении о том, что земная часть мирового целого распадается на четыре области, соответствующие четырем стихиям и принадлежащие — в последовательности снизу вверх — земле, воде, воздуху и огню. Таким образом для каждой стихии существует, согласно этой теории, «естественное», «принадлежащее ей» место, к

которому она и движется по прямой, определяемой местом ее нахождения и центром земли, вниз или вверх, смотря по тому, как расположено по отношению к месту ее нахождения это ее естественное место.

[111/130]

С этой теорией тяжести мы встречаемся уже в древнейших натур-философских системах. Мы находим ее уже у Анаксагора; по-видимому, к ней примкнул и Гераклит. Полное развитие получила эта концепция тяготения у Аристотеля, от которого ее, с некоторыми изменениями, заимствовали стоики. Среди многих других эта теория имела в числе своих сторонников также Герона Александрийского, Клеомеда, Клавдия Птолемея, Сенеку, Плиния, Филона Александрийского и Плотина.

Центральным пунктом аристотелевской теории тяготения является различие тяжелых и легких тел, таких, которые движутся вниз, т.е. к срединному пункту, и таких, которые движутся вверх, т.е. от срединного пункта по направлению к границе подлунного мира. Тот срединный пункт, о котором оговорит Аристотель, является одновременно и центром земли и центром мирового целого; лишь в качестве последнего он может быть целью направленного вниз движения. К центру же земли каждое тяжелое тело движется лишь потому, что центр земли случайно оказывается совпадающим с центром мира. Но если бы кто-нибудь, как это подчеркивает Аристотель, в противовес воззрениям Платона, передвинул землю на то место, где теперь находится луна, то его части отнюдь не двигались бы по направлению к ней, а продолжали бы двигаться туда же, где она находится теперь.

То, что движется кверху, к внешней границе, Аристотель называет принципиально легким; то, что движется книзу, к срединному пункту,— принципиально тяжелым. Следовательно, принципиально тяжело, как выражается Аристотель, то, что опускается ниже всего остального; принципиально легко то, что поднимается выше всего остального. А так как высшая область, по воззрениям Аристотеля, представляет собой местопребывание огня, а низшая — земли, то только эти две стихии и могут считаться абсолютно тяжелыми и абсолютно легкими, тогда как остальные две должны обладать одновременно обоими свойствами. Какое из них проявляется и в какой степени, это зависит от свойств окружающей среды. А именно, согласно учению Аристотеля, земля и все, что в преобладающей мере содержит землю, обладает тяжестью повсюду; вода — повсюду, за изъятием тех случаев, когда она находится в земле; воздух

— повсюду, за изъятием тех случаев, когда он находится в воде или в земле; ибо, находясь в своей собственной области, все, за единственным исключением огня, имеет тяжесть, следовательно имеет ее и воздух. В качестве доказательства для последнего утверждения Аристотель приводит тот мнимый факт, что надутый, т.е. наполненный воздухом, мех весит больше, чем пустой.

От аристотелевской теории отличалось в понимании относительной тяжести учение стоиков. Они видели в тяжести и лег-

[112/131]

кости равноценные и равно распространенные свойства, устраняли поэтому то особое положение, которое Аристотель создавал для огня, как единственного среди элементов, совершенно лишённого тяжести, и старались в своей теории восстановить нарушенную таким образом в аристотелевском учении симметрию. Поэтому они отказались от допущения средних членов ряда, являющихся то тяжелыми, то легкими, и учили просто, что из четырех стихии две — огонь и воздух — легки, а две другие — вода и земля — тяжелы. Таким образом тяжести лишен не только огонь, но и воздух, который поэтому, как и огонь, постоянно устремляется в высоту. Таково было воззрение Зенона, к которому примкнули Хрисипп, Клеант и, — как и во многим другим стоическим взглядам, — Филон Александрийский.

Выдвинутый Аристотелем вопрос, тяжелы ли или легки средние стихии в своей собственной области, также часто находил в древности иное решение, чем то, которое давал ему сам Аристотель. Так, астроном Клавдий Птолемей и новоплатоник Сириан, комментировавший сочинения Аристотеля, оспаривали его представление, что в своей собственной области легок только огонь, а три остальные стихии тяжелы, и даже Симпликий на основании собственных наблюдений пришел к выводу, отклоняющемуся от допущений Аристотеля.

Птолемей возражал против приписывания средним стихиям тяжести в их собственной области и пытался доказать правильность своего мнения тем фактом, что, ныряя, люди не ощущают тяжести расположенной над ними воды, хотя иногда и погружаются на большую глубину. То, что и воздух в собственной области лишен тяжести, Птолемей доказывал при помощи того же самого эксперимента, который Аристотель приводил в подтверждение противоположного мнения, но который, однако, по Птолемию, дает как раз обратный результат, а именно: Птолемей утверждает,

что мех в надутом состоянии вовсе не становится тяжелее, как это думал Аристотель, а, наоборот, будучи наполнен воздухом, весит меньше.

Симпликий, повторивший этот опыт, как он утверждает с максимально достижимой точностью, совершенно правильно нашел, что вес одинаков в обоих случаях, из чего, по его мнению, следовало в развитие птолемеевской теории заключить, что в собственной области каждая стихия лишена так тяжести, так, равным образом, и легкости. Это явление Симпликий считает возможным проще всего объяснить тем, что тяжесть или легкость равнозначна стремлению к естественному месту, и то, что там уже находится, столь же мало нуждается в перемене места, как сытый в еде. Наконец, в отличие от перечисленных теорий, Сириан, который, впрочем, в основных воззрениях всецело при-

[113/132]

мыкал к Аристотелю, думал, что в собственной области вода обладает тяжестью, а воздух, напротив, легкостью.

Аристотелевская теория тяжести уже в своих основаниях имела много слабых пунктов, из которых особенно два давали удобную почву для нападения со стороны противников Аристотеля. Один из этих пунктов заключался в чуждом физическому методу представлении, что цель движения тяжелых тел — не тело, а существующее лишь в умозрении, можно оказать, чуть ли не метафизическое образование, каковым несомненно является срединный пункт мира. Особенно удобными для опровержения этой гипотезы представлялись те странные выводы, которые из нее вытекали. Так, например, Плутарх, для того чтобы абсурдностью выводов доказать неприемлемость предпосылок Аристотеля, указывает, что, согласно теории последнего, как это, впрочем, выводил и он сам из своих основных допущений, грузы в тысячи талантов весом, устремляясь вглубь земли, должны были бы при достижении срединного пункта остановиться на месте, хотя бы ничто им не противостояло и их не поддерживало, а если бы они при своем падении с разбега перешли за срединный пункт, то должны были бы даже сами по себе пойти обратно.

Лукреций также находит непонятным, почему срединный пункт должен обладать способностью удерживать на месте тела, так как повсюду пустота, будет ли то срединный пункт или нет, должна уступать всякому тяжелому телу. Равным образом и Плутарх и Лукреций указывают на трудности, с которыми связано допущение существования центра бесконечного мирового пространства.

Другая слабость аристотелевской теории заключалась в излишнем допущении абсолютно легких тел. На эту ошибку перипатетической физики указывают главным образом атомисты, которые, как и Стратон, отвергали допущение абсолютной легкости и приписывали тяжесть всем телам. Единственное естественное движение они усматривали в движении, направленном вниз, которое, однако, — по крайней мере согласно воззрениям атомистов — отнюдь не означает движения к срединному пункту вселенной, а происходит на бесконечном протяжении по вполне параллельным, нигде не сходящимся линиям. Таким образом, согласно этой теории, двигаться вверх что бы то ни было может только будучи к тому вынуждено влиянием какой-либо силы, в результате так называемого «вытеснения». Наблюдаемые иногда направленные вверх движения легких тел Стратон и атомисты пытались объяснить тем, что при падении более тяжелого менее тяжелое насильственно вытесняется им вверх. Таким образом, если бы кто-нибудь удалил землю, то наиболее низкое положение согласно этой теории, должна была бы занять вода, если

[114/133]

бы удалить и ее — то воздух, и если бы удалить воздух — то огонь.

Развиваемая Стратоном и атомистами теория тяжести означала, во всяком случае, большой шаг вперед в области физики, и те доводы, которые выдвигали против атомистической теории тяготения ее противники, основывались исключительно на ложных допущениях или наблюдениях. Все, что Аристотель мог выдвинуть против этого учения, в сущности сводится к тому, что этой теории противоречит устанавливаемое многими ускорение при движении огня вверх, а также наблюдаемая якобы ори этом пропорциональность между величиной огня и его скоростью.

Своеобразное промежуточное положение между последней упомянутой теорией и аристотелевской занимает теория тяготения, восходящая к Платону. Если, отвергая допущение абсолютной легкости, она соприкасается с теорией Стратона и атомистов, то, с другой стороны, она проявляет сходные черты с аристотелевской теорией, усиленно выдвигая то представление, которое и в этой теории играет крупную роль. В основе платоновского учения также лежит та мысль, что каждой стихии следует приписать определенное, ее «собственное» место. Но большая ценность этой теории и ее превосходству по сравнению с обеими другими теориями, которые хотя приобрели законченную форму лишь позднее, но все же восходят ко времени Платона, заключается в том, что она поняла тяжесть

как стремление родственного к родственному, части к целому. От нашего нынешнего представления эта теория отличается в сущности только тем, что она еще не усматривала в тяготении общего свойства всей материи, полагая, что оно существует не между любыми двумя телами, а лишь между различными объемами одной и той же стихии.

Направление естественного движения, согласно платоновской теории, ведет к тому месту, в котором находится наибольшая масса той же родственной материи; ибо, по представлению Платона, различные виды материи распределены Демиургом в мировом пространстве. Этим объяснением тяготения устраняется и трудный вопрос, нужно ли допускать наряду с тяжелыми также и легкие тела. Действительно, движение к родственному свойственно, как учит Платон, всему; именно оно и делает движущееся тело тяжелым, а то место, к которому направлено движение, — расположенным внизу. В той части мирового пространства, где находится естественное место огня, все огненное так же тяжело, как и все земное в области земли. Подобно тому как все родственное представляет собой для каждого тела «низ», — так же все чужеродное представляет собой «верх», по направлению к которому тело может двигаться лишь вопреки своей природе, под действием принуждения. Таким образом

[115/134]

Платон признает только относительную легкость; она проявляется в меньшем сопротивлении, которое оказывают тела вынужденному движению по направлению к чужеродному и которое, вообще говоря, обусловлено меньшей величиной.

К платоновской теории тяготения примкнул, наряду со многими другими — как, например, Марк Аврелием и Иоанном Филопоном — также и Плутарх. Он самым решительным образом выступает против того воззрения, согласно которому целью естественного движения является срединный пункт вселенной. По мнению Плутарха, земля притягивает тяжелые тела не по той причине, которую предполагали Аристотель и стоики, а потому, что эти тела являются ее частями. Подобно тому как солнце притягивает к себе свои составные части, так же и земля воспринимает падающую звезду, как нечто ей принадлежащее и собственное. Движение любого тела к земле есть только признак родства и естественной близости, существующей между землей и тем, что было от нее удалено и снова к ней возвращается.

II. ЕСТЕСТВЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ

С различными воззрениями, существовавшими у древних физиков, относительно сущности тяжести самым тесным образом связаны и их взгляды на явление естественного движения. Атомисты должны были считать последнее неограниченным в пространстве и времени, соответственно со своими представлениями о падении атомов; таким образом, согласно их взглядам, естественное движение может закончиться только тогда, когда на пути падающего тела окажется какое-нибудь другое. Платон и его сторонники считают, что движение продолжается до тех пор, пока не осуществится составляющее его цель соединение родственного с родственным. Между тем исследователи, усматривавшие цель направленного вниз движения в срединном пункте вселенной, должны были прийти к удивительному выводу, что при достижении центра движение тотчас прекратится и что, следовательно, как это ясно говорит Аристотель, «все, что движется вниз, никогда не может пройти далее, чем до срединного пункта, откуда бы оно ни вышло». Действительно, если бы тело, как это подробнее развил Александр Афродисийский, продвинулось хотя бы на ничтожное протяжение далее срединного пункта, то оно должно было бы двигаться уже не вниз, а вверх, что противоречит всей его природе и, следовательно, невозможно. На неприемлемость этого воззрения указывали особенно Плутарх и Лукреций, возражая против аристотелевско-стоической теории тяжести.

[116/135]

Роковой ошибкой, введенной в науку главным образом Аристотелем, было распространенное, вероятно, уже и до него представление, что тело падает тем быстрее, чем оно тяжелее, и что, следовательно, при прочих равных условиях, как это говорит Аристотель, скорости двух тел находятся между собой в том же отношении, что и их величины. Аналогичное утверждение делает, впрочем, Аристотель и относительно легких тел: чем больше количество огня, тем он легче и тем быстрее движется вверх. Аристотелевское воззрение, согласно которому более тяжелое тело падает быстрее, — воззрение, проводимое, впрочем, также и Героном в его механике, — кажется тем более странным, что влияние, оказываемое средой на скорость движущихся в ней тел, отнюдь не оставалось неизвестным Аристотелю, и он совершенно отчетливо понимал также, что более объемистое тело должно медленнее проникать сквозь среду, чем малое; он приходил даже к тому заключению, что в пустом пространстве все тела

должны падать с одинаковой скоростью. Однако это соображение служило ему только доказательством невозможности пустого пространства, так как он вследствие некоторых допущений—о них речь будет даже —считал необходимым принять эту скорость в пустом пространстве за бесконечно большую.

Представление о том, что большее тело падает быстрее, чем меньшее, лежит также в основе атомистической системы Левкиппа и Демокрита, которые пытались этим допущением объяснить столкновение атомов и обусловленное им образование вихрей. Только Эпикур выступил против этого антинаучного утверждения и совершенно правильно принимал, что атомы при своем падении в пустом пространстве должны иметь совершенно равные скорости, так как ничего не встречают на своем пути, и что «благодаря отсутствию сопротивления ни тяжелое не может двигаться быстрее, чем легкое, ни малое быстрее, чем большое».

Что свободное падение представляет собой ускоренное движение, было уже общеизвестно в древности; некоторые, как, например, Аристотель, делали даже из этого вывод, — скорее, конечно, по аналогии, чем на основании наблюдений, — что естественное движение вверх происходит также с возрастающей скоростью. Для доказательства наличия ускорения при свободном падении Стратон указывал главным образом на два явления: что падающая с большой высоты струя воды внизу оказывается разделенной на капли, тогда как наверху она остается сплошной, и что груз, падающий с небольшой высоты, не производит удара о землю, тогда как груз, прошедший большое расстояние, ударяется о землю с большой силой.

[117/136]

Относительно причин ускорения в древности существовало несколько гипотез, которые все исходили из того представления, что изменение скорости должно быть связано с изменением также и влияющей на движение системы сил, и поэтому пытались объяснить возрастание скорости либо увеличением силы тяжести, либо уменьшением сопротивления воздуха или какой-нибудь другой противодействующей силы.

К первому способу объяснения обратился Аристотель. Он связывает это с тем своим воззрением, что движение любого тела к естественному месту означает только движение к собственной «форме», т.е. только особый случай всякого становления, а именно переход из состояния «материи» в состояние «формы», из состояния потенциального бытия в

состояние актуальности. Чем более приблизилось тело к естественному месту, тем в большей мере осуществился этот переход; а более высокой ступени актуальности соответствует, согласно воззрениям Аристотеля, и большая способность к действию, которая проявляется в усилении стремления к естественному месту, и, следовательно, в увеличении тяжести или легкости, в соответствии с тем, направлено ли естественное движение вверх или вниз.

Для подтверждения этой теории Симпликий, который, так же как и Александр Афродисийский, развивал далее аристотелевскую гипотезу, предлагает даже эксперимент, о котором мы, впрочем, не знаем, был ли он выполнен в действительности и с каким результатом. Нужно, как это советует Симпликий, спустить на привязи с горы или с высокого дерева тяжелое тело и так его взвесить. Оно должно тогда, предполагая правильность сделанной гипотезы, весить больше, чем оно весит у поверхности земли, так как в первом случае оно находится ближе к срединному пункту, чем гири, а во втором случае грузы с обеих сторон находятся на одном уровне. О другой теории, объяснявшей ускорение не возрастанием тяжести, а уменьшением сопротивления, сообщает нам Симпликий, не указывая однако сторонников этой теории; он упоминает только, что таковых «не мало». Они принимали во внимание количество воздуха, находящееся между движущимся телом и целью движения. Это количество воздуха так же противодействует опусканию тел книзу, как вода сопротивляется погружению тел, и поэтому тела представляются более легкими, чем это имеет место в действительности. Это происходит, разумеется, в тем большей степени, чем больше количество воздуха, несущее тело — больше всего, следовательно, в начале естественного движения, которое поэтому сначала медленней только постепенно становится все более быстрым.

Третья теория, объясняющая ускорение при свободном падении восходит к великому астроному Гиппарху. Для решения

[118/137]

задачи он рассматривает свободное падение как особый случай движения брошенного тела. Он указывал на то, что при таком, движении, согласно распространенной в древности теории, сила, бросившая тело вверх, сначала сохраняет преобладание над силой тяжести брошенного тела и таким образом вызывает движение тела вверх, которое оказывается тем более быстрым, чем больше сила. Когда же последняя, как полагал Гиппарх, оказывается израсходованной и, следовательно,

уменьшившейся, движение вверх все более замедляется, и, наконец, тело начинает под влиянием собственной тяжести двигаться вниз, и притом тем быстрее, чем меньше становится сила, которая бросила его вверх; быстрее же всего, когда эта сила окончательно исчезла. Совершенно сходным образом происходит это и в случае падающих тел. Действительно, и у них до определенного момента сила, поддерживавшая их, сохраняет свое влияние. Она противодействует их движению и является причиной того, что падающее тело сначала движется медленнее.

III. ВЫНУЖДЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ

Разделение движений на естественные и вынужденные имело своим последствием то, что понятие силы в античной физике имело гораздо меньшее значение, чем в современной. Исследования о сущности силы и о ее измеримых соотношениях с другими величинами, характеризующими движение, оставались почти лишенными связи с рассуждениями, касающимися естественного движения, и поэтому почти полностью ограничивались менее исследованной областью вынужденных движений. Отношения, которые древние устанавливали между массой тела, действующей на него силой, и обусловленным последней движением, отличаются от соответствующих воззрений в новой физике прежде всего тем, что в формулах античной физики — как следствие того, что ей был неизвестен закон инерции,— на месте изменения скорости оказывается сама скорость.

Закон, в который Аристотель мог бы облечь свои воззрения, имел бы форму:

$$\frac{m \times s}{K \times t} = \text{const.}$$

где m означает движущуюся массу, K — силу, s — пройденный, путь и t — требующееся для этого время. Однако Аристотель приписывает этому закону безусловное значение лишь для того случая, когда соотношение между массой и силой остается без изменения; тогда пройденный путь и время должны быть обратно пропорциональны друг другу, и, следовательно, ско-

[119/138]

рость должна быть постоянной. Напротив того, если величины m и

K подвергаются произвольным изменениям, то закон Аристотеля утрачивает свое всеобщее значение, так как в этом случае приходится принять во внимание также и влияние трения, которого Аристотель, впрочем, не зная закона инерции, совершенно не учитывает.

Приведенная формула, как он полагает, может иметь значение только в том случае, если отношение массы к силе не превосходит определенной величины, которая в дальнейшем будет обозначаться через α . Таким образом, если известно, что некоторая определенная сила сообщает заданной массе определенную скорость, то отсюда, согласно Аристотелю, можно, правда, заключить, что вдвое большая сила сообщит этому телу вдвое большую скорость, однако нельзя без оговорок делать вывод, что половинная сила создаст и половинную скорость, так как, если даже

$$\frac{m}{K} < \alpha$$

то все же может оказаться

$$\frac{m}{\frac{1}{2}K} > \alpha$$

И таким образом установленное уравнение для этих новых величин может утратить свое значение. А именно возможно, что новая сила недостаточна даже для того, чтобы вообще привести тело в движение. Аристотель ссылается при этом на тот факт, что, хотя несколько гребцов могут привести корабль в движение, одна гребец вообще не может сдвинуть корабль с места; в сходной форме высказывает ту же мысль и Герон. В приписываемой Аристотелю «Механике» также проводится то воззрение, что между предметом и тем, кто должен привести его в движение, должно быть известное отношение, известная «соразмерность». Это отношение должно быть ни слишком большим, ни слишком малым, как это вытекает из оснований, о которых будет говориться ниже.

Так как древние не знали закона инерции, то другая трудная проблема возникала для них в вопросе о том, как следует объяснять продолжение движения после того, как прекратилось соприкосновение тела с тем, что насильственно привело его в движение. Разрешение этой проблемы составляло в древности предмет главным образом двух теорий. Одна из них исходит из представления, что при начале вынужденного движения телу передается также в сила, которую оно несет с собой в пути; вторах теория допускает посредствующую роль воздуха.

К числу сторонников первой теории мы можем отнести, на основании сохранившихся остатков физической литературы древности, Гиппарха и Герона. Они принимали, что сила того, кто бросает тело, следует за этим телом и сопровождает его, сохраняясь в пути, но, однако, подвергаясь израсходованию по мере протекания движения. Таким образом, действие силы все время уменьшается, чем и должно объясняться постоянное уменьшение скорости и постепенное прекращение вынужденного движения или его переход в движение естественное.

Другая теория, выведившая противное естественному движению из действия воздуха, основана на имевшем в древности почти всеобщее распространение представлении, что всякое движение должно восходить к некоторому соприкосновению, так, как всякое движение предполагает наличие чего-то движущего; последнее же, поскольку живые существа остаются исключенными из области физического рассмотрения, само должно оказаться движимым чем-то извне. Устранить затруднения, которые при этом возникали, для объяснения длительного движения помогала вторая принимавшаяся значительной частью древних физиков гипотеза, которая отвергала возможность пустого пространства и, таким образом, сводила каждое движение к обмену местами.

Теория вынужденного движения, представлявшая собой комбинацию этих двух гипотез и получившая у Аристотеля всеобщее значение, впервые возникает, по-видимому, у Платона. В «Тимее» Платон высказывает ту мысль, что противодействие, создаваемое движением, является причиной явлений, которые наблюдаются как в других случаях, так и при бросании тяжелых тел. Процесс движения, согласно этой теории, объясняется, как это подробно излагает Плутарх, комментируя упомянутое место в «Тимее», следующим образом: брошенный предмет своим натиском раздвигает воздух, который, стремясь в силу своей природы заполнить всякое пустое пространство, снова смыкается позади тела, следует таким образом за брошенным предметом и сообщает ему все новые импульсы к движению.

Хотя Аристотель и не подчеркивал так, как Платон, представление об обмене местом, но он принимал, что импульс, приводящий тело в состояние вынужденного движения, передается через посредство воздуха по направлению движения, причем толкаемый воздух в свою очередь толкает предмет и таким образом ускоряет его движение. Согласно Аристотелю, воздух равным образом является носителем силы; через него

последняя оказывает свои действия в определенном направлении, благодаря чему движущееся тело может продолжать свое движение, хотя бы то,

[121/140]

что заставило его двигаться, и не следовало за ним. Сходным образом стоики и Сенека пытались объяснить длительность вынужденного движения напряженным состоянием воздуха, который являлся для них посредником в механических процессах, так же как в акустических и оптических.

То, что воздух производит движение как вверх, так и вниз, объясняется, по Аристотелю, тем, что он обладает одновременно тяжестью и легкостью и поэтому может проявлять действие то одного, то другого из этих свойств. Для того чтобы воздух передавал движение, необходимо, чтобы и тело на него воздействовало. Это имеет своим следствием, как поясняется в аристотелевской механике, что очень малые тела так же не могут быть приведены в движение заданной силой, как — по другим причинам— и весьма большие, будучи слишком слабы для того, чтобы в свою очередь оказать противодействие. Постепенное прекращение вынужденного движения и его переход в движение естественное аристотелевская теория объясняла сходно с теорией Гиппарха и Герона, а именно постепенным ослаблением противодействия воздуха.

Особый случай вынужденного движения усматривали физики, полагавшие, что естественное движение огня направлено вверх, в наблюдаемом движении молнии вниз. Платон объяснял его так же, как движение при бросании. Вследствие удара о облако из последнего, как это подробнее развивает Плутарх, извергается в воздух огнеобразная масса. Облако разрывается и поддается назад, но вслед за струей огня снова смыкается и таким образом толкает ее, вопреки ее природе, сверху вниз. Плиний для объяснения этого явления принимал,— вероятно, опираясь на других физиков,— что светила оказывают отталкивающее действие на молнию.

Магнитное и электрическое притяжение пытались объяснить, исходя из тех же точек зрения, что и для вынужденного движения вообще. Согласно этим воззрениям, магнит испускает тяжелые и ветрообразные истечения; последние вытесняют непосредственно примыкающий к магниту воздух, который в свою очередь толкает воздух, лежащий далее. Этот процесс продолжается до тех пор, пока воздух не займет снова образовавшееся пустое пространство, увлекая за собой при этом и железо в противном естественному движению. Такова была имевшая всеобщее

распространение теория, развиваемая в особенности у Платона, Плутарха и Лукреция. Электрическое притяжение стирались пояснить совершенно таким же образом.

В своей теории вынужденного движения Аристотель вводил некоторые допущения, которые по большей частью получались путем простого обращения соответственных допущений, сделан-

[122/141]

ных для естественного движения. Если естественное движение является ускоренным, то противоположное ему должно быть замедленным, и если, согласно воззрениям древних, большая масса в естественном направлении движется быстрее, то в противоположном направлении скорости должны находиться в соотношении, обратном величинам тел. Таким образом, направляясь сверху вниз, меньшая масса огня должна двигаться быстрее, а большая медленнее.

IV. УДАР И ТРЕНИЕ

Гипотезами, сделанными для объяснения вынужденного движения, большей частью обусловлены и представления древних относительно явлений удара и трения. В аристотелевском собрании задач явление удара объясняется таким образом, что действительное движение тела составляется из естественного и вынужденного, (причем в случае удара первое прекращается; тело же под влиянием движущей его силы должно двигаться дальше, а так как оно не может продвигаться вперед по прежнему направлению, то оно начинает двигаться назад или в сторону. Сходным образом объясняется в героновой катоптрике различие между упругим и неупругим ударами. Сила, пославшая брошенное тело, например камень, должна, сообразно с этими взглядами, в случае удара о твердое тело обратиться назад вместе с брошенным камнем, так как она не может нести его дальше, и, напротив того, при ударе о мягкое тело она должна прекратить свое действие и удалиться от брошенного камня.

Учению о сопротивлении среды уделял особое внимание Аристотель, не достигнув, однако, в этой области заметных успехов. Время, потребное телу для прохождения определенного расстояния, Аристотель считает пропорциональным сопротивлению среды, так что, согласно его воззрению, одно и то же тело в среде, вдвое более тонкой, должно употребить на прохождение того же пути только половину прежнего времени.

Следствием этого неправильного допущения было то, что скорость в пустом пространстве Аристотель считает бесконечно большой; и поэтому он, хотя и устанавливает совершенно правильно, что в пустоте все должно двигаться одинаково быстро, попросту отрицает возможность пустого пространства.

Различие между трением движения и трением покоя выдвигает в особенности аристотелевская механика, приводя тот пример, что лошадям легче тянуть уже находящуюся в движении повозку, чем сдвинуть ее с места. Если тело движется в том же направлении, в котором его увлекает сила, то это должно иметь тот же результат, как если бы кто-нибудь увеличил силу

[123/142]

и скорость движущего его источника силы. В аристотелевской механике объясняется я тот факт, что трение для круглых тел всего меньше. Поэтому древние физики приписывали шарообразную форму всему, что должно быть легко подвижно, как, например, небесному своду, светилам и последним частицам огня.

Многие древние физики определенно развивали учение о том, что движение вследствие всегда связанного с ним трения должно также производить тепло. Аристотель и Лукреций сообщают, что свинцовые шарики вследствие трения о воздух нагреваются до такой степени, что свинец начинает плавиться, а согласно одной выдвинутой Анаксагором и поддерживаемой также Аристотелем астрономической гипотезе, даже теплота и свечение звезд возникли вследствие их трения об эфир и воздух.

V. ДРЕВНЯЯ ДИНАМИКА В ЕЕ СООТНОШЕНИИ С СОВРЕМЕННЫМИ ПРИНЦИПАМИ ДВИЖЕНИЯ

В то время как в области статики древняя физика почти всегда приходила к верным результатам, сохраняющим значение и теперь, — ее исследования в области динамики лишь в немногих случаях сопровождалась успехом, и полученные результаты лишь редко совпадают с воззрениями современной механики. Эти резкие расхождения должны быть приписаны не только недостаткам древних методов исследования, но в еще гораздо большей мере полному несходству между основными принципами движения в древней и новой физике. Только изредка встречаются в литературе древности замечания, на которые можно смотреть как на

предварение некоторых принципов, отчетливо сформулированных лишь в гораздо более позднее время и которые остались без всякого влияния на развитие механики; только в единичных случаях мы узнаем о своеобразных гипотезах, которые производят впечатление бессознательного применения этих смутно сознаваемых принципов.

Чаще всего мы встречаем это в области, относящейся к первой аксиоме движения Ньютона, известной под названием закона инерции. Особенно это относится к Плутарху, который говорит, хотя и в слишком общей форме, о способности тел к сопротивлению. Каждому движущемуся телу – в частности и телу, находящемуся в состоянии естественного кругового движения – он приписывает стремление сохранить свое движение и форму пути и полагает, что это стремление тем сильнее, чем быстрее движение. Каждое тело, как учит Плутарх, продолжает свое естественное движение до тех пор, пока оно не будет отклонено со своего пути внешней причиной. Поэтому и луну удерживает от падения на землю ее движение, ее быстрое обращение вокруг

[124/143]

земли, точно так же как предметам, положенным в пращу, не дает упасть быстрое вращение. О том, что Плутарх имел более правильное представление об инертности тел, чем его современники, свидетельствует и та решительность, с которой он – так же, впрочем, как и Лукреций – возражает против делаемого Аристотелем допущения, что тела, достигающие срединного пункта, могут там с полного разбега сразу остановиться.

Впрочем, подобные соображения остались без всякого влияния на оформление динамических теорий. То положение, что тело, та которое не действует ни внешняя сила, ни присущая ему от природы тяжесть или легкость, не может двигаться, представлялось древним физикам совершенно самоочевидным. Именно оно было причиной ложных теорий, установивших пропорциональность силы самой скорости, а не ее изменению; оно заставляло прибегать к сложным построениям для решения казавшейся столь трудной проблемы длительности вынужденного движения, оно вело к искусственным и притом совершенно излишним гипотезам, имевшим целью объяснить ускорение при свободном падении. Оно создавало ложные представления относительно сопротивления среды, порождая и ложные формулы; наконец оно не позволяло понять, что наблюдаемое прекращение какого бы то ни было движения имеет своей причиной только трение.

Основополагающее значение прямолинейного движения, находящее себе выражение также в первом постулате Ньютона, древние понимали довольно отчетливо. Им тем легче было учить, что движение, не испытывающее влияния никакой внешней силы, должно оставаться прямолинейным, что они не смотрели на присущую телам тяжесть или легкость как на силу в собственном смысле. Общность этого воззрения была ограничена только тем, что древние, как это нам известно особенно об Аристотеле, Хрисиппе, Клавдии Птолемею и Витрувии, принимали две основные формы движения, а именно наряду с прямолинейным движением также кругообразное, и из соединения того и другого выводили все остальные формулы движения. В соответствии с делением вселенной на небо и землю, принимали, что круговое движение, как более прекрасное и совершенное, имеет место в области неба, тогда как подлунный мир характеризуется прямолинейным движением. Вместе с тем, однако, полагали, что стихии движутся по прямой линии до тех пор пока они не достигнут естественного места, и только, тогда, не имея больше возможности продолжать прежнее прямолинейное движение, получают движение круговое.

Существовали, однако, также гипотезы, согласно которым и для светил прямолинейное движение рассматривали как есте-

[125/144]

ственное и в соответствии с этим или приписывали небесным телам движение по прямому пути, как этому учил в особенности Ксенофан, или, устанавливая для пути светил круговую форму, считали все же необходимым указать для этой неправильности особую причину. Анаксимен таковую усматривал в сопротивлении сгущенного воздуха, оттесняющего светила от их собственного направления. Что вообще круговое движение неба и небесных тел по необходимости должно быть связано с существованием силы, которая в состоянии уравновесить естественное стремление к срединному пункту и таким образом удержать небо от падения, неизбежного при малейшем уменьшении этой силы, учил уже Анаксагор, представления которого, применительно к движению луны снова встречаются и у Плутарха.

Второй постулат Ньютона, устанавливающий пропорциональность изменения движения действующей силе, по-видимому, оставался древним совершенно неизвестным, тогда как неосознанный намек на третий постулат, говорящий о равенстве действия противодействию, можно,

пожалуй, видеть в выставленной Аристотелем, Гиппархом и Гераном гипотезе, согласно которой, для того чтобы объяснить, почему тело остается на каком-либо месте, кроме своего естественного, принималось существование силы, – вызванной, очевидно, реакцией по отношению к стремлению тела получить естественное движение, – которая удерживает тело на его месте и препятствует ему двигаться. Столь важный для натурфилософии принцип относительности движения впервые был высказан отчетливо, по-видимому, Ксенофаном. Двигаться может – так учит Ксенофан, – только то, что существует во множестве. Ибо всегда нечто должно двигаться к чему-то другому.

Те представления, которые лежали в основе греческой динамики, определили и путь, по которому должен был совершиться переход от древней к новой механике. Открытия, которые, в древности лишь смутно предугадывали и неясно высказывали некоторые опередившие свое время физики, должны были с течением времени возникать у исследователей все чаще и свое большей ясностью, пока величайшим из этих исследователей не удалось выразить их в отчетливых законах и формулах. Правильное понимание выработанных таким образом принципов должно было, разумеется, положить конец всем тем ложным представлениям, которые средневековые восприняло от античной физики, и заставить их уступить место новым теориям, более приближающимся к нашим современным.

Главная задача, которую должна была разрешить механика в своем дальнейшем развитии, заключалась, пожалуй, в устранении того принципа, который в сущности лежал в основе всей

[126/145]

античной динамики. Это было роковое для античной физики деление движений на естественные и вынужденные – с одной стороны, на земные и небесные – с другой стороны. Только устранение первого из этих противопоставлений позволило перенести те наблюдения в области динамики, которые легче всего сделать для естественного движения – для свободного падения, также и на другие виды движения, обобщить проблему силы и таким образом правильно понять соотношение между силой и движением. Но основании, на которых великие физики нового времени могли воздвигнуть здание современной механики, были заложены только тогда, когда пала также преграда, установленная античным естествознанием между небом и землей, и таким образом стало явным всеобщее значение прямолинейного движения; когда открыли, что та же самая сила, которая вызывает падение тел на земле, направляет

пути вечных светил; когда ясно поняли, что всякое движение, в какой бы форме, в каком бы направлении, в какой бы части вселенной оно ни происходило, всегда повинуется одним и тем же законам всеобщей единой механики.

[127]

ЖОЗЕФ ЛУИ ЛАГРАНЖ
АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

1. О различных принципах статики
2. О различных принципах динамики

[128]

ЖОЗЕФ ЛУИ ЛАГРАНЖ
АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА⁷³
(1788 г.)

JOSEPH LOUIS LAGRANGE
MECANIQUE ANALYTIQUE

В предисловие к первому изданию своего труда Лагранж дает следующую характеристику созданной им аналитической механики.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Стр. XI—XII.

«Существует уже несколько трактатов о механике, но план этого трактата совершенно нов. Я поставил себе целью свести теорию этой науки и искусство решения относящихся к ней задач к общим формулам, простое развитие которых дает все уравнения, необходимые для решения каждой задачи. Я надеюсь, что исполнение моей задачи не оставит желать лучшего.

Этот труд принесет, впрочем, и другого рода пользу: он объединит и представит, исходя из единой точки зрения, различные принципы,

⁷³ Аналитическая механика Лагранжа состоит из двух частей: статики и динамики. В настоящем сборнике помещены первые разделы этих обеих частей. Перевод сделай с 4-го французского издания Gaston Darboux, Paris, 1888 г. с примечаниями Ж. Бертрана, сделанными к 3-му изданию 1853 г.

найденные раньше для облегчения решения вопросов механики покажет их взаимозависимость и позволит судить об их правильности и области применения.

Я делю его на две части: статику, или теорию равновесия, и динамику, или теорию движения, и каждая из этих частей будет отдельно трактовать о твердых телах и о жидкостях.

[129/152]

В этой работе не найдут рисунков. Методы, которые я в ней излагаю, не требуют ни построений, ни геометрических или механических рассуждений, но лишь алгебраических действий, подчиняющихся строгой и единообразной последовательности. Те, кто любит анализ, с радостью увидят, что механика делается его новой ветвью, и будут благодарны мне за такое расширение ее области.»

О РАЗЛИЧНЫХ ПРИНЦИПАХ СТАТИКИ

Стр. 1-26

Статика есть наука о равновесии сил. Под *силой* или *мощностью* разумеют вообще причину, какова бы она ни была, сообщающую или стремящуюся сообщить движение телу, к которому ее считают приложенной; оцениваться сила или мощность должна количеством того движения, которое она сообщает или может сообщить. В состоянии равновесия сила не имеет актуального проявления, она создает только стремление к движению; но ее нужно всегда измерять тем действием, которое она производила бы, если бы не была остановлена. Если взять накую угодно силу или ее действие за единицу, то выражение всякой другой силы есть лишь отношение, математическая величина, которая может быть представлена числами или линиями. С этой точки зрения и следует рассматривать силы в механике.

Равновесие есть следствие уничтожения нескольких сил, противоборствующих и взаимно уничтожающих действие, оказываемое одной на другую; и цель статики—дать законы, по которым происходит это уничтожение. Эти законы основаны на общих принципах, которые могут быть сведены к трем: принципу рычага, принципу сложения сил и принципу *возможных скоростей*.

1. Архимед, единственный из древних, оставивший нам теорию равновесия, изложенную в двух книгах его *de AEquiponde rantibus* или

de Planorum Aequilibriis («О равновесии плоскостей»), является автором принципа рычага, который, как известно всем механикам, состоит в том, что если прямой рычаг натружен какими-либо двумя грузами, расположенными по обе стороны от точки опоры на расстояниях от этой точки, обратно пропорциональных этим грузам, то он находится в равновесии, и опора нагружена суммой обоих грузов. В случае равных весов, расположенных на равных расстояниях от точки опоры, Архимед считает этот принцип самоочевидной аксиомой механики, или, по крайней мере, опытным принципом, и он приводит к этому простому и исходному случаю случай неравных грузов. Он пред-

[130/153]

полагает, что эти грузы, если они соизмеримы, разделены на несколько равных частей и части каждого груза отделены и перенесены, на обеих сторонах того же рычага, на равные расстояния, так что рычаг оказывается нагруженным несколькими равными малыми грузами, расположенными на равных расстояниях по обе стороны точки опоры. Затем он доказывает истинность той же теоремы для несоизмеримых грузов при помощи метода исчерпывания, показывая, что не может быть равновесия между этими грузами, если они не находятся в обратном отношении к их расстояниям от точки опоры.

Некоторые авторы нового времени, как Стевин в своей Статике и Галилей в своих Диалогах о движении, упростили доказательство Архимеда, предполагая, что грузы, прикрепленные к рычагу, являются двумя горизонтальными параллелепипедами, которые подвешены за середину и имеют равную ширину и высоту, но длины которых равны удвоенным длинам плеч рычага, находящихся с ними в обратном отношении. Ибо таким образом оба параллелепипеда накалятся в обратном отношении к соответствующим плечам рычага, а вместе с тем они расположены концом к концу, так что образуют один параллелепипед, средняя точка которого в точности соответствует точке опоры рычага. Архимед уже ранее употребил аналогичное соображение, чтобы определить центр тяжести поверхности, составленной из двух параболических поверхностей, в первом предложении второй книги «О равновесии плоскостей».

Другие авторы, наоборот, решили, что нашли недостатки, в доказательстве Архимеда, и изменили его различными способами, чтобы сделать его более строгим; но надо признать, что, нарушив простоту этого доказательства, они почти ничего не прибавили к нему в отношении строгости.

Однако среди тех, которые стремились заменить доказательство Архимеда о равновесии рычага, следует отметить Гюйгенса, оставившего небольшую заметку, озаглавленную *Demonstratio aequilibrii bilancis*⁷⁴ («Доказательство равновесия весов») и напечатанную в 1693 г. в сборнике старых Мемуаров Академии наук.

Гюйгенс замечает, что Архимед молчаливо предполагает, что если несколько одинаковых грузов приложены к горизонтальному рычагу на равных расстояниях друг от друга то, чтобы наклонить рычаг, они действуют с одинаковой силой, находится ли они все с одной и той же стороны точки опоры или же одни по одну, а другие по другую сторону от точки опоры; и во избежание этого шаткого предположения, вместо того чтобы

[131/154]

распределять, как Архимед, равные части обоих соизмеримых грузов на одном и том же рычаге по обе стороны от точек, где эти грузы считаются подвешенными,— он их распределяет таким же образом, но на двух других горизонтально рычагах, расположенных перпендикулярно главному рычагу у его концов, в виде буквы Т. Таким образом получается горизонтальная плоскость, нагруженная несколькими равными грузами и находящаяся, очевидно, в равновесии на линии первого рычага, ибо грузы распределены равно и симметрично по обе стороны от этой линии. Но Гюйгенс доказывает, что эта плоскость также находится в равновесии на прямой, наклонной по отношению к первой и проходящей через точку, делящую первоначальный рычаг на части, обратно пропорциональные действующим на него грузам. Он показывает, что маленькие грузы оказываются также расположенными на равных расстояниях по обе стороны этой прямой; откуда он заключает, что плоскость, а следовательно, и рычаг должны быть в равновесии в одной и той же точке.

Это доказательство остроумно, но оно не восполняет целиком действительные недостатки доказательства Архимеда.

2. Равновесие прямого горизонтального рычага, концы которого нагружены равными грузами и точка опоры которого находится в середине рычага, есть самоочевидная истина, ибо нет основания к тому, чтобы один

⁷⁴ Эта заметка Гюйгенса входит в его «Сочинения», изданные с Гравазандом в 1724 г. (в Лионе), т. I, стр. 262. *Прим. Ж. Бертрана*

из грузов перевесил другой, когда они равны и расположены одинаково по обе стороны от точки опоры. Иначе обстоит дело с предположением о том, что нагрузка точки опоры равна сумме обоих грузов. По-видимому, все механики приняли его как результат повседневного опыта, который учит, что вес тела зависит от его общей массы, но не зависит от его формы⁷⁵. Можно тем не менее вывести эту истину из первой, рассматривая, как это делал Гюйгенс, равновесие плоскости на линии.

Для этого нужно только вообразить треугольную плоскость, нагруженную двумя равными грузами на двух концах своего основания я вдвое большим грузом, в вершине. Эта плоскость будет, очевидно, в равновесии, если она опирается на прямую линию или закрепленную ось, проходящую через середины обеих сторон треугольника; ибо можно рассматривать каждую из этих сторон как рычаг, нагруженный на обоих концах равными

[132/155]

грузами и с точкой опоры на оси, проходящей через его середину. Теперь можно рассмотреть это равновесие другим способом, считая само основание треугольника рычагом, концы которого нагружены равными грузами, и воображая поперечный рычаг, который (соединяет вершину треугольника с серединой его основания наподобие буквы Т, и один из концов которого напружен двойным грузом, помещенным в вершину, а другой служит точкой опоры для рычага, образующего основание. Очевидно, что последний рычаг будет в равновесии «а поперечном рычаге, который поддерживает его в середине, и что, следовательно, он будет в равновесии на оси, на которой плоскость уже находится в равновесии. Но так как ось проходит через середины обеих сторон треугольника, она также по необходимости пройдет через середину прямой, проведенной от вершины треугольника к середине основания; следовательно, точка шоры поперечного рычага будет находиться в его середине, и он будет, следовательно, одинаково нагружен на обоих концах: следовательно, нагрузка, которую испытывает точка опоры рычага, образующего основание треугольника и нагруженного на обоих концах одинаковыми грузами,

⁷⁵ Даламбер является, кажется, первым, кто постарался доказать это предположение; по данное им э Мемуарах Академии наук за 1769 г. доказательство не вполне удовлетворительно. Доказательство, данное впоследствии г. Фурье в V тетради *Journal de l'Ecole Polytechnique*, строго я весьма остроумно. Но оно не выведено из природы рычага. *Прим, автора.*

будет равна двойному грузу, находящемуся в вершине, а следовательно, равна и сумме обоих грузов.

Если бы вместо треугольника рассматривалась трапеция, нагруженная в четырех углах четырьмя равными грузами, то было бы найдено таким же способом, что два неравных рычага, образующих параллельные стороны трапеции, действуют на свои точки опоры с одинаковыми силами.

3. Раз это предложение доказано, ясно, что можно, как это делает Архимед, заменить груз, уравновешенный на рычаге, двумя грузами, каждый из которых равен его половине и расположен на одном и том же рычаге, на равных расстояниях по обе стороны от точки, где прикреплен груз; ибо действие этого груза такое же, как действие рычага, подвешенного за свою середину в той же точке и нагруженного на обоих своих концах двумя грузами, каждый из которых равен половине данного груза; и очевидно, что ничто не мешает приблизить последний рычаг к первому так, чтобы он сделался его частью. Или же, что быть может более строго, нужно лишь рассматривать последний рычаг как удерживаемый в равновесии силой, приложенной к его средней точке, направленной снизу вверх и равной по величине грузу, обе половины которого считаются приложенными к его концам; тогда, если наложить этот второй уравновешенный рычаг на первый рычаг, который предполагается уравновешенным на своей точке опоры, общее равновесие сохра-

[133/155]

нится, и если наложение происходит так, что середина второго рычага совпадает с концом одного из плеч первого рычага, сила, поддерживающая второй рычаг, сможет считаться приложенной к самому грузу, которым это плечо нагружено и который, будучи поддерживаем, не будет оказывать действия на рычаг, но окажется таким образом замененным двумя грузами, каждый из которых равен его половине и которые расположены по обе стороны от этого груза на продолжении первого рычага. Это наложение равновесий является в механике столь же плодотворным принципом, каким является в геометрии наложение фигур.

4. Можно, стало быть, рассматривать равновесие прямого и горизонтального рычага, нагруженного двумя грузами, обратно пропорциональными их расстояниям от точки опоры рычага, как строго доказанную

метну; и, согласно принципу наложения, ее легко распространить на какой угодно угольный рычаг⁷⁶, точка опоры которого находится в углу, а на плечи которого действуют в обратных направлениях силы, перпендикулярные к их направлениям. Действительно, очевидно, что равноплечный угольный рычаг, подвижный вокруг вершины угла, будет удерживаться в равновесии двумя равными силами, приложенными перпендикулярно к концам обоих плеч и стремящимися повернуть их в противоположные стороны. Если поэтому, имеется уравновешенный прямой рычаг, одно из плеч которого равно плечам угольного рычага и нагружено на своем конце грузом, эквивалентным каждой из сил, приложенных к угольному рычагу, а другое плечо нагружено тем грузом, который необходим для равновесия, и если наложить эти рычаги друг на друга так, чтобы вершина угла одного совпала с точкой опоры другого и чтобы равные плечи одного и другого совпали и образовали лишь одно плечо, то сила, приложенная к плечу угольного рычага, будет поддерживать груз, подвешенный к равному плечу прямого рычага, так что можно будет отвлечься от обоих и предположить, что плечо, образованное совмещением тех двух, уничтожено. Следовательно, равновесие сохранится также между двумя другими плечами, образующими угольный рычаг, на который действуют в его концах силы, перпендикулярные и находящиеся в обратном отношении к длине плеч, как и в прямом рычаге.

Но сила может считаться приложенной в какой угодно точке, лежащей на ее направлении. Следовательно, две силы, приложенные к каким угодно точкам плоскости, одна из точек кото-

[134/157]

рой закреплена, и направленные как угодно в этой плоскости, уравновешивают друг друга, если они обратно пропорциональны к перпендикулярам, опущенным из этой точки на их направления; ибо можно считать, что эти перпендикуляры образуют угольный рычаг, точка опоры которого есть закреплённая точка плоскости; это есть то, что теперь называют *принципом моментов*, понимая под моментом произведение силы на плечо рычага, через который она действует.

Этот общий принцип достаточен, чтобы разрешить все задачи

76 В отличие от прямого рычага Лагранж называет угольным рычагом такой рычаг, в котором плечи находятся под прямым углом друг к другу. *Прим. ред.*

статике. Рассмотрение ворота позволило его обнаружить уже с самых первых шагов, сделанных после Архимеда в теории простых машин, как это видно из сочинения Гвидо Убальдо, озаглавленного *Mechanicorum liber* («Книга механики») и появившегося в Пезаро в 1577 г., но этот автор не сумел применить его ни к наклонной плоскости, ни к другим машинам, которые от нее зависят, как-то клин и винт, и для которых он дал лишь весьма неточную теорию.

5. Отношение мощности⁷⁷ к весу на наклонной плоскости долго оставалось нерешенным вопросом для механиков нового времени. Стевин разрешил этот вопрос первым; но его решение основано на косвенных соображениях, независимых от теории рычага.

Стевин рассматривает материальный треугольник, поставленный на свое горизонтальное основание так, что его обе стороны образуют две наклонные плоскости; и он предполагает, что четки, образованные несколькими равными грузами, нанизанными на равных расстояниях, или, вернее, цепь со звеньями равной величины, кладется на обе стороны этого треугольника, так что вся верхняя часть вплотную соприкасается с обеими сторонами треугольника, а нижняя часть свободно висит под основанием, как если бы она была привязана к обоим ее концам.

Стевин замечает, что если предположить, что цепь может свободно скользить по треугольнику, она все же должна оставаться в покое; ибо если бы она начала скользить сама по себе

[135/158]

в одном направлении, она должна была бы продолжать скользить вечно, ибо одна и та же причина движения сохранялась бы, так как цепь оставалась бы, благодаря однородности ее частей, расположенной все

⁷⁷ Лагранж употребляет термин «мощность» (*puissance*) совсем не в том смысле как этот термин употребляется сейчас. Силой Лагранж называет данную силу, которую мы рассматриваем как постоянную величину, которую нельзя изменить посредством механических приспособлений, — это будет, например, сила тяжести (вес) груза, лежащего на наклонной плоскости. Мощностью Лагранж называет силу, которая уравнивает данную и величина которой может быть изменена посредством механических приспособлений, например, сила, приложенная для уравнивания груза, лежащего на наклонной плоскости, величина которой зависит от наклонной плоскости. Поэтому мощность будет равна весу по терминологии Лагранжа, в случае, если наклон плоскости будет в 90° , т.е. плоскость будет вертикальна (см. ниже). *Прим. ред.*

время одинаковым образом на треугольнике; откуда следовало бы вечное движение, что нелепо.

Следовательно, по необходимости, существует равновесие между всеми частями цепи; но ту часть, которая висит под основанием, можно рассматривать, как находящуюся саму по себе в равновесии. Следовательно, нужно, чтобы усилие, оказываемое всеми грузами, опирающимися на одну сторону треугольника, уравновешивало усилие грузов, опирающихся на Другую сторону; но сумма одних относится к сумме других, как длины сторон, на которые они опираются. Следовательно, всегда понадобится одна и та же мощность, чтобы удерживать один или несколько грузов, расположенных на наклонной плоскости, когда общий вес пропорционален длине плоскости, в предположении, что высота одна и та же. Но когда плоскость вертикальна, мощность равна весу; следовательно, во всякой наклонной плоскости мощность относится к весу, как высота плоскости к ее длине.

Я привел это доказательство Стевина потому, что оно очень остроумно и, с другой стороны, мало известно. Впрочем, Стевин выводит из этой теории условия равновесия между тремя мощностями, действующими на одну и ту же точку, я находит, что это равновесие имеет место, когда мощности параллельны и пропорциональны трем сторонам какого угодно прямолинейного треугольника [см. Элементы статики и Прибавления к Статике этого автора я Нуронnemata mathematica. (Математические заметки), напечатанные в Лейдене в 1605 г. и в Сочинениях Стевина, переведенных на французский и напечатанных в 1634 г. Эльзевирами]. Но нужно заметить, что эта основная теорема статики, хотя она обычно приписывается Стевину, была доказана этим автором лишь для случая, когда направления двух из мощностей образуют между собой прямой угол.

Стевин справедливо замечает, что груз, опирающийся на наклонную плоскость и удерживаемый мощностью, параллельной плоскости, находится в таких же условиях, как если бы его поддерживали две нити, одна перпендикулярная, а другая параллельная плоскости, я посредством своей теории наклонной плоскости он находит, что отношение веса к мощности, приложенной параллельно плоскости, такое же, как отношение гипотенузы к основанию прямоугольного треугольника, образованного на плоскости двумя прямыми, из которых одна вертикальна, а другая перпендикулярна плоскости. Стевин довольствуется тем, что распространяет это предложение на случай, когда нить, удерживающая груз на наклонной плоскости, наклонна также по отно-

шению к плоскости, строя аналогичный треугольник из тех же линий, из которых одна вертикальна, другая перпендикулярна плоскости, и выбирая за основание направление нити; но для этого он должен был бы доказать, что та же пропорция имеет место в случае равновесия груза, удерживаемого на наклонной плоскости мощностью, наклонной к плоскости, что не может быть выведено из соображения о равновесии цепи, придуманного Стевином.

6. В механических трудах Галилея, изданных впервые по-французски о. Мерсенном в 1634 г., равновесие на наклонной плоскости сводится к равновесию угольного рычага с двумя равными плечами, из которых одно, по предположению, перпендикулярно к плоскости и нагружено грузом, опирающимся на плоскость, а другое – горизонтально и нагружено грузом, эквивалентным мощности, необходимой для того, чтобы удержать груз на плоскости; это равновесие затем приводится к равновесию прямого горизонтального рычага, причем груз, привязанный к наклонному плечу, рассматривается как подвешенный к горизонтальному плечу, образующему, прямой рычаг с горизонтальным плечом угольного рычага. Таким образом отношение груза к мощности, которая его удерживает на наклонной плоскости, обратно отношению этих двух плеч прямого рычага, и легко доказать, что эти плечи относятся между собой, как высота плоскости к ее длине.

Можно сказать, что это есть первое прямое доказательство условия равновесия на наклонной плоскости. Галилей впоследствии им воспользовался, чтобы строго доказать равенство скоростей, приобретенных тяжелыми телами, спускающимися с одинаковой высоты по плоскостям разного наклона, равенство, которое он просто предположил в первом издании своих Диалогов.

Галилею было бы легко также разрешить случай, когда мощность, удерживающая груз, наклонна к плоскости; но этот новый шаг был сделан лишь некоторое время спустя Робервалем в Трактате о механике, напечатанном в 1636 г., во «Всемирной гармонии» Мерсенна.

7. Роберваль также рассматривает груз, лежащий на наклонной плоскости, как прикрепленный к плечу рычага, перпендикулярного плоскости, и считает мощность силой, приложенной к тому же плечу по данному направлению; он имеет, таким образом, рычаг с одним только плечом,

один конец которого закреплен, а на другой конец которого действуют две силы — сила груза к сила мощности, которая его удерживает. Он заменяет этот рычаг угольным рычагом с двумя плечами, которые перпендику-

[137/160]

лярны к направлениям обеих сил и точкой опоры которых является одна и та же закрепленная точка, и полагает обе силы приложенными к плечам рычага по своим собственным направлениям, что дает для равновесия отношение груза к мощности, обратное отношению обоих плеч угольного рычага, т.е. перпендикуляров, опущенных из закрепленной точки на направления груза и мощности.

Отсюда Роберваль выводит равновесие груза, удерживаемого двумя веревками, образующими между собой какой угодно угол, заменяя рычаг, перпендикулярный к плоскости, веревкой, привязанной к точке опоры рычага, а мощность — другой веревкой, которую тянет сила в направлении этой мощности; посредством ряда несколько сложных построений и аналогий он приходит к такому заключению: если из какой-либо точки, взятой на вертикальной линии подвеса груза, провести параллель к одной из веревок до встречи с другой веревкой, то стороны образованного таким образом треугольника будут пропорциональны грузам и мощностям, действующим в направлениях этих сторон, что является, как видно, теоремой, данной Стевном.

Я счел должным упомянуть об этом доказательстве Роберваля не только потому, что оно является первым строгим доказательством, полученным для теоремы Стевина, но также потому, что оно осталось забытым. В Трактате о гармонии⁷⁸, довольно редком в настоящее время, никто не догадывается его искать. Впрочем, я вошел в эти подробности относительно теории рычага лишь для того, чтобы доставить удовольствие тем, кто любит следить за продвижением ума в науках и знать как те пути, по которым изобретатели шли, так и те, более прямые пути, по которым они могли бы идти.

8. Трактаты о статике, появившиеся после робервалевского вплоть до времени открытия сложения сил, ничего не прибавили к этой части

⁷⁸ «Трактат об универсальной гармонии» - произведение Мерсенна, в котором было напечатано это доказательство Роберваля. *Прим. ред.*

механики; в них можно найти лишь уже известные свойства (рычага и наклонной плоскости и их применение к другим простым машинам; некоторые из них даже содержат весьма неточные теории, как, например, трактат Лами о равновесии твердых тел, где дается неправильное отношение веса к мощности, удерживающей его на наклонной плоскости. Я не говорю здесь о Декарте, Торичелли и Валлисе, потому что они приняли для равновесия принцип, который связан с принципом возможных скоростей доказательству которого они не имели.

[138/161]

9. Второй основной принцип статики есть принцип сложения сил. Он основан на следующем предположении: если две силы действуют одновременно на тело⁷⁹ по различным направлениям, то эти силы эквивалентны одной силе, способной сообщить телу то же движение, которое ему сообщали бы обе силы, действуя порознь. Но тело, которое заставляют одновременно двигаться равномерно по двум различным направлениям, пробегает, по необходимости, диагональ параллелограмма, стороны которого оно прошло бы порознь в силу каждого из двух движений в отдельности. Отсюда заключают, что две любые мощности, действующие совместно на одно и то же тело, равносильны одной, представляемой по величине и направлению диагональю параллелограмма, стороны которого представляют в отдельности величины и направления обеих данных мощностей. В этом и состоит принцип, который называется принципом сложения сил.

Этот принцип⁸⁰ сам по себе достаточен, чтобы определить законы равновесия во всех случаях; ибо, складывая таким образом все силы попарно, мы приходим к одной единственной силе, которая будет эквивалентна всем этим силам и которая, следовательно, будет равна нулю в случае равновесия, если в системе нет ни одной закрепленной точки; но если таковая существует, то нужно будет, чтобы направление этой единственной силы проходило через закрепленную точку. Вот то, что можно найти во всех книгах по статике и, в частности, в Новой механике Вариньона, где теория машин выводится единственно из принципа, о котором мы только что говорили.

79 Слово «тело» обозначает здесь материальную точку. *Прим. Ж. Бертрана.*

80 Этот абзац несколько неточен: ввиду того, что две силы, не находящиеся в одной и той же плоскости, не имеют результирующей, замечание Лагранжа не может даже быть применено, вообще говоря, к системе твердых тел. *Прим. Ж. Бертрана.*

Очевидно, что теорема Стевина о равновесии трех сил, параллельных и пропорциональных трем сторонам произвольного треугольника, является непосредственным и необходимым следствием сложения сил или является, вернее, лишь тем же принципом, представленным в другой форме. Но последний имеет то преимущество, что основан на простых и естественных понятиях, и то время как теорема Стевина основана на косвенных соображениях.

10. Древние знали сложение движений, как это видно из некоторых мест у Аристотеля, в его «Механических вопросах». Математики употребляли его в особенности для описания кривых, как это делал Архимед для спирали, Никомед для конхоиды и т.д., а в новое время Роберваль вывел из него остро-

[139/162]

концам прямого рычага, го приходится прибегать к косвенным соображениям, заменяя прямой рычаг угольным рычагом, как это делали Ньютон и Даламбер, или прибавляя две посторонние силы, которые взаимно уничтожаются, но которые, будучи прибавлены к заданным мощностям, делают их направления сходящимися, или, наконец, воображая, что направления мощностей, будучи продолжены, сходятся в бесконечности, и доказывая, что общая мощность должна проходить через точку опоры; это тот способ, который применял Вариньон в своей Механике. Таким образом, хотя, строго говоря, оба принципа — принцип рычага и принцип сложения сил — приводят всегда к одним и тем же результатам, все же замечательно, что случай, являющийся наиболее простым для одного из них, является наиболее сложным для другого.

12. Но можно установить непосредственную связь между этими двумя принципами посредством теоремы, которую дал Варинь он в своей Новой механике (отдел I, лемма XVI) и которая состоит в том, что если из произвольной точки, взятой на плоскости параллелограмма, опустить перпендикуляры на диагональ и обе стороны, охватывающие эту диагональ, то произведение диагонали на перпендикуляр равно сумме произведений обеих сторон на соответственные перпендикуляры, если точка находится «не параллелограмма, и их разности, если она находится внутри параллелограмма. Вариньон показывает весьма простым построением, что если образовать треугольники, имеющие основаниями диагональ и обе стороны, а данную точку общей вершиной, то треугольник, образованный

на диагонали, равен в первом случае сумме, а во втором случае — разности обоих треугольников, образованных на сторонах, что является само по себе красивой теоремой геометрии, независимо от ее приложения к механике.

Эта теорема имела бы также место, и доказательство было бы такое же, если бы мы взяли где угодно на продолжениях диагонали и сторон части, равные этим линиям. И ввиду того что всякая мощность может считаться приложенной к какой угодно точке, взятой в ее направлении, можно заключить вообще, что две мощности, представляемые по величине и направлению двумя прямыми, расположенными в плоскости, дают общую, или результирующую мощность. Эта мощность представляется по величине и направлению прямой, которая расположена в той же плоскости, будучи продолжена, проходит через точку пересечения обеих прямых и обладает тем свойством, что если взять на этой плоскости произвольную точку и опустить из этой точки перпендикуляры на эти три прямые, продолжив их, если

[140/164]

нужно, то произведшие результирующей на ее перпендикуляр разности суммы или разместив соответственных произведений обеих составляющих мощностей на соответственные перпендикуляры, смотря по тому, взята ли точка, из которой исходят три перпендикуляра, вне или внутри прямых, представляющих составляющие мощности.

Если предположить, что эта точка лежит на направлении результирующей, то последняя выпадает из уравнения, и имеется равенство между обоими произведениями составляющих на их перпендикуляры; это есть случай всякого прямого и угольного рычага, точка опоры которого является той точкой, о которой идет речь, ибо тогда действие результирующей уничтожается сопротивлением опоры.

Эта теорема, данная Вариньоном, является основой почти всех современных книг по статике, где она представляет общий принцип, называемый принципом моментов. Большое преимущество этого принципа состоит в том, что сложение и разложение сил в нем сводятся к сложениям и вычитаниям; так что, каково бы ни было число складываемых мощностей, легко найти результирующую мощность, которая в случае равновесия должна быть нулем.

13. Я отнес время открытия Вариньона ко времени публикации его

Проекта, хотя в предисловии, помещенном в начале Новой механики, утверждалось, что он дал за два года до этого в *Histoire de la république des lettres* мемуар о полиспадах, в котором он пользовался сложением движений, чтобы определить все, что касается этой машины; но я должен заметить, что эта статья несколько неточна. Мемуар о блоках, о котором идет речь, находится лишь в *Nouvelles de la république des lettres*⁸¹ за май 1687 г., под заглавием: «Новое общее доказательство об употреблении полиспадов». Автор рассматривает там равновесие груза, удерживаемого веревкой, которая переброшена через блок и обе части которой непараллельны. Он там не пользуется принципом сложения сил и даже не упоминает о нем, я употребляю уже известные теоремы о грузах, удерживаемых веревкой, и ссылаюсь на книги о статике Парди и Дешаля. Во втором доказательстве он сводит вопрос к рычагу, рассматривая прямую, соединяющую обе точки, где веревка отделяется от блока, как рычаг, нагруженный грузом, который приложен к блоку у концов которого действуют обе части веревки, поддерживающей блок.

Чтобы не пропустить ничего из истории открытия сложения

[141/165]

сил, я должен сказать два слова о маленькой заметке, опубликованной Лами в 1687 г. под заглавием: «Новый способ доказательства главных теорем начал механики». Автор замечает, что если две силы толкают тело по двум различным направлениям, оно обязательно будет следовать по какому-то среднему направлению, так что если бы путь по этому направлению был прегражден, оно оставалось бы в покое и обе силы уравновешивали бы друг друга. Он определяет среднее направление из сложения двух движений, которые тело получило бы в первое мгновение благодаря каждой из сил, если бы они действовали в отдельности. Он получает таким образом диагональ параллелограмма, две стороны которого являются путями, проходимыми за одно и то же время под действием обеих сил, и, следовательно, пропорциональны силам. Отсюда он сразу выводит ту теорему, что две силы находятся между собой в отношении, обратном отношению синусов углов, образованных их направлениями со средним направлением, по которому тело двигалось бы, если бы его не задерживали, и применяет ее к наклонной плоскости и к рычагу, когда на его концы

81 Научный журнал, издававшийся в XVII в. *Прим. ред.*

действуют мощности, направления которых образуют угол; но для случая, когда эти направления параллельны, он употребляет расплывчатое и малоубедительное рассуждение.

Согласие принципа, применяемого Лами, с принципом Вариньона, побудило автора *Histoire des ouvrages des Scavans* (апрель 1688 г.) заявить, что первый, по-видимому, был обязан открытием своего принципа последнему. Лами оправдал себя от этого обвинения в письме, опубликованном в *Journal des Scavans* от 13 сентября 1688 г., на которое журнал ответил в декабре месяце того же года; этот спор, в котором Вариньон не принял участия, не пошел дальше, и сочинение Лами, по-видимому, оказалось я забвении.

Впрочем, простота принципа сложения сил и легкость, с которой он применяется ко всем задачам о равновесии, заставила всех механиков принять его тотчас же после его открытия, и можно сказать, что он служит основой почти всех трактатов о статике, появившихся с тех пор.

14. Нельзя все же не признать того, что один лишь принцип рычага имеет то преимущество, что он может быть основан на природе равновесия, рассматриваемого само по себе и как состояние, независимое от движения; кроме того, есть существенная разница в способе оценки уравновешивающихся мощностей в этих двух принципах; так что если бы не удалось их связать посредством получаемых результатов, то можно было бы с достаточным основанием сомневаться в том, допустимо ли заменять

[142/166]

основной принцип рычага тем, который вытекает из чужого его прихода рассмотрения сложения движений.

Действительно, при равновесии рычага, мощности⁸² являются грузами или могут рассматриваться как таковые, и мощность считается двойной или тройной по отношению к другой лишь постольку, поскольку она образована соединением двух или трех мощностей, каждая из которых равна другой мощности. Но стремление к движению считается одинаковым в каждой мощности, какова бы ни была ее интенсивность; в то время как в принципе сложения сил значение сил оценивается степенью

82 Напоминаем еще раз, что термин «мощность» Лагранж употребляет в особом смысле, разъясненном выше в примечания на стр. 151. *Прим. ред.*

скорости, которую они сообщали бы телу, к которому они приложены, если бы каждая из них могла свободно действовать в отдельности, и, быть может, именно эта разница в способе понимания сил долго мешала механикам употреблять известный закон сложения движений в теории равновесия, наиболее простым случаем которого является равновесие тяжелых тел.

15. С тех пор старались сделать принцип сложения сил независимым от рассмотрения движения и основать его единственно на самоочевидных истинах. Даниил Бернулли⁸³ первым привел в *Commentarii scientiarum Imperialis Petropolitanae Academiae* т. I, весьма остроумное, но длинное и сложное доказательство параллелограмма сил. Даламбер затем несколько упростил его в первом томе своих *Opuscules*.

Это доказательство основано на следующих двух принципах:

1° если две силы действуют на одну и ту же точку в различных направлениях, их результирующей является одна сила, которая делит на две равные части угол, заключенный между их направлениями, когда обе силы равны, и которая равна их сумме, если этот угол равен нулю, или их разности, если этот угол равен двум прямым;

2° равные кратные одинаковых сил или произвольных сил, им пропорциональных, имеют результирующую, равную такому же кратному от их результирующей, или пропорциональную этой результирующей, причем углы остаются теми же.

Этот второй принцип очевиден, если рассматривать силы как количества, которые могут складываться и вычитаться.

Что касается первого принципа, то его доказывают, рассматривая движение тела, на которое действуют две силы, друг друга не уравновешивающие; результирующее движение, являясь единственно возможным, может быть приписано единственной силе,

[143/167]

действующей на него в направлении его движения. Таким образом можно сказать, что этот принцип не вполне свободен от рассмотрения движения.

⁸³ То же доказательство воспроизвел и упростил Эме, *Journal de Mathématiques de Liouville*, I-я серия, т. I, стр. 335. *Прим. Ж. Бертрана.*

Что касается до направления результирующей в случае равенства двух сил, ясно, что нет основания к тому, чтобы она была более наклоненной к одной, чем к другой из этих сил, и, следовательно, она должна делить угол между их направлениями на две равные части.

Сущность этого доказательства была потом переведена на язык анализа, и ему дали различные, более или менее простые формы, рассматривая результирующую как функцию составляющих сил и угла, заключенного между их направлениями (см. т. II журнала *Mélanges de la Societé de Turin*, «Мемуары Академии наук» за 1769 г., т. VI *Opuscules* Даламбера и т.д.). Но нужно сознаться, что, отделяя таким образом принцип сложения сил от принципа сложении движений, его лишают главных преимуществ—очевидности и простоты, и сводят его к простому результату построений геометрии или анализа.

16. Я перехожу, наконец, к третьему принципу — принципу возможных скоростей. Нужно разуместь под возможной скоростью ту, которую тело, находящееся в равновесии, может приобрести в случае, если равновесие нарушится, т.е. ту, которую тело действительно приняло бы в первое мгновение своего движения; и принцип, о котором идет речь, состоит в том, что мощности находятся в равновесии, если они обратно пропорциональны к могущим быть ими вызванным возможным скоростям, отсчитанным в направлениях этих мощностей.

Достаточно рассмотреть условия равновесия рычага и других машин, чтобы без труда распознать тот закон, что (вес и мощность всегда находятся в обратном отношении к путям, которые они могут соответственно пройти за одинаковое время; однако не видно, чтобы древние знали этот принцип. Гвидо Убальди является, быть может, первым, кто его заметил в рычаге или в подвижных блоках или полиспадах. Галилей его распознал затем в наклонных плоскостях и зависящих от них машинах и смотрел на него как на общее свойство равновесия машин (см. его *Трактат о механике* и поучение ко второму предложению третьего диалога в болонском издании 1655 г.).

Галилей понимает под моментом веса или мощности, приложенное к машине усилие, действие, энергию, *impetus* (натиск. *Ред.*) этой мощности, направленные к тому, чтобы двигать машину так, чтобы было равновесие между двумя мощностями, если их моменты, стремящиеся двигать машину а противополож-

[144/167]

ныл направлениях, были равны; он показывает, что момент всегда пропорционален мощности, умноженной на возможную скорость, зависящую от способа, которым мощность действует.

Это понятие моментов было также принято Валлисом в его Механике, опубликованной в 1669 г. Автор выдвигает принцип равенства моментов в качестве основания статики и выводит из него всю теорию равновесия в главных машинах.

Теперь обычно понимают под моментом лишь произведение мощности «а расстояние от ее направления до точки до линии или до плоскости, т.е. на плечо рычага, которым она действует; но мне кажется, что понятие момента, данное Галилеем и Валлисом, гораздо более естественно и обще, и я не вижу, почему его отбросили, чтобы заменить другим, выражающим значение момента только в некоторых случаях, как в рычаге и т.д.

Декарт свел таким же образом всю статику к одному единственному принципу, который сводится в сущности к данному Галилеем, но который представлен (у Декарта. *Ред.*) в менее общем виде. Этот принцип состоит в том, что нужно не больше и не меньше силы, чтобы поднять груз на некоторую высоту, чем для того, чтобы подмять груз более тяжелый на высоту, во столько же раз меньшую, или меньший груз на высоту, во столько же раз большую (см. письмо 73, в томе I, опубликованном в 1657 г., и Трактат о механике, напечатанный в посмертных сочинениях), откуда следует, что два груза будут в равновесии, если они расположены так, что перпендикулярные пути, которые они могут пройти совместно, обратно пропорциональны весам. Но в приложениях этого принципа к различным машинам нужно рассматривать лишь пути, которые проходятся в первое мгновение движения и которые пропорциональны возможным скоростям, иначе не получатся истинные законы равновесия.

Впрочем, рассматривать ли принцип возможных скоростей как общее свойство равновесия, как это делал Галилей, или принять его вместе с Декартом и Валлисом за истинную причину равновесия, нужно признать, что он обладает той простотой, которой можно требовать от основного принципа; и мы еще увидим ниже, в какой мере этот принцип может быть рекомендован благодаря своей общности.

Торичелли, знаменитый ученик Галилея, является автором другого принципа, который также зависит от принципа возможных скоростей; он состоит в том, что если два груза связаны вместе и расположены таким образом, что их центр тяжести не может опускаться, то они находятся в

равновесии в этом положении. Торичелли применяет его лишь к наклонной плоскости, но легко убедиться, что он не менее справедлив и в дру-

[145/169]

гих машинах [см. его трактат *De motu gravium naturaliter descendentium* («О движении тяжелых тел, спускающихся вследствие своей тяжести»), появившийся в 1664 г.].

Принцип Торичелли породил другой, которым некоторые авторы воспользовались для того, чтобы легче решать различные вопросы статики; он состоит в следующем: центр тяжести системы тяжелых тел, находящихся в равновесии, занимает возможно более низкое положение. Действительно, из теории *de maximis et minimis* известно, что центр тяжести находится всего ниже тогда, когда дифференциал его опускания равен нулю, или, что сводится к тому же, когда этот центр не поднимается и не опускается при бесконечно малых смещениях системы.

17. Принципу возможных скоростей можно придать следующим образом большую общность: *если какая угодно система, состоящая из какого угодно числа точек или тел, на которые действуют какие угодно мощности находится в равновесии и если сообщить этой системе произвольное малое движение, благодаря которому каждая точка пробегает бесконечно малый путь, выражающий ее возможную скорость, то сумма мощностей, помноженных каждая на путь, который точка ее приложения проходит в направлении этой мощности, будет всегда равняться нулю, если считать положительными малые пути, пробегаемые в направлении мощностей, и отрицательными — пути, пробегаемые в противоположном направлении.*

Иван Бернулли первым, насколько мне известно, заметил эту большую общность принципа возможных скоростей и его пользу для решения задач статики. Это явствует из одного его письма к Вариньону; помеченного 1717 г. и помещенного последним во главе отдела девятого его *Новой механики*, отдела, целиком посвященного тому, чтобы показать на различных приложениях как истинность, так и способ употребления принципа, о котором идет речь.

Этот же принцип привел затем к началу, которое предложил в Мемуарах Парижской академии наук за 1740 г. под названием «*закона покоя*» Мопертюи и которое Эйлер затем более развил и обобщил в Мемуарах Берлинской академии за 1751 г. Наконец, все тот же принцип служит основой начала, которое привел Куртиврон в Мемуарах Парижской академии наук за 1748 и 1749 гг.

Вообще я думаю, что могу утверждать, что все общие принципы, которые можно будет еще, быть может, найти в науке о равновесии, окажутся лишь по-иному рассматриваемым принципом возможных скоростей и будут отличаться от него лишь по форма их выражения.

[146/170]

Но этот принцип не только весьма простой и общий сам по себе: он, кроме того, имеет то драгоценное и единственное преимущество, что может быть переведен в общую формулу, содержащую все задачи, какие можно предложить относительно равновесия тел. Мы изложим эту формулу во всей ее широте; мы даже постараемся, представить ее в еще более общем виде, чем это делали до сих пор, и дать ряд новых ее применений.

18. Что касается природы принципа возможных скоростей, то нужно согласиться, что сам по себе он недостаточно очевиден, чтобы можно было принять его в качестве исходного принципа; но его можно рассматривать как общее выражение законов равновесия, выведенных из двух только что изложенных принципов. Поэтому в доказательствах, данных этому принципу, его всегда приводили в более или менее прямую зависимость от них. Но существует в статике другой общий принцип, который не зависит от рычага и от сложения сил, хотя механики обычно его сводят к ним, и который является, по-видимому, естественным основанием принципа возможных скоростей; его можно назвать *принципом блоков*.

Если несколько блоков соединены вместе на общем остоле, то такое устройство называется *полиспастом*, и соединение двух полиспастов, из которых один укреплен, а другой подвижен, охваченных общей веревкой, один из концов которой привязан наглухо, а к другому приложена некоторая мощность, образует машину, в которой мощность относится к грузу, висящему на подвижном полиспасте, как единица к числу шнуров, оканчивающихся на этом полиспасте, если их все считать параллельными и отвлечься от трения и от жесткости веревки; ибо очевидно, что благодаря однородному натяжению веревки по всей ее длине груз поддерживается таким числом мощностей, равных той, которая натягивает веревку, которое равно числу шнуров, поддерживающих подвижной полиспаст, коль скоро эти шнуры параллельны и могут даже рассматриваться как один единственный шнур, если беспредельно уменьшать Диаметр блоков.

Если умножать таким образом число закрепленных и подвижных полиспастов и охватывать их все одной и той же веревкой при помощи различных укрепленных обратных блоков, то одна и та же мощность,

приложенная к подвижному концу веревки, сможет удерживать столько же грузов, сколько есть подвижных полиспастов, грузов, каждый из которых будет относиться к этой мощности, как число шнуров поддерживающего его полиспаста к единице.

Заменим для большей простоты мощность грузом, пропустив предварительно по укрепленному блоку последний шнур, удерживающий этот груз, который мы примем за единицу, и вообразим, что различные подвижные полиспасты, вместо того чтобы удерживать грузы, привязаны к телам, рассматриваемым как точки и расположенным между собой так, что они образуют некоторую заданную систему. Таким образом один и тот же груз будет вызывать посредством веревки, охватывающей все полиспасты, различные мощности, которые будут действовать на различные точки системы по направлению шнуров, оканчивающихся на полиспадах, привязанных к этим точкам, и которые будут относиться к грузу, как число шнуров к единице, так что сами эти мощности будут представляться числом шнуров, совместно их производящих своим натяжением.

[147/170]

Но, очевидно, для того чтобы система, которую тянут эти различные мощности, оставалась в равновесии, нужно, чтобы груз не мог опускаться посредством какого бы то ни было бесконечно малого смещения точек системы⁸⁴, ибо так как груз всегда стремится опуститься, то, если существует такое перемещение системы, которое позволяет ему спуститься, он обязательно спустится и произведет в системе это перемещение.

Обозначим через α , β , γ ... бесконечно малые пространства, которые это перемещение заставило бы пробежать различные точки системы по направлению мощностей, которые на них действуют, и через P , Q , R ... — число шнуров полиспадов, приложенных в этих точках, чтобы произвести эти мощности; очевидно, что пространства α , β , γ ... — те же, на которые

84 Против этого утверждения Лагранжа справедливо возражали, ссылаясь на пример тяжелой точки, находящейся в равновесии в наивысшей вершине кривой: очевидно, что бесконечно малое смещение заставило бы ее спуститься, но это смещение все же не происходит. Первое строгое доказательство принципа возможных скоростей было дано Фурье (Journal de l'École Polytechnique, т. II год II). Та же тетрадка журнала содержит воспроизводимое здесь Латранжеи доказательство. *Прим. Ж. Бертрана.*

подвижные полиспасти приблизились бы к им соответствующим закрепленным полиспастам, и что эти сближения уменьшили бы длину охватывающей их веревки на количества $P\alpha$, $Q\beta$, $R\gamma$ - так что ввиду неизменности длины веревки груз опустился бы на пространство:

$$P\alpha + Q\beta + R\gamma + \dots$$

Следовательно, для равновесия мощностей, представляемых числами P , Q , R ... нужно, чтобы имело место уравнение:

$$P\alpha + Q\beta + R\gamma + \dots = 0,1$$

что является аналитическим выражением общего принципа возможных скоростей.

[148/170]

19. Если бы количество $P\alpha + Q\beta + R\gamma + \dots$ вместо того, чтобы равняться нулю, было отрицательным, то могло бы показаться, что это условие достаточно для того, чтобы установить равновесие, потому что невозможно, чтобы груз поднялся сам по себе. Но нужно иметь в виду, что какова бы ни была связь между точками, образующими данную систему, соотношения, которые из нее следуют, между бесконечно малыми величинами α , β , γ могут быть выражены лишь посредством уравнений дифференциальных, и, следовательно, линейных между этими количествами; так что по необходимости одна или несколько из них останутся неопределенными и смогут быть взяты с плюсом или с минусом; следовательно, значения всех этих величин всегда будут таковы, что могут переменить знак все сразу. Отсюда следует, что если при некотором смещении системы значение количества

$$P\alpha + Q\beta + R\gamma + \dots$$

отрицательно, оно станет положительным, если взять количества α , β , γ , с противоположными знаками; таким образом и противоположное перемещение, будучи также возможным, заставило бы опуститься груз и разрушило бы равновесие.

20. Обратное можно доказать, что если уравнение

$$P\alpha + Q\beta + R\gamma + \dots = 0,$$

имеет место для всех возможных бесконечно-малых перемещений системы, то она будет обязательно в равновесии; ибо так как при этих перемещениях груз остается неподвижным, то мощности, действующие на систему, остаются и том же состоянии, и не будет основания к тому, чтобы они произвели скорее одно, чем другое из двух возможных перемещений,

в которых количества α , β , γ ... имеют обратные знаки. Таков случай весов, остающихся в равновесии, потому что нет причины к тому, чтобы они наклонились в одну сторону преимущественно перед другой.

Принцип возможных скоростей, доказанный таким образом для соизмеримых между собой мощностей, будет также доказан для каких угодно несоизмеримых мощностей, коль скоро известно, что всякое предложение, доказываемое для соизмеримых количеств, может быть также доказано посредством «приведения к абсурду» и в случае, когда эти количества несоизмеримы.

О РАЗЛИЧНЫХ ПРИНЦИПАХ ДИНАМИКИ

(Стр. 237-262)

Динамика есть наука об ускоряющих и замедляющих силах и о различных движениях, которые они должны вызывать. Эта наука целиком создана в Новое время, и первые основания ее

[149/173]

заложил Галилей. До него рассматривали силы, действующие на тела лишь в состоянии равновесия; и хотя ускорение тяжелых тел и криволинейное движение снарядов можно было приписывать лишь постоянному действию тяжести, никому ранее не удавалось определить законы этих повседневных явлений, на основании столь простой причины. Галилей первый сделал этот важный шаг и открыл тем самым новую и необъятную область успехам механики. Это открытие изложено и развито в сочинении, озаглавленном *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, которое вышло впервые в Лейдене в 1638 г. При жизни оно принесло Галилею меньше славы, чем те открытия, которые он сделал в астрономии; но в настоящее время оно составляет самую прочную и самую подлинную основу славы этого великого человека. Открытие спутников Юпитера, фаз Венеры, Пятен на солнце и т.д., требовали лишь телескопов и упорства; но нужен был необычайный гений, чтобы выделить законы природы в явлениях, которые всегда были перед глазами, но объяснение которых тем не менее всегда ускользало от искания философов.

Гюйгенс, которому было суждено усовершенствовать и дополнить большинство открытий Галилея, прибавил к теории ускорения тяжелых

тел теорию движения маятников и центробежных сил⁸⁵ и подготовил, таким образом, дорогу великому открытию всемирного тяготения. Механика стала новой наукой в руках Ньютона, и его «Математические начала», появившиеся впервые в 1687 г., отметили эпоху этой революции в механике.

Наконец, изобретение исчисления бесконечно малых позволило математикам сводить к аналитическим уравнениям законы движения тел; исследование сил и происходящих от них движений сделалось с тех пор главным предметом их работ.

Я поставил себе целью дать им здесь новый способ для облегчения этого исследования; но сначала будет не бесполезно изложить принципы, служащие основанием динамики, и изобразить последовательность и развитие идей, более всего способствовавших расширению и усовершенствованию этой науки.

1. Теория разнообразных движений и ускоряющих сил, которые их производят, основана на следующих общих законах:

[150/174]

всякое движение, сообщенное телу, является по своей природе равномерным и прямолинейным; различные движения, сообщенные одновременно или последовательно одному и тому же телу, складываются так, что тело находится в каждое мгновение в той же точке пространства, в которой оно должно было бы находиться вследствие сочетания этих движений, если бы тело действительно совершало каждое из них порознь. Именно о этих двух законах состоят известные принципы силы инерции и сложного движения. Галилей первый усмотрел эти два принципа и вывел из них законы движения снарядов, складывая наклонное движение, совершающееся вследствие импульса, сообщенного телу, с его перпендикулярным падением, происходящим благодаря действию тяжести.

Что касается законов ускорения тяжелых тел, они выводятся,

85 Несомненно, что у Галилея имелось понятие центробежной силы, и в одном из своих диалогов он ясно показывает, что вращение земли сообщало бы телам кажущуюся вертикальную скорость снизу вверх, если бы они не были удерживаемы тяготением. Но он ошибается, добавляя, что тяжесть, как бы ее ни считать малой, достаточна для того, чтобы помешать такому движению. Несмотря на эту серьезную ошибку, это место в Диалогах, как мне кажется, содержит первое зерно великого открытия Гюйгенса; см. *Dialogo sopra le due massimi sistemi del mondo...* стр. 185 и след. (флорентийское издание, 1710). *Прим. Ж. Бертрана.* См. также ниже стр. 72 и след. *Прим. ред.*

естественно, из рассмотрения постоянного и равномерного действия тяжести, в силу которого, если тела получают в равные мгновения равные степени скорости по одному и тому же направлению, полная скорость, приобретенная по истечении какого угодно времени, должна быть пропорциональна этому времени; и ясно, что это постоянное отношение скоростей ко времени должно само быть пропорционально интенсивности той силы, с которой тяжесть двигает тело; так что при движении по наклонным плоскостям это отношение не должно быть пропорционально абсолютной силе тяжести, как в вертикальном движении, но ее относительной силе, которая зависит от наклона плоскости и определяется по правилам статики; это дает легкий способ сравнивать между собой движения тел, которые спускаются по плоскостям различного наклона.

Однако не видно, чтобы Галилей открыл именно таким образом законы падения тяжелых тел. Он начал, наоборот, с того, что предположил понятие равномерно ускоренного движения, в котором скорости растут как времена; из него он геометрически вывел главные свойства этого рода движения и главным образом закон увеличения путей пропорционально квадратам времен; затем он удостоверился посредством опытов, что этот закон действительно имеет место в движении тел, падающих вертикально или по каким угодно наклонным плоскостям. Но чтобы иметь возможность сравнивать между собой движение на различно наклоненных плоскостях, он вынужден был сначала допустить тот недостаточно надежный принцип, что скорости, приобретенные при спуске с одинаковых вертикальных высот, также всегда равны⁸⁶; лишь незадолго до смерти и уже после

[151/175]

опубликования своих Диалогов он нашел доказательство этого принципа из рассмотрения относительного действия тяжести на наклонной плоскости — доказательство, которое было затем помещено в других изданиях этого сочинения.

2. Постоянное отношение, которое должно сохраняться в равномерно ускоренных движениях между скоростями и временами, или

86 В этом положении можно видеть зачатки закона сохранения живых сил, играющего большую роль в работах Гюйгенса (сравни отрывки, данные ниже). Лагранж, пожалуй, слишком низко оценивает роль этого принципа, значение которого оценил сам Галилей. *Прим. ред.*

между путями и квадратами времен, может, следовательно, быть принято за меру ускоряющей силы, которая действует непрерывно на движущееся тело; действительно, эта сила может быть оценена лишь по тому действию, которое она производит на тело и которое состоит в сообщенных ею скоростях или в путях, пройденных за данные промежутки времени.

Таким образом для этой оценки сил достаточно рассмотреть движение, произведенное за какое угодно время, конечное или бесконечно малое, лишь бы сила рассматривалась как постоянная в течение этого времени; следовательно, так как действие всякой ускоряющей силы в течение бесконечно малого времени можно, по природе дифференциального исчисления, рассматривать — каковы бы ни были движение тела и закон его ускорения — как постоянное, всегда можно будет определить значение силы, действующей на тело в каждый момент, сравнивая скорость, порожденную за это мгновение, с продолжительностью этого же мгновения, или же сравнивая путь, который она его заставляет пробежать за то же мгновение, с квадратом продолжительности этого мгновения. При этом даже не нужно, чтобы этот путь был действительно пройден телом, но достаточно, чтобы можно было считать, что он пройден при сложном движении, коль скоро действие силы является одним и тем же в обоих случаях, согласно принципам движения, изложенным выше.

Таким образом Гюйгенс нашел, что центробежные силы тел, движущихся по кругам с постоянными скоростями, относятся как квадраты скоростей, деленные на радиусы кругов, и смог сравнить эти силы с силой тяжести на поверхности земли, как это видно из доказательств, которые он дал для своих теорем о центробежной силе, опубликованных в 1673 г. в конце трактата, озаглавленного «Horologium oscillatorum».

Сочетая эту теорию центробежных сил с теорией разверсток, автором которой также является Гюйгенс и которая сводит к дугам кривой каждую бесконечно малую часть любой кривой, ему было бы легко распространить ее на все кривые. Но сделать этот новый шаг и завершить науку о различных движениях и

[152/176]

ускоряющих силах, которые могут их породить, выпало на долю Ньютона. Теперь эта наука заключается лишь в нескольких, весьма простых дифференциальных формулах; но Ньютон постоянно пользовался геометрическим методом с упрощениями, вносимыми рассмотрением первых и последних отношений; и если он иногда и пользовался аналитическим исчислением, то употреблял лишь метод рядов, который следует

отличать от дифференциального метода, хотя их легко связать и возвести к одному и тому же принципу.

Математики, рассматривавшие после Ньютона теорию ускоряющих сил, почти все ограничивались обобщением его теорем и переводом их в дифференциальные выражения. Отсюда различные формулы центральных сил, которые находят в различных сочинениях по механике, но которыми теперь почти не пользуются, потому что они применимы лишь к кривым, которые считаются описанными благодаря единственной силе, устремленной к некоторому центру, и потому что теперь имеются общие формулы для определения движений, производимых какими угодно силами.

3. Если представить себе, что движение тела и силы, которые на него действуют, разложены по трем взаимно-перпендикулярным прямым, то можно рассматривать по отдельности движения и силы, относящиеся к каждому из этих трех направлений. Ибо вследствие перпендикулярности направлений очевидно, что каждое из этих частичных движений может рассматриваться как независимое от двух остальных и может испытать изменение лишь со стороны силы, действующей в направлении этого движения; отсюда можно заключить, что эти три движения должны следовать, каждое в отдельности, законам прямолинейных движений, ускоряемых или замедляемых данными силами. Но в прямолинейном движении действие ускоряющей силы состоит лишь в том, что она изменяет скорость тела, и эта сила должна поэтому измеряться отношением между приращением или убылью скорости за произвольное мгновение и продолжительности этого мгновения, т.е. дифференциалом скорости, деленным на дифференциал времени; а так как скорость сама выражается в переменных движениях через дифференциал пути деленный на дифференциал времени, то отсюда следует, что сила, о которой идет речь, будет измеряться вторым дифференциалом пути, деленным на квадрат первого дифференциала времени, предполагаемого постоянным. Стало быть, второй дифференциал пути, который тело действительно пробегает или по нашему предположению может пробегать по каждому из трех перпендикулярных направлений, деленный на квадрат постоянного дифференциала времени, будет выражать ускоряющую силу.

[153/321]

ХРИСТИАН ГЮЙГЕНС – Г. БАНАЖ ДЕ-БОВАЛЮ⁸⁷

ИЮЛЬ 1690 Г.

Я всегда думал, что трудно найти центр качания другим способом, чем тот, которым я воспользовался. Поэтому я не видел никого, кому удалось бы эта попытка как в отношении общего решения вопроса, так и в отношении случая сложных маятников, гири которых расположены на прямой линии, проходящей через центр подвеса. Этим случаем занялся маркиз де л'Опиталь после нескольких других лиц; я могу сказать, что он первый, удачно разрешивший задачу. Г. г. Валлис и Мариотт и оде-Шаль искали только центр удара и не смогли достоверно доказать, что он совпадает с центром качания, хотя это и правильно. В остальном хотя ход доказательства г-на маркиза правилен и хорошо обоснован и кажется совершенно естественным, но он вначале включает некоторые вещи, которые могут не понравиться читателю. Так, например, обстоит дело, когда он рассматривает количество движения тела в самом начале его падения, или когда он различает и подразделяет избыток движения тела А, т. е. тот избыток, которым оно обладало бы, падая отдельно, по сравнению с опусканием в виде части сложного маятника; и, наконец, когда он говорит, что в маятнике с тремя гирями, А и В следует рассматривать как подвешенные в G, их центре качания.

Эти вещи не совсем очевидны и свидетельствуют о том, что путь, избранный г-ном маркизом, очень труден и что нужна большая точность мышления, чтобы не заблудиться на нем. Г-н Бернулли в своем рассказе о споре между аббатом Кателаном и мной (в дальнейшем и выскажу по этому поводу несколько замечаний) пошел по тому же пути, но не мог дойти до конца, что лишний раз свидетельствует о трудности этого пути.

Я очень обязан г-ну Бернулли за то, что в моем диспуте с аббатом Кателаном он всегда держал мою сторону. Но я не могу понять одного: сначала он говорит, что мое основное положение о центре качания строится на великом принципе механики, согласно которому общий центр тяжести нескольких гирь не может под действием веса подняться выше точки, из которой он опустился; а затем он выдвигает против меня рассуждение, которое он сам признает сомнительным. Создается впечатление, что он

⁸⁷ Idem. Письмо № 2606, стр. 461.

Прилож. II к письму № 2604. Заметки Гюйгенса о предыдущем (№ 2605) письме и о рассказе г-на Бернулли, которой в нем упоминается.

сомневается в правильности моего положения, тогда как ему скорее следовало бы прийти к выводу, что ошибочно его собственное рассуждение.

[154/322]

На его обвинение, что я в первом моем ответе не опроверг неправильного принципа г-на аббата и что в моем втором ответе я не опроверг его физического обоснования, я возражу, что в моем первом ответе я полагал, что вполне достаточно выявить очевидную ошибку в рассуждении, выдвинутом против меня, не вникая далее в эту тему. В моем ответе от 8 июня 1684 г. я с таким же правом, как и Бернулли, считаю, что опроверг физическое обоснование принципа, так как доказал, что он противоречит великому естественному закону, согласно которому тяжелые тела не могут подниматься самостоятельно. Ибо я полагаю, что в этом в такой же мере заключается физическая причина, по которой гири A и B в сложном маятнике, опустившись вместе до нижней точки своего качания, не приобретают вместе столько же скорости, как если бы они в отдельности упали с той же высоты, как заключается и в том, что гиря A расходует часть своего движения на воздействие на неподвижную точку F , как это доказали г-н Бернулли и маркиз де л'Опиталь. Я считаю, что движение часто теряется без того, чтобы можно было сказать, что оно израсходовалось впустую, как, например, во многих случаях удара двух твердых тел, как я это отметил при опубликовании мною законов этих вида движения в *Journal des Scavants* за февраль 1669 г.; поэтому не является необходимым, чтобы количество движения всегда сохранялось, если оно на что-нибудь не расходуется, но существует неизменный поднятия и что для этого сумма квадратов их скоростей должна оставаться постоянной. Это происходит не только в гирях маятников и при ударе твердых тел, как я отметил там же, но и во многих других случаях из области механики.

Я показал, что при допущении принципа г-на аббата Кателана, сила поднятия гирь маятника возрастала бы и, благодаря этому, их общий центр тяжести мог бы подняться выше точки, из которой он опустился; отсюда я заключал, что если бы это было так, то было бы найдено вечное движение. Г-н Бернулли не соглашается с этим выводом, учитывая сопротивление воздуха и некоторые другие сопротивления, которые воспрепятствовали бы эффекту этого действия, но он должен был бы принять во внимание, что высота, на которую центр тяжести поднимается выше прежней, всегда имеет определенную величину, тогда как воздействие препятствий не имеет определенной величины и может уменьшаться все

больше и больше; поэтому можно было бы легко построить машину, в которой преимущество повышения центра тяжести превышало бы противодействие препятствий. Но, разумеется, нам никогда не придется проверять этого экспериментально.

[155/323]

ХРИСТИАН ГЮЙГЕНС
О ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СИЛЕ,
1703 Г.

CHRISTIANUS HUSENUS
DE VI CENTRIFUGA

Трактат Гюйгенса о центробежной силе, написанный по-латыни, был впервые издан лишь после смерти автора в лейденском издании посмертных произведений в 1703 г. Некоторые теоремы о центробежной силе Гюйгенс уже в 1669 г. сообщил Лондонскому Королевскому обществу. В пятой части его *Horologium Oscieatorium* (1673 г.) помещено без доказательств тринадцать теорем о центробежной силе. Издатели трактата, который не был вполне готов для печати, насколько возможно согласовали с этими теоремами порядок и редакцию материала.

Трактат состоит из изложения и семнадцати теорем с доказательствами.

Перевод сделан с немецкого перевода в издания *Ostwald's Klassiker der Exacten Wissenschaften*, № 138, Leipzig 1903 и сверен с латинским текстом.

В настоящем сборнике дан только перевод всего изложения: теоремы не приводятся.

(Стр. 35-42)

Тяготение побуждает к движению вниз. Если принять, что движение тяжелых тел, безразлично, падают ли они перпендикулярно или по наклонной плоскости, будет ускорено таким образом, что за равные промежутки времени они будут приобретать равные моменты скорости, то отсюда можно строго доказать, что пройденные за различные промежутки времени, начиная с состояния покоя, пути относятся, как квадраты времени. Это точно согласуется с опытом. Отсюда следует правильность этого

[156/324]

предположения. Совпадение с опытом утверждается опытами Галилея и Риччиоли и нашими опытами, если не принимать во внимание небольших отклонений из-за сопротивления воздуха; но эти отклонения тем меньше, чем тяжелее это тело по отношению к величине своей поверхности и чем на меньшем пространстве мы производим этот опыт. Поэтому очень вероятно, что с устранением сопротивления воздуха можно будет наблюдать подтверждение этого правила и при очень больших расстояниях. Но так как и при сопротивлении воздуха пробковый шарик скоро начинает падать с постоянной скоростью, то то же должно быть верно для свинцового шарика, взятого настолько малым, чтобы в отношении тяготения он имел ту же поверхность, что и пробковый шарик, т.е. чтобы его диаметр так относился к диаметру пробкового шарика, как удельный вес пробки к удельному весу свинца. Это я доказал при других обстоятельствах. Поэтому я думаю, что свинцовый шарик любой величины начнет, наконец, под действием воздуха двигаться равномерно, конечно, после того как он уже пройдет весьма значительный путь; здесь не имело бы места постоянное ускорение, и, следовательно, таковое никогда не соблюдается с полной точностью. Все же рассуждения Галилея об этом движении нельзя поэтому считать менее замечательными или полезными. Во всяком случае они не уступают его работам по механике тяжелых тел, в которой обычно неправильно принимается, что тяжелые тела стремятся падать по параллельным прямым, тогда как в действительности они направляются к центру земли. Кроме того для доказательства положений, которым мы здесь приводим, достаточно, чтобы при как угодно малых путях ускорение, отсчитываемое из состояния покоя, росло пропорционально нечетным числам: 1, 3, 5, 7, как учил Галилей.

Рис. 38, Рис. 39

Итак, когда груз подвешен на нити (Рис. 38), то на нить действует натяжение, так как груз стремится с подобным ускорением падать в направлении этой нити.

Однако за один и тот же промежуток времени может быть пройден с вышеописанным ускорением больший или меньший путь: например, когда груз висит на наклонной плоскости на нити CD, находящейся постоянно на равном расстоянии от нее (Рис. 39); так как и здесь груз стремится падать в направлении DC с соответствующим ускорением, не пробегая,

однако, в определенный маленький отрезок времени того же пути, который он прошел бы в тот же маленький промежуток времени,

[157/325]

если бы груз падал с вертикальной нити. Зато здесь чувствуется меньшее натяжение, которое тем меньше того, вертикального натяжения, чем меньший путь проходит груз по наклонной плоскости вместо вертикальной. Далее, когда два равных груза, из которых каждый подвешен на нити, стремятся сорваться и двигаться по направлению натяжения нити с равными ускорениями и так, чтобы они одновременно проходили равные пути, то мы считаем, что и натяжение нитей будет одинаково, направлено ли натяжение вниз, вверх или еще как-нибудь иначе. Безразлично, откуда происходит подобное стремление, если только оно существует. Но именно это стремление имеет место, когда при данной возможности или отсутствии препятствий наблюдаются точно те же явления движения. При этом нужно рассматривать только начало движения, предполагая неограниченно малый отрезок времени.

Так как когда, например, шарик В висит на нити АВ, но соприкасается при этом с вогнутой поверхностью CD так, что прямая, соединяющая центр шарика В с точкой его касания с поверхностью (Рис. 40), перпендикулярна как к направлению нити, так и к плоскости, касательной к данной кривой, то мы уже знаем, что шарик нигде не поддерживается плоскостью CD и, более того, так же сильно натягивает нить AD, как если бы он вовсе не касался плоскости CD, но был бы свободно подвешен.

Рис. 40

Если же перерезать нить, то шарик упадет не так, как если бы он висел свободно, но никогда не сохранит при скатывании по поверхности CD соотношения ускорений, соответствующих нечетным числам: 1, 3, 5, 7. Поэтому мы, очевидно, должны наблюдать не за тем, что происходит с телом через некоторое время после освобождения его от нити, но должны рассматривать неограниченно малый отрезок времени от начала движения, если хотим определить силу этого стремления. В этот промежуток времени шарик В *начинает* двигаться после отделения от нити так, как будто бы он падает отвесно, так как вначале он имеет направление движения вдоль прямой АВ, а последнее параллельно касательной плоскости к поверхности CD в точке С. Посмотрим теперь, какое и насколько большое

стремление отдалиться от центра имеют тела, прикрепленные к вращающейся нити или колесу.

Пусть колесо BG , вращающееся вокруг точки L как центра, будет параллельно горизонтальной плоскости; прикрепленный на краю его шарик (Рис. 41) имеет, достигнув точки B , стремление улететь вдоль прямой BH , касающейся колеса в точке B :

[158/326]

так, как если бы он был освобожден в этой точке и отлетел, то направился бы по прямой BH . Он не прекратил бы движения по этой прямой, если бы сила тяготения не притягивала его вниз, или движению его не помешало бы столкновение с другим телом. На первый взгляд трудно понять, почему нить AB так натянута, когда шарик стремится двигаться по перпендикулярной AB прямой BH . Но все делается ясным из следующего. Представим себе, что это колесо достаточно велико, так что оно легко может увлечь за собой стоящего в точке B человека, конечно, когда тот привязан так, чтобы его не сбросило. Пусть он держит в руке нить, на другом конце которой щего. Представим себе, что это колесо достаточно велико, привязан свинцовый шарик. Нить будет испытывать благодаря вращательному движению такое же и столь же сильное натяжение, будут ли ее только держать таким образом или она будет продолжена до центра A и там закреплена.

Рис. 40.

Сейчас можно будет яснее увидеть причину, по которой она испытывает напряжение. Возьмем небольшие дуги BE , EF , составляющие очень незначительную часть всей окружности, приблизительно одну сотую часть или еще меньше. Эти дуги, как было выше описано, привязанный к колесу человек проходит в равные промежутки времени. Шарик же, если бы его отпустили, прошел бы за это же время отрезки прямой BC , CD , равные вышеупомянутым дугам, конечные точки которых C и D не лежали бы на прямых, проведенных через центр A и точки E и F , по несколько отстояли бы от этих точек по направлению к B . Теперь ясно, что если бы шарик был отрезан в точке B , «и оказался бы в точке C , когда человек был бы в E , и что он бы пришел в D , когда тот попал бы в F . Поэтому мы можем говорить о наличии у шарика такого стремления.

Если бы точки C и D лежали на продолжении прямых AE и AF , то шарик, наверное, стремился бы удалиться от человека по линии, проходящей

из центра через точку, в которой он стоит, и именно так, что за первый малый промежуток времени шарик стремился бы удалиться от него на расстояние ЕС, во второй промежуток времени — на расстояние FD. Эти отрезки ЕС, FD и т.д. последовательно растут, как квадраты чисел, начиная с единицы: 1, 4, 9, 16 и т.д. Они будут тем точнее совпадать

[159/327]

с числами этого ряда, чем меньше будут взяты дуги BE, EP, и. поэтому можно принять, что вначале нет никаких отклонений. Следовательно, это стремление совершенно подобно тому, которое чувствуется, когда держат подвешенный на нити шарик, тал как тогда он тоже стремится удалиться вдоль нити с подобно же ускоренным движением, так что он также проходит в первый отрезок времени отрезок пути 1, за два — 4, за три — 9 и т.д. Таково было бы положение вещей, если бы точки D и C лежали на продолжении прямых AE и AF. Но так как они несколько смещены к B по отношению к вышеупомянутым прямым, то оказывается, что шарик стремится отдалиться от человека не вдоль продолжения радиуса, а по определенной кривой, касающейся радиуса в точке, в которой находится человек. Когда поверхность PQ, касающаяся колеса в точке B, укреплена в ней и вращается вместе с ней, то если открепить шарик от этой поверхности или колеса, он опишет относительно поверхности и точки B, продолжающих двигаться в прежнем направлении, кривую BRS, касающуюся продолженного и движущегося так же радиуса AB в точке B (Рис. 42).

Рис. 42

Если мы хотим построить эту кривую, то нужно только обвести ниткой часть окружности BNM и протянуть ее конец по направлению к RS так, чтобы часть, которая охватывала часть окружности BNM, была все время туго натянута. При этом движении, как это легко доказать, она описывает своим наружным концом как раз вышеупомянутую кривую BRS. Эта линия имеет то свойство, что если через любую точку окружности, например N, провести касательную, которая пересечет кривую в точке R, то отрезок NR равняется дуге NB, как это с очевидностью следует из построения. Доказать нужно, что кривая и прямая AB соприкоснутся в точке B. Пусть касательная NR к окружности будет параллельна AB. Известно, что часть кривой BR целиком лежит между параллельными прямыми AB и NR, так как если взять на ней точку, например O, через которую проходит касательная к окружности VOL, то LO равно дуге LB и поэтому меньше, чем VL,

касательная к этой же дуге. Следовательно, точка O должна лежать между точками V и L . То же самое можно доказать относительно любой взятой на BR точке. Если утверждать, что прямая BV касается кривой BR не в точке B , то можно было бы провести через B произвольную

[160/328]

прямую, которая была бы наклонена к BV под таким малым углом, что она не пересекает кривой BR . Проведем радиус AL , параллельный BK . Пусть LH будет {перпендикулярно BK , следовательно и AL . Тогда LH равно синусу дуги BL и, следовательно, меньше этой дуги. Этой дуге, однако, равна прямая LHO , ограниченная точкой сопротивления L и кривой BR . Следовательно, часть кривой BR , на которой находится точка O , падает внутрь угла VBK , каким бы малым не представить себе этот угол. Отсюда следует, что прямая BK пересекает кривую и поэтому BV касается ее в точке B .

Так как, значит, увлекаемый колесом шарик стремится описать по отношению к радиусу, на котором он лежит, кривую, а именно кривую, которая касается радиуса, то благодаря этому импульсу нить натягивается так же, как будто шарик стремился двигаться вдоль продолжения нити.

Рис. 43

Пути, которые проходит шарик по вышеупомянутой кривой за равномерно возрастающие промежутки времени, относятся, как квадраты ряда чисел, начиная с единицы: 1, 4, 9, 16 и т.д., именно тогда, когда мы рассматриваем лишь начало движения и ничтожно малые пути, как это видно на приведенном выше рисунке (Рис. 43), где взяты равные дуги окружности BE , EF , FM и на касательной BS равные этим дугам отрезки BK , KL , LN ; EC , FD , MS , суть идущие от центра прямые. Значит, когда шарик отгрызается от вращающегося колеса в точке B , то когда точка B попадала бы в E , шарик был бы в K и прошел бы небольшой отрезок описанной выше кривой EK ; по прошествии второго маленького промежутка времени, когда B пришло бы в F , шарик попал бы в L и прошел бы теперь отрезок кривой FL ; таким же образом шарик прошел бы отрезок кривой MN , когда

[161/328]

точка B очутилась бы в $Я$. Эти отрезки кривых можно в известном отношении считать равными прямым EC , FD , MS , которых они касаются в начале отделения шарика от колеса; потому что могут быть взяты такие

маленькие дуги от точки В, что разница между этими прямыми и дугами меньше по сравнению с их длиной, чем любая заданная величина.

Поэтому нужно считать, что отрезки EK , FL , MN возрастают как ряд квадратов чисел, начиная с единицы: 1, 4, 9, 16 и т.д. И поэтому стремление шарика, прикрепленного к вращающемуся колесу, то же, которое он имел бы, если бы стремился двигаться по продолжению прямой, соединяющей с ним центр окружности колеса, ускоренным движением, при котором проходимые им расстояния увеличивались бы так же, как числа ряда: 1, 3, 5, 7 и т.д. Достаточно, чтобы эта прогрессия соблюдалась в самом начале, так как потом шарик может лететь согласно любым другим соотношениям или законам движения; это уже не имеет никакого отношения к стремлению, которое имелось при начале движения. Описанное стремление, однако, очень близко к тому, с которым стремится упасть подвешенное на нити тело. Отсюда мы также заключим, что центробежные силы неравных движущихся тел, увлекаемых, однако, по одинаковым окружностям с одинаковой быстротой, относятся друг к другу, как веса этих тел или как их массы. Так же как все тяжелые тела стремятся падать с одинаковыми скоростями и одинаковыми ускорениями и так как, далее, это стремление имеет тем большую силу, чем они больше, то тоже должно происходить и с телами, летящими из центра, импульс которых, как мы доказали, совершенно подобен стремлению, причиной которого является сила тяготения. Однако в то время как импульс к падению всегда один и тот же для одного и того же шарика, стремление увлекаемого по кругу шарика тем меньше или больше, чем медленнее или быстрее вращается колесо. Остается еще исследовать величину или количество каждого импульса при различных скоростях колеса. А затем мы исследуем, с какой скоростью должно вращаться колесо для того, чтобы шарик так же натягивал свою нить, как если бы он вертикально висел на ней⁸⁸.

88 Суть рассуждения Гюйгенса состоит в следующем (Рис. 44). Обозначим радиус кругового пути через r линейную скорость движения по кругу через v , угловую скорость через $\omega = v/r$

Время обращения $T = 2\pi r : v = 2\pi/\omega$

Пусть тело, оторвавшееся, в точке движется по касательной NPQ . За время t оно пройдет путь $Np = vt$, в то время как вращающийся наблюдатель за то же время пройдет дугу $Nb = \omega t$.

[162/330]

ПРЕДЛОЖЕНИЕ I

Если два равных тела проходят за равные промежутки времени неравные окружности, то центробежная сила при движении по большей окружности так относится к центробежной силе при движении по меньшей, как относятся окружности или диаметры.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ II

Если равные тела, движущиеся с различной скоростью, но каждое равномерно, вращаются по одним и тем же или равным кругам или окружностям колеса, то сила, отдаляющая от центра то тело, которое движется быстрее, так относится к такой же силе, отдаляющей второе, движущееся более медленно, как квадраты их скоростей. Другими словами, если нити, удерживающие эти тела, пропустить вниз через центр колеса и на них навесить гири, служащие для уничтожения центробежной силы и точно

Как будет выглядеть движение оторвавшегося тела, отнесенного к системе координат OAB, вращающейся вместе с наблюдателем?

$$OA = PB = x; OB = AP < NOP = \alpha; NO = r\alpha = vt$$

Нетрудно найти выражения x и y через r и α :

$$x = r(\sin \alpha - \alpha \cos \alpha); \quad (1)$$

$$y = r(\alpha \sin \alpha + \cos \alpha - 1); \quad (2)$$

$$\alpha = vt/r = \cot$$

Это и будет уравнение линии движения шарика, как оно будет представляться вращающемуся наблюдателю, — уравнение эвольвенты в параметрическом виде. Разлагая $\sin \alpha$ и $\cos \alpha$ в ряд и, пренебрегая высшими степенями α , получаем:

$$\sin \alpha = \alpha - \alpha^3/6 + \dots; \cos \alpha = 1 - \alpha^2/2 + \dots$$

Подставляя в (1) и (2), получаем:

Сравнивая выражения для тангенциального направления с формулой свободного падения заключаем, что для достижения высоты надо, чтобы тело имело радиальное

(центробежное) ускорение $g = v^2/r$. См. примеч. 20-е изд. Ostwald's

Klassiker, № 138.

1 ледующие предложения (стр. 42 - 60) риводят я в настоящем сборнике без доказательс в. *Прим. ред.*

[163/331]

уравновешивающие ее, то эти грузы будут относиться, как квадраты скоростей.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ III

Если два равных тела движутся с равными скоростями по неравным окружностям, то их центробежные силы обратно пропорциональны их диаметрам, так что для меньшего круга упомянутая сила больше.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ IV

Если два равных тела, движущихся по неравным окружностям, имеют равные центробежные силы, то время, за которое тело проходит больший круг, так относится ко времени, за которое проходит меньший, как квадратные корни диаметров соответствующих окружностей.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ V

Если тело движется по окружности со скоростью, равной скорости падения с высоты в четверть диаметра этого круга, то оно имеет центробежную силу, равную своему весу, т.е. натягивает нить настолько же, насколько натягивало бы ее, если бы висело на ней.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ VI

При данной высоте, которую тело проходит при вертикальном падении из состояния покоя за определенный отрезок времени, например, за одну секунду, найти такой круг, при вращении по которому в горизонтальной плоскости и делая также полный оборот за одну секунду, тело имело бы центробежную силу, равную своему весу.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ VII

По кривой поверхности параболоида вращения, ось которого

вертикальна, тело, движущееся по горизонтальным параллельным кругам, проходит как большие, так и малые окружности за равные промежутки времени. Этот период обращения равен периоду двух колебаний маятника длиной в половину параметра образующей параболы.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ VIII

Если два тела, подвешенных на неравных нитях, вращаются так, что описывают окружности в горизонтальной плоскости, причем один из концов нити остается неподвижным, и если оси

[164/332]

или высоты конусов, боковая поверхность которых описывается при этом движении нитями, равны, то и времена, в которые каждое из этих тел совершает полное обращение, равны⁸⁹.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ IX

Времена обращения по окружностям CD и BE , лежащим в горизонтальных плоскостях, относится, при равном угле вращения CAD , как квадратные корни из длин нитей AC и AB .

ПРЕДЛОЖЕНИЕ X

Если два висящих на нитях тела любой величины описывают в горизонтальных плоскостях окружности, то времена обращения относятся, как квадратные корни высот конусов, боковую поверхность которых описывают нити.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ XI

Если тело, подвешенное на нити, один конец которой находится в покое, описывает в горизонтальных плоскостях неравные окружности, то времена обращения по этим окружностям относятся, как корни квадратные из синусов углов, под которыми эта нить наклонена к горизонтальной плоскости.

89 Предложения VIII - XV относятся к коническому маятнику.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ XII

Если маятник, описывающий при движении конус, производит малые колебания, то время обращения так относится ко времени падения с высоты, равной двойной длине маятника, как окружность относится к диаметру, и поэтому равно времени двух малых поперечных качаний этого маятника.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ XIII

Если тело движется по кругу и совершает каждый оборот за то же время, за которое маятник длиной в половину диаметра этого круга, описывая конус, сделает один малый оборот или два малых боковых колебания, то оно имеет центробежную силу, равную своему весу.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ XIV

Время оборота любого маятника, описывающего при движения или конус, равно времени падения по вертикали с высоты, равной длине нити маятника, в том случае, когда угол, под которым нить наклонена к горизонтальной плоскости, равен приблизительно $2^{\circ}54'$. Точно однако же — когда синус упомянутого угла относится к радиусу, как вписанный в окружность квадрат относится к квадрату, периметр которого равен длине окружности.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ XV

Если два маятника равного веса, но с неравной длиной нитей, описывают конусы и если высоты конусов равны, то силы, с которыми они натягивают свои нити, относятся как длины этих нитей.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ XVI

Если простой маятник производит максимальные боковые колебания, т.е. если он полностью пробегает квадрант круга, то, проходя через нижнюю точку круга, он натягивает нить с втрое большей силой, чем если бы спокойно висел на ней.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ XVII

Шарик, висящий на нити, прикрепленной в центре вертикально стоящего круга, не может вращаться по окружности этого круга, если нить не в состоянии выдержать груз, вшестеро больший подвешенного груза.

[166]

РЕНЕ ДЕКАРТ
НАЧАЛА ФИЛОСОФИИ.
1644 Г.

CHRISTIANUS HUSENUS
PRINCIPIAE PHILOSOPHIAE

Начала философии Декарта написаны им по-латыни и появились впервые под заглавием «Principiae Philosophiae» в 1644 г. С этого текста был сделан в 1647 г. французский перевод одним из друзей Декарта, аббатом Пико. Приводимый в настоящем сборнике, перевод Сретенского. Перевод Н.Н. Сретенского, с предисловием проф. И.И. Ягодинского, 1914 г., Казань, сделан с французского текста, опубликованного в издании Декарта, Ш. Адама и П. Таннери (Oeuvres de Descartes publiées par Ch. Adam et P. Tannery, Paris, 1904, T. IX. стр. 25-325).

Резюме параграфов и заглавия частей в русском переводе Сретенского не имеются и даются с издания П. Таннери.

«Начала философии» состоят из четырех частей:

Часть 1. О началах человеческого познания.

Часть 2. О началах материальных вещей.

Часть 3. О видимом мире.

Часть 4. О земле.

В настоящем сборнике оприводится вся вторая часть «Начал».

**ПИСЬМО АВТОРА К ФРАНЦУЗСКОМУ ПЕРЕВОДЧИКУ⁹⁰ «НАЧАЛ
ФИЛОСОФИИ», УМЕСТНОЕ ЗДЕСЬ КАК ПРЕДИСЛОВИЕ
(Стр. 8-9)**

90 Аббату Пико. *Прим. ред.*

...Чтобы цель, которую я имел при обнародовании этой книги, была правильно понята, я хотел бы указать здесь и порядок.

[167]

который, как мне кажется, должен соблюдаться для собственного образования. Во-первых, тот, «кто владеет только обычным и несовершенным знанием, которое можно приобрести посредством четырех вышеуказанных способов, нуждается прежде всего в том, чтобы придумать какую-либо этику, которая служила бы в качестве жизненного правила, ибо это и не терпит замедления и должно быть первою заботою, дабы хорошо жить. Затем должно заняться логикой; но не той, какую получают в школах: эта, собственно говоря, есть лишь некоторого рода диалектика, которая учит только передавать другим уже известное нам и даже учит говорить, не рассуждая, о многом, чего мы не знаем; благодаря этому она скорее портит, а не улучшает хороший ум. Нет, сказанное относится к той логике, которая правильно учит управлять разумом для приобретения познания еще не известных нам истин; так как эта логика особенно зависит от подготовки, то, чтобы ввести в употребление присущие ей правила, полезно долго практиковаться в более легких вопросах, как, например, в вопросах математики. После того как будет приобретена известная легкость: в правильном разрешении этих вопросов, должно серьезно отдаться истинам философии, первой частью которой является метафизика, где содержатся начала познания. Среди них встречается объяснение главных атрибутов бога, нематериальности нашей души, равно и всех остальных ясных и простых понятий, какими мы обладаем. Вторая часть — физика; с ней, после того как найдены истинные начала материальных вещей, исследуется вообще, как образован весь мир; затем, особо какова природа земли и всех остальных тел, находящихся около земли, как, например, воздух, вода, огонь, магнит и иные минералы. Далее должно по-отдельности исследовать природу планет, животных, а особенно людей, чтобы удобнее было обратиться к открытию прочих полезных истин. Вся философия подобна как бы дереву, корни которого — метафизика, стволы — физика, а ветки из растущих на стволе почек — все прочие науки, сводящиеся к трем главным: медицине, механике и этике. Под последнюю я разумею высочайшую и совершеннейшую науку о нравах; она предполагает полное знание других наук и есть последняя ступень к высшей мудрости. Подобно тому как плоды собирают не с корней и не со ствола дерева, а только с концов его ветвей, так и особенная полезность философии зависит от ее частей, которые могут быть изучены только под конец.

(Стр. 11–13)

..Чтобы выяснить, в чем, на мой взгляд, состоит моя заслуга, я скажу здесь, какие, по моему мнению, плоды могут быть собраны с мода «Начал». Первый – удовольствие, испытывае-

[168]

мое тем, кто здесь найдет много до сих пор не известных истин ведь хотя истины часто не столь сильно действуют на наше воображение, как ложь и выдумки, ибо истина кажется менее изумительной и более простой, однако радость, приносимая ею, длительнее и основательнее. Второй плод – это то, что усвоение данных «Начал» понемногу приучит нас правильнее судить обо всем встречающемся и таким образом становится более рассудительными: результат – прямо противоположный тому, какой производит обычная (*vulgaris*) философия. Легко подметить в так называемых педантах, что они столь мало делают себя причастными здравому рассудку, как если бы никогда с ним не соприкасались. Третий плод – тот, что истины, содержащиеся в «Началах», наиболее очевидны и верны и устраняют всякое основание для споров, тем самым располагая умы к кротости и согласию; совершенно обратное вызывают школьные контroversии, так как они мало-помалу делают учащихся бессмысленными спорщиками и упрямыми и, понятно, становятся первыми причинами ересей и разногласий, какие теперь повсюду на ходу. Последний и главный плод этих «Начал» состоит в том, что, разрабатывая их, можно открыть великое множество истин, которых я сам не излагал, и, таким образом, переходя постепенно от одной к другой, со временем прийти к полному познанию .всей философии и к высшей ступени мудрости. Ибо, как видим во всех науках, хотя вначале последние грубы и несовершенны, однако благодаря тому, что содержат в себе нечто истинное, удостоверяемое результатами опыта, они постепенно совершенствуются; точно так же и в философии, раз мы имеем истинные начала, не может стать-ся, чтобы при проведении их мы не напали когда-нибудь на другие истины. И всего лучше можно засвидетельствовать ложность аристотелевых принципов, если указать, что благодаря им в течение многих веков, когда ими пользовались, нельзя было произвести никакого поступательного движения в познании вещей. От меня не скрыто, конечно, что существуют люди столь стремительные и, сверх того, столь мало осмотрительные в своих поступках, что, имея даже основательнейший фундамент, они не в состоянии построить на нем ничего достоверного. А так как они обычно

склонны к писанию книг, то могут в скором времени разрушить весь проложенный мною путь и ввести в мой философский метод недостоверность и сомнительность (с изгнания чего я с величайшей заботой и начал, если их писания будут принимать за мои или за такие, которые якобы полны моих убеждений. Недавно я испытал это от одного из тех, о ком говорят как о моем ближайшем последователе; о нем я даже где-то писал, будто настолько разделяю его умонастроение, что не думаю, чтобы он держался какого-либо мнения, ко-

[169]

торое я не пожелал бы признать за свое собственное. Между тем в прошлом году он издал книгу под заголовком «Основания физики»⁹¹. Хотя, по-видимому, в ней нет ничего касающегося физики и медицины, чего он не взял бы из моих обнародованных трудов, а также из незаконченной еще работы «О природе животных», попавшей к нему в руки, однако в силу того, что он плохо переписал, изменил порядок изложения и пренебрег некоторыми метафизическими истинами, которыми должна быть проникнута вся физика, я намереваюсь совершенно отторгнуть его от себя и просить читателей никогда не приписывать мне какого-либо мнения, если не найдут его выраженным в моих произведениях; и пусть читатели не принимают за верное никакого мнения ни в моих, ни в чужих произведениях, если не увидят, что эти мнения яснейшим образом выводятся из истинных начал.

И я знаю, что может пройти много веков, прежде чем из этих начал будут выведены все истины, какие оттуда можно извлечь, так как истины, какие должны быть найдены, в значительной доле зависят от отдельных опытов; последние же -никогда не проявляются случайно, но должны быть изыскиваемы проницательными людьми с заботливостью и с издержками. Ведь не всегда случится, что те, кто способен достойно произвести опыты, приобретут к тому возможность; а также многие

91 Здесь идет речь об ученике Декарта, Анри Режи, искажившем некоторые данные специальных анатомических исследований Декарта (учение о мускулах) и отклонившемся от строгого соблюдения метафизических принципов (в учении о природе человека). «Fundamenta Physices» появились в 1645 г., а позднее, в конце 1647 года. Режи публично выступил с программой своих тезисов, отличных от учения Декарта, и последнему пришлось отвечать обстоятельными «замечками к программе» и т.д. *Прим. перев.*

из тех, кто выделяется способностями, составляют дурное воззрение по общей философии, как это заметно по ошибкам, сделанным в том, что до сей поры пользовалось значением. Следовательно, они никогда не смогут направить ум к достижению лучшего. Но кто, в конце концов, уловит различие между моими началами и началами других, а также то, какой ряд истин отсюда можно извлечь, те убедятся, как важны эти начала в разыскании истины и до какой высокой степени мудрости, до какого совершенства жизни, до какого счастья могут довести нас эти начала. Смее верить, что не найдется никого, кто не пошел бы навстречу столь полезному для него занятию или, по крайней мере, кто не сочувствовал бы и не желал бы всеми силами помочь плодотворно трудящимся. Вот все мои пожелания: пусть наши потомки когда-либо увидят счастливое наступление такого времени.

* * *

[170]

ВТОРАЯ ЧАСТЬ НАЧАЛ ФИЛОСОФИИ
О НАЧАЛАХ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕДМЕТОВ
(Стр. 40—67)

*Какие причины заставляют
нас с уверенностью сказать,
что существуют тела?*

I. Хотя каждый достаточно убежден в существовании материальных вещей, однако ввиду того, что это существование несколько ранее было нами заподозрено и причислено к предрассудкам раннего возраста, теперь следует выискать основания, по которым оно достоверно нами познается. Ведь все, что мы ощущаем, несомненно является у нас от какой-то вещи, отличной от нашей души. И не в нашей власти сделать так, чтобы одно ощущать предпочтительно перед другим; это всецело зависит от вещи, возбуждающей наши чувства. И можно задаться вопросом, бог ли та вещь или нечто отличное от бога. Но мы ощущаем, или, вернее, будучи побуждаемым чувством, ясно и отчетливо воспринимаем некоторую протяженную в длину, ширину и глубину материю, различные части которой, будучи наделены известными фигурами, различным образом движутся и даже вызывают у нас различные ощущения цветов, запахов, боли и т. п.

Если бог непосредственно через самого себя вызывает в нашем уме идею такой протяженной материи или лишь делает так, что идея эта вызывается какою-либо вещью, не обладающей ни протяжением, ни фигурой, ни движением, то невозможно подобрать ни единого довода, почему не считать нам бога обманщиком. Между тем мы ясно понимаем, что материя — вещь, совершенно отличная и от бога, и от нас, т.е. от нашей души; и нам кажется ясным, что идея материи привходит в нас от вещей внешнего мира, которым эта идея вполне подобна. Природе же бога явно противоречит, чтобы он был обманщиком, как то было замечено уже раньше. Отсюда и должно вообще заключить, что существует некоторая вещь, протяженная в длину, ширину и глубину и имеющая все свойства, какие мы ясно воспринимаем как присущие протяженной вещи. Вот это-то и есть вещь протяженная, которую мы называем телом или материей.

Откуда мы также знаем о том, что наша душа связана с одним определенным телом?

II. Подобным же образом, наблюдая внезапное появление боли и иных ощущений, можно заключить, что одно определенное тело связано с нашим духом теснее, чем прочие тела. Душа сознает, что указанные ощущения появляются не только от нее

[171]

одной, и сознает также, что доходить до нее они могут не потому исключительно, что она — вещь мыслящая, но лишь благодаря ее соединению с какой-то иной протяженной и движимой вещью, последняя именуется человеческим телом. Впрочем, более обстоятельное изложение этого вопроса здесь не уместно.

Что наши чувства не учат нас природе вещей, но только тому, в чем они полезны или вредны нам

III. Для нас достаточно будет заметить, что восприятия чувств относятся только к этому союзу человеческого тела с душой, и хотя они обычно

сообщают нам, в чем могут быть вредны или полезны для этого союза внешние тела, однако только иногда и случайно учат, каковы тела сами по себе. Итак, мы отбросим предрассудки чувств и воспользуемся здесь одним рассудком, со вниманием обратив его к идеям, заложенным в него природою.

*Что не вес, не твердость,
не цвет и т.д. являются
существом тела, но одна лишь
протяженность*

IV. Поступая так, мы убедимся, что природа материн, т.е. тела, рассматриваемого вообще, состоит не в том, что тело – вещь твердая, весо-мая, окрашенная или как-либо иначе возбуждающая чувства, но лишь в том, что оно – вещь протяженная в длину, ширину и глубину. Ибо о твердости чувство оповещает нас лишь тем, что частицы твердых тел сопротивляются движению наших рук, наталкивающихся на тело; если бы, с приближением наших рук к телу, частицы последнего отступали назад с присущей им скоростью, то мы никогда не ощущали бы твердости. И однако нельзя себе представить, будто тела, отодвигающиеся подобным образом, лишены того, что составляет природу тела: следовательно, эта природа не состоит в твердости. На том же основании можно показать, что и цвет и все подобного рода качества, ощущаемые в телесной материи, могут быть изъяты из последней, в то время как она остается я целости. Отсюда следует, что ее природа не зависит ни от одного из указанных свойств.

*Что эта истина затемнена
мнениями, которыми теперь
увлечены относительно
разрежения и пустоты*

V. Остаются еще две причины сомневаться, состоит ли истинная природа тела исключительно в протяжении: во-первых, многими утверждается, будто большинство тел можно так разрезать или сгущать, что разреженные тела приобретут большее протяжение, чем сгущенные, и находятся некоторые до того тонкие умы, что различают субстанцию тела и его количество,

[172]

а последнее отличают от протяжения. Во-вторых, если мы где-либо предполагаем протяжение в длину, ширину и глубину, мы не утверждаем обычно наличности там тела, но говорим только о пространстве, даже о «пустом пространстве»; а это последнее, как почти все убеждены, есть чистое ничто.

Как происходит разрежение

VI. Но что касается разрежения или сгущения, то, вникнув в свои мысли и не желая допускать ничего, помимо ясно воспринимаемого, каждый откажется видеть в разрежении и сгущении что-нибудь иное кроме изменения фигуры. Изменение это таково, что разреженными оказываются те тела, между частицами которых существует много промежутков, заполненных другими телами; более же плотными тела становятся вследствие того, что их частицы, сближаясь, уменьшают или совершенно уничтожают эти промежутки. Когда произойдет такое исчезновение промежутков, дальнейшее уплотнение сгущенного тела станет невозможным. Но и в этом случае тело остается ничуть не менее протяженным, чем когда, при взаимной разделенности частиц, оно заполняет большее пространство, ибо протяжение, заключенное в порах и промежутках тела, оставляемых его частицами, никоим образом не может быть приписано ему самому, но должно быть приписано каким-либо другим телам, заполняющим эти промежутки. Так, видя губку, взбухшую от воды или иной жидкости, мы не считаем ее в отношении отдельных ее частей более протяженною, чем в том случае, когда она сжата и суха; в первом случае он имеет только более открытые поры и потому вытянута на большее пространство.

Что оно не может быть
удовлетворительно объяснено
иначе, чем оно объясняется
здесь

VII. Право, я не вижу, что побуждает некоторых предпочитать говорить, будто разрежение происходит путем увеличения частиц, нежели выяснять разрежение на примере губки. Ибо, хотя при разрежении воздуха или воды мы не замечаем ни их пор, становящихся более пространными,

ни какого-либо нового тела, которое вступает для их заполнения, однако едва ли разумно измышлять ради буквального истолкования разрежения тела нечто совершенно непостижимое, вместо того чтобы из факта разрежения заключать к существованию в данных телах пор или промежутков, расширяющихся и заполняемых новым телом, хотя бы мы и не воспринимали чувствами этого нового тела. Ведь нет ни одного основания, которое принуждало бы нас думать, будто все существующие вещи должны воз-

[173]

буждать наши чувства. А разрежение мы, быть может, всего легче представим себе именно этим, а не иным способом. И, наконец, совершенно нелепо, что нечто увеличивается от нового количества или нового протяжения без того, чтобы вместе с последним к нему не присоединялась новая протяженная субстанция, т.е. новое тело. Немыслимо никакое присоединение протяжения или количества без присоединения количественной и протяженной субстанции; это станет более ясным из дальнейшего.

*Что величина не разнится
от того, что велико, ни число
от исчисленного иначе, чем
в нашем понятии*

VIII. Конечно, количество разнится от протяженной субстанции не в самой вещи, но лишь в нашем понятии, как и число не разнится от исчисленного. Понятно, что мы можем мыслить всю природу телесной субстанции, заключенной в пространстве десяти шагов, не обращая внимания на самую меру десяти шагов, ибо совершенно одинаково понимается она и в любой части пространства и в его целом. И, обратно, можно понимать число, содержащее десять, и меру, содержащую десять шагов, не примышляя к ним определенной субстанции: ибо понятие числа «десять» остается совершенно одним и тем же, относись оно к этой мере десяти шагов или к чему-нибудь иному. Если сплошное количество десяти шагов и не может быть принимаемо помимо какой-либо протяженной субстанции, которой присуще количество, однако оно может быть понимаемо помимо данной определенной субстанции. Но по существу не может стать, чтобы уничтожилось хоть самое малое количество или протяжение без такого же уменьшения субстанции; и обратно, невозможно какое

угодно уменьшение субстанции без того, чтобы не уничтожалось столько же количества и протяжения.

*Что субстанция тел не
может быть ясно понята без
своей протяженности*

IX. И хотя некоторые, может быть, говорят иначе, я не думаю, чтобы они иначе себе представляли дело; но они отличают субстанцию от протяжения или количества или понимают под именем субстанции ничто, или же имеют только смутную идею субстанции бестелесной, ложно прилагая эту идею к телесной субстанции; тем самым эти лица покидают истинную идею протяжения телесной субстанции, называя ее акциденцией, и таким образом они выражают словами совсем не то, что воспринимают в душе.

[174/347]

*Что такое пространство
или внутреннее место*

X. Пространство, или внутреннее место отличается от телесной субстанции, заключенной в пространстве, нереально, но лишь по способу, каким обычно постигается нами. И, действительно, протяжение в длину, ширину и глубину, составляющее пространство, совершенно тождественно с тем протяжением, которое составляет тела. Разница в том, что протяжение в теле мы полагаем единичным (*singulare*) и считаем, что оно подлежит изменению всякий раз, как изменяется тело; протяжению же пространства мы приписываем только родовое единство и думаем, что при изменениях тела, заполняющего пространство, протяжение пространства не меняется, а пребывает одним и тем же, как скоро оно остается той же величины и фигуры, и сохраняет одно и то же положение по отношению к некоторым внешним телам, которыми мы определяем это пространство.

*В каком смысле можно ска-
зать, что оно не разнится
от тела, которое оно заключает*

X. И мы легко узнаем, что одно и то же протяжение составляет как фигуру тела, так и природу пространства, и что не больше тело и

пространства друг от друга разнятся, чем природа вида или рода разнится от природы индивидуума. Обратясь к имеющейся у нас идее какого-либо тела, например камня, мы отбросим от нее все то, что, как мы сознаем, не принадлежит к природе тела, и, понятно, прежде всего отбросим твердость, потому что если камень разжижается или дробится на мельчайшие песчинки, то он лишается твердости, не переставая от этого, однако, быть телом; отбросим и цвет, так как часто видим камни настолько прозрачные, что цвет в них как бы вовсе отсутствует; отбросим и тяжесть, потому что хотя огонь исключителен по легкости, тем не менее он считается телом; и, наконец, отбросим холод и теплоту и все прочие качества, ибо, если даже не полагать их в камне или в его видоизменениях, мы все-таки не станем утверждать, будто камень потерял телесную природу. Следовательно, мы замечаем, что ничего не остается в идее тела, кроме понятия о протяженности последнего в длину, ширину и глубину; это самое содержится не только в идее пространства, заполненного телами, но и в идее того пространства, которое именуется нами «пустым».

*В каком смысле оно от-
лично от него*

XII. Однако здесь существует различие в способе нашего понимания, ибо, удаляя камень из пространства или с того

[175/348]

места, где он находится, мы полагаем также, что удаляем и протяжение камня, так что в этом случае рассматриваем протяжение как бы единственным в своем роде и от тела неотделимым; а между тем протяжение места, в котором был камень, мы считаем пребывающим одним и тем же, хотя то место камня занято уже деревом, водой или воздухом и т.д., либо предполагается пустым. Потому в подобном случае протяжение рассматривается вообще и считается одним и тем же для камня, дерева, воды, воздуха и иных тел или даже для самой пустоты, если она существует, лишь бы протяжение имело ту же величину и фигуру и служило тем же положением для внешних тел, определяющих данное пространство.

Что такое внешнее место

XIII. При этом самые названия: «место» или «пространство» — не обозначают ничего отличного от тела, про которое говорят, что оно

«занимает место»: этим обозначают лишь его величину, фигуру и положение среди иных тел. Чтобы определить это положение, мы должны обратить внимание именно на эти другие тела, считая их притом неподвижными; а так как мы обращаем внимание на разные из них, то можем говорить, что одна и та же вещь в одно и то же время и меняет место, и не меняет его. Так, когда корабль выходит в море, то сидящий на корме остается на одном месте, если имеются в виду части корабля, между которыми сохраняется одно и то же положение; и этот же самый субъект все время изменяет место, если иметь в виду берега, ибо корабль, отойдя от своих берегов, непрерывно приближается к другим. Сверх того, если мы учтем, что земля движется именно с запада на восток, а корабль продвигается между тем с востока на запад, то мы снова скажем, что субъект, сидящий на корме, не изменяет своего места; ведь мы в данном случае избираем определение места от каких-либо неподвижных небесных точек. Если, наконец, мы подумаем, что в мире не встречается совершенно неподвижных точек, что, как ниже будет указано, вероятно, то отсюда заключим, что нет никакого постоянного места для вещи, помимо того, которое определяется нашим мышлением.

*Какая разница существует
между понятиями «место» и
«пространство»*

XIV. Однако названия «место» и «пространство» различаются, ибо «место» более выразительно обозначает положение тела, нежели величину и фигуру, тогда как, напротив, мы обращаемся более к последним, говоря о «пространстве». Мы часто говорим: одна вещь вступает на место другой, хотя бы она и не

[176/349]

была совершенно той же величины и фигуры; но тогда мы отрицаем, что она занимает одинаковое с первою вещью пространство. И всегда, когда вещь меняет это положение, мы говорим, что она меняет «место», хотя бы ею сохранялась та же величина и фигура. Если мы говорим, что вещь находится в таком-то месте, мы разумеем лишь то, что она занимает известное положение среди других вещей; когда же мы прибавляем, что вещь заполняет данное пространство или данное место, мы разумеем сверх того, что она обладает такою-то определенной величиной и фигурой.

Каким образом поверхность, окружающая тело, может считаться его внешним местом

XV. Следовательно, хотя мы всегда принимаем пространство за протяжение в длину, ширину и глубину, однако место рассматривается нами иногда как нечто внутреннее для вещи, занимающей данное место, а иногда как внешнее для нее. Внутреннее место, конечно, совершенно не то же, что пространство; внешнее же может быть принимаемо за поверхность, ближайшим образом окружающую предмет. Должно заметить, что под поверхностью я разумею здесь не какую-либо часть окружающего тела, но лишь границу между этим окружающим телом и тем, которое окружается. Она — не что иное как модус; или, вернее, поверхность, рассматриваемая вообще, не является частью ни того, ни другого из тел, но всегда мыслится как таковая, ибо удерживает одну и ту же величину и фигуру. Ведь хотя всякое окружающее тело изменяется в своей поверхности, тем не менее не считают, что окруженная вещь изменяет место, если она сохраняет то же самое положение между теми внешними телами, которые рассматриваются как неподвижные. Когда корабль с одной стороны подталкивается волнами, а с другой подгоняется ветром, то, если корабль не меняет своего положения относительно берегов, каждый вполне согласится, что корабль остается на том же месте, хотя бы и изменились все окружающие его поверхности.

Что не может существовать пустоты в том смысле, в котором это понимают философы

XVI. Пустого пространства философском смысле слова, т.е. такого пространства, где нет субстанции, не может быть дано; это очевидно из того, что пространство как внутреннее место не отличается от протяжения тела. Поэтому из того только, что тело протяженно в Длину, ширину и глубину, мы правильно заключаем, что оно — субстанция, ибо вообще нелепо, чтобы «ничто» обладало каким-либо протяжением. Относи-

[...]

[177/360]

*... Первый закон природы:
каждое, тело сохраняет со-
стояние, в котором оно нахо-
дится, до тех пор, пока что-
нибудь не изменяет его*

XXXVII. А из этой неизменности бога могут быть познаны некото-
рые правила или законы природы: они суть частные или вторичные при-
чины различных движений, замечаемых нами в отдельных телах. Первое
из этих правил таково: всякая вещь, поскольку она проста и неделима,
всегда остается сама по себе в одном и том же состоянии и изменяется
когда-либо только от внешних причин.

Так, если некоторая частица материи квадратна, то мы легко убе-
димся, что она постоянно пребывает квадратною, пока откуда-либо не
явится нечто, изменяющее ее фигуру. Раз эта часть материи покоится,
мы не думаем, что она когда-либо начнет двигаться, если только не ока-
жется какой-нибудь извне побуждающей ее причины. Не больше осно-
ваний полагать, что раз она движется, то добровольно ял не побуждае-
мая ничем иным прекратит свое движение. Отсюда должно заключить,
что то, что движимо, поскольку оно существует само по себе, всегда дви-
жется. Но так как здесь мы говорим о земле, устройство которой таково,
что все движения, происходящие вблизи нее, быстро замедляются и ча-
сто по причинам, которые неизвестны нашим чувствам, то с юных лет мы
судим, что .эти движения, замедляющиеся по причинам, нам не извест-
ным, прекращаются произвольно. И мы склоняемся к тому, чтобы судить
обо всех случаях так, как, на наш взгляд, испытываем во многих случаях:
именно, что движения по природе своей прекращаются, т.е. стремятся к
покою. Это, конечно, как нельзя более противоречит законам⁹² природы:
ибо покой противоположен движению, а ничто не может по собственной
природе быть относимо к своей противоположности, т.е. к разрушению
самого себя.

⁹² Лейбниц, «Рассуждение о динамике»; и его же мемуар «О достопамятной ошибке Декарта».

Впоследствии и сторонник Декарта Мальбранш ясно понял трудность формулировки закона сохранения движения, данной. Декартом, если не принимать во внимание векториальности скорости. См. примечание к «Рассуждениям о динамике» Лейбница.
Прим. ред.

*Почему тела, подтолкну-
мне рукой продолжают дви-
гаться после того, как рука
отделился от них*

XXXVIII. И действительно, любой опыт с брошенным телом вполне подкрепляет наше правило. Ведь нет другого основания, почему брошенные тела сохранялись бы некоторое время

[178/257]

суде и не допустит никакое другое тело проникнуть на покинутое место, то на такой вопрос должно ответить: в таком случае стороны сосуда сомкнутся. Ведь когда между двумя телами ничего не пролегает, то они необходимо касаются друг друга, и явно нелепо, чтобы тела были отделены друг от друга, т.е. между ними как бы имелось расстояние и в то же время это расстояние было бы «ничто»; поэтому всякое расстояние есть модус протяжения и не может существовать без протяженной субстанции.

*Что это подтверждает
то, что было сказано о раз-
режении*

XIX. После того как мы таким образом заметили, что природа телесной субстанции состоит лишь в том, что она — вещь протяженная, что ее протяжение не отличается от протяжения, приписываемого обычно сколь угодно пустому пространству, — мы легко поймем невозможность того, чтобы одна из частей этого телесного протяжения занимала в одном случае большее пространство, нежели в другом, разрезаясь иначе, чем вышеописанным способом. Поймем мы невозможность и того, чтобы больше присутствовало в сосуде материи, т.е. телесной субстанции, когда, сосуд наполнен свинцом, золотом или иным сколь угодно тяжелым и твердым телом, чем когда только воздух содержится в сосуде и последний считается пустым; ибо количество частей материи зависит не без ее тяжести или твердости, но исключительно от протяжения, всегда одинакового в одном и том же сосуде.

*Что не могут существо-
вать никакое атомы, или не-
делимые маленькие тела*

XX. И мы признаем, что невозможно существование каких-либо атомов, т.е. частей материи, неделимых по своей природе. Раз они существуют, то необходимо должны быть протяженны, сколь малыми ни предполагались бы; ни одной из них невозможно мысленно разделить на две или большее число частей, тем самым не приписав им реального деления; и поэтому, если мы судили, что эти первоначальные частицы неделимы, то наше суждение разошлось с мышлением. Если даже мы и вообразим, будто бог пожелал сделать так, чтобы какая-нибудь частица материи не могла быть разделена на иные меньшие, то такая частица не должна однако называться собственно неделимою. Ведь бог сделал так, что частица не может быть разделена ни одною из его тварей, а не то, чтобы он мог отнять от самого себя эту способность делить; ибо совершенно невозможно, чтобы бог уменьшил собственную свою мощь; мы это уже заметили

[179/361]

в движении, отделившись от бросающей руки, кроме основания, что однажды двинутые тела продолжают двигаться, пока не задержатся встречными телами. И ясно, что они обычно постепенно задерживаются воздухом или иными текучими телами, среди которых движутся, а потому их движение не может быть продолжительным. Что воздух сопротивляется движениям других тел, можно испытывать путем осязания, если сотрясать воздух опахалом: то же подтверждает полет птиц. И нет другой жидкости, которая еще яснее, чем воздух, сопротивлялась бы движениям брошенных тел.

*Второй закон природы:
всякое движущееся тело
стремится продолжать свое
движение прямолинейно*

XXXIX. Второй закон природы таков. Каждая частица материи, рассматриваемая в отдельности, всегда стремится продолжать движение не по какой-либо кривой линии, а исключительно по прямой, хотя многие из частиц начинают отклоняться от этого пути в силу встречи с иными частицами и, значит, как было показано раньше, во всяком движении образуется некоторого рода круг из всей одновременно движущейся материи. Причина этого закона та же, что и предыдущего, а именно, простота и неизменность акта, помощью которого бог сохраняет движение в материи. Он сохраняет движение только таким, каково оно в данный момент,

безотносительно к тому, каким оно случайно было немного ранее. И хотя нет движения, которое происходило бы одновременно, ясно однако, что все, движущееся в различные моменты, которые могут быть отмечены во время либо сторону по прямой линии, «о отнюдь не по кривой».

Так, например, камень A , вращаемый в праще EA по кругу ABF , в момент прохождения через точку A определен, конечно, в движении в некотором направлении, и именно в направлении по прямой к C , т.е. так, что прямая AC будет касательной к кругу. Нельзя представить, что камень определен к какому-нибудь криволинейному движению. Ибо, если сначала он и направлялся из L к A по кривой линии, то ничего из этой кривизны не могло остаться, когда он достиг точки A . И опыт подтверждает это, потому что как только камень выпадает из пращи, он будет продолжать движение в направлении к C , а не к B . Отсюда следует, что всякое тело, движущееся по кругу, стремится отойти от центра описываемого круга. Это мы чувствуем по самой руке, когда вращаем

[180/352]

выше. Поэтому, абсолютно говоря, подобная частица материям остается делимой, ибо она такова по своей природе.

Что протяжение вселенной бесконечно

XXI. Сверх того, мы узнаем, что этот мир или совокупность телесной субстанции не имеет никаких пределов для своего протяжения. Ведь даже придумав, что существуют где-либо его границы, мы не только можем вообразить неопределенно протяженные пространства за этими границами, но и воспринимаем их вообразимыми, т.е. реально существующими; отсюда и воображаем их содержащими неопределенно протяженную телесную субстанцию. Ведь, как уже подробно показано, идея того протяжения, которое мы воспринимаем в каком-либо пространстве, совершенно тождественна с идеею телесной субстанций.

Что земля и небо состоят из одной и той же материи и что не может существовать несколько миров

XXII. Легко отсюда заключить, что материя неба не разнится от материи земли. И вообще, если бы миры были бесконечны, то они необходимо состояли бы из одной и той же материи; и, следовательно, не многие миры, а один только может существовать, ибо мы ясно донимаем, что материя, природа которой состоит лишь в ее протяженности, воображимой во всяких вообще пространствах, где те иные миры должны быть даны, — такая материя уже использована, а идее какой-либо иной материи мы у себя находим.

Что все разнообразие материи
зависит от движения
ее частей

XXIII. Следовательно, во всем мире существует одна и та же материя: она познается только через свою протяженность. Все свойства, ясно воспринимаемые в материи, сводятся единственно к тому, что она дробима и подвижна в своих частях и, стало быть, повинна во всех тех возбуждениях, которые, согласно нашему восприятию, могут следовать из движения частей. Дробление материи, производимое только мыс меняет; всякое изменение материи или раз ли зависит от движения. Это было уже отмечено рили, что основа природы — движение и покой здесь разумели то, благодаря чему все телес вятся такими, какими мы их воспринимаем.

[181/353]

XXIV. Но движение (разумеется местное: оно одно только составляет предмет моих размышлений; и не думаю, чтобы нужно было измышлять в природе вещей какое-либо иное) — движение, говорю, в обычном понимании этого слова, есть не что иное как действие, путем которого данное тело переходит с одного места на другое. И подобно тому как, — что напоминалось выше,— относительно одной и той же вещи в одно и то же время можно полагать, что она и меняет и не меняет свое место, также можно оказать: вещь движется и не движется. Так, кто сидит на корабле, выходящем из гавани, тот, конечно, считает себя движущимся, если осматривается по берегам и представляет себе их неподвижными; но он думает противное, взирая на корабль, части которого все время сохраняют одинаковое расположение. И поскольку мы обычно полагаем, что во всяком движении присутствует действие, а в покое — прекращение действия, здесь даже более уместно говорить о покое, чем о движении, так как никакого действия данный субъект в себе не чувствует.

Что по истине есть движение?

XXV. Если, исходя не столько из обычного словоупотребления, сколько из истинного положения вещей, мы обдумаем, что нужно понимать под движением, чтобы приписать ему определенную природу, то мы можем сказать, что оно есть перемещение одной части материи или одного тела из соседства тех тел, которые его непосредственно касались и рассматривались как бы покоящимися, в соседство других тел. Под одним телом или под одной частью материи я понимаю здесь все то, что переносится совместно; хотя опять-таки это самое тело может состоять из многих частиц, сами по себе имеющих иные движения. Говорю же я — «перемещение», а не сила или действие с той целью, чтобы указать, что движение всегда существует в движущемся, а не в движущем, тогда как эти две вещи обычно не достаточно тщательно различают, а также с целью указать, что движение есть только модус, а не какая-либо существующая вещь, подобно тому, как фигура есть модус вещи, обладающей фигурой (*modus rei figuratae*), а покой — модус покоящейся вещи.

Что для движения требуется не больше действия, чем для покоя

XXVI. При этом должно заметить, что, предполагая в движении больше действия, нежели в покое, мы впадаем в сильный

[182/354]

предрассудок. Мы с детства убедили себя, что наше тело обычно движется нашею волею, непосредственно нами сознаваемую, а покоится только потому, что притягивается к земле собственною тяжестью, силы которой мы однако не чувствуем. А так как, конечно, эта тяжесть и многие иные, не замеченные нами причины создают сопротивление движениям, которые мы хотели бы произвести в наших членах, и вызывают утомление, то мы полагаем, что необходимы большее действие или большая сила для начала движения, чем для его прекращения, именно, принимая действие как то усилие, которым пользуются, чтобы передвинуть наши члены и с их помощью другие тела. Однако мы легко уничтожим этот предрассудок, если подумаем, что усилие необходимо нам не только для того, чтобы

продвинуть внешние тела, но часто и для того, чтобы остановить их движение, когда тела не останавливаются силой тяжести или по иной причине. Так, например, мы пользуемся не бóльшим движением, чтобы двинуть корабль, покоящийся в стоячей воде, чем чтобы внезапно остановить его, когда корабль движется, — или по крайней мере немного бóльшим; здесь не приняты в расчет тяжесть окружающей воды и ее плотность, которые могут мало-помалу остановить движение.

Что движение и покой
суть не что иное как два
различных состояния тела

XXVII. А так как это происходило бы не от того действия, которое, по нашему пониманию, существует в движущемся или в прекращающем движение теле, но от одного перемещения и отсутствия перемещения, т.е. покоя, то ясно, что это перемещение не может быть вне движущегося тела и что это тело находится в одном состоянии, когда переносится, и в ином, когда не переносится, т.е. покоится: значит, движение и покой суть не что иное как два различных модуса тела.

Что движение в собственном смысле этого слова относится только к тем телам, которые соприкасаются с движущимся телом

XVIII. Сверх того я прибавил, что перемещение совершается из соседства одних соприкасающихся тел в соседство других, но не из одного места в другое; ведь, как я изложил выше, значения слова «место» различны и зависят от нашего мышления. Но когда под движением тела разумеется его перемещение из соседства соприкасающихся тел, то благодаря тому, что в данный момент времени только одни определенные тела могут соприкасаться с движимым телом, этому последнему возможно приписать одновременно только одно движение.

[183/355]

И даже, что оно относится лишь к тем из сопри-

касающихся тел, которые мы считаем находящимся в покое

XXIX. Наконец, я прибавил, что такое перемещение совершается из соседства не всех каких угодно соприкасающихся тел, но только из соседства тех, которые рассматриваются как покоящиеся. Самое же перемещение взаимно, и нельзя мыслить тела AB переходящим из соседства с телом CD , не подразумевая вместе с тем перехода CD из соседства с AB . Одни и те же силы и действие требуются как с той, так и с, другой стороны. Поэтому, если мы хотим приписать движению особенную, только ему свойственную природу, то, в случае перемещения других смежных тел, одного в одну сторону, другого в другую, благодаря чему тела как бы взаимно разделяются, мы скажем, что движение одинаково существует в обоих телах. Но это суждение слишком далеко отходит от обычного способа выражения. Привыкнув стоять на земле и считать последнюю покоящейся, мы если и видим, что отдельные ее части, смежные с иными мелкими телами, переходят из этого соседства, не считаем однако, что сама земля движется.

Отчего мы приписываем движение, разделяющее два соприкасающихся тела, одному из них, а не другому

XXX. Главное основание этого убеждения состоит только в том, что движение мыслится присущим целому движущемуся телу, и таким образом не может мыслиться движение всей земли ввиду перенесения некоторых частей последней из соседства меньших тел, с которыми они соприкасаются, ибо часто наблюдаются на самой земле многочисленные взаимно противоположные перемещения такого рода. Например, если тело $EFGH$ – земля, и на ней одновременно движутся: тело AB от E к F и тело CD от H к G , то хотя тем самым части земли, соприкасающиеся с телом AB , переносятся от B к A и для их перемещения должно быть дано в них действие не меньшее и такой же природы, как в теле AB , – мы, однако, не принимаем в расчет, что земля движется от B к A , т.е. с запада на восток. Ведь в таком случае из того, что части земли, смежные с телом CD , переносятся от C к D , должно было бы с равным основанием заключать,

что земля движется в иную сторону, с востока на запад; а это были бы два противоположных движения. Следовательно, чтобы не отступать чрезмерно от обыч-

[184/356]

ного словоупотребления, мы не скажем, что движется земля, а будем говорить лишь о движении тел AB и CD ; так и в иных случаях. Но при этом мы будем помнить, что все реальное и положительное в движущихся телах, благодаря чему они и называются движущимися, находится также в других, соприкасающихся с первыми телами, хотя однако последние рассматриваются как покоящиеся.

Как могут существовать несколько различных движений в одном и том же теле

XXIX. Хотя каждое тело имеет лишь одно свойственное ему движение, ибо понимается как удаляющееся только от одних соседних с ним и покоящихся тел, однако оно может принимать участие в других бесчисленных движениях, если, конечно, составляет часть иных тел, обладающих другими движениями. Так, если кто-нибудь, гуляя по кораблю, имеет в кармане часы, то колесики часов движутся так, как свойственно только им одним; но они причастны и еще иному движению, поскольку, будучи отнесены к гуляющему человеку, составляют одну с ним материальную массу; причастны они и второму движению, поскольку будут отнесены к плывущему по морю кораблю; и третьему, поскольку будут отнесены к этому самому морю; и, наконец, четвертому, поскольку будут отнесены к самой земле, если, конечно, вся земля движется. Всеми этими движениями наши колесики действительно будут обладать; но ввиду трудности зараз мыслить столь многочисленные движения и ввиду того, что не все из них могут быть познаны, достаточно полагать в теле только одно движение, ближайшим образом ему принадлежащее.

Каким образом единое движение с собственным смысле этого слова, которое едино в каждом теле, может также рассматриваться как несколько движений

XXXII. Кроме того единое движение каждого тела, свойственное последнему, может быть рассматриваемо наподобие многих движений. Так, в колесах колесниц мы различаем два разных движения: одно — круговое, по оси, другое—продольное, по пути движения колесницы. Но что оба эти движения не различаются в действительности, ясно из того, что любая точка движущегося тела описывает лишь одну определенную линию. Неважно, что эта линия часто слишком запутана и потому кажется результатом множества различных движений, ибо можно представить, что всякая, даже прямая линия, простейшая из всех, возникла из бесчисленных различных движений. Так, например, если линия AB движется к CD и одновременно A при-

[185/357]

ближается к B , то прямая, описываемая этой точкой A , зависит от двух прямых движений (A к B и AB к CD) не менее, чем кривая линия, описываемая точкой колеса, зависит от прямого и кругового движения. Поэтому, хотя часто полезно разделять подобным образом одно движение на многие части, абсолютно говоря, каждому телу должно причитаться одно только движение.

*Каким образом при всяком
движении до жен существо-
вать целый круг или кольцо
тел,двигающихся совместно*

XXXIII. Но, как замечено выше, все пространство заполнено телами и количество одних и тех же частиц материи в равных местах всегда равно; отсюда следует, что ни одно тело не может двигаться иначе как по кругу, т.е. таким образом, что оно изгоняет какое-либо иное тело с того места, куда вступает, а это второе тело изгоняет третье, а это — четвертое и так до последнего тела, вступающего на место, оставленное первым телом, в тот самый момент, когда место оставлено. Это легко мыслить в совершенном круге, ибо мы увидим, что там нет ни пустоты, ни сгущения или разрежения, когда частица круга A движется по направлению к B , в то время как частица B движется к C , C к D , а D к A (Рис. 48). То же самое можно

мыслить и в несовершенном и сколь угодно неправильном круге, раз замечено, при каких условиях все неровности мест могут возмещаться

разницей в скорости движения. Так, вся материя, заключенная в пространстве EF, GH (Рис. 49), может кругообразно двигаться без сгущения или образования пустоты, и в то время как ее частица, направляющаяся к E , переходит из G , та, которая направляется к G , переходит из E ; а переходят

[186/358]

частицы таким образом, что если пространство в G предполагается вчетверо шире, чем в E , и вдвое шире, чем в F и H , то частица движется в E с учетверенной скоростью относительно скорости в G и с удвоенной скоростью относительно скорости в F и H . Следовательно, при прочих равных условиях быстрота движения возмещает узость места. При этом условии в любое определенное время через каждую из частей этого круга проходит одинаковое количество материи.

Что отсюда следует, что материя разделяется на части неопределенные и бесконечные

XXXIV. Дóлжно, однако, признать, что в этом движения находится нечто такое, что наша душа воспринимает как действительно существующее, хотя и не понимает, как оно происходит; это именно деление некоторых частей материи до бесконечности или неопределенное деление, т.е. деление на столько частей, что мы никогда не можем мысленно установить такой малой части, чтобы не понимать, что она делима на иные и того меньшие части. Не может случиться, чтобы материя, уже заполняющая пространство G , последовательно заполняла все неисчислимо меньшие пространства между G и H . если только какая-либо из ее частиц не приспособит свою фигуру к бесчисленным мерам этих пространств; а раз так случается, то необходимо, чтобы вообразимые ее частицы, по истине неисчислимые, хоть немного взаимно отодвигались; подобное сколь угодно малое передвижение и будет истинным делением.

Что мы не можем сомневаться в том, что это деление происходит, хотя и не можем понять его

XXXV. Но должно заметить, что я говорю здесь не о всей материи; а лишь о некоторой ее части. Ведь хотя мы положим, что в G находятся две или три частицы материи ширины, равной ширине E , а также много значительно меньших остающихся неделимыми частиц, тем не менее кругообразное движение материи к E возможно мыслить в том только случае, когда с этими частицам смешаны иные, которые сколь угодно сгибаются и так изменяют свою фигуру, что, будучи связаны с частицами, не изменяющими своей фигуры, а лишь приспособляющими скорость к условиям занятия места, тщательно заполняют все незанятые теми частицами углы. И хотя мы не можем постичь способ, каким совершается это деление до бесконечности, мы не должны однако сомневаться, что оно совершается; ибо мы ясно понимаем, что это деление необходимо следует из природы материи, яснейшим образом нами познанной; и мы понимаем даже,

[187/359]

что движение материи принадлежит к роду вещей, которые нашу конечную душу не могут быть охвачены.

*Что бог есть первопричина
движения и что он сохра-
няет постоянное количество
его во вселенной*

XXXVI. Отметив таким образом природу движения, важно обсудить его причину; а она двояка: во-первых, общая и первичная причина всех движений, существующих в мире, а затем частная; в силу последней случается, что отдельные частицы материи приобретают такие движения, какими прежде не обладали. Что касается общей причины, то, мне кажется, ясно, что она — не что иное как сам бог. Он сотворил материю вместе с движением покоем и уже одним своим обычным содействием сохраняет во всей ней то самое количество движения я покоя, какое вложил в нее при творения. Хотя бы это движение было только модусом в движимой материи, оно, однако, имеет известное и определенное количество; и мы легко понимаем, что оно может оставаться всегда одним я тем же в отношении к совокупности всех вещей, хотя изменяется в отдельных частях материи; потому мы и думаем, что когда одна частица материи движется вдвое быстрее другой, а эта последняя по величине вдвое больше первой, то столько же движения в малой, сколько и в большой из частиц; и

насколько движение одной частицы делается медленнее, настолько движение какой-либо иной делается быстрее. И мы понимаем, что совершенством в боге является не только то, что он неизменим сам по себе, но и то, что он действует на возможно более постоянное и неизменное, значит, исключая те изменения, верность которых утверждают ясный опыт и божественное откровение, и которые мы представляем происходящими без всякого изменения в самом творце, или верим в то, — исключая все это, мы не должны предполагать в его творении никаких иных изменений, чтобы отсюда тем самым не утверждать в нем непостоянства. Отсюда, в силу одного того, что бог при творении материи наделил отдельные части последней различными движениями, наиболее согласно с разумом будет полагать, что он сохраняет всю эту материю тем самым образом и на том же основании, как создал, и что он после удержит з ней то же самое количество движения⁹³.

[188/360]

*... Первый закон природы:
каждое тело сохраняет состояние, в котором оно находится, до тех пор, пока что-нибудь не изменяет его*

XXXVII. А из этой неизменности бога могут быть познаны некоторые правила или законы природы: они суть частные или вторичные причины различных движений, замечаемых нами в отдельных телах. Первое из этих правил таково: всякая вещь, поскольку она проста и неделима, всегда остается сама по себе в одном и том же состоянии и изменяется когда-либо только от внешних причин.

Так, если некоторая частица материи квадратна, то мы легко убедимся, что она постоянно пребывает квадратною, пока откуда-либо не явится нечто, изменяющее ее фигуру. Раз эта часть материи покоится, мы не думаем, что она когда-либо начнет двигаться, если только не окажется

⁹³ Декарт в сущности нигде точно не определяет, что он понимает под количеством движения. Ряд мест, в том числе и переписка, заставляют предполагать, что он понимал под количеством движения выражение mv (произведение массы на скорость). Но в этом выражении скорость не понималась векториально, и это послужило источником ряда ошибок, на которые правильно указал, разъяснив существо дела, Лейбниц. См. ниже.

какой-нибудь извне побуждающей ее причины. Не больше оснований полагать, что раз она движется, то добровольно и не побуждаемая ничем иным прекратит свое движение. Отсюда должно заключить, что то, что движимо, поскольку оно существует само по себе, всегда движется. Но так как здесь мы говорим о земле, устройство которой таково, что все движения, происходящие вблизи нее, быстро замедляются и часто по причинам, которые неизвестны нашим чувствам, то с юных лет мы судим, что эти движения, замедляющиеся по причинам, нам не известным, прекращаются произвольно. И мы склоняемся к тому, чтобы судить обо всех случаях так, как, на наш взгляд, испытываем во многих случаях: именно, что движения по природе своей прекращаются, т.е. стремятся к покою. Это, конечно, как нельзя более противоречит законам⁹⁴ природы: ибо покой противоположен движению, а ничто не может по собственной природе быть относимо к своей противоположности, т.е. к разрушению самого себя.

*Почему тела, подтолкнутые
рукой продолжают двигаться
после того, как рука
отделился от них*

XXXVIII. И действительно, любой опыт с брошенным телом вполне подкрепляет наше правило. Ведь нет другого основания, почему брошенные тела сохранялись бы некоторое время

[189/361]

в движении, отделившись от бросающей руки, кроме основания, что однажды двинутые тела продолжают двигаться, пока не задержатся встречными телами. И ясно, что они обычно постепенно задерживаются воздухом или иными текучими телами, среди которых движутся, а потому их движение не может быть продолжительным. Что воздух сопротивляется движениям других тел, можно испытывать путем осязания, если

⁹⁴ Лейбниц, «Рассуждение о динамике»; и его же мемуар «О достопамятной ошибке Декарта».

Впоследствии и сторонник Декарта Мальбранш ясно понял трудность формулировки закона сохранения движения, данной Декартом, если не принимать во внимание векториальности скорости. См. примечание к «Рассуждениям о динамике» Лейбница.
Прим. ред.

сотрясать воздух опахалом; то же подтверждает полет птиц. И нет другой жидкости, которая еще яснее, чем воздух, сопротивлялась бы движениям брошенных тел.

*Второй закон природы:
всякое движущееся тело
стремится продолжать свое
движение прямолинейно*

XXXIX. Второй закон природы таков. Каждая частица материи, рассматриваемая в отдельности, всегда стремится продолжать движение не по какой-либо кривой линии, а исключительно по прямой, хотя многие из частиц начинают отклоняться от этого пути в силу встречи с иными частицами и, значит, как было сказано раньше, во всяком движении образуется некоторого рода круг изо всей одновременно движущейся материи. Причина этого закона та же, что и предыдущего, а именно, простота и неизменность акта, с помощью которого бог сохраняет движение в материи. Он сохраняет движение только таким, каково оно в данный момент, безотносительно к тому, каким оно случайно было немного ранее. И хотя нет движения, которое происходило бы одномоментно, ясно однако, что все, движущееся в различные моменты, которые могут быть отмечены во время

либо сторону по прямой линии, но отнюдь не по кривой

Так, например, камень A , вращаемый в праще EA по кругу ABF , в момент прохождения через точку A определен, конечно, в движении в некотором направлении, и именно в направлении по прямой к C , т.е. так, что прямая AC будет касательной к кругу. Нельзя представить, что камень определен к какому-нибудь криволинейному движению. Ибо, если сначала он и направлялся из L к A по кривой линии, то ничего из этой кривизны не могло остаться, когда он достиг точки A . И опыт подтверждает это, потому что как только камень выпадает из пращи, он будет продолжать движение в направлении к C , а не к B . Отсюда следует, что всякое тело, движущееся по кругу, стремится отойти от центра описываемого круга. Это мы чувствуем по самой руке, когда вращаем

[190/362]

камень в праще. Так как этим рассуждением мы часто станем пользоваться в дальнейшем, то его должно внимательно заметить; подробности будут изложены ниже.

*Третий закон природы:
если движущееся тело
встречает другое, облада-
ющее большей силой, оно не
теряет своего движения, если
же встречает тело, облада-
ющее меньшей силой, кото-
рое оно может привести в
движение, то теряет его
(движение) столько, сколько
передает ему, обладающему
меньшей силой телу.*

XL. Третий закон природы таков. Когда движущееся тело при встрече с другим телом для продолжения движения по прямой обладает меньшей силой, чем это второе тело, противостоящее первому, то последнее обращается в другую сторону, причем, удерживая свое движение, теряет лишь направление движения; если же данное тело имеет большую силу, то движет за собой встречное тело и сколько скорости придает ему из своего движения, ровно столько само теряет. Таким образом, мы на опыте убеждаемся, что все твердые тела, будучи брошены и ударяясь об иное твердое тело, не прекращают в силу этого движения, но отлетают в противоположную сторону, и, наоборот, встречая на пути мягкие тела, тотчас передают последним все свое движение и потому сами немедленно приходят в покой. Все частные причины изменения частиц тела заключены в этом третьем законе; это верно, по крайней мере, относительно изменений телесных, ибо силу, с какою движут тела человеческие и ангельские душа, мы теперь не исследуем, а оставляем ее до того, как станем трактовать о человеке.

*Доказательство первой ча-
сти этого закона*

XLI. Первая часть этого закона доказывается тем, что существует различие между движением, рассматриваемым само по себе, и его направлением в определенную сторону; почему и бывает, что это направление может изменяться при неизменности движения в целом. Если, как сказано выше, какая-либо простая, а не составная вещь всегда сохраняет

данное движение, пока оно не нарушится известной внешнею причиною, то при столкновении с твердым телом ясно, что за причина препятствует движению другого встречного тела оставаться определенным к тому же направлению; но это не причина тому, чтобы уничтожалось или уменьшалось движение, ибо движение движению не противоположно; отсюда следует, что движение не должно уменьшаться.

[191/363]

*Доказательство второй
части этого закона*

XLII. Вторая часть закона выводится из неизменности действий бога, непрерывно сохраняющего мир с тою самою деятельностью, с которой бог создал последний. Раз все наполнено телами и тем не менее движение каждого тела направляется по прямой линии, то богом предусмотрено при начале мироздания, чтобы не только различные частицы мира двигались различным образом, но вместе и то, чтобы они побеждали прочие частицы и переносили на них свое движение; значит, сохраняя в частицах материи одну и ту же деятельность по тем же законам, с которыми они созданы, бог сохраняет движения частиц одной и той же материи не всегда определенными, но переходящими из одних в другие, смотря по тому, как частицы взаимно встречаются. Таким образом это вечное изменение сотворенного мира является доказательством неизменности бога.

*В чем заключается сила
каждого тела для воздей-
ствия или сопротивления*

XLIII. Здесь же надобно старательно заметить, в чем заключается сила каждого тела при воздействии на другое тело или при сопротивлении действию последнего: она заключается, понятно, в одном том, что каждая вещь стремится, поскольку это в ее силах, пребывать в том самом состоянии, в котором находится, согласно закону, выдвинутому на первое место. При этом тело, соединенное с другим телом, имеет некоторую силу препятствовать разъединению; подобным же образом разъединенное тело обладает силой оставаться разъединенным, покоящееся — пребывать в своем покое и, следовательно, противостоять всему, что могло бы изменить этот покой, а движущееся тело стремится сохранить

свое движение, т.е. движение одной и той же скорости и направления. Эта сила должна определяться как величиной тела, в котором заключена, и поверхности, которой данное тело соприкасается с другими телами, так и скоростью движения и природой, равно с противоположностью рода, с какой сталкиваются различные тела.

Что движение не противопоставляется другому движению, но лишь покою, и определение движения в одном направлении определению в другом направлении

XLIV. Нужно заметить при этом, что одно движение никоим образом не противопоставляется другому, равному по скорости. Здесь, собственно, есть только двоякого рода противоположность. Одна — между движением в покоем, или даже

[192/364]

между ускорением и замедлением движения, поскольку, конечно, это замедление причастно природе покоя. Другая противоположность — между определением движения к некоторому направлению и столкновением тела с телом, покоящимся или иначе движущимся в этом направлении. Эта противоположность будет большей или меньшей, сообразно направлению, в котором движется встречное тело.

Как можно определить при помощи нижеследующих правил, насколько встречающиеся тела изменяют свои движения

XLV. Раз мы можем определить, при каких условиях отдельные тела увеличивают и уменьшают свои движения или обращают их в иные стороны при встрече с другими телами, то следует лишь учесть, сколько в каждом из них силы для движения или для сопротивления движению, и принять за достоверное, что остаток большей силы всегда выступает с своим действием. Это легко может поддаться учету, если сталкиваются

два вполне твердых тела, так сверх того делимых, что их движению не препятствует и не способствует ни одно из прочих окружающих тел. Тогда-то и наблюдаются следующие правила:

Первое

XLVI. Во первых, если эти два тела, положим, B и C , совершенно равновелики и движутся с одинаковой скоростью, B — справа налево, а C в направлении к B — слева направо, то, сталкиваясь друг с другом, тела обращаются назад и продолжают двигаться B вправо, а C влево, не теряя ничего в своей скорости.

Второе

XLVII. Во-вторых, если B несколько больше C , то при прежних прочих условиях, назад обращается одно C и, таким образом, каждое из тел движется налево с тою же прежнею скоростью.

Третье

XLVIII. В-третьих, если тела равновелики, но B движется несколько скорее C , то оба тела будут не только продолжать движение налево, но из B в C перейдет половина той скорости, которою B превосходит C ; т.е., если в B имелось раньше 6 единиц скорости, а в C только четыре, то после взаимной встречи каждое из тел устремится налево со скоростью в пять единиц.

[193/365]

Четвертое

XLIX. В-четвертых, если тело C , обладающее несколько большей величиной, чем B , покоится, то B , двигаясь к C с какой угодно скоростью, никогда не сдвинет C , а само отгоняется последним в обратную сторону. Ибо покоящееся тело более сопротивляется значительной скорости, нежели малой, — и это происходит в соответствии с различием величин тел; а потому всегда в C будет бóльшая сила для сопротивления, чем в B сила для толчка.

Пятое

L. В-пятых, если покоящееся тело C меньше B , то последнее, при сколь угодно медленном движении по направлению к C , после столкновения будет двигать C с собою, перенося в него такую долю своего

движения, которая нужна, чтобы оба тела продолжали движения с равной скоростью. Если V вдвое больше C , то оно перенесет в C третью часть своего движения, так как эта третья часть будет двигать C столь же быстро, как две оставшиеся будут двигать вдвое большее V . Поэтому после встречи с C , V замедлит движение на одну треть против прежнего, т.е. чтобы подвинуться на расстояние двух шагов, для него потребуется то время, которое раньше требовалось для прохождения трех шагов. Равным образом, если V будет втрое больше C , то оно передаст последнему четвертую часть своего движения; то же и в иных случаях.

Шестое

LI. В-шестых, если покоящееся тело C оказывается вполне равно-великим движущемуся к нему V , то C будет отчасти побуждаться последним вперед, а отчасти будет отталкивать V ; так, если V приближается к C со скоростью четырех единиц, то оно сообщит C одну единицу скорости, а со скоростью оставшихся трех единиц направится в обратную сторону.

Седьмое

LII. Наконец, если V и C движутся в одном и том же направлении, C медленнее, а V , следующее за ним, — быстрее, так что, в конце концов настигает C , — и если при этом C больше V , но преизбыток скорости V больше, чем преизбыток величины C , то V переносит в C столько из своего движения, сколько нужно, чтобы оба тела двигались после с равной скоростью и в одну и ту же сторону. Но если, напротив, избыток скорости в V меньше, чем избыток величины C , то V отскакивает в обратную сторону, сохраняя все свое движение. Избыток же высчитывается здесь так: если C вдвое больше V , а V не движется вдвое быстрее C , то V не только не гонит вперед C , но само возвра-

[194/366]

щается назад; если же V движется более чем с двойною скоростью, то толкает C . Так, если C имеет лишь две единицы скорости, а V — пять, то две единицы скорости отнимаются от V и, перемещаясь в C , составляют лишь одну единицу, потому что C вдвое больше V . Отсюда и вытекает, что оба тела, V и C после столкновения движутся каждое с тремя единицами скорости; так же должно рассуждать и в остальных случаях. И не нуждается все это в проверке, ибо явствует само по себе⁹⁵.

95 См. примечание Таннер в конце второго отрывка. *Прим. ред.*

Что объяснение этих правил затруднительно, так как с каждым телом одновременно сталкиваются несколько тел

LIII. Но благодаря тому, что не может быть тел, так отделенных от всех остальных в мире, и не бывает обычно вокруг нас тел, совершенно изолированных, определение того, насколько изменяется движение отдельных тел вследствие их столкновения с другими телами, очень затрудняется. Вместе с тем должно принимать во внимание все случающееся вокруг тела, а также то, что действия тел весьма различны, смотря по тому, тверды тела или жидки. Здесь и должно исследовать, в чем состоит их различие.

В чем существо тел твердых и жидких

LIV. Именно через свидетельство чувства мы познаем только то, что частицы жидкостей легко выступают из своих мест и потому не сопротивляются направленным против них движениям наших рук; наоборот, частицы твердых тел так взаимно сцеплены, что их невозможно разъединить без силы, достаточной для преодоления сцепления. И исследуя напоследок, как случается, что одни тела уступают свои места иным телам без особого усилия, другие же тела далеко не так легко, мы быстро подметим, что тела, уже находящиеся в движении, не препятствуют другим телам занимать оставленные ими места, а покоящиеся тела могут быть вытолкнуты из своих мест только с известным усилием: отсюда легко заключить, что тела, которые поделены на множество различно движущихся мелких частиц, жидки; тверды же тела, все частицы которых, будучи взаимно связаны, покоятся.

Что нет ничего другого что бы соединяло части твердых тел, кроме того, что они находятся в состоянии покоя по отношению друг к другу

LV. Мы не в состоянии выдумать никакого клея, который слеплял бы между собой частицы твердых тел крепче, чем их

[195]

сцепляет покой. Да и чем бы мог быть этот клей? Не субстанцией: ибо раз те частицы — субстанции, то нет основания, сцепляться посредством иной субстанции лучше, чем сцеплялись бы они сами по себе; равно и не модусом, отличным от покоя; нет модуса, более противоположного движению, разделяющему эти частицы, чем покой последних. А помимо субстанций и их модусов нам не известен никакой иной род вещей.

*Что частицы жидких тел
находятся в движении одина-
ково в различных направле-
ниях и что ничтожнейшая
сила достаточна для того,
чтобы привести в действие
окруженное ими твердое тело*

LVI. Что касается жидкостей, то хотя для чувства и незаметны движения их частиц, так как последние очень малы, легко, однако, выводятся эти движения из результатов, — особенно в воздухе или в воде, — именно из того, что этими частицами разрушается множество других тел. И ведь ни одно телесное действие, каким и является такое разрушение, не может происходить без местного движения; причины движения этих частиц будут указаны ниже. Но затруднение в том, что эти частички не могут все одновременно переноситься в любую сторону; однако, кажется необходимым, чтобы частицы не препятствовали движению тел, приближающихся с какой-либо стороны; а они, действительно, этим телам не препятствуют. Так, например, если твердое тело *B* движется к *C*, и некоторые из частиц посредствующей жидкости несутся обратно, от *C* к *B*, то они не только не поддерживают движения *B*, а, напротив, более препятствуют ему, чем если бы они были совершенно неподвижны.

Чтобы разрешить это затруднение, должно вспомнить, что не движение, а покой противоположен движению, и что направление движения в одну сторону противоположно направлению его в другую сторону, как уже сказано; а также надлежит вспомнить и то, что все движущееся стремится продолжать движение по прямой линии. Из этих положений явствует, во-первых, что пока твердое тело *B* покоится, оно этим своим покоем

противостоит вместе взятым движениям частиц жидкостей D более, чем - то делало бы двигаясь. Наконец, что касается направления, то, конечно, верно, что сколько частиц жидкости D движется от C к B , столько же движется их в противоположном направлении; эти последние частицы суть те, которые, направляясь от C , столкнулись с поверхностью тела B и, наконец, были оттолкну-

[196]

ты назад к C . Поэтому отдельные из них, если их рассматривать самих по себе, ударившись о тело B , подвинули бы его к F и, следовательно, более помешали бы ему двигаться к C , чем если бы были неподвижны; но ведь столько же частиц стремится от F к B , и толкает последнее к C ; вследствие этого в данном случае B одинаково испытывает толчок в ту и в другую сторону и потому, если не приходится как условие что-либо иное, B пребывает в покое. Какой бы фигуры, по нашему предположению, ни было тело, его всегда гонит одинаковое число частиц с той и с другой стороны, раз только сама жидкость движется в одну сторону не больше, чем в другие. И мы должны предполагать, что B со всех сторон окружено жидкостью DF ; и ничуть не важно, если в F не таково же количество жидкости, как в D , потому что эта жидкость действует против B не как целое, а только теми своими частями, которые касаются поверхности B . До сих пор мы смотрели на B как на неподвижное тело; теперь положим, что оно побуждается к C известной откуда-либо идущей силой; этой силы (сколь бы мала она ни была) достаточно не только для собственного движения B , но и для столкновения его с частицами жидкости DF и для того, чтобы направить последние к C , сообщив им часть собственного движения.

Доказательство предыдущего параграфа

LVII. Чтобы яснее понять это, предположим, во-первых, что твердого тела еще нет в жидкости DF , но что частицы $a e i o a$, расположенные в виде кольца, кругообразно движутся в направлении $a e i$, а другие частицы $o u a o$ подобным же образом движутся в направлении $o u$: если данное тело жидко, то его частицы, как сказано, должны двигаться различным образом. Если теперь и этой жидкости DF между частицами a и o находится твердое тело B , — что, спрашивается, должно произойти? Разумеется, частицы $a e i o$, которым препятствует тело B , не могут перейти от a к

о, чтобы закончить круг своего движения; также и частицам $o u u a$ тело B мешает переходить от a к o ; частицы, направляющиеся от $i k o$, толкают B к C , а идущие от u к a настолько же отгоняют его к F ; поэтому одни они не имеют силы двинуть B , но возвращаются от o к i , от a к o , и круговращение из двух превращается в одно, именно в порядке означенных $a e i o u u a$. Итак, вследствие столкновения с телом B никоим образом не прекращается движение частиц, но изменяется лишь определение направления, и частицы не идут по линии прямой или приближающейся к прямой, как шли бы не столкнулись они с B . Когда, наконец, привходит некоторая новая сила, побуждающая B к C , то эта сила, сколь угодно малая,

[197]

будучи связанной с частичкой жидкости, превзойдет ту, посредством которой частицы, направляющиеся от u к a , отгоняют B в противоположную сторону; поэтому ее достаточно для изменения их направления и для того, чтобы частицы относились в порядке $a u i o$, поскольку это требуется для устранения препятствия движению B . То, что я говорю здесь о частицах $a e i o u u$, должно разуметь и относительно всех прочих частиц DF , сталкивающихся с B ; достаточно присоединить к ним самую маленькую силу, чтобы изменить их направление. И хотя, быть может, ни одна из частиц не описывает тех именно кругов, которые на Рис. 52 представлены линиями $a e i o$ и $o u u a$, однако несомненно, что все частицы движутся кругообразно путями, равнозначными данному.

*Что тело нельзя считать
целиком жидким по отношению
к твердому телу, которое
оно окружает, если некоторые
частицы его движутся
медленнее, чем это твердое
тело*

LVIII. Следовательно, при таком изменении направления частиц жидкости, препятствующих телу B двигаться к C , B начинает двигаться; и оно движется с той же скоростью, с которой толкает его сила, отличная от силы жидкости, если предположить, что в последней нет частиц,двигающихся быстрее или по крайней мере с такую же скоростью. Ибо, если отдельные из частиц движутся медленнее, то жидкость теряет природу

текучести и уже не достаточно маленькой силы, чтобы двинуть находящееся в этой жидкости твердое тело, а требуется сила, которая превосходит бы сопротивление, оказываемое медленностью этих частиц жидкости. И потому мы часто замечаем, что воздух, вода и иные жидкости оказывают сильное сопротивление телам, движущимся в них очень быстро, и без всякого сопротивления поддаются, когда твердые тела передвигаются медленно.

Что твердое тело, получив толчок от другого тела, получает все приобретенное им движение не только от него, но частью и от окружающего его жидкого тела

LIX. Но если тело B так движется к C , должно думать, что оно получает свое движение не от внешней движущей силы, но скорее со стороны частиц жидкости; так, понятно, что те частицы, которые составляют круги $a e i o$ и $a u i o$, отдадут из своего движения столько, сколько получают его частицы твердого тела B , находящиеся между o и a , при этом сами они уже попадают в часть круга $a e i o$ и $a u i o a$: хотя, по мере того

[198]

как позднее проходят к C , они соединяются с новыми частицами жидкости.

Что оно, однако, не может получить большую скорость, чем та, которую ему дало твердое тело

LX. Остается объяснить здесь, почему я прежде не сказал, что направление частиц $a u i o$ изменяется не абсолютно, но лишь насколько требуется, чтобы они не препятствовали движению тела B . Именно потому, что тело u не может двигаться скорее того, как оно двинуто привходящей силой, хотя часто все частицы жидкости DF обладают гораздо большим движением.

Одно из тех положений, которые должны нами особенно

соблюдаться среди наших размышлений, это — не приписывать ни одной причине того, что превосходит ее силу. Так, положим, что твердое тело В, двигавшееся прежде в среде жидкости DF , теперь некоторой внешней силой, например силой руки, побуждается замедлить движение; так как здесь только этот толчок моей рукой является причиною движения тела, то не должно полагать, что оно движется скорее, чем толкается; и если бы все частицы жидкости двигались значительно быстрее, не должно было бы считать, что они необходимо предназначены к кругообразным движениям $a e i o a$ и $a u i o a$ или подобным, которые быстрее этого толчка; как скоро частицы более побуждаются, они сами начнут двигаться в каком угодно ином направлении, нежели прежде.

Что жидкое тело, движущееся целиком в каком-нибудь направлении, увлекает с собой все твердые тела, которые оно содержит в себе или окружает

LXI. Из этого ясно видно, что твердое тело, покоящееся в жидкости и окруженное последнею, находится там как бы в равновесии, и что сколь велико оно ни было бы, всегда однако достаточно самой незначительной силы, чтобы оттолкнуть его в ту или другую сторону; та сила или приходит извне, или заложена в том, что жидкость несется в одну какую-либо сторону, подобно тому как волны несутся к морю или ветер Эвро в целом несется на запад. Раз так происходит, то необходимо, чтобы твердое тело, находящееся в подобной жидкости, несло вместе с последнею: и этому не препятствует правило четвертое, согласно которому, как раньше сказано, покоящееся тело не может быть толкаемо никаким иным меньшим телом, сколь быстро это последнее ни двигалось бы.

[199/371]

Что нельзя, собственно говоря, сказать, что твердое тело движется, если оно увлекается таким образом жидким телом

LXII. Если мы обратим внимание на истинную и абсолютную причину движения, которая состоит в перенесении движущегося тела из соседства иных, сцепленных с ним тел, и на то, что эта причина в каждом из взаимно сцепленных тел равна, хотя и не называется обычно одним и тем же именем, мы вполне убедимся, что твердое тело, уносимое содержащей его жидкостью, движется далеко не так, как двигалось бы оно, не будь уносимо последнею; ведь в первом случае твердое тело менее удаляется от окружающих частиц жидкости.

*Как объяснить то, что
некоторые тела так тверды,
что не могут быть разделены
нашими руками, хотя они и
меньше рук по величине*

LXIII. Остается еще случай, где опыт, по-видимому, противоречит ранее найденным правилам движения; именно тот случай, когда мы наблюдаем во многих телах, значительно меньших, чем наши руки, столь тесное сцепление, что никакая ручная сила не в состоянии разъединить эти тела. И если частицы не сцеплены никаким иным клеем помимо покоя одних частиц подле других, и если всякое покоящееся тело может быть побуждаемо большим движущимся телом, то неясно с первого взгляда, почему, например, железный гвоздь или другое небольшое, но очень твердое тело не может быть разделено пополам одною силою наших рук. Ведь каждая половина этого гвоздя принимается за одно тело, и так как эта половина меньше нашей руки, то кажется, что она должна иметь возможность двигаться собственною силою руки и таким образом отделяться от другой половины. Но нужно заметить, что наши руки мягки и скорее приближаются к природе жидких, а не твердых тел, а потому обычно не целиком направляются на тело, движимое ими, но лишь тою своею частью, которая касается данного тела. Так как в этом случае половина гвоздя, как скоро она отделена от другой половины, рассматривается как одно тело, то и часть руки, ближе касающаяся этой половинки гвоздя и меньшая последней, поскольку может быть отделена от других частей руки, рассматривается как другое тело; так как она легче отделяется от остальной части руки, чем соответственная часть гвоздя от его остальной части, и это отделение происходит с чувством боли, то мы и не можем сломать железный гвоздь рукой; если же я пожелаю сделать это, то, вооружась пилой, клещами или иными инструментами, чтобы их силой разделить тело на части

[200]

меньшие, чем тело, которым мы пользуемся, с помощью этих орудий можно преодолеть любую твердость тела.

Что я не принимаю в физике никаких принципов, которые бы не были также приняты в математике, для того, чтобы иметь возможность наглядно доказать все, что я выведу из них, и что эти принципы достаточны, тем более, что с их помощью могут быть объяснены все явления природы

LXIV. Я не прибавлю здесь ничего ни о фигурах, ни о том, как разнообразно бесчисленным изменениям последних следуют бесконечные видоизменения движения: это ясно само собой обнаружится, когда наступит время поведи о том речь. Я предполагаю, что мои читатели уже знают основные элементы геометрии или, по крайней мере, обладают умом, в достаточной степени способным понимать математические доказательства. Я совершенно открыто признаюсь, что мне неизвестна иная материя телесных вещей, как только всячески делимая, имеющая фигуру движимая, иначе говоря, только та, которую геометры обозначают величинами и принимают за объект своих доказательств. И совершенно ничего в той материи не содержится сверх отмеченных делений, фигур и движения; и ничто не принимается за верное относительно нее, что не выводилось бы из тех общих понятий, в истинности которых не следует сомневаться, и чего нельзя было бы считать за математическое доказательство. Вследствие того, что этим путем, как обнаружится из последующего, могут быть объяснены все феномены природы, мне думается, не должно допускать никаких иных оснований физики, да и не должны они требоваться.

П. ТАННЕРИ

ПРИМЕЧАНИЕ I К ЗАКОНАМ О СОУДАРЕНИИ ТЕЛ У ДЕКАРТА⁹⁶

Как известно, законы движения тел при соударении были даны Декартом неправильно. Ряд устанавливаемых им законов находился в резком противоречии с опытом. В приводимых примечаниях Таннера к «Началам» Декарта дан разбор неправильных положений и указано, в чем они расходятся с правильной трактовкой проблемы.

[201]

Мне казалось полезным точно указать здесь, чем семь декартовских законов, относящихся к соударению тел, отличаются от теоретических законов механики, применимых в подобных случаях (к идеально твердым телам, изолированным от всех остальных, не воздействующим друг на друга до момента удара и, наконец, движущимся по прямой линии, соединяющей их центры тяжести, причем эта прямая проходит также через точку их соприкосновения при ударе).

Эти теоретические законы заключены в одной формуле, которая выводится из теоремы о сохранении центром тяжести (предполагается, что он неподвижен) количества движения и теоремы о сохранении живых сил, доказанной в аналитической механике для всякой изолированной системы.

Если обозначим через B и C массы двух тел, обозначенные теми же буквами у Декарта, и если назовем их скорости через b и c до соударения и через β и γ после соударения (скорости, рассматриваемые как положительные, в одном принятом направлении), упомянутые выше теоремы дадут следующие отношения:

$$(1) \quad Bb + Cc = B\beta + C\gamma.$$

$$(2) \quad Bb^2 + Cc^2 = B\beta^2 + C\gamma^2.$$

$$(3) \quad \beta = b - \frac{2C(b-c)}{B+C}, \quad \gamma = c + \frac{2B(b-c)}{B+C}.$$

и отсюда выводят общие формулы:

Но так как в шести первых законах Декарт предполагает, что тела имеют движения, направленные в противоположные стороны (или одна

⁹⁶ P. Tannery. Примечание к Principes de Philosophie Декарта, помещенное в Oeuvres de Descartes. Ed. Ch. Adam et P. Tannery, т. IX. стр. 327–330.

из них равна нулю), то для того чтобы облегчить сравнение с текстом Декарта, заменим для этих шести законов c на $-c$, γ на $-\gamma$ и поместим формулы в следующем виде:

$$(3) \quad \beta = b - \frac{2C(b-c)}{B+C}; \quad \gamma = c + \frac{2B(b-c)}{B+C}.$$

1-й закон. Ц, 46 (стр. ...). *Предположение:* $V = C$; $b = c$;
имеем $\beta = -b$; $\gamma = -b$.

Оба тела отражаются, сохраняя ту же абсолютную скорость. Декарт принял тот же закон.

2-й закон. II, 47 (стр. 358). *Предположение:* $V > C$, $b = c$; $\beta = \frac{B-3C}{B+C} b$;
 $\gamma = -\frac{3B-C}{B+C} b$.

Тело C всегда отражается со скоростью, по абсолютной величине большей, чем прежняя; тело B , в зависимости от соот-

[202]

ношения масс, может либо следовать, но с меньшей скоростью, за телом C , либо остановиться, если $V = 3C$, или, наконец, также отскочить обратно.

Декарт принимает, что тело C всегда, отражается с одной и той же скоростью, равной по абсолютной величине прежней скорости, и что B следует за ним с той же скоростью ($\beta = \gamma = b$).

Живая сила системы остается постоянной; движение центра тяжести системы увеличивается в отношении

3-й закон: II, 48 (стр. 358). *Предположение:* $V = C$, $b > c$;
 $\beta = -c$; $\gamma = -b$.

Тела отражаются в разные стороны, обменявшись скоростями.

По Декарту, наоборот, отражается одно лишь C и оба тела продолжают двигаться, оставаясь соединенными, со скоростью, равной среднему арифметическому из абсолютных величин прежних скоростей ($b = -T =$

Живая сила системы уменьшится тогда настолько, насколько b будет больше c ; движение центра тяжести ускорится в отношении $b + c$

$b - c$
 4-й закон. II, 49 $\beta = -\frac{C-B}{C+B} b$; $\gamma = \frac{2B}{B+C} b$ (стр. 359). Предположение: $C > B$; $c = 0$;

После соударения оба тела двинутся в противоположные направления. Согласно Декарту, С остается в покое, В же отразится, сохраняя абсолютную величину своей скорости ($\beta = -b$; $c = 0$). Живая сила остается неизменной, движение венгра

тяжести изменит направление.

5-й закон. II, 50 (стр. 359). Предположение: $C < B$; $c = 0$; $\beta = \frac{B-C}{B+C} b$;
 $\gamma = \frac{2B}{B+C} b$.

После соударения оба тела двинутся в одном направлении. С получает скорость большую, чем В. Декарт принимает, наоборот, что В и С получают обитую скорость $\frac{B}{B+C} b$.

на этот раз его закон сохраняет движение центра тяжести, но уменьшает живую силу в отношении В

—

$B + C$

6-й закон. II, 51 (стр. 359). Предположение: $C = B$; $c = 0$;

$\beta = -0$; $\gamma = -b$.

[203]

Тело В останавливается, тело С получает его скорость.

По Декарту, тело В отражается, сохраняя три четверти своей абсолютной скорости; С же начинает двигаться со скоростью, равной четверти этой же скорости. При этом решении движение центра тяжести меняет свое направление, а живая сила системы уменьшается на три восьмых.

7-й закон. II, 52 (стр. 359). Оба тела движутся до соударения в одном направлении.

Мы вновь берем для этого седьмого закона общие формулы (3), предполагая, что c положительно. Так как для того, чтобы произошло соударение, нужно принять, что $b > c$, мы видим, что после соударения скорость С увеличилась, а скорость В уменьшилась, во всяком случае, настолько, чтобы стать меньше той, которую получает С. Это уменьшение может быть настолько велико, что В остановится, если $b/c = 2C/B - C$, (2) что требует, чтобы, по крайней мере, $B < 3C$. Оно может отразиться даже, если $b/c < 2C/B - C$, если В соответственно еще меньше.

Декарт различает два случая: $\frac{C}{B} < \frac{b}{c}$

1. В и С получают после соударения общую скорость если при $V > C$ или $\frac{Bb + Cc}{B + C}$ при $V < C$ имеем Общая скорость равняется приведенном им примере.

Движение центра тяжести сохраняется, есть потеря живой силы.

2. Если, напротив, $b/c < C/B$, то С продолжает свое движение с прежней скоростью, В отражается, сохраняя абсолютную величину своей скорости ($\beta = -b$; $\gamma = -c$). Тогда живая сила остается неизменной; движение центра тяжести, наоборот, уменьшается в отношении

$$Cc - ___ Bb$$

$$Cc + Bb$$

Нужно заметить, что для предельного случая, разделяющего эти два, а именно когда $b/c < C/B$, имеется некоторая неопределенность, так как законы Декарта приводят к противоположным результатам. Он нигде не указал, как он предполагал сгладить этот *saltus nanturae*⁹⁷ и применил ли бы он компромисс, подобный тому, который имеется о 6-м законе, где обстоятельства были аналогичны.

Нужно также заметить, что Декарт не исчерпал всех комбинаций, которые он должен был рассмотреть. Действительно

[204]

нехватает двух законов для случая неравных скоростей, направленных до соударения в разные стороны и соответствующих гипотезам:

(3) $b > c, V > C;$

(2) $b > c, V > C.$

Однако ни для того, ни для другого случая-нельзя с уверенностью найти решения, которые дал бы Декарт...

(На этом заканчивается примечание, найденное в бумагах П. Таннери. Оно, очевидно, не закончено и было прервано его смертью).

97 Скачок, который делает природа. Прим. ред.

[205]

ГОТФРИД ВИЛЬГЕЛЬМ ЛЕЙБНИЦ

1. Письмо по вопросу о том, заключается ли существо тела в протяженности.
2. Краткое доказательство достопамятной ошибки Декарта.
3. Рассуждение о динамике по поводу законов движения.
4. Письмо к Гюйгенсу (по вопросу о теории тяготения Ньютона).

[206/381]

ГОТФРИД ВИЛЬГЕЛЬМ ЛЕЙБНИЦ

ПИСЬМО ПО ВОПРОСУ О ТОМ, ЗАКЛЮЧАЕТСЯ ЛИ СУЩЕСТВО
ТЕЛА В ПРОТЯЖЕННОСТИ⁹⁸

1691 Г.

G. G. LEIBNIZ

LETTRE SUR LA QUESTION SI L'ESSENCE DU CORPS CONSISTE
DANS L'ETENDUE

Динамика Лейбница представляет важную составную часть его философской системы. Ранние работы Лейбница посвящены небесной механике и стремятся вывести движение небесных тел из общего принципа, который Лейбниц видит в солнце в исходящем от него действии, которое через заполняющий пространство эфир передается всем планетам и приводит их в движение.

Основная мысль Лейбница, выявленная уже в этих ранних работах, — это неразрывная связь материи и движения. «Всякая единичная субстанция непрерывно действует, не исключая даже и тела, в котором никогда не бывает покоя» («О природе в самой себе», 9).

«Телесная субстанция для Лейбница, — пишет Фейербах, — уже не только протяженная, мертвая, приводимая в движение масса, как у Декарта, а в качестве субстанции имеет в себе деятельную силу, не знающую покоя, — принцип деятельности».

«За это, верно, — замечает Ленин в своем конспекте Фейербаха, — и ценил Маркс Лейбница, несмотря на его «лассалевские» черты и примирительные стремления в политике и религии» (*Ленин*, Собр. соч., т. XII, стр. 129).

⁹⁸ Напечатано в *Journal des Scavants* 18 Juni 1691, p.259.

Перевод с французского сделан с издания *God. Gull. Leibnitu Opera Philosophica* ed. J.E. Erdmans Beiobru, 1840.

[207/382]

Здесь намечается глубокое расхождение между концепцией материи и движения Лейбница, с одной стороны, и Декарта и Ньютона, с другой.

Письмо Лейбница по вопросу о том, заключается ли существо тела в протяженности, относится к вопросу об основных характеристиках материального тела. Декарт видел основное и единственное свойство материального тела в протяженности; Лейбниц возражал против концепции пространства как геометрического тела и указывал на роль массы, как одной из основных характеристик тела.

Кроме того, Лейбниц считал движение неотъемлемым атрибутом материального тела, и это соображение играло большую роль в полемике о двух мерах движения, которая представлена ниже статьями Лейбница: «Кратное доказательство достопамятной ошибки Декарта» и «Рассуждение о динамике».

(Стр. 112–113)

Вы меня спрашиваете, какие причины заставляют меня думать, что понятие тела или материи включает в себя нечто иное, чем понятие о протяженности. Вы правильно отмечаете, что многие умные люди в настоящее время считают, что сущность тела заключается в его длине, ширине и высоте. Тем не менее есть еще много людей, которых нельзя обвинить в особенной любви к схоластике, не удовлетворенных этим определением.

Г-н Николь в одном месте своих трудов говорит, что он принадлежит к их числу, и ему кажется, что у тех, которых не пугают возникающие при этом затруднения, больше предубеждения, чем просвещенности.

Понадобился бы обстоятельный доклад, чтобы отчетливо объяснить все, что я по этому поводу думаю. Тем не менее вот некоторые соображения, которые я предлагаю на Ваше суждение и по поводу которых я очень прошу Вас высказаться.

Если бы существо тела состояло только в протяженности, то протяженность сама по себе должна была бы быть достаточной, чтобы объяснить все свойства тела. Но это не так. Мы в материи замечаем качество, которое некоторые называют естественной инерцией, благодаря которой тело сопротивляется, некоторым образом, движению, так что приводится употребить известную силу, чтобы привести его в движение (даже если мы отвлечемся от силы тяготения). Причем большое тело труднее вывести из покоя, чем маленькое. Так, например:

Пусть тело A , находясь в движении, сталкивается с телом B , находящимся в покое. Ясно, что если телу B было бы безразлично состояние движения или покоя, оно не сопротивлялось бы телу A и приводилось бы им в

[208/383]

движение, не уменьшат при этом скорости, не изменяя направления движения тела A ; и после столкновения A продолжало бы свой путь, а B , находясь впереди, двигалось бы совместно с ним. Но не так оно происходит в природе. Чем больше тело B , тем больше оно будет уменьшать скорость налегающего на него тела A и может даже, если оно гораздо больше, чем тело A , заставить тело A отразиться.

Если же в телах не было бы ничего кроме протяженности или положения, т.е. тех свойств, которые известны геометрам, плюс понятие изменения, то эта протяженность относилась бы совершенно безразлично к изменению, и тогда результаты столкновения тел должны были бы всецело объясняться геометрическим сложением движения.

Другими словами, тело после взаимодействия с другим телом обладало бы движением, составленным из натиска (импульса), которое оно имело до толчка, и того натиска, которое оно получит от второго тела, т.е., в случае столкновения двух движущихся в противоположных направлениях тел, первое тело пойдет со скоростью, равной разности обеих скоростей и по направлению своего первоначального движения.

Так, скорость $2A3A$ или $2B3B$ на Рис. 54 равна разности скоростей между $1A2A$ и $1B2B$; в случае же, когда одно тело догоняет другое (Рис. 55), когда более быстрое догоняет более медленное, которое находится впереди, то более медленное после толчка приобретает скорость более быстрого, и, вообще говоря, после взаимодействия они будут идти дальше вместе, как я на это указал вначале в специальном случае, когда второе тело находится в покое, тело, находящееся в движении, захватит с собой находящееся в покое, не уменьшая при этом своей скорости, — все это должно было бы быть справедливо, независимо от того, какова величина тел и равны или неравны они между собой, что совершенно несовместимо с опытными данными. Если мы даже предположим, что величина тела должна оказывать влияние на его движение, то мы все же не имели бы принципов, на основании которых можно было бы установить, в чем именно заключается это влияние и узнать направление и скорость результирующего движения. Во всяком случае, пришлось бы склониться к мнению,

[209/384]

что сохраняется количество движения, тогда как думаю, что я доказа⁹⁹, что сохраняется сила и что ее количество отлично от количества движения.

Все это заставляет заключить, что в материи, помимо геометрических свойств — протяженности и изменения, а также и изменения самого по себе, — есть еще нечто другое. Если вдуматься, приходишь к заключению, что нужно ко всему присоединить некоторые понятия высшего или метафизического порядка, а именно понятия субстанции, действия и силы. Эти понятия предполагают, что все, что воспринимает действие, должно в свою очередь оказывать действие, и то, что действует, должно испытывать противодействие, следовательно, тело, находящееся в покое, не может быть увлечено другим, находящимся в движении, не изменив при этом в какой-либо мере направления и скорости движущегося тела.

Я, конечно, согласен с тем, что всякое тело, естественно, имеет протяженность и что нет протяженности без тела. Тем не менее не нужно смешивать снятия места-пространства и понятия протяженности в ее чистом виде, с понятием материи, которая кроме протяженности включает в себя понятие сопротивления, т.е. способность действовать и способность воспринимать действие. Это замечание мне представляется очень существенным не только, чтобы познать сущность материи, но также, чтобы не пренебрегать в физике принципами высшего и нематериального порядка в ущерб истинной вере.

Так что, хотя я и убежден, что все материальные явления в природе сводятся к механике, я все же думаю, что сами принципы механики, т.е. основные законы движения, имеют более возвышенную основу, чем те объяснения, которые может дать чистая математика. И я полагаю, что если бы это было более известным и принималось во внимание, то многие верующие не были бы такого плохого мнения о корпускулярной философии (*Philosophie corpusculaire*) и современные философы лучше бы сочетали познание природы с познанием ее творца.

Я не распространяюсь о других свойствах, касающихся природы тел, — это завело бы меня слишком далеко.

* * *

99 В. Acta Eruditorum 168A См. ниже стр. 379 и след. *Прим. ред.*

[210/385]

ГОТФРИД ВИЛЬГЕЛЬМ ЛЕЙБНИЦ

КРАТКОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ДОСТОПАМЯТНОЙ ОШИБКИ
ДЕКАРТА И ДРУГИХ ОТНОСИТЕЛЬНО ЗАКОНА ПРИРОДЫ,
СОГЛАСНО КОТОРОМУ, ПО ИХ МНЕНИЮ, БОГОМ ВСЕГДА
СОХРАНЯЕТСЯ ТО ЖЕ САМОЕ КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ И
КОТОРЫМ ОНИ ЗЛОУПОТРЕБЛЯЮТ В МЕХАНИКЕ.
1686 Г.

G.G. LEIBNIZ

BREVIS DEMONSTRATIO ERRORIS MEMORABILIS CARTESII ET
ALIORUM CIRCA LEGEM NATURAE, SECUNDFLUM QUAM VOLUNT A
DEO EANDEM SEMPER QUANTITATEM MOTUS CONSERVARI QUA ET
IN RE MECHANICA

ABUTUNTUR

(Стр. 161-163)

ПРИМЕЧАНИЕ К ПИСЬМУ N. 2489 ГЮЙГЕНСА РЕДАКТОРУ ЖУРНАЛА *Nouvelles de la R^epublique des lettres* от 8 окт. 1687 г.

Перевод сделан из изд. Chr. Huygeus, *Oeuvres completes*, Ed. La Haye, 1901, т. IX, стр. 224.

В *Acta Eruditorum* за март 1686 г. Лейбниц поместил следующую статью¹⁰⁰:

Г. Г. Л. (G. G. L.). Краткое доказательство достопамятной ошибки Декарта и других относительно закона природы, согласно которому по их мнению, богом всегда сохраняется то же самое количество движения и которым они злоупотребляют в механике. Сообщено в письме от января 1686 г.

Лейбниц доказывает здесь, что в природе сохраняется не движущая сила (*vis motrix*) и не количество движения (*quantitas motus*) или

[211/386]

произведение массы на скорость, но сила поднятия (*vis reasurgendi vel elevandi*), т.е. произведение массы на квадрат скорости.

Этот принцип был уже задолго до того высказан Гюйгенсом

100 Матер. и докум. по истории физики

при изложении их закона удара твердых тел (см. выше стр. 298) и сл. в *Horologiuw pscillatorium* он построил на этом принципе свою теорию сложного маятника.

В своей статье Лейбниц, указав на странность того, что ни Декарт, ни ученые его школы не подумали о таком простом доказательстве, высказал следующее замечание: «Что касается до последователей Декарта, то я боюсь, как бы некоторые из них не начали подражать большинству перипатетиков, которых они поднимают насмех, т.е. не взяли за обычай черпать свои познания не из здравого смысла и из природы вещей, а из книг своего учителя». Лейбниц заканчивает свою статью указанием на то, что, вследствие ошибки последователей Декарта, некоторые ученые недавно подвергли сомнению закон Гюйгенса о центре качания маятника.

Аббат де-Кателан, ревностный последователь Декарта, который почувствовал себя лично задетым, по-видимому, не захотел остаться в долгу. Он напечатал в *Nouvelles de la République des Lettres* за сентябрь 1686 г. статью, которой предшествовал перевод вышеназванной статьи Лейбница и которая была озаглавлена: «Краткая заметка г-на аббата Д.К., в которой Г.Г. Лейбницу доказывается ошибка в доказательстве, содержащемся в приведенном выше возражении».

Лейбниц ответил статьей в февральском номере 1687 г.; де Кателан поместил свои возражения в июньском номере, и спор, наконец, закончился статьей Лейбница в сентябрьском номере *Nouvelles de la République des Lettres* за 1687 г. В конце этой статьи Лейбниц предлагает ту проблему, которой посвящена настоящая заметка; он говорит: «Я добавлю только, в виде заключения, что я согласен с господином аббатом в том, что можно измерять силу временем, но это нужно делать осторожно. Например, мы познаем приобретенную силу по тому времени, которое тяжелое тело затратило на ее приобретение при опускании, если нам известна линия опускания; ибо время измеряется в зависимости от большего или меньшего наклона этой линии; зато нам достаточно знать высоту точки отправления, чтобы судить о силе, которую тело приобрело, опускаясь с этой высоты. Именно эта разница времен намела мою мысль на очень интересную проблему, которую я только что разрешил и которую я хочу отметить здесь, чтобы наш спор был сколько-нибудь полезен для преуспевания науки: требуется найти линию опускания, по которой тяжелое тело опускалось бы равномерно в равные промежутка времени приближалось бы к горизонту на равные расстояния. Господа последователи Декарта, вероятно, легко сумеют дать анализ этой проблемы».

Сообщено в письме от 6 января 1686 г. Перевод с латинского сделан из Acta Eruditorum, Anno MDCL XXXVI, Lipsiae, Mensi Martii N III.

[212/387]

Многие математики, видя, что в некоторых простых машинах массы и скорости взаимно выравниваются, вообще оценивают движущую силу по количеству движения или по произведению тела на скорость. Формулируя это более геометрически, можно сказать, что силы двух тел (одинакового рода), приведенных в движение и действующие одинаково как в смысле массы, так и в смысле движения, состоят между собой в сложном соотношении тел или масс и присущих им скоростей. Рассудок склонен предполагать, что в природе сохраняется неизменная движущая сила, которая не убывает, так как мы нигде не видим, чтобы одно тело теряло какую-либо силу, которая не передавалась бы другому телу, но я не возражает, так как нигде не происходит вечного механического движения, ибо чин одна машина и ни одно самодовлеющее (integer) небесное тело не могут увеличить свою силу без нового внешнего импульса. Этим объясняется то, что Декарт, который считал движущую силу и количество движения за понятия эквивалентные, пришел к выводу, что богом неизменно сохраняется в мире одинаковое количество движения.

Я же хочу доказать, что эти два понятия далеко не совпадают, и предполагаю, *во-первых*, что тело, падающее с определенной высоты, приобретает силу, могущую поднять его вверх на ту же высоту, если таково будет направление его движения и если не воспротивятся тому никакие внешние препятствия. Для примера укажу, на маятник, который возвращался бы в точности на ту же высоту, с какой он опустился, если бы сопротивление воздуха и иные препятствия того же порядка не поглощали известной части его энергии; но эти препятствия мы пока принимать во внимание не будем. *Во-вторых*, я допускаю, что для поднятия тела А весом в один фунт на высоту CD, равную 4 локтям, требуется столько же силы, сколько нужно для поднятия тела В, весящего 4 фунта, на высоту EF, равную 1 локтю. Со всем этим соглашаются последователи Декарта и другие философы и математики нашего времени. Отсюда следует что, падая с высоты CD, тело А приобретает ровно столько же силы, сколько тело В, падающее с высоты EF. Но тело А, сброшенное из С, достигает D, где оно, согласно первому предположению, приобретает силу обратного поднятия до С, т.е. силу поднятия тела весом в 1 фунт (тело соответственного веса) на высоту 4 локтей. Равным образом тело В, сброшенное из Е, достигнув

F, приобретает силу обратного поднятия до E, или согласно первому предположению, силу поднятия

[213/388]

тела весом в 4 фунта (т.е. тела соответственного веса) на высоту 1 локтя. Отсюда, согласно второму предположению, сила тела A, пребывающего в D, и сила тела B, пребывающего в F, равны.

Посмотрим теперь, будут ли количества движения в том и другом случае одинаковы. Против ожидания здесь обнаруживается большое расхождение. Я докажу это следующим образом. Галилей доказал, что скорость, приобретенная при падении с высоты CD, вдвое превышает скорость при падении с высоты EF. Умножим тело A, которое пусть будет 1, на его скорость, которая пусть будет 2; произведение, или количество движения будет 2. Затем умножим тело B, которое пусть будет 4, на его скорость, пусть равную 1; произведение или количество движения будет 4. Отсюда, количество движения тела A, пребывающего в D, равно половине количества движения в теле B, пребывающем в F, и тем не менее силы, которые были обнаружены незадолго перед тем, были в обоих случаях равны. Итак, между движущей силой и количеством движения существует большая разница, и одно не может измеряться другим, что мы и стремились показать. Ясно, что силу нужно оценивать тем количеством действия, какое она способна произвести, например той высотой, на которую тяжелое тело данной величины и рода может подняться, а не той скоростью, какая может быть придана телу. Ибо для придания одному и тому же телу удвоенной скорости требуется не удвоенная сила, а большая. Никто, конечно, не удивляется, наблюдая равновесие в простых машинах: в рычаге, в оси вала, в воротах, в клине, в винте и т.д., ибо величина одного тела уравнивается скоростью другого тела, рождающейся из самого расположения машины; как потому, что величины (тел одного рода) обратно пропорциональны их скоростям, так и потому, что тем или другим иным способом образуется одинаковое количество движения. Здесь получается одинаковое количество действия в обоих случаях, т.е. при опускании с высоты и при поднятии на высоту, при каком бы состоянии равновесия ни происходило движение.

Таким образом, здесь случайно можно определять силу по количеству движения, но имеется много других случаев, когда, как мы говорили выше, эти понятия не совпадают.

Однако, хотя все это, по нашему мнению, чрезвычайно просто, приходится удивляться, что это не пришло на ум ни Декарту, ни его последователям, — людям ученейшим, которые, впрочем, чрезмерно полагаясь на авторитет учителя, отвергают все, что расходится с его учением. Ибо Декарт, как это, к сожалению, обычно бывает с великими людьми, вскоре стал непререкаемым, а последователи его, как я опасаясь, склонны

[214]

подражать перипатетикам, над которыми они сами смеются, и опираться не на здравый смысл и не на природу вещей, а на творения учителя.

Поэтому надо говорить, что силы состоят в сложном соотношении тел (одинакового удельного веса а плотности) и обуславливающих скорость высот, падая с которых тола могут приобретать данные скорости; или, говоря более обобщенно (если за данное время не возникло никакой скорости), высот, обуславливающих скорости, но не самих скоростей, что достаточно ясно при первом взгляде и многократно подтверждается.

Отсюда возник ряд ошибок, которые мы замечаем в математических трудах по механике Фабри и Кл. де-Шаля, и Борелли и др., занимавшихся данным вопросом. Отсюда произошло и то, что закон Гюйгенса о центре качания маятников, безусловно правильный, был недавно взят некоторыми учеными под сомнение.

[215/390]

ГОТФРИД ВИЛЬГЕЛЬМ ЛЕЙБНИЦ
РАССУЖДЕНИЕ О ДИНАМИКЕ ПО ПОВОДУ ЗАКОНОВ
ДВИЖЕНИЯ, ГДЕ ДОКАЗЫВАЕТСЯ, ЧТО СОХРАНЯЕТСЯ НЕ
ОДНО И ТО ЖЕ КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ, НО ОДНА И ТА
ЖЕ АБСОЛЮТНАЯ СИЛА ИЛИ ОДНО И ТО ЖЕ КОЛИЧЕСТВО
ДВИЖУЩЕГОСЯ ДЕЙСТВИЯ.

G.Q. LEIBNIZ

ESSAY DE DYNAMIQUE SUR LEE LOIX DU MOUVEMENT, OU IL EST
MONSTRE QUIL NE SE CONSERVE PAS LA' MÊME QUANTITE DE
MOUVEMENT, MAIS LA MÊME FURCE ABSOLUE, OU BIEN LA MÊME
QUANTITÉ DE L'ACTION MOTRICE¹⁰¹

«Динамика» впервые была издана лишь в издании сочинений Лейбница Гергардта.

Гергардт предполагает (см. предисловие редактора к «Динамике», стр. 14–15), что эта работа была написана по окончании спора Лейбница с Папином о двух мерах движения, т.е. приблизительно в 1691 г.

(Стр. 215–231)

Мнение о том, что одно и то же количество движения сохраняется и остается при соударении тел, господствовало долго и слыло за неоспоримую аксиому среди философов нового времени. Под количеством движения понимают произведение массы на скорость, так что если масса тела пропорциональна 2, а скорость пропорциональна 3, то количество движения тела про-

[216/391]

порционально 6. Таким образом, если имелись два соударяющихся тела, то, умножая массу каждого на его скорость и образуя сумму произведений, утверждали, что эта сумма должна быть одной и той же до и после соударения.

Теперь начинают в этом разочаровываться; в особенности с тех пор, когда это мнение покинуто некоторыми из его наиболее старых, наиболее умелых и наиболее значительных защитников и, главным образом, самим автором исследования об Истине¹⁰². Но отсюда проистекло то неудобство, что чересчур бросились в другую крайность, и что более

¹⁰¹ Перевод с французского сделан по изданию: *Leibniz, Gerausgegeben von C. I. Gerhardt, zweite Abteilung. B. II, Halle 1860.*

¹⁰² Лейбниц имеет в виду Мальбранша, который в *Eclaircissement* к *Recherche de la Vérité* говорит: «В правиле: бог постоянно сохраняет одинаковое количество движения в природе, – лежит двусмысленность, вследствие которой оно, с одной стороны, верно, с другой – ложно; с одной – согласно с опытом, с другой – ему противоречит. Оно справедливо в том отношении, что центр тяжести двух или многих каким-либо образом сталкивающихся тел до и после удара движется постоянно с одинаковой скоростью... Оно ложно и противно опыту, если понимать его так, что сумма количеств движения всех ударяющихся тел, взятых до удара, должна быть равна сумме таковых количеств, взятой после удара, или что абсолютное количество движения остается то же». *Прим. ред.*

не признают сохранения чего-то абсолютного, что могло бы занять место количества движения. Однако именно этого ожидает наш ум, и поэтому я замечаю, что философам, которые не вникают в глубокие дискуссии математиков, трудно покинуть аксиому, подобную аксиоме о сохраняющемся количестве движения, не получив взамен другую, за которую они могли бы держаться.

Правда, математики, которые уже давно установили правила движения, основанные на опытах, заметили, что сохраняется одна и та же относительная скорость соударяющихся тел. Например, если одно из двух тел покоится или если они оба движутся и идут навстречу друг другу или в одну и ту же сторону, существует относительная скорость, с которой они взаимно приближаются или удаляются; и оказывается, что эта относительная скорость остается одна и та же и таким образом тела удаляются после удара с той скоростью, с которой они приближались до удара. Но эта относительная скорость может оставаться одна и та же, несмотря на то, что скорости и абсолютные силы тел изменяются бесчисленным числом способов, и таким образом это сохранение не касается того, что есть абсолютного в телах.

Я замечаю еще и другое сохранение, сохранение количества продвижения (*progrès*), но это тоже не есть сохранение того, что является абсолютным. Я называю *продвижением* количество

[217/392]

движения, с которым подаются в определенную сторону, так что если бы тело пошло в обратную сторону, это продвижение было бы отрицательным количеством. Если два или более тел соударяются, берут продвижение в ту сторону, куда идет их общий центр тяжести, и если все эти тела идут в эту же сторону, тогда надо брать сумму продвижений каждого за общее продвижение; и видно, что в этом случае полное продвижение и полное количество движения тел являются одним и тем же. Но если бы одно из тел шло в обратную сторону, его продвижение в ту сторону, о которой идет речь, было бы отрицательным и, следовательно, чтобы получить полное продвижение, его следует вычесть из остальных. Так, если имеются всего два тела, из которых одно идет в сторону общего центра, а другое в обратную сторону, надо, чтобы из количества движения первого было вычтено количество движения второго и остаток будет полным продвижением. И оказывается, что продвижение сохраняется или что существует столько же продвижения в одну и ту же сторону до, сколько и после удара. Однако видно, что это сохранение не соответствует тому, которое

требуется от чего-то абсолютного. Ибо возможно, что скорость, количество движения и сила тел весьма значительны, а их продвижение равно нулю. Это случается тогда, когда два противостоящие тела имеют равные количества движения. В этом случае, по смыслу, который только что дан, полного продвижения нет вовсе.

Уже давно я исправил и очистил от ошибок это учение о сохранении количества движения и поставил на его место сохранение чего-то другого абсолютного; но, правда, как раз именно в том, что было нужно, т.е. в вопросе о сохранении абсолютной силы, обычно, по-видимому, в мои доводы вникали недостаточно и не понимали красоты того, что я наблюдал. Я замечаю это во всем, что было опубликовано во Франции или в других местах о законах движения и механике, даже после того, что я написал о динамике. Но так как некоторые из наиболее глубоких математиков после множества споров примкнули к моему мнению, я ожидаю со временем общего одобрения.

Чтобы вернуться к тому, что я говорю о сохранении абсолютной силы, надо знать, что начало ошибки в вопросе о количестве движения проистекает от того, что его приняли за силу. Были склонны, я полагаю, естественно думать, что одно и то же количество общей силы остается до и после удара тел, и я счел это весьма истинным. Однако, сочтя количество движения и силу за одно и то же, заключили, что количество движения сохраняется. Наиболее способствовало смешению силы с количеством движения злоупотребление статическим учением. Ибо в статике находят, что два тела бывают в равновесии, если бла-

[218/393]

годаря их положению их скорости обратны их массам и весам, или если они имеют одно и то же количество движения.

Но надо знать, что равенство силы в этом случае происходит от другого принципа, ибо, вообще говоря, *абсолютная сила* должна оцениваться по насильственному эффекту (*effect violent*), который она может произвести. Я называю насильственным эффектом тот, который поглощает (*consume*) силу агента, как, например, дает такую-то скорость такому-то телу, поднимает такое-то тело на такую-то высоту и т.д. И силу тяжелого тела можно с удобством оценивать произведением массы или веса, умноженной на высоту, на которую тело могло бы подняться благодаря своему движению. И если два тела находятся в равновесии, высоты, на которые они могли бы подняться или с которых они могли бы спуститься, обратны

их весам, или же равны произведениям высот на веса. И лишь в случае равновесия или мертвой силы высоты относятся как скорости и, таким образом, произведения весов на скорости относятся как произведения весов на высоты¹⁰³. Я говорю, что это происходит только в случае мертвой силы или бесконечно-малого движения, которое я привык называть *побуждением* (*solicitation*) и которое происходит, когда тяжелое тело старается начать движение и еще не приобрело никакой стремительности (*impétuosité*), что случается как раз, когда тела находятся в равновесии и, стараясь опуститься, мешают друг другу. Но когда тяжелое тело продвинулось, свободно опускаясь, и приобрело стремительность, или *живую силу*, тогда высоты, на которые это тело могло бы прийти, пропорциональны не скоростям, а квадратам скоростей. И поэтому в случае живой силы силы не относятся как количества движения или как произведения масс на скорости.

Замечательным и содействовавшим ошибке обстоятельством является то, что два тела, которые неравны по абсолютной живой силе, — об этом я как раз говорю, — но количества движения которых равны, могут остановить друг друга, что заставило считать их абсолютно одинаковой силы, как, например, два тела: *A*, массы 3, скорости 2, и *B*, массы 2, скорости 3. Ибо хотя *A* абсолютно слабее *B*, так как *A* способно поднять фунт лишь на 12 футов, в то время как *B* может поднять фунт на 18 футов, тем не менее при соударении они могут остановить

[219/394]

друг друга, чему причиной является то, что тела препятствуют друг другу лишь по законам мертвой силы, или статики. Ибо, будучи упругими, как это предполагается, они взаимодействуют лишь через мертвые силы и, согласно равновесию при соударении, т.е. посредством незаметных изменений (*changements inassignables*), потому, что, давя, сопротивляясь и ослабляясь непрерывно, все более и более вплоть до покоя, они взаимно уничтожают друг друга в каждый момент лишь на бесконечно-малое

103 На полях рукописи Лейбниц заметил: «Таким образом удивительно, что г-н Декарт так хорошо избежал опасности принять скорость за силу в своем маленьком трактате о статике, или мертвой силе, где не было никакой опасности, сведя все к весам и высотам, когда это было безразлично, и что он оставил высоты для скоростей в том случае, когда надо было сделать как раз наоборот, т.е. когда речь идет об ударах или живых силах, которые должны измеряться весами и высотами. Прим. Гергардга.

движение или на мертвую силу, равную с обеих сторон; но количество мертвой силы оценивается по законам равновесия количеством движения, которое, правда, бесконечно-мало, но непрерывное повторение которого исчерпывает, наконец, все количество движения обоих тел, которое, по предположению, одинаково в одном и другом теле. Вследствие этого то и другое количество движения исчерпываются в одно и то же время, и, следовательно, оба тела приводятся к покою в одно и то же время действием своих упругостей, которые, восстанавливаясь затем, возвращают движение. В этом непрерывном уменьшении количества движения, согласно равновесию при соударении обоих упругих тел, состоит причина того парадокса, что две абсолютные силы, которые неравны, но имеют равное количество движения, должны остановить друг друга, потому что это происходит во взаимном действии, где взаимодействие происходит лишь согласно непрерывно повторяемым бесконечно-малым количествами движения.

Посредством рассуждения и опыта мы находим, что сохраняется отнюдь не количество движения, а *абсолютная живая сила*, которая оценивается тем насильственным эффектом, который она может произвести. Ибо если бы эта живая сила могла когда-либо возрасти, то было бы действие более могучее, чем причина, или же имелось бы, механическое вечное движение, т.е. такое, которое могло бы воспроизводить свою причину и еще кое-что сверх нее, что нелепо. Но если бы сила могла уменьшаться, она, наконец, уничтожилась бы совсем, ибо, не имея никогда возможности увеличиваться и имея зато возможность уменьшаться, она все более и более уничтожалась бы, что без сомнения противоречит порядку вещей. Опыт это также подтверждает, и всегда найдут, что если тела превращают свои горизонтальные движения в движения подъемные, они всегда смогут поднять в сумме одни и тот же вес на одну и ту же высоту до и после удара, предполагая, что никакая часть силы «е была поглощена при ударе частями тел, если эти тела не вполне упруги, не говоря о том, что поглощает среда, основание и другие причины. Но так как это предмет, который я достаточно выяснил раньше, я его не буду повторять.

[220/395]

Теперь мне легко подойти к вопросу с другой Стороны и псе казать еще сохранение чего-то более приближающегося к количеству движения, а именно *сохранение движущего действия* (action motrice). Вот общее устанавливаемое мною правило. Какие бы изменения ни происходили между соударяющимися телами, в каком бы числе они ни были, нужно, чтобы

в телах, соударяющихся только между собой в один и тот же промежуток времени, имелось всегда одно и то же количество движущего действия. Например, в течение этого часа во вселенной или в данных телах, действующих лишь между собой, должно быть столько же движущего действия, сколько его будет в течение любого другого часа.

Чтобы понять это правило, нужно объяснить, как производить оценку величины движущего действия, совершенно отличного от количества движения, и от того, как количество движения обычно понимается и как оно было объяснено выше. Но для того чтобы могло быть оценено движущее действие, нужно сначала оценить *формальный эффект* движения. Этот формальный, или присущий движению эффект заключен в том, что именно изменяется вследствие этого движения, т.е. в количестве переносимой массы и в пространстве или длине, на которую эта масса переносится. Это есть присущий движению эффект, или то, что в нем изменяется. Ибо это тело сначала было там, теперь оно здесь: масса тела такова и расстояние такое-то. Я воображаю для большей легкости, что тело движется так, что каждая точка описывает прямую линию, равную и параллельную описываемой любой другой точкой того же тела. Я предполагаю также, что движение равномерно и непрерывно. Если положить это, то *формальный эффект движения* есть произведение перемещающейся массы на длину перемещения; таким образом, если тело, пропорциональное 2, перемещается на расстояние 3 футов, а другое тело, пропорциональное 3, перемещается на расстояние 2 футов, то формальные эффекты равны. Нужно хорошо различать то, что я называю здесь *формальным эффектом*, или присущим движению, от того, что я назвал выше *насильственным эффектом*. Ибо насильственный эффект поглощает силу и проявляет себя на чем-то внешнем; формальный же эффект находится в движущем теле, взятом само по себе, и не поглощает силу, а даже скорее сохраняет ее, ибо одно и то же поступательное движение одной и той же массы должно всегда сохраняться, если извне ничто ему не препятствует: именно по этой причине абсолютные силы относятся как насильственные эффекты, которые их поглощают, а вовсе не как формальные эффекты.

Теперь будет легче понять, что такое движущее действие: его нужно оценивать не только через производимый им фор-

[221/396]

мальный эффект, но также по эффективности, или скорости, с которой оно его производит. Хотят перенести 100 фунтов на расстояние в 1 лье; это есть требуемый формальный эффект. Один хочет сделать это за

час, другой за два часа; я говорю, что действие первого вдвое больше действия другого, будучи вдвое быстрее при одинаковом эффекте. Я всегда предполагаю движение непрерывным и равномерным. Можно также сказать, что если тело, пропорциональное 3, перенесено на длину 5 футов за 15 минут времени, то действие будет таково же, как если бы тело, пропорциональное 1, было перенесено на расстояние 1 фута за 1 минуту времени.

Это определение движущего действия достаточно оправдывается а priori, ибо очевидно, что при чисто формальном действии, взятом само по себе, — каково здесь действие движущегося тела, взятого отдельно, — нужно рассмотреть два пункта: формальное действие или то, что изменилось, я быстроту изменения, так как ясно, что тот, кто производит то же формальное действие за меньшее время, действует больше. Но если бы кто-либо упорствовал в оспаривании этого моего определения движущего действия, мне было бы достаточно сказать, что для меня все равно, как я назову, то, что выше я определил как движущее действие, лишь бы природа затем оправдала действительность этого формального определения; а так именно и будет, когда я покажу, что это именно и есть то, количество чего сохраняется природой.

Коль скоро движущее действие есть то, что появляется при умножении формального эффекта на скорость, я хочу дать более точное определение величины скорости. Известно, что если два движущихся тела пробегают равномерно одно и то же пространство в неравное время, то скорость того тела, которое пробегает его за меньшее время, будет больше в том же отношении, в каком время короче. Таким образом, если пройденные пространства равны, то скорости обратно пропорциональны временам. Но если бы времена были равны, то скорости относились бы как пройденные пространства. Ибо если одно движущееся тело пробежало один фут за одну минуту, а другое два фута, очевидно, что скорость второго двойная. Таким образом, скорости прямо пропорциональны величине пространства и обратно пропорциональны величине употребленных времен. Или, что то же самое, чтобы иметь оценку величины скорости, нужно взять пространство и разделить его на время. Например, если А проходит 4 фута в 3 секунды, а В проходит 2 фута в 1 секунду, то скорость А будет пропорциональна 4, деленным на 3, т.е. $4/3$, а скорость В будет пропорциональна 2, деленным на 1, т.е.

[222/397]

2, и таким образом скорость А будет относиться к скорости В, как $4/3$ к 2, т. е. как 2 к 3.

Теперь нужно проверить сохранение движущего действия. Я могу дать общее доказательство в немногих словах, ибо я доказал в другом месте, что сохраняется одна и та же сила и потому что в сущности проявление силы или сила, взятая во времени, есть действие и абстрактная природа силы состоит лишь в этом. Итак, коль скоро одна и та же сила сохраняется и коль скоро «действие есть произведение силы на время, одно и то же действие будет сохраняться за равные времена. Но я хочу это проверить детально на законах движения, установленных опытом и принятыми обычно. Я удовольствуюсь одним примером: но то же самое найдут во всяком другом примере, который угодно будет выбрать. И можно было бы даже усмотреть сначала общую причину этого, произведя вычисления *in abstracto* или в общем виде и в буквах, не употребляя никаких частных чисел. Но для того, чтобы облегчить понимание всем, я предпочитаю дать числовой пример.

Пусть дам прямой угол LMN (Рис. 58), стороны которого LM , MN продолжены как угодно далеко. Пусть проведена прямая AM таким образом, что при продолжении за точку M она разделит угол LMN на две равные части. Можно рассматривать $1AM$ как гипотенузу (квадрата, сторона которого принимается за 1. Установив это, я предполагаю, что тело A^{104} находится в месте $1A$ в момент 1 и идет из точки $1A$ в точку M за время 1, 2 и встречается там в момент 2 два тела B и C , которые находились в покое в течение времени 1, 2, что узнается из чертежа потому, что их место обозначается через $1B$ и через $2B$, точно так же, как через $1C$ и через $2C$. Но тело A встречается оба тела в M в момент 2, будучи в M , или $2A$ выгонит их и придет в покой в M — точке, которая будет также являться $3A$ и $4A$, потому что A там останется в течение времен 2, 3 и 3, 4, которые я предполагаю равными между собой и равными

[223/398]

времени 1, 2. Но B пойдет к L от момента 2 в течение времени 2, 3 со скоростью, пропорциональной 1, и встретят в момент 3 тело D , которое шло раньше впереди его в течение времени 1, 2 из места $1D$ в место $2D$ и в течение времени 2, 3 из места $2D$ в место $3D$ со скоростью, пропорциональной $1/2$. Но B , встречая D в момент 3, сообщит ему скорость $3D4D$, т.е. за время 3, 4 D придет в $4D$ а за это время B пойдет из $3B$ со скоростью $3B4B$. То же самое будет с другой стороны, где C , толкаемое A , в момент

¹⁰⁴ Здесь не считаются с толщиной тел, которую предполагают незначительной.
Прим. автора

2 пойдет к N со скоростью 1 и встретит в момент 3 тело E, которое идет против него, пройдя раньше за время 1, 2 из места 1E в место 2E и в течение времени 2, 3 из места 2E в место 3E со скоростью, пропорциональной $2/3$. Но C, встречая E в момент 3, даст ему скорость $3E$ $4E$, т.е. такую, что за время 3, 4 оно придет из 3E в 4E. И за это время C перейдет из 3C в 4C со скоростью $3C$ $4C$.

Следует перечень масс скоростей.

Массы тел A, B, C, D, E равны 1, 1, 1, 2, $1/2$.

За время 1, 2 скорости тел A, B, C, D, E равны $\sqrt{2}$, 0, 0, $1/2$, $2/3$.

За время 2, 3 скорости тел A, B, C, D, E равны 0, 1, 1, $1/2$, $2/3$.

За время 3, 4 скорости тел A, B, C, D, E равны 0, $1/3$, $1/9$, $5/6$, $14/9$, причем нужно заметить, что тело C, вместо того чтобы идти вперед, отражается назад со скоростью $1/9$.

Определение этих чисел найдется в правилах или уравнениях, которые мы укажем ниже.

Сделаем теперь подсчет движущих действий за равные между собой времена 1, 2; 2, 3; 3, 4;

За время 1, 2;

A имеет массу единицу, длина перемещения, $1A$ $2A$ есть $\sqrt{2}$. Таким образом, умножая одно на другое, получаем формальный эффект $\sqrt{2}$ Скорость получается делением длины $\sqrt{2}$ на время, что дает $\sqrt{2}$ Умножая действие на скорость, получаем движущее действие A, равное 2.

B и C находятся в покое в течение этого времени в $1B$ $2B$ или $1C$ $2C$, следовательно, их движущее действие есть 0.

D имеет массу 2, длину перемещения u , формальный эф-

[224/399]

факт есть 2 на $1/2$ или 1. Длина $1/2$, будучи разделена на время 1, даст скорость $1/2$ и действие, умноженное на скорость, есть 1 на $1/2$, или $1/2$ что дает действие D.

E имеет массу $1/2$, длину перемещения $2/3$, следовательно, эффект $1/3$. Но длина $2/3$, разделенная на 1 дает скорость $2/3$, которая, будучи умножена на эффект, дает $2/9$, действие E.

Сумма всех движущих действий тел A, B, C, D, E за время 1,2 есть $2 + 0 + 0 + 1/2 + 2/9 = 49/18$.

За время 2, 3:

A находится в покое и его действие есть 0.

B имеет массу 1, длину перемещения 1 (именно $2B$ $3B$), формальный

эффект 1; длина 1, деленная на время 1, дает скорость 1, которая, будучи умножена на эффект 1, дает 1, что и есть действие В.

С; для С вычисление таково же и получается то же действие 1.

D имеет то же действие, что в предыдущий момент, а именно 1/2.

E также имеет то же действие, что за предыдущее время, именно 2/9.

Сумма всех движущих действий тел А, В, С, D, E за время ,
2, 3 есть $0 + 1 + 1 + 1/2 + 2/9 = 49/18$, как прежде.

Наконец, за время 3,4

А находится в покое и его действие есть 0.

В имеет массу 1, длина перемещения, именно В 4В, есть 1/3; следовательно, эффект есть 1/3. Та же длина 1/3, деленная на время 1, дает 1/3 для скорости, которая, будучи умножена на эффект, дает 1/9, действие В.

С имеет массу 1, длина перемещения 3С 4С есть 1/9, следо-

[225/400]

вательно, формальный эффект есть 1/9. Ибо здесь не важно, когда ищут абсолютные вещи, идет ли С вперед до 3С 4С, или отражается назад, как оно делает в действительности. Одна и та же длина 1/9, разделенная на время 1, дает скорость 1/9, которая, умноженная на эффект, дает 1/81 для действия С.

D имеет массу 2, длина перемещения 3D 4D есть 5/6; следовательно, эффект есть 5/6. Та же, длина, деленная на время, есть 5/6 или скорость, которая, умноженная на эффект, дает 25/18, что есть действие D.

E имеет массу 1/2, длина перемещения есть 14/19, эффект 7/9.

Та же длина, деленная на время 1, есть 14/9, т.е. скорость, которая, умноженная на эффект, дает 98/81 для действия E.

Сумма всех движущих действий тел А, В, С, D, E за время 3, есть $0 + 1/9 + 1/81 + 25/18 + 98/81 = 18 + 2225 + 196/162 = 441/162 = 49/18$ как в каждом из предыдущих случаев.

Я следовал в этом вычислении общему методу, так как движущие действия не только равны за равные времена, но пропорциональны временам за неравные времена. Я разделил пространство на время, чтобы иметь скорость, но когда время каждый раз одинаково, как здесь, и таким образом можно его принять за единицу, деление на время ничего не изменяет, и, следовательно, за скорость можно принять число, выражающее длину перемещения, скорости будут пропорциональны временам: отсюда очевидно, что так как эффект есть произведение массы и пространства

и скорость пропорциональна пространству, действие пропорционально произведению массы на квадрат пространства перемещения (разумеют горизонтальное перемещение тяжелых тел) или произведению массы на квадрат скорости. И я покажу ниже в третьем уравнении, что сумма этих произведений масс на квадраты скоростей сохраняется при соударении тел. Таким образом доказано, что движущее действие сохраняется, не говоря о других доказательствах, посредством которых я показал в других местах, что силы сохраняются и что силы относятся, как произведения масс на квадраты скоростей, в то время как действия относятся, как произведения сил на времена. Итак, если бы не знали из других мест эту оценку о сохранении силы, о нем узнали бы здесь, находя посредством

[226/400]

легального вычисления или даже в общем виде посредством третьего уравнения, данного ниже, что движущее действие сохраняется; но ясно, что движущие действия пропорциональны силам и времени, а так как времена одни и те же, движущие действия относятся как мощности или силы,

Но удивятся, откуда берется этот успех, который не изменяет, катим бы запуганным ни был выбранный пример. Это можно доказать a priori независимо от принятых правил движения, и я это показал несколько раз различными путями. Здесь я покажу, что это доказывается на основании самих правил удара, которые подтверждены опытами и которые могут быть пояснены методом лодки (*méthode d'un bateau*)¹⁰⁵, как это сделал г-н Гюйгенс, и множеством других способов, хотя всегда надо предположить нечто не математическое и имеющее свой вышеуказанный источник. Тем не менее я приведу все это к трем весьма простым и прекрасным уравнениям, которые содержат все, что касается центрального удара двух тел по одной и той же прямой.

Согласные скорости (vitesses conspirantes)

тела *a* до удара *v*, после *x*

¹⁰⁵ Лейбниц имеет в виду введение понятия относительного движения, которое применяет Гюйгенс в своем исследовании «Движение тел при соударении» (помещено в этом сборнике и стр. 293 и след.). Гюйгенс и своих рассуждениях вводит двух наблюдателей, один из которых находится в лодке, движущейся прямолинейно и равномерно, и берет ее за систему отсчета, а другой находится на берегу, являющемся для него система отсчета. *Прим. ред.*

» b » y » z

Я называю эти скорости *согласными*, потому что предлагаю, что они направлены обе в сторону, куда идет общий центр тяжести обоих тел. Если же, быть может, какая-либо скорость на самом деле идет в обратном направлении, то буква, выражающая согласную скорость, обозначает отрицательное количество. Но всегда мы будем считать тело a телом, скорость которого действительно является согласной или идет в ту же сторону, что центр тяжести до удара, и даже так, что тело a следует за общим центром тяжести, а не предшествует ему. Таким образом знаки не меняются для v , но могут изменяться для y , z , x . Вот теперь наши три уравнения:

I. *Линейное уравнение*, которое выражает сохранение причины удара или относительной скорости:

$$v - y = z - x$$

[227/402]

где $v - y$ означает относительную скорость между телами до удара, с которой они приближаются, а $z - x$ означает относительную скорость, с которой они удаляются после удара. Эта относительная скорость всегда бывает одинаковой величины, до или после удара, в предположении, что тела вполне упруги и это то, что говорит это уравнение. Надо только заметить, что так как знаки изменяются при объяснении деталей, то это общее правило будет содержать все частные случаи. Это же происходит и в следующем уравнении:

II. *Плоское уравнение* (équation plane), которое выражает сохранение общего или полного продвижения обоих тел:

$$av + by = ax + bz$$

Я называю здесь продвижением количество движения, идущее в сторону центра тяжести; таким образом, если, например, тело b шло в обратном направлении до удара и сто согласная скорость y была отрицательна или выражалась через $-y$, понимая под y *moment*, или то, что есть положительного в y , — то продвижение a будет av , продвижение b будет $-b(y)$. Общее продвижение будет $av - b(y)$, что является разностью количеств движения обоих тел. Если тела a и b идут в одну и ту же сторону до и после удара, эти буквы v , y , x , z обозначают лишь действительные или утвердительные согласные скорости, и в таком случае из этого уравнения видно, что одно и то же количество движения сохранится и до и после удара. Но если бы тела a и b шли в противоположном направлении до удара и в одном и том же направлении после удара, то разность

количества движения до удара была бы равна сумме количества движения после удара. И подобные изменения будут иметь место, смотря по изменению знаков букв v , x , z , y .

III. *Пространственное уравнение* (équation solide), которое выражает сохранение абсолютной силы, или движущего действия:

$$avv + byy - axx + bzz.$$

Это уравнение превосходно в том отношении, что все изменения знаков, которые могут происходить лишь от различных направлений скоростей v , x , z , y , прекращаются, потому что все буквы, выражающие эти скорости, возводятся здесь в квадрат. Но $-y$ и $+y$ имеют один и тот же квадрат. $+yy$ и таким образом все эти различные направления ничего не могут сделать в отношении изменения знака. Кроме того это уравнение дает нечто абсолютное, независимое от относительных скоростей или от протяжений в определенную сторону. Здесь речь идет лишь о том,

[228/403]

чтобы оценить массы и скорости, не утруждая себя тем, в какую сторону идут эти скорости. И это удовлетворяет одновременно строгости математиков и пожеланиям философов, опытам и доводам, почерпнутым из различных принципов.

Хотя я привожу вместе эти три уравнения вследствие их красоты и гармонии, тем не менее при необходимости было бы достаточно двух, ибо, взяв какие-либо два из этих уравнений, можно из них вывести остающееся. Первое и второе дают третье следующим образом. Из первого уравнения получим $v + x = y + z$, из второго $a, v - x, v + b, z - y, z + v$ и, умножая одно уравнение на другое подлинно получим $a, v - x, v + x - b, z - y, z + v$, что дает $avv - axx = bzz - byy$, или уравнение третье. Точно так же первое и третье дают второе, ибо $a, vv - xx = b, zz - yy$, что есть третье уравнение, разделенное на первое $v + x = z - y$, погленно, дает: $a, vv - xx : v + x = b, zz - yy : z - y$, откуда получается $a, v - x, b, z - y$, т. е. уравнение второе. Наконец второе и третье уравнения дают первое. Ибо третье $a, vv - xx = b, zz - yy$, разделенное на второе, именно на $a, v - x, \frac{a, vv - xx}{a, v - x} = \frac{b, zz - yy}{b, z - y}, b, z - y$, дает откуда получается $v + x = z + y$, согласно уравнению первому.

Я прибавлю лишь одно замечание касательно различия, которое некоторые делают между телами твердыми и мягкими, а деля сами твердые тела на упругие и неупругие строя на этом различные правила. Но тела можно, естественно, принимать за твердые-упругие, не отрицая все

же, что упругость должна всегда происходить от более тонкой и проникающей жидкости, движение которой нарушается натяжением или изменением упругости. Так как эта жидкость должна быть составлена сама из маленьких твердых тел, упругих между собой, хорошо видно, что это сведение (replication) твердых тел и жидкостей продолжается до бесконечности. Но эта упругость тел необходима природе для того, чтобы получить исполнение великих и прекрасных законов, которые поставил себе ее бесконечно мудрый творец и среди которых не наименьшие те два закона природы, которые я первый сообщил. Из них *первый есть закон сохранения абсолютной силы*, или движущего действия во вселенной с некоторыми другими, новыми абсолютными сохранениями, которые от него зависят и которые я объясню когда-нибудь, а *второй есть закон непрерывности*, в силу которого всякое изменение должно происходить посредством незаметных переходов, и никогда не происходит посредством скачка. Отсюда проистекает также то, что природа не терпит

[229/404]

твердых неупругих тел. Чтобы показать Это, вообразим, что твердый неупругий шар ударяет такой же покоящийся шар: после удара надо или чтобы оба шара покоились, в каковом случае закон сохранения силы был бы нарушен, или чтобы было движение; и чтобы шар, находившийся в покое, получил его, так как он не может считаться несотрясаемым, а если мы вообразим его таковым, надо, чтобы ударяющий (чтобы сохранить силу) отразился внезапно назад. Но это — запрещенное изменение, ибо ото произошло скачком, и тело, которое идет в одну сторону, должно ослаблять свое движение до покоя, прежде чем начать идти постепенно асе более и более назад. Но так как ударяемый шар должен получить движение, то будет иметься еще изменение скачком, так как ударяемый шар, находившийся: в покое, должен получить некоторую степень скорости внезапно, не будучи деформируемым (pliable), чтобы получить ее понемногу и постепенно. Очевидно также, что нужно или чтобы ударяющий шар пришел внезапно в состояние покоя, что было бы уже изменением, скачком, или же этот ударяющий шар сохраняет некоторую скорость, чтобы ударяемый шар, который находился в покое, получил скорость внезапно и притом не меньшую, чем скорость ударяющего, коль скоро ударяемый должен либо остановить ударяющий, либо пойти впереди него. Таким образом ударяющий переходит внезапно от скорости к покою, или, по крайней мере, ударяемый переходит внезапно от покоя к некоторой степени

скорости, не проходя через середине степени, что противоречит закону непрерывности, не допускающему никакого изменения скачком в природе. Я имею еще много других доводов, которые все содействуют изгнанию твердых не упругих тел, но здесь не место распространяться об этом.

Все же надо признаться, что хотя тела должны быть таким образом естественно упругими, в том смысле, который я только что объяснил, тем не менее иногда упругость не проявляется достаточно в массах или телах, которое мы употребляем, хотя эти массы составлены из упругих частей и похожи на мешок, наполненный небольшими твердыми шариками, которые уступают небольшому удару, не восстанавливая формы мешка, как это видно на мягких телах или тех, которые поддаются, недостаточно восстанавливаясь. Это потому, что части в них недостаточно связаны, чтобы передавать свое изменение на тело в целом. Отсюда происходит, что при ударе таких тел часть силы поглощается маленькими частями, которые составляют массу без того, чтобы эта сила была возвращена полностью: и это всегда должно происходить, селя надавливаемая масса не восстанавливается в совершенстве. Хотя случается также, что масса оказывает более или менее упругой, смотря по различному способу

[230/405]

удара, чему свидетель сама вода, которая уступает небольшому давлению и заставляет отскакивать пушечное ядро.

Но когда части тел поглощают силу удара целиком, как в случае соударения двух кусков жирной земли или глины или частично, как если встречаются два деревянных шара, которые гораздо менее упруги, чем два шара из яшмы или закаленной стали: когда, говорю я, сила поглощается частично, то столько же потеряно для абсолютной силы и для относительной скорости, т.е. для первого и третьего уравнений, которые все же выполняются, ибо то, что осталось после удара, стало меньше, чем то, что было до удара, вследствие того, что часть силы отвлекается в другое место. Но количества продвижения или второго уравнения это не касается. И даже движение этого полного продвижения остается одно, когда оба тела идут вместе после удара со скоростью их общего центра, как делали бы два шара из жирной земли или глины. Но в телах полупругих, как два деревянных тела, случается еще кроме того, что тела удаляются друг от друга после удара, хотя и с ослаблением первого уравнения, согласно той силе удара, которая не поглощена. По некоторым опытам, касающимся степени упругости этого дерева, можно было бы предсказать, что должно произойти с шарами, сделанными из него, во всякого рода встречах

или ударах. Однако эта потеря полной силы или это нарушение третьего уравнения не противоречит нерушимой истине закона «охранения одной н той же силы и мире. Ибо то, что поглощается маленькими частицами, не потеряно абсолютно для вселенной, хотя и потеряно для полной силы соударяющихся тел.

[231/406]

ГОТФРИД ВИЛЬГЕЛЬМ ЛЕЙБНИЦ

ПИСЬМО ХРИСТИАНУ ГЮЙГЕНСУ, ОКТЯБРЬ¹⁰⁶, 1690 Г.

В системе Ньютона для Лейбница был неприемлем закон тяготения, как чисто феноменологически описывающий законы движения. Свои взгляды Лейбниц изложил в письме к Гюйгенсу, приводимом ниже. Во взглядах Лейбница на тяготение отразилось влияние Гюйгенса, с которым Лейбниц сблизился во время пребывания в Париже в 1672–1676 гг. Знакомство с Гюйгенсом дало сильный толчок к работам Лейбница в области динамики.

...Внимательно ознакомившись с книгой г-на Ньютона, которую я впервые видел в Риме, я в должной мере оценил многое из того прекрасного материала, который она содержит. Тем не менее я не понимаю, как Ньютон представляет себе тяжесть, или притяжение. По-видимому, в его представлении оно является только неким нематериальным и необъяснимым свойством, тогда как Вы объясняете его очень вразумительно законами механики. Когда я разработал вопрос о гармоническом движении по окружности¹⁰⁷ т.е. обратно пропорциональном расстояниям, причем мне пришлось принять во внимание закон Келлера (о пропорциональности времени и площадей), я нашел особен-

¹⁰⁶ Перевод с французского сделан с издания Christian Huygens, Oeuvres complètes Ed. de la Hay. 1901 –VIX. Письмо № 2628, стр. 523. Hannover 1690.

¹⁰⁷ Речь идет о статье Лейбница в Acta Bruditorum от февраля 1689 г., озаглавленной «Tentamen de motuum coelestium causis». В этой замечательной статье Лейбниц рассматривает *перпендикулярное радиусу-вектору* движению (круговое движение) планеты как вызванное наличием декартова вихря, в котором скорости обратно пропорциональны скоростям радиус-вектора (так называемый «гармонический» вихрь). *Прим. 8 к письму 2561. Прим. ред. соч. Гюйгенса, Idem, стр. 367*

[232/407]

ное преимущество этого вида кругового движения в том, что оно является единственным, которое способно сохраниться в среде, движущейся таким же образом, и прочно согласовать движение твердого тела и окружающего его флюида. В этом заключалась физическая причина, которую я предполагал дать когда-нибудь для обоснования этого вида движения, при котором свойства тел предустановлены в целях наиболее совершенного согласования. Ибо только при одном гармоническом движении движущееся по кругу тело в точности сохраняет силу своего направления или предшествовавшего импульса, как если бы оно двигалось в пустом пространстве под действием одной только своей стремительности, соединенной с тяжестью. То же самое тело движется в эфире, как если бы оно спокойно плавало в нем, не обладая никакой собственной стремительностью и никаким остатком прежних импульсов, и только безусловно повиновалось бы окружающему эфиру, поскольку вопрос касается кругового движения (парацентрическое движение я оставляю в стороне); ибо, как я доказал в лейпцигских «Актах» (стр. 89, февраль 1689 г.), если круглое движение D1M2 или D2M2 гармоническое, а M8L – параллельно OM2, и встречает предыдущее продленное направление M1M2 в L, то M1M2 равно M2L (или GM1¹⁰⁸; гравер забыл проставить букву G между T2 и M2, как указано в моем описании), и, следовательно, новое направление M2M2 является составленным, как из предыдущего направления M2L с присоединением нового импульса тяжести, т. е. LM3, так и из скорости кругового движения окружающего эфира D1M3¹⁰⁹ в гармонической прогрессии, соединенной с уже приобретенной парацентрической скоростью M2D1¹¹⁰ в любой прогрессии. Но какое бы иное круговое движение, кроме гармонического, мы ни предположили, тело, сохраняющее предыдущий импульс M2L, не сможет повиноваться закону кругового движения D1M2, которое вихрь или

[233/408]

окружающий эфир захотят ему предписать, и это вызовет движение, составленное из этих двух импульсов. Вот причина, по которой

¹⁰⁸ Следует читать GM3. Действительно статья, упомянутая я письме № 2561, прим. 8, содержит на стр. 89 под № 15 доказательство равенства линий M1 M2 и GM3. *Прим. ред. трудов Гюйгенса*

¹⁰⁹ Следует читать D2M3. *Прим. ред. трудов Гюйгенса.*

¹¹⁰ Следует читать M2D2. *Прим. ред. трудов Гюйгенса.*

движущиеся по кругу тела, как жидкие, так и твердые, после долгой борьбы и сопротивления, были приведены к этому единственному виду кругового движения, при котором они гармонируют с окружающими телами и при котором каждое из них движется как бы самостоятельно, или з пустом, пространстве. Тем не менее я не решился, вместе с Ньютоном, отбросить воздействие окружающего эфира, и даже теперь я не вполне убежден, что он является излишним. Хотя теория Ньютона и удовлетворяет нас, пока мы рассматриваем только одну планету или одного спутника, но с помощью одного только движения, соединенного с тяжестью, она не может объяснить, почему все планеты одной и той же системы движутся приблизительно по одному и тому же пути и в одном и том же направлении. Мы замечаем это не только в планетах солнца, но и в планетах Юпитера и Сатурна. Это с очевидностью доказывает, что существует некая общая причина такого движения, а какую другую причину можно было бы привести с большей вероятностью, чем особый вид вихря или общей материи, который их увлекает? Ссылаться на предначертания творца природы недостаточно для философии, когда имеется возможность установить более близкие причины; еще менее разумно приписывать счастливой случайности ту согласованность планет одной системы, какую мы наблюдаем во всех трех системах, т.е. во всех тех, которые нам известны¹¹¹. Удивляет меня также, что г-н Ньютон не нашел нужным как-нибудь обосновать закон тяжести, я которому меня также привело эллиптическое движение. На стр. 161¹¹² Вы, м. г., совершенно правильно указываете на то, что причина этого закона заслуживает исследования. Я был бы очень рад узнать Ваше суждение о тех моих размышлениях на эту тему, которые я намеревался опубликовать при удобном случае, и о которых я упоминал а конце своей работы, помещенной в Аста, при изложении моих первых размышлений. Вот два способа разъяснения; судите сами, какой из них Вы находите предпочтительным, и можно ли их согласовать. Если представить себе тяжесть как силу притяжения, имеющую лучи наподобие света, то это притяжение будет всегда сохранять такую же пропорцию,

111 См. ниже переписку Ньютона я Бентля. *Прим. ред.*

112 Следует читать: 160. (*Traité de la Pesenteur. Ред.*) Вопрос касается следующей фразы: «Я также не подумал об этом закономерном уменьшении тяжести, т.е. что ово обратно пропорционально квадратам расстояний от центра. Это – новое И весьма значительное свойство тяжести, причта которого достойна серьезного исследования». *Прим. ред. трудов Гюйгенса.*

[234/409]

как и освещение; потому что доказано другими, что освещение предметов обратно пропорционально квадрату расстояния от светящейся точки, и что освещение каждой точки сферической поверхности обратно пропорционально тем сферическим поверхностям, через которые проходит одинаковое количество света. Но сферические поверхности относятся друг к другу как квадраты расстояний. Поэтому судите сами, м. г., нельзя ли допустить, что эти лучи вызываются усилением материи, стремящейся удалиться от центра? Я думал также о другом способе разъяснения, не менее удачном, и который, по моему мнению, лучше увязывается с Вашей мотивировкой тяжести, как возникающей из центробежной силы «рутового движения эфира; эта мотивировка всегда казалась мне весьма правдоподобной. Я прибегаю к гипотезе, которая кажется мне очень разумной. А именно: каждая орбита или концентрическая круговая окружность этой движущейся по кругу материи обладает одинаковым количеством движущей силы; благодаря этому они хорошо взаимно уравниваются, в каждой орбите сохраняет свою движущую силу; но движущую силу или силу я измеряю количеством действия, например, сила поднятия одного фунта на высоту одного фута равняется 1/4 силы, способной поднять один фунт на 4 фута, на что требуется только удвоенная скорость¹¹³. Отсюда следует, что абсолютные силы относятся друг к другу, как квадраты скоростей. Возьмем для примера две орбиты или две концентрические окружности; так как окружности пропорциональны радиусам или расстояниям от центра, то пропорционально им и количество материи, находящейся в каждой орбите, образованной во флюиде; если же движущие силы двух орбит равны, то квадраты их скоростей должны быть обратно пропорциональны их материям, а следовательно, и расстояниям, иначе говоря, скорости орбит будут обратно пропорциональны квадратным корням из расстояний от центра. Отсюда вытекают два важных следствия, которые оба проверены наблюдением. Первое заключается в том, что квадраты времен обращения относятся друг к другу, как кубы расстояний. Потому что периодические времена состоят в сложной пропорции: прямой к орбитам или расстояниям и обратной— к скоростям, скорости же пропорциональны квадратным корням из расстояний; поэтому периодические времена находятся в сложном соотношении: они пропорциональны первой степени

113 См. выше, стр. 381. *Прим. ред.*

расстояний я квадратному корню расстояний, т.е. квадраты периодических времен относятся друг к другу, как кубы расстояний. Это именно наблюдал Кеплер в планетах солнца, и это же вполне подтвердилось открытием спутников

[235/410]

Юпитера и Сатурна, что, насколько мне известно, отмечено Кассини. Другое следствие, которое нам нужно, для определения тяжести, заключается в том, что центробежные стремления обратно пропорциональны квадратам расстояний; ибо центробежные стремления вращательный движений прямо пропорциональны квадратам скоростей и обратно пропорциональны лучам или расстояниям; но здесь квадраты скоростей также обратно пропорциональны расстояниям; поэтому центробежные стремления обратно пропорциональны квадратам расстояний совершенно так же, как это должно быть в случае тяжести.

Вот приблизительно материал, который я намеревался опубликовать в другом труде¹¹⁴ когда я издавал свои наброски; но делиться своими мыслями с Вами выгодно потому, что тем самым можно направить их на верный путь; поэтому я очень прошу Вас высказать Ваше мнение об изложенном. После моих удачных согласований, Вы вероятно не удивитесь, что я несколько склонен сохранить вихри, и может быть они не так виноваты, как это кажется Ньютону. Так, как я их понимаю, сами движения подтверждают существование уносимых (*deferans*) орбит флюида. Вы скажете, может быть, сначала, что гипотеза квадратов скоростей, обратно пропорциональных расстояниям, не согласуется с гармоническим движением по кругу. На это легко ответить: гармоническое движение по кругу встречается в каждом отдельном теле, если сравнивать его различные расстояния; но гармоническое движение по кругу в потенции (при котором квадраты скоростей пропорциональны расстояниям) встречается при сравнении различных тел, независимо от того, описывают ли

¹¹⁴ Этот труд никогда не был опубликован. Рукопись, озаглавленная *Tentamen de Physicis Motuum cœlestium ratiouibus*, которую издатель трудов Лейбница, Гергарт, счет за текст обещанного труда я которую он поэтом опубликовал в виде приложения к настоящему письму (Переписка, стр. 611), но содержит ни одного из рассуждений, приводимых Лейбницем в этой части его письма. Действительно, рукопись, не давая текста упомянутого труда, только говорит о нем в заключительных словах: «Другие Причины этих движений мы изложим подробнее». *Прим. ред. трудов Гюйгенса.*

они круговую линию или же за описываемую ими круговую орбиту принимают их среднее движение (т.е. результат, сокращенно эквивалентный совокупности их движений на различных расстояниях). Однако я отличаю эфир, который обуславливает тяжесть (а может быть, и направление и параллелизм осей) от гораздо более грубого эфира, который относит (defere) планеты.

Я еще те совсем доволен теми законами упругости, которые нам приводят, потому что, невидимому, опыт недостаточно согласуется с тем правилом, что растяжения струны (например)

[236]

пропорциональны растягивающим силам. Я хотел бы знать Ваше мнение на этот счет. Что касается до сопротивления среды, то мне кажется, что теоремы Ньютона, по крайней мере несколько из тех, с которыми я знакомился, согласуются с моими. То, что он называет сопротивлением, пропорциональным квадратам скорости (при равных временах), есть не что иное как то, что я называю «относительным сопротивлением»; последнее пропорционально скоростям и элементам пространства, независимо от того, равны ли времена или нет: таким образом, мне кажется, что я еще не отошел от Вашего мнения на этот счет, но мне еще нужно этот обдумать.

[237]

ДЖОН СМИТОН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА И ДОЛИ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И Т.Д.

JOHN SMEATON

AN EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE QUANTITY AND PROPORTION
OF MECHANICAL POWER NECESSARY TO BE EMPLOYED IN GIVING
DIFFERENT DEGREES OF VELOCITY TO HEAVY BODIES¹¹⁵

Спор о двух мерах движения (mv и mv^2), который в XVII в. велся между сторонниками Декарта и Лейбница, имел в большое практическое значение. Статья Смитона, знаменитого усовершенствователя паровых

¹¹⁵ Перевод с английского сделан на The Philosophical Transactions (Abridged) 1809 г. т. XIV

машин, приводимая ниже, показывает, что правильное решение вопроса о двух мерах движения имело важное значение в XVII в. для инженеров-практиков как база для расчета двигателей.

Стр. 72–73

Около 1686 г. Ньютон издал свои «Начала» и определил пользуясь языком математиков того времени, что «количество движения есть мера такового; устанавливаемая пропорционально скорости и массе». В скором времени после издания «Начал» правильность или соответствие этого определения стала оспариваться некоторыми философами, которые утверждали, что мера количества движения должна измеряться соединенным количеством манерки и квадратом скорости. Нет ничего более достоверного, чем то, воздействия родных действующих сил, действующих в течение равных промежутков времени, данные тела, получают равные приращения скоростей, если среда не ока-

[238/418]

зывает им сопротивления. Так, тяготение заставляет тело, которое испытывает данный им толчок в течение одной секунды, приобрести скорость, которая равномерно увлекала бы его и дальше без добавочного толчка, со скоростью в 32 фута 2 дюйма в секунду. Если бы тяготение воздействовало на тело в течение 2 секунд, то тело получило бы за это время скорость, с которой оно равномерно увлекалось бы со скоростью ровно, вдвое больше первой, а именно в 64 фута 4 дюйма в секунду.

Теперь, если вследствие равного увеличения скорости а равные промежутки времени при продолжении действия одной и той же движущей силы, мы называем это (количество движения) двойным количеством движения, вызванным в данном количестве материи действием в течение двойного времени, той же движущей силы, то это определение согласуется с вышеупомянутым определением Ньютона. Но из опытов с суммарным эффектом (total effect) движущихся тел вытекает, что если тело было приведено какой-либо силой в движение, то впечатление, оставляемый им в равномерно сопротивляющейся среде или равномерно сопротивляющихся веществах, будет пропорционален массе, (вещества) движущегося тела, умноженной на квадрат его скорости. Следовательно, вопрос состоит, в сущности говоря, в том, можно ли считать, что эти величины — «количество движения», «момент движущихся тел» или «сила движущихся тел», которые обычно считались синонимами, — со всей доступной

языку точностью, считать равными или вдвое или втрое большими, когда они вызваны одним я тем же толчком, действующим в течение равного, двойного или тройного промежутка времени, или же они должны измеряться тем, что эффект — преодоление сопротивления среды до того момента, как тело остановится, — будет равен или вдвое или втрое больше? Действительно, в зависимости от того, понимаются ли эти термины- в том или в другом смысле, необходимо следует, что в одном случае моменты равных тел будут пропорциональны скоростям, в другом — квадратам скоростей, потому что ясно, что какое бы из них мы ни считали правильным определением количества движения, если мы будем обращать достаточно внимания на побочные обстоятельства, сопровождающие применение его, мы всегда получим с точки зрения расчета один и тот же результат. Я поэтому не стал бы беспокоить по этому поводу Общество¹¹⁶, если бы не увидел, что не только я сам и другие техники-практики, но и несколько самых уважаемых ученых впади в эту ошибку при применении этого учения к практической механике.

[239/419]

забывая уделить, а иногда пренебрегая тем необходимым вниманием, которое нужно уделять этим побочным обстоятельствам. Некоторые из этих ошибок не только очень значительны сами по себе, но также имеют большое значение и для публики, так как они дезориентируют техника-практика в ежедневно встречающихся ему работах, часто требующих для своего выполнения больших Сумм денег.

(Стр. 76)

...Я нашел, что эти явления, так же как и некоторые другие, выявляющиеся при экспериментах, весьма сильно расходятся с суждениями и выкладками авторов первостепенного значения, которые, рассуждая согласно формулировке Ньютона, вероятно, были введены в заблуждение недостатком внимания к надлежащим побочным обстоятельствам. Поэтому я счел чрезвычайно важным установить такой ход мыслей, который не создавал бы риска впасть в ошибку, — особенно для работника практика. Для того чтобы совершенно уяснить вопрос себе самому, а может быть,

¹¹⁶ Имеется в виду Королевское общество, куда была представлена работа Смитона.
Прим. ред.

и другим, я решил приступить к ряду опытов, из которых я мог бы узнать, какая доля или количество механической силы расходуется при придании одному и тому же телу различных степеней скорости. К выполнению своего шлама я приступил в 1759 г. и демонстрировал свои результаты нескольким друзьям, в особенности моему дорогому и талантливому другу м-ру Вильяму Ресселю.

При моем экспериментальном исследовании сила воды и ветра, о котором я говорил выше, я определил свое понятие о силе в применении к прикладной механике, т.е. то, что я ниже называю механической силой.

Пользуясь терминами, равно значущими моей прежней терминологии, я могу сказать, что механическая сила измеряется умножением веса тела на вертикальную высоту, с которой оно может опуститься. Таким образом, одна и та же тяжесть, спускаясь с удвоенной высоты, способна произвести удвоенный механический эффект и является, следовательно, удвоенной ме

[240/420]

ханической силой. Удвоенная тяжесть, спускающаяся с той же самой высоты, есть также удвоенная сила, потому что она также способна произвести удвоенный эффект. Данное тело, опускающееся с данной вертикальной высоты, представляет собой такую же силу, как удвоенное тело, спускающееся с половины данной вертикальной высоты, потому что при содействии соответствующих рычагов они будут уравнивать друг друга, согласно известным законам механики, которые никогда не оспаривались. Необходимо, однако, всегда подразумевать, что опускающееся тело, если оно действует как измеритель силы, мыслится спускающимся медленно, например как часовая гиря или домкрат, потому что при быстром опускании весьма ощутительно сказывается другой закон, а именно: закон ускорения вследствие действия силы тяжести.

(Стр. 82—84)

...Таким образом результаты порождения движения в горизонтальной плоскости в точности соответствуют результатам порождения движения действием силы тяжести, т.е. хотя за две секунды времени одинаковая движущая сила силы тяжести придает телу скорость, вдвое большую, чем за одну секунду, но присовокупляется то побочное обстоятельство, что к концу удвоенного времени тело, благодаря скорости, приобретенной в течение первой половины времени, упало от Места начала своего движения

на учетверенное расстояние по вертикали. Поэтому хотя скорость только удвоилась, но на это израсходовано вчетверо больше механической силы, потому что нужно затратить вчетверо больше механической силы, чтобы вернуть тело в его первоначальное положение. Это, по-видимому, является основанием не только тех споров, которые велись по этому вопросу, но и ошибок, которые были допущены при применении различных определений количества движения. Те, которые присоединились к определению, данному сэром Исааком Ньютоном, упрекали своих противников в том, что они не учитывали времени, в течение которого осуществляется действие, хотя сами они не всегда учитывали то расстояние, которое движущая сила должна пройти при порождении различных степеней скорости. Мне кажется поэтому, что если не принимать в расчет побочных обстоятельств в виде времени и расстояния, то термины: количество движения, момент и сила движущихся тел — являются совершенно неопределенными и что их нельзя так удобно, отчетливо и основательно сравнивать, как при применении общего измерителя, т.е. механической силы.

Из всего того, что было мною исследовано, вытекает, что время, выражаясь правильно, не имеет никакого касательства

[241/421]

к произведению механических эффектов; оно только, благодаря своему равномерному течению, становится общим измерителем. Таким образом, каков бы ми был механический эффект, произведенный за данный промежуток времени, однообразное продолжение действия той же механической силы вызовет за удвоенный промежуток времени два таких эффекта, или удвоенный эффект. Выражаясь правильно, механическая сила измеряется всей совокупностью произведенного ею механического эффекта, независимо от того, произведен ли этот эффект в больший или меньший промежуток времени. Так, например, если мы накопим 1000 бочек воды, которую мы можем направить в наливное колесо мельницы, и если мы спустим ее по вертикали с высоты 20 футов, то эта сила, приложенная к соответствующим механическим приборам, вызовет определенный эффект, т.е. она сметет определенное количество зерна; а если мы будем расходовать силу в определенном темпе, то она сметет зерно в течение часа. Допустим, что мельница также может при приложении большей движущей силы произвести соответственно больший эффект, чем при приложении меньшей силы; в таком случае, если мы будем выпускать воду на колесо с удвоенной скоростью, то она сметет зерно вдвое

скорее, и за полчаса будет израсходована вода и смолото зерно. Здесь произведен одинаковый механический эффект, т.е. смолото определенное количество зерна с помощью той же самой механической силы, т.е. 1000 бочек воды, спущенной по вертикали с определенной высоты в 20 футов. Однако этот эффект в одном случае произведен за половину того времени, которое потребовалось в другом случае. Таким образом, роль времени при данной работе такова: пусть темп выполнения работы или произведения эффекта будет какой угодно; но если темп однообразен и я экспериментально определил, что именно было выполнено за данный промежуток времени, то, сохраняя тот же темп, можно произвести удвоенный эффект за удвоенный промежуток времени, в предположении, что я располагаю достаточным запасом механической силы для продолжения работы.

Таким образом, 1000 бочек воды, спущенной по вертикали на 20 футов, представляют собой определенную механическую силу. Пусть я расходую эту силу в каком угодно темпе, но если. Израсходовав ее, я вынужден ожидать в продолжение часа ее возобновления с помощью естественного течения реки или иначе, то за 24 часа я могу израсходовать только 12 таких количеств силы. Если же, пока я расходую в течение часа 1000 бочек воды, река возобновляет мне то же самое количество, то за 24 часа я могу израсходовать 24 таких количества силы. Другими словами, я могу неизменно продолжать в том же темпе и результат или эффект будет пропорционален времени, которое

[242/422]

есть общий и измеритель. Однако количество механической силы, возникающее из течения двух рек, если мы будем сравнивать его, исходя из одинаковой доли времени, будет в одном случае вдвое больше, чем в другом, хотя на каждой реке имеется по мельнице, которые, когда они работают, могут за один час сколоть одинаковое количество зерна¹¹⁷.

¹¹⁷ В настоящей статье м-р Снятая, по-видимому, не проводят отчетливо различия между тем, что он называет механической самой, и ньютоновым термином «момент», или количество движения. Эти два вида силы асам ил своей природа так Л по своему точному определению совершенно различны. Одна измеряется своим моментальный или мгновенным действием, другая – своим действием в течение известного времени. Одна, согласно своему определению, есть сложное соотношение между массой тела и его скоростью, или произведение тела я ело скорости или просто скорость в данном теле. Другая, согласно своему определению, оценивается массой, или весом,

[243/427]

ИСААК НЬЮТОН

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАЧАЛА НАТУРЭЛЬНОЙ ФИЛОСОФИИ

1686 Г.

ISAAC NEWTON

PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA

Перевод с латинского с пояснениями и примечаниями акад. А. Н. Крылова, с лат. изд. 1671 г. «Известна Николаевской морской академии» вып. IV, Петроград, 1915.

Сочинение это было издано в 1686 г. по-латини. При жизни Ньютона оно было переиздано в 1713 и 1723 гг., затем последовал еще пять-шесть латинских изданий; последнее в 1871 г. под редакцией В. Томсона (лорд Кельвин) и Влакбурна. На английский язык «Начала» переведены с большой точностью Моттом и впервые изданы в 1727 г.

«Начала» состоят из следующих частей: 1) Определения. 2) Аксиомы 3) Первая книга. О движении тел. 4) Вторая книга. О движении тел. 5) Третья книга О системе мира.

В настоящем сборнике приводятся целиком «Определения» и «Аксиомы».

(Стр, 1-4)

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Так как древний, по словам Паппуса, придавали большое значение механике при изучении природы, то и новейшие авторы, отбросив субстанции к скрытые свойства, стараются подчинить явления природы законам математики.

в совокупности с расстоянием, на которое эта масса опустилась или которое она прошла, приобретая свою скорость. А так как расстояние, на которое падает тело, как известно, пропорционально квадрату приобретенной скорости, то, следовательно, эта сила должна быть пропорциональна скорости данного тела. Поэтому ньютонов момент силы и механическая сила м-ра Смитона — дав совершенно разные вещи как в смысле измерения, как и в смысле рода своего действия, хотя обе могут вызвать надлежащие результаты, будучи приложены к соответствующим объектам. *Прим. ред, Philosophical Transactions.*

В этом отношении имеется в виду тщательное развитие приложенной математики к физике¹¹⁸.

[244/428]

Древние рассматривали механику двояко: как *рациональную* (умозрительную), развиваемую точными доказательствами, и как *практическую*. К практической механике относятся все ремесла и производства, именуемые *механическими*, от которых получила свое название и самая *механика*.

Так как в работе ремесленники довольствуются лишь малой степенью точности, то образовалось мнение, что механика тем и отличается от геометрии, что все вполне точное принадлежит к геометрии, менее точное относится к механике. Но погрешности заключаются не в самом ремесле или искусстве, а принадлежат исполнителю работы: кто работает с меньшей точностью, тот худший механик, и если бы кто-нибудь смог исполнять работу с совершеннейшей точностью, тот и был бы наилучшим из всех механиков.

Однако самое проведение прямых линий и кругов, служащее *основанием геометрии*, в сущности относится к механике. Геометрия не учит тому, как проводит эти линии, во предполагает (постулирует) выполнимость этих построений. Предполагается также, что приступающий к изучению геометрии уже ранее научился точно чертить круги и прямые линии; в геометрии

[245/429]

показывается лишь, каким образом при помощи проведения этих линий решаются разные вопросы и задачи. Само по себе черчение прямой и круга составляют также задачу, но только не геометрическую. Решение этой задачи заимствуется из механики. Геометрия учит лишь пользованию этими решениями. Геометрия за то и прославляется, что, заимствовав извне столь мало, основных положений, она столь многого достигает.

¹¹⁸ При современной терминологии заглавие сочинения Ньютона: "Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica" наиболее точно передается словами «Математические основания физики». Термин "Натуральная или естественная философия" (Natural Philosophy) удержался и до сих пор в английской литературе; так, например, озаглавлено ахамениное сочинение И. Томсона и Тата. *Прим. А. Н. Крылова.*

Итак, геометрия основывается на механической практике я есть не что иное, как та часть *общей механики*, в которой излагается и доказывается искусство точного измерения. Но так как в ремеслах и производствах приходится по большей части иметь дело с движением тел, то обыкновенно все касающееся лишь величины относится к геометрии, все же касающееся движения— и механике.

В этом смысле *рациональная механика* есть учение о движениях, производимых какими бы то ни было силами, и о силах, требуемых для производства каких бы то ни было движений, точно изложенное и доказанное.

Древними эта часть механики была разработана лишь в виде учения о пяти машинах¹¹⁹, применяемых в ремеслах, при этом даже тяжесть (так как его не есть усилие, производимое руками) рассматривалась ими не как сила, а лишь как грузы,

119 Слова: "Pars haec mechanicae a veteribus in potentiis quinque ad artes manuales spectantibus excolta fuit, qui gravitatem (cum potentia manuales non sit) vix aliter quam in ponderibus per potentiis illas movendis considerarunt" - представляют для перевода ту трудность, что здесь слово «potentia» употреблено в двух разных смыслах, из которых один уже более не употребляется. Сохранившийся смысл слова «potentia» есть сила, мощь, я лишь этот смысл и сохранен за этим словом в переводе Вальфорса, где поставлено слово «Krafft», или маркизы дю Шателе, где поставлено слово «puissance», и фраза Ньютона становится совершенно непонятной. Между тем во времена Ньютона слово «potentia» употреблялось и как равносильное слову «machina» — машина. Так, например, в «Механике» Валлиса, изданной в 1671 г. (Opera omnia, т. I, стр. 969), говорится: «in axe cum peritrochio et cognatis potentiis quibus eadem eat ratio...» В заголовке оке: «de axe in peritrochio et machinis cognatis», или далее: «Solent a stern plerique omnea mechanicorum scriptores «potentiam» hanc ad yectem reducere». В текст самых Principia в следствия втором законом Ньютон употребляет слова «potentiis mechanician как равносильное «machinis mechanicis», чтобы избежать частого повторения слова «machina».

Основные машины, рассматривавшиеся древними авторами, суть: vectis — рычаг, axis in peritrochio — ворот, trochlea seu polispastus — блок, cochlea — винт, cuneus—клин. Эти-то пять машин и подразумевал Ньютон, говоря о «potentiis quinque».

В алгийском переводе Мотта слово «potentia» везде переведено словом «power», причем в то английское слово имело тоже двойственное значение, как то видно, например, по следующей выписке из гл. 111. Maclaurin, An Account on Sir Isaac Newton's Philosophical Discoveries: «It is «distinguished by Sir I. Newton into *practical* and *rational* mechanics; the former treats of the *mechanical powers* viz: the *lever*, the *axis* and *hwcel*, the *puley*, the *wege* and the *screw* to which the *incli- n4d* plan is to be added, and of their carious combinatiouns together. Rational Mecanics comprehends the whole theory of motion and shews when the powers or forces are given how to determine the motion that are produced by them»... «intracing the powers that operate in nature from the phenomena from the powers or саибев that produce thet weproceed by synthesis». Прим. А. Н. Крылова.

[246/430]

движимые сказанными машинами. Мы же, рассуждая не о ремеслах, а об учении о природе и, следовательно, не об усилиях, производимых руками, а о силах природы, будем главным образом заниматься тем, что относится к тяжести, легкости, силе, упругости, сопротивлению жидкостей и к тому подобным притягательным или напорающим силам. Поэтому и сочинение это нами предлагается как математические основания физики. Вся трудность физики, как будет видно, и состоит в том, чтобы по явлениям движения распознать силы природы, а затем по этим силам изъяснить остальные явления. Для этой цели предназначены общие предложения, изложенные в книгах первой и второй. В третьей же книге мы даем пример вышеупомянутого приложения, объясняя систему мира, ибо здесь из небесных явлений при помощи предложений, доказанных в предыдущих книгах, математически выводятся силы тяготения тел к солнцу и отдельным планетам. Затем по этим силам, также при помощи математических предложений, выводятся движения планет, комет, луны и моря. Было бы желательно вывести из начал меха-

[247/431]

ники и остальные явления природы, рассуждая подобным же образом, ибо многое заставляет меня предполагать, что все эти явления обусловливаются некоторыми силами, с которыми частицы тел вследствие причин, покуда неизвестных, или стремятся друг к другу и сцепляются в правильные фигуры, или же взаимно отталкиваются и удаляются друг от друга. Так как эти силы неизвестны, то до сих пор попытки философов объяснить явления природы и оставались бесплодными. Я надетое, однако, что или этому способу рассуждения или другому, более правильному, изложенные здесь основания доставят некоторое освещение.

При издании этого сочинения оказал содействие остроумнейший и во всех областях науки ученейший муж *Эдмунд Галлей*, который не только правил типографские корректуры и озаботился изготовлением рисунков, но даже по его лишь настояниям я приступил и к самому изданию. Получив от меня доказательства вида орбит небесных тел, он непрестанно настаивал, чтобы я сообщил их Королевскому обществу, которое затем своим благосклонным вниманием и заботливостью заставило меня подумать о выпуске их в свет. После того я занялся исследованием неравенства движения луны, затем я попробовал сделать другие приложения, относящиеся к законам и измерению сил тяготения и других, к исследованию вида путей, описываемых телами под действием притяжения,

следующего какому-либо закону, к движению многих тел друг относительно друга, к движению тел в сопротивляющейся среде, к силам, плотностям и движениям среды, к исследованию орбит комет и к тому подобным вопросам; вследствие этого я отложил издание до другого времени, чтобы все это обработать и выдать в свет совместно.

Все относящееся к движению луны (как не совершенное) сведено в следствия предложения 66-го, чтобы не прибегать к отдельным доказательствам и к сложным методам, не соответствующим важности предмета, а также, чтобы не прерывать последовательности прочих предложений. Кое-что найденное мною впоследствии я предпочел вставить, может быть и в менее подходящих местах, нежели изменять нумерацию предложений и ссылок. Я усерднейше прошу о том, чтобы все здесь, изложенное читалось с благосклонностью и чтобы недостатки в столь трудном предмете не осуждались, а пополнялись новыми трудами и исследованиями читателей.

Ис. Ньютон

Дано в Кембридже
в Коллегии св. Троицы
8 мая, 1666 г.

[248/432]

ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ОПРЕДЕЛЕНИЕ I
(Стр. 22-35)

Количество материй (масса) есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему ее.

Воздуха двойной плотности в двойном объеме вчетверо больше, в тройном вшестеро. То же относится к снегу или порошкам, когда они уплотняются от сжатия или таяния. Это же относится и ко всякого рода телам, которые в силу каких бы то ни было причин уплотняются. Однако при этом я не принимаю в расчет той среды, если таковая существует, которая свободно проникает промежутки между частицами. Это же количество я подразумеваю в дальнейшем под названиями *тело* или *масса*. Определяется масса по весу тела, ибо она пропорциональна весу, что мною найдено опытами над маятниками, произведенными точнейшим образом, как

о том оказано ниже.¹²⁰

Количество движения есть мера такового, устанавливаемая пропорционально скорости и массе.

[249/433]

ОПРЕДЕЛЕНИЕ II

Количество движения есть мера такового, устанавливаемая пропорционально скорости и массе.

Количество движения целого есть сумма количеств движения отдельных частей его, значит для массы вдвое большей при равных скоростях оно двойное, при двойной же скорости четверное¹²¹.

120 Ни одно определение Ньютона не вызывало столько критических замечаний, сколько колесований, как это первое, высказанное такими словами: «*quantitas materiae est mensura ejusdem orta ex illius densitate et magnitudine conjunctim*». В пояснении к этому определению указывается, что слова «*quantitas materiae*» – количество материи – равносильны словам: «*corpus* – «тело» или «*massa*». Таким образом, в этом определении слова «количество материи» составляют как бы одно слово, один новый термин, который при дальнейшем развитии чертен ее удержался в современной терминологии заменен равносильным ему термином «масса». Словам «количество материи» теперь предается несколько иной смысл, нежели им придавал Ньютон в своем определении. То, что теперь понимается под еловым «количество материи», ей просто выражает словом «материя», заменив его местоимением *ejusdem*. Поэтому он и в пояснении не говорит «количество воздуха двойной плотности в двойном объеме четверо больше», а просто «воздуха».

Необходимо также иметь в виду, что в то время, при установлении меры для какой-либо величины, устанавливалась лишь ее пропорциональность другим величинам, от коих эта мера зависит. Тогда не говорили, как теперь (когда делается определенное предположение о принятой единице меры): «площадь прямоугольника равняется произведению из его основания на высоту», а говорила (предполагая единицу меры произвольной): «площадь прямоугольника, пропорциональная его основанию в высоту». До Ньютона понятие о массе не полилось к рассматривалось лишь вес – *pondus* тела, и при старинной терминологии понятно, что плотность не определялась как масса единицы обмыв вещества, а – говорилось что плотность тела прямо пропорциональна его весу и обратно пропорциональна его объему. Имея это в виду, можно ньютоновое определение, придерживаясь теперешней терминологии, выразить так: «Масса есть мера количества вещества, пропорциональная его плотности и объему. Самым существенным в ньютоновом пояснении вводимого им термина и понятия масса есть установление опытным путем пропорциональности между массой тела к его весом. Прим. А. Н. Крылова.

121 Второе определение выражено следующими словами: «*quantitas motus est mensura ejusdem orta ex velocitate et quantitate materiae conjunctim*», т. е. оно выражено совершенно подобно первому, и им вводится новый термин «количество движения»,

сохранившийся и доселе. Слова «*orta conjunctim*» указывают на совместную пропорциональность той величины, которая названа «количеством движения» и которая могла бы быть названа и каким-либо одним словом, как, например, у англичан, словом «*momentum*», массе и скорости, почему, придерживаясь современной терминологии, они и Переведены словами: «устанавливаемая пропорционально».

Необходимо иметь в виду, что, высказывая это определение, Ньютон Придает слову «*motus*» – движение – не смысл названия общеизвестного явления, а вводит некоторую новую величину, имеющую при рассмотрении этого явления первенствующее значение. Это особенно ясно выступает в первых словах пояснения: «*motus totius est summa motuum in partibus singulis*», т. е., переводя буквально, «движение целого есть сумма движений в отдельных частях». Из этих слов ясно, что под словом «*motus*» он понимает нечто измеримое, как бы заключающееся или содержащееся в Движущемся теле. Вот почему эти слова и переведены так: «Количество движения целого есть сумма количеств движения отдельных частей его», так как теперь слову! «движение» много смысла, как название самого явления, не придается. До Ньютона, например, Валлис в своей «*Mechanica sive de motu*» рассматривал величину, называемую им «*momentum*» или «*impedimentum*», мера которой пропорциональна весу и скорости движущегося тела; он принимает вместе с тем эту величину за меру «силы движущегося тела», ибо этой-то величине пропорциональна способность одного тела передавать движение другим телом. Термин «*momentum*» удержался в английской литературе и по настоящее время, но только ему придается не валлисов, а ньютонов смысл, Механика Wallis'a издана с 1669 по 1671 г., н достаточно ее просмотреть, чтобы составить себе понятие о том, что для этой науки доедено Ньютоном.

Механика Валлиса занимает в первом томе полного собрания его сочинений стр. 573 – 1063 мелкой убористой печати огромной книга .формата в лист (*in folio*). Сперва дается множество определений, затем- поясняются кинематические понятия о пройденном пути, скорости и соотношении между ними, выраженном, по обычаю того времени, пропорциями во множестве отдельных предложений. Затем идет ряд предложений о соотношениях между весом тела к скорости, сообщаемой ему к концу одинаковых или различных промежутков времени силою, составляющей некоторую определенную долю веса, помещая тело на наклонную плоскость. Затем излагается учение о равновесии весов.

Большая часть книги, именно стр. 645–941. занята изложением способов вычисления положения центра тяжести .разного рода площадей и объемов, составляя, таким образом, продолжение и применение к ряду примеров методов, наложенных Валлисом в его «*Arithmetica Infinitorum*», являющейся (бы, преддверием к интегральному исчислению. Страницы 941–992 заняты учением о равновесии простейших машин. Страницы 992–1002 уделены учению о движении тела под действием своего веса или его доли» при движении по наклонной плоскости, причем понятие о «кассе не вводится и движущая сила сравнивается всегда с весом заданного тела. Остальные 60 страниц содержат учение об ударе тел, и здесь, в предложении I, слово «*momentum*» поясняется словами: «*quod ex pondera et celeritate componitur*», т. е. «которое составляется из веса и скорости», и доказывается закон сохранения этого «*momentum*» при ударе тел. Сочинение заканчивается изложением простейших начал гидростатики. Отсюда видно, что если в «Механике» Валлиса и можно найти основные понятия кинематики,

[250/434]

ОПРЕДЕЛЕНИЕ III

Врожденная сила материи есть присущая ей способность сопротивления, по которой всякое отдельно взятое тело, поскольку оно представлено самому себе, удерживает¹²² свое состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Эта сила всегда пропорциональна массе и если отличается от инерции массы¹²³, то разве только воззрением на нее.

От инерции материи происходит, что всякое тело лишь с трудом выводится из своего покоя или движения. Поэтому «врожденная сила» могла бы быть весьма вразумительно названа «силою инерции». Эта сила проявляется телом единственно лишь, когда другая сила, к нему приложенная, производит

систематическое и по тогдашнему времени практически достаточное изложение статики, то относительно динамики можно сказать, что даже не поставлен обобщенный вопрос. Может быть, это-я составляет причину, почему Ньютон не дает определений ни одного из кинематических понятий — он предполагает их известными, всю статику он налагает мимоходом, как следствие второго закона движения (параллелограмм сил), и все его сочинение посвящено изложению динамики от основных ее начал, им. данных, до рассмотрения теории планетных возмущений, неравенств движения -Луны и предварения равноденствий. *Прим- А. Н. Крылова.*

¹²² Как в этом определении, так и при формулировке первого закона движения Ньютон пользуется глаголом «perseverare», включающим в себя «ге только Понятие 6 сохранении чего-либо, но еще и понятия о длительности я упорстве такого сохранения; поэтому слова «perseverare in statu quo». наиболее точно передаются словами: «продолжает упорно пребывать в своем состоянии»; слова «удерживает свое состояние» передают короче те же понятия, хотя и с меньшей силой выражения. Вообще латынь Ньютона отличается силой выражений; так, тут сказано perseverare — упорно пребывать, а не manere — пребывать или оставаться; когда говорится, что какое-либо тело действием силы отклоняется от прямолинейного пути, то употребляется не просто слово deviatum—отклоняется, а. retrahitur—оттягивается; про силу не говорится просто, что она прикладывается applicetur к телу, — а imprimitur, т.е. «вдавливается» или «втискивается» в тело, и г. и. В переводе принята менее выразительная, но общеупотребительная теперь терминология. *Прим. А. Н. Крылова.*

¹²³ В этом пояснении чуть ли не единственный раз во всей первой книге Principia употреблено слово «massa», именно «inertia massae». Вообще же Ньютон пользуется словом «corpus» тело и несколько реже словами «quantitas materiae». *Прим. А. Н. Крылова*

[251/435]

изменение в его состоянии. Проявление этой силы может быть рассматриваемо двояко: и как сопротивление: и как напор. Как сопротивление, поскольку тело противится действующей на него силе, стремясь сохранить свое состояние; как напор, поскольку то же тело, с трудом уступая силе сопротивляющегося ему препятствия, стремится изменить состояние этого препятствия. Сопротивление приписывается обыкновенно телам покоящимся, напор — телам движущимся. Но движение и, покой при обычном их рассмотрении различаются лишь в отношении одни к другому, ибо не всегда находится в покое то, что таковым простому взгляду представляется.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ IV

Приложенная сила есть действие, производимое над телом, чтобы изменить его достояние покоя или равномерного прямо-линейного движения.

Сила проявляется единственно только в действии и по прекращении действия в теле не остается. Тело продолжает затем удерживать свое новое состояние вследствие одной только (силы) инерции. Происхождение приложенной силы может быть различное от удара, от давления, от центростремительной силы.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ V

Центростремительная сила есть та, с которой тела к некоторой точке как к центру отовсюду притягиваются, гонятся или как бы то ни было стремятся.

Такова сила тяжести, под действием которой тела стремятся к центру земли; магнитная сила, которою железо притягивается к магниту, и та сила, каковою бы она ни была, которою планеты постоянно отклоняются от прямолинейного движения и вынуждаются обращаться по кривым линиям. Камень, вращаемый в праще, стремится удалиться от вращающей пращу руки и этим своим стремлением натягивает пращу тем сильнее, чем быстрее вращение, а как только ее пустят, то камень улетает.

Силу, противоположную сказанному стремлению, которою праща постоянно оттягивает камень к руке и удерживает его на круге, т.е. силу, направленную к руке или к центру, описываемого круга, я и называю

центростремительной. Это относится и до всякого тела, движущегося по кругу. Все такие тела стремятся удалиться от центра орбиты и если бы не было некоторой силы, противоположной этому стремлению, которая их удерживает на их орбитах, то они и ушли бы по прямым линиям, двигаясь равномерно. Эту то силу я и называю центростремительной.

[252/236]

стремительной. Брошенное тело, если бы силы тяжести не были, не отклонялось бы к земле, а уходило бы в небесное пространство по прямой линии и равномерно, если бы не было сопротивления воздуха. Своей тяжестью оно оттягивается от прямолинейного пути и постоянно отклоняется к земле в большей или меньшей степени, сообразно напряжению силы тяжести и скорости движения. Чем меньше будет отнесенное к массе напряжение тяжести и чем больше будет скорость, с которой тело брошено, тем менее оно отклонится от прямой линии и тем дальше отлетит.

Если свинцовое ядро, брошенное горизонтально силою пороха из пушки, поставленной на вершине горы, отлетит по кривой ранее, чем упасть на землю на две мили, то, предполагая, что сопротивления воздуха нет, если его бросить с двойной скоростью, оно отлетит приблизительно, вдвое дальше, если с десятерной, то в десять рвя. Увеличивая, скорость, можно по желанию увеличить и дальность полета и уменьшать кривизну линии, по которой ядро движется, так что можно бы заставить его упасть в расстоянии и десяти градусов, и тридцати, и девяноста, можно бы заставить его окружить всю землю или даже уйти в небесные пространства и продолжать удалиться до бесконечности. Подобно тому как брошенное тело может быть отклонено силою тяжести так, чтобы описывать орбиту вокруг земли, так и луна или силою тяжести, если она ей подвержена, или же иною силою, которая влечет ее к земле, может быть отклоняема от прямолинейного пути и вынуждена обращаться по своей орбите; без такой силы луна не могла бы удерживаться на своей орбите. Если бы эта сила была меньше надлежащей, то она отклоняла бы луну от прямолинейного пути, недостаточно, а если больше надлежащей, то отклонила бы ее более чем следует я приблизил бы ее от орбиты к земле. Следовательно, надо, чтобы эта сила была в точности надлежащей величины. Дело математиков найти такую силу, которая в точности удерживала бы заданное тело в движении по заданной орбите с данной скоростью; и, наоборот, найти тот криволинейный путь, до который заданной силой будет отклонено тело, вышедшее из заданного места с заданной скоростью.

В центростремительной силе различается три рода величин: абсолютная, ускорительная и движущая.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ VI

Абсолютная величина центростремительной силы есть мера большей или меньшей мощности самого источника ее распространения из центра в окружающее его пространство.

[253/437]

Так магнитная сила, в зависимости от величины магнита или степени намагничивания, может быть в одном магните больше, в другом - меньше.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ VII

Ускорительная¹²⁴ величина центростремительной силы есть ее мера, пропорциональная той скорости, которую она производит в течение данного времени.

Так действие того же магнита более сильно на близком расстоянии, слабее на дальнем, или сила тяжести больше в долинах, слабее на вершинах высоких гор и еще меньше (как впоследствии будет показано) на еще больших расстояниях от земного шара, в равных же расстояниях она везде одна и та же ибо, при отсутствии сопротивления воздуха, все падающие тела (большие или малые, тяжелые или легкие), ускоряются ею одинаково.

¹²⁴ Вся первая книга «Начал» занята почти исключительно учением о центростремительных силах и их действиях. При этом всегда Ньютон рассматривает лишь «ускорительную силу» в данном месте. При теперешней терминологии можно сказать, что в первой книге им исследуются «силы пола», и то, что он называет «ускорительная сила», теперь называется «напряжение поля» в данном месте. Замечательно, что Ньютон, вводя понятие «ускорительная сила» не пользуется понятием об ускорении, а заменяет его скоростью, производимой в продолжение заданного времени. Вообще понятие ускорение, как оно разумеется теперь в «Началах», не применяется, и под словом «acceleratio» - ускорение всегда разумеется приращение скорости в течение заданного конечного или бесконечного малого промежутка времени. Прим. А. Н. Крылова.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ VIII

Движущая величина центростремительной силы есть ее мера, пропорциональная количеству движения, которое ею производится в течение данного времени.

Таким образом вес большей мисси больше, меньшей - меньше; для той же самой массы или для того же самого тела вес больше вблизи земли, меньше в небесной дали. Эта величина есть направленное к центру стремление всего тела, которое и называется его весом. Движущая сила распознается по силе ей равной и противоположной, которая могла бы воспрепятствовать опусканию тела¹²⁵.

[254/439]

Для краткости эти величины сил можно называть силами движущими, ускоряющими и абсолютными, и для отличия относить их к самим притягиваемым к центру телам, к месту тел, и к центру сил, а именно: движущую силу к телу как стремление всего тела - к центру, причем это полное стремление составляется из стремлений отдельных частиц тела, силу ускорительную к месту тела в пространстве, как некоторую способность, распространенную центром на все места окружающего пространства и заставляющую приходить в движение тела, в этих местах находящиеся, абсолютную же силу к самому центру, как заключающуюся в нем причину, без которой движущие силы не распространялись бы в окружающем

¹²⁵ Давая определение понятия «движущая сила», т.е. того, что теперь зовут просто «сила», Ньютон обращает внимание на способ ее измерения и именно способ *статический*, уравновешивая другой силой, препятствующей движению к центру. В этих немногих словах и установлена связь между статикой и динамикой при посредстве второго закона силам статический вдвое большая, сообщает и вдвое большее количество движения в заданное время. Замечательно также, что нигде Ньютон не говорит, чтобы сила намерялась произведением, из массы на ускорение, но, что движущая сила пропорциональна произведению из ускоряющей и массы, и ускоряющая сила не есть понятие равнозначащее ускорению, а, как уже сказано, напряжению поля в данном месте, т.е. это есть сила, действующая на массу, равную единице. Что Ньютон, если и не применял, то ясно представлял измерение силы при помощи растяжения пружины или пуги, вообще динамометра, можно видеть из его поучения в конце этой главы, где он указывает, как различить абсолютное движение от относительного, приводя опыт с шарами, говорит: «По натяжения нити (соединяющей шары), можно будет узнать их стремление удалиться от оси вращения и по нему вычислить количество движения», т.е. он здесь имеет в виду именно такое «статическое» измерение силы и по нему находит ее действие. *Прим. А. Н. Крылова.*

пространстве; сказанной причиной может служить или какое-либо центральное тело (как, например, магнит в центре сил магнитных, или земля в центре сил тяжести), или чтобы то ни было иное, хотя бы а ничем не обнаруживаемое. Эти понятия должно рассматривать как математические, ибо я еще не обсуждаю физических причин и места нахождения сил.

Таким образом, ускорительная сила так относится к движущей, как скорость к количеству движения. В самом деле, количество движения пропорционально скорости и массе; движущая же сила пропорциональна ускорительной и массе, ибо сумма¹²⁶ действий ускорительной силы на отдельные частицы тела и составляет движущую силу его. Поэтому близ поверхности земли, где ускоряющая сила тяжести для всех тел одна и та же, движущая сила тяжести, или вес пропорционален массе тела. Если подняться в такие области, где ускоряющая¹²⁷ сила тяжести будет меньше, то и все пропорционально уменьшится вообще, вес будет постоянно пропорционален массе тела я ускоряющей

[255/439]

силе тяжести. Так, например, в тех областях пространства, где ускоряющая сила тяжести вдвое меньше, вес массы, вдвое или второе меньшей, будет вчетверо или вшестеро меньше, нежели близ поверхности земли¹²⁸. Далее я придаю тот же самый смысл названиям ускорительные и движущие притяжения и на тиски¹²⁹. Название же притяжение (центром), натиск или стремление (к центру), я употребляю безразлично одно вместо другого, рассматривая эти силы не физически, а математически; поэтому читатель должен озаботиться, чтобы ввиду таких названий не думать, что я ими хочу определить самый характер действия или физические причины происхождения этих сил, или же приписывать центрам (которые суть математические точки), действительно и физически силы, хотя я и буду говорить о силах центров и о притяжении центрам.

126 Отсюда следует, что масса всего тела считается равной сумме масс частиц его. Прим. А. Н. Крылова.

127 Ньютон употребляет термины «gravitas acceleratrix» и «gravitas motrix», т.е. ускоряющая тяжесть и движущая тяжесть; современные термины: напряжение силы тяжести и сила тяжести или вес. Прим. А. Н. Крылова.

128 В этих словах и устанавливается различие веса и массы при пропорциональности между собой. Прим. А. Н. Крылова.

129 Точный смысл латинского слова «impulsis» вполне передается словом «натиск» включающим в себя как понятие о напряженности, так и продолжительности действия. Прим. А. Н. Крылова.

ПОУЧЕНИЕ

В изложенном выше имелось в виду объяснить, в каком- смысле употребляются в дальнейшем менее известные названия. Время, пространство, место и движение составляют понятия общеизвестные. Однако необходимо заметить, что эти понятия обыкновенно относятся к тому, что постигается нашими чувствами. Отсюда происходят некоторые неправильные суждения, для устранения которых необходимо вышеприведенные понятия разделить на абсолютные и относительные, истинные и кажущиеся, математические и обыденные.

I. *Абсолютное, истинное, математическое время* само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения и чему либо внешнему протекает равномерно и иначе называется длительностью.

Относительное, кажущееся или обыденное время есть или точная или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как то: час, день, месяц, год.

II. Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным.

[256/440]

Относительное есть мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению его относительно некоторый тел, и которое в обыденной жизни принимается за пространство неподвижное: так, например, протяжение пространств подземного воздуха или надземного, определяемых по их положению относительно земли по виду и величине абсолютное и относительное пространства одинаковы, но численно не всегда остаются одинаковыми. Так, например, если рассматривать землю подвижном, то пространство нашего воздуха, которое по орошению к земле остается всегда одним и тем же, будет составлять то одну часть пространства абсолютного, то другую, смотря по тому, куда воздух перешел, и следовательно абсолютно сказанное пространство беспрерывно меняется.

III. *Место* есть часть пространства, занимаемая телом, и по отношению к пространству бывает или абсолютным или относительным. Я говорю «часть пространства», а не положение тела и не объемлющая его поверхность. Для равнообъемных тел места равны; поверхности же от несходства формы тел могут быть и неравными. Положение, правильно

выражаясь, не имеет величины, и оно само по себе не есть место, а принадлежащее месту свойство. Движение целого то же самое, что совокупность движений частей его, т.е. перемещение целого из его места, то же самое, что совокупность перемещений его частей из их мест; поэтому место целого то же самое, что совокупность мест его частей и, следовательно, оно целиком внутри всего тела.

IV. Абсолютное движение есть перемещение тела из одного абсолютного его места в другое, относительное из относительного в относительное же. Так, на корабле, идущем под парусами, относительное место тела есть та часть корабля, в которой тело находится, например та часть трюма, которая заполнена телом и которая следовательно, движется вместе с кораблем. Относительный покой есть пребывание тела в той же самой области корабля олов в той же самой части его трюма.

Истинный покой есть пребывание тела в той же самой части того неподвижного пространства, в котором движется корабль со всем в нем находящимся. Таким образом, если бы земля на самом деле покоилась, то тело, которое по отношению к кораблю находится в покое, двигалось бы в действительности с тою абсолютной скоростью, с которою корабль идет относительно земли. Если же и сама земля движется, то истинное абсолютное движение тела зайдется по истинному движению земли в неподвижном пространстве и по относительным движениям корабля по отношению к земле и тела по корабль.

Так, если та часть земли, где корабль находится, движется

[257/441]

на самом деле, к востоку со скоростью 10010 частей, корабль же идет к западу со скоростью 10 частей, моряк же ходит по кораблю и идет к востоку со скоростью 1 части, то истинно к абсолютно моряк перемещается в неподвижном пространстве к востоку со скоростью 10001 частей, по отношению же к земле — на запад со скоростью 9 частей.

Абсолютное время различается, в астрономии от обыденного солнечного времени уравнением времени. Ибо естественные солнечные сутки, принимаемым обыденно за равные для измерения времени, на самом деле между собой неравны. Это неравенство и исправляется астрономами, чтобы при измерениях движений небесных светил применять более правильное время. Возможно, что не существует (в природе) такого равномерного движения, которым время могло бы измеряться с совершенною точностью. Все движения могут ускоряться или замедляться, течение

же абсолютного времени изменяться не может. Длительность, или продолжительность существования вещей одна и та же, быстры ли движения (по которым измеряется время), медленны ли, или их совсем нет; поэтому она надлежащим образом и отличается от своей, доступным чувством, меры, будучи из нее выводимой при помощи астрономического уравнения. Необходимость этого уравнения обнаруживается как опытами с часами, снабженными маятниками, так и по затмениям спутников Юпитера.

Как неизменен порядок частей времени, так неизменен и порядок частей пространства. Если бы они переместились из мест своих, то они продвинулись бы (так сказать) в самих себя, ибо время и пространство составляют как бы вместилища самих себя и всего существующего. Во времени все располагается с смысле порядка последовательности, в пространстве в смысле порядка положения. По самой своей сущности они суть места; приписывать же первичным местам движения нелепо; Вот эти то места и суть места абсолютные, и только перемещения из этих Мест составляют абсолютные движения.

Однако совершенно невозможно ни видеть, ни как-нибудь иначе различить при помощи наших чувств отдельные части этого пространства одну от другой, и вместо них приходится обращаться к измерениям, доступным чувства. По положениям и расстояниям предметов от какого-либо тела, принимаемого за неподвижное, определяем места вообще, затем и о всех движениях судим по отношению к этим местам, рассматривая тела лишь как переносящиеся по ним. Таким образом вместо абсолютных мест и движений пользуются относительными; в делах житейских это не представляет неудобства, в философских необходимо отвлечение от чувств. Может оказаться, что в дей-

[258/442]

ствительности не существует покоящегося тела, к которому, можно было бы относить мест и движения прочих.

Абсолютное и относительное движение и абсолютный и относительный покой отличаются друг от друга свойствами, причинами происхождения и проявлениями.

Свойство покоя состоит в том, что тела, истинно покоящиеся, находятся в покое и друг относительно друга. Возможно, что какое-нибудь тело в области неподвижных звезд, а может быть и много далее, находится в абсолютном покое, но узнать ко взаимному положению тел в наших областях, не сохраняет ли какое-нибудь из них, постоянного положения

относительно этого, весьма отдаленного, нельзя. Невозможно также определить истинного их покоя по относительному их друг к другу положению.

Свойство движения состоит в том, что части, сохраняющие постоянное положение по отношению, к целому, участвуют в движении этого целого. Так, все части вращающихся тел стремятся удалиться от оси вращения, для движущихся поступательно полное движение образуется та соединения отдельных устных движений. Следовательно когда движутся окружающие тела, то движутся и те, которые по отношению к и им находятся в покое, поэтому нельзя определить истинного абсолютного движения по перемещениям от соседних тел, рассматриваемых как неподвижные. Эти тела должны быть действительно в покое, а не только приниматься за покоящиеся. В противном случае все содержащиеся тела участвовали бы в истинных движения тел, их окружающих, и если бы это последнее движение прекратить, то они оказались бы на самом деле же в покое, а лишь представлялись до тех пор находящимися таковым. Окружающие тела по отношению к содержащимся стоят в том же отношении, как наружная часть, целого к его внутренней части или как скорлупа к ядру. При движении скорлупы движется и ядро не перемещаясь относительно скорлупы, т.е. движется как часть целого.

В тесной связи с предыдущим свойством находится такое тело движущейся в подвижном пространстве участвует в движении этого пространства; поэтому тело, движущиеся от подвижного места, участвует в движении своего места. Следовательно, все движения совершающиеся от подвижных мест, суть лишь составные части полных абсолютным движений, и всякое полное движение составляется из движения тела от первого места своего, из движения этого первого от его места и так далее, пока не достигнем до места неподвижного выше. Таким образом полные абсолютные движения

[259/443]

могут быть определены не иначе как при помощи мест неподвижных, почему я и относил их выше к местам неподвижным, относительные же движения – к местам подвижным. Места же неподвижны не иначе, как если они из вечности в вечность сохраняют постоянные взаимные положения и, следовательно, остаются всегда неподвижными и образуют то, что я называю неподвижным пространством.

Причины происхождения, которыми различаются истинные и кажущиеся движения, суть те силы, которые надо к телам приложить, чтобы

произвести эти движения. Истинное абсолютное движение не, может ни произойти, ни измениться иначе как от действию сил, приложенных непосредственно к самому движущемуся телу, тогда как относительное движение тела может быть произведено из изменено без приложения сил к этому телу; достаточно, чтобы силы были приложены к тем телам, по отношению к которым это движение; определяется. Когда эти тела будут уступать действию сил, то будет изменяться и то относительное положение, которым определяется относительный покой или относительное движение. Наоборот, истинное движение всегда изменяется от приложения к телу сил; относительное же движение может при таком приложении сил и не изменяться. Так, например, если и к тем телам, к которым движение заданного тела относится, будут приложены такие силы, что относительное положение всех тел будет сохраняться, то сохранится и относительное движение заданного тела по отношению к прочим¹³⁰. Таким образом всякое относительное движение может быть изменяемо такими действиями, при которых абсолютное движение не меняется, и может сохраняться при таких, от которых абсолютное изменяется так что абсолютное движение совершенно не зависнет от тех соотношений, которыми определяется движение относительное.

Проявления, которыми различаются абсолютные относительное движения, состоят в силах стремления удалиться от оси вращательного движения, ибо в чисто относительном вращательном движении эти силы равны нулю, и истинном же и абсолютном он больше или меньше сообразно количеству движения. Если на длинной нити подвесить сосуд к вращая его, закрутить нить, пока она не станет совсем жесткой, затем наполнить сосуд водой и, удержав сперва вместе с водой в покое, пустить, то под действием появляющейся силы сосуд начнет вращаться, и это вращение будет поддерживаться достаточно долго раскручиванием нити. Сперва поверх-

[260/444]

носить воды будет оставаться плоской, как было до движения сосуда. Затем сосуд силой постепенно действующей на воду, заставит и ее участвовать в своем вращении. По мере возрастания вращения вода будет

¹³⁰ Это свойство относительного движению высказано еще вторично или следствие VI законов движения. *Прим. А. Н. Крылова.*

постепенно отступать от середины сосуда и возвышаться по краям его, принимая впалую форму поверхности (я сам это пробовал делать); при усиливающемся движении она все более и более будет подниматься к краям, пока не станет обращаться в одинаковое время с сосудом и придет по отношению к сосуду в относительный покой. Этот подъем воды указывает на стремление ее частиц удалиться от оси вращения, и по этому стремлению обнаруживается и измеряются истинное и абсолютное вращательное движение воды, которое, как видно, во всем совершенно противоположно относительному движению. Вначале, когда относительное движение воды в сосуде было небольшое, оно совершенно не выбывало стремления удалиться от оси вода не стремилась к окружности и не повышалась у стенок сосуда, а ее поверхность оставалась плоской, и истинное вращательное ее движение еще не начиналось. Затем, когда относительное движение уменьшилось, повышение ее у стенок сосуда обнаруживало ее стремление удалиться от оси, и это стремление показывало ее постепенно возрастающее истинное вращательное движение, и когда оно стало наибольшим, то вода установилась в покое относительное сосуда. Таким образом это стремление не зависит от движения ворсы относительно окружающего тела: следовательно, по таким движениям нельзя определить истинного вращательного движения тела. Истинное круговое движение какого-либо тела может быть лишь одно в полном соответствии с силой стремления его от оси, относительных же движениях в зависимости от того, к чему они относятся, тело может иметь бесчисленное множество: но независимо от этих отношений эти движения совершенно не сопровождаются истинными проявлениями, если только это тело не обладает кроме этих относительных и сказанным единственным истинным движением. Поэтому в тех системах мира, в которых предполагается, что наши небесные сферы обращаются внутри сферы неподвижных звезд и несут с собою планеты, кажется, что отдельные части этих сфер и планеты, покоящиеся относительно своих сфер, на самом деле движутся, ибо они меняют относительное положение (чего не может быть для тел, покоящихся абсолютно), вместе с тем они участвуют в общем движении несущих их сфер и значит, как части вращающегося целого стремятся отдалиться от оси.

Таким образом относительные количества не суть те самые количества коих имена им обычно придаются, а суть лишь результаты измерений сказанных количеств (истинные или лож-

[261/445]

ные), постигаемые чувствами и принимаемые обычно за самые количества. Если значение слов определять по тому смыслу в каком эти слова обычно употребляются, то под названием время, пространство, место и движение к следует разуметь эти постижимые чувствами меры их.

Речь стада бы совершение необычной и чисто математической, если бы под этими названиями разуметь действительно сами измеряемые количества. Поэтому воистину насилуют смысл священного писания те, кто эти слова истолковывает в нем как самые количества. Не менее того засоряют математику и физику и те, кто смешивает самые истинные количества с их отношениями и их обыденными мерами.

Распознавание истинных движений отдельных тел и точное их разграничение от кажущихся весьма трудно, ибо части того неподвижного пространства, о котором говорилось, и в которое совершаются истинные движения тел, не ощущаются нашими чувствам. Однако это дело не вполне безнадежное. Основания для суждений можно заимствовать частью из кажущихся движений, представляющих разности истинных, частью из сил, представляющих причины и проявления истинных движений. Так, если два шара, соединенные нитью на данном друг от друга расстоянии, будут обращаться около общего их центра тяжести, то по натяжению нити можно будет узнать стремление шаров к удалению от оси вращения и до нему вычислить угловую его скорость. Если затем на противоположные стороны шаров заставить действовать разные силы так, чтобы они не увеличивали или уменьшали круговращательное движение, то по увеличившемуся или по уменьшившемуся натяжению нити может быть обнаружено увеличение или уменьшение скорости движения, и таким образом можно будет найти те стороны шаров, к которым надо приложить силы, чтобы увеличение скорости движения стало наибольшим, и, значит, найти те стороны шаров, которые. Обращены по направлению движения, или по направлению ему обратному. Когда эти передние и задние стороны будут найдены, то и движение будет вполне определено.

Таким способом могло бы быть определено количество и направление кругового движения внутри опростого пустого пространства, где не существовало бы никаких внешних доступных чувствам признаков, к которым можно было бы относить положения шаров. Если бы в этом пространстве кроме того находились бы еще некоторые весьма удаленные тела, сохраняющие относительно друг к другу положения, подобно тому как наши неподвижные звезды, то по перемещению, шаров относительно

этих тел мы не могли определить, чему принадлежит это перемещение, телам или шарам. Но если бы мы, определив натя

[262/446]

жение нити, нашли, что это натяжение как раз соответствует движению шаров, то мы заключили бы, что движение принадлежит шарам, а не внешним телам, и что эти тела находятся в покое. Таким образом по видимому перемещению шаров относительно внешних тел мы вывели бы их движение. Нахождение же истинных движений тел по причинам их производящим, по их проявлениям, и по разностям кажущихся движений, и, наоборот, нахождение по истинным или кажущимся движениям их причин и проявлений излагается подробно в последующем. Именно с этой-то целью и составлено предлагаемое сочинение.

АКСИОМЫ ИЛИ ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ ЗАКОН I

*Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменять его состояние*¹³¹.

¹³¹ Ввиду важности основных законов движения приводим и подлинную их формулировку.

Закон I высказан так: «Corpus onte perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare».

Закон II. «Mutationem motus proportionalem esse vi motrice impressae et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur».

Закон III. «Actioni contrariam semper et equalem esse reactionem; sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse equales et in partes contrarias dirigi».

Первый закон представляет для точного перевода некоторые затруднения именно по отношению к словам «perseverare» и «nisi quatenus». Слово «perseverare», как уже упомянуто в прим. I стр. 428, включает в себя понятие о стойкости или упорстве в сохранении чего-либо. Но, кроме того, оно может включать и понятие о длительности сохранения или пребывания, в этом смысле оно или, точнее говоря, соответствующее ему существительное «perseverantia» употреблено Ньютоном в пояснении понятия об абсолютном времени; где сказано прямо: duratio seu perseverantia existantiae, т. е. длительность, или продолжительность, существования. Сообразно тому, какой смысл придать слову «perseverare», надо придавать и смысл словам «nisi quatenus», т. е. ограничения в смысле времени или в смысле количества, и тогда их надо переводить или словами: «до тех пор пока» или просто «пока» в первом случае и словами: «кроме того, поскольку» или просто «поскольку не» во втором. Таким образом в первом

[263/447]

Брошенное тело продолжает удерживать свое движение, поскольку его не замедляет сопротивление воздуха и поскольку сила тяжести не побуждает это тело вниз. Волчок, коего части вследствие взаимного сцепления отвлекают друг друга от прямолинейного движения, не перестает вращаться (равномерно), поскольку это вращение не замедляется сопротивлением воздуха. Большие же массы планет и комет сохраняют свои движения, как поступательные, так и вращательные, совершающиеся в пространствах, менее сопротивляющихся, дольше.

толковании первый закон можно перевести так: «Всякое тело продолжает пребывать в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока приложенные силы не понудят его изменить это состояние». Во втором толковании этот закон можно перевести так: «Всякое тело удерживает свое состояние покоя или равномерно и о прямолинейного движения, поскольку оно не понуждается приложенными силами изменять это состояние».

В первом толковании будет оттенено, что одного только времени недостаточно для изменения состояния покоя или равномерного и прямолинейного движения тела; необходимо еще действие силы. Во втором, — что тело лишь постольку удерживает свое состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения, поскольку внешние силы ему в том не препятствуют. В пояснении в первых двух примерах как бы оттеняется второе толкование, причем в первом повторено выражение «*perseverant nisi quatenus*», в третьем же сказано просто «сохраняют» — *conservant*, и подчеркнута именно длительность этого сохранения.

Таким образом латинский текст включает в себя одновременно оба толкования или оба понятия, и словом «*perseverare*» Ньютон использовал всю силу латинского языка. Сочетать совершенно точно в русском переводе е оба толкования я не сумел, и в той формулировке, которая дана в тексте, второе толкование как бы несколько пересиливает.

Как при формулировке, так и при пояснении второго закона подразумевается, что продолжительность действия силы — или постоянная или одна и та же для сравниваемых сил. В непосредственной связи со вторым законом находится лемма X, а которой показывается, что в пределе для бесконечно малых промежутков времени изменения скорости тела, значит, и количества движения, производимые силой, пропорциональны времени пройденное же телом по направлению силы пространство пропорционально квадрату времени. Эта лемма в связи, со вторым законом и с понятием об «ускорении» в его теперешнем смысле и устанавливает пропорциональность силы ускорению.

В поучении в конце отдела о законах движения Ньютон особенно подробно останавливается на третьем законе, показывая, как подтверждения его опытами, так и важные его применения во всех случаях, где дело идет не об одном, а о нескольких телах, действующих друг на друга. *Прим. А. Н. Крылова.*

ЗАКОН II

Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.

Если какая-нибудь сила, производит некоторое количество движения, то двойная сила произведет двойное, тройная – тройное, будут ли они приложены разом все вместе или же последовательно и постепенно. Это количество движения, которое

[264/447]

всегда происходит по тому же направлению, как и производящая его сила, если тело уже находилось в движении при совпадении направлений, прилагается к количеству движения тела, бывшему ранее, при противоположности вычитается, при наклонности прилагается наклонно и соединяется с бывшим ранее сообразно величине и направлению каждого из них.

ЗАКОН III

Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе взаимодействия двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны.

Если что-либо давит на что-нибудь другое или тянет его, то оно само этим последним давится или тянется. Если кто нажимает пальцем на камень, то и палец его также нажимается камнем. Если лошадь тащит камень, привязанный к канату; то и обратно (если можно так выразиться) она с равным усилием оттягивается к камню, ибо натянутый канат своей упругостью производит одинаковое усилие на лошадь в сторону камня и на камень в сторону лошади, и насколько этот канат препятствует движению лошади вперед, настолько же он побуждает движение вперед камня. Если какое-нибудь тело, ударившись в другое тело, изменяет своей силой его количество движения на сколько-нибудь, то оно претерпит от силы второго тела в своем собственном количестве движения то же самое изменение, но обратно направленное, ибо давления этих тел друг на друга постоянно равны. От таких взаимодействий всегда происходят равные изменения не скоростей, а количеств движения, предполагая, конечно, что тела никаким другим усилиям не подвергаются. Изменения скоростей,

происходящие также в противоположные стороны, будут обратно пропорциональны массам тел, ибо количества движения получают равные изменения. Этот закон имеет место и для притяжений, как это будет доказано в поучении.

СЛЕДСТВИЕ I

При силах совокупных тело описывает диагональ параллелограмма, в то же самое время как его стороны при раздельных¹³².

132 Формулировка этого следствия представляется при теперешнем изложении необычной в доказательство — как бы ей не соответствующим, ибо в нем предполагается, что когда тело описывает стороны или диагональ параллелограмма, то оно движется равномерно, т. е. силы на него не действуют, а теорема высказана так, что можно думать, что стороны и диагональ параллелограмма описываются при продолжающемся действии сил притом сил каких угодно, постоянных или переменных, и в продолжение какую угодно, лишь бы во всех случаях, того же самого промежутка времени. Но необходимо иметь в виду второй закон, по которому скорости, сообщаемые разными силами тому же телу, пропорциональны этим силам и так же направлены. В то же время, когда были изданы «Начала», представления скорости в виде отрезка прямой не было, почему вместо этого представления Ньютон и берет те пути, которые тело могло бы описать в течение некоторого, произвольно заданного промежутка времени, и вот об этом то времени после прекращения действия силы и идет речь в теореме. Таким образом эта теорема при теперешней терминологии составляет не что иное, как сложение количеств движения по правилу параллелограмма. Первые слова доказательства также весьма кратки; если развить подробно их смысл, то можно бы передать его так: «сила M , действуя одна, могла бы сообщить телу в продолжение некоторого промежутка времени t_0 такую скорость, что тело, двигаясь затем из точки A с этой скоростью равномерно, прошло бы в течение данного промежутка времени T путь AB . Сила N , действуя одна, могла бы сообщить в продолжение того же промежутка t_0 такую скорость, что тело, двигаясь затем с этой скоростью равномерно, прошло бы в течение данного промежутка времени T путь AC ; тогда если бы на тело действовали одновременно и совместно в течение того же промежутка времени t_0 обе силы M и N , то они сообщили бы телу такую скорость, что тело, двигаясь затем с этой скоростью равномерно, прошло бы в течение данного промежутка времени T путь AD , представляющий диагональ параллелограмма $ABCD$ ». Вторая часть доказательства изложена подробно, и ею вполне разъясняется смысл, который надо придавать как теореме, так и не вполне ясно выраженной первой части доказательства. Можно думать, что потому теорема и начало ее доказательства и высказаны так неопределенно, что бы побудить читателя проследить доказательство до конца и самому восполнить краткость формулировки.

[265/449]

Если бы тело при действии в месте А (Рис. 63) одной только силы М перенеслось в продолжение заданного промежутка времени равномерным движением из А в В, и если бы при действии в том же месте одной только силы N оно перенеслось из А в С, то при действии обеих сил оно перенесется в то же самое время из А в В по диагонали параллелограмма ABCD.

Так как сила N действует по направлению прямой AC, параллельной BD, то по второму закону эта сила нисколько не изменит той скорости приближения к прямой BD, которая была

[266/450]

произведена первой силой. Следовательно, тело в продолжение ... времени достигнет до ... ZD, была ли сила N приложена или нет. На основании такого же рассуждения, к концу того же промежутка времени тело должно находиться и где-либо на прямой CD, следовательно, оно должно быть в их пересечении D. Переходит же оно из А в D прямолинейно на основании закона.

СЛЕДСТВИЕ II

Отсюда явствует составление силы, направленной по AD из каких-либо двух наклоненных друг к другу AB и BD, и, наоборот, разложение любой силы, направленной по AD на наклонные AB и BD; как это сложение, так и разложение беспреестанно подтверждаются в учении о машинах¹³³.

Ньютоново доказательство отнюдь не предполагает, что тело до действия сил находилось в покое; в нем также не оговорено, в продолжение какого промежутка времени M и N сообщали телу скорости. Этот промежуток времени может быть бесконечно мал, все равно сообщенные скорости будут пропорциональны силам, а это значит, что силы M и N могут быть не только постоянные, но и переменные; в этом последнем случае надо предполагать сказанный промежуток бесконечно малым и переходить к пределу. Здесь Ньютон на этом не останавливается, но дальше в лемме X и в предложении I он на это обращает внимание. *Прим. А. Н. Крылова.*

¹³³ Так как сообщаемые а продолжение равных промежутков времени количества движения, а для того же самого тела скорости имеют направления действующих сил и пропорциональны им, в предыдущем же следствии показано, что эти количества движения или скорости слагаются по правилу параллелограмма. то, как и сказано в этом следствии, «сложение и разложение си;», явствует из предыдущего следствия». Заключительные его слова суть: «ex mtchnnoa»; но по дальнейшему изложению и

Так, пусть к точкам М и N (Рис. 64) колеса, взятым на радиусах его OM и ON в неодинаковом расстоянии от центра, подвешены на нитях грузы А и Р, и требуется определить усилия, с которыми эти грузы стремятся вращать колесо.

Через центр О проводится прямая KOL перпендикулярно к нитям, пересекающая их в К и L; центром О и большим из расстояний OL проводятся круг, пересекающий МА в D, и строятся прямые: DC – перпендикулярно к OD и AC – ей параллельно. Так как ничто не изменится от того, будут ли точки К, L, D нитей прикреплены к плоскости колеса или нет, то действие грузов будет одно и то же, подвесить ли их в точках К и L или в точках D и L. Но если полную величину веса груза А представить линией AD, то этот вес разлагается на силы AC и CD, из коих AC, действующая по направлению радиуса OD прямо от центра, не имеет значения для вращения колеса, вторая же сила, действующая перпендикулярно к радиусу OD, имеет такое же значение, как если бы она действовала перпендикулярно радиусу OL, равному OD, т.е. такое же, как

[267/451]

все груза Р, если его взять таким, чтобы он относился к весу А, как длина DC к DA.

Но, по подобию треугольников DAC и KOD и равенству OD и OL, будет:

$$DC:DA = OK:OL;$$

следовательно, когда веса А и Р обратно пропорциональны плечам ОК и OL, составляющим продолжение одно другого, то их действия равносильны, и они будут находиться в равновесии, – это и есть известное свойство весов рычага и ворота. Когда которыйнибудь из двух грузов будет больше, нежели в этом отношении, то и условие к вращению колеса будет соответственно больше.

Пусть груз р, коего вес равен весу груза Р, отчасти подвешен на нити Nр (Рис. 65), частью же поддерживается наклонной плоскостью G.

Если провести прямые рN и NH соответственно перпендикулярно горизонтальной плоскости и плоскости G, то, представив через рН

по предисловию автора вилио. что под этим словом здесь надо разуметь «учение Л машинах», а не «механику» вообще. Прим. А. Н. Крылова.

направленную вниз силу¹³⁴, равную весу груза p , можно ее разложить на силы pN и HN .

Если плоскость Q , пересекающая данную плоскость G по горизонтальной прямой, будет взята перпендикулярно направлению нити pN , и груз p поддерживался бы лишь этими двумя плоскостями, то он давил бы на эти плоскости с силами pN и HN , соответственно этим плоскостям перпендикулярными, т.е. на плоскость Q , силой pN и на плоскость G силой HN . Поэтому, если убрать плоскость O , чтобы груз натягивал нить, то так как нить, поддерживая груз, теперь заменяет убранный прочь плоскость O , то она будет натянута с той самой силой pN , которая раньше давила на плоскость. Следовательно, натяжение

[268/452]

этой наклонной нити будет так относиться к натяжению той другой отвесной нити NP , как длина pN к pH . Поэтому, если отношение веса груза p к весу груза A будет равно отношению, составленному из отношения длин pH и pN и обратного отношения кратчайших расстояний от центра колеса до нитей подвеса PN и AM этих грузов, то их действия на колесо будут одинаковы и они будут взаимно уравниваться, что всякий может испытать.

Груз p , надавливающий на вышеуказанные две наклонные плоскости, находится в условиях, подобных тем как клин, коего грани и были бы эти плоскости; следовательно, можно определить соотношение между силами клина и молота, а именно давление на грань Q так относится к силе, действующей на клин по направлению прямой pN от веса ли его или от удара молота, как pN относится к pH , к давлению же на вторую грань G ,

¹³⁴ При сложении и разложении сил по правилу параллелограмма Ньютон обыкновенно строит лишь стороны той ломаной, коей замыкающая и есть равнодействующая предложенных или искомым сил. Кроме того, он часто делает это построение где-нибудь, не заботясь о том, чтобы стороны и диагональ параллелограмма сходились именно в точке приложения этих сил; построение служит ему не для наглядного представления всех трех элементов силы, т.е. точки приложения, величины и направления, а лишь для установления соотношений между величинами составляющих и равнодействующей и направлениями их; наконец, он часто делает построение так, что сила как бы направлена к точке схода сторон и диагонали, а не от нее, как это принято теперь. Поэтому приведенные у него построения представляются теперь несколько необычными, но само собой очевидно, как от них перейти к принятым теперь. *Прим. А. Н. Крылова.*

как pN к NH . Наконец, и сила винта найдется подобным же разложением, ибо он не что иное как клин, вгоняемый рычагом.

Применение этого следствия весьма широкое, и благодаря этому широкому применению справедливость его постоянно обнаруживается, ибо от вышесказанного зависит все учение о машинах, разными авторами излагаемое различным образом. Пользуясь этим же следствием, легко выводятся соотношения между усилиями в машинах, составленных из колес, барабанов, воротов, рычагов, блоков, натянутых канатов и других механизмов, и весами грузов, поднимаемых или прямо или наклонно, а также силы связок, приводящих в движение кости животных.

СЛЕДСТВИЕ III

Количество движения, получаемое беря сумму количеств движения, когда они совершаются в одну сторону, и разность, когда они совершаются в стороны противоположные, не изменяется от взаимодействия тел между собой.

[269/453]

Так как по третьему закону действие и противодействие между собой равны и противоположны, то по второму закону они производит равные изменения количеств движения, направленные в противоположные стороны. Таким образом, если движению двух тел направлены в одну сторону, то что приложится к количеству движения тела, идущего впереди, то вычтется из количества движения тела, за ним следующего, и сумма количеств движения обоих тел останется прежняя. Если же тела движутся в противоположные стороны, то вычтется поровну из количеств движения каждого из них, и, следовательно, разности количеств движения, направленных в обратные стороны, останется без перемены.

Пусть масса шара А втрое больше массы шара В, и скорость его заключает две части, таких, коих скорость последующего за ним шара В заключает десять и движение шаров происходит по той же самой прямой. Количества движения А а в будут относиться, как 6 к 10; положим, что эти количества соответственно равны 6 и 10 частям, так что сумма их равна 16. При встрече тел, если тело А приобретает количество движения, равное 3, 4 или 5 частям, то тело В утратит столько же частей, и, следовательно, после отражения тело А пойдет, имея количество движения, равное 9, 10 или 11 частям, тело же В будет иметь или 7, или 6, или 5 частей, так что

сумма все время остается равной 16, как и раньше. Если бы тело А приобрело 9, 10, 11 или 12 частей и, следовательно, после встречи шло, имея количество движения, равное 15, 16, 17 или 18, то тело В, потеряв столько же, сколько приобретено телом А, или идет вперед с 1 частью после потери 9, или находится в покое при потере 10 частей, или же идет назад, потеряв не только все свое количество движения, но еще («как сказано выше) и одну часть вдобавок, или же при потере 12 частей идет назад с (количеством движения, равным 2. Таким образом суммы количеств движения, направленных в ту же сторону, как $(15 + 1)$ или $(16 + 0)$, и разности, направленных в противоположные, как $(17 - 1)$ или $(18 - 2)$, составляют постоянно 16, как то было до встречи и отражения. Найдя количества движения, которыми обладают тела после отражения, определим « скорости каждого из них, ибо каждая из этих скоростей так относится к скорости, бывшей до удара, как количества движения соответствующего тела после и до удара. Так, например, для последнего случая тела А, коего количество движения до удара было равно 6 и скорость 2, после же отражения количество Движения стало 18, то скорость будет 6, как это следует из пропорции $18:6 = 6:2$.

Когда тела не сферические или же, двигаясь по разным

[270/454]

прямым, соударяется косвенно и требуется найти количества движения их после отражения, то необходимо сперва найти положение плоскости, касающейся обоих тел в точке их встречи, затем количество движения каждого тела разложить на два (по следствию II): одно—перпендикулярно сказанной плоскости, другое ей параллельно. Количества движения, параллельные плоскости, сохранятся без изменения, ибо взаимодействие тел происходит по прямой, перпендикулярной этой плоскости. Количества же движения перпендикулярные получают равные противоположные изменения, так что сумма этих количеств движения, когда они направлены в одну сторону, и разность, когда они направлены в стороны обратные, остается той же самой, какая была до удара. От отражений подобного рода могут происходить и вращательные движения тел около их собственных центров, но таких случаев, я в дальнейшем не рассматриваю, и было бы весьма долго излагать все сюда относящиеся.

СЛЕДСТВИЕ IV

Центр тяжести системы двух или нескольких тел от взаимодействия тел друг .ца друга не изменяет ни своего состояния покоя, ни движения; поэтому центр тяжести системы всех действующих друг на друга тел (при отсутствии внешних действий и препятствий) или находится в покое или движется равномерно и прямолинейно.

В самом деле, если две точки перемещаются равномерно по прямым линиям и расстояние между ними разделяется в заданном отношении, то и точка раздела или находится в покое или движется равномерно по прямой. Это будет доказано в лемме XXIII и ее следствии для того случая, когда движение обеих точек происходит в одной плоскости; таким же рассуждением это могло бы быть доказано и для того случая, когда движения совершаются не в одной плоскости. Следовательно, если какие-либо тела движутся равномерно и прямолинейно, то центр тяжести любой пары их или покоится или движется равномерно по прямой, и, кроме того, прямая, соединяющая сказанные прямолинейно перемещающиеся центры тяжести тел, разделяется общим их центром тяжести в постоянном отношении.

Подобным же образом общий центр тяжести этих двух тел и третьего или покоится или движется равномерно по прямой, ибо и не расстояние между общим центром тяжести пары тел а центром тяжести третьего разделяется в постоянном отношении! Точно так же общий центр тяжести этих трех тел и какого-либо четвертого или покоится или движется равномерно по прямой, ибо и им расстояние между центром тяжести си-

[271/455]

стемы трех тел и центром тяжести четвертого разделяется в постоянном отношении, и т.д. до бесконечности.

Следовательно, в системе тел, между которыми нет никаких взаимодействий и которые не подвержены никаким внешним силам, так что каждое из этих тел в отдельности движется равномерно по своему прямолинейному пути, общий центр тяжести или покоится или движется равномерно и прямолинейно.

Далее, так как в системе двух тел, действующих друг на друга, расстояние центра тяжести каждого из них до общего центра тяжести системы обратно пропорционально массам тел, то относительные количества движения, с которыми оба тела или приближаются к этому центру или от него удаляются, между собой равны. Вследствие этого сказанный центр тяжести системы не претерпит от происходящих в противоположных

направлениях равных изменений количеств движения, вызываемых действием тел друг на друга, ни ускорения, ни замедления в своем движении и не изменит своего состояния покоя или равномерного прямолинейного движения.

В системе многих тел центр тяжести любой пары их, действующих друг на друга, не претерпевает от этого взаимодействия никакого изменения своего состояния; общий центр тяжести остальных тел, которых это взаимодействие не касается, тем более не изменит своего состояния. Расстояние центра тяжести этих двух тел до общего центра тяжести всех остальных разделяется центром тяжести всей системы на части, обратно пропорциональные суммам масс взятой пары тел и всех прочих, т.е. в постоянном отношении. Отсюда следует, что так как центр тяжести двух взятых тел сохраняет свое состояние, то и общий центр тяжести всей системы его сохраняет, и, следовательно, от действия двух тел друг на друга он не изменяет своего состояния покоя или равномерного прямолинейного движения. Но в системе многих тел все действия между телами составят или из взаимодействий одного тела на другое, или же они составятся из таких взаимодействий между двумя телами, и, следовательно, они не влияют на изменение состояния покоя или движения центра тяжести этой системы.

Так как центр тяжести системы когда взаимодействий между телами нет, или покоится или движется равномерно и прямолинейно, то на основании сказанного выше, несмотря на взаимодействия тел, он будет продолжать все время или покоиться или двигаться равномерно и прямолинейно, если только он не будет выведен из этого состояния силами, действующими извне.

Следовательно, по отношению к центру тяжести системы нескольких тел имеет место тот же самый закон сохранения

[272/456]

состояния покоя или равномерного и прямолинейного движения, как и для одного тела. Таким образом поступательное количество движения отдельного ли тела или системы тел надо всегда рассчитывать по движению центра тяжести их.¹³⁵

135 Длиннота доказательства закона сохранения движения центра тяжести системы происходит единственно от того, что не применен аналитический способ, но зато при изложенном доказательстве ясно видна связь «того закона с предыдущим.

СЛЕДСТВИЕ V

Относительные движения друг по отношению к другу у тел, заключенных в каком-либо пространстве, одинаковы, покоится ли это пространство или движется равномерно и прямолинейно без вращения.

Так как разности¹³⁶ движений, направленных в ту же сторону, и суммы направленных в стороны противоположные, одинаковы в обоих случаях (как это следует из условий), все же усилия, с которыми тела действуют друг на друга при столкновениях, зависят лишь от этих разностей или сумм, то по II закону, последствия столкновений будут равны в обоих случаях, и, следовательно, относительные движения останутся а обоих случаях одинаковыми. Это подтверждается обильно опытами. Все движения на корабле совершаются одинаково, находится ли он в покое или движется равномерно и прямолинейно.

СЛЕДСТВИЕ VI

Если несколько тел, движущихся как бы то ни было друг относительно друга, будет подвержено действию равных ускоряющих сил, направленных по параллельным между собой прямым, то эти тела будут продолжать

Формулировка предложения обнимает лишь частный случай общего закона о движении центра тяжести системы тел, но заключительные слова доказательства о расчете количества движения заставляют думать, что Ньютону был известен и «тот закон. На это указывают также заключительные слова доказательства пред. LXV, к котором рассматривается движение, системы многих малых тел около одного большого центрального и где сказано: «центр тяжести системы будет описывать вокруг большого тела коническое сечение, а радиусом, проводимым к атому наибольшему, будут описываться площади, пропорциональные временам». *Прим. А. Н. Крылова.*

¹³⁶ Выражение: «разности каких-либо величии, когда они направлены в одну сторону, или суммы, когда они направлены в стороны противоположные!», встречается в «Началах» несколько раз и по своему смыслу равносильно теперешнему термину «геометрическая разность» каких-либо векториальных величин. Когда же говорится: «Сумма каких-либо величин, когда они направлены в ту же сторону, и разности, когда они направлены в стороны противоположные», то это равносильно теперешнему термину «геометрическая сумма», и при пояснении второго закона упомянуто о таком геометрическом сложении количеств движения. В других случаях такого упоминания не делается.

Под словом «движение» здесь подрав умещаются перемещения и скорости. Геометрические резкости, о которых идет речь в этом предложении, суть геометрические разности перемещений и скоростей всех тел системы и одного из них, относительно которого движение прочих определяется. *Прим. А. Н. Крылова.*

двигаться друг относительно друга так же, как если бы сказанные силы на них не действовали.

Так как эти силы, действуя на все тела одинаково (соответственно массам движущихся тел), и по направлениям параллельным будут сообщать всем телам одинаковые скорости (по закону), то они ни в чем не изменят ни положений, ни движения тел друг относительно друга.

ПОУЧЕНИЕ

До сих пор и излагал начала, принятые математиками и подтверждаемые многочисленными опытами. Пользуясь первыми двумя законами и первыми двумя следствиями, Галилей нашел, что падение тел пропорционально квадрату времени и что движение брошенных тел происходит по параболе: это подтверждается опытом, поскольку такое движение не претерпевает замедления от сопротивления воздуха. При падении тела сила тяжести в отдельные, равные между собой весьма малые промежутки времени, действуя одинаково, сообщает этому телу равные количества движения¹³⁷ и производит равные скорости: следовательно, за все время движения она сообщает телу полные количества движения и скорости, пропорциональные времени. Пространства, проходимые в пропорциональные времена, будут относиться как произведения скорости и времени, т.е. как квадраты времени. Телу, подброшенному вверх (вертикально), тяжесть сообщает равномерно количества движения, пропорциональные времени, и уменьшает скорость также пропорционально времени, так что времена подъема до наибольшей высоты пропорциональны той скорости, которая подлежит уничтожению самые же эти высоты пропорциональны скорости и времени, т.е. пропорциональны квадрату скорости.

Движение тела, брошенного по какой-нибудь прямой (наклонной к горизонту), слагается из движения по этой прямой, происходящего от начального толчка, и из движения, происхо-

[275/458]

дящего от силы тяжести. Так, если бы тело А (Рис. 66) в своем движении только от толчка списано бы в данное время прямолинейный путь АВ, под влиянием же только силы тяжести, падая вниз, путь АС, то,

¹³⁷ В тексте сказано: «vires» – силы, притом за «силу тела» принимается его количество движения. В переводе употреблен теперешний термин. *Прим. А. Н. Крылова.*

дополнив параллелограмм ABCD, получим в точке D место тела в конце AED, описанная телом, есть касающаяся прямой AB в точке A парабола, ордината коей BD пропорциональна AB¹³⁸.

От тех же законов и следствий зависят известные свойства времен качаний маятников, которые подтверждаются ежедневным опытом с часами.

Из этих же двух законов и из третьего кавалер Хр. Врен. Иоанн Уаллис S. F. D. и Христиан Гюйгенс, величайшие геометры нашего времени, вывели законы удара и отражения тел и почти одновременно сообщили их Королевскому обществу, причем их выводы во всем, касающемся этих законов, между собой согласны. По времени обнародования найденного, Уаллис был первым, затем следовал Врен, затем Гюйгенс. Справедливость этих законов была подтверждена Уаллисом перед Королевским обществом опытами с маятниками. Эти опыты были затем признаны знаменитым Мариотом достойными быть изложенными в его книге, целиком посвященной этому предмету. Однако, чтобы результаты таких опытов в точности совпадали с теорией, необходимо принять во внимание как сопротивление воздуха, так и степень упругости соударяющихся тел.

Пусть шары A и B (Рис. 67) подвешены на равных и параллельных нитях AC, BD из точек C и D. Опишем из этих точек, как из центров, радиусами BD и AC полуокружности EAF и GBH. Отклонив тело A до точки R дуги EAF и убрав тело B, пускаем A качаться и замечаем ту точку U, до которой оно дойдет после одного полного размаха; тогда RV представляет уменьшение величины размаха от сопротивления воздуха. Пусть ST есть четвертая часть RV, так расположенная посередине этой дуги, чтобы RS и TV были между собой равны, т.е. чтобы было $RS = TV = \frac{3}{2} ST$; тогда ST представит весьма близко влияние сопротивления воздуха при размахе от S до A.

[275/459]

Поместим тело B на его место; если тело A пустить из точки S, то можно без чувствительной погрешности принять, что его скорость при ударе в низшем его положении будет такая же, как если бы оно свободно падало в пустоте на точки T. Эту скорость можно представить хордой TA, ибо известно, что скорость маятника в нижней точке его дуги пропорциональна хорде дуги его падения. Пусть после отражения тело A достигает до точки S и тело B до точки K. Убрав тело B, определяем положение такой

138 Sacrosanctae Theologiae Doctor - доктор богословия. Прим. А. Н. Крылова.

точки U, из которой если пустить тело A, то после полного размаха оно приходит в r, если тогда взять $st = 1/4 rv$ и поместить точки s и t так, чтобы было $rs = tv$, то хорда tA представит ту скорость, которую имеет тело A после отражения, ибо t будет то истинное я исправленное место, до которого могло бы дойти тело A при отсутствии сопротивления воздуха.

Подобным же образом исправляется я место k, и находится та точка I, до которой дошло бы тело B в пустоте. Производя все испытания таким способом, мы как бы производим их, в пустоте. Умножив затем массу тела A (если можно так выразиться) на хорду TA, представляющую его скорость, получим его количество движения в точке A перед самым моментом удара. Затем, умножив на tA, получаем его количество движения после отражения. Точно так же надо массу тела B умножить на хорду B1, чтобы получить его количество движения после отражения. Подобным образом находятся количества движения каждого на двух тел как перед ударом» так и после отражения, и в том случае, когда они одновременно пускаются из разных мест, после чего и можно сравнивать количества движения между собою и выводить последствия удара и отражения.

Производя таким образом испытания над маятниками длиной 10 футов и над массами равными и неравными и пуская тела так, чтобы они встречались, взойдя большие промежутки, например 8, 12, 16 футов, я получал с ошибкой, меньшею 3 дюймов в измерениях, что при прямом ударе между телами изменения их количеств движения были равны и направлены в стороны противоположные, откуда следует, что действие и противодействие между собой равны. Так, например, если тело ударяло по покоящемуся телу B с количеством движения, равным девяти частям, и, потеряв семь, продолжало двигаться с двумя, то тело B отскакивало также с количеством движения, равными семи. Когда тела шли друг другу навстречу, например A с количеством движения, равным двенадцати, и B с количеством движения, равным шести, и если после удара A шло в обратную сторону с количеством движения, равным двум, то B шло в обратную сторону с количеством, движения, равным

[276/460]

восьми, т.е. оба тела, как показывает вычитание, изменяли свое количество движения на четырнадцать частей. В самом деле, если из количества движения A вычесть двенадцать, то останется ноль, по вычете же еще двух, получится количество движения, равное двум, направленное в обратную сторону, также по вычете четырнадцати из количества

движения тела В, равного шести, остается количество движения, равное восьми, направленное в обратную сторону.

То же самое происходит и при движении тел в одну сторону: пусть, например, тело А идет более быстро с количеством движения четырнадцать, В — медленнее и с количеством движения; равным пяти; если после удара А продолжает идти с количеством движения пять, то В пойдет с четырнадцатью, получив девять частей от А.

Подобное соотношение имеет место и в остальных случаях: полное количество движения, рассчитываемое взяв сумму количеств движения, когда они направлены в одну сторону, и разность, когда они направлены в стороны противоположные, никогда не изменяется от удара при встрече тел.

Ошибки в один или два дюйма при измерениях следует приписать трудности произвести их достаточно точно. Была также трудность и в том, чтобы пустить оба тела так, чтобы они одновременно приходили в низшее свое положение, а также, чтобы заметить места s и k , до которых тела поднимались после встречи. Неравномерное распределение плотности и неравномерность строения тел, происходящие от случайных причин, приводят также к погрешностям.

Чтобы опровергнуть возражение против высказанного выше правила, для доказательства которого эти опыты и проводились, будто бы оно предполагает, что тела или абсолютно тверды, или вполне упруги, т.е. такие, каких в природе не встречается, добавлю, что описанные опыты удаются как с телами мягкими, так и с жесткими и совершенно не зависят от степени твердости их. Если это правило прилагать к телам не вполне твердым, то необходимо лишь уменьшить скорость отражения сообразно степени упругости тел.

По теории Врена и Гюйгенса тела абсолютно твердые отскакивают одно от другого со скоростью, равной скорости встречи. Точнее, это следовало бы сказать о телах вполне упругих. В телах не вполне упругих скорость расхождения должна быть уменьшаема соответственно степени упругости. Эта степень упругости (если только тела при ударе не повреждаются или не претерпевают удлинений как бы от удара молотом) вполне определенная и (как мне кажется) производит то, что тела расходятся с такой относительной скоростью, которая состав-

[277/461]

ляет постоянную долю относительной скорости встречи. Так,

например, я производил следующие опыты над мячами полно смотанными из шерсти и сильно затем обжатыми. Прежде всего пустив маятники и определив отражение, я определял степень упругости, затем по найденной степени упругости я рассчитывал отражение для других случаев ударов, и оно согласовалось с опытом: мячи всегда отскакивают друг от друга с относительной скоростью, составлявшей от скорости их встречи $5/9$ или около того. Почти с такой же скоростью отскакивали стальные шары, пробковые – с несколько меньшей, для стеклянным это отношение было близко к $15/16$. Таким образом третий закон по отношению к удару и отражению подтверждается теорией вполне согласующейся с опытом.

Относительно притяжения дело может быть изложено вкратце следующим образом: между двумя взаимно притягивающимися телами надо вообразить помещенным какое-либо препятствие, мешающее их сближению. Если бы одно из тел А притягивалось телом В сильнее, нежели тело В притягивается телом А, то препятствие испытывало бы со стороны тела А большее давление, нежели со стороны тела В, и, следовательно, не осталось бы в равновесии. Преобладающее давление вызвало бы движение системы, состоящей из этих двух тел, и препятствия в сторону тела В, и в свободном пространстве эта система, двигаясь ускоренно, ушла бы в бесконечность. Такое заключение нелепо и противоречит первому закону, по которому система должна бы оставаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения. Отсюда следует, что оба тела давят на препятствие с равными силами, а значит, и притягиваются взаимно с таковыми же.

Я производил подобный опыт с магнитом и железом: если их поместить каждый в отдельный сосуд и пустить плавать на спокойной воде так, чтобы сосуды взаимно касались, то ни тот, ни другой не приходят в движение, но вследствие равенства взаимного протяжения сосуды испытывают равные давления и остаются в равновесии.

Подобным образом и притяжение между землей и отдельными ее частями взаимно. Вообразим, что земля рассечена какой-либо плоскостью EG (Рис. 68) на две части EGE и EGI –протяжения их друг другом будут равны. В самом деле, если отсечь другой плоскостью НК, параллельны EG, от части EGI часть НКI, равную EFG, то ясно, что сред-

[278/462]

няя часть земли не будет ЖЖЖ.....

напряжения, нежели от другой, и будет находиться между ними как

бы подвешенной, оставаясь в равновесии и покое. Но вся крайняя часть KJN всем своим весом давит на среднюю EGHK и побуждает ее двигаться в сторону другой крайней EFG; следовательно, сила, с которой сумма частей EGHK и HKJ, т.е. EGJ стремится к EFG, равна весу (притяжению) части HKJ, т.е. весу части EFG; следовательно, притяжения друг к другу, т.е. вес частей GEF и GEJ, друг на друге между собой равны, что я и имел в виду показать. Если бы эти веса не были между собой равны, то вся земля, плавающая в свободном эфире, уступила большему весу и под его действием ушла бы в бесконечность.

Подобно тому, как при ударе и отражении, тела, коих скорости обратно пропорциональны массам, равнозначущи так и при движении механических приборов действующие силы, коих скорости, взятые по направлению самих сил (проекция скорости точки приложения каждой силы на направление этой силы), обратно пропорциональны этим силам, равнозначущи между собой и при стремлении в противоположные стороны взаимно уравниваются. Таким образом в стремлении привести в движение коромысло весов равнозначущи грузы, обратно пропорциональные тем направленным прямо вверх или вниз скоростям, кой они получают при качаниях коромысла, т. т. грузы, поднимающиеся или опускающиеся вертикально, равнозначущи, если они обратно пропорциональные проекциям подъема или опускания на отвесное направление, т.е. на направление силы тяжести.

Подобно этому в блоке или полиспасте усилие руки, тянущей снасть прямо, удержит прямо или наклонно поднимаемый груз в равновесии, если это усилие будет так относиться к весу груза, как скорость отвесного подъема груза относится к Скорости руки, тянущей снасть. В часах и подобных им механизмах, состоящих из сцепленных между собой колес, две силы взаимно противящиеся, т.е. такие, из коих одна способствует, другая же сопротивляется движению, находятся в равновесии, если эти силы обратно пропорциональны скоростям тех частей колес, к коим они приложены. Сила винта, сжимающего тело, так относится к усилию руки, вращающей рукоятку, как окружная скорость той точки рукоятки, где усилие руки приложено, относится к скорости поступания винта против сжимаемого тела. Силы, с коими клин раздвигает две части раскальваемого дерева, так относятся к силе молота, бьющего по клину, как ско-

[279/463]

рость перемещения клина в направлении действующей от бьющего

его молота силы относится к скоростям, с которыми части дерева уступают клину, причем эти скорости надо брать по направлениям, перпендикулярным к щекам клина. Совершенно подобно соотношение между силами и во всякого рода машинах. Действительность и назначение машин в том только и состоит, чтобы, уменьшая скорость, увеличивать силу и наоборот, ибо во всех подобного рода приборах в сущности решается такая задача: заданный груз двигать заданной силой или же заданное сопротивление преодолеть заданным усилием.

В самом деле, если машина будет устроена таким образом, чтобы скорости точек приложения движущей силы и сопротивления были обратно пропорциональны этим силам, то движущая сила уравнивает сопротивление: при большем же отношении скоростей преодолет его. Если отступление от пропорциональности скоростям будет таково, что будут преодолеваются сопротивления, происходящие от трения соприкасающихся и скользящих друг по другу тел, от сцепления тел, непрерывных и разъединяемых, и от подъема грузов, то за исключением всех этих сопротивлений избыточная сила произведет ускорение, пропорциональное ее величине как в частях машины, так я в сопротивляющемся теле.

Дальнейшее изложение учения о машинах сюда не относится; я хотел лишь показать, сколь далеко простирается и сколь благонадежен третий закон движения. Если действие движущей силы оценивать пропорционально произведению этой силы « скорости и, подобно этому противодействие сопротивлений, оценивать для каждой части в отдельности пропорционально произведению ее скорости и встречаемого ею сопротивления, происходящего от трения, сцепления, веса и ускорения¹³⁹, то во всякой машине действие и противодействие будут постоянно равны, и поскольку действие передается машиною и в конце концов прилагается к сопротивляющемуся телу, то это последнее его значение будет обратно значению противодействия.

* * *

139 В этих заключительных словах поучения можно видеть не только начало возможных перемещений в его всеобъемлющем приложении к учению о равновесии машин, т.е. вообще систем тел с полной связью или одной степенью свободы, но и сущность принципа Даламбера, лишь высказанную в столь сжатой форме, что нужен был гений Лагранжа, чтобы это общее начало выразить одной математической формулой, включающей в себя всю статику и динамику. *Прим. А.Н. Крылова.*

[280]

ФРИДРИХ ЭНГЕЛЬС

ОБ ОСНОВНЫХ КАТЕГОРИЯХ МЕХАНИКИ

ОТРЫВКИ ИЗ ПРИЛОЖЕНИЙ К «АНТИ-ДЮРИНГУ» И
«ДИАЛЕКТИКЕ ПРИРОДЫ»

1. Основные формы движения
2. Мера движения - работа
3. Пространство и время
4. Сила
5. Неуничтожимость движения
6. Движение и равновесие
7. Механическое движение

[281]

ФРИДРИХ ЭНГЕЛЬС

ДИАЛЕКТИКА ПРИРОДЫ¹⁴⁰

ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ

Движение, рассматриваемое в самом общем смысле слова, т.е. понимаемое как способ существования материи, как внутренне присущий материи (качество) атрибут, обнимает собой все происходящие во вселенной изменения и процессы, начиная от простого перемещения и кончая мышлением. Само собой разумеется, что изучение природы движения должно было исходить из низших простейших форм его и объяснить их прежде, чем оно могло дать что-нибудь для объяснения высших и более сложных форм его. И, действительно, мы видим, что в историческом развитии естествознания раньше всего была создана теория простого перемещения, механика небесных тел и земных масс; за ней следует теория молекулярного движения, физика, а тотчас же вслед за последней, почти наряду с ней, а иногда и раньше ее, наука о движении атомов — химия. Лишь после того, как эти различные отрасли познания форм движения, господствующих в области неорганической природы, достигли высокой степени развития, можно было приступить к объяснению явлений движения, представляющих процесс жизни, причем успехи его шли параллельно прогрессу науки в области механики, физики и химии. Таким образом,

¹⁴⁰ К. Маркс и Ф. Энгельс, Собрание сочинений, т. XIV. ИМЭЛ, Соцэкгиз, М., Л., 1931. (Стр. 531–547)

в то время как механика уже давно умеет сводить к господствующим в неодушевленной природе законам все действия костных рычагов, приводимых в движение сокращением мускулов, физико-химическое обоснование прочих явлений жизни все еще находится в зачаточном состоянии. Поэтому, собираясь приступить здесь к изучению при-

[282/468]

роды движения, мы вынуждены оставить в стороне органические формы его. Сообразно с уровнем научного знания мы вынуждены будем ограничиться формами движения в неорганической природе.

Всякое движение связано с каким-нибудь перемещением – перемещением небесных тел, земных масс, молекул, атомов или частиц эфира. Чем выше форма движения, тем мельче это перемещение. Оно несколько не исчерпывает природы соответствующего движения, но оно неотделимо от него. Поэтому его приходится исследовать раньше всего остального.

Вся доступная нам природа образует некую систему, некую совокупную связь тел, причем мы понимаем здесь под словом «тело» нее материальные реальности, начиная от звезды и кончая атомом и даже частицей эфира, поскольку признаем реальность последнего. Из того, что эти тела находятся во взаимной связи, логически следует, что они действуют друг на друга, и это их взаимодействие и есть именно движение. Уже здесь обнаруживается, что материя немислима без движения (что вместе с данной массой материи дано также и движение). И если, далее, мы заметим, что материя противостоит нам как нечто данное, как нечто несотворимое и неразрушимое, то отсюда следует, что и движение несотворимо и неразруσιμο. Этот вывод стал неизбежен, лишь только начали рассматривать вселенную как систему, как связь и совокупность тел. А так как философия пришла к этому задолго до того, как эта идея укрепилась в естествознании, то понятно, почему философия сделала за целых двести лет до естествознания вывод о несотворимости и неразрушимости движения. Даже та форма, в которой она его сделала, все еще выше современной естественнонаучной формулировки его. Теорема Декарта о том, что сумма имеющегося во вселенной движения остается всегда неизменной, страдает лишь формальным недостатком, поскольку в ней выражение, имеющее смысл в применении к конечному, прилагается к бесконечной величине. Наоборот, в естествознании имеются теперь два выражения этого закона: формула Гельмгольца о сохранении силы и новая, более точная формула о сохранении *энергии*, причем, как мы увидим

в дальнейшем, каждая из этих формул резко противоречит другой и каждая, вдобавок, выражает лишь одну -сторону 'интересующегося нас отношения.

Если два тела действуют друг на друга, причем в результате этого получается перемещение одного из них или обоих, то перемещение это может заключаться лишь в их взаимном приближении или удалении друг от друга. Они либо притягивают друг друга, либо отталкивают. Или же, выражаясь терминами механики, действующие между ними... силы – центрального ха-

[283/469]

рактера, действуют по направлению прямой, соединяющей ил центры. Для нас в настоящее время сама собой разумеющаяся истина, что эго происходит всегда и без исключения во вселенной, как бы сложны ни казались нам иные движения. Мы считали бы нелепым допустить, что два действующих друг на друга тела, взаимодействие которых не мешает никакое препятствие или же воздействие третьих тел, обнаруживают это взаимодействие иначе, чем по кратчайшему и наиболее прямому пути, т.е. по направлению прямой, соединяющей их центры¹⁴¹. Но, как известно, Гельмгольц (*Erhaltung der Kraft*, Berlin, 1647, Abschn. I и II) дал также математическое доказательство того, что центральное действие и неизменность количества движения обуславливают друг друга и что допущение действий нецентрального характера приводит к результатам, при которых движение может быть или создано или уничтожено. Таким образом, сановой формой всякого движения являются приближение и удаление, сокращение и расширение, – короче говоря, старая полярная противоположность *притяжения и отталкивания*.

Подчеркнем здесь: притяжение и отталкивание рассматриваются нами тут не как так называемые «силы», а как *простые, формы движения*. Ведь уже Кант рассматривал материю как единство притяжения и отталкивания. В свое время мы увидим, какое значение имеет понятие «силы».

Всякое движение состоит во взаимодействии притяжения и отталкивания. Но оно возможно лишь в том случае, если каждое отдельное

¹⁴¹ Кант на стр. 22 говорит, что благодаря существованию трех измерений пространства это притяжение или отталкивание совершается обратно пропорционально квадрату расстояния. *Прим. автора*.

притяжение компенсируется соответствующим ему отталкиванием в другом месте, ибо в противном случае одна сторона получала бы с течением времени перевес над другой, и тогда бы движение под конец прекратилось. Таким образом все притяжения и все отталкивания во вселенной должны взаимно уравниваться. Благодаря этому закон о неразрушимости и несотворимости движения сводится к положению о том, что каждое притягательное движение во вселенной должно быть дополнено эквивалентным ему отталкивательным движением, и наоборот, пли же, — как это выражала задолго до установления в естествознании закона о сохранении силы гесп, энергии прежняя философия, — что сумма всех притяжений равна сумме всех отталкиваний.

Но здесь невидимому, все еще имеются две возможности для прекращения со временем всякого движения, а именно: либо отталкивание и притяжение под конец когда-нибудь действи-

[284/470]

тельно уравниваются, либо все отталкивание окончательно сосредоточится в одной части материи, а все притяжение — в другой части ее. Но с диалектической точки зрения эти альтернативны уже а priori нереальны. Раз диалектика, основываясь на результатах нашего опытного изучения природы, доказала, что все полярные противоположности обуславливаются вообще взаимодействием обоих противоположных полюсов, что разделение и противопоставление этих полюсов существует лишь в рамках их связи и объединения и что, наоборот, их объединение существует лишь в их разделении, а их связь лишь в их противопоставлении, то не может быть и речи ни об окончательном уравнивании отталкивания и притяжения, ни об окончательном распределении и сосредоточении одной формы движения в одной половине материи, а другой формы его — в другой половине ее, т.е. не может быть и речи ни о взаимном проникновении, ни об абсолютном отделении друг от друга обоих полюсов. Утверждать это — значило бы то же самое, что, прибегая к примеру, требовать, в первом случае, чтобы северный и южный полюсы какого-нибудь магнита нейтрализовали друг друга и друг через друга, а во втором случае, чтобы распилка магнита посередине, между обоими его полюсами, дала в одной части северную половину без южного полюса, а в другой части южную половину без северного полюса. Но хотя недопустимость подобных предположений следует уже из диалектической природы полярной противоположности, все же, благодаря господствующему среди

естествоиспытателей метафизическому образу мышления, по крайней мере вторая гипотеза играет еще известную роль в физических теориях. Об этом будет еще речь в своем месте.

Как же представляется движение во взаимодействии притяжения и отталкивания? Лучше всего мы это разберем на примере отдельных форм движения. В итоге мы получим тогда общий вывод.

Рассмотрим движение какой-нибудь планеты вокруг ее центрального тела. Обычная школьная астрономия объясняет вместе с Ньютоном описываемый этой планетой эллипс из совместного действия двух сил — из притяжения центрального тела и из тангенциальной силы, увлекающей планету в направлении, перпендикулярном к этому притяжению. Таким образом, школьная астрономия принимает, кроме центральной формы движения, существование еще другого направления движения, перпендикулярного к прямой, соединяющей центры наших тел так называемой «силы». Но благодаря этому она становится в противоречие с вышеупомянутым основным законом, согласно которому в нашей вселенной всякое движение может происходить только в направлении прямой, соединяющей центры

[285/471]

действующих друг да друга тел, или же, как обычно выражаются, что всякое движение может вызываться лишь центрально действующими силами. Благодаря этому она вводит в теорию такой элемент движения, который, как мы это тоже видели, неизбежно приводит к идее о сотворении и уничтожении движения [и поэтому предполагает также творца]¹⁴². Поэтому нужно было свести эту таинственную тангенциальную силу к некоторой центральной форме движения: это и сделала канто-лапласовская космогоническая теория. Согласно этой гипотезе, как известно, вся солнечная система возникла из вращающейся, крайне разреженной газовой массы путем постепенного сжатия ее, причем на экваторе этого газового шара вращательное движение было естественно сильнее всего и отрывало от массы отдельные газовые кольца, которые сгущались в планеты, планетоиды и т.д. и стали вращаться вокруг центрального тела а направлении первоначального вращения. Само это вращение объясняется обыкновенно из собственного движения отдельных газовых частичек,

142 Последние слова прибавлены карандашом позже. *Прим. ред. соч. М. и Э.*

происходившего в самых различных направлениях причем, однако, под конец получался избыток в одном определенном направлении, вызывавший таким образом вращательное движение, которое вместе с ростом сжатия газового шара должно было становиться все сильнее. Но, какую бы мы им приняли гипотезу насчет происхождения вращения, при любой из них мы избавляемся от тангенциальной силы, которая превращается в особую форму проявления некоего, происходящего в центральном направлении движения. Если один центральный, элемент планетного движения представлен тяжестью, притяжением между планетой и центральным телом, то другой, тангенциальный элемент является остатком в перенесенной или превращенной форме, первоначального отталкивания отдельных частичек газового шара. Таким образом, процесс существования какой-нибудь солнечной системы представляется в виде взаимодействия притяжения и отталкивания, в котором притяжение получает постепенно все более и более перевес благодаря тому, что отталкивание излучается в виде тепла в мировое пространство и таким образом все более и более теряется для системы.

С первого же взгляда ясно, что форма движения, рассматриваемая здесь как отталкивание, есть не что иное, как так называемая современной физикой «энергия». Система потеряла благодаря процессу сжатия и вытекающему отсюда выделению отдельных тел, из которых она в настоящее время состоит, «энергию», и потеря эта, по известному вычислению Гельмголь-

[286/472]

ца, равняется теперь уже 453/454 всего всего находившегося первоначально в ней, в форме отталкивания, количества движения.

Возьмем, далее, какую-нибудь телесную массу на самой нашей земле. Благодаря тяжести она связана с землей, подобно тому как земля, со своей стороны, связана с солнцем: но, в отличие, от земли, эта масса неспособна на свободное планетарное движение. Она может быть приведена в движение только при помощи внешнего толчка. Но и в этом случае, по миновании толчка, ее движение вскоре прекращается либо благодаря действию одной лишь тяжести, либо же благодаря этому действию в соединении с сопротивлением среды, в которой движется наша масса. Однако и это сопротивление является в последнем счете действием тяжести, без которой земля не имела бы никакой сопротивляющейся среды, никакой атмосферы на своей поверхности. Таким образом, в случае чисто

механического движения на земной поверхности мы имеем дело с таким положением, в котором решительно преобладает тяжесть, притяжение, в котором, следовательно, для получения движения необходимо пройти две фазы: сперва действие совершается в направлении, противоположном тяжести, а затем дают действовать тяжести,— одним словом, сперва поднимают массу, а затем дают ей упасть.

Таким образом, мы имеем снова взаимодействие между притяжением, с одной стороны, и между формой движения, действующей в противоположном ему направлении, т.е. отталкивательной формой движения — с другой; но эта отталкивательная форма движения не встречается в природе в рамках земной чистой механики (оперирующей массами с *дан-ным*, неизменным для них агрегатным состоянием и состоянием сцепления). Физические и химические условия, при которых какая-нибудь глыба отрывается от горы или же при которых становится возможным явление водопада, лежат вне сферы компетенции этой механики. Таким образом, в земной чистой механике отталкивающее, поднимающее движение должно быть создано искусственным образом: при помощи человеческой силы, животной силы, водяной силы, силы пара и т.д. Это обстоятельство, эта необходимость искусственно бороться с естественным притяжением, вызывает у Механиков убеждение, что притяжение, тяжесть или, как они выражаются, сила тяжести является самой существенной, основной формой движения в природе.

Согласно ходячей механической концепции, если, например, поднимают какой-нибудь груз, сообщающий благодаря своему прямому или косвенному падению движение другим телам, то движение это сообщается не *подниманием* груза, а силой тяжести. Так, например, у Гельмгольца «наилучше известная нам и простейшая сила, тяжесть, действует та качестве движущей си-

[287/473]

лы... например, в тех степных часах, которые приводятся в движение каким-нибудь грузом. Груз не может следовать за импульсом тяжести, не приводя в движение всего часового механизма». Но он не может привести в движение часового механизма, не опускаясь сам, и он опускается до тех пор, пока под конец не развернется вся цепь, на которой он висит. «Тогда, часы останавливаются, тогда на время исчерпывается способность к работе их груза. Его тяжесть не пропала и не уменьшилась; он попрежнему притягивается с той же силой землей, но способность этой

тяжести породить движение пропала... Но мы можем завести часы при помощи силы нашей руки, причем груз снова поднимается вверх. Раз это сделано, то груз снова приобрел свою прежнюю способность к действию и может снова поддерживать часы в состоянии движения» (Helmholtz, Populäre, Vorträge, т. II, стр. 144).

Таким образом, по Гельмгольцу не (положительная работа) активное сообщение движения, не поднятие груза приводит в движение часы, а пассивная тяжесть груза, хотя сама эта тяжесть выводится из состояния пассивности только благодаря подниманию и во заражается ж своей пассивности после того, как развернута цепь, удерживающая груз. Следовательно, если, согласно новейшему воззрению, как мы только что видели, *энергия* является только другим выражением для *отталкивания*, то здесь, согласно более старому, гельмгольцеву, воззрению, *сила* является другим выражением для противоположности отталкивания, для *притяжения*. Мы ограничиваемся пока констатированием этого факта.

Но когда процесс земной механики достиг своего конца, когда поднятая первая тяжелая масса упала обратно, опустившись на ту же самую высоту, то что становится с движением, составлявшим этот процесс? Для чистой механики оно исчезло. Однако теперь мы знаем, что оно вовсе не уничтожилось. В меньшей своей части оно превратилось в звуковые волнообразные колебания воздуха, в значительно большей части – в теплоту, которая сообщилась отчасти оказывающей сопротивление атмосфере, отчасти самому падающему телу, отчасти, наконец, участку почвы, на который установлен часовой механизм. Груз также постепенно передал свое движение, в виде теплоты, от трения, отдельным колесикам часового механизма. Но не движение падения, как обыкновенно выражаются, т.е. не притяжение, перешло в теплоту, т.е. некоторую форму отталкивания. Напротив, притяжение, тяжесть, остается, как правильно замечает Гельмгольц, тем же, чем оно было раньше, и даже, выражаясь точно, становится больше. Скорее падением механически уничтожается сообщенное поднятому телу, благодаря поднимая–

[288/474]

нию его, отталкивание, которое затем восстанавливается в качестве теплоты. Молярное отталкивание превратилось в молекулярное отталкивание.

Теплота представляет собой, как мы уже сказали, особую форму отталкивания. Она приводит молекулы тела в колебания и этим ослабляет

связь отдельных молекул, пока, наконец, не наступает переход в жидкое состояние; если продолжается приток тепла, то оно я в этом состоянии увеличивает движение молекул до тех пор, пока они совершенно не оторвутся от массы и не начнут свободно двигаться с определенной, обусловленной для каждой молекулы ее химическим составом скоростью. При продолжающемся притоке тепла оно увеличивает еще более эту скорость, отталкивая таким образом молекулы все дальше друг от друга.

Если, таким образом движение массы по направлению силы тяжести превратилось в молекулярное движение в форме теплоты, то, это, другими словами, значит; притяжение превратилось в отталкивание, в свою прямую противоположность.

Но теплота есть разновидность так называемой «энергии»; таким образом, последняя и здесь оказывается тождественной с отталкиванием.

В явлениях статического электричества и магнетизма мы имеем полярное распределение притяжения и отталкивания. Какую бы гипотезу ни составить насчет *modus operandi* обеих этих форм движения, никто, считающийся с фактами, не усомнится в том, что притяжение и отталкивание — поскольку они вызваны статическим электричеством или магнетизмом и поскольку они могут свободно обнаруживаться — вполне компенсируют друг друга, что, впрочем, следует с необходимостью из самой природы полярного распределения. Два полюса, которые не компенсировали бы вполне друг друга в своих проявлениях, не были бы вовсе полюсами; поэтому они до сих пор и не встречались в природе. Явления гальванизма мы оставим пока в покое, ибо здесь процесс обуславливается химическими явлениями, становясь благодаря этому более сложным. Обратимся поэтому лучше к изучению самих химических процессов движения.

Если две весовые части водорода соединяются с 15,96 весовой части кислорода, образуя водяной пар, то при этом развивается количество теплоты, равное 68,924 единицы теплоты. Наоборот, разложение 17,96 весовой части водяного пара на 2 весовые части водорода и 15,96 весовой части кислорода возможно лишь при том условии, что водяному пару сообщается количество движения, эквивалентное 68,924 единицы теплоты,— безразлично, в форме ли самой теплоты или электрического движения. То же самое относится ко всем химическим процес-

[289/475]

сам. В огромном большинстве случаев при химических соединениях

выделяется движение, при разложениях сообщается движение. И здесь отталкивание представляет обыкновенно активную сторону процесса, более наделенную движением или требующую притока движения, а притяжение — пассивную сторону его, делающую излишним движение и выделяющую его. Поэтому же современная теория и заявляет, что вообще при соединении элементов энергия высвобождается, при разложении же их — связывается. Термин «энергия» здесь опять-таки употребляется вместо «отталкивание». И опять-таки Гельмгольц заявляет: «Эту силу (силу химического сродства) мы можем представить себе как силу *притяжения*... Эта сила притяжения между атомами углерода и кислорода производит точно так же работу, как сила, которую обнаруживает земля в виде действия тяжести на поднятый груз... Когда атомы углерода и кислорода набрасываются друг на друга и соединяются в углекислоту, то новообразовавшиеся частицы углекислоты должны находиться в крайне бурном молекулярном движении, т.е. тепловом движении... Когда в дальнейшем углекислота отдаст свою теплоту окружающей среде, то мы все еще имеем в углекислоте весь углерод, весь кислород, а также силу сродства обоих в тех же размерах, что и раньше. Но эта сила сродства обнаруживается теперь лишь в том, что она крепко связывает между собой атомы углерода и кислорода, не допуская разделения их». (1 с., стр. 169). Мы здесь замечаем то же, что и раньше: Гельмгольц настаивает на том, что в химии, как и в механике, сила заключается только в *притяжении* и, следовательно, является антиподом того, что у других физиков называется энергией и что тождественно с *отталкиванием*.

< Тем самым исчерпаны формы движения в неорганической природе, поскольку нам это позволяет современная наука.

Таким образом, мы имеем теперь не обе простые основные формы притяжения и отталкивания, а целый ряд подчиненных форм, в которых совершается процесс универсального движения, развертывающийся в противоположности притяжения и отталкивания. Но, подводя эти многообразные формы под одно общее название движения, мы исходим вовсе не из априорных требований нашего разума. Напротив, факты опыта показывают, что они являются формами одного и того же движения, ибо при известных обстоятельствах аки переходят друг в друга. Механическое молярное движение переходит в теплоту, в электричество — в магнетизм; теплота и электричество переходят в химическое разложение; со своей стороны, химическое соединение порождает опять-таки теплоту и электричество, а через посредство последнего — магнетизм; и, наконец, теплота и электричество в свою

[290/476]

очередь, производят механическое молярное движение. И происходит это таким образом, что определенному количеству движения одной формы всегда соответствует точно определенное количество движения другой формы, причем опять-таки безразлично, из какой формы движения заимствована единица меры, которой измеряется это количество движения, т.е. служит ли она для измерения молярного движения, так называемой электродвижущей силы, или же превращающегося при химических процессах движения.

Здесь мы стоим на почве, созданной Ю.Р. Майером в 1842 г.¹⁴³ и разработанной с тех пор с таким блестящим успехом учеными всех стран теории «сохранения энергии», и нам остается только исследовать основные представления, которыми ныне оперирует эта теория. Это — представление о «силе» или «энергии», и о «работе».

Мы уже видели, что современное, теперь довольно общераспространенное воззрение понимает под энергией отталкивание, между тем как Гельмгольц употребляет слово «сила» преимущественно для обозначения притяжения. Можно было бы думать, что это — какое-то формальное, несущественное разлитие, так как ведь притяжение и отталкивание компенсируются во вселенной, и поэтому безразлично, какую сторону отношения принять за положительную и какую — за отрицательную, подобно тому как совершенно безразлично, будем ли мы отсчитывать на известной

143 В. Pop. Voiles., II, стр. 113, Гельмгольц приписывает, по-видимому кроме Майера, Джоуля и Кольдинга, и себе самому известную роль в естественнонаучном доказательстве теоремы Декарта о неизменности количества движения в мире, «Сам я, не зная ничего о Майере и Кольдинге и ознакомившись с опытами Джоуля лишь в конце своей работы, *вступил на тот же самый путь*: я старался в особенности определить все отношения между различными физическими процессами, вытекающими из указанной точки зрения, и опубликовал свои исследования в 1847 г. в маленьком сочинении под названием «О сохранении силы» [подчеркнуто Энгельсом]. Но в этом сочинении не находится ровно ничего нового для уровня науки в 1847 г., за исключением упомянутого выше математического — впрочем, весьма ценного — доказательства, что «сохранение силы» и центральное действие сил, действующих между различными телами какой-нибудь системы, являются лишь двумя различными выражениями одной и той же вещи, и далее, более точной формулировки закона, что сумма живых сил и сил напряжения в некоторой данной механической системе постоянна. Во всем остальном вторая работа Майера от 1845 г. уже опередила это сочинение Гельмгольца. Уже в 1842 г. Майер утверждал «неразрушимость силы», а в 1845 г. он, исходя из своей новой точки зрения, сумел сообщить гораздо более гениальные вещи об «отношениях между различными физическими процессами», чем Гельмгольц в 1847 г. *Прим. автора.*

прямой от какой-нибудь тонки положительные абсциссы направо или налево. Но в действительности это не совсем так.

[291/177]

Дело в том, что у нас речь идет здесь прежде всего не о вселенной, а о явлениях, имеющих место на земле и обусловленных вполне определенным положением земли в солнечной системе и солнечной системы во вселенной. Но наша солнечная система излучает в каждое мгновение колоссальные количества движения в мировое пространство, и притом движения вполне определенного рода, именно солнечную теплоту, т.е. отталкивание. А сама наша земля живет только благодаря солнечной теплоте и, со своей стороны, излучает полу честную солнечную теплоту в конце концов тоже щ мировое пространство, после того как она превратила часть ее в другие формы движения. Таким образом, в солнечной системе, а в особенности на земле, притяжение имеет уже значительный перевес над отталкиванием. Если бы мы не получали излучаемого солнцем движения отталкивания, то на земле прекратилось бы всякое движение. Если бы солнце застыло завтра, то, при прочих равных условиях, притяжение осталось бы на земле тем же, чем оно является в настоящее время. Камень весом в сто килограммов продолжал бы попрежнему весить эти сто килограммов на том месте, где он лежит. Но зато движение как масс, так и молекул и атомов заменилось бы состоянием абсолютного, с нашей точки зрения покоя. Таким образом, ясно, что для процессов, совершающихся на нашей нынешней земле, совершенно не безразлично, станем ли мы рассматривать притяжение или отталкивание как активную сторону движения, т.е. как «силу» или «энергию». На нынешней земле, наоборот, притяжение, благодаря своему решительному перевесу над отталкиванием, стало уже совершенно пассивным; всем активным движением мы обязаны притоку отталкивания от солнца. Поэтому же новейшая школа по существу вполне права, с точки зрения земных процессов и даже с точки зрения всей солнечной системы, если она рассматривает энергию как отталкивание, хотя бы она не отдавала себе вполне отчета в природе самого движения.

Термин «энергия» отнюдь не выражает правильно всего явления движения, ибо он подчеркивает только одну сторону его – действие, но не противодействие. Кроме того, он способен вызвать мысль о том, будто «энергия» есть нечто внешнее для материи, нечто привитое ей. Но, во всяком случае, он заслуживает предпочтения перед выражением «сила».

Представление о силе заимствовано, как это признается всеми (начиная от Гегеля и кончая Гельмгольцем), из проявлений деятельности человеческого организма по отношению к окружающей его среде. Мы говорим о мускульной силе, о поднимающей силе рук, о прыгательной силе ног, о пищеварительной силе желудка и кишечного тракта, о силе ощущения нервов,

[292/478]

о секретной силе желез и т.д. Иными словами, чтобы избавиться от необходимости указать реализующую причину изменения, вызванного какой-нибудь функцией нашего организма, мы сочиняем некоторую фиктивную причину, соответствующую этому изменению, и называем ее силой. Мы переносим затем этот удобный метод и во внешний мир и, таким образом, сочиняем столько же сил, сколько существует различных явлений.

Естествознание (за исключением разве небесной и земной механики) находилось на этой наивной ступени развития еще во время Гегеля, с полным правом выступавшего против тогдашней манеры придумывать повсюду силы (прочитывать соответствующее место). Точно так же он замечает и в другом месте: «Лучше сказать, что магнит (как выражается Фалес) имеет *душу*, чем что он имеет силу притягивать; сила это — такое свойство, которое как *отделимое от материи* представляет себя в виде предиката; душа же, это — *движение себя, одно и то же вместе с природой материи*» (Geschichte d. Philosophie, I, стр. 208).

Теперь мы не так легко оперируем силами, как в те времена. Послушаем Гельмгольца: «Если мы вполне знаем какой-нибудь закон природы, то мы должны требовать признания его без исключения... Таким образом, закон представляется нам в виде некоторой объективной мощи, и поэтому мы называем его силой. Так, например, мы объективируем закон преломления света как некоторую силу преломления света прозрачных веществ, закон химического сродства как силу сродства между собой различных веществ. Точно так же мы говорим об электрической контактной силе металлов, о силе прилипания, капиллярной силе и т.д. В этих наименованиях объективированы законы, охватывающие сперва небольшие ряды физических процессов, *условия которых еще довольно запутаны*¹⁴⁴... Сила, это — только объективированный закон действия... Абстрактное понятие силы,

144 Подчеркнуто Энгельсом. Прим. ред. соч. М. и Э.

выставляемое нами, прибавляет к этому еще лишь мысль о том, что мы не сочинили произвольно этого закона, что он представляет собой принудительный закон явлений. Таким образом, наше требование понять явления природы, т.е. найти их законы, принимает другой вид, сводится к требованию отыскивать силы, представляющие собой причины явлений» (I. с., стр. 190). Доклад на инсбрукском съезде естествоиспытателей в 1869 г.).

Заметим прежде всего, что очень своеобразен способ «объективировать», сводящийся к тому, что вносят *чисто субъективное* представление о *силе* в некий, — установленный как независимый от нашей субъективности и, следовательно, уже вполне *объективный*, — закон природы. Подобную вещь мог бы поз-

[293/479]

волить себе в лучшем случае какой-нибудь правовернейший старогегельянец, а не неокантианец вроде Гельмгольца. К установленному раз закону и к его объективности или же к объективности его действия не прибавляется ни малейшей новой объективности от того, что мы подставим на его место некую силу; здесь присоединяется лишь наше *субъективное утверждение*, что этот закон действует при помощи некоторой, пока еще совершенно неизвестной силы. Но тайный смысл этой подстановки открывается перед нами тогда, когда Гельмголец начинает приводить свои примеры — преломление света, химическое сродство, контактное электричество, прилипание, капиллярность — а возводит законы, управляющие этими явлениями, в «объективное» дворянское сословие *сил*. «В этих наименованиях объективированы законы, охватывающие сперва наибольшие ряды физических процессов, условия которых *еще довольно запутаны*». И именно здесь «объективирование», являющееся скорее субъективированием, приобретает известный смысл: мы ищем прибежище в слове «сила» не потому, что мы вполне познали закон, но именно потому, что мы его не познали, потому что мы еще не выяснили себе «довольно запутанных условий» этих явлений. Таким образом, прибегая к понятию силы, мы выражаем не наше знание, а наше отсутствие знания природы закона и способа его действия. В этом смысле, в виде краткого выражения еще непознанной причинной связи, в виде уловки языка, он может перейти в обычное употребление. Что сверх того, то от лукавого. С тем же правом, с каким Гельмголец объясняет физическое явление из так называемой силы преломления света, электрической контактной силы и т.д., средневековые схоластики объясняли температурные изменения из

vis calorifica и vis frigidificans, избавляя себя таким образом от необходимости всякого дальнейшего изучения явлений теплоты.

Но и в этом смысле рассматриваемое выражение неудачно, выражая все явления односторонним образом. Все процессы в природе двусторонни, основываясь на отношении между, по меньшей мере, двумя действующими частями, основываясь на действии и противодействии. Между тем представление о силе, благодаря своему происхождению из действия человеческого организма на внешний мир и, далее, из земной механики, предполагает мысль о том, что только одна часть — активно действенная, другая же — пассивно воспринимающая, и, таким образом, устанавливает пока еще недоказанное распространение полярности на неорганическую природу. Противодействие второй части, на которую действует сила, является здесь в лучшем случае в качестве чего-то пассивного, в качестве *сопротивления*. Правда, эта концепция применима в целом ряде областей и помимо

[294/480]

чистой механики — именно там, где дело идет о простом перенесении движения и количественном вычислении его. Но ее же недостаточно в более сложных физических процессах, как это доказывают собственные примеры Гельмгольца. Сила преломления света заключается столько же в самом свете, сколько в прозрачных телах. В случае явлений прилипания и капиллярности сила заключается безусловно столько же в твердой поверхности, сколько в жидкой. Относительно контактного электричества можно, во всяком случае, с уверенностью утверждать, что здесь играют роль *оба* металла, а «сила химического сродства» заключается, во всяком случае, в *обеих* соединяющихся частях. Но сила, состоящая из двух раздельных сил, действие, не вызывающее своего противодействия, а заключающее и несущее его в себе самом, — не есть вовсе сила в смысле земной механики, этой единственной науки, в которой действительно знают, что означает слово «сила». Ведь основными условиями земной механики являются, во-первых, отказ исследовать причины импульса, т.е. природу соответственной в каждом случае силы, а во-вторых, представление об односторонности силы, которой противопоставляется некоторая равная всегда себе в любом месте тяжесть, так что, по сравнению с любым пространством, проходимым падающим на земле телом, радиус земного шара равен бесконечности.

Но пойдем дальше и посмотрим, как Гельмгольц «объективирует» свои «силы» в законы природы.

В одном докладе, в 1854 г. (I. с., стр. 119), сот исследует «запас рабочей силы», который содержал в себе первоначально туманный шар, давший начало нашей солнечной системе. «Действительно, этот шар получил колоссальный запас рабочей силы в форме всеобщей силы притяжения всех его частей друг к другу». Это бесспорно. Но столь же бесспорно и то, что все это приданное из тяжести или тяготения сохраняется в неуцербленном виде и в теперешней солнечной системе, за исключением разве незначительной части его, утерянной с материей, которая, может быть, была выброшена безвозвратным образом в мировое пространство. Далее: «И химические силы должны были уже быть налицо, готовые к действию; но так как эти силы могут действительно проявиться лишь при самом тесном соприкосновении разнородных масс, то прежде чем началась их работа, должно было произойти сгущение». Если мы вместе с Гельмгольцем (см. выше) станем рассматривать эти химические силы как силы сродства, т.е. как *притяжение*, то мы должны будем и здесь сказать, что совокупная сумма этих сил химического притяжения сохраняется неизменной и в теперешней солнечной системе.

[295/481]

Но на той же самой странице Гельмгольц приводит в качестве результата своих выкладок, что в солнечной системе «имеется лишь, примерно, 1/454 доля первоначальной механической силы как таковой». Как согласовать это? Ведь сила притяжений — как всеобщая, так и химическая — сохранилась в нетронutom виде в солнечной системе. Другого определенного источника силы Гельмгольц не указывает. Правда, согласно Гельмгольцу, его силы произвели колоссальную работу. Но от этого они ни увеличились, ни уменьшились. О каждой молекуле в солнечной системе, как о всей солнечной системе, можно сказать то же самое, что о часовом грузе в вышеприведенном примере: «Его тяжесть не пропала и не уменьшилась». Все химические элементы испытывают то же, что углерод и кислород, рассмотренные нами выше: вся масса каждого элемента сохраняется и точно так же остается в прежних размерах сила сродства». Что же мы потеряли? И какая «сила» произвела колоссальную работу, которая в 453 раза больше, чем та, которую может еще произвести, по его вычислению, солнечная система? На это мы не имеем никакого ответа у Гельмгольца. Но дальше мы читаем у него:

«Мы не знаем, имелся ли еще другой *запас силы в виде теплоты*». С позволения Гельмгольца мы заметим следующее: теплота есть

отталкивательная «сила» и, следовательно, действует в направлении; *обратном* направлению тяжести и химического притяжения. Она есть минус, если последние принимать за плюс. Поэтому, если Гельмгольц составляет свой первоначальный запас силы из всеобщего притяжения и химического *притяжения*, то имеющийся помимо этого запас теплоты должен был бы быть не прибавлен к нему, а вычтен из него. В противном случае нужно было бы утверждать, что солнечная теплота *увеличивает* силу притяжения земли, когда она, вопреки ей, превращает воду в пары и поднимает эти пары вверх; или же — что теплота раскаленной железной трубки, через которую проходят водяные пары, *усиливает* химическое притяжение кислорода и водорода, между тем как она, наоборот, уничтожает его. Или же ¹⁴⁵, выражая это самое отношение иным, более конкретным образом: допустим, что туманный шар радиуса r , т.е. объем $4/3 \pi r^3$ имеет температуру t . Допустим, далее, что другой туманный шар, равной массы, имеет при более высокой температуре T больший радиус R и объем $4/3 \pi R^3$. Ясно, что во втором туманном шаре

притяжение — как механическое, так физическое и химическое —

[296/482]

лишь тогда сможет начать действовать с той же силой, как о первом, когда он сократится и вместо радиуса R станет радиус t .е. когда соответствующая разнице температур $T - t$ теплота будет излучена в мировое пространство. Таким образом, более теплый туманный шар сгустится позже, чем более холодный, и, следовательно, теплота, являясь препятствием для сгущения, оказывается, с точки зрения Гельмгольца, не плюсом, а минусом «запаса силы». Гельмгольц, предполагая возможность, в виде теплоты, некоторого количества *отталкивательного* движения, присоединяющегося к притягательным формам движения и увеличивающего их сумму, совершает безусловно ошибку в своих выкладках.

Придадим же всему этому «запасу силы» — как опытно доказуемому, так и теоретически возможному — один и тот же знак для того, чтобы можно было совершить сложение. Так как в настоящее время мы еще не в состоянии обратить теплоты, не в состоянии заменить ее отталкивание эквивалентным притяжением, то нам придется совершить это обращение для обеих форм притяжения. В таком случае мы должны взять вместо

145 От. или же до запаса силы добавлено на полях. Прим. ред. соч. М. и Э.

силы всеобщего притяжения, вместо силы химического сродства и вместо существовавшей, возможно, уже первоначально теплоты как таковой просто сумму имевшегося в газовом шаре, в момент его образования, отталкивательного движения, или так называемой энергии. С этим согласуется и вычисление Гельмгольца, когда он вычисляет «согревание», получившееся благодаря гипотетическому первоначальному сгущению тел нашей системы из рассеянного туманного вещества. Сведя таким образом весь «запас сил» к теплоте, к отталкиванию, он делает возможным прибавить к этому гипотетический «запас силы теплоты». А в таком случае произведенное им вычисление выражает тот факт, что 453/454 всей имевшейся первоначально в газовом шаре энергии, т.е. отталкивания, было излучено, в виде теплоты в мирю вое пространство или же, выражаясь точнее, что сумма всего притяжения в современной солнечной системе относится к сумме всего имеющегося в ней отталкивания, как 454: 1. Но в таком случае эти выкладки противоречат тексту доклада, к которому они приложены.

Но если представление силы приводит даже у такого физика, как Гельмгольц, к подобной путанице понятий, то это является лучшим доказательством того, что оно вообще не может найти научного применения во всех областях исследования, выходящих из рамок вычислительной механики. В механике принимают причины движения за данное и не интересуются их происхождением, считаясь только с их действиями. Поэтому если какую-нибудь причину движения называют силой, то это ни-

[297/483]

сколько не вредит механике как таковой; но, благодаря этому, приывают переносить это наименование также и в область физики, химии и биологии, что приводит к неизбежной путанице. Мы уже сидели это и увидим еще не один раз¹⁴⁶. О понятии работы мы будем говорить в следующей главе.

* * *

¹⁴⁶ Этот абзац и последующее предложение дополнительна приписы. Первоначально здесь стояло: Работа: развить перенесение движения и его форм. Резюме. Прим. ред. соч. М. и Э.

МЕРА ДВИЖЕНИЯ – РАБОТА

«Напротив, я до сих пор всегда находил, что основные понятия этой области» (т.е. «основные физические понятия работы и неизменности ее») «с большим трудом даются тем лицам, которые не прошли школу математической механики, несмотря на все усердие с их стороны, на всех их способности и даже на довольно высокий уровень естественнонаучных знаний. Не следует забывать того, что эта абстракция совершенно особого рода. Ведь понять их удалось не без труда даже такому крупному мыслителю, как И. Кант, о чем свидетельствует его полемика с Лейбницем». Так говорит Гельмгольц (iPop.-wiss. Vortr., II, Vorrede).

Таким образом, мы вступаем в очень опасную область, тем более, что из-за недостатка времени и места мы не можем протеста читателя через школу математической механики. Но, может быть, удастся показать, что там, где дело идет о понятиях, диалектическое мышление приводит, по меньшей мере, к таким же плодотворным результатам, как и математические выкладки.

Галилей открыл, с одной стороны, закон падения, согласно которому пройденные падающими телами пространства пропорциональны квадрату времени падения. Но наряду с этим он установил не вполне соответствующее, как мы увидим, этому закону положение, что количество движения какого-нибудь тела (его *impeto* или *momento*) определяется массой и скоростью, так что, при постоянной массе, оно пропорционально скорости. Декарт принял эту последнюю теорему и признал вообще произведение массы движущегося тела на скорость мерой его движения. (И даже теперь можно встретить то же самое в известных руководствах. Так, например, у Томсона и Тэта (A. Treatise on Natural Philosophy etc London and Oxford, 1867, стр. 162) «количество движения, или момент твердого тел», движущегося

[298/484]

без вращения, пропорционально произведению его массы на скорость... Двойная масса, или двойная быстрота, соответствует двойному количеству движения и так далее»).

Уже Гюйгенс нашел, что в случае упругого удара сумма произведений масс на квадраты скорости остается неизменной как до удара, так и после него и что аналогичный закон имеет силу также для различных других случаев движения соединенных в одну систему тел.

Лейбниц первый заметил, что декартова мера движения противоречит закону падения. Но, с другой стороны, нельзя было отрицать того, что декартова мера оказывается во многих случаях правильной. Поэтому Лейбниц разделил движущиеся силы на мертвые и живые. Мертвыми силами были «давления» или «натяжения» покоящихся тел; за меру их он принимал произведение из массы на скорость, в которой двигалось бы тело, если бы из состояния покоя оно перешло в состояние движения; за меру же живой силы — реального движения тела — он принял произведение из массы на квадрат скорости. Эту новую меру движения он вывел непосредственно из закона падения. «Необходима, — рассуждал Лейбниц, — одна и та же сила как для того, чтобы поднять тело, весом в четыре фунта, на один фут, так и для того, чтобы поднять тело весом в один фунт, на четыре фута. Но пути пропорциональны квадрату скорости, ибо если тело упало на четыре фута, то оно приобрело двойную скорость по сравнению с той скоростью, которую оно имеет, когда падает на один фут. Но при своем падении тела приобретают силу, с помощью которой они могут подняться на ту же самую высоту, с которой упали; следовательно, силы пропорциональны квадрату скорости» (Suter, *Geschichte der Math.*, II, стр. 367). Но далее он доказал, что мера движения mv противоречит декартовой теореме о постоянстве количества движения, ибо если бы она была действительно верна, то сила (т.е. сумма движения) постоянно увеличивалась бы или уменьшалась бы в природе. Он даже набросал проект аппарата (1690 г., *Acta Eruditorum*), который — будь мера mv правильной — представлял бы *perpetuum mobile*, дающий постоянно новую силу, что нелепо. В каше время Гельмгольц неоднократно прибегал к этому аргументу.

Картезианцы протестовали из всех своих сил, и тогда загорелся знаменитый, длившийся много лет спор, в котором принял участие в первом своем сочинении *Gedanken von der wahren Schatzung der lebendigen Krafte*, 1746 г.) И. Кант, хотя он и неясно разбирался в вопросе. Современные математики относятся с изрядной дозой презрения к этому «бесплодному» спору, который «затянулся больше чем на сорок лет, расколов математиков Европы на два враждебных лагеря, пока, наконец, Далам-

[299/485]

бер своим *Traite de dynamique* (1743 г.) точно каким-то заклинанием, не положил конец этой *бесполезной словесной грызне*, к которой, собственно, сводилось все дело» (Suter, 1. с., стр. 366).

Но мы вправе, кажется, думать, что не может сводиться к бесполезной грызне спор, начатый таким мыслителем, как Лейбниц, против

такого человека, как Декарт, и столь занимавший мысль Канта, что он посвятил ему своего литературного первенца — довольно объемистый том. И, действительно, как пенять, что движение имеет две противоречащие друг другу меры, из которых одна пропорциональна скорости, а другая квадрату скорости? Зутер слишком легко справился с этим вопросом: он утверждает, что обе стороны были правы и обе же неправы; выражение «живая сила» сохранилось до настоящего времени; но теперь *она уже не рассматривается как мера силы*, а является просто раз принятым обозначением для столь важного в механике произведения из массы на половину квадрата скорости». Таким образом, mv остается мерой движения, а живая сила — это только другое выражение для $mv^2/2$ причем относительно последней формулы нам сообщают лишь то, что она очень важна в механике, но мы вовсе не узнаем, что, собственно, она означает.

Возьмем однако в руки спасительный *Traité de dynamique* взглянем пристальнее в «заклинание» Даламбера, которое находится в *Предисловии*. В тексте мы читаем, что весь вопрос не представляет интереса из-за «совершенной бесполезности его для механики». Это вполне зерно для *чисто вычислительной* механики, где, как это мы видели выше у Зутера, слова представляют лишь особые выражения, наименования для алгебраических формул, наименования, при которых лучше всего ничего не мыслить. Но так как столь крупные ученые занимались этим вопросом, то он все же хочет разобрать его в предисловии. Под силой движущихся тел можно, если правильно вдуматься, понимать только их способность преодолевать препятствия или сопротивляться им. Таким образом, силу приходится измерять не через mv и не через mv^2 , а только через препятствия и их сопротивления.

Но существует три рода препятствий: 1) непреодолимые препятствия, которые совершенно уничтожают движение и которые именно поэтому не могут быть здесь рассматриваемы; 2) препятствия, сопротивления которых достаточно для устранения движения и которые это делают мгновенно: это случаи равновесия; 3) препятствия, устраняющие движение лишь постепенно: это случаи замедленного движения. «Но все согласятся с тем, что существует равновесие между двумя телами, когда произведения их масс на их виртуальные скорости, т.е. на ско-

[300/486]

роста, с которыми они стремятся двигаться, у обоих равны. Следовательно, при равновесии произведение массы на скорость — или, что сводится к тому же самому, количество движения — может представлять

силу. Все согласятся также с тем, что в случае замедленного движения число преодоленных препятствий пропорционально квадрату скорости, так что тело, которое зажало, например, при известной скорости одну пружину, сможет при двойной скорости зажать сразу или последовательно не две, а четыре пружины, подобные первой; при тройной скорости — девять пружин и т.д. Отсюда сторонники живых сил (приверженцы Лейбница) умозаключают, что сила движущихся актуально тел вообще пропорциональна произведению - массы на квадрат скорости. По существу, в чем заключалось бы неудобство, если бы мера сил была различной в случае равновесия и в случае замедленного движения? Ведь если желать рассуждать, руководясь лишь ясными идеями, то под словом сила следует понимать лишь эффект, получаемый при преодолении препятствия или при сопротивлении ему» (Предисловие, стр. 19—20 первого издания).

Но Даламбер слишком философ, чтобы не понимать, что так легко он не справится с противоречием существования двойной меры для одной и той же силы. Поэтому, повторив по существу то самое, что уже сказал Лейбниц,— ибо его *équilibre* решительно то же самое, что «мертвое давление» Лейбница, — он вдруг переходит на сторону картезианцев и предлагает следующий выход: произведение mv может и в случае замедленного движения считаться мерой силы, «если в этом последнем случае измерять силу не абсолютным количеством препятствий, а суммой сопротивления этих самых препятствий. Ибо нельзя сомневаться в том, что эта сумма сопротивлений пропорциональна количеству движения mv , ибо, как согласятся с этим все, количество движения, теряемого телом в каждое мгновение, пропорционально произведению сопротивления на бесконечно малый промежуток времени и что, следовательно, сумма этих произведений равняется, очевидно, совокупному сопротивлению». Этот последний способ вычисления кажется ему более естественным, «ибо какое-нибудь препятствие является препятствием лишь постольку, поскольку оно оказывает сопротивление, и, собственно говоря, сумма сопротивлений и является преодоленным препятствием; кроме того, определяя таким образом силу, мы имеем и то преимущество, что у нас оказывается одна общая мера для случаев равновесия и замедленного движения». Но каждый вправе думать так, как он хочет. И, покончив, как ему кажется, с вопросом посредством математического трюка, — что признает и сам Зутер, — он заключает свое изложение нелюбезными

[301/487]

замечаниями по поводу путаницы, царившей в мыслях его предшественников, и утверждает, что после вышеприведенных замечаний возможна лишь совершенно бесплодная метафизическая дискуссия или же еще менее достойная словесная грызня.

Попытка примирения Даламбера сводится к следующему вычислению:

Масса 1, обладающая скоростью 1, зажимает в единицу времени 1 пружину.

Масса 1, обладающая скоростью 2, (зажимает 4 пружины, но употребляет для этого 2 единицы времени, т.е. зажимает в единицу времени только 2 пружины.

Масса 1, обладающая скоростью 3, зажимает 9 пружин в 3 единицы времени, т.е. зажимает в единицу времени лишь 3 пружины.

Значит, если мы разделим действие на потребное для него время, то мы вернемся от mv^2 обратно к mv .

Мы имеем перед собой тот самый аргумент, который раньше выдвинул против Лейбница Кателян: тело, обладающее скоростью 2, действительно поднимается против тяжести на высоту, в четыре раза большую, чем тело, обладающее скоростью 1, но для этого ему требуется также в два раза больше времени; следовательно, сумму движения надо разделить на время $\alpha=2$, а не $\alpha=4$. Таков же, странным образом, и взгляд Зутера, который ведь лишил выражение «живая сила» всякого логического смысла, оставив за ним только математический смысл. Но это вполне естественно. Для Зутера дело идет о том, чтобы спасти формулу mv в ее значении единственной меры количества движения, и поэтому mv^2 приносится логически в жертву, чтобы воскреснуть преобразенным на небе математики.

Но верно во всяком случае то, что аргументация Кателяна образует, один из мостов, соединяющих mv с mv^2 , и поэтому имеет известное значение.

Механики, преемники Даламбера, отнюдь не воспользовались его заклинанием, ибо сто заключительное суждение было в пользу mv как меры движения. Они придерживались его суждения о сделанном уже Лейбницем различии между мертвыми и живыми силами: для случаев равновесия, т.е. в статике, имеет силу mv , для замедленного же движения, т.е. в динамике, имеет силу mv^2 . Хотя в общем это различие правильно, но в указываемой форме оно имеет не больше логического смысла,

чем известное различие унтерофицера: на службе всегда «мне», вне службы всегда «меня». Его принимают молча: оно существует, и мы не можем его изменить, а если в подобной двойной мере заключается противоречие, то что же мы можем сделать? Так, например, Thomson and Tait, A Treatise on Natural Phi-

[302/488]

osophy, Oxford 1867, стр. 162: «Количество движения, или момент твердого тела, движущегося без вращения, пропорционально произведению из его массы на скорость. Двойная масса или двойная скорость будут соответствовать двойному количеству движения». И тотчас же вслед за этим: «*Vis viva*, или кинетическая энергия движущегося тела, пропорциональна произведению его массы на квадрат скорости».

В такой совершенно грубой форме ставятся рядом друг с другом обе противоречивые меры движения, прячем не делается ни малейшей попытки объяснить это противоречие или хотя бы затушевать его. В книге обоих этих шотландцев мышление запрещено; можно производить только вычисления. Ничего нет поэтому удивительного, что по крайней мере один из них, Тэт, принадлежит к правовернейшим христианам правоверной Шотландии.

В лекциях Кирхгофа по математической механике формулы mv и mv^2 вовсе не встречаются *в этой форме*.

Может быть, нам поможет Гельмгольц. В сочинении о сохранении силы он предлагает выражать живую силу через $mv^2/2$ пункт к которому мы еще вернемся. Затем на стр. 20 и след. он вкратце перечисляет случаи, в которых до сих пор уже применяли и признавали принцип сохранения живой силы (т.е. $mv^2/2$). Затем сюда относится под № 2: «Передача движений несжимаемыми твердыми и жидкими телами, если при этом не имеет места трение или удар неупругих тел. Наш общий принцип выражается для этого случаи в виде правила, что производимое и неизменяемое механическими машинами движение теряет постоянно в величине силы то, что оно выигрывает в скорости. Если мы представим себе, что некий груз m поднимается вверх со скоростью v с помощью машины, в которой путем какого-нибудь процесса равномерно порождается работа, то при помощи другого механического приспособления можно будет приподнять груз nm , но лишь со скоростью v/n , так что в обоих случаях можно представить количество работы, создаваемой машиной в единицу времени, через mgc , где g означает ускорение силы тяжести».

Таким образом, и здесь мы встречаем внутренне противоречивое утверждение, что измеренная через mv «величина силы», убывающая и возрастающая пропорционально скорости, должна служить доказательством сохранения величины силы, убывающей и возрастающей пропорционально квадрату скорости.

Впрочем, здесь обнаруживается, что mv и $mv^2/2$ служат для определения двух совершенно различных процессов; ведь мы

[303/489]

знали это давно, ибо mv^2 не может равняться mv , за исключением того случая, когда $v=1$. Но мы должны выяснить себе, почему движение обладает двоякого рода мерой, что так же недопустимо в науке, как и в торговле. Попробуем добиться этого иным путем.

Итак, через mv измеряется «движение, производимое и изменяемое механическими силами»; таким образом, эта мера применима к рычагу и всем производным от него формам, колесам, винтам и т.д., — короче говоря, ко всем механическим приспособлениям, передающим движение. Но одно весьма простое и вовсе не новое рассуждение показывает, что, поскольку здесь имеет силу tu , имеет силу и mv^2 . Возьмем какое-нибудь механическое приспособление, в котором плечи рычагов относятся друг к другу, как 4:1, в котором, следовательно, груз в 1 килограмм уравновешивает груз в 4 килограмма. Приложив совершенно ничтожную добавочную силу к одному плечу, мы мажем приподнять 1 килограмм на 20 метров; но эта же самая прибавочная сила, приложенная к другому плечу, поднимает 4 килограмма на 5 метров, и притом больший груз опустится в то же самое время, в какое меньший груз поднимется. Массы и скорости здесь обратно пропорциональны друг другу: mv , $1 \times 20 = m'v'$, 4×5 . Теперь предоставим каждому из грузов—после того как они были подняты — свободно упасть на первоначальный уровень; в таком случае груз в 1 килограмм, пройдя пространство в 20 метров (мы для простоты принимаем здесь ускорение силы тяжести равным в круглых цифрах 10 метрам вместо 9,81), приобретает скорость в 20 метров; другой же груз, в 4 килограмма, пройдя пространство в 5 метров, приобретет скорость в 10 метров.

$$mv^2 = 1 \times 20 \times 20 = 400 = m'v'^2 = 4 \times 10 \times 10 = 400.$$

Наоборот, времена падения здесь различны: 4 килограмма проходят свои 5 метров в 1 секунду, а 1 килограмм свои 20 метров в 2 секунды. Само собой разумеется, что мы здесь исключили влияние трения и сопротивления воздуха.

Но после того, как каждое из обоих тел упало со своей высоты, его движение прекращается. Таким образом, mv оказывается здесь мерой просто перенесенного, т.е. продолжающегося, движения, а mv^2 — мерой исчезнувшего работы механического движения.

Далее, в случае удара вполне упругих тел имеет силу то же самое: сумма mv^2 , как и mv , остается неизменной до удара и после него. Обе меры имеют здесь одинаковое значение.

Не то мы наблюдаем в случае удара не упругих тел. Здесь

[304/490]

ходячие элементарные учебники (высшая механика почти не занимается больше подобными мелочами) утверждают, что сумма mv остается неизменной до удара и после него. Зато здесь происходит потери в живой силе, ибо, если вычтешь сумму всех mv^2 после удара из суммы их до удара, то остается всегда положительный остаток; на эту величину (или на ее половину, в зависимости от точки зрения) и уменьшается живая сила благодаря взаимопроникновению и изменению формы соударяющихся тел. Это последнее ясно и очевидно. Не так очевидно первое утверждение, а именно, что сумма mv остается неизменной до удара и после него. Живая сила представляет, вопреки Зутеру, движение, я раз часть ее потеряна, то потеряно и движение. Таким образом, либо mv выражает здесь неправильно количество движения, либо вышеприведенное утверждение ошибочно. (Я позволю себе предположить последнее.) Вообще вся эта теорема является наследием времени, когда еще не имели никакого представления об изменении движения, когда, следовательно, исчезновение механического движения признавалось лишь там, где этого нельзя было не признать. Так, здесь равенство суммы mv до удара и после него доказывается на основании того, что нигде нельзя отметить потери или выигрыша в этой сумме. Но если тела утрачивают, благодаря внутреннему трению, соответствующему их неупругости, живую силу, то они теряют также и скорость, и, следовательно, сумма mv должна после удара быть меньше, чем до него. Ведь нелепо игнорировать внутреннее трение при вычислении mv , когда с ним так определенно считаются при вычислении mv^2 .

Но это ничего не значит. Если даже мы примем эту теорему и станем вычислять скорость после удара, исходя из допущения, что сумма mv осталась неизменной, даже и в этом случае мы найдем, что сумма mv^2 убывает. Таким образом, здесь mv и mv^2 приходят между собой в столкновение, выражающееся в разнице действительно исчезнувшего

механического движения. И само вычисление показывает, что сумма mv выражает количество движения правильным образом, а сумма mv^2 — не правильным образом.

Таковы приблизительно все случаи, в которых употребляется в механике mv ; рассмотрим теперь несколько случаев, в которых употребляется mv^2 .

Когда ядро вылетает из пушки, то при своем полете оно потребляет количество движения, пропорциональное mv^2 , независимо от того, ударится ли оно в твердую мишень или же перестанет двигаться благодаря сопротивлению воздуха и силе тяжести. Если железнодорожный поезд сталкивается с другим, стоящим неподвижно поездом, то сила столкновения и соответ-

[305/491]

ствующее ей разрушение пропорциональны его mv^2 . Точно так же мы имеем дело с mv^2 при вычислении каждой механической силы, погребной для преодоления некоторого сопротивления.

Но что, значит, это удобное и столь распространенное среди механиков выражение: преодоление некоторого сопротивления?

Когда, поднимая некоторый груз, мы преодолеваем сопротивление тяжести, то при этом исчезает некоторое количество движения, некоторое количество механической силы, равное тому количеству ее, которое может быть снова создано при помощи прямого или косвенного падения поднятого груза с достигнутой им высоты на его первоначальный уровень. Оно измеряется полупроизведением массы его на квадрат достигнутой при падении конечной скорости: $mv^2/2$. Что же произошло при поднимании груза? Исчезло механическое движение, или сила, как таковая. Но она не превратилась в ничто; она превратилась в механическую силу напряжения, как выражается Гельмгольц, в потенциальную энергию, как выражаются новейшие теоретики, в эргаль, как называет ее Клаузиус, и в любое мгновение она может быть превращена любым механически допустимым образом обратно в то же самое количество механического движения, которое было необходимо для порождения ее. Потенциальная энергия есть только отрицательное выражение для живой силы, и наоборот.

Ядро, весом в 24 фунта, ударяется со скоростью 400 метров, в секунду в металлическую броню броненосца толщиной в один метр; при этих условиях оно не оказывает никакого видимого действия на броню судна.

Таким образом, здесь исчезло механическое движение, равное $mv^2/2$, т.е., так как 24 фунта – 12 килограммам, равно $12 \times 400 \times 400 \times 1/2 = 960\,000$ килограммометров. Что же случилось с этим количеством движения? Незначительная часть его пошла на то, чтобы вызвать сотрясение в железной броне и породить в ней молекулярные превращения. Другая часть послужила на то, чтобы раздробить ядро на бесчисленные обломки. Но самая значительная часть превратилась в теплоту, согрел ядро до температуры каления. Когда пруссаки при переходе в Альсен в 1864 г. направили свою тяжелую артиллерию против бронированных стен Рольфа Краке, то при каждом удачном попадании они видели в темноте сверкание внезапно раскалявшегося ядра, а Витворт доказал уже раньше путем опытов, что разрывные снаряды, направляемые против броненосцев, не нуждаются в запальнике: раскаленный металл зажигает сам заряд взрывчатого вещества. Если принять механический эквивалент теплоты за 424 килограмметра, то вышеприведенное количество механического движения соответствует

[306/492]

2264 единицам теплоты. Удельная теплота железа равняется 0,1140, т.е. то количество теплоты, которое нагреваем 1 килограмм воды на 1 градус Цельсия и которое принимаем за единицу теплоты, способно нагреть на 1 градус Цельсия $0/0,114 = 8,772$ килограмма железа. Следовательно, вышеприведенные 2264 единицы теплоты поднимают температуру одного килограмма железа на $8,772 \times 2264 = 19\,860$ градусов Цельсия, или же 19 860 килограммов железа на 1 градус. Так как это количество теплоты распределяется равномерно между броней судна и ударившим в нее ядром, то последнее нагревается на $198\,0/2 \times 12 = 828$ градусов, что представляет довольно значительный жар. Но так как передняя, ударяющая половина ядра получает естественно значительно большую часть теплоты, – примерно вдвое большую, чем задняя, – то первая нагреется до 11 04 градуса, а вторая до 552° по Цельсию, что вполне достаточно для объяснения явления раскаления, даже если мы сделаем значительный вычет в пользу производимой при ударе механической работы.

При трении точно как же исчезает механическое движение, появляющееся снова в виде теплоты. Как известно, Джоулю в Манчестере и Кольдинг в Копенгагене удалось, при помощи максимально точного измерения обоих процессов, впервые установить экспериментальным образом, с известным приближением, механический эквивалент теплоты.

То же самое происходит при получении электрического тока в электромагнитной машине при помощи механической силы, например паровой машины. Производимое в определенное время количество так называемой электродвижущей силы пропорционально, — а если выразить его в той же самой мере, то и равно, — потребленному в это же самое время количеству механического движения. Мы можем также вообразить себе, что это последнее производится не паровой машиной, а опускающимся грузом, подчиняющимся силе тяжести. Механическая сила, производимая этим грузом, измеряется живой силой, которую он приобрел бы, если бы свободно упал с такой же высоты, или же силой, необходимой, чтобы снова поднять его на первоначальную высоту, т.е. измеряется в обоих случаях через mv^2 .

Таким образом мы находим, что механическое движение обладает, действительно, двойкой мерой, но убеждаемся также, что каждая из этих мер годится для определенного ограниченного круга явлений. Если имеющееся уже налицо механическое движение переносится таким образом, что сохраняется в качестве

[307/493]

механического движения, то оно передается согласно формуле о произведении массы на скорость. Если же оно передается таким образом, что исчезает в качестве механического движения, возникая заново в виде потенциальной энергии теплоты, электричества и т.д., — словом, превращается в другую форму движения, то количество этой формы движения пропорционально произведению первоначально двигавшейся массы на квадрат скорости. Словом: mv — механическое движение, измеряемое механическим же движением; mv^2 — механическое движение, измеряемое его способностью превращаться в определенное количество другой формы движения. И мы видели, что обе эти меры не противоречат друг другу, таи как сии различного характера.

Ясно, таким образом, что спор Лейбница с картезианцами вовсе не был простой словесной грызней и что Даламбер по существу ничего не добился своим заклинанием. Даламбер мог бы не обращаться со своими тирадами по адресу своих предшественников, упрекая их в неясности их воззрений, ибо его собственные взгляды не отличались большей ясностью. И действительно, в этом вопросе должна была царить неясность, пока не знали, что делается с уничтожающимся как будто механическим движением. И пока математические механики остаются, подобно Зутеру,

упорно в четырех стенах своей специальной науки, до тех-пор и в их головах, как и в-голове Даламбера, будет царить неясность, и они должны будут отвечать на наши недоумения пустыми и противоречивыми фразами.

Но как же выражает современная механика это превращение механического движения в другую форму движения, количественно пропорциональную первому? Это движение, — говорит механик, — *произвело работу*, и притом такое-то и такое-то количество работы.

Но понятие работы в физическом смысле не исчерпывается этим. Если теплота превращается — как мы это имели в случае паровой или калорической машины — в механическое движение, т.е. если молекулярное движение превращается в молярное движение, если теплота разлагает известное химическое соединение, если она превращается в термоэлектрическом столбе в электричество, если в электрическом токе она выделяет из раствора серной кислоты элементы воды, или если, наоборот, высвобождающееся при химическом процессе какого-нибудь гальванического элемента движение (alias—энергия) принимает форму электричества, а это последнее в свою очередь превращается в сомкнутой пени в теплоту, — то при всех этих явлениях форма движения, начинающая процесс и превращающаяся, благодаря

[308/494]

ему в другую форму, совершает работу, и притом такое количество ее, которое пропорционально ее собственному количеству.

Таким образом, работа, это — изменение формы движения, рассматриваемое с его количественной стороны.

Но как же? Неужели, если поднятый груз остается спокойно наверху, то его потенциальная анергия представляет и во время покоя форму движения? Разумеется. Даже Тэт пришел к убеждению, что эта потенциальная анергия впоследствии примет форму актуальной энергии (Nature), а Кирхгоф идет еще гораздо дальше, говоря (Math. Mech., ст.р. 32): «Покой это — частный случай движения», и показывая этом, что он способен не только вычислять, но и диалектически мыслить.

Таким образом, мы получили при рассмотрении обеих мер механического движения, словно мимоходом и почти без усилий, понятие работы, о котором нам говорили, что его так трудно усвоить без математической механики. И во всяком случае мы знаем теперь о нем больше, чем из доклада Гельмгольца «О сохранении силы» (1862 г.), в котором он задается как раз целью «изобразить с возможной ясностью основные физические

понятия работы и ее неизменности». Все, что мы узнаем у Гельмгольца о работе, сводится к тому, что она есть нечто, выражающееся в футо-фунтах, или же в единицах теплоты, и что число этих футо-фунтов, или единиц теплоты, неизменно для определенного количества работы; далее, что, кроме механических сил я теплоты, и химические, и электрические силы могут производить работу, но что все эти силы исчерпывают свою способность к работе по мере того, как они производят реальную работу; и что отсюда следует, что сумма всех способных к действию количеств силы в мировом целом вечно я неизменна при всех происходящих в природе изменениях. Понятие работы не развивается у Гельмгольца и даже не определяется им¹⁴⁷. И именно количественная неизменность величины работы скрывает от него тот факт, что основным условием всякой физической работы является качественное изменение, перемена формы. Поэтому-то Гельмгольц и может позволить себе утверждение, что «трение и неупругий удар это — процессы, при которых *уничтожается механическая работа*¹⁴⁸ и порождается взамен теплота» (Pop. Vontr., II, стр. 166). Совсем наоборот. Здесь механическая работа не *уничтожается*, здесь *создается* механиче-

[309/495]

сказ работа. Здесь уничтожается - лишь видимым образом - механическое движение. Но механическое движение нигде и никогда не может создать работы даже на миллионную часть килограмметра, если оно не будет видимым образом уничтожено как таковое, если оно не превратится в другую форму движения.

Но, как мы видели, способность к работе, заключающаяся в определенном количестве механического движения, называется его живой силой, и до последнего времени она измерялась через mv^2 . Но здесь возникло новое противоречие. Послушаем Гельмгольца (Erh. d. Kraft, стр. 9). У него мы читаем: «Величину работы, которая производится и затрачивается, можно выразить как груз m , поднятый на высоту h ; если выразить силу

¹⁴⁷ Не лучших результатов мы добьемся у Клерк Максвелла. Этот последний говорит (Theory of Heat, 4-th. ed., London, 1875, стр. 87): «Работа производится, когда преодолевается сопротивление», и, стр. 184, «энергия какого-нибудь тела — это способность произвести работу». Это все, что мы узнаем у Максвелла насчет работы. Прим, автора.

¹⁴⁸ Подчеркнуто Энгельсом. Прим. ред. соч. М. и Э.

тяжести через g , то величина работы равняется mgh . Чтобы масса m могла подняться перпендикулярно вверх на высоту h , ей необходима скорость $v = \sqrt{2gh}$, скорость, которую она приобретает при обратном падении. Следовательно, $mgh = mv^2/2$. И Гельмгольц предлагает «принимать величину $1/2 mv^2$ за количество живой силы, благодаря чему она становится тождественной с мерой величины работы. С точки зрения того, как до сих пор применялось понятие живой силы это изменение не имеет никакого значения, но зато представляет существенные выгоды в дальнейшем».

Мы с трудом верим своим ушам. Гельмгольц в 1847 г. так мало отдавал себе отчета в вопросе о взаимоотношении между живой силой и работой, что он вовсе не замечал того, как он превращал прежнюю пропорциональную меру живой силы в абсолютную меру, и совершенно не понимал какое огромное открытие он сделал своим смелым скачком, так что, рекомендуя свое $mv^2/2$, он ссылаясь только на соображения удобства этого выражения по сравнению с mv^2 . И из этих соображений удобства механики дали права гражданства выражению $mv^2/2$. Лишь постепенно удалось доказать также и математическим образом эту формулу $mv^2/2$: алгебраическое доказательство находится у Наумаиа Allg. Chemie, стр. 7), аналитическое — у Клаузиуса (Mech. Warmetheorie, 2 Aufl., 1, стр. 18), которое затем встречается в ином виде и иной дедукции у Кирхгофа (цит. сочинение, стр. 27).

Изящный алгебраический вывод $mv^2/2$ из mv дает Клерк Максвелл (цит. сочинение, стр. 88), что не мешает нашим

[310/496]

обоим шотландцам, Томсону и Тэту, утверждать (цит. сочинение, стр. 163): «*Vis viva*, или кинетическая энергия движущегося тела, пропорциональна произведению из массы его на квадрат скорости. Если мы примем те же самые единицы массы, что и выше,—именно единицу массы, движущейся с единицей скорости,— то *очень выгодно*¹⁴⁹ определить кинетическую энергию как полупроизведение из массы на квадрат скорости». Здесь обоим первым механикам Шотландии изменило не только мышление, но и способность к вычислениям. Particuear advantage, удобство формулы, является решающим аргументом.

Для нас, убедившихся в том, что живая сила есть не что иное, как

149 Подчеркнуто Энгельсом. Прим. ред. соч. М. и Э.

способность некоторого данного количества механического движения производить работу, само собой разумеется, что выражение в механических мерах этой способности к работе и произведенной ею работы должны быть равны друг другу и что, следовательно, если $mv^2/2$ является мерой работы, то то же $mv^2/1$ является мерой для живой силы. Но таков путь науки. Теоретическая механика приходит к понятию живой силы, практическая механика инженеров приходит к понятию работы и навязывает его теоретикам. Но привычка к вычислениям отучила теоретиков мыслить. И вот в течение ряда лет они не замечают связи обоих этих понятий, измеряя одно из них через mv^2 , другое — через $mv^2/2$, принимая под конец в виде меры для обоих $mv^2/2$ не из понимания существа дела, а для упрощения выкладок¹⁵⁰.

* * *

[311/497]

ФРИДРИХ ЭНГЕЛЬС

ПРИМЕЧАНИЯ К АНТИ-ДЮРИНГУ ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ¹⁵¹

(Перед этим исследованием бесконечности следует указать на следующее:)

1. «Небольшая область» — с точки зрения пространства и времени.
2. «Вероятно, недостаточное развитие органов чувств».

¹⁵⁰ Слово «работа» я соответствующее представление созданы английскими экономистами-инженерами. Но по-английски практическая работа называется work, а работа в экономическом смысле называется labour. Поэтому и физическая работа обозначается словом work, причем исключается всякая возможность, смещения с работой в экономическом смысле. Совершенно иначе обстоит дело в немецком языке; поэтому-то и были возможны в новейшей псевдо-научной литературе различные смееобразные применения работы в физическом смысле к трудовым отношениям в области экономики, и наоборот. Но у немцев имеется слово Work, которое, подобно английскому слову work, отлично годится для обозначения физической работы. Но так как политическая экономия — совершенно чуждая нашим естествоиспытателям область, то они вряд ли решатся ввести его вместо приобретающего уже права гражданства слова Arbeit, а если и попытаются ввести, то тогда, когда уже будет слишком поздно. Только у Клаузиуса встречается попытка сохранить хотя бы наряду с выражением Arbeit; и выражение Work, *Прим. автора.*

¹⁵¹ К. Маркс и Ф. Энгельс, Собр. сочинении, ИМЭЛ. Партиздат, Соц. экгиз. М. Л., 1931, т. XIV. Стр. 354-356.

3. Что мы способны познавать только конечное, преходящее, изменяющееся и в различных степенях относительное (и т.д. до:) «Мы не знаем, что такое время, пространство, шла и материя, движение и покой, причина и следствие».

Это старая история. Сперва сочиняют абстракции, отвлекая их от чувственных вещей, а затем желают познавать их чувственно, желают видеть время и обонять пространство. Эмпирик до того втягивается в привычный ему эмпирический опыт, что воображает себя все еще в области чувств, опыта даже тогда, когда он имеет дело с абстракциями. Мы знаем, что такое час, метр, но не знаем, что такое время и пространство! Точно время есть нечто иное, чем сумма часов, а пространство нечто иное, чем сумма кубических метров! Разумеется, обе формы существования материи без этой материи представляют ничто, только пустее представление, абстракцию, существующую только в нашей голове. Но мы неспособны познать, что такое материи и движение! Разумеется, неспособны, ибо материю, как таковую, и движение, как таковое, никто еще не видел и не испытал каким-нибудь иным образом; люди имеют дело только с различными реально существующими материями и формами движения. Вещество, материя — не что иное, как совокупность всех чувственно воспринимаемых форм движения; слова, вроде «материн» и «движение» это — просто сокращения, в которых мы резюмируем, согласно их общим свойствам, различные чувственно воспринимаемые вещи. Поэтому материю и движение *можно* познать лишь путем изучения отдельных форм вещества и движения; поскольку мы познаем последние, постольку мы познаем материю и движение *как таковые*. Поэтому, когда Негели говорит, то мы не знаем, что такое время, пространство, движение, причина и следствие, то он этим лишь утверждает, что мы при помощи своей головы сочиняем себе сперва абстракции, отвлекая

[312/498]

ни из реального мира, а затем — не в состоянии познать этих сочиненных нами абстракций, ибо они умственные, а не чувственные вещи, между тем как всякое познание есть чувственное *измерение*. Это — точь-в-точь как встречающаяся у Гегеля трудность, что мы в состоянии есть вишни, сливы, но не в состоянии есть *плода*, потому что еще никто не ел плода как такового.

* * *

ФРИДРИХ ЭНГЕЛЬС
ДИАЛЕКТИКА ПРИРОДЫ
ДИАЛЕКТИКА И ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ¹⁵²

СИЛА

Если какое-нибудь движение (перенесено таким образом, что в результате появляется механическое движение, то можно считать, что механическое движение просто перенесено или что другие формы движения превращены в механическую) переносится с одного тела на другое, то, *поскольку это движение переносится*, активно, его можно считать причиной движения, *поскольку же оно перенесено пассивно*, — результатом; в таком случае эта причина, это активное движение является *силой*, а пассивное движение — *проявлением* силы. Согласно закону неумножаемости движения, отсюда само собой следует, что сила в точности равна своему проявлению, так как в обоих случаях мы имеем *одно и то же движение*. Но переносимое движение более или менее определимо количественно, так как оно проявляется в двух телах, из которых одно может служить единицей меры для измерения движения другого. Измеримость движения и придает категории силы ее ценность. Без этого она не имела бы никакой ценности. Чем более доступно измерению движение, тем более пригодны для исследования категории силы и проявления ее. Особенно это имеет место в механике, где силы разлагают еще далее, рассматривая их как составные и получая иногда благодаря этому новые результаты, причем, однако, не следует забывать, что это просто умственная операция. Если же, по аналогии с составными силами, как они получаются согласно теореме о параллелограмме сил, начать досматривать таким образом действительно простые силы, то от этого они не становятся еще действительно составными. <Об этом забыл Ньютон при анализе планетарного движения.> То же самое в статике. Далее, то же самое при превращении других форм дви-

[313/499]

жения в механическую (теплота, электричество, магнетизм в притягивании железа), где первоначальное движение может быть измерено

¹⁵² Idem, стр. 401–403.

произведенным им механическим действием. Но уже здесь, где рассматриваются одновременно различные формы движения, обнаруживается ограниченность категории или сокращенного выражения *силы*. Ни один порядочный физик не станет теперь называть электричество, магнетизм, теплоту просто силами, как не станет он называть их *материями* или *невесомыми*. Если мы знаем, в какое количество механического движения превращается определенная масса теплового движения, то мы еще ничего не знаем о природе теплоты, как бы ни необходимо было изучение этих превращений для исследования этой природы теплоты. Рассматривание ее как формы движения — это — последний триумф физики, и благодаря этому в ней снята категория силы. В известных случаях — в случаях перехода — они могут являться в виде сил и быть, таким образом, измеряемыми. Так, теплота измеряется расширением какого-нибудь нагретого тела. Если бы теплота не переходила здесь от одного тела к другому, которое служит масштабом, то теплота тела-масштаба не изменялась бы и нельзя было бы говорить об измерении, об изменении величины. Говорят просто: теплота расширяет тела; сказать же: теплота обладает силой расширять тела, это — простая тавтология, а оказать: теплота есть сила, расширяющая тела, было бы неверно, так как: 1) расширение можно произвести, например, у газов, иными способами и 2) теплота этим не выражается исчерпывающим образом.

Некоторые химики говорят еще о химической силе, благодаря которой Происходят и удерживаются соединения. Но здесь мы не имеем собственно перехода, а имеем совпадение движения различных тел воедино, и понятие «сила» превращается в фразу, как и всюду, где думают последовать неисследованные формы движения... здесь оказывается, таким образом, у границы своего употребления. Но она еще измерима через порождение теплоты, однако до сих пор без значительных результатов; для ее объяснения *сочиняют* так называемую силу (например, объясняют плавание дров на воде из плавательной силы — преломляющая сила в случае света и т.д.), причем таким образом получают столько сил, сколько имеется необъясненных явлений, и по существу только переводят внешние явления на внутренний язык фразы. (Более извинителен случай притяжения и отталкивания; здесь масса непонятных для физики явлений резюмируется в одном общем названии, и этим дается намек на какую-то внутреннюю связь их.) [Если бы хотели говорить о химической силе, то пришлось бы найти способ для *измерения* большего или меньшего сродства между от-

[314/500]

дельными элементами и их соединениями, например, кислотами и щелочами, землями, серой, окисями металлов, — задача, которая современных химиков вполне основательно занимает пока мало. Наконец, в органической природе категория силы, совершению недостаточен, и, однако, она постоянно изменяется. Конечно, можно назвать действие мускула по его механическому результату мускульной силой и даже измерять его; можно даже рассматривать другие измеримые функции как силу, — например, пищеварительную способность различных желудков. Но таким образом мы вскоре приходим к абсурду (например, нервная сила), и, во всяком случае, здесь можно говорить о силах только в очень ограниченном и фигуральном смысле (обычный оборот речи: собраться с силами). Эта неразбериха привела к тому, что стали говорить о жизненной силе, и если этим желают сказать, что форма движения в органической природе отличается от механической, физической, химической, содержа их все в себе в снятом виде, то способ выражения негоден, в особенности потому, что сила — предположив перенос движения — является здесь чем-то внесенным в организм извне, а не присущим ему, неотделимым от него. Поэтому-то жизненная сила является последним убежищем всех супранатуралистов.

Недостаток: 1) сила обыкновенно рассматривается как самостоятельное существование. (Hegel, Naturphil., стр. 79).

2) Скрытая, покоящаяся сила — объяснить это из отношения между движением и покоем (инерцией, равновесием), где также разобрать вопрос о возбуждении силы.

[НЕУНИЧТОЖАЕМОСТЬ ДВИЖЕНИЯ¹⁵³]

Неуничтожаемость движения уже заключается в положении Декарта, что во вселенной сохраняется всегда одно и то же количество движения. Естествоиспытатели, говоря о «неуничтожаемости силы», выражают эту мысль несовершенным образом. Чисто количественное выражение Декарта тоже недостаточно: движение как таковое, как существенное проявление, как форма существования материи, неразруσιμο, как сама материя: в этом и заключается количественная сторона дела. Значит и здесь естествоиспытатель через двести лет подтвердил философа.

¹⁵³ Idem, стр. 403—404.

«Его (движения) сущность заключается в непосредственном единстве пространства и времени... к движению принадлежат пространство и время; скорость, мера движения, это—пространство в отношении к определенному истекшему времени.

[315/501]

(Hegel, Naturphil, стр. 65). Пространство и время заполнены материей... Подобно тому как нет движения без материи, так нет материи без движения”, стр. 67).

[ДВИЖЕНИЕ И РАВНОВЕСИЕ¹⁵⁴]

Равновесие [неотделимо от движения. В движении небесных тел движение находится в равновесии и равновесие в движении, относительно [...?..]. Всякое специальное относительное движение, т.е. здесь всякое отдельное движение отдельных бо́лее мелких тел на каком-нибудь движущемся небесном теле, — это стремление к установлению относительного покоя, равновесия. Без относительного покоя нет развития. Возможность относительного покоя тел, возможность временных состояний равновесия является существенным условием дифференцирования материи, а значит, и жизни. На солнце нет вовсе равновесия отдельных веществ, а только всей массы, или же только весьма ничтожное равновесие, обусловленное значительными различиями плотности, на поверхности — вечное движение, отсутствие покоя, диссоциация. На луне, по-видимому, царит полное [равновесие, без всякого относительного движения — смерть [луна — отрицательность]. На земле движение дифференцировалось в смене движения и равновесия: отдельное движение стремится к равновесию, а совокупное движение снова уничтожает отдельное равновесие. Скала пришла в покой, но процесс выветривания, работа морского прибоя, действие рек, глетчеров непрерывно уничтожает равновесие. Испарение и дождь, ветер, теплота, электрические и магнитные явления представляют ту же самую картину. Наконец, в живом организме мы наблюдаем непрерывное движение всех мельчайших частиц его, а также

¹⁵⁴ Idem, стр. 404-405. *Над этим абзацем карандашом заголовок: Равновесие= преобладанию притяжения над отталкиванием. Прим. ред. соч. М. и Э.*

более крупных органов, имеющее своим результатом, во время нормального периода жизни, постоянное равновесие всего организма и, однако, пребывающее всегда в движении; мы наблюдаем здесь живое единство движения и равновесия. Всякое равновесие лишь *относительно и временно*.

МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ¹⁵⁵

У естествоиспытателей движение всегда понимается как = механическому движению, перемещению. Это перешло по наследству из дохимического XVIII столетия и сильно затруд-

[316/502]

няет ясное понимание вещей. Движение, в применении к материи, это — *изменение вообще*. Из этого же недоразумения вытекает яростнее стремление свести все к механическому движению, — уже Грове «сильно склонен думать, что прочие свойства материи являются видами движения и в конце концов будут введены к ним» (стр. 16), чем смазывается специфический характер прочих форм движения. Этим не отрицается вовсе, что каждая из высших форм движения связана всегда необходимым образом с реальным механическим (внешним или молекулярным) движением, подобно тому как высшие формы движения производят одновременно и другие виды движения; химическое действие невозможно без изменения температуры и электричества, органическая жизнь невозможна без механических, молекулярных, химических, термических, электрических и т.д. изменений. Но наличие этих побочных форм не исчерпывает существа главной формы в каждом случае. Мы, несомненно, «сведем» когда-нибудь экспериментальным образом мышление к молекулярным и химическим движениям в мозгу: по исчерпывается ли этим сущность мышления?

* * *

¹⁵⁵ Idem, стр. 408.

[317/507]

ИВАН БЕРНУЛЛИ

НОВЫЕ РАЗМЫШЛЕНИЯ О СИСТЕМЕ ДЕКАРТА И О СПОСОБЕ
КОТОРЫМ МОЖНО ВЫВОДИТЬ ИЗ НЕЕ ОРБИТЫ И АФЕЛИИ
ПЛАНЕТ

1730 Г.

JEAN BERNOULLI

NOUVELLES PENSEES SUR LE SYSTÈME DE M. DESCARTES ET
LA MANIÈRE D'EN DÉDUIRE LES ORBITES ET LES APHELIES DES
PLANÈTES

В то время как система Ньютона пользовалась в Англии полным признанием, на континенте, особенно во Франции, еще в начале XVIII в. идеям Ньютона противопоставлялась физика Декарта. Ряд выдающихся ученых, в том числе и Иван Бернулли, стремились построить теорию движения тел и небесную механику, исходя из общих идей физики Декарта и его теории вихрей. Приводимая работа Бернулли, написанная в резком полемическом тоне против Ньютона и его школы, дает представление о происходившей в то время борьбе.

Эта работа была написана Бернулли на предложенную Парижской академией на 1730 г. тему: «Какие причины обуславливают эллиптическую форму орбит планет и почему большая ось этих эллипсов меняет свое расположение, или, что сводится к тому же, почему их афелий или перигелий последовательно соответствуют различным точкам неба.

За эту работу Бернулли была присуждена премия Королевской академии наук за 1730 г.

Перевод с французского сделан по изд. Johannis Bernoulli «Opera Omnia», Qomus Qeritus. Lausanae et genevae, MDCCXLII, 1742, .Стр. 136-146).

[318/508]

VII¹⁵⁶

Однако поскольку вопрос касается физических причин, выбывающих движения небесных тел и разнообразие этих движений, мнения философов расходятся. Я не задаюсь целью исследовать каждое из этих

¹⁵⁶ В первых шести параграфах излагаются общие принципы птолемеевской и коперниканской астрономии. *Прим. ред.*

мнений в отдельности, и этого никто не требует. Я только хочу, потому что это приводит меня к моей теме, сопоставить, те два мнения, которые произвели больше всего шума. Первое принадлежит Декарту, второе, особенно распространенное в Англии, знаменитому Ньютону.

VIII

Я сначала коснусь второго мнения; как известно, Ньютон Построил свою систему на идеях Кеплера, у которого он заимствовал обоснование своей системы. Нельзя не согласиться, что он очень удачно разрешил свою задачу с помощью центробежной силы планет, уравновешиваемой противоположно направленной силой тяготения к центру движения. Что касается первой из этих двух сил, то природа ее известна, а причина совершенно удобопонятна; всякий, конечно, согласиться с тем, что, например, камень, который вращают с помощью пращи, приобретает постоянное стремление удалиться от центра, потому что праша препятствует его движению по прямой линии, которая является касательной к кругу во всякой точке, в какой находится камень и вместе с тем представляет собой то естественное направление, по которому двигался бы камень, если бы его не удерживала праша. Так как для того, чтобы в любой момент отклонять камень от его прямолинейного направления, требуется известная сила, то очевидно, что она должна вызывать равное ей сопротивление (потому что действие и противодействие всегда равны), и в этом сопротивлении и заключается центробежная сила. Таким образом, эта сила всеми признана и допущена в качестве ясного и удобопонятного принципа.

IX

Но когда потребовалось объяснить причину тяготения планет к солнцу и почему они не встречают сопротивления со стороны среды, в которой сети движутся, то пришлось прибегнуть к двум смелым гипотезам, против которых восстают умы, при-

[319/509]

вычные допускать в физике только бесспорные и очевидные принципы. Первая гипотеза заключается в допущении в телах *свойства или способности притяжения*, в силу которого они взаимно притягиваются без участия какого-либо другого действия. Вторая гипотеза сводится к

допущению во вселенной абсолютной пустоты. И так (как остроумно выражается г-н де-Фонтенелль), *притяжение и пустота, которые Декарт изгнал из физики и, как казалось, навсегда, вернулись, по милости г-на Ньютона, вооруженные новой силой, к которой их не считали способными, и только, может быть, слегка замаскированными*. Эти два принципа стремятся восстановить царство перепатетиков, которые так долго тиранизировали древнюю философию. Ньютон понимал и предвидел, что против него выступят с возражениями, в особенности относительно врожденной тяжести тел; поэтому он в нескольких местах своих трудов указывает, что он высказывает эту мысль только как гипотезу, например, на стр. 389 своих «Princip. Phil. Nat...», последнее издание: *однако же, говорит он, — я меньше всего склонен утверждать, что тяжесть является существеннейшим свойством тел.* (Attamen gravitatem corporibus essentialem esse minime affirmao.) В этом отношении он гораздо более сдержан, чем его фанатические последователи вроде г-на Котса, написавшего предисловие к этому изданию, в котором он положительно и в высокопарном тоне говорит, вразрез с учением школы Декарта (стр. 8 и 9), что *тяжесть так же существенно свойственна телам, как протяженность, подвижность и непроницаемость*. Мы видим, что ученик гораздо смелее своего учителя.

Х

Однако этот самоуверенный тон ни в коем случае не может заставить нас слепо принять невразумительные идеи, и мы позволяем себе отказаться от системы Ньютона, пока она не будет освобождена от всего того, что оскорбляет здравый смысл. Мне кажется, что я напал на очень удачный способ истолкования тяготения планет чисто механической причиной, не прибегая ни к притяжению, ни к пустоте; с тем преимуществом, что я могу отчетливо доказать, почему тяготение планет к солнцу должно быть обратно пропорционально квадратам их расстояний до центра солнца, что Ньютон и его последователи допускали только как гипотезу, не умея ее доказать, и выводя из нее эллипсы, в фокусе которых они помещали солнце или центр тяготения. Но мои размышления на этот счет могут послужить темой для другой диссертации, которую я позволю себе предложить вниманию прославленной Академии, если окажется,

[320/510]

что настоящий мой труд удостоился ее одобрения. В настоящее время я хочу только убедить противников вихрей, что последние гораздо

удобнее, чем думали до сих пор, для разъяснения явлений природы, и, в частности, тех, о которых здесь идет речь. Может быть, это несколько рассеет те затруднения, которые были присущи излагаемой системе.

XI

Вихри, введенные Декартом, слишком известны физикам чтобы нужно было их пространно описывать. Как известно, этими вихрями Декарт хотел объяснить два важнейших явления, а именно: движение планет вокруг солнца и природу тяготения, которое заставляет материальные тела устремляться к центру земли или же центру другой планеты. Но эта система, несмотря на свое правдоподобие, встретила много противников; в особенности указывали на то, что с помощью вихрей очень трудно разъяснить закон Кеплера, который удивительно подтверждается самыми точными наблюдениями. Согласно этому закону, планеты описывают вокруг центра солнца не эксцентрические круги, как думали раньше, а эллипсы, хотя и близкие к кругам. Солнце находится в одном из фокусов каждого из эллипсов. Время, необходимое для пробега дуги эллипса, пропорционально площади сектора эллипса, образованного этой дугой и двумя прямыми линиями, проведенными из фокуса к концам означенной дуги. Продолжительности периодов полных обращений планет состоят в полуторном отношении к их средним расстояниям до центра солнца; другими словами, квадраты периодов времен относятся друг к другу, как кубы расстояний. Отсюда следует, что средняя скорость планет обратно пропорциональна квадратному корню из их среднего расстояния. Все это наблюдается также при вращении второстепенных планет или спутников вокруг их главной планеты.

XII

Декарт впрочем старался указать какую-нибудь причину, почему одна и та же планета то больше, то меньше удалена от солнца. По мнению его и его комментаторов, это происходит потому, что солнечный вихрь, окруженный несколькими другими игранными вихрями, сжимается ими неравномерно; так как поэтому промежуток, через который должна пройти материя вихря, с одной стороны, уже, а с противоположной шире, то необходимо, чтобы планета ближе приближалась к солнцу и бы

[321/511]

стрее двигалась там, где она сжата, и удалялась от солнца и двигалась медленнее там, где пространство шире. Если согласиться с этим, то ясно, что орбиты планет не будут представлять собой кругов, и что у них будут свои афелии и перигелии; но разве необходимо для этого, спросят, чтобы орбиты представляли собою в точности эллипсы? И чтобы солнце располагалось в точности в одном из фокусов? Чтобы планеты в своем беге так строго следовали закону Кеплера? Разве требуется, чтобы апсиды были подвижны, несмотря на неравные промежутки между солнцем и смежными вихрями, которые, как вытекает из этого объяснения, должны наблюдаться всегда в одних и тех же местах в отношении к неподвижным звездам? Можно ли сказать, что бог каким-то чудом создал такое специальное распределение вихрей, чтобы вызвать изложенные выше действия? Это было бы равносильно тому, что принято называть «*Deum accessere ex machina*». С таким же правом можно было бы утверждать, что бог своим всемогуществом непосредственно направляет механизм вселенной, и что только благодаря его воле небесные тела движутся так, а не иначе; можно было бы также вспомнить о тех гениях или разумных существах, которых бог специально создал, по забавному представлению некоторых древних мыслителей, чтобы вечно вращать небеса и звезды, точно соблюдая закон Кеплера. Если бы было позволительно рассуждать в такой плоскости и нагромождать одну гипотезу на другую, то, конечно, в природе вещей не осталось бы ни одного явления, для которого нельзя было бы придумать объяснения. Такое объяснение в шуточной форме приводится Котсом и предисловии, о котором я упоминал выше; здесь, издеваясь над вихрями Декарта, он несколько смело утверждает, что они не лучше объясняют движения планет, чем, например, гипотеза, которая бы объясняла, почему камень, брошенный в воздух, описывает параболу, и приводила бы в виде причины, что существует некое тончайшее вещество, движущееся во всех направлениях, но всегда по параболам, большим и малым. Таким образом, камень, брошенный в воздух, увлекался бы этим веществом, и должен был бы описывать ту или иную параболу, смотря по направлению, в котором он был брошен, и по усилию, затраченному на бросание.

XIII

Такое применение вихрей, конечно, смешно, но, с другой стороны, было бы несправедливо совершенно отбрасывать их ввиду тех

затруднений, которые возникают с самого начала. Справедливость требует убедиться, нельзя ли устранить эти затруд-

[322/512]

нения, попытавшись найти какое-нибудь видоизменение или разумное объяснение. Мы были бы неблагодарны, если бы не признали, что именно Декарту мы обязаны теми основными идеями, которые позволяют нам рассуждать в области физики, исходя из совершенно ясных принципов, отбросив все то нагромождение оккультных скрытых свойств, форм субстанции, пластических свойств и сил и тысячи других химер, которые мы унаследовали от древности.

XIV

Вихри представляются нам столь естественными, что почти невозможно не допускать их существования, но чтобы рассеять те неудобства, которые возникают из способа, который Декарт приводит для увлечения планет этими вихрями, не было ли бы лучше внести поправку. Нужно выявить другой эффект этих вихрей, о котором раньше не думали, и который позволяет просто и ясно истолковывать явления, наблюдаемые в небесных телах; я постараюсь это сделать, когда, после настоящей дискуссии, я буду иметь честь представить на су Академии ту новую идею, которую я добавлю к системе Декарта и которая кажется мне наиболее простой и естественной для устранения неясностей и для ответа на вопрос, поставленный Академией.

XV

Как мы видели, идея декартовых вихрей создает ряд крупных затруднений, но нужно признать, что многим идеям знаменитых философов тоже присущи затруднения, но что эти затруднения только кажущиеся и легко устраняются при разумной постановке вопроса. Действительно, разве не разумно ответил ученый г-н Сорен в Мемуарах Академии за 1709 г. на возражения Гюйгенса относительно тяготения? Гюйгенс утверждал, что если бы небесное вещество передвигалось вблизи земли в одном направлении со скоростью, которая, согласно его расчету, значительно превышает скорость суточного вращения земли вокруг ее оси, то было бы невозможно, чтобы все тела, находящиеся на поверхности земли, не увлекались бы движением небесной материи, чего на самом деле и

происходит. Причина, которую Сорен приводит для объяснения, почему это быстрое движение не ощущается на земле и не увлекает тел, находящихся на ее поверхности, мне кажется настолько убедительной, что лучшей и более доказательной нельзя и придумать.

[323/513]

XVI

Перехожу к другому возражению, которое мне кажется тем более серьезным, что его хотели основать на геометрическом доказательстве. Оно принадлежит знаменитому Ньютону, который с своих *Principes de la Phil. natur.* выдвинул два предложения (51 и 52 второй книги), которыми он хочет доказать невозможность вихрей. Не говоря уже о разумном ответе Серена, который приведен в конце его упомянутой статьи, я нахожу, что рассуждения Ньютона — явный софизм и построены на двух одинаково неверных предпосылках. Ход его рассуждений таков: сначала он допускает существование однородной и бесконечной жидкости в состоянии покоя, в которой он заставляет вращаться цилиндр и шар вокруг их осей. Он мысленно разделяет эту жидкость на бесконечный ряд слоев разной и бесконечно малой толщины, причем все они параллельны поверхности цилиндра или шара. Вращаясь, эта поверхность непрерывно нажимает на первый смежный с нею слой и постепенно вовлекает его в свое движение; этот первый слой приводит в движение второй, второй — третий и т.д. в последовательном порядке: каждый слой своим прением увлекает смежный с ним нижний, и, наконец, значительная часть жидкости приобретает нечто вроде вихревого движения, вращаясь на каждом расстоянии с постоянной скоростью, соответственно удалению от оси цилиндра или шара. Чтобы определить период обращения каждого слоя, Ньютон рассматривает эти слои как твердые и имеющие небольшую равную толщину, как я уже говорил выше. Дальше он говорит следующее: (см. стр. 375 последнего издания) «так как жидкость однородна, то взаимодействия слов друг на друга (по предположению) будут пропорциональны их перемещениям друг по другу и величине тех поверхностей, по которым взаимодействия происходят. Если усилие, приложенное к выпуклой поверхности слоя, будет больше или меньше усилия, приложенного к вогнутой, то большее усилие будет преобладать и движение слоя будет ускоряться или замедляться, ибо в каждом месте оно направлено или а сторону движения или же в сторону противоположную. Так как всякий слой сохраняет свое равномерное движение, то оба усилия должны быть между собою равны и направляться в противоположные стороны, но так как эти усилия

пропорциональны поверхностям соприкосновения и их относительным друг по другу скоростям (*умноженным на расстояние до оси*), то разности этих скоростей должны быть обратно пропорциональны расстояниям (*квадратам расстояний*) соответствующих слов до *оса* и т.д.».

[324/514]

XVII

В последних строках этого рассуждения, в сущности повторяющих только первые строки, содержится ошибка. Во-первых, нажатия, которые слои оказывают один на другой, состоят из сопротивления, вызванного трением при отрыве выпуклой поверхности одного слоя от вогнутой поверхности смежного слоя; но мы знаем, что это сопротивление зависит исключительно от силы, с которой одна поверхность прижимается к другой, а вовсе не от величины или протяженности поверхности соприкосновения. На этот счет мы имеем превосходное исследование покойного Амонтона, опубликованное в Мемуарах Академии за 1699 г.; здесь на стр. 212 говорится: что *сопротивленце, вызванное трением поверхностей различной протяженности, всегда одинаково, если поверхности загружены одинаково, или, что одно и то же, — если давления равны*. Однако Ньютон рассматривает только протяженность слоев и относительную скорость, с которой они разъединяются, не обращая внимания на количество давления, которым каждый слой прижимается к смежному. Во-вторых, Ньютон совершенно пренебрегает действием рычага, которое учитывать здесь безусловно необходимо, так как очевидно, что одна и та же сила, приложенная в направлении касательной к окружности большого колеса, будет гораздо действеннее вращать его, чем тогда, когда она приложена к окружности малого радиуса. Почему же Ньютон, который рассматривает эти слои, как ряд твердых колес, вращающихся вокруг общей оси, не учитывает влияния расстояния от центра, которому подчинены силы трения в слоях, для того чтобы правильно определить их количество движения (*momentum*) или эффективную силу? Почему он не учитывает также количества давления, которое выдерживает каждый слой? Потому что без давления слои только скользили бы один по другому без всякого трения, как это выявили опыты Амонтона.

XVIII

Вот две ошибки, и трудно понять, каким образом они ускользнули от прозорливости столь великого математика, и еще более удивительно,

почему его усердные сторонники так долго не обнаружили их и сохранили их в трех последовательных изданиях трудов Ньютона, вышедших в Англии через большие промежутки времени. Посмотрим, как можно исправить эту двойную ошибку. С этой целью я в следующих пунктах привожу разрешение обоих предложенных вопросов, и пусть судят, насколько не это удалось.

[325/515]

XIX

Ясно, что каждый слой жидкости, находящийся между двумя соседними слоями, для того, чтобы он мог вращаться с равномерной скоростью, должен получить для продвижения вперед и ускорения столько способности к действию, благодаря трению об нижний слой, сколько он получает ее для замедления в обратном направлении трением о верхний слой; так что, поскольку уменьшение скорости постоянно восполняется равными увеличениями, слой сохраняет равномерное вращение. Что же вызывает эти два равных и противоположных друг другу эффекта? Это, без сомнения, сила трения, которую испытывает каждый слой в направлении вперед и назад под действием двух смежных, верхнего и нижнего, слоев. Но откуда появляется при трении эта сила, раз ни одно соприкосновение поверхностей, ни относительная скорость, с которой они отделяются друг от друга, как бы она ни была велика, не производят еще никакой силы? Итак, вот откуда я вывожу эту силу. В то время как слой вращается, очевидно, что он постоянно стремится расшириться благодаря центробежной силе, с которой все части его стремятся удалиться от центра вращения, но так как фактическому расширению мешает соседний верхний слой, естественно, что последний испытывает давление. Вот таким-то образом первый, или самый нижний слой, будучи приведен во вращение, давит на второй, второй с помощью первого на третий, этот с помощью предыдущих двух на четвертый и так от слоя к слою на всем протяжении вихря. Откуда следует, что для того, чтобы определить количество давления, оказываемого каждым слоем на вогнутую поверхность следующего слоя, нужно взять центробежную силу не только материи одного смежного нижнего слоя, но я всех предыдущих, раз последний из этих слоев должен всегда испытывать общее воздействие центробежной силы, приобретенной всей материей жидкости, находящейся при вращении ниже его¹⁵⁷.

157 Далее следует 32 параграф, излагающие математическую теорию вихрей, общие принципы которых изложены в приведенном выше отрывке. *Прим. ред.*

[326/516]

РОЖЕР ИОСИФ БОСКОВИЧ
ТЕОРИЯ ФИЛОСОФИИ ПРИРОДЫ, СВЕДЕННАЯ К ЕДИНОМУ
ЗАКОНУ СУЩЕСТВУЮЩИХ В ПРИРОДЕ СИЛ
1758 Г.

ROQUERIO JOSEPHO BOSCOWICH
PHILOSOPHIAE NATURALIS THEORIA REDUCTA AD UNICAM LEGUM
VIRIUM IN NATURA EXISTENTIUM¹⁵⁸

В противоположность картезианским идеям, одним из виднейших представителей которых в XVIII в. являлся И. Бернулли (см. выше), в работах Босковича находит свое выражение самая крайняя точка зрения ньютоновской школы — чистый динамизм, сводящий материю к непротяженным центрам сил.

К ЧИТАТЕЛЮ

Книга Босковича состоит из следующих частей.

Общий обзор книги (синопсис)

I часть. Изложению теории, ее аналитический вывод и защита.

II часть. Применение теории к механике.

III часть. Применение теории к физике.

В настоящем сборнике приводятся первые 30 параграфов I части, в которых излагаются принципиальные основы теории Босковича. (Стр. 62)

... Я убежден, что всякий, кто глубже вникнет в мою теорию и внимательно вдумается в ход дедукции, убедится, насколько в исследованиях данного рода я пошел дальше, чем некогда мечтал сам Ньютон. В последней главе «Оптики», приведя все, что может быть объяснено силой притяжения и силой отталкивания, которая с изменением расстояния начинает заменять силу притяжения, Ньютон добавляет: «Если, однако, все это так, то вся природа должна быть проста и однородна и должна, разумеется, выполнять все огромные передвижения небесных

[327/520]

тел с помощью притяжения тяготения, каковое притяжение действует между всеми небесными телами взаимно; почти все меньшие

¹⁵⁸ Перевод с латинского сделан по изданию 1759 г. Vienna Austriae.

движения своих частиц природа осуществляет с помощью силы притяжения и отталкивания, которая действует между частицами взаимно». Несколько ниже Ньютон, трактуя о первообразных частицах, говорит: «Далее я думаю, что эти первообразные частицы не только таят в себе силу инерции, но и те пассивные законы движения, которые неизбежно рождаются из этой силы; движение же они получают от некоторых действительных начал, которые, конечно, суть тяготения; причина ферментации и сцепление между телами. Но эти начала я рассматриваю не как скрытые качества, якобы рождающиеся из специфических форм вещей, но как всеобщие законы природы, которые сами образуют вещи. Сами явления природы показывают, что такие начала действительно существуют, хотя никто еще не разъяснил, какие им следует приписывать причины. Утверждать, что отдельные виды вещей обладают специфическими скрытыми качествами, благодаря которым они в действии обладают определенной силой, значит не оказать ничего. Но вывести из явлений природы два или три общих начала движения и объяснить, каким образом свойства и действия всех вещественных тел выводятся из этих начал, было бы для философии крупным шагом вперед, хотя бы сами причины этих начал и не были известны. Поэтому я без всякого колебания предлагаю принять вышеназванные начала движения, ибо они с полной очевидностью выявляются во всей природе».

Таким образом Ньютон, за которым надлежит признать заслугу больших достижений в области философии, сводит объяснение всех явлений к двум или трем общим началам движения, выведенным из явлений природы, и выдвигает эти начала, различные между собой, признавая, что они могут объяснить явления природы только частично. Но может быть эти три начала, а также и некоторые другие, как, например, непроницаемость и импульс, можно свести посредством надлежащих умозаключений к единому началу? Тот, кто внимательно ознакомится с конспектом всего моего труда, предлагаемым ниже, убедится, что именно к этому ведет мой единый и простой закон сил; еще яснее это станет тому, кто внимательно изучит самый трактат.

ЧАСТЬ I

ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРИИ, ЕЕ АНАЛИТИЧЕСКИЙ ВЫВОД И ЗАЩИТА

(Стр. 1–14).

1. Излагаю теорию взаимодействующих сил, к разработке которой я приступил уже с 1745 г., дабы выяснить за основании

[328/521]

общеизвестных принципов, как одна, вещь возникает из другой; из моей теории я вывел состав простых элементов материи, построив систему, среднюю между системами Лейбница и Ньютона, и хотя имеющую много общего с той и другой, однако во многом отличающуюся от обеих; эта система неизмеримо проще тех двух и удивительно удобна для точнейших доказательств почти всех общих свойств тел, а также тех специальных свойств, которые присущи некоторым особым телам.

I. Из теории Лейбница я заимствую первичные элементы, простые и совершенно непротяженные; на системы Ньютона — взаимодействующие силы, которые изменяются при изменении расстояний между точками; от Ньютона же я заимствую силы, которые заставляют точки сближаться я обыкновенно называются силами притяжения, а также силы, понуждающие точки расходиться и именуемые силами отталкивания. Там, где с изменением расстояния кончается притяжение, начинается отталкивание, и обратно, как это неоспоримо доказал Ньютон в последнем вопросе своей оптики, иллюстрировав свое положение на примере перехода от положительных величин к отрицательным, какой выявляют нам формулы алгебры. С обеими вышеназванными системами моя система имеет то общее, что я призываю, что любые материальные точки соединяются с другими точками, расположенными как угодно далеко, так, что при малейшем изменении положения одной из точек во всех остальных зарождаются импульсы к движению, и если случайно все эти импульсы не окажутся взаимно противодействующими, — каковой случай бесконечно мало вероятен, — то во всех точках возникнет некое движение.

II. С теорией Лейбница моя теория расходится весьма значительно, поскольку она не допускает никакой непрерывной протяженности, возникающей из соприкосновения смежных непротяженных частей. В этом и заключается затруднение, которое в древности ставили в упрек Зенону и которое теперь уже достаточно разрешено или псе разрешимо с помощью понятия взаимопроницаемости (*compeneratio*) смежных непротяженных частиц. Тем не менее упрек сохраняет всю свою силу против системы Лейбница. Моя теория допускает однородность первичных элементов и разъясняет все различие масс только различным расположением и различными сочетаниями частиц—к этой однородности первичных элементов и к различию масс ведет нас аналогия с природой и особенно данные химических исследований, которые при анализе сложных тел обнаруживают все меньшее число и все меньшее различие основных начал. Это указывает на то, что, чем дальше будет усугубляться анализ, тем большую

он будет выявлять простоту и однородность, и в конце концов обнаружит высшую однородность и простоту. Против этого

[329/522]

принципа неразличимости первоэлементов, достаточно разумно обоснованного, по моему суждению, бессильны, все доводы, выдвигавшиеся до сих пор 'школой Лейбница.

IV. Многим отличается моя теория и от теории Ньютона, например, в том, что Ньютон в последнем вопросе своей «Оптики» пытался объяснить тремя принципами: сцеплением, тяжестью и ферментацией. Моя теория, напротив, объясняет многое, ничуть не зависящее от этих трех принципов, единым законом сил, выраженным единой алгебраической формулой, не составленной из нескольких других формул, и единой геометрической кривой. Отличается моя теория и тем, что не допускает на минимальных расстояниях положительных связей, т.е. связей притяжения, как это делает Ньютон, но допускает отрицательные силы отталкивания, возрастающие до бесконечности при бесконечном уменьшении расстояний. Отсюда вытекает тот необходимый вывод, что в результате непосредственного контакта не возникает ни сцепления (*cohaesio*), которое я вывожу из совершенно других причин, ни некоего непосредственного математического контакта вещества, как я его называю. Это приводит нас к простоте и непротяженности первоэлементов, слагающихся в разнообразные фигуры, которые составлены из частиц, различных друг от друга, но специальных так прочно, что никакие силы природы не могут разрушить связи между ними и ослабить силы их сцепления (*adhaesio*). Поскольку силы нам вообще известны, эту силу сцепления можно признать абсолютно беспредельной.

V. До настоящего времени я изложил многое, относящееся к моей теории, в моих прежде вышедших исследованиях: *De Viribus vivis* (О живых силах), изд. 1745 г., *De Lumine* (О свете), изд. 1748 г., *De Lege Continuitatis* (О законе непрерывности), изд. 1754 г., *De Lege virium in natura existentium* (О законе сил, существующих в природе), изд. 1755 г., *De divisibilitate materiae et principiiis corporum* (О делимости материи и об основных началах тел), изд. 1757 г., и в моих приложениях к стихотворному переводу Стаяновой философии (первый том вышел в 1755 г.). Ученейший Карол Бенвенутус, принадлежащий к нашему ордену, изложил мою теорию в своем «Общем конспекте физики» (изд. 1754 г.) (*Physicae generalis synopsis*) очень отчетливо и доказал ее широкую применимость ко всем областям физики. В

этом своем конспекте он приводит мой вывод равновесия двух масс, па которые действуют параллельные силы; согласно моей теории, это равновесие является естественным следствием известного закона сложения сил и равенства действия и противодействия. Об этом я упоминал в своих «Приложениях» § 4 (к книге, 3), а также в своем исследовании

[330/523]

о «Центре тяжести» (*De Centro gravitatis*); говоря о центре качания, я коснулся нескольких главнейших методов других ученых, которые определяют его из некоторых второстепенных принципов. Там же, трактуя о центре равновесия, я утверждаю следующее: «В природе не существует жестких, негибких стержней, не обладающих никакой тяжестью и инерцией, не существует я законов, для них созданных, но если свести вопрос к подлинным и простейшим природным началам, то окажется, что все зависит от сложения сил, которыми частицы материи воздействуют друг на друга; из этих сил вытекают все явления природы». Изложив там же методы других ученых для определения центра качания, я обещал исследовать в IV томе той же философии на основании природных законов, является и центр равновесия в то же время центром -качания.

VI. Так как мне уже раньше представился случай исследовать вопрос о центре качания на основе моих принципов, то по настоянию Шерфера, члена нашего ордена, я далее разработал очень простую и изящную теорему сравнения сил трех масс, взаимодействующих друг с другом, которая, может быть именно благодаря своей простоте, ускользнула от внимания механиков. Если же она и была открыта и даже опубликована кем-нибудь другим, что весьма возможно, то мне об этом до настоящего времени ничего не известно. Эта теорема естественно разъясняет все относящееся к равновесию, ко всякого рода связям, к измерению моментов для машин, к центру качания (в случае, когда боковое качание происходит в плоскости, перпендикулярной к оси качания) и, наконец, к центру удара; открывается также путь для дальнейших более углубленных исследований. Я намеревался издать эту теорему в виде краткого исследования с соответствующими выводами и привести краткое резюме моей теории, но этот небольшой труд вскоре разросся в пространное систематическое изложение теории; попутно я защищаю ее и даю ее приложение, сначала к механике, потом — более широко — к физике; я добавляю (наиболее достойные упоминания из моих прежних исследований в надлежащей последовательности, добавляю и много нового, что пришло

мне на мысль во время писания, когда я перерабатывал в уме весь накопившийся материал-

VII. Первичными элементами материи я признаю точки, совершенно неделимые и непротяженные, рассеянные в бесконечной пустоте так, что каждые две точки отстоят друг от друга неизвестном расстоянии, которое может бесконечно возрасти или бесконечно уменьшиться, но не может полностью уничтожиться без взаимопроникновения точек: ибо я не считаю возможным прикосновение, но при этом считаю несомненным, что если

[331/524]

расстояние между двумя точками равно нулю, то обе они должны занимать одну и ту же неделимую точку пространства в его обыкновенном понимании, и что взаимопроникновение их должно быть полным. Поэтому я не допускаю никакой пустоты внутри материи, но считало, что материя рассеяна а пустоте и плавает в ней.

VIII. Я допускаю, что эти точки обладают стремлением пребывать в том же состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, а направлении, какое им однажды было придано, если эти точкой существуют в природе в одиночку; если же в других местах существуют другие точки, то они должны соединяться, согласно известному общему способу сложения сил и движений, по закону параллелограмма, слагая предшествовавшие движения с движением, обусловленным взаимодействием сил. Последнее я признаю зависящим от расстояния между двумя точками и изменяющимся при его изменении в согласии с законом, общим для всех сил. Приведенное выше определение характеризует силу, которую мы называем силой инерции; я не задаюсь целью исследовать, установлена ли она верховным законом творца или зависит от самой природы точек, или же от какого-либо привходящего их свойства, и не надеюсь узнать это, даже если бы захотел углубиться в этот вопрос. То же самое скажу о законе сил, к которому теперь перехожу.

IX. Я считаю, что любые две материальные точки стремятся на одних расстояниях взаимно сблизиться, на других – взаимно разойтись, и это стремление я называю силой, в первом случае притягивающей, во втором – отталкивающей, причем этим названием я обозначаю не род действия, а само стремление, откуда бы оно ни происходило. Величина этой силы изменяется в зависимости от расстояний по известному закону, который можно наглядно изобразить геометрической кривой или

алгебраической формулой, как это принято в механике. Пример взаимодействующей силы, зависящей от расстояния, изменяющейся вместе с ним и сказывающейся как на огромных, так и на малых расстояниях, мы имели во всемирном тяготении Ньютона, изменяющемся обратно пропорционально второй степени расстояния. Оно никогда не может перейти из положительного в отрицательное или из притягивающего в отталкивающее, так как нигде его стремление к сближению не переходит в стремление к расхождению. В упругих сжатых стержнях (elastis) мы видим образец таков взаимодействующей силы, изменяющейся в зависимости от расстояний и переходящей от стремления к расхождению в стремление к сближению и обратно. Если мы будем сближать заостренные концы стержня, сжимая его, то в остриях возникнет стремление к расхождению, тем более сильное, чем

[332/525]

меньше будет расстояние между ними при сжатии упругого стержня. При увеличении расстояния между остриями стремление к расхождению уменьшается, пока, на известном расстоянии, не сойдет на нет и не сравняется с нулем. Если расстояние будет продолжать возрастать, то начнется стремление к сближению, которое непрерывно будет возрастать тем сильнее, чем дальше будут расходиться острия; если же расстояние между остриями начнет непрерывно уменьшаться, то стремление к сближению будет убывать, сойдет на нет и перейдет в стремление к расхождению. Эти стремления вызываются не непосредственно воздействием заостренных концов друг на друга, но природой и формой всей промежуточной часто сгибаемого стержня. Я не буду задерживаться на физических свойствах этого явления, так как привел только пример стремления к сближению и расхождению, которое при различных расстояниях имеет различную силу и переходит из одной формы в другую.

Х. Закон сил гласит, что при малых расстояниях силы являются отталкивающими и возрастающими до бесконечности при бесконечном уменьшении расстояний; раньше, чем расстояние окончательно сойдет на-нет, силы отталкивания становятся на столько большими, что способны уничтожить скорость, с какой одна точка стремится приблизиться к другой, как бы эта скорость ей была велике. При увеличении расстояния силы отталкивания убывают, и притом так, что на некотором очень небольшом расстоянии силы переходят и в притяжение, сначала возрастающее, затем убывающее, затем сходящее на-нет и снова

переходящее в отталкивание. Это отталкивание в том же порядке возрастает, убывает, сходит на-нет и снова переходит в притяжение; и так продолжается попеременно на многих расстояниях, до сих пор, однако, очень небольших. Наконец, когда расстояния становятся гораздо больше, силы начинают становиться неизменно притягательными я обратно пропорциональными квадратам расстояний, хотя бы эти (расстояния возрастали до бесконечности или, по крайней мере, до расстояний, значительно превышающих расстояния между всеми планетами и кометами.

XI. Закон такого рода кажется на первый взгляд довольно сложным и составленным из нескольких различных законов, бессистемно связанных один с другим, но он весьма прост и совершенно целостен, если выразить его единой непрерывной кривой или простой алгебраической формулой, как я уже указывал выше. Такая кривая чрезвычайно пригодна для наглядного изображения закона и не требует санкции геометра; достаточно внимательного рассмотрения ее, как мы рассматриваем, напри-

[333/526]

мер, вещи, изображенные на какой-нибудь картине, и мы сможем усмотреть из нее те основные свойства сил, о которых говорилось выше. У этой кривой то, что геометры называют абсциссами, т.е. отрезки оси, к которой отнесена кривая, выражают взаимное расстояние между двумя точками, а так называемые ординаты, т.е. перпендикуляры, проведенные от оси до кривой, изображают силы. Там, где ординаты лежат по одну сторону оси, они изображают силы притяжения, а там, где лежат по другую старому, – силы отталкивания. Приближение или удаление кривой от оси обозначает уменьшение или возрастание сил; в точках, где кривая пересекает ось и переходит с одной стороны на другую, силы переходят из притяжения в отталкивание и обратно. Там же, где дуга кривой приближается к прямой линии, перпендикулярной к оси и продленной до бесконечности, все ближе и ближе и, наконец, беспредельно близко, нигде, однако, не сливаясь с нею, т.е. там, где дуга, по терминологии геометров, асимптотическая, там и самые силы возрастают до бесконечности.

XII. Кривую такого рода я показал и пояснил в моих исследованиях «О живых силах» в § 51, «О свете» в § 5, «О законе сил, существующих в природе» в § 68, а в своем конспекте общей физики патер Бенвенутус привел ее в § 108. Рис. 69 дает

о ней краткое представление. На оси CAC от точки A проведена прямая линия AB , являющаяся асимптотой к кривой; уходящая в

бесконечность, около которой проходят две ветви кривой, равные и подобные; одна из ветвей $DEFGHIKLMNOPQRSTU$ в своей начальной части имеет форму асимптотической дуги ED , которая, конечно, будучи бесконечно продлена превыше всяких пределов, все ближе и тоже беспредельно приближается к прямой AB без того, чтобы когда-либо слиться с нею. Отсюда кривая постоянно

[334/527]

отходит от прямой в направлении DE , так же как удаляются от прямой и все остальные дуги, направленные к V , без того что бы где-нибудь отход перешел в приближение. Сначала кривая непрерывно приближается к оси CC , пока не дойдет до нее в точке E , затем, пересекши ось, продолжает удаляться от нее вплоть до некоторого расстояния F , после чего удаление от оси переходит в приближение до нового пересечения с нею в точке G . Таким порядком кривая, изгибаясь, вьется около оси, пересекаясь с нею в длинном ряде точек. На рисунке показано, однако, только несколько точек пересечения, а именно I, L, N, P, R . Наконец, души переходят в ветвь $TpsV$, лежащую относительно оси на стороне, противоположной первой ветви. Асимптотой для этой второй ветви является ось (CC —*Перев.*), к которой она приближается таким образом, что ее расстояния от оси обратно пропорциональны квадрату 'расстояний от прямой линии AB .

XIII. Если мы из какой-либо точки оси a, b, d проведем перпендикуляры ag, bt, dh до кривой, то отрезки оси Aa, Ab, Ad , будут называться абсциссами и будут изображать взаимные расстояния между какими-либо двумя материальными точками; перпендикуляры ag, bt, dh называются ординатами и изображают силу притяжения или отталкивания, смотря по тому, расположены ли они относительно оси в сторону D или в обратную.

XIV. Ясно, что при такой форме кривой ордината ag возрастет вне всяких пределов при таком же беспредельном уменьшения абсциссы Aa ; при возрастании абсциссы до Ab ордината уменьшается до bt и будет все больше уменьшаться при приближении b к E , где она сходит на-нет. При дальнейшем увеличении абсциссы до Ad ордината меняет свое направление, переходя в dh , и сначала продолжает возрастать в обратную сторону до F , затем уменьшается до I и дальше до G , где сходит на-нет; потом она снова меняет свое направление на первоначальное, т.е. mn . Такое изменение направления происходит во всех точках пересечения I, L, N, P, R , после чего ординаты принимают постоянное направление op, vs и убывают обратно пропорционально .второй степени абсцисс Ao и Av . Отсюда явствует, что кривые такого рода выражают силы, сначала отталкивающие

и бесконечно возрастающие при уменьшении расстояний, затем постепенно сходящие на-нет и переходящие в притягивающие с изменением своего направления, чтобы снова сойти на-нет; и так попеременно, пока на достаточно большем расстоянии они не станут притягательными и обратно пропорциональными второй степени расстояний.

XV. Такой закон сил отличается от ньютонова закона тяго -

[335/528]

тения формой и повседиением выражающей его кривой; как усматривается из Рис. 70, кривая, согласно Ньютону, является гиперболой третьего порядка, полностью лежащей по одну сторону оси, которую она нигде не пересекает. Все ординаты *vs*, *op*, *bt*, *ag* расположены на стороне притяжения и нигде не переходят из положительного в отрицательное значение, т.е. из притяжения в отталкивание и обратно. Это выражается самой формой кривой, имеющей две асимптотических ветви, в отдельности уходящие в бесконечность. Все общие и главнейшие особые свойства тел я вывожу из такого закона сил и из известнейших принципов механики, а также и того, что каждая сила и каждое движение образуются из нескольких сил и движений, слагающихся по закону параллелограмов, чьи стороны выражают составляющие силы и движения. Эти же силы вызывают а отдельных точках, в отдельные равные малые моменты времени, скорости или движения, пропорциональные им самим. Как уже было указано выше, я утверждаю, что общие свойства тел вытекают не из каких-либо особо присущих им качеств, а из различных комбинаций, и развиваю эти комбинации, доказывая геометрически, какие явления и какие виды тел должны возникать из той или другой комбинации. Раньше чем пространно изложить это во второй и третьей частях, я излагаю в этой первой части, каким образом и по каким положительным причинам я пришел к моему закону сил и как я извлек из дето идею простоты первоэлементов в материи, устраняя те неясности, которые прежде казались свойственными этой идее.

XVI. Когда я в 1745 г. писал свое исследование о живых силах, я построил все положения, которые строились на живых силах, как представляет их себе Лейбниц, и большинство положений, сводившихся к измерению живых сил одной только скоростью, непосредственно аа..самой скорости, вызванной, согласно идее, общепризнанной в механике, действием сил, порождающих или жажнем».образом.вызывающих скорости, пропорциональные самим этим силам, а также малым долям времени, в

течение которых силы действуют. Такими силами являются тяжесть, упругость к разным другим силам того же рода. Тогда же я начал более углубленно исследовать, самый процесс возникновения скорости, которую некоторые признают возникающей из импульса, причем полная скорость, возникает в одно мгновение времени; так полагают те, кто признает силу удара бесконечно превышающей всякие другие силы, оказывающие давление

[336/529]

в отдельные моменты. И тотчас же меня озарила мысль, что такого рода удары, порождающие в мгновение времени скорость, обладающую конечной величиной, должны действовать по определенным законам.

XVII. Мне тогда же стало ясно, что если смотреть на вопрос с более широкой точки зрения и пользоваться правильным методом рассуждения, то порядок действия, указанный выше, придется признать несогласным с природою, которая, разумеется, везде повинует одному и тому же закону сил и одному, и тому же поводу ж действию; непосредственной передачи импульса одного тела другому и непосредственного удара не может произойти без образования в неделимый момент времени некоей конечной скорости и притом, без скачка и без нарушения так называемого закона непрерывности; закон же этот в природе существует, что я считаю доказуемым достаточно вескими причинами. Это свое рассуждение, к которому я впервые пришел в то время, я подтвердил и иллюстрировал разными другими новыми мыслями.

XVIII. Представим себе два одинаковых тела, движущихся в направлении к одной и той же цели. Пусть тело, движущееся впереди, обладает степенью скорости 6, а следующее позади — степенью 12. Если заднее тело, двигаясь с неизменной скоростью, придет в непосредственный контакт с передним телом, то необходимо, чтобы в тот момент, когда произойдет контакт, заднее тело уменьшило свою скорость, а переднее — увеличило, и притом скачком, первое с 12 на 9, а второе с 6 на 9, без всякого перехода через промежуточные степени 11 и 7, 10 и 8, $9\frac{1}{2}$ и $8\frac{1}{2}$ и т.д. Но этого произойти не может, потому что в какую угодно малую частицу непрерывного времени переход совершается в продолжение контакта через промежуточные степени. Если, стало быть, в какой-нибудь момент одно тело будет иметь уже скорость 7, а другое еще будет сохранять скорость 11, то за весь малый промежуток времени, истекший с начала контакта, когда скорость равнялась 12 и 6, до момента, когда они стали равны

11 и 7, второе тело должно будет двигаться со скоростью большей первого и пробежать большее расстояние, чем первое, а потому его поверхность должна будет забежать за пределы задней поверхности первого тела, и, стало быть, произойдет взаимопроникновение какой-то части заднего тела с какой-то частью переднего тела. Но это невозможно, потому что, по всеобщему признанию физиков, материи свойственна непроницаемость. Необходимо поэтому, чтобы в самом начале контакта, в тот неделимый момент времени, который лежит между предшествовавшим непрерывным временем и последующим и является неделимым пределом (так же как в геометрии точка есть

[337/530]

неделимый предел между двумя отрезками непрерывной линии), произошло изменение скоростей скачком, без перехода через промежуточные степени, с полным нарушением закона непрерывности, который безусловно не допускает перехода от одной величины к другой, минуя промежуточные стадии. То, что мы изложили касательно двух одинаковых тел, которые оба непосредственно переходят к 9-й степени скорости, относится ко всякому переходу самих этих тел, а также к переходу других неодинаковых тел к каким угодно величинам скорости. Конечно, избыток скорости заднего тела на 6 степеней должен уничтожиться в один момент времени: либо скорость сначала возрастет, а затем уменьшится в следующий момент, либо сначала уменьшится, а затем возрастет, но все это вообще не может происходить без скачка, который возможен только с минованием бесконечного числа промежуточных степеней скорости.

XIX. Некоторые полагают, что можно устранить всякие затруднения с помощью утверждения, что так именно и должно было бы быть, если бы существовали твердые тела, не испытывающие никакого сжатия и никакого изменения своей формы. Но так как тела такого рода многими совершенно исключаются из природы, то при соприкосновении двух шаров проникновение и сжатие частей может привести к тому, что в обоих телах скорость изменится, пройдя через все промежуточные степени. Таким образом увертываются от силы моей аргументации.

XX. К такому возражению не прибегают, однако, те, кто, как Ньютон и большинство древних философов, признает первоэлементы материи совершенно твердыми и плотными, обладающими бесконечным сцеплением абсолютной неспособностью к изменению формы. Эти твердые и плотные первоэлементы присутствуют и в передней части второго тела я

в задней части переднего, которые, конечно, непосредственно соприкасаются, и моя аргументация сохраняет свою полную силу.

XXI Далее, конечно, трудно уразуметь, почему бы крайним частям у поверхности не быть абсолютно твердыми и совершенно неподдающимися сжатию. В материи, если она обладает непрерывностью, наблюдается и должна наблюдаться бесконечная делимость, но допущение фактической бесконечной делимости влечет за собой совершенно неразрешимые трудности, и тем не менее в этой идее бесконечной делимости нуждаются и те, кто не допускает существования в телах частиц сколько угодно малых, совершенно лишенных сжимаемости и неспособных к ней. Они должны, однако, допустить, что всякая частица существует как таковая, потому что отделена от смежных промежуточными порами и сама посредством пор делится ими на различные части, как бы перегородками. Конечно, совершенно непонятно, почему

[338/531]

бы так, где пространство переходит от пустоты к телесности, не быть какой-то сплошной перегородке определенной толщины, доходящей до первой поры и не имеющей пор в себе; непонятно также, почему бы там, где кончается телесность, не быть какой-то последней поре, ближайшей к наружной поверхности, которая, если она существует, должна, конечно, иметь перегородку, лишенную пор и неспособную к сжатию. Здесь опять-таки аргументация, приведенная выше, сохраняет свою полную силу.

XXII. Моя аргументация приобретает полную силу, если мы допустим вполне понятную идею первой и последней поверхностей соприкасания тел, или, если соприкасаются не поверхности, то линий или точек соприкосновения. Ибо в чем бы ни происходило соприкасание, всегда должно существовать нечто, дающее непроницаемости возможность выявиться и заставляющее скорость тела, движущегося позади, убывать, а скорость переднего тела возражать. Но чем бы ни было то нечто, в чем проявляется сила непроницаемости, скорость, конечно, должна измениться скачком, без перехода через промежуточные степени, и закон непрерывности должен быть нарушен и поколеблен, если непосредственный контакт произойдет при указанной выше разнице скоростей. Несомненно, есть нечто разумное во всех тех идеях, которые приписывают материи непрерывную протяженность. Конечно, для каждого тела существует некое реальное состояние и крайним его пределом является, разумеется,

реальная поверхность, так же как реальным пределом поверхности является линия, а реальным пределом линии — точка. Те состояния, которые приписываются телам, неотъемлемы от этих тел и не являются вымышленными, но вполне реальны, так как всегда имеются те или иные реальные измерения, например, у поверхности два, у линии одно. Реальны также и движения и передача их телам, которым приписываются те или иные состояния или виды состояний.

XXIII. Некоторые говорят, что не может происходить никакого скачка там, где не признается никакого движения и никакой поверхности, линии или точки, т.е. там, где не признается никакой массы. Движение, — говорят они, — согласно законам механики, измеряется массой, умноженной на скорость, масса же есть поверхность основания, умноженная на толщину или высоту, как, например, у призм. Чем меньше толщина, тем меньше масса и движение, и когда толщина сходит начнет, сходят начнет и масса и движение.

XXIV. Конечно, тот, кто рассуждает так, играет словами. Массой обычно называют количество материи, а движение тел измеряют их массой и скоростью. Понятие геометрического количества обнимает три вида количеств: твердое тело с тремя

[339/532]

измерениями, поверхность с двумя измерениями, линию с одним измерением; пределом же линии является тонка, не имеющая ни измерений, ни протяженности. Так же и в физике всеми признается: тело, обладающее свойствами трехмерности, реальная поверхность, — крайний предел тела, обладающая двумя измерениями, линия — реальный предел поверхности, с одним измерением и неделимый предел линии — точка. Во всех случаях одно является пределом другого, но не его частью, и существует четыре различных вида. Поверхность не есть нечто телесное, но не ничто поверхностное (*nihil*), ибо все же имеет части и может возрастать и убывать; также и линия, в смысле поверхности, есть ничто, но она есть нечто в смысле линии. Так, наконец, и точка есть нечто и своем роде, хотя в смысле линии она есть ничто.

XXV. И здесь можно говорить о некоей массе о двух измерениях, об одном измерении и, наконец, без всякого измерения, же с одним только числом точек, характеризующим количество этого рода. Если мы для единиц этого рода узурпируем общее название массы, то мы сможем определить количество движения как произведение скорости на массу; если

же мы присвоим термин «масса» одним только телам, то мерой движения каждого тела будет масса, помноженная на скорость. Всякое же движение поверхности, линии или точки будет измеряться количеством поверхности, или линии, или числом точек, помноженным на скорость; всякий из этих видов будет обладать скоростью и будет четырьмя видами скорости, как имеются четыре вида количества; тела, поверхности, линии, точки. И хотя каждое из этих количеств есть нечто в смысле другого количества, но в своем смысле оно есть нечто; точно так же и движение одного количества есть нечто в смысле движения другого количества, но в своем смысле оно есть нечто, а вовсе не чистое ничто.

XXVI. И тем не менее сами механики обычно приписывают движение и поверхностям, и линиям, и точкам; физики же говорят о движении центра тяжести, каковой центр есть также некая точка, а не трехмерное тело; между тем тот, кто играет словами, требует для измерения движения и для применения самого этого термина признака трехмерности. Далее при вышеописанных движениях наружных поверхностей, линий и точек, всегда должен происходить скачок, если они приходят в непосредственное соприкосновение при той разнице скоростей, какая была указана выше, и закон непрерывности должен нарушаться.

XXVII. Итак, если мы отбросим всякое исследование о понятии движения и массы и будем считать, что движение вызвано старостью, то при исчезновении массы одно из трех измерений исчезнет, но останется скорость остающихся измерений, если практически сохранены измерения поверхности и скорость их

[340/553]

должна изменяться скачком, что нарушает закон непрерывности, столько раз уже упоминавшийся нами.

XXVIII. Все же совершенно очевидно, и не остается сомнения, что закон непрерывности должен нарушаться, и в природе должен возникать скачок, если тела сближаются и приходят в непосредственное соприкосновение с разницей скоростей и если телам свойственна непроницаемость, как оно на самом деле и есть. Эту непроницаемость все физики мира признают не только в целых телах, но и в мельчайших частицах тел. Конечно, нашлись люди, которые после оглашения моей теории, желая поколебать силу моей аргументации, утверждали, что после соприкосновения поверхностей мельчайшие частицы тел выявляют некое взаимопроникновение и после взаимопроникновения изменяют свои скорости в

порядке постепенности. Легко доказать, что это противно индукции и аналогии, которыми мы пользуемся в физике и которые достойны изучаемых законов природы. Я изложу далее, в чем сила этой индукции и к каким вопросам она применима, ибо одним из этих вопросов является именно непроницаемость, распространяющаяся на мельчайшие частицы материи.

XXIX. Нашелся также оппонент из школы Лейбница, который после оглашения моей теории полагал, что можно устранить всякое затруднение, говоря, что две монады, движущиеся навстречу друг другу с любыми скоростями, разными и противоположными, продолжают двигаться после контакта без местного продвижения. Это продвижение, — говорил он, — есть ничто, так как оно измеряется пройденным пространством, а само пространство есть ничто. Движение же сохраняется и погашается постепенно, так как постепенно погашается энергия, с которой монады действуют друг на друга, задерживая друг друга. И здесь ведется игра с понятием «движения», которое применимо ко всякому измерению и действию и роду действия. Местное движение и скорость этого движения — вот те понятия, которыми я оперирую, и они-то и обрываются при скачке. Совершенно очевидно, что они были чем-то до контакта и после контакта в одно мгновение быстро изменились, но они не суть ничто, хотя бы даже чисто воображаемое пространство и было ничем. Реальные состояния движущегося тела обоснованы на самом характере его пространственного существования, а этот характер влечет за собой существование реальных соотношений расстояний. Что тела отстоят друг от друга дальше или ближе, что они движутся в пространстве быстрее или медленнее, не есть нечто только воображаемо различное, оно и реально различно, и здесь-то и происходит скачок в том случае, о каком я говорил выше.

[341/534]

XXX. Лучший среди геометров и философов наших дней. Мак Лорен, исследуя столкновение тел, не нашел ничего, что могло бы сохранить и поддержать закон непрерывности при столкновении тел, совершающемся с непосредственным соприкосновением, и решил, что самый этот закон должен быть отменен, так как в указанном случае он полностью нарушается; об этом он писал в кн. 1 гл. 4 труда «Об открытиях Ньютона» (*De Newtoni Compertis*). Немало есть и таких, которые считают закон непрерывности бесполезным, как, например, знаменитый Мопертюи, прославившийся в журнале *République des Letres*; он признает этот закон нелепым и необъяснимым. При исследовании вопроса о столкновении тел Мак Лорен и я

пришли к одному и тому же выводу: непосредственный контакт и импульс несовместимы с законом непрерывности, потому что в отношении импульса и непосредственного контакта не может быть сомнения, что они не следуют закону непрерывности и нарушают его (я даже не знаю, осмелился ли бы прежде кто-нибудь другой допустить полный я непосредственный контакт всех тел без сохранения промежуточного воздушного покрова обоих сталкивающихся тел).

* * *

[342]

ЖАН ЛЕРОН ДАЛАМБЕР

ТРАКТАТ О ДИНАМИКЕ, В КОТОРОМ ЧИСЛО ЗАКОНОВ РАВНОВЕСИЯ И ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ СВЕДЕНО К МИНИМУМУ И ДАЕТСЯ НОВЫЙ СПОСОБ ВЫВОДА ЭТИХ ЗАКОНОВ, ТАК ЖЕ КАК И ОБЩИЙ ПРИНЦИП ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ТЕЛ ПРОИЗВОЛЬНЫМ ОБРАЗОМ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ ДРУГ НА ДРУГА
1743 Г.

JEAN LE ROND D'ALEMBERT

TRAITÉ DE DYNAMIQUE DANS LEQUEL LES LOIS DE L'EQUILIBRE ET DU MOVUEMENT DES CORPS SONT RÉDUITS AU PLUS PETIT NOMBRE POSSIBLE, ET DÉ-MONTRÉES D'UNE MANIÈRE NOUVELLE ET OU L'ON DONNE UN PRINCIPE GÉNÉRAL POUR TROUVER LE MOUVEMENT DE PLUSIEURS CORPS DUI AGISSENT LES UN SUR LES AUTRES D'UNE MANIÈRE QUELOQUUE

Первое издание трактата вышло в Париже в 1743 г.; второе, дополненное – в 1758 г.; третье, посмертное издание (1796 г.), повторяет без изменения второе издание.

Трактат состоит из следующих частей:

Предисловие.

Часть I. Общие законы движения и равновесия тел.

Часть 2. Общий принцип определения движения нескольких тел, произвольным образом действующих друг на друга.

Настоящий перевод сделан с третьего парижского издания, 1796 г.

В этом сборнике дается предисловие Даламбера к трактату.

ПРЕДИСЛОВИЕ

(Стр. 1-XXXI).

Достоверность математики является преимуществом, которым эта наука обязана главным образом простоте своего предмета. Необходимо даже признать, что ввиду того что не все области математики трактуют об одинаково простых вещах, подлинная достоверность, которая базируется на безусловно истинных и очевидных принципах, свойственна этим областям не в равной мере имев одинаковой степени. Некоторые области математики, опирающиеся на физические принципы, т.е. на данные экспериментального опыта или на простые гипотезы, имеют, так сказать, только эмпирическую, а иногда даже чисто гипотетическую достоверность. В точном смысле слова, признак очевидности присущ только тем областям математики, которые трактуют об исчислении величин и об общих свойствах протяжения, т.е. алгебре, геометрии и механике. Однако и здесь степень ясности, с которой эти отрасли науки обращаются к нашему уму, имеет известные градации или, если можно так выразиться, оттенки. Чем обширнее трагуемый предмет и чем обобщеннее и абстрактнее он рассматривается, тем свободнее его принципы от неясностей и тем легче они понимаются. По этой причине геометрия проще механики, и обе они менее просты, чем алгебра. Это не покажется парадоксальным тому, кто изучает науку с философским подходом. Наибольшая ясность свойственна именно наиболее абстрактным понятиям, которые кажутся обыкновенным людям менее доступными. Неясность овладевает нашими идеями, невидимому, тогда, когда мы прилагаем понятия к специальным предметам и исследуем те свойства их, которые доступны чувству; если мы хотим глубже проникнуть в природу этих предметов, то мы почти всегда убеждаемся, что мы с наименьшей полнотой постигаем именно их существование, которое опирается на сомнительные свидетельства наших чувств.

Из этих соображений явствует, что наилучшим методом разработки какой-либо области математики (можно даже сказать любой науки) является введение и применение максимума познаний, почерпнутый из наиболее абстрактных и поэтому наиболее простых наук; необходимо также рассматривать специальные объекты данной науки по возможности абстрактно и просто, без априорных предпосылок и без допущения каких-либо иных свойств данного объекта, кроме тех, которые допускает сама заинтересованная наука. Отсюда вытекают два преимущества: принципы приобретают наибольшую ясность, к какой только они способны, и

сводятся к наименьшему количеству. Благодаря этому они выигрывают в смысле всеобщности, так как область

[345/541]

каждой науки строго ограничена, и принципы ее тем плодотворнее, чем их меньше.

Часть изложенной нами программы уже давно и с успехом стараются применить в математике: алгебру применяют к геометрии, геометрию к механике, и каждую из этих трех дисциплин ко всем остальным дисциплинам, для которых они являются основой и фундаментом. Зато не слишком стремились к тому, чтобы свести принципы этих дисциплин к наименьшему количеству и придать им необходимую полную ясность. По моему мнению, в этом отношении больше других обездолена механика: поэтому большинство ее принципов, иногда неясных по существу, иногда неясно сформулированных и доказанных, давало повод к ряду щекотливых вопросов. До сих пор вообще старались скорее расширить здание, чем освещать его вход, а прежде всего при постройке здания не озаботились устройством для него достаточно устойчивого основания.

В настоящем труде я поставил себе задачу достигнуть двойной цели: расширить границы механики и создать к ней удобный подход, причем я, в известной мере, стараюсь достигнуть одного с помощью другого, т.е. я стремлюсь не только выводить принципы механики из наиболее ясных понятий, но и давать этим принципам новое применение; вместе с тем я доказываю ненужность целого ряда принципов, которые до сих пор применялись в механике, и выявляю, насколько выгодно для успеха науки объединение остальных принципов. Одним словом, сокращая число принципов, я хочу придать им более широкую применимость. Таковы были мои намерения при составлении трактата, который я теперь предназначаю на суд общества. Для того чтобы ознакомить читателя с теми средствами, с помощью которых я старался их осуществить, будет, может быть, нелишним высказать несколько критических суждений о той науке, за разработку которой я принимаюсь.

Первым и главным объектом механики являются движение и сто общие свойства; механика предполагает существование движения, и мы также будем предполагать его допущенным я признанным всеми физиками. Зато, поскольку вопрос касается природы движения, мнения философов расходятся довольно сильно. Наиболее естественно, конечно, понимать под движением последовательное появление движущегося тела в

различных частях того неопределенного пространства, которое мы считаем местом пребывания тел. Но эта концепция предполагает пространство, части которого пронцаемы и неподвижны; всем известно однако, что последователи Декарта (секта, почти исчезнувшая в настоящее время) не признают пространства, отдельного от тел, и что они считают пространственную протяжен-

[345/542]

ность и материю одним и тем же. Нужно признать, что, исходя из такого принципа, постичь движение чрезвычайно трудно и что для последователя Декарта удобнее просто отрицать существование движения, нежели пытаться определить его природу. Хотя мнение этих философов и нежели нам нелепым, а метафизические принципы, на которые они хотят опереться, — неясными и неточными, мы не будем опровергать их здесь. Мы ограничимся только тем замечанием, что для того, чтобы создать себе ясное представление о движении, необходимо молчаливое допущение двух видов протяженности: один мы рассматриваем как непронцаемый и он составляет то, что в сущности называют телом; другой, который мы рассматриваем просто как чистое протяжение, не задаваясь вопросом, пронцаемо оно или нет, будет мерилом расстояния одного тела от другого, причем части его мыслятся как всегда неподвижные и позволяющие оценивать покой и движение тел. Поэтому мы считаем всегда допустимым рассматривать неопределенное пространство, как действительное и мысленно представляемое место пребывания тел, а движение — как переход движущегося тела с одного места на другое.

Исследование движения часто относят к области чистой геометрии; так, например, прямые и кривые линии иногда представляют себе возникшими благодаря непрерывному движению точки, поверхности — благодаря движению кривой, объемы — благодаря движению поверхности. Но между механикой и геометрией существует то различие, что для геометрии возникновение фигур из движения мыслится совершенно произвольным и является просто изящной формой представления, причем геометрию занимает в движении только пройденное пространство, тогда как механика учитывает и время, которое потребовалось для прохождения его.

Нельзя сравнивать две вещи, совершенно различные по своей природе, т.е. пространство и время, но можно сравнивать отношение друг к другу частиц времени с отношением друг к другу частиц пройденного

пространства. Время, по самой своей природе, течет равномерно, и механика предполагает эту равномерность. Не зная самой сущности времени и не имея точного мерил для него, мы не можем яснее представить себе взаимного соотношения его частей, чем из сравнения с взаимным соотношением между частями какой-либо прямой линии. Но связь между отношением частей прямой линии и между отношением частей пространства, пройденного телом при каком-либо движении, всегда можно выразить уравнением. Поэтому можно представить себе кривую, абсциссы которой представляют промежутки времени, истекшие с начала движения, а соответству-

[346/543]

ющие ординаты – пройденные за это время пространства. Уравнение этой кривой выразит не отношение между промежутками времени и участками пространства, но, если можно так выразиться, соотношение между отношением частей времени к единице времени и отношением частей пройденного пространства к соответствующей единице. Уравнение кривой можно рассматривать либо как выражение отношения ординат к абсциссам, либо как уравнение между отношением ординат к их единице и отношением соответствующих абсцисс к той единице, которой они измеряются.

Поэтому совершенно ясно, что с помощью одной только геометрии и вычислений и не прибегая ни к каким другим принципам, можно определить общие свойства движения, совершающегося по определенному закону. Но почему движение тела подчиняется тому или иному особому закону? На этот вопрос одна геометрия ответить не может, и вопрос этот является первой проблемой, непосредственно относящейся к области механики.

Прежде всего мы видим очень отчетливо, что тело не может само придать себе никакого движения; из состояния покоя оно может быть выведено только действием какой-либо внешней причины. Но может ли тело самостоятельно двигаться дальше, или для его движения требуется повторное воздействие причины движения? К какому бы мнению мы в этом отношении ни склонялись, всегда останется неоспоримым, что раз мы допустили существование движения без привлечения какой-либо другой специальной гипотезы, простейшим законом, которому может подчиняться движущаяся частица при своем движении, является закон равномерности; поэтому движение и должно ему следовать, как будет подробно

изложено в главе I настоящего трактата. Движение, стало быть, по своей природе, равномерно. Я охотно допускаю, что те доказательства, которые до сих пор приводились для этого принципа, не очень убедительны. Из моего труда усматриваются те трудности, на которые наталкиваются вышеупомянутые доказательства, и вырисовывается тот путь, по которому я шел, чтобы избежать этих затруднений. Положение, что равномерность является законом, присущим движению как таковому, дает, по моему мнению, одно из наилучших обоснований, на которое можно опереться при измерении времени равномерным движением. Поэтому я считал возможным не вдаваться в этом вопросе в детали, хотя, по существу, настоящие рассуждения могут казаться несколько чуждыми механике.

Когда установлено понятие *инерции*, т.е. свойство тел пребывать в состоянии покоя или движения, то ясно, что движение, которое, по крайней мере, в начале своего существования требует

[347/544]

причины, не может ускоряться или замедляться иначе, как под действием внешней причины. Каковы причины, могущие вызвать или изменить движение тела? Мы знаем только два вида таких причин. Одни выявляются одновременно с действием, которое они вызывают к.н.и, вернее, для которого они дают повод, — это те причины, которые возникают из видимого взаимодействия тел и из их непроницаемости. Они ограничиваются ударом (*impulsion*) и некоторыми другими вытекающими из него действиями. Все другие причины познаются только по их действию, и о природе их мы не имеем никакого представления. Такова, например, причина, которая вызывает падение тяжелых тел в направлении к центру земли, причина, удерживающая планеты на их орбитах, и т.д.

Мы скоро увидим, как можно определить действие удара и связанных с ним причин, причем мы будем придерживаться только причин второго рода. Ясно, что когда вопрос касается действия этого рода причин, действие всегда должно быть дано независимо от того, познаваема причина или нет, так как вывести из нее действие мы не можем. Так, например, мы знаем из опыта, — хотя причина тяготения нам и неизвестна, — что путь, пройденный падающим телом, пропорционален квадрату времени. Относительно неравномерных движений, причины которых неизвестны, очевидно, что действие, вызванное причиной за какой-либо конечный период времени или мгновенно, всегда должно быть выражено уравнением зависимости между временем и пройденным путем. Если это действие

известно и если принять принцип инерция, то для исследования свойств движения этого рода достаточно геометрии и простого вычисления. Мы вполне можем обойтись без того принципа, которым в настоящее время пользуются повсеместно и который гласит, что ускоряющая или замедляющая сила пропорциональна элементу скорости; этот принцип опирается только на неопределенную и неясную аксиому, что действие пропорционально причине. Мы не будем исследовать, является ли этот принцип обязательной истиной, но только признаемся, что доказательства, приводившиеся до сих пор, не кажутся нам очень убедительными. Мы также не примем этого принципа в качестве чисто опытного постулата, как это делают некоторые геометры, так как это нарушило бы достоверность механики и низвело бы ее на степень чисто экспериментальной науки. Мы ограничимся только тем замечанием, что этот принцип, независимо от того, верен он или сомнителен, ясен или неясен, для механики бесполезен а стало быть, подлежит исключению.

Мы до сих пор упоминали только об изменении, которое вызывается в скорости движимой частицы причинами, способными

[348/545]

изменить ее движение. Мы еще не исследовали, что должно произойти, если причина движения тела будет стремиться передвигать его а направлении, отличном от направления, которым данное тело уже обладает. Все, чему учит в данном случае принцип инерции, сводится к тому, что движущаяся частица может теперь стремиться лишь к списыванию прямой линии, и притом равномерно. Но это не позволяет узнать ни его скорости ни его направления. Поэтому мы вынуждены прибегать ко второму принципу, который называют принципом сложения движений и с помощью которого можно определить единственно возможное движение тела, стремящегося одновременно передвигаться в различных направлениях с заданными скоростями. В настоящем трактате приводятся новые доказательства этого принципа, причем я старался избежать всех тех затруднений, с которыми связаны доказательства, обычно приводимые в подтверждение этого принципа. При своих выводах я старался обходиться без большого количества сложных предпосылок, так как данный принцип, являющийся в механике одним из главных, необходимо должен опираться на возможно простые и удобопонятные доказательства.

Так же, как можно рассматривать движение тела, изменяющего свое направление, как составленное из его прежнего движения и

добавленного к нему нового, так можно рассматривать и прежнее движение тела как составленное из нового, приобретенного движения и некоего другого — потерянного. Отсюда следует, что законы движения, измененного под действием каких-либо препятствий, зависят исключительно от законов движения, уничтоженного препятствиями. Очевидно, достаточно разложить то движение, которым тело обладало до встречи с препятствием, на два других движения такого рода, чтобы препятствие не мешало одному из них, но уничтожало бы другое. Из этого можно вывести не только законы движения, измененного под действием непреодолимых препятствий, — единственные законы, которые до сих пор выведены с помощью этого метода, — но можно определять также, в каких случаях движение уничтожается этими же препятствиями. Что касается законов движения, измененного под действием препятствий, не являющихся по существу непреодолимыми, то ясно, что вообще для определения этих законов достаточно точного знакомства с законами равновесия.

Каков общий закон равновесия тел? Все математики согласны в том, что два тела с противоположным направлением движения будут в равновесии, если их массы обратно пропорциональны скоростям, с которыми они стремятся двигаться. Но вероятно трудно привести для этого закона строгое доказательство,

[349]

лишенное всяких неясностей; поэтому большинство математиков предпочитает принимать этот закон за аксиому, вместо того, чтобы стараться доказать его правильности. При более внимательном рассмотрении мы убеждаемся, что существует только один единственный случай, в котором равновесие выявляется ясно и отчетливо: но тот случай, когда массы обоих тел равны, а скорости равны и противоположны. Единственным путем, которым, по моему мнению, можно идти при доказательстве принципа равновесия в других случаях, является приведение этих случаев к указанному первому, простейшему и вполне ясному случаю. По этому пути старался идти и я. Пусть читатель судит, насколько мне это удалось.

Принцип равновесия вместе с принципом инерции и с принципом сложения движений позволяют, таким образом, разрешать все проблемы, касающиеся движения тела и вопроса, каким образом это движение изменяется под действием непроницаемого и подвижного препятствия, т.е., вообще говоря, другого тела, которому первое тело необходимо должно сообщить часть своего движения, чтобы сохранить себе, по крайней мере, остающуюся часть. Из комбинации этих трех принципов можно

легко вывести законы движения тел, так или иначе сталкивающихся или воздействующих друг на друга посредством включения промежуточного тела, с которым они каким-нибудь образом связаны.

Если принципы инерции, сложения движения и равновесия различны по существу, как это нельзя не признать, и, если, с другой стороны для механики достаточно этих трех принципов, то таким образом указанная наука сведена к возможному минимуму принципов можно построить на этих трех принципах, как я попытался сделать в настоящем трактате.

Что касается доказательства самих чтиц принципов, то я старался, чтобы придать им ту полную ясность и простоту, какая, по моему мнению, для них возможна, - выводить их исключительно из исследования движения, рассматривая последнее по возможности просто и понятно. То, что мы действительно отчетливо познаем при движении тела, это тот факт, что оно пробегает определенный путь и требует для этого определенно-го времени. Все принципы механики нужно выводить из этой одной идеи, если хотя их выводить ясно и точно. Нельзя поэтому удивляться, что исходя из этих соображений, я отказался от рассмотрения причин движения, чтобы исключительно занятая рассмотрением вызванного движения, и что я совершенно исключил силы, присущие телу при его движении, т.е. неясные понятия из области метафизики, которые способны только затемнять науку, ясную по существу.

[350/547]

По этой причине я не счел необходимым вдаваться в знаменитый вопрос о *живых силах*. Из-за этого вопроса математики уже скоро тридцать лет, делятся на два лагеря, споря о том, пропорциональна ли сила тел, находящихся в движении, произведению из массы на скорость или же произведению из массы на квадрат скорости, т.е. обладает ли тело с удвоенной массой и утроенной скоростью по сравнению с другим телом силой, большей в 18, или только в 6 раз. Несмотря на те опоры, которые вызвал этот вопрос, я совершенно не упоминал о нем в настоящем труде на том основании, что для механики он совершенно бесполезен. Тем не менее я не считал себя вправе совершенно обойти молчанием такую идею, которой Лейбниц гордился как большим открытием, которую великий Бернулли углубил так остроумно и удачно¹⁵⁹, которую Мак Лорен

¹⁵⁹ См. трактат о законах сообщения движения, который в 1726 г. получил похвальный отзыв Академии, тогда как премия была присуждена патеру Мазьер. *Прим. автора.*

всеми силами пытался опровергнуть и к которой, наконец, благодаря большому числу работ знаменитых математиков было привлечено внимание широкой публики. Поэтому я считало уместным, не утомля читателя подробностями всех дискуссий по этому вопросу, в самом сжатом виде изложить те принципы, которые могут способствовать его решению.

Когда говорят о силе тела, находящегося в движении, то с этим словом либо не связывают никакого отчетливого представления, либо подразумевают под силой только то общее свойство движущегося тела, что оно способно преодолевать или противодействовать встречающимся ему препятствиям. Поэтому силу нельзя измерять ни непосредственно длиной пути, равномерно пройденного телом, ни затраченным на это временем, ни простым, единственным и абстрактным рассмотрением массы и скорости, но исключительно и единственно теми препятствиями, которые встречает тело, и сопротивлением, которое эти препятствия оказывают. Чем сильнее препятствие, которое тело может преодолеть или которому оно может сопротивляться, тем большей можно признать его *силу*; при этом нельзя, конечно, подразумевать под этим словом некую сущность, пребывающую в теле, но следует пользоваться этим словом только как сокращением для обозначения факта, как, например, когда говорят, что тело обладает вдвое большей *скоростью*, чем другое тело, вместо того чтобы говорить: оно пробегает за одинаковое время удвоенное пространство; при этом слово *скорость* вовсе не обозначает какой-либо неотъемлемо свойственной телу сущности.

Если согласиться с изложенным выше, то станет ясно, что

[351/548]

движению тела можно противопоставить, три рода препятствий: непреодолимые препятствия, которые совершенно уничтожают движение, каково бы оно ни было, препятствия, оказывающие ровно столько сопротивления, сколько необходимо, чтобы уничтожить движение тела и уничтожающие его в один момент, — это случай равновесия; наконец, препятствия, уничтожающие движение постепенно, — это случай замедленного движения. Так как непреодолимые препятствия одинаково уничтожают все виды движения, то для измерения силы они служить не могут. Поэтому измерителем силы может служить только способность удерживать равновесие или замедлять движение. Конечно, не может быть спора о том, что между двумя телами существует равновесие, пока произведения их масс на их виртуальные скорости, т.е. те скорости, с которыми

они стремятся двигаться, равны. Поэтому в случае равновесия произведение массы на скорость или количество движения, что одно и то же, выражает силу. Каждый согласится с тем, что при замедленном движении число преодоленных препятствий пропорционально квадрату скорости, так что, например, тело, которое при известной скорости зажимало одну пружину, при удвоенной скорости, сможет зажать одновременно или последовательно, не две, а четыре пружины, равные первой, при утроенной скорости — девять пружин и т.д. Отсюда приверженцы живой силы заключают, что сила тел, находящихся в движении, вообще пропорциональна произведению массы на квадрат скорости. В сущности не будет особенного вреда, если мера сил для состояния равновесия я для замедленного движения будет неодинакова, так как, базируясь на совершенно ясных идеях, под словом *сила* можно подразумевать только действие, заключающееся в преодолении препятствия, или в сопротивлении, оказанном этим препятствием. Можно, однако согласиться с мнением тех, которые рассматривают силу как произведение массы на скорость, не только в случае равновесия, но и в случае замедленного движения, если измерять в этом последнем случае силу не абсолютной величиной препятствий, но суммой сопротивлений, оказываемых этими препятствиями. Ибо нельзя сомневаться, что эта сумма сопротивлений пропорциональна количеству движения, так как все согласны, что количество движения, которое тело теряет в каждый отдельный момент, пропорционально произведению сопротивления на бесконечно малый период времени, а сумма этих . произведений, очевидно, выражает полное сопротивление. Весь вопрос сводится к тому, следует ли измерять силу абсолютной величиной препятствий или суммой этих препятствий. Мне кажется более естественным измерять силу последним из указанных способов; ибо препятствие остается препятствием, только пока оно оказывает

[352/549]

сопротивление, и сумма сопротивлений правильно выражает преодоленное препятствие. Кроме того при таком способе намерения силы создается то преимущество, что мы получаем общую меру для состояния равновесия и для замедленного движения. Со всем тем я полагаю, что так как мы связываем со словом *сила* точную и отчетливую идею только тогда, когда мы определяем этим термином одно только действие, то следовало бы предоставить каждому решать этот вопрос по своему благоусмотрению. Ибо он вообще сводится к несущественной метафизической

дискуссии или к спору о значении слова, заниматься которым совершенно недостойно философов.

Все вышесказанное достаточно для того, чтобы дать это почувствовать нашим читателям. Но очень естественное соображение окончательно убедит их в этом.

Пусть некоторое тело обладает простым стремлением двигаться с некоторой скоростью, стремлением, задерживаемым каким-нибудь препятствием; пусть оно действительно и равномерно движется с этой скоростью; пусть, наконец, оно начинает двигаться с этой же скоростью, понемногу расходуемой и уничтожаемой по какой-либо причине; во всех этих случаях действия, произведенные телом, различны, но тело, рассматриваемое само по себе, ничем не различно в одном и другом случае; только действие причины, производящей эффект, приложено иначе.

В первом случае этот эффект сводится к простому стремлению, не имеющему в сущности точного мерил, так как результатом его не является никакое движение; во втором — эффектом является пространство, пройденное за данное время, и этот эффект пропорционален скорости; в третьем — эффектом является пространство, пройденное до полного исчезновения движения, а этот эффект соответствует квадрату скорости. Однако эти различные эффекты, очевидно, произведены одной и той же причиной; стало быть, сказав, что сила соответствует то скорости, то ее квадрату, не могли подразумевать ничего кроме ее эффекта, когда они выражались таким образом. Это различие эффектов, происходящих все от одной и той же причины, может служить, заметим мимоходом, для того, чтобы показать недостаточную правильность и точность столь часто применяемой мнимой аксиомы о пропорциональности причин и их эффектов.

Наконец, даже те, которые не смогут подняться до метафизических принципов вопроса о живых силах, легко обнаружат, что он является только спором о словах, если примут во внимание, что обе партии к тому же вполне согласны по вопросу об основных признаках равновесия и движения. Если предложить одну и ту же задачу по механике двум математикам, из которых

[353/550]

один — противник, а другой — сторонник живых сил, то их решения, если они правильны, всегда вполне сойдутся; итак, вопрос о мериле сил совершенно бесполезен в механике и даже не имеет никакого реального объекта. Несомненно, он и не породил бы такого количества томов, если

бы больше старались различить, что га нем содержится ясного и что неясного. Если бы брались за дело таким образом, то для решения вопроса понадобилось бы лишь несколько строк; но, кажется, большинство трактовавших этот предмет опасались трактовать его кратко.

Сделанное нами приведение всех законов механики к трем — закону силы инерции, закону сложного движения и закону равновесия — может послужить к разрешению большой метафизической проблемы, предложенной недавно одной из наиболее знаменитых академий Европы: *являются ли законы статики и механики истинами необходимыми или случайными?*

Чтобы сосредоточить наши мысли на этом вопросе, ему нужно сперва придать тот единственный разумный смысл, какой он может иметь. Дело идет не о выяснении того, мог ли творец природы предписать ей иные законы, чем наблюдаемые нами; если предположить наличие разумного существа, способного воздействовать на материю, то очевидно, что существо это может в любой момент приводить в движение и останавливать ее но своей силе и по законам или единообразным, или различным для каждого момента и для каждой частицы материи; постоянный опыт движений нашего тела достаточно доказывает нам, что материя, подчиненная воле мыслящего начала, может отклоняться в своих движениях от тех, которые она имела бы в действительности, будучи предоставлена сама себе. Предложенный вопрос сводится к выяснению того, отличаются ли законы равновесия и движения, наблюдаемые в природе, от тех, которым следовала бы материя, предоставленная самой себе. Разовьем эту мысль. Совершенно очевидно, что если ограничиться предположением существования материи и движения, то из этого двойного существования необходимо следуют некоторые явления; тело, приведенное в движение некоторой причиной, должно остановиться через некоторое время или продолжать всегда двигаться; тело, стремящееся двигаться одновременно по двум сторонам параллелограмма, непременно опишет диагональ его или какую-нибудь другую кривую; если несколько движущихся тел встречаются и сталкиваются, то вследствие их взаимной непроницаемости должно произойти некоторое изменение в состоянии всех этих тел или, по меньшей мере, нескольких из них. Итак, из различных возможных явлений, в отношении ли движения одного отдельного тела или нескольких взаимодействующие, одно неизбежно должно иметь место вследствие одного толь

[354/551]

ко существования материи и предположения об отсутствии всякого другого начала, могущего исказить явление или изменить его.

Итак, вот путь, по которому должен следовать философ, чтобы разрешить вопрос, о котором идет речь. Сперва он должен стараться обнаружить рассуждением, каковы были бы законы статики и механики для материи, предоставленной самой себе; затем он должен исследовать опытом, каковы эти законы во вселенной; если первые отличны от вторых, то он заключит, что законы статики и механики а том виде, как их дает опыт, суть истины случайные, поскольку они являются следствием особенной и определенной воли высшего существа; если, напротив, законы, выведенные из опыта, совпадают с таковыми, полученными исключительно путем рассуждения, то он заключит, что наблюдаемые законы суть истины необходимые, — не в том смысле, что творец не мог установить совершенно других законов, но в том смысле, что он не счел уместным установить какие-либо кроме тех, что следуют из самого существования материи.

Нам кажется, что в этом сочинении мы показали, что тело, Предоставленное самому себе, должно вечно находиться в состоянии своего покоя или равномерного движения; нам кажется, что мы также показали, что если тело стремится двигаться одновременно по двум сторонам какого-нибудь параллелограмма, то диагональ его есть то направление, которое оно должно принять само по себе, и, так сказать, выбрать из всех других. Мы показали наконец, что все законы передачи движения между телами сводятся к законам равновесия и что законы равновесия сами сводятся к таковым для двух равных тел, обладающих равными и противоположными возможными скоростями. В этом последнем случае скорости обоих тел, очевидно, уничтожат одна другую, и геометрическим следствием явится опять обязательно равновесие, когда массы будут находиться в отношении, обратном скоростям; остается только узнать, будет ли случай равновесия единственным, т. е. если массы не будут находиться в отношении, обратном скоростям, то одно из тел непременно приведет второе в движение. Но легко понять, что при наличии одного возможного и необходимого случая равновесия другие не могут иметь места: без этого законы соударения тел, приводящиеся необходимо к законам равновесия, становятся неопределенными; этого не может быть, ибо при столкновении одного тела с другим следует непременно единственный результат

— необходимое следствие существования и непроницаемости этих тел. Можно, впрочем, показать единство закона равновесия другим рассуждением, слишком математическим, для того чтобы его можно было развить в этом предисловии, ко которому я поста-

[355/552]

рался сделать понятным в моем сочинении, к которому я и отсылаю читателя¹⁶⁰.

Из всех этих соображений следует, что законы статики и механики, изложенные в этой книге, суть те, что вытекают из существования материи и движения. Опыт же показывает нам, что эти законы наблюдаются, действительно, в окружающих нас телах. Значит, законы равновесия и движения, в том виде, в каком наблюдение нам их представляет, суть истины необходимые. Метафизик быть может удовольствовался бы доказательствам этого, говоря, что мудрость создателя и простота его намерений не установила других законов равновесия и движения, кроме следующих из самого существования тел и их взаимной непроницаемости; но мы сочли себя обязанными воздержаться от этого способа рассуждения, так как нам показалось, что он держится на слишком неопределенном принципе; природа и высшее существо слишком скрыты от нас, чтобы мы могли прямо знать, что соответствует или не соответствует намерениям их мудрости; мы можем лишь подмечать проявления этой мудрости, наблюдая законы природы, когда математическое рассуждение покажет нам простоту этих законов, а опыт — их применение и распространение.

Мне кажется, это рассуждение может помочь нам оценить доказательства, которые давали законам движения многие философы, согласно принципу конечных причин, то есть, согласно намерениям, которые творец природы должен был иметь в виду, устанавливая эти законы. Подобные доказательства не могут иметь силы, если они не следуют и не поддерживаются прямыми доказательствами, заимствованными из более доступных нам принципов; иначе, они часто введут нас в заблуждение. Именно следуя по этому пути, поверив в то, что мудрость создателя сохраняет всегда одно и то же количество движения во вселенной, Декарт ошибся относительно законов удара. Те, кто будут ему подражать,

¹⁶⁰ См. пункт 46 в конце третьего случая и пункт 47. Превосходные рассуждения по тому же вопросу можно найти в *Mémoires de l'Académie des Sciences* за 1769, стр. 285 и след. *Прим. автора.*

подвергаются опасности ошибиться, как он, или представить как общий принцип то, что имеет место лишь в некоторых случаях, или, наконец, счесть первоначальным законом природы чисто математическое совпадение нескольких формул.

Теперь, когда я дал читателю общее представление о задаче, которую я поставил себе в настоящем труде, мне остается только сказать несколько слов о форме, которой я счел нужным придерживаться. В первой части я старался по возможности при-

[356/553]

способлять принципы механики к пониманию начинающего: тем не менее, излагая теорию неравномерных движений, я не мог обойтись без дифференциального исчисления, так как к этому вынуждал меня самый характер темы. Я старался в этой первой части уместить большое количество вопросов в самое тесное пространство, и если я не вникал во все те подробности, на которые наталкивала меня тема, то я его делал только потому, что хотел ограничиться изложением и развитием основных принципов механики; я старался давать в этом труде только самое новое и не считал нужным увеличивать его размеры включением непомерно большого количества специальных задач, которые легко можно найти в другом месте.

Вторая часть, в которой я задался целью исследовать законы движения тел, оказывающих взаимодействие друг на друга, является главной частью трактата. Поэтому я и назвал свою книгу «Трактатом о динамике». Это название, обозначающее науку о силах или о причинах движения, может, на первый взгляд, показаться неподходящим для моего труда, так как я понимаю механику скорее как науку о действиях, чем как науку о причинах. Но так как среди современных ученых термин *динамика* стал общепотребительным для обозначения науки о движении тел, так или иначе воздействующих друг на друга, то я решил придерживаться именно этого названия; из этого названия моего трактата математики усмотрят, что я в основном задался целью расширить к обогатить названную область механики. Эта область настолько же интересна, насколько трудна. Проблемы, возникающие в ней, образуют очень обширную группу, и самые крупные математики последних лет преимущественно обрабатывали именно эту область; однако до сих пор разрешена только очень небольшая часть проблем и простом лишь для специальных случаев. Большинство решений, которые нам были даны, опираются кроме того на принципы, которые еще никем не доказаны, в общем виде, так, например, на принцип сохранения

живых сил. Поэтому я в этой области считал необходимым придерживаться особой подробности изложения, чтобы доказать, что все вопросы динамики разрешим одним и тем же простым и непосредственным методом, сводящимся к соединению принципов, упомянутых выше, т.е. принципов равновесия а сложных движений. Я показываю применение этого метода на небольшом количестве избранных проблем, из которых одни уже известны, другие — совершенно новы, а третьи — неправильно разрешены очень крупными математиками.

Задачу можно разрешить изящно, если пользоваться принципами только непосредственно и в минимальном количестве, и поэтому читатель не должен удивляться, если мои решения, ко—

[357/554]

торым я старался придать возможное единообразие, иногда оказались длиннее, чем если бы я пользовался для своих выводов косвенными принципами. Так как мне кроме того пришлось бы приводить доказательства и для этих последних, то краткость изложения, которую они мне дали бы, была бы неизбежно снова потеряна. Самая главная часть моей книги превратилась бы в бесформенную груду проблем, едва ли достойную быть напечатанной, несмотря на разнообразие этих проблем и трудности, свойственные каждой из них в отдельности.

Так как вторая часть предназначается главным образом, для тех, кто уже знаком с дифференциальным и интегральным исчислением и освоился с принципами, изложенными в первой части, а также для лиц, уже привычных к разрешению обыкновенных, общеизвестных проблем механики, то — во избежание недоразумений — я замечу, что я часто пользовался неясным обозначением сила и некоторыми другими терминами, которыми обыкновенно пользуются при исследовании движения тел. Однако я никогда не присваивал этим выражениям другого значения кроме того, которое вытекает из настоящего предисловия или из принципов, изложенных в первой части моего трактата.

Наконец из того же принципа, который привел меня к разрешению всех проблем динамики, я вывожу некоторые свойства центра тяжести, из которых некоторые совершенно новы, а остальные доказывались до настоящего времени только очень поверхностно и неясно, и я заключаю свой труд доказательством

принципа, который обычно именуется положением о сохранении живых сил.

Тот прием, который публика оказала этому первому труду, когда он появился в 1743 г., побудил меня опубликовать в 1744 г. другой труд, в котором этим же методом трактуется обо всем, касающемся движения и равновесия жидкостей. Эта тонкая и деликатная тема не единственная, к которой я применил этот принцип; я весьма широко применял его в моих *Recherches sur la précession des équinoxes*, проблеме которой я первый дал решение, долго и безуспешно отыскиваемое весьма выдающимися математиками; в моем *Essai sur la résistance des fluides*, основанном на совершенно новой теории; в моих *Reflexione sur la cause des vents* для расчета колебаний, которые должно вызвать в нашей атмосфере действие солнца и луны и которое никто еще не взялся определить; наконец я осмеливаюсь сказать, что чем больше у меня было случаев применять изложенный и развитый а этой работе метод, тем больше и убеждался в простоте, общности и плодотворности этих методов.

[358/557]

АЛЬБЕРТ ЭЙШТЕЙН

МЕХАНИКА НЬЮТОНА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ¹⁶¹

В эти дни исполняется двести лет с того времени, как закрылись глаза Ньютона. Поэтому сейчас сильнее, чем когда-либо, ощущается потребность восстановить в памяти блестящий образ того, который как никто ни до, ни после него указал пути и наметил практические формы западного мышления и исследования. Он был не только гениальным творцом отдельных руководящих методов, но он, только ему одному свойственным образом, владел всем эмпирическим материалом; он был, кроме того, необыкновенно изобретателен в различных математических и физических *способах доказательства*. Поэтому он достоин глубочайшего уважения. Но этот образ приобретает еще большее значение и потому, что он самой судьбой поставлен на поворотном пункте духовного развития эпохи. Для того, чтобы видеть это особенно явственно, мы должны припомнить, что до Ньютона не существовало законченной системы

¹⁶¹ Статья Эйнштейна была напечатана в *Naturwissenschaften*, № 12 от 25 марта 1927 г. Русский перевод в «Под знаменем марксизма» — 1927 № 4, стр. 166—173.

«Под знаменем марксизма»—1927 №4 (Стр. 166—173)

Статья Эйнштейна была напечатана в *Naturwissenschaften*, № 12 от 25 марта 1927 г. *Прим. ред.*

физической причинности, которая была бы в состоянии отражать основные черты внешнего мира.

Уже великие греческие материалисты древности требовали, чтобы все происходящее в материальном мире было сведено к строго причинно обусловленным закономерностям движений атомов; живые существа и их воля но должны были выступать как самостоятельные причины.

Декарт в своеобразной формулировке также снова поставил эту цель, но она оставалась смелым желанием, проблематичным идеалом философской школы. Фактические достижения, кото—

[359/558]

рые могли бы обосновать веру в непрерывную физическую причинность, до Ньютона не существовали.

Цель Ньютона заключалась в ответе на вопрос: существует ли простой закон, на основании которого можно вычислить совершению точно движение небесных тел нашей планетной системы, если известны состояния движений всех этих тел в *один* данный момент времени? Эмпирические законы Кеплера, полученные им из наблюдений Тихо-Браге, уже существовали и требовали своего объяснения¹⁶².

Эти законы давали, правда, полный ответ на вопрос: как движутся планеты вокруг солнца (эллиптическая форма пути, равенство площадей, описанных радиусом-вектором в равные промежутки времени, соотношение между большими полуосями и временами обращения). Но эти правила не удовлетворяли потребности причинной зависимости.

Эти три закона суть три логически независимых друг от друга правила, лишенные всякой внутренней связи. Третий закон в его количественной формулировке не может быть перенесен безоговорочно на иное центральное тело, чем солнце (например, нет никакой зависимости между временем обращения планеты вокруг солнца и временем обращения луны вокруг своей планеты). Но самое важное это то, что эти законы относятся к движению как к целому и ничего не говорят о том, *как из состояния движения системы в данный момент может быть выведено*

¹⁶² Всякий знает теперь, какое колоссальное количество труда потребовалось для того, чтобы вывести эти законы из полученных эмпирическим путем орбит планет но немногие отдают себе отчет в тех гениальных методах, которыми Кеплер получил истинные орбиты из кажущихся, т.е. из направлений, наблюдающихся с земли. *Прим. автора.*

непосредственно за ним следующее. Это, сказали бы мы теперь, законы интегральные, а не дифференциальные.

Дифференциальный закон есть величайший духовный подвиг Ньютона. Нужна была, однако, не только сама мысль о законе, но также и формальный математический аппарат, который хотя и существовал в отдельных частях, но которому надо было придать систематическую форму. Ее-то и нашел Ньютон в дифференциальном и интегральном исчислениях. Мы оставляем совершенно в стороне вопрос о том, пришел ли Лейбниц независимо от Ньютона к тем же самым математическим методам или нет. Во всяком случае развитие их было для Ньютона необходимостью, так как только в них он нашел надлежащий способ выражения для своих мыслей.

Уже Галилей положил начало познанию законов движения. Он нашел закон инерции и закон свободного падения в поле земного тяготения в следующих формулировках: Масса (точнее,

[360/559]

материальная точка), на которую не действуют никакие другие массы, движется прямолинейно и равномерно. Вертикальная слагающая скорости свободно падающего тела в поле тяготения равномерно возрастает со временем.

Сейчас нам может показаться, что только небольшой шаг отделяет то, что было известно Галилею, от законов движения, сформулированных Ньютоном. Но надо иметь в виду, что оба высказывания Галилея по своей форме относятся к движению, как к целому, в то время как законы движения Ньютона дают ответ на следующий вопрос: как изменяется состояние движения материальной точки под действием внешней силы в *бесконечно малый промежуток времени*.

Только переходя ж рассмотрению явлений в бесконечно малый промежуток времени (дифференциальный закон), Ньютону удастся получить такую формулировку, которая может быть применена к любому движению.

Понятие силы Ньютон заимствует из статики, достаточно высоко развитой ж этому времени.

Установление связи между силой и ускорением становится возможным благодаря введению нового понятия массы, которое, однако, — что весьма замечательно, — подкрепляется только мнимым определением.

В настоящее время мы так привыкли ж построению понятий, соответствующих производным от функций, выражающих различного рода

зависимости, что нам даже трудно представить, какая громадная способность к абстракции нужна 'была для того, чтобы посредством двойного перехода к пределу придти к формулировке в общей форме дифференциального закона движения, и к тому же найти определение для понятия массы.

Но установлением этого закона далеко еще не была установлена причинная концепция явлений движения. В самом деле, посредством уравнения движения оно было определено лишь тогда, когда была дана сила.

Ньютон, исходя из движения планет, пришел к мысли, что сила, действующая на какую-либо массу, определяется положением всех других масс, находящихся от нее на достаточно малом расстоянии.

Только после того как была познана эта зависимость, была получена полная причинная концепция явлений движения.

Всем известно, каким образом Ньютон, исходя из законов движения планет, установленных Кеплером, разрешил задачу тяготения и тем самым нашел сущность силы, действующей на небесные тела и природу тяжести.

Но только совокупность:

(законы движения) + (законы притяжения)

[361/561]

делать попытки свести электромагнитное поле и его динамические взаимодействия к механическим явлениям в непрерывном распространении гипотетических массах.

Но под влиянием бесплодности или, во всяком случае, чрезвычайно малой плодотворности всех этих попыток к концу XIX в. совершился постепенно полный переворот в основных теоретических воззрениях; теоретическая физика выросла из рамок ньютоновской механики, идеи которой на протяжении двух столетий были руководящими идеями физики.

Основные принципы, установленные Ньютоном, были настолько удовлетворительны с логической точки зрения, что импульс внесения чего-то нового должен был придти из накопившихся опытных данных. Прежде чем перейти к дальнейшему изложению, я должен отметить, что сам Ньютон отдавал себе отчет в слабых сторонах построенной им системы гораздо лучше, чем последующие поколения ученых.

Это обстоятельство всегда возбуждало во мне чувство особого удивления и преклонения, и поэтому я хочу несколько подробнее на нем остановиться.

Хотя Ньютон старается всегда построить свою систему понятий, основываясь на опыте, и старается вводить как можно меньше понятий, не находящихся в прямом отношении к данным в опыте предметам, все же он устанавливает понятие абсолютного пространства и абсолютного времени.

За это его часто упрекали в наше время. Но как раз в этом пункте Ньютон наиболее последователен. Он ясно понимал, что наблюдаемые геометрические величины (расстояние двух материальных точек друг от друга) и их изменение во времени не могут вполне характеризовать движение в физическом смысле. Это положение он доказывает знаменитым опытом с вращающимся ведром¹⁶³.

Кроме масс и расстояния между ними, изменяющегося со временем, существует еще нечто, что имеет определяющее значение для всего совершающегося. Это «нечто» Ньютон определяет как отношение к «абсолютному пространству». Он понимал, что пространство должно обладать некоторой физической реальностью, если мы хотим, чтобы законы совершающегося в нем движения имели смысл. Реальность -пространства должна быть того же характера, что и реальность материальных точек и их расстояний друг от друга.

[362/562]

Ясное понимание этого обстоятельства показывает одновременно мудрость Ньютона и слабую сторону его теории.

В самом деле, логическое построение последней было бы гораздо более удовлетворительным, если бы не было введено это призрачное понятие. В этом случае во все законы входили бы понятия предметов (материальные точки, расстояние), отношение которых к восприятию было бы вполне ясно.

1. Введение сил дальнодействия, передающихся мгновенно без участия промежуточной среды, для представления действия притяжения совершенно не отвечает характеру большинства явлений, знакомых нам из повседневного опыта. Ньютон понимает, какие сомнения может возбудить введение этих сил, и указывает на то, что

¹⁶³ Опыт с ведром был проделан Ньютоном для того, чтобы доказать на опыте различие между абсолютным и относительным движением. Этим опытом, по его мнению, могло быть доказано абсолютное вращательное движение земли. С.м. приведенный выше отрывок из «Математических начал», стр. 437 и след. *Прим. ред.*

его закон взаимного тяготения ни в коем случае не должен рассматриваться как последнее объяснение, а представляет собой лишь правило, выведенное из опыта.

2. Учение Ньютона не дает никакого объяснения чрезвычайно замечательному факту, что вес и инерция тела определяются одной и той же величиной (массой). Но уже Ньютону этот факт казался чрезвычайно поразительным. Конечно, ни один из этих трех пунктов не может считаться логическим возражением против теории. Они выражают в известном смысле лишь стремление научной мысли к единому и проникающему до конца охвату всех явлений природы.

Первую брешь в учении Ньютона о движении, рассматриваемом как программа для всей теоретической физики, пробила теория электричества Максвелла. Выяснилось, что электрическое и магнитное взаимодействие между телами происходит не посредством мгновенно действующих сил дальнего действия, но обусловлено явлениями, распространяющимися с конечно, скоростью в пространстве. Согласно концепции Фарадея, наряду с материальной точкой и ее движением, нужно было поставить новый род физической реальности, именно «поле». В соответствии с господствующими в то время механическими представлениями поле старались представить как механическое состояние (состояние движения или направления) некоторой гипотетической среды (эфира), наполняющей пространство, но так как, несмотря на многочисленные упорные попытки, такое механическое истолкование не удавалось, то понемногу привыкли считать «электромагнитное поле» последней не сводимой ни к чему другому основой физической реальности.

Г. Герцу мы обязаны сознательным отделением понятия поля от всего, что связано с механическими представлениями, а Г. А. Лоренцу отделением понятия поля от материального носителя. Согласно взглядам последнего, носителем поля является физически пухло г. пространство (или эфир), которому, уже в меха-

[363/563]

нике Ньютона были свойственны некоторые физические функции. Когда это развитие понятия поля было закончено, никто уже больше не думал о непосредственном, мгновенно передающемся действии на расстоянии также и в области тяготения, хотя вследствие недостаточного знания фактов разработка явлений тяготения с этой точки зрения еще не была однозначно выполнена. После того как была оставлена гипотеза Ньютона

о силах дальнего действия, развитие теории электромагнитного поля привело попытке электромагнитного истолкования законов движения Ньютона, а именно замене их более точными законами движения, основанными на теории поля. Если пока эти попытки не увенчались полным успехом, то во всяком случае основные понятия механики перестали рассматривать как последние кирпичи физической картины мира. Теория Максвелла-Лоренца с необходимостью привела к специальной теории относительности, которая, уничтожив понятие об абсолютной одновременности, сделала невозможным существование сил дальнего действия. Согласно этой теории масса уже не была неизменной, а зависела от количества энергии (и даже совпадала по величине с ней). Далее специальная теория относительности показала, что закон движения Ньютона действителен как предельный случай для малых скоростей; на место его она поставила новый закон движения, в котором скорость распространения света в пустоте выступает как предельная скорость.

Последний шаг в развитии программы теории поля делает общая теория относительности. Количественно она весьма мало изменяет теорию Ньютона, но зато качественные изменения, вносимые ею, идут очень далеко.

Инерция, тяготение и метрические соотношения тел и часов сходятся к единому свойству поля, это же последнее в свою очередь зависит от находящихся в нем тел (обобщение закона тяготения Ньютона или соответствующего ему закона поля, как это сформулировал Пуассон). Таким образом пространство и время были лишены если не их реальности, то их причинной абсолютности (абсолютность = оказывающее влияние, но само не поддающееся влиянию), которую им должен был приписать Ньютон, чтобы дать выражение известным в то время законам. Обобщенный закон инерции играет роль закона движений Ньютона.

Уже из этой краткой характеристики ясно, как элементы теории Ньютона переходят в общую теорию относительности, причем преодолеваются указанные выше три недостатка. Кажется, что в рамках общей теории относительности закон движения может быть выведен из закона поля, соответствующего закону сил Ньютона. Только после того как эта цель будет

[364/564]

вполне достигнута, можно будет говорить о чистой теории поля.

Механика Ньютона подготовила почву для теории поля еще и в

более формальном смысле. Применение механики Ньютона к непрерывно распространенным массам с необходимостью привело к открытию и применению дифференциальных уравнений с частными производными, которые со своей стороны стали языком для выражения законов теории поля. И в этом формальном отношении только ньютонова концепция дифференциального закона сделала первый и решающий шаг для всего дальнейшего развития.

Все развитие наших идей о явлениях природы, о котором мы до сих пор говорили, может быть представлено как органическое развитие мыслей Ньютона. Но, в то время как разработка теории поля была в полном ходу, явления лучистой теплоты, спектров, радиоактивности поставили предел применения всей этой системы мыслей, предел, который и сейчас, несмотря на гигантские успехи в отдельных областях, кажется непреодолимым. Не без основания многие физики утверждают, что перед лицом этих фактов отказываются служить не только дифференциальные законы, но даже и законы причинности, до сих пор считавшиеся основными постулатами всякого естествознания. Отрицается сама возможность временно-пространственной конструкции, которая могла бы быть однозначно координирована с физическими явлениями. Что механическая система, как это непосредственно показывает опыт, способна принимать только дискретные значения энергии, или же что устойчивые состояния системы также образуют дискретный ряд, не может быть непосредственно выведено из теории поля, работающей с дифференциальными уравнениями. Механика де-Бролье – Шредингера, которая в известном смысле имеет характер теории поля, выводит, правда, основываясь на дифференциальных уравнениях, посредством своего рода соображений о резонансе существование только дискретных состояний и их переходов одно в другое в поразительном соответствии с опытными данными, но зато она должна отказаться от локализации материальной частички и от строгого закона причинности. Но кто сейчас отважится разрешить вопрос о том, должны ли быть окончательно оставлены закон причинности и дифференциальный закон—эти основные и последние предпосылки ньютоновского естественнонаучного воззрения?

[365/567]

УСПЕХИ ОПТИКИ И ОПТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ¹⁶⁴

Изучение оптики доставляет большое наслаждение, и ее история полна интереса. Я не намерен охватить рею область, но рассмотрю лишь один или два периода, в течение которых, как мне кажется, теория и практика взаимодействовали заметным образом, и выведу поучение о соотношении, которое должно бы было существовать между ними и в наши дни.

С этой целью я мог бы начать с давнего времени. Птолемей в своей попытке открыть законы преломления — очень удачной, как мы теперь знаем, — и Архимед со своим зажигательным стеклом (если только он его действительно изобретал) имели в виду практические цели. Но сегодня мы будем иметь в виду времена более близкие к нам. Конец XVII в. — один из таких периодов. Телескоп был изобретен около 1608 г., а микроскоп несколько раньше, около 1590 г.; и тот и другой в Голландии. Узнав об этих изобретениях, Галилей построил свой первый телескоп в 1610 г. Через год Кеплер в своей *Dioptrica* описал астрономический телескоп, окуляр которого состоял из одного или двух собирающих стекол. Вплоть до появления книги Декарта о диоптрике (1637 г.) других телескопов не знали. Закон преломления был впервые обнародован Снеллием в 1621 г.

[366/568]

Таким образом к 1660 г. вся важность телескопа была оценена, и пределы его применения известны. В 1663 г. Грегори списал первый катоптрический телескоп, в коем некоторые недостатки прежних были устранены. Около того же времени два ученых, труды которых оставили неизгладимые следы в науке — Христиан Гюйгенс (1629—1695) и Исаак Ньютон (1642 — 1527), были приведены к изучению этого инструмента.

Глубокий ученый, основавший волновую теорию света и открывший двойное преломление, Гюйгенс был в то же время искусный механик: он сам шлифовал стекла и устроил телескоп. Из теоретических соображений от показал, что многие выдающиеся недостатки телескопа

¹⁶⁴ Журнал «Физическое обозрение», изд. П. А. Знловмм, Варшава, т. VI, (стр. 226—234).

Сокращенное изложение речи, произнесенной на Оптической съезде: «Progress of Optical Science and Manufactures». From the inaugural address delivered before the Optical Convention on May 30 by the president Dr. R. R. Glazebrook, F. R. S. (*Nature*, June 1905 г.). *Прим. ред.*

обуславливаются тем обстоятельством, что лучи отдаленной звезды, проходя разные части линзы, не сходятся в одной точке оси, и что для линзы данного поперечника эта осевая аберрация быстро уменьшается по мере возрастания ее фокусного расстояния. Увеличение телескопа зависит от отношения фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра. Следовательно, увеличивая оба эти расстояния, но так, чтобы отношение их оставалось постоянным, можно сохранить увеличение и уменьшить аберрацию.

Вследствие этого Гюйгенс приготовил линзу в 120 футов фокусного расстояния; трубы уже нельзя было делать, и свои линзы он укрепил на концах длинной жерди, подвешенной на веревках. С помощью одного из таких «воздушных» телескопов, который потом был пожертвован Королевскому обществу, Гюйгенс открыл кольцо Сатурна и его четвертого спутника.

В этом случае стремление усовершенствовать инструмент заставило обратиться к теории, и теория привела оптика к несомненному успеху. Правда, успех был неполный, но это потому, что недостаток, который Гюйгенс хотел устранить, зависел не от одной сферической аберрации.

И в другой области инструментального искусства Гюйгенс знаменит применением науки к практике. Его трактат *Horologium Oscillatorium*, в котором чрезвычайно искусно исследуются различные задачи о движении, был долгое время образцовым трудом о часах; он был первым, приложившим результаты этих научных исследований, в практике: в 1657 г. он применил маятник к часам как регулятор при измерении времени. Впрочем, сэр Бекет утверждает, что первые часы с маятником были построены в 1621 г. Гаррисом для лондонского собора св. Павла.

В 1665 т. вышло посмертное издание сочинения итальянского иезуита Гримальди, озаглавленное *Physico-Mathesis de Lumine, Coloribus et Iride aliisque annexis*; оно содержит несколько важных открытий, между ними дифракцию света.

[367/569]

Только что получив в Кембридже степень В. А.¹⁶⁵, Ньютон в 1666 т. на Стаурбриджской ярмарке покупает призму с тем, чтобы «испытать с нею знаменитое явление цветов» и повторить некоторые опыты Гримальди. В

165 В. А. - Bachelor of Arts - первая английская ученая степень - бакалавр. *Прим. ред.*

этом же году он шлифует «оптические стекла иной формы, чем сферические». Он уже интересовался астрономией, может быть, уже сделал свое великое открытие, но еще не хотел его подтвердить. В письме к Галлею в 1686 г. по поводу возражений, вызванных обнаружением Principia, он пишет: «Но что касается двойной пропорции, то я ее вывел из кеплеровской теоремы уже двадцать лет тому назад».

Знаменитое яблоко, как полагают, упало в саду его матери в Вульсторпе, куда он удалился в 1665 г. вследствие чумы. Рассказ о яблоке имеет некоторую достоверность; он был передан Вольтеру Кандьютом, мужем племянницы Ньютона; а дерево, с которого будто бы упало это яблоко, видел еще Брюстер в 1822 г.

Делалось не мало догадок, почему столько лет не обнаружилось открытие, что одна и та же причина заставляет падать яблоко и удерживает луну на ее орбите. Наиболее справедливая догадка была высказана Глешером, который обратил внимание на то, что требовалось знать взаимное притяжение не только между двумя материальными частицами, но между двумя сферическими телами больших размеров, и что эта задача была разрешена лишь много позже; как бы то ни было, в 1667 г. Ньютон был астрономом и сознавал необходимость точных астрономических Наблюдений, и ввиду этого им предприняты были усовершенствования телескопа.

Опыты с призмой привели Ньютона в 1666 г. к открытию спектра; в то время о цветах было очень мало известно, «Трактат об оптике» Барроу, изданный с помощью Ньютона в 1669 г., содержал весьма неверные взгляды; но вскоре после того Ньютон мог уже высказать заключение, что белый свет неоднороден и состоит из лучей различной преломляемости; изображение спектра, столь знакомое нам по многочисленным учебникам, происходит из ньютоновской Optics, напечатанной в 1704 г., хотя его открытия, касающиеся анализа белого света, были представлены Королевскому обществу в целом ряде мемуаров в 1671 г. и излагались им в качестве люкаоового профессора в Кембридже, на лекциях 1669, 1670 и 1671 гг.

Связь этих физических опытов с техникой телескопов оче-

[368/570]

видна: линзы действуют, как призмы, и разлагают свет на его составные цвета. Никакие изменения формы не устраняют этого вполне, и Ньютон пришел к заключению (слишком поспешному, как теперь известно), что рефракторные телескопы не подлежат дальнейшему

усовершенствованию: их недостатки неразрывно связаны с преломлением света.

Но в изображениях, образуемых отражением, нет недостатков, и потому Ньютон пришел к заключению, что оптический инструмент может быть доведен до какой угодно степени совершенства, если только отражающую поверхность можно так же легко полировать, как стекло, если эта поверхность будет столько же отражать света, сколько стекло пропускает его, и если, наконец, будет найден способ сообщать этой поверхности форму параболоида. В 1668 г. он изобрел способ полировки, которым, как он полагал, «фигура может быть исправлена до конца», после чего появился ньютоновский отражательный телескоп, один экземпляр которого, сделанный собственными руками Ньютона, принадлежит теперь Королевскому обществу. Все те превосходные инструменты, которые способствовали развитию наших сведений о звездах, обязаны своими достоинствами ньютоновскому опыту с призмой и выводам из него.

Но эти опыты поучительны и в другом отношении: Ньютон, неверно толкуя свои опыты над дисперсией, решил (ошибочно, как мы теперь знаем), что ахроматическая линза невозможна, и что цветовые дефекты неустранимы в рефракторном инструменте; результатом этого было то, что в течение девяноста лет всякую попытку усовершенствовать эти инструменты считали почти праздной. Два или три ахроматических телескопа были сделаны Голлем около 1730 г., но не ранее 1757 г. Доллонд вновь изобрел инструмент и положил начало правильному изготовлению подобных линз.

Таким образом открытия Гюйгенса и Ньютона сказали сильное влияние на современные пая инструменты. Действительно, в обоих случаях одно и то же лито делало открытия и изготовляло инструменты. Такое «совместительство» едва ли возможно в наши дни; теперь имеются математики — глубокие знатоки теории света и оптики — знатоки своего искусства.

Оптический съезд предназначается для согласования усилий тех и других. Но если двести лет назад усовершенствование телескопа зависело от развития теоретической оптики, то теория и свою очередь заинтересована в усовершенствовании инструментов и делаемых с их помощью наблюдений.

Гюйгенс основал волновую теорию света; но нужны были труды Юнга и гений Френеля для того, чтобы эта теория заменить соперничавшую с нею ньютоновскую теорию истечения.

[369/571]

В течение ста лет после появления ньютоновской «Оптики» прогресс был очень слабый. Ученый мир занимался только подражанием Ньютону. Английские математики, может быть, подавленные величием Ньютона, сами упражнялись в изъяснении его учения. В Англии теория истечения считалась совершенной, и существовало лишь некоторое сомнение относительно ее утверждения о невозможности ахроматизма.

С началом нового столетия произошла резкая перемена. Томас Юнг (1773 – 1829) в ряде мемуаров, появившихся между 1801 и 1811 гг., вновь обратил внимание на труды Гюйгенса и поставил на твердое основание его волновую теорию. Им был установлен принцип сложения волн и указано, как из этого принципа может быть объяснена интерференция.

Дело Юнга было завершено Френелем (1788 – 1827), который самостоятельно открыл принцип интерференции, применил его к объяснению дифракции, составил теорию двойного преломления и вывел известные выражения для яркостей лучей, отраженных от поверхности прозрачного тела или прошедших через нее.

В своих *Lectures en Natural Philosophy* Юнг прекрасно иллюстрировал применение новой теории света к инструментам. Френель был инженер по профессии, служивший в *Ponts et Chaussées*¹⁶⁶, и, как таковой, изобрел ступенчатые линзы, употребляемые на французских маяках. Открытия этих двух ученых изменили всю теорию, на которой основывалось построение оптических инструментов; лишь недавно мы могли оценить всю важность волновой теории в деле построения оптических инструментов: без трудов этих двух ученых и их последователей немногие из современных открытий астрономов, и немногие из результатов оптиков были бы возможны; объективы микроскопа или телескопа доведены до теперешнего совершенства потому, что из учения Юнга и Френеля выведены указания для искусства обтачивания стекол.

В первые годы прошлого столетия в этом деле англичане были впереди других. Труды по астрономии обоих Гершелей слишком известны; хотя успехи старшего Гершеля обуславливались скорее его механическим искусством, чем глубоким знанием теоретической оптики, но Джон Гершель много способствовал применению теории к практике.

Несколько раньше Фраунгофер (1787 – 1828), современник Юнга и

166 Учреждение, ведающие устройством мостов и дорог Прим. ред .

Френеля, нашел, что изготовление ахроматической Линзы «зависит от точного определения показателей преломле-

[370/572]

ния, и что главное препятствие тут заключается в затруднении иметь однородный источник света, который бы мог служить образцом». В качестве такового он воспользовался черными линиями солнечного спектра, замеченными еще Волластоном; здесь мы имеем пример того, как практическая нужда вызывает развитие науки, ибо из этих опытов Фраунгофера вытекает весь спектральный анализ.

Таким образом теория и практика прогрессируют вместе; каждая из них в отдельности может идти вперед очень недалеко, и лишь законное пользование гипотезой, поддерживаемое опытной проверкой, ведет нас к новому знанию и приближает нас к истине.

До середины прошлого столетия мы в Англии принимали самое деятельное участие в этом прогрессе; к упомянутым уже ранее именам можно прибавить еще и Гамильтона. В 1832 г. Эри дал объяснение аберрации линзы камеры-обскуры, которое оказалось чрезвычайно важным для позднейших конструкторов; фотографических объективов, тогда как Theory of Systems of Rays Гамильтона содержала в сущности все то, что необходимо для точного вычисления аберрации такого стекла.

Но в то время фотографических объективов еще не изготовляли; а когда Дагер в 1839 г. объявил о своем открытии, работы Эри и Гамильтона были уже забыты у нас, а на континенте их почти и не знали.

Затем теория и практика разошлись в Англии. Важность открытия Дагера была сразу оценена, и английские оптики принялись за работы не без некоторого успеха в усовершенствовании линзы, но дело велось эмпирически; конечно, некоторый успех был возможен и даже был достигнут и так. Оптике-практики, конечно, не обращались за помощью к ученым запискам Кембриджского философского общества и Королевского общества в Дублине; но оптики другой нации пришли, наконец, к убеждению, что дальнейшие успехи могут быть достигнуты лишь после полного знакомства с действием линзы на проходящие через нее лучи, и все усовершенствование оптического искусства последних лет идет из Германии.

Здесь я еще раз отмечу пример того, как соединенные наука и практика достигают успехов, невозможных для каждой из них в отдельности. Труды недавно умершего Эрнеста Аббе представляют выдающийся пример результатов разумного соединения теории и практики. Это

доказывается уже одним сравнением статистических данных о торговле оптическими товарами в Германии теперь и двадцать лет назад.

История возникновения иенского стеклянного завода часто рассказывалась, и потому я повторю ее лишь вкратце. В 1863 г.

[371/573]

еще молодым человеком Аббе поселился в Иене в качестве приват-доцента; вскоре после этого Карл Цейсс, делавший тогда микроскопы из обыкновенного стекла, обратился к Аббе за помощью для усовершенствования инструмента. Задача, предложенная Аббе, была не из легких; в то время теория микроскопа была еще далеко не закончена; поправки в линзах делались неверным способом, основанным на грубом опыте, и результаты были крайне сомнительны. В первую очередь предстояло разрешить трудную математическую задачу — найти путь лучей, проходящих через объектив. Аббе очень скоро устранил недостатки обыкновенной теории. Он нашел необходимым применить к задаче волновую теорию и в 1870 г. создал *теорию микроскопического зрения*, носящую теперь его имя; его исследования прямо вытекают из исследований Френеля.

Из своей теории Аббе заключил, что, пользуясь стеклами, имевшимися тогда в распоряжении у оптиков, нельзя ожидать большого усовершенствования микроскопического объектива. Между дисперсией и преломляемостью разных стекол должно существовать известное соотношение, но ни в одном из имевшихся стекол такого соотношения не наблюдалось. Ознакомившись с инструментами на выставке в Саут-Кенонингтоне 1876 г., Аббе окончательно утвердился в этом выводе, и в своем отчете об этой выставке он писал: «Будущность микроскопа — в смысле усовершенствования его диоптрических качеств — находится в руках фабрикантов стекла».

Исследования Петцфаля и фон-Зайделя привели к тем же выводам относительно фотографических объективов; исследования фон-Зайделя были сделаны в 1856—1857 гг., но главный его мемуар был написан лишь в 1880 г., а напечатан в 1898 г. Из этих исследований вытекало, что со стеклами, находившимися тогда в торговле, невозможно было сделать поле фотографического объектива одновременно плоским и ахроматическим.

Таким образом теоретические исследования указывали, что препятствие к дальнейшему прогрессу может быть устранено только изготовлением новых стекол, обладающих определенными свойствами. Надо заметить, что еще раньше это было признано нашими соотечественниками

Гаркуртом и профессором Стоксом; последний за восемь лет до 1870 г. старался, хотя и безуспешно, изготавливать нужные стекла.

Аббе был счастливее; его отчет попал в руки д-ра Шотта, владельца стеклянного завода в Виттеле, вполне оценившего его значение. В 1881 г. Шотт снесся с Аббе, и в следующем году он переселился в Иену, где основал фирму Schott und Genossen.

[372/574]

Деятельность Аббе в Иене представляет, может быть, самый поразительный пример того успеха, который достигается кооперацией науки и опыта. Мы также могли бы прогрессировать, если бы следовали по пути, давно нам указанному Ньютоном, Юнгом, Гершелем, Эри и другими, о которых я говорил выше.

[373]

ПРОБЛЕМА МАТЕРИИ И ДВИЖЕНИЯ В ФИЗИКЕ НЬЮТОНА БОРЬБА МАТЕРИАЛИЗМА И ИДЕАЛИЗМА ВОКРУГ ЭТОЙ ПРОБЛЕМЫ В XVII –XVIII ВВ.

[374]

СОДЕРЖАНИЕ ТРЕТЬЕЙ ТЕМЫ
ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ
НАПРАВЛЕНИЙ XVII–XVIII ВВ.
БОРЬБА ЗА НОВОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ
КОНЦЕПЦИЯ МАТЕРИИ И ДВИЖЕНИЯ
У НЬЮТОНА. ТЕОЛОГИЧЕСКИЕ МОМЕНТЫ
ЕГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ.
МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКАЯ КРИТИКА
НЬЮТОНОВСКОЙ КОНЦЕПЦИИ
МАТЕРИИ И ДВИЖЕНИЯ.

[375/577]

СОДЕРЖАНИЕ ТРЕТЬЕЙ ТЕМЫ

Вторая тема дает изображение борьбы физических направлений. Третья тема ставит своей задачей показать идеологическую борьбу вокруг основных физических категорий.

Освобождение естествознания от теологии является гигантским толчком к его развитию. Однако это освобождение не совершается сразу, и теологический элемент достаточно силен даже у передовых естествоиспытателей этой эпохи.

Одной из основных задач этой темы является показ борьбы материалистических направлений против идеалистических и теологических моментов физики XVII в. Представить эту борьбу во всех ее подробностях не представляется возможным уже вследствие необычайной обширности материала. Мы взяли поэтому ньютонову концепцию как имевшую

наибольшее влияние на последующее развитие естествознания, а из ньютоновой концепции особо выделили проблему материи и движения.

Общая характеристика философских направлений эпохи дана в прекрасных «Письмах об изучении природы» Герцена.

За ними следует замечательная характеристика истории развития материализма в Англии и Франции, данная Марксом в «Немецкой идеологии».

Мировоззрение Ньютона складывалась и развивалось в эпоху напряженной классовой борьбы английской революции. Предисловие Энгельса к английскому изданию «От утопии ж науке» дает картину классовой борьбы эпохи английской революции и объясняет характерные черты мировоззрения английские естествоиспытателей, в том числе и Ньютона.

Отрывки из «Естествознания в мире духов» Энгельса дают сжатую и яркую характеристику эмпиризма как научного метода и разъясняют, почему последовательный эмпиризм приводит к теологии и мистике. Общая характеристика эмпиризма, столь характерного для английских естествоиспытателей этой эпохи

[376/578]

дана также в «Письмах» Герцена и в отрывках из «Энциклопедии» Гегеля.

XVII в. – эпоха ожесточенной борьбы университетов с прогрессивной внеуниверситетской наукой, центром которой являются возникающие в это время научные общества. Мы посвящаем особый раздел характеристике этой борьбы. Немалую роль в распространении научных знаний и выработке новой формы связи между учеными и научными учреждениями сыграли основанные в эту эпоху научные журналы, развитие которых представлено рядом материалов.

Значение «Начал» Ньютона, конечно, не исчерпывается их значением для техники. Самое название основного труда Ньютона показывает, что он должен дать систему, мировоззрение. Одна из основных мыслей космогонии Ньютона состоит в представлении движений планет как следствия сложения двух сил: одной – центральной, направленной к солнцу, и другой – тангенциальной слагающей, «первоначального» толчка. Этот первоначальный толчок Ньютон оставил багу, запретив ему, однако, «дальнейшее вмешательство в солнечную систему» (Энгельс).

В этом своеобразном «разделении труда» по управлению вселенной между богом и механической причинностью заключается характерное

для многих английских естествоиспытателей переплетение религиозной догматики с материалистическим принципом причинности.

В проблеме соотношения материи и движения Ньютон становится на точку зрения чистой модальности движения. Поэтому он ищет первичную причину происхождения движения планет; и так как это движение нельзя объяснить только силой тяготения, то он вводит творца, дающего материи первоначальный толчок. Идея божества в системе Ньютона не случайна, а тесно связана с его концепцией материи и движения.

Очень ярко эти теологические моменты в системе Ньютона выражены в третьей книге «Начал», отрывки из которых мы приводим, и в известных вопросах «Оптики».

Но кроме этого имеются еще более интересные документы, показывающие отношение Ньютона к теологическим моментам его системы и его отношение к материализму, имевшему в эту эпоху в Англии большое распространение. Мы имеем в виду знаменитые письма Ньютона к Бентли, которые мы приводим полностью вместе с одним «а писем Бентли к Ньютону».

Не менее интересна полемика Лейбница с Кларком по поводу ньютоновской концепции божества и материи и движения. Хотя сам Ньютон открыто не принимал участия в этой полемике, но Кларк являлся как бы его официальным представителем. Письма Кларка к Лейбницу были просмотрены Ньютоном. Poleмика с Лейбницем есть в сущности продолжение а ином аспекте полемики по вопросу о двух мерах движения.

[377/576]

Исходя из теологической аргументация, Лейбниц защищаем против Ньютона идею неотделимости движения (действенности) от материи.

Если критика Ньютона Лейбницем ведется в идеалистическом аспекте, то в несколько более поздний период (начало XVIII в.) мы встречаемся с материалистической критикой воззрений Ньютона со стороны Толланда.

В приводимых отрывках из «Писем к Серене» Джон Толланд направляет острие своей критики против концепции модальности движения. Движение, утверждает он, есть существеннейшее и неотъемлемое свойство материи. Оно должно входить составной частью в ее определение. Только эта концепция, справедливо утверждает Толланд, дает рациональное объяснение закону постоянства количества движения. Она разрешает затруднения относительно движущей силы и первоначального

толчка. Таким образом в полемике Лейбнина и Толланда с Ньютоном была четко поставлена проблема самодвижения материи, получившая окончательное решение в учении Маркса, Энгельса и Ленина.

Божество у Ньютона выполняет две функции: оно дает первоначальный толчок материи и приводит в порядок расстроившиеся орбиты небесных тел (см. переписку Лейбница с Кларком). Иными словами, бог нужен Ньютону не только как первый двигатель, но и как фактор, гарантирующий длительную устойчивость солнечной системы, которую Ньютон считал неустойчивой.

Критика ньютоновой космогонии со стороны Лапласа направлена по этим двум линиям. Лаплас, во-первых, доказал, что солнечная система устойчива сама по себе, во-вторых, что строение и происхождение солнечной системы может быть получено без всякого божественного первоначального толчка, если принять, что движение есть изначальное свойство материи.

Таким образом в работах Лапласа на чисто физической почве продолжается линия, намеченная Толландом.

Но работы Лапласа и Канта важны не только в этом отношении. Как указывает Энгельс (см. старое введение к «Диалектике природы»), космогоническая гипотеза Канта — Лапласа пробила брешь в мировоззрении, смотревшем на природу как на пребывающую неизменно от века.

Вместе с их трудами в естествознание входит идея развития, которая впоследствии должна стать руководящей нитью всего исследования природы.

[378]

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ФИЛОСОВСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ XVII—XVIII ВВ.

А. И. Герцен. Письма об изучении природы (схоластика, рационализм, эмпиризм).

Письмо первое. Эмпирия и идеализм.

Письмо пятое. Схоластика.

Письмо шестое. Декарт и Бекон.

Письмо седьмое. Бекон и его школа в Англии.

К. Маркс. Святое семейство (об английском и французском материализме). Критическое сражение с французским материализмом.

Ф. Энгельс. Отрывки из «Диалектики природы» и «Анти-Дюринга».

1. Естествознание в мире духов.

2. Старое введение к «Анти-Дюрингу».

Гегель. Об эмпиризме. Отрывки из «Логики». Энциклопедия философских наук.

Ф. Энгельс. Предисловие к английскому изданию «Развитие социализма от утопии к науке». (Классовая борьба эпохи английской революции).

[379]

А. И. ГЕРЦЕН

ПИСЬМА ОБ ИЗУЧЕНИИ ПРИРОДЫ

1845 Г.

В крепостной России 40-х годов XIX в. он (Герцен) сумел подняться на тему высоту, что встал в уровень с величайшими мыслителями своего времени. Он усвоил диалектику Гегеля. Он понял, что она представляет из себя «алгебру революции». Он пошел дальше Гегеля, к материализму, вслед за Фейербахом. Первое из «Писем об изучении природы», — «Эмпирия и идеализм», — написанное в 1844 г., показывает вам мыслителя, который, даже Теперь, головой выше бездны современных естествоиспытателей-эмпириков и тьмы нынешних философов, идеалистов и полуйдеалистов. Герцен вплотную подошел к диалектическому материализму я остановился перед — историческим материализмом.

Эта «остановка» и вызвала духовный крах Герцена после поражения резолюции 1848 г. Герцен покинул уже Россию и наблюдал эту революцию непосредственно. Он был демократом, революционером, социалистом. Но его «социализм» принадлежал к числу тех бесчисленных в эпоху 48-го года форм я разновидностей буржуазного я мелкобуржуазного социализма, которые были окончательно убиты июньскими днями. В сущности, это был вовсе не социализм, е прекраснoдушная фраза, доброе мечтание, в которое облекала свою тогдашнюю революционность буржуазная демократия, а равно невысвородившийся из-под ее влияния пролетариат.

[380/586]

ПИСЬМО ПЕРВОЕ ¹⁶⁷

ЭМПИРИЯ И ИДЕАЛИЗМ

(Стр. 1-29)

Слава Церере Помоне и их родственникам! Я, наконец, не с вами,

¹⁶⁷ А. И. Герцен, Полное собрание сочинений и писем. Под редакцией М. К. Лемке. Петербург, 1919. т. IV.

любезные друзья! Я один в деревне. Мне смертельно хотелось отдохнуть поодаль от всех... Нельзя сказать, чтоб почтенные особы, которых я сейчас славословил, очень изубыточились для моего приема: дождь льет день и ночь, ветер рвет ставни, шагу нельзя сделать из комнаты, и, — странное дело! — при воем этом я ожил, поправился, веселее вздохнул, — нашел то, за чем ехал. Выйдешь под вечер на балкон: ничто не мешает, взгляду; вдохнешь в себя влажно-живой, насыщенный дыханием леса и лугов воздух, прислушаешься к дубравному шуму, — и на душе легче, благороднее, светлее; какая-то благочестивая тишина кругом успокаивает, примиряет... Вот так и кажется, что годы бы не выехал отсюда... Предвижу, что моя идиллическая выходка вам не понравится: «человек не должен жить особняком, это — эгоизм, бегство, это — битые фразы безумного женева¹⁶⁸, который считал современную ему городскую жизнь искусственной, как будто формы мира исторического не так же естественны, как формы физического мира». Во-первых, что касается до побега, — позорно бежать воину во время войны, а когда благоденственно царит прочный мир, отчего не пожить в отпуску? Во-вторых, что касается до Руссо, я не могу безусловно принять за вранье того, что он говорит об искусственности в жизни современного ему общества: искусственным кажется неловкое, натянутое, обветшалое. Руссо понял, что мир, его окружавший, не ладен; но нетерпеливый, негодующий и оскорбленный, он не понял, что храмина устаревшей цивилизации о двух дверях. Боясь задохнуться, он бросился в те двери, в которые входят, и изнемог, борясь с потоком, стремившимся прямо против него. Он не сообразил, что восстановление первобытной дикости более искусственно, нежели выжившая из ума цивилизация. Мне, в самом деле, кажется, что наш образ жизни, особенно в больших городах — в Лондоне или Берлине, все равно, — не очень естествен; вероятно, он во многом изменится, — человечество не давало подписки жить всегда, как теперь; у развивающейся жизни ничего нет заветного. Знаю я, что формы исторического мира так же естественны, как формы мира физического! Но знаете ли вы, что в самой природе — в этом вечном настоящем без раскаяния и надежды — живое, раз-

[381/587]

виваясь, беспрестанно отречется от миновавшей формы, обличает неестественным тот организм, который вчера вполне удовлетворял?

168 Ж. Ж. Руссо. *Прим. ред. соч. Герцена.*

Вспомните превращение насекомых, вечный пример бабочки и куколки. Когда настоящее оперто только на прошедшее, оно дурно оперто. Петр Великий торжественно доказал, что прошедшее, выражаемое целой страной, несостоятельно против воли одного человека, действующего во имя настоящего и будущего. Юридическая ирония многолетней давности не признается жизнью; совсем напротив, давность с точки зрения природы дает только одно право — право смерти.

Видите ли, я в ударе резонерствовать... Это действие деревенского *far niente*¹⁶⁹. Но бог с ней, с городской жизнью! Я и не думал об ней говорить: лучше, благо есть время, начну некогда обещанные письма о современном состоянии естествоведения.

Помните ли вы наши бесконечные споры студенческой эпохи, в которых обыкновенно с двух отвлеченных точек зрения мы стремились понять явление жизни и не могли никогда дойти не только до дельного результата, но даже до того, чтоб вполне понять друг друга? Так относятся к природе философия со своей стороны и естествоведение со своей — обе со странным притязанием на обладание если не всей истиной, то единственно истинным путем к ней. Одна прорицала тайны с какой-то недостижимой высоты, другое смиренно покорялось опыту и не шло далее; друг к другу они питали ненависть; они выросли во взаимном недоверии; много предрассудков укоренилось с той и другой стороны; столько горьких слов пало, что при всем желании они не могут примириться до сих пор. Философия и естествоведение отстрачивают друг друга тенями и привидениями, наводящими, в самом деле, страх и уныние. Давно ли философия перестала уверять, что она какими-то заклинаниями может вызвать сущность, отрешенную от бытия, — всеобщее, существующее без частного, бесконечное, предшествующее конечному, и пр.? Положительные науки имеют свои маленькие привиденьица: эта — силы, отвлеченные от действия, свойства, принятые за самый предмет, и вообще разные кумиры, сотворенные из всякого понятия, которое еще непонятно; *exempli gratia*¹⁷⁰ — жизненная сила, эфир, теплотвор, электрическая материя и пр. Все было сделано, чтоб не понять друг друга, и о п вполне достигли этого. Между тем стало уясняться, что философия без естествоведения так же невозможна, как естествоведение без философии. Для того чтоб

169 Ничегонеделание. *Прим. ред.*

170 Для примера. *Прим. ред.*

убедиться в последнем, взглянем на современное состояние физических паук. Оно представляется

[382/588]

самым блестящим; о чем едва смели мечтать в конце прошлого столетия, то совершенно или совершается перед нашими глазами. Органическая химия, геология, палеонтология, сравнительная анатомия распустилась в наш век из небольших почек в огромные ветви, принесли плоды, превзошедшие самые смелые надежды. Мир прошедший, покорный мощному голосу науки, поднимается из могилы свидетельствовать о переворотах, сопровождавших развитие поверхности земного шара; почва, на которой мы живем, — эта надгробная доска жизни миновавшей, — становится как бы прозрачной; каменные склепы раскрылись; внутренности скал не спасли хранимого ими. Мало того что полуистлевшие, полукаменные остоны обрастают снова плотью, палеонтология стремится¹⁷¹ раскрыть закон соотношении между геологическими опоками и полным органическим населением их. Тогда все, некогда живое, воскреснет в человеческом разумении, асе исторгнется от печальной участи бесследного забвения, и то, чего кость истлела, чего феноменальное бытие совершенно изгладилось, восстановится а светлой обители науки, — в этой светлой обители успокоения и увековечив временного. С другой стороны, наука открыла за видимым пределом целые миры невидимых подробностей; ей раскрылся тот monde de détails¹⁷², о возможности которого генерал Бонапарте мечтал, беседуя а Каире с Монжем¹⁷³ и Жоффрау Сент-Илером¹⁷⁴. Естествоиспытатель, вооруженный микроскопом, преследует жизнь до последнего предела, следит за ее закулисной работой. Физиолог на этом пороге жигами встретился с химиком; вопрос о жизни стал определеннее, лучше поставлен; химия заставила смотреть не на одни формы и их видоизменения, — она в лаборатории научила допрашивать органические тела о их тайнах. Сверх теоретических успехов успехи физических наук имеют громкие доказательства вне кабинетов я академий; они окружили вместе с механикой каждый шаг нашей жизни открытиями и удобствами.

171 Вспомните труды Агассива над ископаемыми рыбами и труды Орбиньи над слизняками и другими началами. *Прим. автора.*

172 Мир подробностей. *Прим. ред. соч. Герцена.*

173 Гаспар Монж создатель «Начертательной геометрии». *Прим. ред. соч. Герцена.*

174 Geoffroy St.-Hilaire, *Notion de philos naturelle*, Paris 1838 г. *Прим. автора.*

Они машинами, призыванием в дело сил, брошенных и теряющихся, упрощением сложных и трудных производств, указанием возможности тратить не более усилий, как сколько нужно для достижения цели, участвуют в разрешении важнейшего общественного вопроса: они подают средства отрешать руки человеческие от непрерывной тяжкой работы.

[383/589]

Казалось бы, после этого естествоведению остается торжествовать свои победы и, в справедливом сознании великого совершенного, трудиться, спокойно ожидая будущих успехов; не деле де совсем так. Внимательный взгляд без большого напряжения увидит во всех областях естествоведения какую-то неловкость; им *чего-то* недостает, чего-то, ее заменяемого обилием фактов; в истинах, ими раскрытые, ось недомолвка. Каждая отрасль естественных наук приводит постоянно к тяжелому сознанию, что есть нечто неуловимое, непонятное; в природе; что они, несмотря на многостороннее изучение своего предмета, узнали его *почти, но не совсем*, и именно в этом недостающем чем-то, постоянно ускользающем, предвидится та отгадка, которая должна превратить в мысль и, следовательно, усвоить человеку непокорную чуждость природы. Сознание сказанного вкралось в самое изложение естественных наук; вы часто встретите среди удач и открытый грустную жалобу; увеличение знания, не имеющее никаких пределов, обусловливаемое извне случайными открытиями, счастливым копытами, иногда не столько радуется, сколько теснит ум. Преобладающая и поневоле признанная чуждость предмета, упорно не поддающаяся, сердит человека и вместе с тем влечет его к себе на непрерывную борьбу, на покорение, которого он сделать не в состоянии и оставить не может. Это — голос вопиющего разума, не умеющего останавливаться на полдороге,—голос самой *naturae regum*¹⁷⁵, стремящейся вполне просветлеть в мышлении человеческом. Вероятно, вы замечали, с какой поспешностью естествоиспытатели предупреждают о пределах своего воззрения, как бы страшась услышать вопросы, на которые они отвечать не могут; но такого рода границы несостоятельны; поставленные личной волей, они столько же внешни предмету, сколько забор, поставленный правом собственности, чужд полю, на котором стоит. Цеховые натуралисты громко и смело говорят, что им дела нет до самых

175 *Природа вещей. Прим. ред. соч. Герцена.*

естественных и законных требований разума, что человек не должен заниматься тем, чего нельзя разрешить¹⁷⁶. Большею частью смелость эта подозрительна: она проистекает или от ограниченности, или от лени; у иных, однако, она имеет высшее напало для них,— это ложные утешения, которыми человек, хочет отвести свои собственные глаза от зла, считаемого неисправимым. По несчастью, вопросам такого рода нельзя навязать каменьев на шею, бросить их в воду я лотом забыть о них; они, как трех советя, как тень Банко, мешают наслаждаться пиром опытов открытий.

[384/590]

сознанием истинных и прекрасных заслуг, напоминая, что нет полного успеха, что предмет не побежден... В самом деле, неужели можно успокоиться на предположении невозможности знания? Тут человеку науки остановиться и забыть так же не под силу, как скупому стяжателю знать о кладе, закрытом на его дворе, и не искать его. Ни одни из великих естествоиспытателей не мог спокойно пренебрегать этой неполнотой своей науки; таинственное *ignotum*¹⁷⁷ мучило их; они относили к одному недостатку фактических сведений неуловимость его. Мы думаем, что сверх этого недостатка им мешает всего более робкое и бессознательное употребление логических форм. Естествоиспытатели никак не хотят разобрать отношение знания к предмету, мышления к бытию, человека к природе; они под мышлением разумеют способность разлагать данное явление и потом сличать, находить, располагать в порядке найденное и данное; для них критериум истины — вовсе не разум, а одна чувственная достоверность, в которую они верят; им мышление представляется действием чисто личным, совершенно внешним предмету. Они пренебрегают формой, методой, потому что знают их по схоластическим определениям. Они до того боятся систематики учения, что даже материализма не хотят *как учения*; им бы хотелось относиться к своему предмету совершенно эмпирически страдательно, наблюдая его; само собой разумеется, что для мыслящего существа это так же невозможно, как организму принимать пищу, не претворяя ее. Их мнимый эмпиризм все же приводит к мышлению, но к мышлению, в котором метода произвольна и лична. Странное дело, каждый физиолог очень хорошо знает важность формы и

176 Кому нельзя? когда? почему? где критериум? Наполеон считал пароходы невозможностью. *Прим. автора.*

177 Незнаемое. *Прим. ред. соч. Герцена.*

ее развития, знает, что содержание только при известной форме оживает стройным организмом,— и ни одному не пришло в голову, что метода в науке вовсе не есть дело личного вкуса или какого-нибудь внешнего удобства, что она, сверх своих формальных значений, есть самое развитие содержания — эмбриология истины, если хотите.

Этот странный силлогизм естественных наук не прошел им даром. Идеалисты беспрерывно ругали эмпириков, топтали их учение своими бестелесными ногами и не подвинули вопроса ни на один шаг вперед. Идеализм собственно для естествоведения ничего не сделал... Позвольте оговориться! Он разработал, он приготовил бесконечную форму для бесконечного содержания фактической науки; но она еще не воспользовалась ею: это,— дело будущего... Мы ага сию минуту говорим если не о совершенно прошедшем, то о проходящем моменте. Идеализм всегда имел в себе нечто, невыносимо дерзкое: человек, уверившийся

[385/590]

в том, что природа — вздор, что все временное не заслуживает его внимания, делается горд, беспощаден в своей односторонности и совершенно недоступен истине. Идеализм высокомерно думал, что ему стоит сказать какую-нибудь презрительную фразу об эмпирии, — и она рассеется, как прах. Вышние натуры метафизиков ошиблись: они не поняли, что в основе эмпирии положено широкое начало, которое трудно пошатнуть идеализмом. Эмпирики поняли, что *существование* предмета — *не шутка*; что взаимодействие чувств и предмета не есть обман; что предметы, нас окружающие, не могут не быть истинными потому уже, что они существуют; они обернулись с доверием к тому, что есть, вместо отыскивания *того, что должно быть*, но чего, странная вещь, нигде нет! Они приняли мир и чувства с детской простотой и звали людей сойти с туманных облаков, где метафизики возились с схоластическим бреднями; они звали их в настоящее и действительное; они вспомнили, что у человека есть пять чувств, на которых основано начальное отношение его к природе, и выразили своим воззрением первые моменты чувственного созерцания—необходимого, единственно истинного предшественника мысли. Без эмпирии нет науки—так, как нет ее и в одностороннем эмпиризме. Опыт и умозрение — две необходимые, истинные, действительные степени одного и того же знания; спекуляция — больше ничего как высшая, развитая эмпирия; взятые в противоположности, исключительно и отвлеченно, они также не приведут к делу, как анализ без синтеза или синтез без анализа. Правильно

развиваясь, эмпирия непременно должна перейти в спекуляцию, и только то умозрение не будет пустым идеализмом, которое основано на опыте. Опыт есть хронологически первое в деле знания, но он имеет свои пределы, далее которых он или сбивается с дороги, или переходит в умозрение. Это — два магдебургские полушария, которые ищут друг друга и которых после встречи лошадьми не разорвешь. Несмотря на то, что правда сказанного нами довольно проста, она далека от того, чтоб быть познанной: антагонизм между эмпирией и спекуляцией, между естествоведением и философией продолжается. Чтоб понять это, надобно вспомнить время, когда естествоведение отторглось от философии: то было в торжественную и великую эпоху возрождения наук, когда поюневший человек снова почувствовал горячую кровь в жилах и начал своей мыслью обслуживать и изучать все, окружавшее его. С негодованием взглянули тогда все положительные, практические умы на схоластику; они, как всегда бывает при переворотах, забыли все ее заслуги и помнили один тяжкий ярем, который она накладывала на мысль, помнили, как она, уничтоженная, покорная, подавторитетная, занималась пустыми

[386/592]

формальными интересами, и с ненавистью отвергли ее. Восстание против Аристотеля было началом самобытности нового мышления. Не надобно забывать, что Аристотель средних веков не был настоящий Аристотель, а переложенный на католические нравы, это был Аристотель с тонзурой. От него, канонизированного язычника, равно отреклись Декарт и Бекон. Посмотрите, с каким запальчивым пренебрежением химики XVIII в. говорят о школьных метафизиках и как радостно провозглашают правду опыта, наблюдений, эмпирии, как они ничего знать не хотят яме чувственной достоверности, как они трепещут всего, напоминающего схоластические кандалы. Им стало легко и привольно, потому что они стали на землю, на которой человеку суждено стоять; у них была отыскана точка внешней опоры, точка отправления; они ревниво ее отстаивали и пошли своей дорогой, дорогой трудной, песчаной; они не боялись гряда,— непреклонная реальность их замытий увлекала их; природа, неистощимо богатая явлениями, довлекла надолго жадному любознанию; но, само собой разумеется, натуралисты должны были неминуемо придти к пределам своего воззрения, потому что их воззрения были узки, и, в самом деле, пришли к ним; но страх схоластики превозмог: они не выступают из круга, добровольно ими самими замкнутого. Философии было легче дойти до

истинных и действительных оснований логики, нежели поправить свою репутацию. Впрочем, это восстановление репутации она вполне может сделать только в наше время,— закваска схоластическая только теперь начинает выдыхаться из нее. Идеализм — не что иное как *схоластика протестантского мира*. Он никогда не уступал в односторонности эмпирии; он никогда не хотел нанять ее и, когда понял, поневоле с важностью протянул ей руку, прощал ее, диктовал условия мира, в то время как эмпирия вовсе не думала у него просить помилования. Нет ни малейшего сомнения, что умозрение и эмпирия равно виноваты во взаимном непонимании, и дело теперь вовсе не в том, чтоб оправдать одну сторону за счет другой, но в том, чтоб, объяснив, как они попали в борьбу известной притчи Метения Агриппы, показать, что это — факт прошедший, принадлежащий гробу и историк, что продолжать эту борьбу обеим сторонам вредно и нелепо. И философия, и естествоведение выросли из временного антагонизма своего, имеют все средства в руках понять, откуда он вышел и а чем состояла сто историческая необходимость, — одно только унаследованное чувство вражды может поддерживать обветшалые и жалкие взаимные обвинения. Им надобно *объясниться* во что бы то ни стало, понять раз навсегда свое отношение освободиться от антагонизма: всякая исключительность тягостна, от не дает места свободному развитию. Но для этого

[387/593]

объяснения необходимо, чтобы философия оставила свои грубые притязания на безусловную власть и на всегдашнюю непогрешительность. Ей по праву действительно принадлежит центральное место в науке, которым она вполне может воспользоваться, когда перестанет требовать его, когда откровенно победит в себе дуализм, идеализм, метафизическую отвлеченность, когда ее совершеннолетний язык отучится от робости перед словами, от трепета перед умозаключением; ее власть будет признана тогда более, нежели признана она будет действительно; иначе: объявляй себя, сколько хочешь, абсолютной, никто не поверит, и частные науки останутся при своих федеральных понятиях¹⁷⁸. Философия развивает природу и сознание *a priori*, и в этом ее творческая власть; но природа и история тем и велики, что они не нуждаются в этом *a priori*, они

178 В истории все *относительно* абсолютно: безотносительно абсолютное — логическое отвлечение, которое за пределами логики тотчас делается относительным.
Прим. автора.

сами представляют живой организм, развивающий логику a posteriori. Что тут за местничество? Наука одна: двух наук нет, как нет двух вселенных; спокон века сравнивали науки с ветвящимся деревом; сходство чрезвычайно верное: каждая ветвь дерева, даже каждая почка имеет свою относительную самобытность, их можно принять за особые растения; но совокупность их принадлежит одному целому, живому растению этих растений — дереву; отнимите ветви — останется мертвый пень, отнимите ствол — ветки распадутся. Все отрасли ведения имеют самобытность, замкнутость, но в них непременно вошло нечто данное, вперед идущее, не ими узаконенное; они, — собственно, органы, принадлежащие одному существу; отделите орган от организма, и он перестанет быть проводником жизни, сделается мертвой вещью, и организм, в свою очередь лишенный органа, сделается искаженным трупом, кучею частиц. Жизнь есть сохраняющееся единство много различия, единство целого и частей; когда нарушена связь между ними, когда единство, связующее и хранящее, нарушено, тогда каждая точка начинает свой процесс: смерть и гниение трупа — полное освобождение частей. Еще сравнение. Частные науки составляют планетный мир, имеющий средоточие, к которому он отнесен и от которого получает свет; но, говоря так, мы не забудем, что свет — дело двух моментов, а не одного; без планет не было бы солнца. Вот этого-то органического соотношения между фактическими науками и философией нет в сознании некоторых эпох, и тогда философия погрязнет в абстракциях, а положительные науки теряются в бездне фактов. Такая ограниченность рано или поздно должна найти выход: эмпирия перестанет бояться

[388/594]

мысли; мысль, в свою очередь, не будет пятиться от неподвижной чуждости мира явлений; тогда только вполне победится вне сущий предмет, ибо ни отвлеченная метафизика, ни частные науки не могут с ним совладеть: одна спекулятивная философия, выращенная на эмпирии, — страшный горн, перед огнем которого ничто не устоит. Частные науки конечны, они ограничены двумя вперед идущими: предметом, твердо стоящим вне наблюдателя, и личностью наблюдателя, прямо противоположной предмету. Философия снимает логикой личность и предмет, но, снимая, она сохраняет их. Философия есть единство частных наук; они втекают в нее, они — ее питание; новому времени принадлежит воззрение, считающее философию отдельной os наук; это последнее — убийственное произведение дуализма; это — один из самых глубоких разрезов

его скальпеля. В древнем мире беззаконной борьбы между философией и частными науками вовсе не было; она вышла рука об руку из Ионии и достигла своего апофеоза в Аристотеле¹⁷⁹. Дуализм, составлявший славу схоластики, носил в себе необходимым последствием расторжение на отвлеченный идеализм и отвлеченную эмпирию; он проводил свой беспощадный нож между самым неразрывнейшим, между родом и неделимым, между жизнью и живым, между мышлением и теми, которые мыслят; и у него по той и другой стороне ничего не оставалось или, хуже, оставались призраки, принимаемые за действительность. Философия, не опертая на частных науках, на эмпирии,— призрак, метафизика, идеализм. Эмпирия, довлеющая себе, вне философии, — сборник, лексикон, инвентарий или, если это не так, она неверна себе. Мы сейчас увидим это.

Факт, бросающийся с первого взгляда в физических науках, состоит в том, что естествоиспытатели только говорят, что они не выходят из эмпирии, а в сущности они почти никогда не остаются в ней; они выходят из пределов опытного ведения, не давая себе отчета, что делают: бессознательно идти в деле наук невозможно, не сбившись с дороги; для того чтоб действительно перейти пределы какого-либо логического момента, надобно, по крайней мере, понять, в чем именно ограниченность исчерпанной формы: ничто в свете не путает так понятий, как бессознательный выход из одного момента в другой. Пока естествоведение в самом деле остается в пределах эмпирии, оно превосходно дагерротипирует природу, оно переводит сущее, частное, феноменальное на всеобщий язык; это — подробный и необходимый кадастр недвижимого имущества науки, это — материал, способный

[389/592]

на дальнейшее развитие, которое, однако, может очень долго не быть: оставаться в пределах такой эмпирии, в самом деле, трудно, почти невозможно; на это надобно бездну воздержности, бездну самоотвержения, гениальность Кювье¹⁸⁰ или тупость какого-нибудь недалёкого специалиста. Естествоиспытателям, так громко и непрерывно превозносящим опыт, в сущности описательная часть скоро надоедает. Им явным

179 Сократ смотрел на физические науки как-то вроде наших филологов; но это была временная размолвка. *Прим. автора.*

180 Жорж Кювье — создатель сравнительной анатомии и палеонтологии. *Прим. ред. соч. Герцена.*

образом не хочется оставаться при одном добросовестном перечне; они чувствуют, что эта не наука, стремятся замешать мышление в дело опыта, осветить мыслью то, что в нем темно, и тут обыкновенно они запутываются и теряются в худо понятых категориях, идут зря, не дают отчета в своих действиях, боятся выпустить из рук предмет, данный чувственной достоверностью, не замечая, что он давно уже изменился; боятся довериться мышлению, и невольно увлекаемые в поток диалектического движения разлагают предмет на его противоположные определения, утрачивая возможность соединить разъединенные начала. Стремление выйти из эмпирии совершенно естественно, — исключительность противна духу человеческому. Чисто эмпирическое отношение к природе имеет животное, но зато животное относится только практически к окружающему миру; оно не довольствуется страдательным рассматриванием естественных произведений и ест их или идет прочь. Человек чувствует непреодолимую потребность восходить от опыта к совершенному усвоению данного знанием; иначе это данное его теснит, его надобно переносить (*subir*), что несовместно с свободой духа. От того-то закоснейшие враги логики и, философии не могли уберечь себя от теоретических мечтаний, иногда не уступающих в нелепости самому трансцендентальному идеализму. Разве химики не имели своей «*quint essentia*»¹⁸¹, своего «всемирного газа», своих теорий происхождения, своей теории флогистона и п-р. Дело в том, что человек больше у себя в мире теоретических мечтаний, нежели в много-различии фактов. Собрание материалов, разбор, изучение их чрезвычайно важны; но масса сведений, не пережженных мыслью, не удовлетворяет разуму. Факты и сведения представляют необходимые документы производимого следствия, — но суд и приговор впереди; он осунется на документах, но произнесет свое. Факты — это только скопление однородного материала, а не живой рост, как бы сумма частей ни была полна. Эмпирики, понимая это инстинктуально, переходят к рассудочным отвлечениям, думая ими уловить целое по частям; таким образом они

[390/596]

теряют предмет, сущий на самом деле, заменяя сто отвлечениями, сущими только в уме. Если бы они откровенно доверялись мышлению, оно их вывело бы из односторонности той же диалектической

181 Квинтэссенция. *Прим. ред. соч. Герцена.*

необходимостью, которая заставила их от непосредственного бытия перейти к рассудочным средствам; оно привело бы их к сознанию конечности такого знания, к сознанию нелепости остановиться в безвыходном круговороте причин и действий, в котором каждая причина — действие и каждое действие — причина, в странном разъединении формы и содержания, силы и проявления, сущности и бытия. Но они не доверяются мышлению; еще более: видя неудачные попытки добраться до истины путем рассудочного движения, они сильнее предубеждаются против всякого мышления; они раскаиваются и том, что потеряли время вне эмпирической сферы. Но зачем же они употребляют логические действия, не давая себе отчета в их смысле? Они воображают, что если они переходят из эмпирии к объяснениям, то весь предмет у них цел и сохранен; в то время как отвлеченные категории не имеют силы зачерпнуть его так, как он есть, рассудок, как гальванический снаряд, или вовсе не действует, или действует, разлагая на две противоположности, — который бы результат его ни взяли. Он односторонен, он — составная часть. В эту туманную среду рассудочного движения поднимаются эмпирики и не идут дальше, — между тем эта среда истинна только как переход, как путь, цель которого — быть пройденным; если бы поняли смысл рассудочной науки, тогда призрачная преграда между опытом и умозрением уничтожилась бы сама собой; теперь же эмпирия на философию и философия на эмпирию смотрят именно сквозь эту среду и видят друг друга с искаженными чертами: эмпирия, встречая усеченную, недействительную рассудочную истину, думает, что это — вина самого мышления; философия ее же принимает за результат опытного ведения. Остановиться на рефлексии хуже, нежели остановиться на эмпирии: все нелепое, все смешное, что вы встретите в физических науках, происходят именно от внешних размышлений и объяснительных теорий¹⁸².

182 Предоставляю себе впоследствии показать несколько разительных примеров теоретических нелепостей наук положительных; теперь укажу вам только на все существующие курсы физики: Бои, Ламе, ГейЛюссака, Дебре, Пульс и пр. и пр. Химия занимается больше делом; ее предмет конкретнее, эмпиричнее; но физика отвлеченее по своим вопросам, и потому она представляет торжество объяснительных гипнотических теорий (т. т. таких, о которых вперед знают, что они — вздор). С самого начала в физике гибнет эмпирический предмет; являются одни общие свойства: материя, силы; потом вводятся какие-то внешние агенты: электричество, магнетизм и пр., даже бедную теплоту попробовали олицетворить в теплотворе, — греческий антропоморфизм природы, только сухой, неизящный. А теория света? Две

[391/597]

Натуралисты, дошедшие до рассудочного движения, воображают, что анализ, аналогия и наконец наведение как дальнейшее развитие обоих — единственные средства узнать предмет, оставляю его неприкосновенным, как он был; а этого-то именно и не нужно и невозможно. Во-первых, анализ не оставляет камня на камне в данном предмете и кончит всякий раз тем, что сведет данное эмпирией на отвлеченные всеобщности; он прав: он делает свое дело; не правы употребляющие его без отчета о его действии и останавливающиеся на нем. Во-вторых, желание оставить предмет как он есть и понять его, не разрешая в мысль, не только иллюгизм, но просто нелепость, частный предмет, явление остается неприкосновенным, если человек, не думая о нем, смотрит на него, когда он к нему равнодушен; если он его назовет, то уже он не оставил его в сфере частных, а поднял во всеобщее. Как же понять смысл явлений, не вовлекая его в логический процесс (не прибавляя ничего от себя, как обыкновенно выражаются)? Логический процесс есть единственное всеобщее средство человеческого понимания; природа не заключает в себе всего смысла своего, — в этом ее отличительный характер; именно мышление и дополняет, развивает его; природа — только существование и отделяется, так сказать, от себя в сознании человеческого, для того чтоб понять свое бытие; мышление делает не чуждую добавку, а продолжает необходимое развитие, без которого вселенная не полна, — то самое развитие, которое

противоположные теории света, обе опровергаемые, обе признанные, потому что есть явления, которые объясняются по одной, а другие - по другой. И как его ни определяют: и жидкостью, и силой, и невесомым! Почему он жидкость, когда невесомы, да такая легкая жидкость? Отчего же гранит не считать претяжелой жидкостью? И что за жалкое определение невесомости! Свет, сверх того, и не пахучее? *Сила* - тоже не лучше! Почему не сказать: свет - *действие*? На силу все можно свести как на достаточную причину явления. Отчего звука никто не называет ни жидкостью, ни силой (хотя Гассенди и толковал об атомах звука)? Отчего никто не называет очертания тела невесомой формой его? На это возразят, что форма присуща телу, звук - сотрясение воздуха. А разве кто-нибудь видел все общество *imponderabilium* (невесомые) вне тел, так - самых по себе? «Да это все одни временные определения для того, чтобы как-нибудь не растеряется; мы сами этим теориям не придаем важности». Очень хорошо, но ведь когда-нибудь надобно же и серьезно заняться смыслом явлений; нельзя все шутить; принимая для практической пользы неосновательные гипотезы, наконец совершенно собьемся с толку. Эта метода делает страшный вред учащимся, давая им слова место понятий, убивая в них вопрос ложным удовлетворением. «Что есть электричество?» Невесомая жидкость. Не правда ли, что лучше было бы, если бы ученик отвечал: не знаю? *Прим. автора.*

начинается со стихийной борьбы, с химического сродства и оканчивается самопознающим мозгом человеческой головы. Хотят ум сделать страдательным приемником, особого

[392/598]

рода зеркалом, которое отражало бы данное, не изменяя его, т.е. во всей его случайности, не усваивая, тупо, бессмысленно; а данное, существующее во времени и пространстве, хотят сделать деятельным началом,— это прямо противоположно естественному порядку. Оттого оно в самом деле никогда и не удастся: воображая ходить на голове, ходят на ногах. Объяснять внешним образом предмет — значит сознаваться, что нельзя его понять, объяснять предмет подобием—средство иногда полезное, но большей частью бедное: никто не прибегает к аналогии, если может ясно и просто высказать свою мысль. Недаром французы говорят: *comparaison n'est pas raison*¹⁸³. В самом деле, строго-логически ни предмету, ни его понятию дела нет, похожи ли они на что-нибудь или нет: из того, что две вещи похожи друг на друга известными сторонами, нет еще достаточного права заключать о сходстве неизвестных сторон. В какие грубые ошибки, например, впадала теология, желая обобщать факты, выведенные изучением альпийских гор, к другим полосам! Когда известен общий закон, то вы ищите его в частном случае не по одной аналогии с другими явлениями, но по логической необходимости. Часто аналогия вытесняет одно эмпирическое представление другим; это попросту называется отводить глаза. Вы ждете, например, объяснения, каким образом общее чувствительное передает нерву, нерв мышцам движение вашей души, а вам вместо понятия подсовывают образ музыканта, натянутых струн, передающих фантазию художника; простой вопрос усложняется; это подобное можно опять свести на что-нибудь подобное, и первоначальный предмет совершенно затеряется в сходстве: это та самая метода, по которой человеческий портрет рядом подобных копий сводится на изображение фрукта. Сюда же принадлежат насильно стесняемые представления, будто бы для вящей понятности: «Если мы представим себе, что луч света состоит из бесконечно малый шариков эфира, касающихся друг друга»... Зачем же я стану себе представлять, что свет солнца падает на меня так, как дети яйца катают, когда я уверен, что это не так? В физических науках принято

183 Сравнение — не доказательство. *Прим. ред. соч. Герцена.*

за обыкновение допускать подобного рода гипотезы, т.е. условную ложь для объяснения; но ложь не остается вне объяснения (иначе она была бы вовсе не нужна), а проникает в него, и вместо истины получается странная смесь из эмпирической правды с логической ложью; эта ложь рано или поздно обличается и по справедливости заставляет сомневаться в истине, спаянной с нею. Химия и физика принимают атомы, — лет двадцать тому назад атомы состав-

[393/599]

ляли основание всех химических исследований. Принимая их, вас предупреждают обыкновенно на первой странице, что естествоиспытателям, собственно, дела нет, в самом ли деле тела состоят из крупинок, чрезвычайно неделимых, невидимых, но имеющих свойства, объем и вес, или нет, — что их принимают так, для удобства. Таким ленивым принятием они сами уронили свою теорию; они виноваты в том, что прошедшая философия

нападала на атомизм с злым ожесточением; она рассматривала его в том бедном виде, в котором атомизм излагался во введениях к курсам физики и химии. Древние атомисты вовсе не шутили атомами; отправляясь от точки зрения, хотя односторонней, но необходимой в общем развитии, стройно и последовательно дошли до атомизма; атом был ими противопоставлен элеатическому воззрению, распускавшему в отвлечениях все сущее; в атомах они видели повсюдную средоточность вещества, бесконечную индивидуализацию его, *для себя бытие*, так сказать, каждой точки. Это один из самых верных, существенных моментов понимания природы: в ее понятии необходимо лежит эта

[394/600]

рассыпчатость и целость каждой части, так же как непрерывность и единство; само собой разумеется, что атомизм не исчерпывает понятия природы (и в этом он похож на динамизм); в нем пропадает всеобщее единство; в динамизме части стираются и гибнут; задача в том, чтоб все эти для себя сущие искры слить в одно пламя, не лишая их относительной самобытности. Динамизм и атомизм явились при входе в нашу эру, торжественно, громадно, во всепоглощающей сущности Спинозы и в монадологии Лейбница. Это две величавые грани, это два геркулесова столба возродившейся мысли, воздвигнутые не для того, чтоб дальше нельзя

было идти, а для того, чтоб нельзя было возвратиться назад. Мы будем иметь случай поговорить в следующих письмах о монадологии, об атомах Гассенди, — но вы уж из этого видите, что атомизм для мыслителей не был шуткой, что атомы представляли для них мысль, истину; атомизм составлял убеждение, верование Левкиппа, Демокрита и др. Физики же с первого слова согласны, что их теория, может быть, вздор, но вздор облегчительный. А почему же они предают атомы и соглашаются, что, может быть, вещество не из атомов. На том же прекрасном основании лени и равнодушия, на котором принимают всякого рода предположения. Если откровенно выразиться, то это можно назвать цинизмом в науке. Пулье говорит: «Может быть, вулканы выбросят когда-нибудь такие тела, у которых атомы будут видимы». Какое же понятие после этого сопрягает Пулье со словом «атом»? А между тем рядом с ними покровительница и благодетельница физики, математика, так логически, так ясно показывает сознательное, рациональное понимание подобных отвлечений. Математика говорит, что линия — бесконечное количество точек, в известном порядке расположенных; она принимает возможность бесконечной делимости пространства; но она понимает то, что говорит; она понимает не *действительность*, а *отвлеченную возможность* делимости: еще более, она вместе с тем понимает и непременно протяжение и то, что действительная форма есть форма стереометрическая; она с мыслью берет точку, линию, площадь и в сознанных ею пределах. Оттого ни один математик не ждет аэролита, у которого точки были бы заметны или у которого бы поверхность отваливалась от тела. Оттого математик никогда не станет делать опытов *бесконечного деления* не станет ни драть слюды, ни капать чернил в бочку воды и после пугать детей расчетом, какая доля чернил в одной этой капле воды. Он знает, если бы бесконечная делимость была фактически возможной, то она не была бы бесконечной. Без всякого сомнения, математика ушла несравненно дальше в мышлении против физики; одна теория бесконечно малых доказывает—

[395/601]

вает это; она не могла стереть с себя близость с логикой, несмотря на все старания; впрочем, не надобно забывать (так, как это делают математики), что она, от Пифагора (начиная, была преимущественно развиваема философами: Декарт, Лейбниц, даже Кант оживили ее и, конечно, Лейбниц не случайно дошел от монадологии до дифференциалов... Но возвратимся к нашему предмету.

Натуралисты готовы делать опыты, трудиться, путешествовать, подвергать жизнь свою опасности, но те хотят дать себе труда подумать, порассудить о своей науке. Мы уже видели причину этой мыслелюбости; отвлеченность философии и всегдашняя готовность перейти в схоластический мистицизм или в пустую метафизику, ее мнимая замкнутость в себе, ее довольство, не нуждающееся ни природой, ни опытом, ни историей, должно было оттолкнуть людей, посвятивших себя естествоведению. Но так как всякая односторонность вместе с плодами производит и плевелы, то и естественные науки должны были поплатиться за узкость своего воззрения, несмотря на то, что оно было втеснено узкостью противоположной стороны. Боязнь ввериться мышлению и невозможность знать без мышления отразилась в их теориях: они личны, шатки, неудовлетворительны; каждое новое открытие грозит разрушить их; они не могут развиваться, а заменяются новыми. Принимая всякую теорию за личное дело, внешнее предмету, за удобное размещение частных фактов, натуралисты отворяют дверь убийственному скептицизму, а иногда и поразительным нелепостям. Явление гомеопатии, например, само по себе не удивительно: во все времена и во всех отраслях ведения были странные попытки новых учений, в которых непременно гнездится маленькая истина в огромной лжи; еще не удивительно, что дамам и парадоксальным умам понравилось лечить зернышками: они петому и поверили в гомеопатию, что она совершенно невероятна. Но как объяснить раскол, овладевший лет десять тому назад учеными врачами. Гомеопатические лечебницы устраивались, издавались журналы, каталогах книг была особая рубрика «*Homeopatische Arzneiunde*». Причина одна: медицина, как и все естественные науки, при всем богатстве материалов наблюдений не идет до того конца развития, которого жаждет человек как животворного начала истины и которое одно может удовлетворить его. Естествоиспытатели и медики ссылаются всегда на то, что им еще не до теории, что у них еще не все факты собраны, не все опыты деланы и т.д. Может быть, собранные материалы, в самом деле, недостаточны, даже наверное так, но не говоря о том, что фактов бесконечное множество и что сколько их ни собирай, конца все не дойдешь, это не мешает поставить надлежащим

[396/602]

образом-- вопрос, развитие действительные требования, истинные понятия об отношении мышления к бытию¹⁸⁴.

Наращение фактов и углубление в смысл нисколько не противоречат друг другу. Все живое, развиваясь, растет по двум направлениям: оно увеличивается в объеме и в то же время сосредоточивается; развитие наружу есть развитие внутрь: дитя растет телом и умнеет; оба развития необходимы друг для друга и подавляют друг друга тол око при одностороннем перевесе. Наука – живой организм, посредством которого отделяющаяся в человеке сущность вещей развивается до совершенно-го самопознания; у нее те же два роста; наращение извне наблюдениями, фактами, опытами – это ее питание, без которого она не могла жить; но внешнее приобретение должно *переработаться* внутренним началом, которое одно дает жизнь и смысл кристаллизующейся массе сведений. Приращение фактическое, подобно осаждающемуся раствору непрерывно растет, тихо, по песчинке набирает слои, не теряет ничего попавшего прежде, всегда готово принять новое, не делая, впрочем, для него ничего более приема; это развитие бесконечного успеха, движение прямолинейное, беспредельное, апатическое, утоляющее и усиливающее жажду в одно и то же время, потому что за рядами подробностей открываются новые ряды, и т.д.; *только* этим путем нельзя достигнуть полного и истинного знания, – а это есть исключительный путь фактических наук. Разум, действуя нормально, развивает самопознание; обогащаясь сведениями, он открывает в себе то идеальное средоточие, к которому все отнесено, ту бесконечную форму, которая все приобретенное употребит на пластическое самовыполнение, ту животворную монаду, которая своей мощью огибает около себя прямолинейный и бесконечный путь бесцельного эмпирического развития и дает ему мету не вне, а внутри себя; там и только там открывается человеку истина сущего, и эта истина – он сам как разум, как развивающееся мышление, в которое со всех сторон втекают эмпирические сведения, для того чтоб найти свое начало и свое последнее слово. Этот разум, эта сущая истина, это развивающееся самопознание, – назовите его философией, логикой, наукой или просто

184 Хотя Александр Македонский и посылал Аристотелю всяких животных, но он наверное знал их меньше, нежели Ламарк, что ему не помешало разделить животных на Schorophora и Namatophora, а это совпадает с Vertebrata (позвоночные) и Avertebrata (беспозвоночные) Ламарка. *Прим. автора.*

человеческим мышлением, спекулятивной эмпирией или как хотите, — беспрерывно превращает данное эмпирическое в ясную, светлую мысль, усваивает себе все сущее, раскрывая идею его. У человека для понимания нет иных кате-

[397/603]

горий, кроме категорий разума; частные науки, враждуя против логики, дерутся ее орудиями, даже переносят ошибки формальной логики к себе¹⁸⁵.

Странное положение естественных наук относительно мышления долго продолжаться не может: они до того богатеют фактами, что нехотя взгляд их делается яснее и яснее. Они неминуемо должны наконец будут откровенно и не шутя решить вопрос об отношении мышления к бытию, естествоведения к философии и громко высказать возможность или невозможность ведения истины, признать, что голоса человека так устроена, что ей *только мерещится* истина, *кажется* такой, что она не может вполне знать или знает только субъективно, что, следовательно, знание человеческое — какое-то родовое безумие, и тогда с Секстом-эмпириком должно сложить руки и, хладнокровно улыбаясь, сказать: «какой вздор вес это!» или понять все отталкивающее такого взгляда, понять, что разумение человека — не вне природы, а есть разумеете природы о себе, что ого разум есть разум, в самом деле, единый, истинный, так, как все в природе истинно и действительно в разных степенях, и что наконец законы мышления — сознанные законы бытия, что, следовательно, мысль несколько не теснит бытия, а освобождает его; что человек не потому раскрывает во всем свой разум, что он умен и вносит свой ум всюду, а, напротив, умен оттого, что все умно; сознав это, придется отбросить нелепый антагонизм с философией. Мы сказали, что фактические науки имели полное право отворачиваться от прежней философии; но эта односторонняя фаза, которой исторический смысл весьма важен, если не совсем миновала, то явно «агонизирует». Философия, не умевшая признать и понять эмпирию, хуже того, умевшая обойтись без нее, была холодна, как лед, бесчеловечно строга; законы, открытые ею, были так широки, что все частное выпадало из них; она не могла выпутаться из дуализма и наконец пришла к

¹⁸⁵ Так, отвлеченные силы, причины, поляризация, оттолкновение и притяжение — все это в физику перешло из логики, из математики и, разумеется, взятое без критики, без связи, утратило настоящий смысл свой *Прим. актора*.

своему выходу: сама пошла навстречу эмпирии, а дуализм смиренно сходит со сцены в виде романтического идеализма, явления жалкого, бедного, безжизненного, питающегося чужой кровью. Эта школа—последняя представительница реформационной схоластики; она тщетно рвется к чему-то иному, недостижимому, несуществующему, к прекрасным девам без тела, к горячим объятиям без рук, к чувствам без груди... и о ней скоро скажут, как о безумной Козлова:

[398/604]

Ждала, ждала,
Не дождалась и умерла!

Мыслители и натуралисты изминают понимать, что им друг без друга нет выхода. Они часто, не зная того, встречаются в главных основаниях своих, останавливаются на тех же вопросах: что же мешает им вполне объясниться? Лень, готовые понятия, предрассудки, идущие из рода в род и равно сильные с обеих сторон. Предрассудки—великая цепь, удерживающая человека в определенном, ограниченном кружке окостенелых понятий; ухо к ним привыкло, глаз присмотрелся, и нелепость, пользуясь правами давности, становится общепринятой истиной. Стоит ли разбирать ее? Покойнее без думы, без обсуживания повторять унаследованные суждения, может быть, в свое время относительно справедливые, но пережившие свою истину. Цеховые ученые и философы приобретают известный круг понятий, известную рутину, из которой не могут выйти. Учениками еще принимают они на-веру основные начала и никогда не думают более об них: они уверены, что покончили с ними, что это — азбука, на которую смешно и не нужно обращать внимания. Из поколения в поколение передаются схоластические определения, разделения, термины и сбивают чистый и прямой смысл начинающего, закрывая ему надолго — часто навсегда — возможность отделаться от них. Не думайте, что одни ограниченные умы платят дань предрассудкам своей касты, — совсем нет! Когда Гете открыл, описал, нарисовал человеческую междучелюстную кость, знаменитый Кампер¹⁸⁶ сказал ему: «Все это прекрасно, но ведь os intermaxillare¹⁸⁷ не существует и человеческой челюсти». Рассказы-

186 Петр Камер - голландский натуралист. *Прим. ред. соч. Герцена.*

187 Междучелюстная кость. *Прим. ред. соч. Герцена.*

вая это, Гете не вытерпел, чтоб не присовокупить¹⁸⁸: «Может быть, назовут юношеской заносчивостью, когда непосвященный ученик осмеливается противоречить записному мастеру своего дела и старается доказать, что он вопреки ему прав; но многолетние опыты научили меня иначе понимать. Вечно повторяемые фразы костенеют в уме, наконец делаются неподвижными убеждениями, и *органы воззрения становятся тупы*... Бывали примеры, что отличные люди в своем ремесле (Handwerk) иной раз сворачивали несколько с торной колеи, но главной дороги они никогда не покидают; они боятся новых путей; им все таки кажется вернее держаться старого». «Свежий человек,—говорит он в другом месте, — «не закуплен», его здоровый глаз сразу может увидеть то, чего приглядевшийся не видит

[399/605]

более». Сверх этого подчинения себя привычке и давно принятому, натуралистов останавливает, задерживает странное понятие о личном праве в науке: они истину изобретают так, как снаряды. Жоффруа Сент-Илер, гениальный человек, без всякого сомнения, чувствовал яснее других потребности опереть естествоведение на более твердых основаниях; он добирался до построяющей идеи, до всеобщего типа, до единства в многообразии естественных произведений и пр. Но, заметьте, он все это хотел сделать помимо родового мышления человечества; он воображал, что он сам лично выдумает все это, требовал привилегии на открытие. Подобно ему каждый мыслящий естествоиспытатель придумывает от себя начало, берет в основу несколько мыслен, ему особенно нравящихся, проводит их через всю книгу,— и теория готова. Совершенная отрезанность естествоведения и философии часто заставляет целые годы трудиться для того, чтоб приблизительно открыть закон, давно известный в другой сфере, разрешить сомнение, давно разрешенное: труд и усилие тратятся для того, чтоб во второй раз открыть Америку, для того, чтоб проложить тропинку там, где есть железная дорога. Вот плод раздробления наук, этого феодализма, окапывающего каждую полосу земли валом и чеканящего свою монету за ним. Философ знать не хочет факты, кичится неведением практических интересов и как только начнет из своих всеобщих законов снисходить к частности, т.е. к действительности, теряется; эмпирик— наоборот.

188 Gothe's Werke, т. XXXVI, zur Osteologie etc. Прим. автора.

Однако же с начала нашего века начало раздаваться слово *примирение*; оно раздавалось не даром: туман накинёт падать. Рассказ главных событий этого замирения будет предметом будущих писем; теперь только несколько слов вообще.

К концу XVIII в. в тиши кабинетов, в головах мыслителей готовился такой же грозный и сильный переворот, как в мире политическом. Состояние умов было страшно:—все крутом рушилось: общественный быт, понятия о добре и зле, доверие к природе, к человеку, к вере — и вместо утешения критическая философия и скептический эмпиризм. Два неверия, два скептицизма — и развалины кругом. Критическая философия нанесла страшный удар идеализму; сколько ни боролся против него эмпиризм, идеализм устоял; но вышел человек из среды его и тяжелым ударом поставил его на краю гроба. Велик был этот человек в своей беспощадной, неподкупной логике; распадение его с догматизмом было глубоко, обдуманно: он искал одной истины и не останавливался ни перед чем; он поставил эти страшные кавдинские фурукули, называемые антиномиями, и хладнокровно прогнал под них святейшие достояния мысли человеческой. Вполне воскреснуть идеализму после Канта было не-

[400/606]

возможно, — разве в каких-нибудь частных, абнормальных явлениях; вес склонилось перед гениальной мощью его. Но воззрение это тяжело; была сильна стоическая грудь Фихте, но и та не могла его вынести; невозможность безусловного знания клала непореходимую грань между человеком и истиной. От такого воззрения можно сойти с ума, впасть в отчаяние. Гердер, Якоби старались спасти от кантовского кораблекрушения идеи им милые и дорогие, но чувство — дурной оплот в логическом бою; наконец нашлась алмазная грудь, спокойно и бесшумно противопоставившая критической философии свои глубокий реализм, это был Гете. Он бил одарен в высшей степени прямым взглядом на вещи: он знал это и на все *смотрел сам*; он не был школьный философ, цеховой ученый, он был мыслящий художник; в нем первом восстановилось действительно истинное отношение человека к миру, его окружающему; он собою дал естествоиспытателям великий пример. Без всяких дальних приготовлений он сразу бросается *in medias res*¹⁸⁹; тут он эмпирик, наблюдатель; но

189 В гущу вещей. Прим. ред. соч. Герцена.

смотрите, как растет, развивается из его наглядки понятие данного предмета, как оно разворачивается, опертое на свое бытие, и как в конце раскрыта мысль всеобъемлющая, глубокая. Прочитайте его *Metamorphose der Pflaten*, прочитайте его остеологические статьи, и вы разом увидите, что такое реальное, истинное понимание природы, что такое спекулятивная эмпирия. Для него мысль и природа – *aus einem Guss*. «*Oben die Geister und unten der Stein*»¹⁹⁰, для него природа – жизнь, та же жизнь, которая в нем, и потому она ему понятна и, более того, она звучна в нем и сама повествует нам свою тайну. Вслед за ним из среды отвлеченной науки раздался голос, определявший истину единством бытия и мышления; он обращал философию к природе как к необходимому дополнению, как к своему зеркалу. Торжественно было зрелище возвращающегося на землю человечества в лице передовых людей своих – в лице поэта-мыслителя и мыслителя-поэта, склонявшихся на родную грудь общей матери. Это было разом возвращение блудного сына и спасение метафизика из ямы.

Шеллинг, как *Виргилий Данту*, только указал дорогу, но так указывает и таким перстом один гений. Шеллинг принадлежит к тем великим и художественным натурам, которые непосредственно, инстинктуально, вдохновенно овладевают истиной.

В нем всегда что-то было родное *Платону* и *Якову Бему*. Этот процесс ведения – тайна гения, а не науки; тайны этой он пере-

[401/607]

дать не может так, как художник не может передать акта творчества: но вдохновенный язык его вызывает к истине и к пониманию, основываясь на предшествующем сочувствии человека к истине. Шеллинг – *vates*¹⁹¹ науки. Гете создавал себя таким, каким он был; он в письмах к Шиллеру говорит, что у него нет никакой способности наукообразно развить свои мысли: он учит на деле, он до высочайшей степени практичен, он умеет спускаться в подробности, не теряя общего. Шеллинг, напротив считал себя по превосходству философской, спекулятивной натурой и потому живое свое сочувствие и предведение старался заморить схоластической формой; он победил в себе идеализм не на деле, а только на словах. Его не практическая, не реальная натура всего яснее видна из того,

¹⁹⁰ Одно и то же: «вверху духи, внизу камень». *Прим. ред. соч. Герцена.*

¹⁹¹ Прорицатель. *Прим. ред. соч. Герцена.*

что он, занимаясь по преимуществу философией природы, никогда не занялся положительным изучением какой-либо отрасли естественных наук. Его эрудиция огромна, но он знает энциклопедию естествоведения, он гениальный дилетант. Гете, например, – специалист, когда это нужно, ученик в анатомическом театре, наблюдатель, рисовальщик; он работал, делал опыты, изучал практически целые годы остеологию; он знал, что без специальности общая теория все будет отзывать идеализмом; что собственный взгляд в естествоведении то же, что чтение источников в истории; оттого он вдруг внезапно открывает целый мир, совершенно новую сторону своего предмета. Эмпирики никогда не отрекались от Гете: все великие мысли его примяты ими, оценены¹⁹²; а Шеллинга, протягивавшего им руку философии, они не поняли и не признали. Натуралисты, последователи Шеллинга, взяли формальную сторону его умения; дух, веющий в его писаниях, не был ими схвачен; они не умели раздуть искры глубокого созерцания, рассеянные у него везде, в светлую струю пламени. Нет, они соорудили из его воззрения какое-то странное здание метафизико-сентиментальное; схоластическая сухость сочеталась у них с чисто-немецкой гемютлихкейт. Не то чтоб они научнообразно или систематически изложили по началам Шеллинга философию природы: они ваяли две – три общих формулы, сухие я отвлеченные, и на них прикидывали все явления, всю вселенную. Эти формулы – точно мера в рекрутских присутствиях: кто бы ни вошел в нее, выйдет солдатом. Даже те из натурфилософов, которые принесли много пользы фактической части своей науки, не избегли ни формализма, ни сентиментальности. Возьмите, например, Каруса: он

[402/608]

делал бездну пользы физиологии, но что он пишет в своих общих взглядах, в введениях? Что за разглагольствование, что за мысли?! Жалеешь, что дельный человек так компрометируется. Выше их всех стоят Окен, но и его нельзя совершенно изъять. В природе Окена неловко и тесно и сверх того не менее догматизма, как у других; видна широкая и многообъемляющая мысль, но в том-то и вина Окена, что она видна как мысль: природа как-будто употреблена им для того чтоб подтвердить ее. Естествоведение Окена явилось с немецким притязанием на безусловное

¹⁹² Например его мысль о том, что череп есть развитие позвонков; его превращение частей растения, os intermaxillare и сотни заметок остеологических. С. у Жоффруа Сент-Илера, Де-Кандоля и пр. *Прим. автора.*

значение, на оконченную архитектонику. Вспомните замечание, сделанное нами выше, что идеализм делается недоступен ничему, кроме своей *idée fixe*; он не уважает настолько фактический мир, чтоб покоряться его возражениям.

Не помню, где и когда я читал какую-то статью Эдгара Кине¹⁹³ о немецкой философии: статья не очень важная, но в ней было премилое сравнение немецкой философии с французской революцией. Кант — Мирабо. Фихте — Робеспьер, а Шеллинг

— Наполеон; вообще это сравнение не чуждо некоторой верности: я сам готов сравнить Шеллинга с Наполеоном, только обратно Эдгару Кине: ни империи Наполеона, ни философия Шеллинга устоять не могли—и по одной причине; ни то, ни другое не было вполне организовано и не имело в себе твердости ни отрезаться от прошлых односторонностей, ни идти до крайнего последствия. Наполеон и Шеллинг явились миру, провозглашая примирение противоположностей и снятие их новым порядком вещей. Во имя этого нового порядка вещей признали Бонапарте императором, пушечный дым не помешал наконец разглядеть, что Наполеон остался в душе человеком прошедшего. Исторический маскарад *à la Charlemagne*¹⁹⁴ (в котором Наполеон оделся очень не к лицу, окруженный своими терцогамми-смолдатами, была *intermedia buffa*¹⁹⁵, за которой следовало Ватерлоо с настоящим герцогом во главе. Шеллинг в своей области поступал так, как Наполеон: он обещал примирение мышления и бытия, но провозгласив примирение противоположных направлений в высшем единстве, остался идеалистом, в то время, как Окен учреждал шеллинговское управление над всей природой и «Изида»¹⁹⁶ — «Монитор»¹⁹⁷ натурфилософии — громко назвала а свои победы. Шеллинг одевался в Якова Бема «и начинал задумывать реакцию

[403/609]

самому себе для того, между прочим, чтоб не сознаться, что он обойден. Шеллинг вышел вверх ногами поставленный Бем, так, как

193 Эдгар Кине — французский историк и поэт. *Прим. ред. соч. Герцена.*

194 Под Карла Великого. *Прим. ред. соч. Герцена.*

195 Комический дивертисмент. *Прим. ред. соч. Герцена.*

196 Немецкий журнал. *Прим. ред. соч. Герцена.*

197 «Moniteur» (Вестник), так называлась одно время официальная газета во Франции. *Прим. ред. соч. Герцена.*

Наполеон — вверх ногами поставленный Карл Великий. Это худшее, что может быть, потому что чрезвычайно смешно. Яков Бем, полный мистического созерцаия, выходит во все стороны к глубокому философскому воззрению, и если его язык труден и заключен в схоластико-мистической терминологии, тем удивительнее гениальность его, что он умел этим неловким языком высказать великое содержание своей мысли; живя я начале XVI столетия, он имел твердость не останавливаться на букве, имел мужество принимать консеквенции, страшные для боязливой совести того века; мистицизм не только не подавлял его мощного разума, но окрылял его, Шеллинг, совсем напротив, сделал опыт от глубокого наукообразного воззрения спуститься к мистическому сомнамбулизму, — мысль заделать в иероглиф. Следствие этого было очень печальное: люди истинно религиозные и люди нерелигиозные отреклись от него и уступили ему маленькую Эльбу в берлинском университете. Окен остался один с «Изидой». Неудачная борьба с естествоиспытателями, их неприятная манера возражать фактами сделали его капризным, ожесточили. Он неохотно говорит с иностранцами о своей системе; он пережил эпоху полной славы ее и разве в тиши готовит что-нибудь... Надобно надеяться, по крайней мере, что он не попробует писать зоологию стихами, как, было, придумал Шеллинг для своей теории. Все успехи о естествоведении совершались вне натурфилософии. Эмпирики не доверяли ей, боялись ее трудного языка, ее общих взглядов, ее практического настроения, ее восторженной сентиментальности. Кювье предостерегал Парижскую академию наук от зарейнских теории; Кузен еще радикальнее предостерегал своими лекциями от распространения во Франции идеализма. Впрочем, французы одарены таким верным взглядом на вещи, что их нельзя сбить с толку. Они скоро поймут германскую науку. Будьте уверены: не тупость французов причиной, что германская наука не переплывала Рейна.

Первый пример наукообразного изложения естествоведения представляет гегелова «Энциклопедия». Его строгое, твердо проведенное воззрение почти современно Шеллингу (он читал в первый раз философию природы в 1804 г. в Иене); им замыкается блестящий ряд мыслителей, начавшийся Декартом и Спинозой. Гегель показал предел, далее которого германская наука не пойдет; в его учении явным образом содержится выход токмо из пего, но вообще из дуализма и метафизики. Это было последнее, самое мощное усилив чистого мышления, до топорное истине и полное реализма, что, вопреки себе, оно беспрестанно и везде перегибалось в действительное мышление. Стро-

гие очертания, гранитные ступени энциклопедии не стесняют содержания так, как борт корабля не мешает взору погружаться бесконечность моря. Правда, логика у Гегеля хранит свое притязание на неприкосновенную власть над другими сферами, на единую, всему довлеющую полноту; он как-будто забывает, что логика потому именно не жизненная полнота, что она ее победила в себе, что она *отвлелась* от временного; она отвлеченна потому, что в нее вошло одно вечное; она отвлеченна потому, что абсолютна; она – знание бытия, по не бытие; она выше его, и в этом ее односторонность. Если бы природе достаточно было знать, – как подчас вырывается у Гегеля, – то, дойдя до самопознания, она сняла бы свое бытие, пренебрегла бы им; но ей бытие так же дороге, как знание: она любит жить, а жить можно только в вакхическом кружении временного; а сфере всеобщего шум и плеск жизни умолк; гений человечества колеблется между этими противоположностями; он, как Харон, беспрестанно перевозит из временной юдоли в вечную; эта переправа, это колебание – история, и *в ней* собственно все дело, а совсем не в том, чтоб переехать на ту сторону и жить в отвлеченных и всеобщих областях чистого мышления. Не только сам Гегель понимал это, но Лейбниц полтора века назад говорил, что монада безвременного, конечного бытия расплывается в бесконечность при полной невозможности определиться, удержать себя: Гегель всей логикой достигает до раскрытия, что безусловное есть подтверждение единства бытия и мышления. Но как дойдет до дела, тот же Гегель, как и Лейбниц, приносит все временное, все сущее на жертву мысли и духу; идеализм, в котором он был воспитан, который он всосал с молоком, срывает его в односторонность, казненную им самим, и он старается подавить духом, логикой природу; всякое частное произведение ее готов считать призраком, на всякое явление смотрит свысока.

Гегель начинает с отвлеченных сфер для того, чтоб дойти до конкретных; но отвлеченные сферы предполагают конкретное, от которого они отвлечены. Он развивает безусловную идею и, развив ее до самопознания, заставляет ее раскрыться временным бытием; но оно уже сделалось ненужным, ибо помимо его совершен тот подвиг, к которому временное назначалось. Он раскрыл, что природа, что жизнь развивается по законам логики; он фаза в фазу проследил этот параллелизм, – и это уж не шеллиговы общие замечания, рапсодические, не связанные, а целая система, стройная, глубокомысленная, резанная на меди, где в каждом ударе отпечатлелась гигантская сила. Но Гегель хотел природу и историю

как *прикладную логику*, а не логику как отвлеченную разумность природы и истории. Вот причины, почему эмпирическая наука осталась так же хладнокровно глуха

[405/611]

к энциклопедии Гегеля, как к диссертациям Шеллинга. Нельзя отрицать глубокого смысла и верного взгляда этих жалких эмпириков, над которыми так заносчиво издевался идеализм. Эмпирия была открытой протестацией, громким возражением против идеализма,— такой она и осталась: что ни делал идеализм — эмпирия отражала его. Она не уступила шагу¹⁹⁸. Когда Шеллинг проповедывал свою философию, большая часть философов думала, что время сочетания науки мышления с положительными науками настало: эмпирики молчали. Философия Гегеля совершила это примирение в логике, приняла его в основу и развила через все обители духа и природы, покоряя их логике, — эмпиризм продолжал молчать. Он видел, что прародительский грех схоластики не совершенно стерт еще. Без сомнения, Гегель поставил мышление на той высоте, что нет возможности после него сделать шаг, не оставив совершенно за собой идеализма: но шаг этот не сделан, и эмпиризм хладнокровно ждет его; зато, если дождется, посмотрите, какая новая жизнь разольется по всем отвлеченным сферам человеческого ведения! Эмпиризм, как слон, тихо ступает вперед, зато уже ступит хорошо.

Смешно винить не только Гегеля, но и Шеллинга, что они, сделав так много, не сделали еще больше; это была бы историческая неблагодарность. Однако нельзя же не сознаться, что как Шеллинг не дошел ни до одного верного последствия своего воззрения, так Гегель не дошел до всех откровенных и прямых результатов своих начал, — *impliciter*¹⁹⁹ в нем все они предсуществуют, — все сделанное после Гегеля состоит только в развить того, что не развито у негр. Гегель понимал действительное отношение мышления к бытию, но понимать не значит вполне отречься от старого: оно остается в правах, в языке, в привычке. Путями отвлечений он понял свою отвлеченность и удовлетворился этим пониманием. Никто из рожденных в плену египетском не вошел в обетованную землю, потому

198 Нужно ли повторять, что эмпиризм в крайностях своих нелеп, что его ползание на четвереньках так же смешно, как нетопырьи полеты идеализма: одна крайность вызывает всегда такую же крайность с противоположной стороны. *Прим. автора.*

199 Скрытно. *Прим. ред. соч. Герцена.*

что в их крови оставалось нечто невольническое: Гегель своим гением, мощью своей мысли подавлял египетский элемент, и он остался у него больше дурной привычкой; Шеллинг же был подавлен им. Гете не подавлял и не был подавлен!

Но пора заключить мое длинное послание.

Признаюсь откровенно, что, принимаясь писать к вам, я не сообразил всей трудности вопроса, всей бедности сил и знаний,

[406/612]

всей ответственности приняться за него. Начав, я увидел ясно, что не в состоянии исполнить задуманного, однако не бросаю пера. Если я не могу сделать то, что хотел, буду доволен тем, если сумею возбудить любопытство узнать ясно и в связи то, о чем расскажу рапсодически и бедно. Польза от такого рода *Vorstuden*²⁰⁰, как эти письма, только приготовительная; она знакомит общим образом с главными вопросами современной науки.

Рис. 72. Аллегория опасное и распространяемых книгами знаний. Мало искусности (в ремесле) и много книг.

Это годится лишь для глупых людей. Тому нужно много книг, кто живет как хороший христианин и праведно поступает, Гравюра из книги 7620.

устраняя ложные и неверные мнения, обветшалые предрассудки и делает доступнее науку. Наука кажется трудной не потому, чтоб она была в самом деле трудна, а потому, что иначе не дойдешь до ее простоты, как пробившись сквозь тьму тем готовых понятий, мешающих прямо видеть. Пусть входящие вперед знают, что весь арсенал ржавых и негодных орудий, доставшихся нам по наследству от схоластики, негоден, что надобно пожертвовать вне науки составленными воззрениями, что, не отбросив все *полулжи*, которыми для понятности облачают *полуистины*, нельзя войти в науку, нельзя дойти до целой истины.

Что касается до главных оснований, они не мои: они принадлежат современному воззрению на науку и тем сильным органам, которыми оно оглашается. Мое – только изложение и добрая

200 Предварительное изучение. Прим. ред. соч. Герцена

[407/613]

воля. Один принц, эмигрант, раздавая, помнится, в Митаве, табакерки и перстни, присланные ему императрицей Екатериной, присовокупляя: «De ma part ce R'est que le mouvement du bras et la bonne volonté»²⁰¹, — я повторю вам его слова²⁰².

ПИСЬМО ПЯТОЕ

СХОЛАСТИКА

(Сгр . 113-115)

... Многие воображают, что последние три столетия так же отделены от средних веков, как средние века от древнего мира; это несправедливо; века реформации и образованности представляют последнюю фазу развития католицизма и феодальности; может быть, они во многом перешли круг, которого очертание сделано было из Ватикана, но тем не менее они представляют органическое продолжение предыдущего; все основы социализма западноевропейского остались неприкосновенными, христианство осталось нравственной основой жизни; новое понятие о праве выросло на той же почве римского, канонического и варварского права: различие его состояло не а различии оснований, а в ином (часто

201 «С моей стороны — здесь только движение руки и добрая воля». *Прим. ред. соч. Герцена.*

202 Может быть не вовсе излишним будет обратить внимание читателей, что слова «идеализм», «метафизика», «отвлечение», «теория» принимаемы были в том крайнем значении, где они ложны, исключительны. Если эти слова принять в смысле более общем, взятом не из исторического определения, если им подsunуть определения идеальные, выйдет не то; но я прошу тогда вспомнить, что я их не в том смысле принимаю; для меня эти слова — лозунги, знамена одностороннего направления, указывающие сразу больное место. Разумеется, Аристотель не в этом смысле употреблял слово «метафизика»; всякого человека, рассматривающего природу не как съестной припас, а как нечто познаваемое, можно назвать метафизиком так, как всякого мыслящего — идеалистом. Я счел обязанностью сказать в каких пределах приняты мною эти слова. Если они не нравятся, пусть читатель заменит их другими — *le fond de la chose* (суть дела) остается то же, а мне только в нем и дело. Еще одно замечание; о методе его едва знают во Франции, ко тем не менее гегелизм имел большое влияние на естествознание, — влияние, которого источник натуралисты не могут узнать, но которое очевидно и в Либихе, и в Бурдахе, и в Распайде, и во многих других, хотя большая часть их отречется, наверное, от сказанного нами, Они сами не знают, как приняли в себя из окружающей среды то направление, в котором ведут науку. Постараюсь в одном из последующих писем доказать сказанное здесь. *Прим. автора.*

произвольном) толковании их, более сообразном с новой степенью образованности. Ни Лютер, ни у Сократа, у Платона, переходивших во многом цикл афинской Вольтер не правели огненной черты между былым и новым, как Августин; у них такая черта не имела бы смысла точно так, как

[408/614]

жизни, но принадлежавших к ней. Противоположность христианского воззрения с древним требовала не *переделки*, а пересоздания. Древний мир, чувственный, художественный, все принимавшей с легкостью и с юношеской улыбкой, везде пробивался к мысли и нигде не мог отрешиться от непосредственности, нигде не умел идти до крайних выводов. Его наука была поэма, его художество было религией, его понятие о человеке не разделялось с понятием гражданина, его республика поддерживалась страшно задавленной кариатиadou невольничества, его нравственность состояла из юридических обязанностей²⁰³; он уважал в согражданине монополию, привилегию, а не человеческую личность его. Юношеский мир этот был увлекательно прекрасен и с тем вместе непростоительно легкомыслен; философствуя, он отталкивал важнейшие вопросы, потому что они не так легко разрешались, или удовлетворялся легкими решениями их; утопая в роскоши и наслаждениях, он не думал о темном подвале, в котором стонут в колодках рабы, возвратившиеся с поля. Вдруг прелестные декорации, ограничивавшие горизонт древнего мира, исчезли, — открылась бесконечная даль, которой и не подозревал мир гармонической соразмерности; основы его показались мелки в этом безбрежии, а лицо человека, потерянное в гражданских отношениях древнего мира, выросло до какой-то недосягаемой высоты, искупленное словом божиим. Непосредственные и гражданские определения оказались второстепенными; личность христианина стала выше сборной личности города; ей раскрылось все бесконечное достоинство ее, — евангелие торжественно огласило права человека, и люди впервые услышали, *что они такое*. Как было асе перемениться всему! Древняя любовь к отечеству, высокая и прекрасная, но ограниченная и несправедливая, заменяется любовью к ближнему, узкая национальность — единством в вере; Рим с гордостью

203 Если некоторые мыслители стояли выше общественного мнения о нравственности, то это только значит, что они уже перешли предел древнего воззрения. В этом отношении, может быть, Сенека всех выше, — потому то и стоит на самом краю древнего мира. Прим. автора.

удостаивал избранных правом своего гражданства, — христианство предлагало всем крещение водой. Древний мир верил безотчетно в природу, в ее действительность, принимал ее как факт, принимал, потому что видел своими глазами; для него природа была все, за ее пределами — ничего; он видел во временном естественном вечное и духовное, он видел в красоте высшее выражение высшего, никогда не мог оторваться от природы, — и оттого никогда не знал ее. Новый мир именно в материальную природу, в явления и не верил; он отвергал действительность переходящего, верил событию духовному, прини-

[409/615]

мал красоту за низшее выражение высшего, не был пластичен, чувствовал свой разрыв с природой и стремился к духовному примирению с ней в мышлении, к искуплению природы в себе. Древний мир жил в настоящем, вспоминал часто бывшее, но о будущем не думал; а если и являлась страшная мысль рока, преследовавшая его беспрестанно, то это для того, чтобы толкнуть человека к наслаждениям советом вроде *pop curiamo l'incerto domani*²⁰⁴ — застольной песни из «Лукреции»²⁰⁵; оттого — этот упоительный, чувственный *bien être* в жизни, эта роскошь в наслаждениях, эта страстная нега, доходящая до поэтической увлекательности и до отвратительной животности, в сравнении с которой наш комфорт жалок и наш разврат смешан. Для древнего мира как-будто не было жизни за гробом; Ахилл сказал Улиссу в преисподней, что он пошел бы в рабы, лишь бы на землю; мысль о смерти иногда страшила их, мысль о будущей жизни почти новее не занимала никого. Вера в бессмертие сделалась, напротив, одной из краеугольных основ христианства; признавая вечность свою и преходимость естественного, человек совсем иначе взглянул на все окружающее его. «Два града сделали две любви: земной град — любовь к себе до пренебрежения богом; град небесный — любовь к богу до пренебрежения собою» (*De Civ. Dei*).

(Стр. 116-124)

Научный интерес того времени сосредоточился в схоластике. Схоластика — неловкий, жесткий и сухой амфибий — заменяла истинную

204 «Не будем заботиться о неверном завтра». *Прим. ред. соч. Герцена.*

205 «Лукреция Борджиа», опера Доницетти. *Прим. ред. соч. Герцена.*

науку до самых времен негодующего беспокойства и освобождения теоретической деятельности в XVI в. Отношение свое к истине и к предмету схоластика определяла странно, чисто формально и совершенно несамостоятельно. Не думайте, чтоб схоластика была вообще христианской мудростью, — нет, ее ищите в отцах церкви первых веков, особенно восточных. Схоластика была и не вполне религиозна и не вполне наукообразна; от шаткости в вере она искала силлогизма, от шаткости в логике она искала верования; она предавала свой догмат самому щепетильному умствование и предавала умствование самому буквальному принимайте догмата. Она одного боялась, как огня: самобытности мысли; ей лишь бы чувствовать помочи Аристотеля или другого признанного руководителя. О естествоведении не может быть и речи, схоластика так презирала природу, что не могла заниматься ею; природа страшно противоре-

[410/616]

чила их дуализму; природа не брала участия в бесконечных спорах схоластиков; какого же она могла ожидать участия от них, убежденных, что высшая мудрость только и существует в их определениях, разделах и пр.? Вообще они считали природу подлой работой, готовой исполнять своевольную прихоть человека, потворствовать всем нечистым побуждениям, отрывать от высшей жизни, и в то же время они боялись се тайного демонического влияния, уверенные, что вся вселенная находится в личных отношениях с каждым человеком, неприязненных или мирволящих. Ясно, что вместо естествоведения явились астрологии, алхимия, чародейство. С ограниченной точки зрения схоластического дуализма значение всего естественного определялось превратно: все хорошее отнимали у природы и ставили вне ее, хотя никто и не спрашивал, где собственно ее пределы; все естественное, физическое покрывали завесой, стыдились тела, в нем видели распутную наложницу духа и скорбели об этой связи. Люди того времен представляли себе внутри земного шара Люцифера, жующего Иуду и Брута, к которым тяготит все тяжелое мира вещественного и все злое мира нравственного. Они хотели попать ногами, уничтожить временное, хотели не знать его; дуализм схоластики не имеет в себе ничего всех скорбящего, примиряющего, исполненного любви, хотя говорит об ней очень много; это — апофеоз отвлеченного, формального мышления, апофеоз личности эгоистической, сознавшей достоинство свое, но недостойной еще понять его не нравом пренебрежения природой, а правом освобождения себя и природы в действительном, все любящем

мышлении. Схоластики не уразумели настолько христианства, чтоб понять искупление *не отрицанием конечного, а спасением его*. Христианство снимает собственно дуализм — суровое воззрение католических теологов не могло постигнуть этого²⁰⁶. Заметьте, это — одна из существеннейших ошибок западного воззрения, вызвавшая впоследствии только сильное противодействие. Оно придало средним векам их угрюмый, натянутый, темный характер. Мир схоластический печален; это — мир искусства, мир уничтожения всего непосредственного, мир скучного формализма и мертвенного взгляда на жизнь; мысль перестала быть «доблестной потребностью», как называл ее Аристотель; она мучит, терзает средневекового человека; она сознала всю мощь раздвоения и прошла между сердцем и умом, между подлежащим и сказуемым, между духом и материей, желая все торжество предоставить внутреннему и им посрамить все внешнее. Единство бытия и мышления шло так же вперед у древних,

[411/617]

как их противоречие у схоластиков; иначе не возникли бы и знаменитые споры неминалистов и реалистов. Пример какого-нибудь Рожера Бэкона, не презирающего опыта, какого-нибудь Раймунда Луллия²⁰⁷, бросающегося между тысячью фантастическими и поэтическими затеями на химию, ничего не доказывает; такие отрывочные явления не имеют связи со всем окружающим; рассудочный, сухой спиритуализм, буквальные толкования, логические уловки, диалектические дерзости и раболепие перед авторитетом — таков характер схоластики до реформации, до XVI в. В конце этого века погиб Петр Рамюс за то, что смел восстать против Аристотеля; Джордано Бруно и Ванини²⁰⁸ были казнены за их ученые убеждения; один в 1600, другой в 1619 г. Какая же действительная наука могла развиваться в этой душной и узкой атмосфере? Одна формалистика — бедный плющ, выросший на тюремной ограде, — прозябала в ней; ее томный, лунный свет был без теплоты и самобытности; ее вопросы²⁰⁹ были так далеки

206 Апостол Павел к коринфянам говорит: «Вся тварь ждет искупления». Этого не хотели понять схоластики. *Прим. автора.*

207 Раймонд Луллий — испанский алхимик и писатель. *Прим. ред. Соч. Герцена.*

208 Предметы споров у схоластиков иногда поразительны; например: «Адам в первобытном состоянии знал ли Liber sententiarum Петра Ломбардского + или нет? *Прим. А. И. Герцена.*

209 То будет убито этим. *Прим. ред. Соч. Герцена.*

от жизни и так мелочны, что ревнивая цензура папская выносила ее. Ученые занятия в это время получили характер чисто книжный, которого они в древнем мире не имели; кто хотел знать, — развертывал книгу, от жизни же и от природы отворачивался. Схоластики искали истину позади себя, они хотели ей *выучиться*, они думали, что она целиком написана и, разумеется, не двигались вперед. Характер этот частью перешел в кровь немецких ученых.

Наконец после тысячелетнего беспокойного сна человечество собрало новые силы на новый подвиг мысли, в XV в. пробуждаются иные требования, станет утренним воздухом Настала эпоха переделывания. Внимание людей обращалось более и более на реальные предметы, на морские путешествия, совершенные тогда на новую часть земного шара, на странную и отчасти обидную для схоластиков мысль Коперника, на то тихое, незаметное открытие, сделанное в душевной мастерской, перед горном, за станком литейщика, о котором алхимик Клод Фролло сказал смиренному аббату *beati Martini*: «*Ceci tuera cela*»²¹⁰; но оно убило не зодчество, а темноту. В Италии всего ранее раздалась но-

[412/618]

тель классического искусства и поэт на вульгарном наречии²¹¹ хотел восстановить его; ему рукоплескал Петрарка, восстановитель классического искусства и поэт на вульгарном наречии. Греки наезжали из Визант и приводили с совой руно, схороненное в них в продолжение десяти веков. Друг Козьмы Медичи, Марзилий Филин, превосходно переводил Платона. Прошла и Плотина. Самое изучение Аристотеля получило новый характер; доселе Аристотель был каким-то подавляющим гнетом, его изучали формально, механически, по уродливым переводам; теперь взяли подлинник. Правда, умы были до того развращены схоластикой, что ничего не умели понимать просто; чувственное воззрение на предметы было притуплено, ясное сознание казалось пошлым, а пошлая логомахия без содержания, опертая на авторитеты, была принимаема за истину; чем узорчатее, щеголеватее, непонятнее были формы, тем выше ставили писателя. Томы вздорных комментариев писались об Аристотеле; таланты, энергия,

210 Знаменитый схоластик XII в. Главное его творение: «Книга сентенций», имевшая очень большое влияние. Прим. ред.

211 Кола (Николай) Риенци — знаменитый римский трибун XIV в. *Прим. ред. соч. Герцена.*

целые жизни тратились на самую бесполезнейшую логомахию; но между тем горизонт расширялся; собственное изучение древних писателей по-неволе заносило мысли, свежие и живые; влияние их было неизмеримо. Слабая, непривычная к самомышлению, ленивая и формальная способность средневековых умов не могла сама собой отрешиться от безжизненной формалистики своей; у нее не было человеческого языка, на котором можно было бы говорить дело; наконец ей было стыдно говорить о деле, потому что она считала его вздором.

Вдруг найдена чужая речь, готовая, стройная, выражавшая превосходно то, чего схоластические доктора и не умели и не смели высказать; мало этого— чужая речь опиралась на славные имена. Чувствующие свое несовершеннолетие нашли новые авторитеты и восстали против старых. Все заговорило цитатами из Вергилия, Цицерона, а от Аристотеля, напротив, стали отсекаться. Патрици²¹² представил в половине XVI в. папе Григорию XIV сочинение, в котором обращал его внимание на противоречие аристотелевского учения с церковью; этого противоречия не заметили лет пятьсот к ряду добрые схоластики и доказывали догматы Аристотелем, Аристотеля — догматами. Наконец в одном из древнейших средоточий схоластики, и чуть ли те в самом главном, в Париже, явился Гусе перипатетизма — Пьер la Ramèe²¹³ и объявил, что он против всех готов защищать тезис:

[413/619]

«Все учение Аристотеля ложно». Крик негодования раздался между учеными, он дошел до дворца Франциска I; король назначил над ним суд, для того чтобы осудить его. Рамюс защищался, как лез, но пощады не было; его прогнали, обвинили, и он после этого пошел скитаться по всей Европе, изгоняемый и преследуемый, бранясь, переезжая с места на место. Пятьдесят лет боролся этот человек с Аристотелем и наконец погиб в борьбе. Он проповедывал против Стагирита точно так же, как гугеноты проповедовали против папы. Сходство его с протестантами очень велико; он был прозаичнее, — может быть, пошлее, плоче своих врагов, плоче многих комментаторов Аристотеля (Помпоначио²¹⁴, например), — но у него были практические и своевременные требования; он гнушал-

212 Франческо Патрици — итальянский поэт и философ. Прим. ред. соч. Герцена.

213 Франческо Патрици — итальянский поэт и философ. Прим. ред. соч. Герцена. Это было прозвище Петра Рамюса. Прим. ред. соч. Герцена.

214 Помпоначио — итальянский философ XV в. Прим. ред. соч. Герцена.

ся формализмом и словопрением; ему хотелось приложения, пользы; он был ниже Аристотеля, так, как многие протестанты ниже католического воззрения; но он боролся с Аристотелем схоластики так, как протестанты с католицизмом XVI в. Около того же времени является торжественная и не прерывающаяся процессия людей, мощных и сильных, приготовивших пропилю новую науку; во глазе их (не по времени, а по мощи) Джордано Бруно, потом Ванадии, Кардан, Кампанелла, Телезио, Парацельз²¹⁵ и др. Главный характер этих великих деятелей состоит в живом, верном чувстве тесноты, неудовлетворительности в замкнутом круге современной им науки, во всепоглощающем стремлении к истине, в каком-то даре провидения ее.

Время восстания против схоластики исполнено драматического интереса. Читая биографии, развертывая писания энергических людей, рвавших цепи, которые опутывали науку, вы увидите разом двойную борьбу, в которую они были вовлечены. Одна совершается в их душе — борьба психическая, трудная, волнующая их непрерывно, придающая многим из них эксцентрический, почти судорожный вид. Другая борьба — наружная, оканчивающаяся на костре, в темнице, ибо схоластика, утраченная нападками, спряталась за инквизицию, смертными приговорами возражала на смелые тезисы противников и, вырывая их язык клещами палача, заставляла умолкать. Многих удивляет шаткая непоследовательность их и мужественная воля, — неполнота, так сказать, их мысли и полнота самоотвержения; но разве можно сразу отделяться от исторических предрассудков? Не от непонимания зависит эта шаткость. Истина всегда бывает проще нелепости, но ум человека — вовсе не одна возможность пони-

(414-619)

мания, не *tabula rasa*: он засорен со дня рождения историческими предрассудками, повериями и пр.; ему трудно восстановить нормальное отношение свое к простому пониманию, особенно в то время, о котором идет речь. Что удивительного, что Парацельз верил в алхимию. Кардан называл себя магом²¹⁶? Им трудно было вырвать из груди мнения, освященные веками, трудно было примирить их с восходящим светом сознания. Они, впрочем, и не сделали этого. Они были так восторженны, что

²¹⁵ Бернардино - итальянский философ XVI в. *Прим. ред. соч. Герцена.*

²¹⁶ Даже Бэкон Веруламский не мог совершенно отделаться от астрологии и магии. *Прим. автора.*

Рис. 73. Аллегория философии. Философия изображенная с тремя головами. У се-
нок логика, риторика, грамматика, арифметика, музыка, геометрия, астрономия
Вне круга Аристотель (естествознание) и Сенека (этика).
Вверху в качестве представителей божественной философии (учение о боге)
отцы церкви. Августин, Григо II, Иероним и Амбросии. Гравюра из книги 1504.

не могли порядком установиться; это — эпоха первой любви, упоения, не знающего меры, эпоха новости поражающей; не ищите у них строгой, наукообразной формы; ими только открыта почва науки, ими только освобождена мысль; содержание ее понято больше сердцем и фантазией, нежели разумом.

Века должны были пройти прежде, нежели наука могла раз-

[415/621]

вить методой те истины, которые Джордано Бруно высказал вос-
торженно, пророчески, вдохновенно. Это принятие и кровь и плоть своих
убеждений придало им их личную мощь, поддержало их в борьбе внеш-
ней: гонимые, скитальцы из страны в страну, окруженные опасностями,
они не зарыли из благоразумного страха истины, о которой были призвать
свидетельствовать; они высказывали ее везде; где не могли высказывать
прямо, одевали ее в маскарадное; платье, облекали аллегориями, пря-
тали под условными знаками, прикрывали топким флером, который для
зоркого, для желающего ничего не скрывал, ко скрывал от врага: любовь
догадливее и пронизательнее ненависти. Иногда секи это делали, чтобы
не испугать робкие души современников; иногда, чтобы не тотчас попасть
на жостер. Легко в наше время человеку развивать свое убеждение, когда
он только и думает о более ясной форме изложения; в ту эпоху это было
невозможно. Коперник скрывал свое открытие авторитетами, взятыми
из древних философов, и, может быть, одно это спасло его лично от гоне-
ний, впоследствии обрушившихся на Галилея и на всех последователей
его. Надобно было хитрить... «Хитрость, — говорит один мыслитель — жен-
ственность золи, ирония дикой силы». Маккиавелли знал кое-что об этой
хитрости. Все вместе придавало тогдашним деятелям характер трепетно-
го беспокойства и волнения. Они не были в полном мире ни с собой, ни с
окружающим. Истинно спокоен или человек, принадлежащий зоологии,
или тот, кто, однажды кончив с собой, видит согласие своих внутренних
убеждений с наружным миром. Они были беспокойны потому, что окру-
жающий их порядок становился пошлым и нелепым, а внутренний был

потрясен: разглядев то и другое, они не могли скрыть своего распада, не могли не быть беспокойными. Таким людям, как Бруно, не дается великий талант счастливо и спокойно жить в среде, прямо противоположной их убеждениям.

Для живого примера одушевленного юношеского мышления этой эпохи передам вам несколько главных мыслей Джордано Бруно, который, без сомнения, оставляет далеко за собой всех товарищей своих²¹⁷. Главная цель Бруно — развить и понять жизнь как единое, всемирное бесконечное начало и исполнение всего сущего, понять вселенную как эту единую жизнь, понять самое единство это бесконечным единством разума и бытия, — единством, победоносно проторгающимся через ряды многообразия. Вот краеугольные камни всего учения Бруно, прямо про-

[416/622]

тивоположного дуализму схоластики. Так как жизнь одна, ум один и одно единство их связует, следовательно, — заключает Бруно, — если мы возьмем ум в целости всех его моментов, мы свое сущее подведем под него; не есть ли это прямое предведение логической философии нашего времени? «Природа, — говорит он, — внутри своих пределов может все сделать из всего, а ум может все узнать из всего». Природу и ум он понимает двумя моментами одного развития. «Одна и та же материя проходит всеми формами: то, что было зерном, делается травой, колосом, хлебом, питательным соком, зародышем, человеком, трупом, землей... Но есть нечто, остающееся самим собой от этого развития, — материя: она безусловна, ее проявления условны, материя все, потому что она ничего в особенности; деятельная возможность формы присуща ей, она развивается жизнью до своего перегиба в ум; в природе след идеи (*vestigium*); за ее физическим бытием (*postnaturalia*) начинается понятие, тень идеи (*umbra*). Ни произведения природы, отдельно взятые, ни понятия никогда не достигают полноты. Так, например, каждый человек в каждую минуту — все то, что он может быть в эту минуту, но не все то, что он вообще может быть по своей сущности... Вселенная же, напротив, действительно все, что может быть на самом деле и разом, ибо она обнимает всю вещественность вместе с вечными и неизменными формами ее изменяющихся произведений;

217 Самое подробное изложение Бруно, со множеством выписок, у Буле в «Gesh. der neuen Philosophie» т. II, стр. от 703 до 856. В геттингенской библиотеке Буле нашел много неизвестных сочинений Бруно и ими пользовался. *Прим. автора.*

в этом состоит ее великое единство, себе-равенство. Во вселенной везде средоточие; в ней средоточие и окружность не разделены так, как наибольшее не отделено от наименьшего,— на всяком месте владычество божие». «Но, — прибавляет Бруно, — недостаточно для истины пенять единство только как точку соединения различий; надобно так пенять его, чтобы уметь снова вывести и все противоречия». Представьте себе, как должны были раскрыться рты докторов *sublissimorum dialecticorum*²¹⁸, когда они услышали эту глубокую, вдохновенную речь! Прибавлю еще выписку, чтоб показать, какой поразительно верный взгляд имел он о зле. «*Между теньями идеи нет действительного противоречия; одно понятие соединяет прекрасное и уродливое, доброе и злое. Несовершенное, злое age имеют собственной идеи, на которой бы они покоились, по которой бы определялись (как по своему идеалу); между тем все действительное предполагает идею и понятие; но в том и дело, что понятие злого — в другом (в противоположном): своего понятия у зла нет; напротив, понятие, от которого оно зависит, отрицает действительность его так как и в самом деле зло представляет какое-то существующее небытие, нечто отрицательное (non ens in ente vel ut apertius dicam defectus in efecte)*».

[417/623]

Гегель, мне кажется, не отдал всей, справедливости Бруно; не потому ли уже, что Шеллинг поставил его так высоко? Последнее очень понятно. Бруно — живая, прекрасная связь между неоплатонизмом, которого влияние на нем весьма заметно, и натурфилософией Шеллинга, на которую он, в свою очередь, имел большое влияние. Гегель не хотел узнать в Бруно человека нового мира так, как не хотел видеть в Беме человека средневекового; или, может быть, в груди величайшего германского мыслителя лежала народная связь с *theosopho teutonico*, а романская горячая и реальная кровь итальянца не была ему так родственна. Бем — великий человек, но это не мешает Джордано Бруно стоять подле него, потому что и он великий человек²¹⁹.

Оставляя Италию, заметим; что романскому племени был предоставлен блестящий почин новой науки. Но, собственно, в новой философии оно мало участвовало, как-будто оно истощило всю умозрительную

218 Наисовершеннейших диалектиков. *Прим. ред. соч. Герцена.*

219 Тевтонский богослов. *Прим. ред. соч. Герцена.*

способность свою на это начало — оно, так богатое способностями на все другое! Как-будто *новая философия*, философия реформации, — дуализм выше схоластического, но все же дуализм,— обманула ожидания живой и реальной мысли романской, которая уже в конце XVI столетия стояла выше дуализме

ПИСЬМО ШЕСТОЕ

ДЕКАРТ И БЭКОН

(Стр. 133–136)

Hier können wir zu Auge und können wie die Schiffer nach langer Umgerührt an der ungestümen sie Land rufen²²⁰. Так приветствует Гегель Декарта²²¹. «С Декарта, — продолжает он, — начинается *настоящее отвлечение* мышление; вот нала, из которых разовьется *чистое умозрение*, но вам наука — наша наука“.

И мы скажем: берег, но в противоположном смысле; для Гегеля это берег, к которому приплывает мысль, как к спокойной гавани своей, к гавани, с которой начинается ее царство. Мы, напротив, видим в *новой философии* берег, на котором мы стоим, готовые покинуть его при первом попутном ветре, гото-

[418/624]

вые сказать спасибо за гостеприимство и, оттолкнув его, плыть к иным пристаням. Судьба новой философии совершенно сходна с судьбой всего реформационного; ничего старого не оставлено в покое, ничего нового с основания не воздвигнуто; на сооружение новых зданий шел старый кирпич, и они вышли не новые а не старые; все реформационное сделало огромные шаги вперед; все было необходимо и все остановилось на полдороге. Странно было бы, если бы наука этой эпохи начинаний совершила одно свое дело. Наука не имеет силы отрешаться от прочих элементов исторической эпохи; напротив, она есть сознательная, развитая

220 Мы не минуем Бема, хотя, надобно сказать, в истории науки он мало имел влияния; его наукообразно поняли только в нашем веке. *Прим. автора.*

221 Теперь мы можем сказать, что мы дома; подобно мореплавателям, долго носившиеся по бурному морю. мы можем воскликнуть: «Земля!» («Gesch. der Phil.» т. III, стр. 328 и еще там же, стр. 275). *Прим. автора.*

мысль своего времени; она делит судьбы всего окружающего. Она, с своей стороны, громко протестуя против схоластики, всосала в свои жилы схоластику. Чистое мышление — схоластика новой науки так, как чистый протестантизм есть возрожденный католицизм. Феодализм пережил реформацию; он проник во все явления новой жизни европейской; дух его внедрился в ополчавшихся против него; правда, он изменился; еще более правда, что рядом с ним возрастает нечто, действительно новое и мощное; но это новое в ожидании совершеннолетия находится под опекой феодализма — живого, несмотря ни на реформацию Лютера, ни на реформацию последних годов прошлого века. Да и как ему быть не живым? С чем он боролся до сих пор? Вспомните, — с незрелыми начинаниями, с неразвитыми всеобщностями, с частными нападками, с поправками, делаемыми внутри его собственных пределов. Феодализм грубый, прямой заменился феодализмом рациональным, смягченным; феодализм, веровавший в себя, — феодализмом, защищающим себя; феодализм крови — феодализмом денег. Схоластика занимает место феодализма науки: могла ли она после этого быть вполне наукой, берегом? Можно ли ждать, что человек в ней будет дома? — Нет!

Дуализм схоластический не погиб, а только оставил обветшалый мистико-каббалистический наряд и явился чистым мышлением, идеализмом, логическими абстракциями; тут великий прогресс: этим путем, т.е. возводя дуализм во всеобщую сферу мысли, философия поставила его на лезвие ножа, привела прямо к выходу из него. Новая наука начинается с той задачи, на которой остановилась древняя наука, — с той точки, так сказать, ига которую древний мир возвел мышление. Она подняла задачу древнего мира, но не решила ее; она привела только к решению ее и остановилась, чувствуя, может быть, что решение это будет с тем вместе ее смертный приговор, т.е. что она из существующих деятельных властей перейдет в историю. Гегель поступил, может быть, откровеннее, нежели хотел; может быть, радостные слова «берег», «дома» у него вырвались невольно; ЭТИМ воскли-

[419/625]

цием он неразрывно сочетал свою судьбу с реформационной наукой. Впрочем, стоять на одном берегу со Спинозой не стыдно!

Все сказанное нами никак не должно закрывать всю величину переворота в мышлении и весь прогресс, приобретенный наукой через него. Со времени Декарта паука не теряет своей почвы; она твердо стоит на самопознающем мышлении, на само законности разума.

Философия древняя и новая философия составляют великих оснований будущей науки; обе они неполны, обе носили в себе элементы ненаучные, обе были великими подготовительными моментами, без которых действительно полная наука не могла бы развиваться, — обе прошли. Вы помните, древняя философия всегда имела в себе один элемент непосредственности, факт, событие, упавшее, как аэролит, и принимаемое за истину по чувству, по доверию к жизни, к миру. Так она принимала самое единство бытия и мышления; она была прана в сущности дела, но не права в образе принятия: это было верование, инстинкт, — такт истины, если хотите, но не сознательная мысль. Такой непосредственный элемент прямо противоположен понятию науки. Средневековое воззрение было противодействием против непосредственности; но это его не спасло от того же недостатка; оно отрезало последнюю нить пуповины, прикреплявшей человека к природе, и человек, совершенно обращенный внутрь мира рефлексии, в нем одном вокал решения вопросов; но этот мир духовный был чисто личный, он не имел предмета. «Действительность существа, — превосходно заметил Джордано Бруно, — обусловлена действительным предметом». Предмет средневекового человека был он сам, как отвлеченная сущность; отрицать непосредственность так же мало научнообразно, как принимать ее без мысли. Ум, сосредоточенный в себе, занимаясь только собой, «впал в сухую, жалкую схоластику и плел из себя паутину, очень тонкую и узорчатую, но совершенно ненужную», как говорит Бэкон. Доверие человека к уму привело схоластику к признанию действительным всякой логически построенной нелепости и, так как у них содержания не было, то они его брали из фантазии, из психологической непосредственности, опираясь на него точно так, как эмпирик опирается на опыт. Итак, с одной стороны, тяжелый камень, с другой — ужасная пустота, населенная призраками. Люди переворота увидели невозможность дойти до чего-либо схоластикой и возненавидели ее; но отрицание схоластики не есть еще чиноположение новой науки: поэтическое провидение Джордано Бруно — так же мало наука, как дерзкие отрицания Ванини. Первая необходимая задача, вопрос, от которого мыслящей голове нельзя было отвернуться, состоял в разрешении мышлением отношения самого мысленного к бытию

[420/626]

к предмету, ж истине вообще. И действительно с этим вопросом на устах является новая наука в мир. Отец, ее — без сомнения, Декарт. Значение Бэкона совсем иное, о нем — после.

Декарт долго занимался науками так, как они преподавались в его

время; потом бросил книги: они ему не разрешили ни одного сомнения, не удовлетворили его ни в чем. Он так же ясно, как Бэкон, увидел, что старый корабль средневековой жизни тонет и разрушается, не спорил с его лоцманами, как делили его предшественники, а бросался в море, чтоб достигнуть нового берега. И так же, как Бэкон, он решился *начать с начала*, начать совершенно свободно в среде мышления. Много надобно было твердости, чтоб дерзнуть и на этот разрыв с былым, и на это воздвижение нового. Декарт, мучимый неуверенностью, а может быть, и совестью, с посохом паломника в руке ходил к Лоретской божией матери просить ее помощи в начатом труде и там, распростертый перед нею, молил примирить его сомнения. Приступ Декарта к делу — величайшая заслуга его; действительное и вечное начало наукообразного развития он начинает с безусловного сомнения — вовсе не для того, чтоб все истинное отвергнуть, а для того, чтоб все истинное оправдать, но оправдать, освободив себя. Когда он поднялся страшно изнеженную среду, в которую не впустил ничего вперед идущего, когда в этом мраке, в котором все исчезло, кроме его самого, он сосредоточился в глубине духа своего, сошел внутрь своего мышления, поверял свое сознание, — у него вы рвалось из груди знаменитое подтверждение своего бытия: *cogito ergo sum* (я мыслю, следовательно существую). Отсюда неминуемо должно развиваться единство бытия и мышления; мышление делается аподиктическим доказательством бытия; сознание сознает себя неразрывным с бытием, — оно невозможно без бытия. Вот программа всей будущей науки; вот первое слово воззрения, которого последнее слово скажет Спиноза; вот тема, которую наукообразно разовьет Гегель.

(Стр. 138 — 139)

Декарт, ум чисто математический и отвлеченный, исключительно механически рассматривал природу; что-то суровое и аскетическое мешало ему понимать все живое. Строгая, геометрическая диалектика его беспощадна; он был идеалист по внутреннему строению души. Бытие, материю он понял как *протяжение*. «От всех других свойств, — говорит он, — материю можно отвлечь, но не от протяжения: оно одно ей существенно». Качество уступило место более внешнему определению предмета — количеству; для математики растворялись все двери в естествоведение, все подчинялось механическим законам, и вселенная сделалась

[421/627]

снарядом движущегося протяжения²²². Надобно заметить, впрочем, что в начале XVII в. интерес естествоведательного мышления был вообще поглощен астрономией и механикой; величайшие открытия совершались тогда в обеих отраслях; это механическое воззрение, начинающееся с Галилея и достигнувшее полноты своей в Ньюtone, почти ничего не принесло конкретным отраслям естествоведения; влияние его были благотворно (разумеется, сверх астрономии и механики) только в физике. Декартовы понятия о природе, которые по закону возмездия до того были идеалистически спиритуальны, что перегибались в грубейший механизм и материализм (что тогда же заметали, особенно английские и итальянские физики), почти не имели никакого влияния на естественные науки.

«Внимательно рассматривая, — говорит Декарт, — мы увидим, что сущность вещества и тел состоит только в том, что они имеют протяжение в длину, ширину и глубину. Может быть, тела не таковы, как нам кажутся; может, они обманывают наши чувства; но в них несомненно истинно то, что я ясно, отчетливо понимаю и могу вывести умом; потому-то я признаюсь, что другой сущности телесных вещей, кроме геометрической величины, всячески делимой, движимой и способной иметь форму, я не принимаю и ничего не рассматриваю в материи, кроме делимости, очертания и движения. Из математических законов, определяющих неотъемлемые свойства бытия, все физическое объясняется и выводится с величавшей строгостью; не думаю, чтоб физике нужны были иные основания». В материи, лишенной качеств своих, понимаемой таким образом, нет внутренней силы; материя Декарта виртуальная пустота, нечто мертво-косное, — ему всегда надобно будет прибегать к внешней силе. «Материя во всей вселенной одна; все перемены форм имеют свое основание в движении. Движение есть деятельность, вследствие которой вещество из одного места переходит в другое, — перемещение частей тела относительно близлежащих. Движение и покой представляют разные состояния вещества, для движения не более силы надобно, как и для покоя. Надобно равно усилие, чтоб двинуть тело и чтоб остановить его. Надобно усилие для того, чтобы остаться в покое. Отдаление тела есть обоюдное действие; оба тела деятельны: одно — оставаясь на своем месте, другое — отделяясь (сила инерции). Движение зависит от двигаемого, а не от движущего;

222 Об этом более в следующем письме. *Прим. автора.*

нельзя сообщить движение одному телу, не разрушив равновесия других тел отсюда целые системы движения и сложность их. Причина движения – бог». За сим идут общие механические основания динамики. Все сущее состоит

[422/628]

из маленьких тел (*corpuscule*) и их изменений в величине, месте, сочетаниях и переложениях. Жизнь органическая – один рост, т.е. приращение через получение посторонних частиц, Декарт дал физикам опасный пример прибегать к личным гипотезам там, где недостает понимания; так, например, движение небесных тел он объяснял вихрем, крутящим их около солнца; стараясь математически вывести все явления планетной жизни, он делает гипотезы, в которых сам не уверен (*quamvis ipsa nunquam sic orta esse*)²²³.

[...]

(Стр. 141 – 144)

Противоположность Бэкона с Декартом резка; у Декарта была метода, но не было действительного содержания, кроме формальной способности мышления: у Бэкона было эмпирическое содержание *in crudo*²²⁴, по не было науки, т.е. оно не было вполне усвоено ему, именно потому, что не пришло то время, в которое действительно содержание могло быть так понято мышлением, чтоб развернуться в наукообразной форме. Протест Декарта был сделан от теории, от чистого мышления; протест Бэкона – от того непокорного элемента жизни, который, улыбаясь, смотрит на все односторонности и идет своей дорогой. Результат средневековой жизни, этого мира ненавидящих исключительностей и насильственного расторжения, должен был явиться раздвоенным, двуглавым. Каждая сторона, выходя из одностороннего и прямо противоположного определения идеи, была далека от понимания, что для истины равно нужны оба определения; каждая шла от своих начал; начало Декарта – отвлеченное мышление; он хочет науку *a priori*; начало Бэкона – опыт: для него истина только та, которая получена *a posteriori*. Вопрос о мышлении и бытии Декарт хочет

223 (Хотя она таким образом никогда не происходила). Впрочем, может быть, такие фразы – официальная оговорка, вроде тех, которые употреблялись Коперником и даже Ньютоном. *Прим. автора.*

224 В сыром виде.

решить отвлеченно, трансцендентально, логически; Бэкон — в живых областях опыта и наблюдений. У обоих мысль совершенно освобождена вначале; но один не может оторваться от абстракции, а другой — от природы; Декарт все основывает на силлогизме, приняв за начало не-силлогизм; Бэкон не хочет силлогизмов, он хочет одного наведения, как будто неведение не силлогизм. Один все уничтожил, кроме мышления, все отвергнул, с одной верой в мысль шел на создание науки. Другой отправился от чувственной достоверности, от веры в факт, от доверия к великому посредству между природой и умозрением, т.е. к наблюдению. Один по-

[423/629]

терял и землю и небо при самом начале; другой обеими ногами стоял на земле, уцепился за явление и по внешности, по коре дошел до великих и многообъемлющих мыслей. Один хочет физику подчинить математике; другой математику называет служанкой физики. Один видит в материи только количественное определение и думает, что вещество можно отвлечь от качества; другой занимается одним качественным определением предмета, хоть и знал место количественного определения. Оба наконец, соединенные жгучей ненавистью к схоластике, не понимают и бранят Аристотеля и всех древних; они обернули умы современников, обращенные назад, и указали им вперед схоластика достигла прошедшего, Бэкон заговорил о прогрессе и будущем; оба имели свои односторонности.

Впрочем, Бэкона обвинить в односторонности трудно. Бэкон Хотел, как он сам говорит, науки деятельной, живой — науки о природе и из природы. Он хотел такой науки, которая была бы перегнана наблюдением и обдумыванием из фактов во всеобщую мысль. Имея это в предмете, он на все обращал взгляд прямой и светлый с целью узнать, разобрать, а не для того, чтоб поймать в силки систематики и затянуть узел. Он очень часто начинает с односторонности и достигает результате самых многосторонних. Он чрезвычайно добросовестен, не делает из вопроса науки личного вопроса; он покоряется объективности истины; у него огромная ученость; он беспрестанно под влиянием своей памяти; все предшествующее историческое развитие ему присуще. Ненавидя греческую науку и Аристотеля, он мастерски ссылается на них и пользуется ими. Совсе не поэт, он превосходно толкует греческие мифы. Нельзя себе представить странное ощущение, когда, перечитывая или перелистывая средневековых схоластиков, потом философов теоретической эмансипации, вдруг приходишь до Бэкона. Помните ли вы, например, как в эпоху мечтательной юности,

когда теория сменяется теорией, когда вера в себя и друзей безгранична, когда в мечтах перестраивается наука и мир и когда восторженные речи поддерживают поэтическое опьянение, — вдруг является откуда-нибудь человек практический, действительно знающий жизнь, знающий, что на отвлечениях далеко не уедешь, что перевороты в науке и в истории делаются не так-то легко? Помните ли вы, как сильно действовало появление такого человека, как сначала вы отталкивали скептическую и холодную мысль его, уstraшенные ею, а потом начинали краснеть своих мыслей, подчинялись пришельцу, ловили его слова, выдавали ему заповеднейшие упования за наторелый, и в жизни выстроенный взгляд его, который вам казался непогрешимым? Этот практический пришелец — Бэкон, и, вероятно, случилось с вами и то, что когда мало-

[424/630]

по-малу вы найдете в новом воззрении, рассмотрите ближе, то вспомняете и о своих мечтах; они, конечно, мечты, но в некоторых из них была такая ширина, которую жаль отдать за практическую мудрость; все это повторяется, переходя от энергических реформаторов к спокойному Бэкону. Это не тревожная, не огненная натура Джордано, не беснующийся Кардан, не эти скитальцы, томимые мыслью, бездомные бродяги, разносившие с собой по всем большим дорогам Европы восходящее сознание и умственную деятельность, не эти гонимые труженики, падавшие часто на полпути от внутреннего разлада и внешних страданий, — нет; это пишет человек спокойный, человек огромного ума и огромного опыта, канцлер, привыкший к государственным делам, пэр, не имеющий занятия, потому что вычеркнут из списка пэров... В душе этого человека, после разрушительного огня, самолюбия, честолюбия, власти, почести, богатства, неудач, тюрьмы, унижений, все выгорело, но гениальный ум остался да осталось еще воображение, настолько охлажденное, подвластное разуму, что оно смело призывалось им бросать пышные цветы поэтической речи по царственному пути его ясной, широкой мысли.

В сочинениях Бэкона с самого начала поражают необычайная сметливость, дельность, практическая резкость и удивительная многосторонность. Бэкон изошрил свой ум общественными делами; он на людях выучился мыслить. Декарт прятался от людей то в парижские предместья, то в Голландию; ему люди мешали заниматься. Оттого с Декарта начинается чистое мышление, а с Бэкона — физические науки; идеализм Декарта остался при дуализме; в мышлении Бэкона находилось демоническое

начало, с которым схоластика часу ужиться не могла. Бэкон на чинает так же, как и Декарт, отрицания существующей, готовой догматики, но у него это отрицание не *логический маневр*, а практическая поправка; отрицание Бэкона поставило человека, освободив его от схоластики, перед природой; ее самозаконность он признал с самого начала; еще более, он хотел очевидной объективности покорить своевольную мысль, поврежденную схоластическим высокомерием (Декарт, совсем напротив, поставил природу hors la loi²²⁵ a priori). Бэкон скромно указал на эмпирию как на начальную степень знания, как на средство по явлению, по факту добраться до той всесвященной сущности, из которой Декарт стремился вывести явления. Они работали друг другу в руку, и если ни они, ни их последователи не встретились, то это не от внутренней непримиримости, а оттого, что ни идеализм, ни эмпирия не были развиты ни до истиной методы,

[425/631]

ни до действительного содержания. Лейбниц называет картезианизм «сеньями истины»: мы можем по всей справедливости назвать бэконовскую эмпирию ее кладовой.

О богатстве и недостатках этой кладовой мы поговорим в следующем письме²²⁶.

ПИСЬМО СЕДЬМОЕ

БЭКОН И ЕГО ШКОЛА В АНГЛИИ

(Стр. 145)

... В наше время еще не совсем искоренился предрассудок, заставляющий ожидать в истина науки чего-то необыкновенного, *недоступного толпе*, не прилагаемого к жалкой юдоли нашей жизни. До Бэкона так думали все, и он смело восстал против этого. Дуализм, истощенный в предшествующую эпоху, перешел в какое-то тихое и безнадежное безумие в мире протестантском, - Бэкон указал на пустоту кумиров и идолов, которым была бытом набита наука его времени, и требовал, чтоб люди отреклись от них, чтоб они возродились к детски-простому отношению к природе. Нелегко было возвратиться к естественному пониманию умов,

225 Вне закона. *Прим ред. соч. Герцена.*

226 Бэкона необходимо читать самому: у него везде неожиданно, невзначай встречается мысли поразительной верности и ширины. *Прим.*

искаженным схоластикой. Сжатый, подавленный ум средневековых мыслителей питал под скромной власяницей своей формалистики безумно гордое притязание на власть; не истинное, не святое право разума и нераздельная с ним мощь мысли нравились им, - нет, они стремились к покорению естественных явлений своевольному капризу, к произвольному ниспровержению законов природы. Люди отвлеченные, книжные, затворники, они не знали ни природы, ни жизни, и между тем и природа и жизнь их страшили чем-то неведомым, полным мощи, увлекающим; по-видимому, они презирали и ту и другую, но это была одна из бесчисленных лжей того времени; они понимали, что нелегко совладать с природой, и со всем безграничным властолюбием скованного невольника стремились покорить ее своему духу...

(Стр. 146- 148)

Среди всего этого явился человек, который сказал своим современникам: «Посмотрите вниз; посмотрите на эту природу, от которой вы силитесь улететь куда-то; сойдите с башни, на которую взобрались и откуда ничего не видать; подойдите поближе к миру явлений, - изучите его. Вы веда не убеждает из природы: она со всех сторон, и ваша мнимая власть над ней -

[426/634]

самообольщение; природу можно покорять только ее собственными орудиями, а вы их не знаете; обуздайте же избалованный легкой и бесплодной логомахией ум ваш настолько, чтоб он занялся делам, чтоб он признал несомненное событие вас окружающей среды, чтоб он склонился пред повсюдным влиянием природы, — и начинайте, проникнутые уважением и любовью, труд добросовестный. Многие, услышав слова эти, отложили бесполезное блуждание по схоластическим топям слов и действительно принялись за работу самоотверженно; с легкой руки Бэкона началось движение в физических науках, движение, развившееся потом до Ньютона, Линнея, Бюффона, Кювье... Другие с негодованием услышали странную речь веруламского лорда, и злоба их была так сильна, что через двести лет граф де-Мэстр²²⁷ счел еще нужным уничтожить Бэкона и показать, что ненависть к нему еще жива в любящих сердцах обскурантов. Но в чем же существенная мысль бэконова учения?

²²⁷ Жозеф - известный французский писатель, абсолютист и клерикал начал XIX в.
Прим. ред. соч. Герцена.

До Бэкона наука начиналась общими местами; откуда брались эти общие места, никто не знал: схоластическая наука думала, что Кай смертен *потому*, что человек смертен. Бэкон стал доказывать, совсем напротив, что мы в праве сказать: человек смертен *потому*, что Кай смертен. Тут не перестановка слов, а нечто побольше. Событие, эмпирическое событие, получило право первой посылки, логическое *anterioritatis*. Вы видите тут главный прием Бэкона: он состоит в том, чтоб идти от частного, от опыта, от наблюдаемого события к обобщению, взаимным сличением между собой всего полученного сознанием. Опыт у Бэкона не есть страдательное восприятие внешнего во всей случайности его; напротив, он — сознательное взаимодействие мысля и внешнего, их совокупная деятельность, при развитии которой Бэкон не позволяет ни мысли забегать, делая заключения, на которые она не имеет еще права, ни опытам оставаться механической грудой сведений, «не пережженных мыслию». Чем обширнее и богаче сумма наблюдений, тем незыблее право раскрывать общие нормы наведением; но, раскрывая их, недоверчивый, осторожный Бэкон требует снова погружения в поток явлений, на поиски или обобщающего подтверждения или ограничивающего опровержения.

До Бэкона опыт был случайностью; на нем основывались даже меньше, чем на предании, не говоря уже об умозрении. Он возвел его и в необходимый, начальный момент ведения и в момент, сопутствующий потом всему развитию знания, — в момент, предлагающий на каждом шагу поверку, останавливающий

[427/635]

своей определенной непреложностью, своей конкретной многосторонностью склонность отвлеченного ума подниматься в изреженную среду метафизических всеобщностей. Бэкон столько же верил разуму, сколько природе, но он более всего верил, когда они заодно, потому что провидел их единство. Он требовал, чтоб разум выходил на дорогу, опираясь на опыт, рука в руку с природой, чтоб природа вела его, как своего питомца, до тех пор, пока он в состоянии вести ее к полному просветлению в мысли.

Это было ново, чрезвычайно ново и чрезвычайно велико; это было воскресение реальной науки, *instauratio magna*²²⁸. Бэкон имел полное право дать это заглавие своей книге; его книгой началось великое

228 Великое восстановление. Прим. ред. соч. Герцена.

возрождение науки. Хотя он и говорит: «Мое творение принадлежит не столько моему духу, сколько духу времени», но честь и хвала тому первому, в котором воплощается дух времени и которым он передается; двойная хвала, если он сознает себя только органом духа времени, а не личностью, стремящейся подавить собой современников! Эта скромность не мешала, однако ж, Бэкону чувствовать мощь свою. Когда он начал свой труд, наука, по всем отраслям ее, была в самом жалком положении; Бэкон безбоязненно потребовал перед свой суд всю современную систему сведений в ее готическом наряде и осудил ее. Помнится, кто-то сравнил его с полководцем, делающим смотр войскам; да, именно, это — спокойный вождь, осматривающий перед боем полки свои. Все отрасли ведения человеческого прошли помимо его, и он осмотрел каждую, каждой указал ее недостатки, каждой дал совет, и все это с той простотой гения, которому такое самоуправство потому естественно, что он довлеет своей мощью исполнить то, что хочет. Не думайте, что Бэкон ограничился одним общим указанием на опыт и наведение; он развертывает свою методу до малейших потребностей, учит примерами, толкует, объясняет, повторяет свои слова, чтоб только достигнуть ясности, и тут на каждом шагу вы поражены богатыми средствами этого ума, страшной по тому времени ученостью и совершенной противоположностью средневековой манере. Даже в веселом тоне его, в улыбке, которая иногда пробивается сквозь самую серьезную материю, вы видите что-то наше, без ходуль, без докторской шапки, без натянутой важности схоластиков.

(Стр. 149-150)

Декарт далеко выше Бэкона методой и далеко ниже результатом, потому что Декарт — абстрактный человек. Конечно, на

[428/636]

Бэкона падет доля односторонности, в которую впала большая часть его последователей, но он сам был далек от грубой эмпирии. Вот его слова: «Эмпирики беспрерывно роются, ищут, и если найдут, чего искали, выдумывают что-нибудь новое и опять ищут; их труд дробится, не обобщаясь; они ходят в потемках, ощупью, — лучше было бы с самого начала входить с зажженной свечой разума». «В естественных науках преобладает желание делить, находить различия, различия различий и т.д. Этим путем невозможно изучать природу: аналогия, общие воззрения, раскрывающие единство, — необходимы». «Есть умы, более способные наблюдать, делать опыты, изучать частности, оттенки; другие, напротив, стремятся

проникнуть в сокровеннейшие сходства, обобщить полученные понятия. Первые, теряясь в частностях, ничего не видят, кроме атомов; другие, расплываясь во всеобщностях, теряют все отдельное, замещая его призраками... Ни атомы, ни отвлеченная материя, лишенная всякого определения, не действительны; действительны *тела так, как они существуют в природе*... Не надобно увлекаться ни в ту, ни в другую сторону; для того чтоб сознание углублялось и расширялось, надобно, чтоб эти два воззрения *преемственно переходили друг в друга*». Понимая это, Бэкон устремлял, однако, всю умственную деятельность на опыт, на исследования и наблюдения, потому что он считал опыт началом науки, потому что он ясно видел губительное влияние силлогической распушенности и метафизической неосновательности при недостатке фактических сведений. Он очень хорошо понимал, что собрание и сличение одних опытов не есть наука, но он понимал к то, что нет науки без фактических сведений. «Мы торопимся, — говорит он, — придать наукообразную форму бедной системе истин, узанных нам!, и тем самым останавливаем ход событий, приращений. Молодые люди, сложившиеся к получившие вид совершеннолетия, перестают расти. Пока наука составляет массу открываемых сведений, все внимание обращено на новые открытия». Он не хотел замкнутой целости прежде полноты содержания; он хотел лучше трудную работу, нежели незрелый плод. Метода Бэкона чрезвычайно скромна: она проникнута уважением к предмету; она приступает к нему с тем, чтобы научиться, а не с тем, чтоб вынудить из предмет а насильственное оправдание вперед заготовлена гой мысли; она стремится все привести к созданию: «То, — говорит Бэкон, — что достойно существовать, — достойно быть известно». Он умел найти действительное и истинное даже там, где мы обыкновенно видим суетную призрачность²²⁹.

[429/637]

Влияние Бэкона было огромно; мне кажется, что и Гегель не вполне оценил его, Бэкон, как Колумб, открыл о науке новый мир, именно тот, на котором люда стояли испокон века, на который забыли занятые высшими интересами схоластики; он потряс слепую веру в догматизм, он уронил в глазах мыслящих людей старую метафизику. После него начинается

229 Например в его «Новом органоне» нашли себе место не только гимнастике, но косметике, даже теории роскоши. *Прим. автора.*

бесперывное противодействие схоластическим трансцендентальным теориям во всех областях ведения, со всех сторон; после него начинается труд, неутомимая, самоотверженная работа наблюдений, изысканий добросовестных, посильных; являются ученые общества испытателей природы в Лондоне, в Париже, в разных местах Италии; деятельность натуралистов усугубилась; сумма событий и фактов росла пропорционально с уничтожением метафизических призраков, «этих слое, — как говорит Бэкон, — без всякого значения, затемняющих простой, пытающий взгляд, представляя ему превратное понимание природы». Многообъемлемость Бэкона не могла перейти к его последователям; их односторонность очень понятна: светлые и дельные умы, долго жившие в праздности, получили дело, предмет живой, многосторонний, совершенно новый и притом плативший за труд вовсе неожиданными открытиями, разливавшими свет на целые ряды явлений. Это не темное и сухое развитие *hocceitatis* и *quiditatis*²³⁰, выводимых из-за леса логических стропил, уродливых, ненужных и перемешанных с цитатами, — нет, это что-то такое, в чем бьется сердце, теплое при прикосновении руки. Испытав магнетическую силу занятий по части естествоведения и вообще практическими предметами, могли ли эти люди без ненависти говорить о метафизике? Все они смолду были пытаемы перипатетическими экзероциями, все они изучали искаженного Аристотеля: могли ли они не отдаться вполне, несправедливо, односторонне естествоведению? Впрочем, в их отрицании нет той ограниченности, которая явилась впоследствии, когда материализм сам вздумал оставить роль инсургента и обзавестись своей метафизической управой, своей теорией, с притязанием на философию, логику, объективную методу, т.е. на все то, отсутствие чего составляло его силу. Эта систематика материализма начинается гораздо позже, с Локка; они во многом ошибались, но не впадали в самую догматику. Первые последователи Бэкона были не таковы; в числе их Гоббс — человек страшный в своей безбоязненной последовательности; учение этого мыслителя, о котором Бэкон говорил, что он его понимает лучше всех современников,

[430/638]

мрачно и сурово; он все духовное поставил вне своей науки; он отрицал всеобщее и видел один непрерывный поток явлений и частных, — поток в себе начинающийся и в себе оканчивающийся. Он в закоснелой,

230 Искусственные существительные схоластической диалектики от слов «это» и «кто», «как». *Прим. ред. соч. Герцена.*

свирепой мысли своей не нашел доказательств ничему божественному; печальный зритель страшных переворотов, он понял только черную сторону событий; для него люди были врожденными врагами, из эгоистической пользы соединившиеся в общества, и если бы их не держала взаимная выгода, они бросились бы друг на друга. На этом основании его уста не дрогнули с мужеством цинизма в глаза своему отечеству, Англии, высказать, что он в одном деспотизме находит условие гражданского благоустройства. Гоббс испугал своих современников, его имя наводило ужас на них. Не таким встречается нам южный материализм в стране, где некогда жил Лукреций; он явился там в своем прежнем уборе: аббат Гассенди воскресил эпикуреизм и учение об атомах; но его эпикуреизм был им приведен в согласие с католической догматикой и так хорошо, что иезуиты находили, что его *philosophia corpuseularis*²³¹ несравненно согласнее с учением римской церкви о таинствах, нежели картезианизм. Атомы Гассенди очень просты: это те же атомы, с которыми мы встретились у Демокрита, те же *бесконечно-малые*, незримые, *неуловимые* и неуничтожаемые частицы, служащие основой всем телам и всем явлениям; сочетаясь, действуя друг на друга, двигаясь и двигая, эти атомы производят все многообразные физические явления, пребывая неизменными. Нельзя не заметить, что Гассенди говорит очень положительно о несокрушимости вещества; мысль эта, сколько мне известно, попадает впервые мельком у Телезио; сна есть .и у Бэкона, но Гассенди превосходно выразил ее: «Вещественное бытие, — говорит он, — имеет великое право за собой; вся вселенная не может уничтожить существующего тела». Понятно, что речь идет только о бытии, а не о форме и качественном определении. У Гассенди проглядывает замашка натуралистов позднейших времен ссылаться на ограниченность ума человеческого; он чувствует сам недостаток своих теорий и оставляет их, как были. Эти недостатки выкупаются у него (опять точно так же, как у натуралистов) умным и дельным изложением своих сведений о природе. Гассенди так, как потом Ньютона, не следует почти судить как философов: сути великие деятели науки, но не философы. Тут нет противоречия, если вы согласились, что действительное содержание вырабатывалось вне философской методы. Англичане, называющие Ньютона великим философом, не знают, что говорят. Назвав Ньютона, позвольте сказать об нем

231 *Философия мельчайших тел. Прим. ред. соч. Герцена.*

несколько слов. Его воззрение на природу было чисто механическое. Из этого не следует, однако, заключить, что он был картезианец: он так мало имел симпатии к Декарту, что, прочитав восемь страниц я его сочинениях (по собственному признанию), он сложил книгу и больше никогда не раскрывал. Механическое воззрение, впрочем, и помимо Декарта царило тогда над умами. Страсть к отвлеченным теориям была так сильна в XVII в., что ни в чем не соглашавшиеся между собой последователи Декарта и Бэкона встретились на механическом построении природы, на желании привести все законы ее в математические выражения и с тем вместе подвергнуть их математической методе. Ньютон продолжал дело, начатое Галилеем Галилей стоял совершенно на той же почве, на которой впоследствии стал Ньютон; для Галилея тело, вещество было нечто мертвое, деятельное одной косностью, а сила — нечто иное, извне приходящее. Математика необходимо должна входить во все отрасли естествоведения; количественные определения чрезвычайно важны, почти всегда неразрывны с качественными; изменение одних связано с изменением других; одни и те же составные части в разных пропорциях дают все многообразие органических тканей, все многообразие форм нерудной и рудной кристаллизации. Ясное дело, что математика имеет огромное место в физиологии, не говоря уже о более отвлеченных науках, как физика, или об исключительно количественных, как астрономии и механика. Математика вносит в естествоведение логику a priori, ею эмпирия признает разум; выразив простым языком ее законы, ряды явлений раскрывают неподозреваемые соотношения и последствия, не сомневаясь в действительности вывода. Все это так; но одно математическое воззрение (как бы оно ни довлекло себе) не может объять всего предмета естествоведения; в природе остается нечто, ей не подлежащее. Категория количества — одно из существеннейших качеств всего сущего, однако она не исчерпывает всего качественного, и если держаться в поучении природы исключительно за нее, то дойдем до декартова определения животного гидравлико-огненной машиной, действующей рычагами и яр. Конечно, оконечности представляют рычаги, и мышечная система представляет очень сложные машины,— однако ж Декарту не удалось объяснить влияние воли, влияние мозга на управление частями машины через нервы. Понятие живого непременно заключает в себе механические, физические и химические определения, как те низкие степени, которые должны были быть побеждены или сняты, для того чтоб явился сложный процесс

жизни; но именно единство, их снимающее, составляет новый элемент, не подчиняющийся ни одному из предыдущих, а подчиняющий их себе.

[432/640]

Внутренняя присущая деятельность всего живого организма и каждой клеточки его доселе осталась неуловима для математики, для физики, для самой химии, хотя форма ее действий и количественные определения совершенно подлежат математике так, как взаимное действие составных, начал подлжит физико-химическим законам. Употребление математики сверх того, где она необходима, там, где ее не нужно, — весьма важный признак; математика поднимает человека в сферу хотя формальную и отвлеченную, но чисто наукообразную: это полнейшее внешнее примирение мышления и бытия. Математика — одностороннее развитие логики, один из видов ее или само логическое движение разума в моменте количественных определений; она сохранила ту же независимость от сущего, ту же непреложность чисто умозрительного вывода; к этому присовокупляется ее увлекательная ясность, которая, впрочем, находится в прямом отношении с односторонностью. Бэкон, очень хорошо понимавший важность математики в естествоведении, заметил в свое время уже опасность подавить математикой другие стороны (он, между прочим, говорит, что особенное внимание ученых к количественным определениям основано на их легкости и поверхностности, но что, держась на одних их, теряется внутреннее)²³². Ньютон, совсем напротив, предался исключительно механическому воззрению; нельзя себе представить ума, менее философского, как Ньютон: это был великий механик, гениальный математик и вовсе не мыслитель. Теория тяготения при всем величии своей простоты, при обширной прилагаемости, объемлемости — не что иное, как *механическое представление* события, представление, быть может, верное, но остающееся без логического оправдания, т.е. без полного понимания, как предположение, сосредоточивающее на себе наиболее вероятия. Телам Ньютон приписывает свойства притяжения и отталкивания;

²³² Бэкон очень зло отозвался (De Aug. Scientiarum) об астрономии: «Наука о телах небесных очень несовершенна; она приносит людям нечто вроде той жертвы, которую однажды Прометей принес Юпитеру: он пожертвовал бычачью кожу, набитую соломой, вместо быка; так и астрономия толкует о числе, положении, движении, периодах небесных тел; небесный свод для них бычачья шкура; во внутренность явлений они не проникают». *Прим. автора.*

но в понятии тела, как его понимал Ньютон, не видно необходимости этих полярных проявлений; стало быть, это факт гипотетический или наглядный — все равно, но не логический; далее, путь небесных тел таков, что механика должна его себе представить следствием двух сил: одна из них делается понятной из предшествовавшего предположения, другая зато остается совершенно непонятна (сила, влекущая тю тангенсу): эта сила

[433/641]

(или толчок, производящий ее) не лежит ни в понятии тела, ни в понятии окружающей среды; она является à la deus ex machina²³³ и так остается до сих пор. И это не заботит строителей небесной механики; математика делается обыкновенно равнодушна ко всем логическим требованиям, кроме своих собственных. Некогда Коперник, обдумывая гениальную мысль свою, имел в виду дать более легкий способ вычислять планетные пути; теперь Ньютон говорит, что он предоставляет физикам решить вопрос о действительности предполагаемых сил, и выставляет на первый план удобство его теории для математических выкладок.

Механическое рассматривание природы, несмотря на колоссальный успех ньютоновой теории, не могло удержаться; первый сильный протест против исключительно механического воззрения раздался в химических лабораториях. Химия осталась вернее настоящей бэконовской методе, нежели все отрасли естественных наук; эмпирия царил в ней, — это правда, но она оставалась почти во всем свободной от рассудочных теорий и насильственных притеснений предмета; химия добросовестно и самоотверженно склонялась перед признанной ею объективностью вещества и его свойств.

Но протест, более мощный, раздался с другой стороны. Лейбниц, тоже великий математик, но и великий мыслитель с тем вместе, поднялся против исключительного механико-материалистического воззрения. Изложение главных оснований его системы отведет нас совсем в другую сферу, а потому я попрошу позволения окончить сперва повествование о бэконовской школе, довести ее до Юма, т.е. до Канта, и потом снова возвратиться к Декарту и проследить историю идеализма до Канта же. В этой истории мы увидим только два лица, но какие! Мы увидим, до какой

233 Произвольная развязка (буквально: как бог из машины). Прим. ред. соч. Герцена.

высоты может дойти гениальная абстракция, до чего великое разумение могло развить картезианизм. Спиноза положил предел идеализму; чтоб идти далее, надобно было выйти из идеализма, оставаясь в нем, — можно быть только комментатором Спинозы, одним из нахлебников его пышного стола. Опыт шага вперед сделал Лейбниц; в Лейбнице мы встречаем первого идеалиста, в котором что-то близкое, родственное, современное нам. Суровость средних веков и протестантское натянутое бесстрашие отражаются еще яркими чертами и на угрюмом Декарте и на неприступно-гордом в нравственной чистоте своей Спинозе, в котором осталось много еврейской исключительности и много католического аскетизма. Лейбниц

[434/642]

человек, почти совсем очистившийся от средних веков; все знает, все любит, всему сочувствует, на все раскрыт, со всеми знаком в Европе, со всеми переписывается; в нем нет созерцательной важности схоластиков; читая его, чувствуете, что наступает *день* со своими действительными заботами, при котором забудутся грезы и сновидения, чувствуете, что полно глядеть в телескоп — пора взять увеличительное стекло, полно толковать об одной субстанции — пора поговорить о многом множестве монад²³⁴.

²³⁴ Мы необходимо должны пропустить явления, чрезвычайно замечательные, и некоторые сильные личности, являвшиеся в XVII в. не в славном русле науки, а, так сказать, возле. Сюда принадлежат английские и французские мистики, протягивавшие руку эмпирии и мирившиеся с нею (вроде того, как легитимисты мирятся с радикалами) на общем признании бессилия разума; сюда принадлежит ряд скептиков, сомневавшихся вместе с мистиками несравненно более в разуме, нежели в опыте (так сильна была реакция против схоластической догматики), и в числе их знаменитый Бэль — защитник веротерпимости, признанной в России Великим Петром и гонимый во Франции Великим Людовиком. Бэль был один из неутомимейших деятелей XVII в.; он замешан во все дела, причастен всем горячим вопросам и везде гуманен и едок, уклончив и дерзок; он действует без имени и всем известен; его гонят иезуиты, он от них спасается в Голландию; его гонят точно так же протестанты, — и от них бежать некуда; католический король Франции его обогащает преследованием его протестантских брошюр и протестантский король Англии чуть не лишает куска хлеба... Все это вместе живо выражает деятельный, кипящий и неустроенный XVII век. *Прим. авторе.*

[435/643]

К. МАРКС

СВЯТОЕ СЕМЕЙСТВО²³⁵

1845

Критическое сражение с французским материализмом

(Стр. 153- 163)

«*Спинозизм* властвовал умами в XVIII столетии как в своей позднейшей французской разновидности, сделавшей материю субстанцией, так и в теизме, давшем материи более духовное наименование... *Французская школа Спинозы* и сторонники теизма были лишь двумя сектами, которые вели между собой спор об истинном смысле *системы Спинозы*... Простая судьба обрекла это просвещение на гибель, — оно растворилось в *романтике*, после того как вынуждено было отдаться в плен реакции, начавшейся со времени французского движения».

Так говорит «критика».

Мы противопоставим в кратких чертах критической истории французского материализма его тривиальную массовидную историю. Мы почтительнейшим образом признаем бездну, отделяющую историю, как она действительно происходила, от истории, как она происходит по декрету «абсолютной критики», в одинаковой мере созидающей как новое, так и старое. Наконец, вполне повинясь предписаниям «критики», мы сделаем «предметом обстоятельного исследования» вопросы: «почему?», «откуда?» и «куда?» критической истории.

«Выражаясь *точно и прозаически*, французское просвещение XVIII столетия, и в особенности французский материализм, представляет собой не только борьбу против существующих по-

[436/644]

литических учреждений, религии и теологии, но также *открытую, ясно выраженную* борьбу против метафизики XVII столетия и против *всякой метафизики вообще*, — против метафизики *Декарта, Мальбранша, Спинозы и Лейбница*. *Философия* была противопоставлена *метафизике*, подобно тому как *Фейербах* при своем первом решительном выступлении против *Гегеля* противопоставил *трезвую философию* *пьяной спекуляции*.

235 К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, ИМЭЛ, Соцэкгиз, 1929, т. III.

Пораженная французским просвещением, и в особенности *французским материализмом, метафизика XVII столетия* праздновала свою *победоносную, полную содержания, реставрацию* в лице немецкой философии, а именно в спекулятивной немецкой философии XIX столетия. После того как *Гегель* гениальным образом соединил ее со всей прежней метафизикой и с немецким идеализмом, создав метафизическое универсальное царство, нападки на теологию снова, как в XVIII столетии, шли рядом с нападками на *спекулятивную метафизику*, и на *всякую метафизику* вообще. *Материализм*, пополненный теперь тем, что было добыто самой *спекуляцией*, и совпадающий с *гуманизмом*, навсегда покончит с метафизикой. Подобно тому как *Фейербах* в теории, французский и английский *социализм* и *коммунизм* являются на практике *материализмом*, совпадающим с *гуманизмом*.

«*Выражаясь точно и прозаически*», существуют два направления *французского материализма*: одно берет свое начало от Декарта, другое — от Локка. Последний вид материализма составляет по преимуществу *французский образовательный элемент* и ведет прямо к социализму. Первый *механический материализм* сливается с французским *естествознанием*. В ходе развития оба направления перекрещиваются. Нам нет надобности входить в подробное рассмотрение французского материализма, ведущего свое происхождение непосредственно от *Декарта*; точно так же незачем останавливаться на французской школе *Ньютона* и на развитии французского *естествознания* вообще.

Заметим лишь следующее.

В своей *физике Декарт* приписывает *материи* самостоятельную творческую силу и *механическое движение* рассматривает как проявление жизни материн. Он совершенно отделяет свою *физику* от своей *метафизики*. В *границах* его физики материя представляет собой единственную *субстанцию*, единственное основание бытия и познания.

Механический французский материализм примкнул к *физике Декарта*, в противоположность его метафизике. Его ученики были по профессии *антиметафизики*, т.е. *физики*.

Врачом Леруа начинается эта школа, в *враче Кабанисе* она достигла своего кульминационного пункта, *врач Ламеттри* яв-

[437/645]

ляется ее центром. Еще при жизни Декарта Леруа применил к человеческой душе взгляд своего учителя на строение *животного тела*

(подобно *Ламеттри* в XVIII в.) и объявил душу *модусом тела*, а идеи — *механическим движением*. Леруа был даже уверен, что Декарт скрыл свой истинный взгляд на этот вопрос, Декарт протестовал против этого. В конце XVIII столетия *Кабанис* закончил разработку картезианского материализма в своем произведении «*Rapport du physique et du moral de l'homme*»,

Картезианский материализм существует еще и поныне во Франции. Значительных успехов он достиг в *механическом естествознании*, которое менее всего можно, «выражаясь *точно и прозаически*», упрекнуть в *романтике*.

Метафизика XVII столетия, главным представителем которой во Франции был *Декарт*, должна была со дня своего рождения *вести борьбу с материализмом*. Материализм выступил против Декарта в лице *Гассенди*, возродившего *эпикурейский* материализм. Французский и английский материализм всегда сохраняли внутреннюю связь с *Демокритом* и *Эпикуром*. Другого противника картезианская метафизика встретила в лице *английского* материалиста *Гоббса*. Гассенди и Гоббс победили свою противницу спустя долгое время после своей смерти, в то время когда она официально господствовала во всех французских школах.

Вольтер заметил, что равнодушие французов XVIII столетия к спору иезуитов с янсенистами следует приписать не столько влиянию философии, сколько финансовым спекуляциям *Лоу*. И в самом деле, падение метафизики XVII столетия постольку может быть объяснено материалистической теорией XVIII столетия, поскольку само это теоретическое движение находит себе объяснение в практике тогдашней французской жизни. Жизнь эта была направлена на непосредственную действительность, на мирское наслаждение и мирские интересы, на *земной* мир. Ее антитеологической, антиметафизической, материалистической практике должны были соответствовать антитеологические, антиметафизические, материалистические теории. Метафизика практически потеряла всякий кредит. Нам необходимо здесь в кратких чертах отметить лишь *теоретический* ход этой эволюции.

Метафизика XVII столетия еще заключала в себе *положительное*, земное содержание (вспомним Декарта, Лейбница и др.). Она делала открытия в математике, физике и других точных науках, которые казались связанными с нею. Но уже в начале XVIII столетия эта мнимая связь была уничтожена. Положительные науки отделились от метафизики и отмежевали себе свою собственную область. Все богатство метафизики огра-

[438/646]

кичилось только миром идей и божественными предметами, и это как раз в то время, когда реальные сущности и земные, вещи начали сосредоточивать на себе весь интерес. Метафизика стала плоской. В том самом году, когда скончались последние великие французские метафизики XVII века, Мальбранш и Арно, родились *Гельвеций* и *Кондильяк*.

Человеком, *теоретически* подорвавшим всякое доверие к метафизике XVII столетия и ко всякой метафизике вообще, был *Пьер Бейль*. Его оружием: служил *скептизм*, который сам был выкован из волшебных формул метафизики. Он сам исходил прежде всего из картезианской метафизики. Подобно тому как *Фейербаха* борьба против спекулятивной теологии толкнула на борьбу против *спекулятивной философии* именно потому, что он увидел в умозрении последнюю опору теологии и вынужден был заставить теологов вернуться обратно от мнимой науки к *грубой*, отталкивающей вере, точно так же религиозное сомнение привело Бейля к сомнению в метафизике, служившей основой для веры. Он подверг поэтому критике все историческое развитие метафизики. Он стал ее историком, для того чтобы написать историю ее смерти. Он, но преимуществу, опровергал *Спинозу* и *Лейбница*.

Пьер Бейль не только разрушил метафизику с помощью скептицизма, очищая тем самым почву для усвоения материализма и философии здравого смысла во Франции, он возвестил появление атеистического общества, которое вскоре действительно начало существовать, посредством доказательства того, что возможно существование *общества*, состоящего из *атеистов*, что атеист *может* быть почтенным человеком, что человека унижают не атеизм, а предрассудки и идолопоклонство.

По выражению одного французского писателя, *Пьер Бейль* был «последним метафизиком в смысле XVII столетия и первым философом в смысле XVIII столетия».

Кроме отрицательного опровержения теологии и метафизики XVII столетия необходима была еще *положительная антиметафизическая* система. Чувствовалась необходимость в такой книге, которая привела бы в систему тогдашнюю жизненную практику и дала бы ей теоретическое обоснование. Сочинение *Локка* о «Происхождение человеческого рассудка» очень кстати явилось с того берега пролива. Оно встречено б к. До с энтузиазмом, как давно и страстно ожидаемый гость.

Спрашивается: не был ли *Локк* учеником *Спинозы*? «Грешная» история может на это ответить:

Материализм — прирожденный сын *Великобритании*. Еще британский схоластик *Дунс Скот* спрашивал себя: «не способна ли материя мыслить?»

[439/647]

Чтобы

В своем дальнейшем развитии материализм становится *односторонним*. *Гоббс* является *систематиком бэконовского* материализма. Чувственность теряет свои яркие краски и превращается в абстрактную чувственность *геометра*. *Физическое* движение приносится в жертву *механическому*, или *математическому*, движению, *геометрия* провозглашается главной наукой. Материализм становится *враждебным человеку*. Чтобы преодолеть человеконенавистнический бесплатный дух в его собственной области, материализм должен сам умертвить свою плоть и сделаться *аспектом*. Он выступит как рассудочное существо, но зато он с беспощадной последовательностью развивает все выводы рассудка.

Если чувственность есть историк всякого познания, как утверждает *Гоббс*, исходя из *Бэкона*, то созерцание, мысль, представление и т.д. суть не что иное, как фантомы телесного мира, более или менее лишенного своих, доступных внешним чувствам форм. Наука может только дать название этим фантомам. Одно и то же название может быть приложено ко мно-

[440/648]

гим фантомам. Могут даже существовать названия названий. Но было бы противоречием, с одной стороны, видеть в чувственном мире источник всех идей, с другой же стороны — утверждать, что слово есть нечто большее, чем слово, что, кроме существующих в представлении, всегда лишь отдельных существ, имеются еще общие сущности. Бестелесная субстанция представляет собой такое же противоречие, как *бестелесное тело*. *Тело, бытие, субстанция* — все это есть одна и та же *реальная* идея. Нельзя отделить мысль от той материи, которая мыслит. Она является субъектом всех изменений. Слово *бесконечный* — *бесмысленно*, если оно не обозначает нашей способности увеличивать без конца всякую данную величину. Так как только материальное доступно восприятию и познания, то нельзя *ничего* знать о существовании бога. Достоверно для меня лишь мое собственное существование. Всякая человеческая страсть есть

механическое движение, которое кончается или начинается. Объекты наших стремлений составляют благо. Человек подчинен тем же законам, что и природа. Сила и свобода — тождественны.

Гоббс систематизировал Бэкона, но не дал обстоятельного обоснования главному принципу — происхождению знаний и идей из чувственного мира. Этот принцип Бэкона и Гоббса был разработан Локком в его «Опыте о происхождении человеческого рассудка».

Гоббс уничтожил *теистические* предрассудки бэконовского материализма; Коллимс, Додваль, Ковард, Гартли и Пристли разрушили последние теологические рамки локковского сенсуализма. Теизм — по крайней мере, для материалиста — есть не больше, как удобная и мягкая форма избавления от религии.

Мы уже упоминали о том, насколько появление произведения Локка отвечало потребностям французского просвещения. Локк обосновал философию *bon sens*, здравого смысла, т.е. сказал косвенным образом, что не может быть философии, отличной от рассудка, опирающегося на показания здоровых человеческих чувств.

Непосредственный ученик и *французский* исследователь Локка, Кондильяк, немедленно направил локковский сенсуализм против *метафизики* XVII столетия. Он доказал, что французы с полным правом отвергли эту метафизику как простой и неудачный плод воображения и теологических предрассудков. Он обнаружил труд, в котором опровергал системы Декарта, Спинозы, Лейбница и Мальбранша.

В своем произведении *Essai sur l'origine des connaissances humaines* он развивал точку зрения Локка, доказывая, что не только, душа, но и чувства, не только искусство создавать идеи,

[441/649]

но и искусство чувственного восприятия составляют дело *опыта* и *привычки*. От *воспитания* и *внешних обстоятельств* зависит поэтому все развитие человека. Только эклектическая философия вытеснила впоследствии Кондильяка из французских школ.

Различие *французского* и *английского* материализма соответствует различию между этими нациями. Французы наделили английский материализм остроумием, плотью, кровью и красноречием. Они придали ему не достававшие еще темперамент и грацию. Они *цивилизировали* его.

У *Гельвеция*, тоже исходившего от Локка, материализм получает настоящий французский характер. Он непосредственно применяется к

общественной жизни (Helvetius, De l'homme). Чувственные впечатления, себялюбие, наслаждение и правильно понятый личный интерес составляют основу морали. Природное равенство человеческих духовных способностей, единство успехов разума с успехами индустрии, природная доброта человека, всемогущество воспитания – вот главные моменты его системы.

Произведения Ламеттри представляют собой опыт соединения картезианского материализма с английским. Ламеттри пользуется физикой Декарта во всех ее подробностях. Его L'homme-machine построено по образцу животного-машины Декарта. В *Système de la nature* Гольбах часть, посвященная физике, также представляет собой соединение французского и английского материализма, теория же нравственности, по существу, опирается на мораль Гельвеция. Робина (*De la nature*), тот французский материалист, который больше всех сохранил связь с метафизикой и потому удостоился похвалы Гегеля, ссылается определенной образом на Лейбница.

О Вольнее, Дююи, Дидро и др. нам нет надобности говорить, как о физиократах, после того как мы, с одной стороны, выяснили двойное происхождение французского материализма от физики Декарта и английского материализма, а с другой стороны – указали на противоположность французского материализма *метафизике* XVII столетия, метафизике Декарта, Спинозы, Мальбраиша и Лейбница. Немцы обратили внимание впервые на эту противоположность только после того, как сами вступили в борьбу со *спекулятивной метафизикой*.

Как *картезианский* материализм приводит к *естествознанию* в тесном смысле слова, так другое направление французского материализма приводит непосредственно к *социализму* и *коммунизму*.

Не требуется большого остроумия, чтобы усмотреть связь между учением материализма о прирожденной склонности к добру, о равенстве умственных способностей людей, о всемогу-

[442/650]

ществе опыта, привычки, воспитания,, о влиянии внешних обстоятельств на человека, о высоком значении индустрии, о нравственном праве на наслаждение и т.д. – и коммунизмом и социализмом. Если человек черпает вер свои знания, ощущения и проч. из чувственного мира и опыта, получаемого от этого мира, то надо, стало быть, так устроить окружающий мир, чтобы человек познавал в нем истинно человеческое, чтобы

он привыкал в нем воспитывать в себе человеческие свойства. Если правильно понятый интерес составляет принцип всякой морали, то надо, стало быть, стремиться к тому, чтобы частный интерес отдельного человека совпадал с общечеловеческими интересами. Если человек несвободен в материалистическом смысле, т. е, если он свободен не вследствие отрицательной силы избегать того или другого, а вследствие положительной силы проявлять, свою истинную индивидуальность, то должно не наказывать преступления отдельных лиц, а уничтожить антисоциальные источники преступлений и предоставить каждому необходимый общественный простор для его существенных жизненных проявлений. Если характер человека создается обстоятельствами, то надо, стало быть, сделать обстоятельства человеческими. Если человек по природе своей общественное существо, то он, стало быть, только в обществе может развить свою истинную природу, и о силе его природы надо судить, не по отдельным личностям, а по целому обществу.

Эти и им подобные положения вы можете найти почти дословно даже у самых старых французских материалистов. Здесь не место входить в их оценку. Свидетельством социалистической тенденцией материализма может служить «Защита пороков» Мандевиля, одного из ранних английских учеников Локка. Он доказывает, что в *современном* обществе пороки *необходимы и полезны*. Это ни в каком случае нельзя признать, защитой современного общества.

* * *

[443/652]

ФРИДРИХ ЭНГЕЛЬС

ДИАЛЕКТИКА ПРИРОДЫ²³⁶

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ В МИРЕ ДУХОВ

(Стр. 465)

Существует старый, ставший уже народной пословицей афоризм диалектики, что крайности сходятся. Мы поэтому вряд ли ошибемся, когда станем искать самые крайние степени фантазерства, легковерия и суеверия не у той естественно-научной школы, которая подобно немецкой

236 К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, ИМЭЛ, Соцэкгиз, М. Л. 1931, т. XIV.

натурфилософии пыталась втиснуть внешний объективный мир в рамки своего субъективного мышления, а, наоборот, у того противоположного направления, которое, чванясь одним лишь опытом, относится с суеверным презрением к мышлению и дошло действительно до геркулесовых столбов в своей теоретической беззаботности... Эта школа господствует в Англия. Уже ее родоначальник, прославленный Френсис Бэкон, требует внимания к своему новому эмпирико-дедуктивному методу, чтобы достигнуть при его помощи прежде всего следующих вещей: продления жизни, омоложения в известной степени, изменения телосложения и черт лица, превращения один тел в другие, создания новых видов, победы над воздухом и взывания грозы; он жалуется на то, что эти исследования были заброшены, к дает в своей естественной историк форменные рецепты для изготовления золота к совершения разных чудес. Точно так же и Исаак Ньютон занимался на старости лет комментариями к «Откровению» Иоанна. По-этому нет ничего удивительно в том, что за последние годы английский эмпирик в лиц некоторых из своих далеко не худ-

[444/652]

ших представителей стал как-будто бы окончательно жертвой вывезенного из Америки духовидения и духовыстукивания.

(Стр. 473-474)

Презрение к диалектике не остается безнаказанным. Сколько бы ни выказывать пренебрежения ко всякому теоретическому мышлению, все же без последнего невозможно связать между собой любых двух естественных фактов или же уразуметь существующую между ними связь. При этом важно только одно: мыслят ли правильно или нет, — и пренебрежение к теории является, само собой разумеется, самым надежным способом мыслить натуралистически и, значит, неверно: Но неверное мышление, доведенное до конца, приводит неизбежно, по давно известному диалектическому закону, к противоречию со своим исходным пунктом. И. таким образом, эмпирическое презрение к диалектике наказывается тем, что некоторые из самых трезвых эмпириков становятся жертвой самого дикого из всех суеверий — современного спиритизма.

Действительно, чистый эмпиризм не способен опровергнуть спиритов. Во-первых «высшие» явления всегда показываются, лишь когда соответственный «исследователь» достаточно обработан, чтобы видеть только то, что он должен или хочет видеть, как это описывает с такой неподражаемой наивностью сам Крукс. Во-вторых, спирит несколько не

смущается тем, что сотни мнимых фактов оказываются надувательством, а десятки мнимых медиумов обычными шарлатанами. Пока не разъяснено до конца любое *отдельное* мнимое чудо, у спиритов еще достаточно почвы под ногами, как это высказывает определенно Уоллес в связи с историей о поддельных фотографиях духов. Существование подделок только доказывает подлинность подлинных фотографий.

И вот эмпиризм оказывается вынужденным противопоставить назойливости духовидцев не эмпирические эксперименты, а теоретические соображения и сказать вместе с Гексли: «Единственная хорошая вещь, которую, по моему мнению, можно было бы вывести из доказательства истины спиритизма, это новый аргумент против самоубийства. Действительно, лучше жить и быть чистильщиком улиц, чем в качестве покойника болтать чепуху устами какого-нибудь медиума, получающего гению за сеанс!».

[445/658]

ФРИДРИХ ЭНГЕЛЬС

СТАРОЕ ПРЕДИСЛОВИЕ К²³⁷ АНТИДЮРИНГУ

«О ДИАЛЕКТИКЕ»

1878

(Стр. 337 - 342)

Всякому, кто занимается теоретическими вопросами, результаты современного естествознания навязываются с той же принудительностью, с какой современные естествоиспытатели — желают ли они того или нет — вынуждены приходить к общетеоретическим выводам. И здесь наблюдается известная компенсация. Если теоретики являются полужнайками в области естествознания, то такими же полужнайками являются современные естествоиспытатели в области теории, в области того, что называлось до сих пор философией.

Эмпирическое естествознание накопило такую необъятную массу положительного материала, что необходимость систематизировать его в каждой отдельной области исследования и расположить с точки зрения внутренней связи стала неустранимой. Точно так же стало неизбежным

237 К. Маркс и Ф. Энгельс, Сочинения, ИМЭЛ, Соцэкгиз, М. Л. 1931, т. XIV.

привести между собой в правильную связь отдельные области познания. Но, занявшись этим, естествознание попадает в теоретическую область, а здесь методы эмпиризма оказываются бессильными, здесь может оказать помощь только теоретическое мышление. Но теоретическое мышление является прирожденным свойством только в виде способности. Она должна быть развита, усовершенствована, а для подобной разработки не существует до сих пор никакого иного средства, кроме изучения истории философии.

Теоретическое мышление каждой эпохи, а значит, и нашей эпохи, это — исторический продукт, принимающий в различные времена очень различные формы и получающий поэтому очень

[446/657]

различное содержание. Следовательно, наука о мышлении, как и всякая другая наука, есть историческая наука, наука об историческом развитии человеческого мышления. И это имеет значение и для практического применения мышления к эмпирическим областям, ибо, во-первых, теория законов мышления не есть вовсе какая-то раз навсегда установленная «вечная истина», как это связывает со словом «логика» филистерская мысль. Сама формальная логика являлась, начиная с Аристотеля и до наших дней, ареной ожесточенных споров. Что же касается диалектики, то до сих пор она была исследована более или менее точным образом лишь двумя мыслителями Аристотеля и Гегелем. Но именно диалектика является для современного естествознания самой правильной формой мышления, ибо она одна представляет аналог и, значит, метод объяснения происходящих в природе процессов развития для всеобщих связей природы, для переходов от одной области исследования к другой.

Во-вторых, знакомство с историческим развитием человеческого мышления, с господствовавшим в разные времена пониманием всеобщей связи внешнего мира необходимо для теоретического естествознания и потому, что оно дает масштаб для оценки выдвигаемых этим естествознанием теорий. Здесь часто ярко выступает недостаток знакомства с историей философии. Положения, установленные в философии уже сотни лет назад, положения, с которыми в философии давно уже покончили, часто выступают у теоретизирующих естествоиспытателей в виде самоновейших истин, становясь на время даже предметами моды. Когда механическая теория теплоты привела в подтверждение учения о сохранении энергии новые доказательства и выдвинула его на первый план, то это

было для нее, несомненно, огромным успехом; но могло ли бы это положение казаться чем-то столь абсолютно новым, если бы господа физики вспомнили, что оно было установлено уже Декартом? С тех пор как физика и химия стали опять оперировать почти исключительно молекулами и атомами, древнегреческая атомистическая философия должна была неизбежно выступить снова на первый план. Но как поверхностно трактуется она даже лучшими из естествоиспытателей! Так, например, Кекуле рассказывает (*Ziele u Leistungen der Chemie*), будто атомистическая теория имеет своим родоначальником Демокрита, а не Левкиппа, и утверждает, будто Дальтон первый признал существование качественно различных элементарных атомов и первый приписал им различные специфические для различных элементов веса; между тем у Диогена Лаэртского (X, I. § 43—44 и 61) можно прочесть, что уже Эпикур приписывал атомам не только различную величину, но и различный вес. т. е по-своему уже знал атомный вес и атомный объем.

[447/657]

ГЕОРГ ФРИДЕИХ ВИЛЬГЕЛМ ГЕГЕЛЬ

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ФИЛОСОФСКИХ НАУК. ЛОГИКА²³⁸

1812 – 1816

1. ЭМПИРИЗМ

§ 38

(Стр. 79—81)

Примечание. В эмпиризме заключается великий принцип, гласящий, что то, что истинно, должно быть в действительности и наличествовать для восприятия. Этот принцип противоположен *долженствованию*, которым тщеславится рефлексия, презрительно противопоставляя действительности и данности некое *потустороннее*, которое якобы пребывает и существует лишь а субъективном рассудке. Подобно эмпиризму, философия также познает (§ 7) лишь то, что *есть*; она не признает ничего такого, что лишь *должно* быть и, следовательно, не существует. — С субъективной стороны следует также признать важность заключенного в эмпиризме принципа свободы, согласно которому человек должен сам видеть, должен *сам присутствовать* в том, что он признает достоверным в своем

²³⁸ Гегель. Сочинения. Под редакцией А. Деборина и Д. Рязанова, том I, ИМЕЛ, Гиз, М.Л., 1929.

знании. *Последовательное* проведение эмпиризма, поскольку он ограничивается со стороны содержания конечным, отрицает вообще сверхчувственное или, по крайней мере, познание и определенность последнего и оставляет за мышлением лишь абстракцию, формальную всеобщность и тождество. Основная ошибка научного эмпиризма состоит всегда в том, что он пользуется метафизическими категориями: материя, сила, одно, многое, всеобщность, бесконечность и т.д.

[448/658]

и, руководясь такими категориями, *умозаключает дальше*, исходя, как из предпосылки, из форм умозаключения и при этом не знает, что он сам содержит в себе метафизику, сам занимается ею; он, таким образом, пользуется вышеуказанными категориями и их сочетаниями совершенно некритично и бессознательно.

Прибавление. От эмпиризма исходил клич: перестаньте вращаться в пустых абстракциях, смотрите с открытыми глазами, постигайте человека и природу, как они предстоят перед вами здесь, пользуйтесь настоящим моментом, — и нельзя отрицать, что в этом призыве заключается существенно правомерный момент. *Здесь* настоящий момент, поюстороннее должно заменить собой пустую потусторонность, паутину и туманные образы абстрактного рассудка. Этим приобретается также прочная опора, отсутствие которой чувствовалось в прежней метафизике, т.е. приобретается бесконечное определение. Рассудок подбирает лишь конечные определения; последние лишены в себе устойчивости, шатки, и возведенное на них здание обрушивается. Разум всегда стремился к тому, чтобы найти бесконечное определение, но еще не наступило тогда время, чтобы найти это бесконечное определение о мышлении. И это стремление ухватилось за настоящий момент, за «здесь», за «это», которое имеет в себе бесконечную форму, хотя и не в истинном существовании этой формы. Внешнее есть в себе истинное, ибо истинное действительно и должно существовать. Бесконечная определенность, которой ищет разум, существует, таким образом, в мире, хотя она и существует не в своей истине, а в чувственном единичном образе.

Далее, согласно воззрению эмпириков, *восприятие* есть форма, в которой мы должны постигать предметы внешнего мира, и в этом состоит недостаток эмпиризма. Восприятие как таковое всегда есть нечто единичное и преходящее; познание, однако, не останавливается на нем, а в воспринятом единичном оно отыскивает всеобщее и пребывающее, и это

составляет переход от простого восприятия к опыту — В опыте эмпиризм пользуется преимущественно формой *анализа*. В восприятии мы имеем многообразное конкретное, определения которого мы должны разобрать, подобно тому как снимают слои с луковицы. Это расчленение имеет, следовательно, для эмпиризма тот смысл, что мы разъединяем сросшиеся определения, разлагаем их и ничего к ним не прибавляем, кроме субъективной деятельности разложения. Анализ есть, однако, переход от непосредственности восприятия к мысли, поскольку определения, «вторые совместно содержатся в анализируемом предмете, получают форму всеобщности, благодаря тому, что их отделяют друг от друга.

[449/659]

Эмпиризм находится в заблуждении, полагая, что, анализируя предметы, он оставляет их такими, каковы они есть, тогда какой на самом деле превращает конкретное в нечто абстрактное. Благодаря этому, получается вместе с тем, что живое умерщвляется, ибо живо лишь конкретное, единое. И, однако, это разделение должно совершиться для того, чтобы мы достигли познания, и сам дух есть разделение внутри себя. Это однако, лишь одна сторона, а главным является объединение разделенного. Так как анализ не идет дальше ступени разделения, то к нему применимы слова поэта:

Что в химии зовется, как на грех,
Encheiresis naturae — просто смех.
Знакомы части ей, известен ли предмет?
Безделки в нем, духовной связи нет.

Анализ исходит из конкретного, и обладание этим материалом дает ему большое преимущество над абстрактным мышлением прежней метафизики. Анализ устанавливает различия, и это очень важно; но эти различия сами, в свою очередь, представляют собой лишь абстрактные определения, т.е. *мысли*. Так как эти мысли признаются эмпиризмом реальной сущностью предметов, — тем, что предметы суть в себе, — то перед нами снова предпосылка прежней метафизики, утверждающая, что истинное в вещах заключается именно в мышлении.

§ 39

(Стр. 82)

Относительно принципа эмпиризма сделано было правильное замечание, что в том, что мы называем *опытом* и что мы должны различать

от просто единичного восприятия единичных фактов, содержатся *два элемента*: один элемент – сам по себе разрозненный, бесконечно *многообразный материал*, а другой – *форма*, определения *всеобщности* и *необходимости*. Эмпирическое наблюдение дает нам многочисленные и, пожалуй, бесчисленные одинаковые восприятия. Однако *всеобщность* есть нечто совершенно другое, чем множество. Эмпирическое наблюдение точно так же доставляет нам восприятие следующих друг за другом изменений или *лежащих рядом друг с другом предметов*, но оно не показывает нам необходимости связи. Так как восприятие должно оставаться основой того, что признается истинным, то всеобщность и необходимость кажутся чем-то *неправомерным*, субъективной случайностью, простой привычкой, содержание которой может носить тот или иной характер.

[450/660]

ФРИДРИХ ЭЧГЕЛС

РАЗВИТИЕ СОЗНАНИЯ ОТ УТОПИИ К НАУКЕ.

ПРЕДИСЛОВИЕ К АНГЛИЙСКОМУ ИЗДАНИЮ²³⁹

20 АПРЕЛЯ 1892 Г.

(Стр. 21–28)

... Великая борьба европейской буржуазии против феодализма дошла до. высокого напряжения в трех крупных решительных битвах.

Первой было то, что мы называем реформацией в Германии. Призыв Лютера к возмущению против церкви вызвал два политических восстания: сначала – низшего дворянства под предводительством Франца фон-Зиккингена в 1523 г., а затем—Великую крестьянскую войну 1525 г. Оба они были подавлены главным образом вследствие нерешительности наиболее заинтересованной партии, городской буржуазии; здесь мы не можем остановиться на причинах этой нерешительности. С этого момента борьба выродилась в спор между отдельными князьями и центральной имперской властью и имела своим последствием то, что Германия на двести лет была вычеркнута из списка политически активных наций Европы. Лютеровская реформация установила в ней, во всяком случае, новую религию, именно такую, какая как раз нужна была абсолютной монархии. Не успели крестьяне на северо-востоке Германии принять лютеранство, как они были из свободных людей низведены в крепостные.

239 Развитие социализма от утопии к науке, Б-ка классиков марксизма, Гиз, 1931 г.

Но там, где Лютера постигла неудача, Кальвин добился победы. Его догмы были приурочены к требованиям самой смелой части тогдашней буржуазии. Его учение о предопределении было религиозным выражением факта, что в мире торговли и конкуренции удача или банкротство зависят не от дея-

[451/661]

тельности или искусства отдельных лиц, а от обстоятельств, от них не зависящих. «Определяет не воля или действия каждого отдельного человека, а милосердие» высших, «о неизвестных экономических сил. И это было особенно верно во время экономического переворота, когда старые торговые пути и торговые центры были вытеснены новыми, когда были открыты Америка и Индия, когда даже издревле почитаемые члены экономического символа веры – стоимости золота и серебра – пошатнулись и стремительно пали. Притом церковное устройство у Кальвина было насквозь демократичным и республиканским; а где уже царство божие республиканизировано, могли ли там земные государства оставаться подданными королей, епископов и феодалов-помещиков? Если лютеранство в Германии было удобным орудием в руках германских мелких князей, то кальвинизм дал республику в Голландии и сильные республиканские партии в Англии и особенно в Шотландии.

В кальвинизме нашло себе готовую теорию борьбы второе крупное восстание буржуазии. Это восстание имело место в Англии. Городская буржуазия начала его, а среднее крестьянство, йоменри (yeomanry) сельских округов, закончило его победой. Довольно странный факт: во всех трех великих буржуазных революциях крестьяне доставляют армии для битв и они же являются тем именно классом, который после одержанной победы неизбежно приходит к гибели вследствие экономических результатов этой победы. Сто лет спустя после Кромвеля английские йомены почти исчезли. Во всяком случае, только благодаря вмешательству этих йоменов и плебейских элементов городов борьба была доведена до решительного конца, и Карл I взмолился на эшафот. Чтобы пожать даже те плоды победы буржуазии, которые тогда вполне созрели для жатвы, понадобилось, чтобы резолюция зашла значительно дальше цели – совершенно так же, как в 1793 г. во Франции и в 1848 г. в Германии. Невидимому, таков действительно один из законов развития буржуазного общества.

За этим избытком революционной деятельности последовала неизбежная реакция и, с своей стороны, зашла далеко за свою цель. После

ряда колебаний установился наконец новый центр тяжести и послужил исходным пунктом для дальнейшего развития. Замечательный период английской истории, который филистеры окрестили «великим бунтом», и следующие за ним битвы завершаются сравнительно незначительным событием 1689 г., которое либеральные историки называют «славной революцией».

Новый исходный пункт был компромиссом между восходящей буржуазией и бывшими феодальными крупными землевладельцами. Последние, считавшиеся тогда, как и теперь, аристократией, уже давно были на пути к тому, чем Луи-Филипп во Фран-

[452/662]

ции стал лишь спустя долгое время: первыми буржуа нации.

К счастью для Англии, старые феодальные бароны перебили друг друга в войнах Алой и Белой роз. Их наследники, большей частью также отпрыски эти же старых фамилий, вели, однако, свой род от столь отдаленных боковых линий, что они составили совершенно новую корпорацию. Их навыки и стремления были гораздо более буржуазными, чем феодальными. Они прекрасно знали стоимость денег и немедленно занялись повышением своей земельной ренты, прогнав с земли сотни мелких арендаторов и заменив их овцами. Генрих VIII массами создавал новых лендлордов из буржуазии, раздавая и проматывая церковные имения; к тому же результату приводили непрерывно продолжавшиеся до конца XVII столетия конфискации крупных имений, которые затем раздавались выскочкам или полувыскочкам. Поэтому английская «аристократия» со времени Генриха VIII не только не противодействовала развитию промышленности, но, напротив, старалась извлекать из нее пользу. И точно так же всегда находилась часть крупных землевладельцев, которая из экономических или политических побуждений соглашалась на сотрудничество с вождями финансовой и промышленной буржуазии. Таким образом легко мог осуществиться компромисс 1689 г. Политические *spolia opima* (победные трофеи) — должности синекуры, высокие оклады — остались на долю знатных родов земельного дворянства с условием в меру соблюдать экономические интересы финансовой, промышленной и торговой буржуазии. Эти экономические интересы уже тогда были достаточно сильны; в конце концов они определяли собой общую национальную политику. Конечно, существовали разногласия по тому или другому вопросу, но аристократическая олигархия слишком хорошо понимала, как

неразрывно связано ее собственное экономическое благополучие с процветанием промышленной и торговой буржуазии.

С этого времени буржуазия стала скромной, но признанной частью господствующих классов Англии. Вместе с ними у нее имеется общий интерес в подавлении огромной трудящейся массы народа. Купец или фабрикант по отношению к своим приказчикам, своим рабочим, своей челяди сам занимал положение хлебодавца, хозяина или, как еще недавно выражались в Англии, «естественного начальника». Он должен был выколачивать из них возможно большее количество труда возможно лучшего качества; с этой целью ему надо было воспитывать их в надлежащей покорности. Он и сам был религиозен: его религия доставила ему знамя, с которым он победил короля и лордов. Не так давно он открыл также в этой религии средства, чтобы обрабатывать своих естественных подданных и делать их послушными приказам

[453/663]

хозяев, которых поставил над ними неисповедимый промысел божий. Короче говоря, английский буржуа с этого времени был соучастником в подавлении «низших сословий» — огромной производящей народной массы, — и одним из применявшихся при этом средств было влияние религии.

Но сюда присоединилось еще другое обстоятельство, усилившее религиозное влечение буржуазии: расцвет материализма в Англии. Это новое безбожное учение не только приводило в ужас благочестивого буржуа, — оно я довершение всего объявило себя философией, которая как раз подходит для ученых и образованных людей как противовес религии и которая достаточно хороша для необразованной, огромной народной массы, включая и буржуазию. Вместе с Гоббсом оно выступило защитником королевского всемогущества и призывало абсолютную монархию к укрощению этого *puer robustus sed malitiosus* (крепкого, но коварного парнишки), т.е. народа. Даже у последователей Гоббса — Болингброка, Шефтсбери и пр.— новая, деистическая форма материализма оставалась аристократическим, эзотерическим (годным для посвященных) учением, и поэтому материализм был ненавистен буржуазии не только за свою религиозную ересь, но и за его антибуржуазные политические связи. Соответственно этому, в противоположность материализму и деизму аристократии, именно протестантские секты, которые доставили знамя и бойцов в борьбе против Стюартов, выставили также главные боевые силы

прогрессивного среднего класса и еще сейчас составляют хребет «великой либеральной партии».

Тем временем материализм переключался из Англии во Францию, где он нашел вторую материалистическую философскую школу, которая вышла из картезианской философии и с которой он и слился. И во Франции он вначале оставался исключительно аристократическим учением. Но скоро выступил наружу его революционный характер. Французские материалисты не ограничились своей критикой только областью религии; они критиковали каждую научную традицию, каждое политическое учреждение своего времени. Чтобы доказать всеобщую приложимость своей теории, они избрали кратчайший путь: они смело приложили ее ко всем объектам знания в том гигантском труде, от которого они получили свое имя, в Encyclopédie («Энциклопедия»). Таким-то образом в той или иной форме, как открыт реализм или как деизм, материализм стал мировоззрением образованной молодежи во Франции. И это — в такое время Великой революции рожденное на свет английскими роялистами учение доставило французским республиканцам и террористам теоретическое знамя и дало текст для «Декларация прав человека».

[454/664]

Великая французская революция была третьим восстанием буржуазии, но первым, которое совершенно сбросило с себя религиозную мантию и протекло во всех стадиях на открытой политической почве. Она была также и первым восстанием, которое действительно было проведено до конца, до уничтожения одной из борющихся сторон, аристократии, и до полной победы другой старены, буржуазии. В Англии непрерывное существование дореволюционных и послереволюционных учреждений к компромиссу между крупными землевладельцами и капиталистами нашли свое выражение в непрерывности судебных прецедентов, равно как и почтительном сохранении феодальных законодательных форм. Во Франции революция окончательно порвала с традициями прошлого, уничтожила последние следы феодализма и создала в Code civil (гражданском кодексе) мастерское приспособление старого римского права к новейшим капиталистическим отношениям, — того самого права, которое является почти совершенным выражением юридических отношений, вытекающих из той ступени экономического развития, которую Маркс называет «товарным производством». Приспособление сделано до такой степени мастерски, что этот революционный французский кодекс законов еще н

сейчас во всех других странах, не исключая, и Англии, служит образцом при реформах права собственности. При этом, однако, не следует забывать одного: английское право продолжает выражать экономические отношения капиталистического общества на варварском феодальном наречии, которое столько же соответствует выражаемому предмету, сколько английская орфография—английскому чтению: «Vous écrivez Londres et vous prononcez Constantinople» («Вы пишете Лондон, а читаете Константинополь»), сказал один француз. Но зато это же самое английское право является единственным, которое неподдельно строго сохранило и пересадило в Америку и в колонии лучшую часть той личной свободы, местного самоуправления и обеспеченности от всякого чужого вторжения, кроме судебного — коротко говоря, тех древнегерманских свобод, которые на континенте под властью абсолютных монархий совершенно исчезли и до сих пор нигде еще не завоеваны обратно в полном объеме.

Вернемся, однако, к нашему британскому буржуа. Французская резолюция дала ему великолепный случай с помощью континентальных монархий разрушить французскую морскую торговлю, захватить французские колонии и уничтожить последние французские притязания на морское соперничество. Это было одним из оснований, почему он выступил на борьбу с нею. Вторым было то, что методы этой революции очень уж претили ему, — не только ее «проклятый террор, но уже одна ее попытка довести до крайности господство буржуазии». Да и что бы делал

[455/665]

на свете британский буржуа без своей аристократии, которая и манерам его обучила (манеры, достойные учителя!), и моды для него приобрела, которая доставила ему офицеров для армии, — этой охранительницы порядка внутри страны, — и для флота, завоевывающего новые колониальные владения и новые рынки? Впрочем, среди буржуазии было все же прогрессивное меньшинство, — люди, интересы которых не очень процветали от компромисса. Это меньшинство, состоящее из мелкой буржуазии, относилось с симпатией к революции, но оно было бессильно в парламенте.

Чем больше, таким образом, материализм становился символом веры французской резолюции, тем крепче держался богобоязненный английский буржуа своей религии. Разве эпоха террора в Париже не показала, что выходит, когда у народа отнимают религию? Чем больше материализм во Франции распространялся на соседние страны и получал

подкрепление от родственных теоретических течений, особенно от германской философии; чем больше материализм и вообще свободомыслие действительно становилось на континенте необходимым признаком образованного человека, — тем упорнее английский средний класс держался за свои разнообразные религиозные вероисповедания. Как бы сильно они ни отличались друг от друга, но все, они решительно были религиозными христианскими вероисповеданиями.

В то время как революция во Франции привела буржуазию к победе в политике, в это время в Англии Уатт, Аркрайт, Картрайт и другие произвели промышленную революцию, которая совершенно переместила центр тяжести экономических сил. Богатство буржуазии теперь стало расти бесконечно быстрее, чем богатство земельной аристократии. Внутри самой буржуазии финансовая аристократия, банкиры и т. п. все более стали отступать на задний план в сравнении с фабрикантами. Компромисс 1689 г., даже после постепенно происходивших изменений в пользу буржуазии, уже более не соответствовал соотношению сил участников этого соглашения. Характер участников также изменялся: буржуазия 1830 г. очень отличалась от буржуазии прошлого (XVIII) столетия. Остававшаяся еще в руках аристократии политическая власть, которую она использовала против притязаний новой промышленной буржуазии, стала несовместимой с новыми экономическими интересами. Приходилось возобновить борьбу против аристократии: борьба могла кончиться только победой новых экономических сил. Под влиянием французской революции 1830 г., несмотря на все сопротивление, впервые была проведена парламентская реформа. Это создало буржуазии признанное сильное положение в парламенте. Затем пришла от-

[456/666]

мена хлебных законов, которая раз навсегда установила перевес буржуазии над земельной аристократией, — особенно ее самой деятельной части, — фабрикантов. Это была величайшая победа буржуазии, но в то же время и последняя, которую она одержала исключительно в своем собственном интересе. Все ее позднейшие триумфы ей приходилось делить с новой, сначала с ней связанной, но затем вступившей с ней в борьбу социальной силой.

Промышленная революция создала класс крупных капиталистов-фабрикантов, но вместе с тем гораздо более многочисленный класс фабричных рабочих. Этот класс непрерывно рос в числе, по мере того

как промышленная революция захватывала одну отрасль производства за другой. Вместе с его численностью росла также и его сила, и эта сила обнаружила себя уже в 1824 г., когда она принудила парламент, несмотря на его упорное сопротивление, отменить законы против свободы коалиций. Во время агитации за парламентскую реформу рабочие составляли радикальное крыло партии реформ. Когда акты 1832 г. все-таки не дали им права голоса, они изложили свои требования в Народной хартии (people's charter) и, в противоположность сильной буржуазной Лиге против хлебных законов, организовались в независимую партию чартистов. Это была *первая рабочая партия* нашего времени.

[457]

БОРЬБА ЗА НОВОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

1. Общий прогресс науки в XVII в.
2. Старые университеты и их борьба против новой науки
3. Научные общества.
4. Научные журналы в XVII веке.

[458/669]

БОРЬБА ЗА НОВОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

Развитие производительных сил ставит перед наукой ряд практических задач и с повелительной необходимостью требует их разрешения. Официальная наука, средоточием которой являются средневековые университеты, не только не пытается разрешить эти задачи, но активно выступает против развивающегося естествознания. Университеты периода XV—XVII вв. являются опорой феодализма. Они являются не только носителями феодальных традиций, но и активными их защитниками. В 1655 т. во время борьбы цеховых мастеров с рабочими товариществами Сорбонна деятельно выступает в защиту мастеров и цехового строя, подкрепляя борющихся мастеров «доказательствами от науки и священного писания».

Весь строй преподавания средневековых университетов представляет законченную систему схоластики. Естествознанию не было места в средневековых университетах. В Париже в 1355 году было разрешено преподавать геометрию Эвклида только по праздникам. Основными «естественно-научными» дисциплинами были книги Аристотеля, из которого было выхолощено все живое содержание. Даже медицина преподавалась как логическая наука. Никто не допускался к изучению медицины, если

до этого в течение трех лет не изучал логики. Правда для допущения к испытаниям по медицине требовался аргумент и не логического характера – свидетельство о том, что студент произошел от законного брака, – но, как видно, одного этого не логического аргумента было недостаточно для знания медицины и знаменитый хирург Арнольд Вилльнев из Монпелье жалуется, что даже профессора медицинского факультета не могут не только вылечить от самой обыкновенной болезни, но даже поставить больному клизму.

Всего, чего, нет у Аристотеля, для них не существует.

[459/670]

Когда Галилей изобрел телескоп и открыл фазы Венеры, то, в то время, как торговые компании обращались к нему за его телескопом, превосходившим изготовленные в Голландии, школьные университетские философы и слышать не хотели о новых фактах.

С такой же силой, как отживающие феодальные отношения борются против новых прогрессивных способов производства, феодальные университеты восстают против новой науки.

Рис. 74. Группа ученых на диспуте (часть картины Христос в храме). Гравюра 1530.

«Посмеемся мой Кеплер, – писал с горечью Галилей Кеплеру 19 августа 1610 г., – великой глупости людской. Что сказать о первых философах здешней школы, которые с каким то упорством аспиды, несмотря на тысячекратные приглашения, не хотели даже взглянуть на планеты, ни на луну, ни даже на самый телескоп. Поистине, глаза этих людей закрыты для света истины. Замечательно, но меня не дивит. Этот род людей думает, что философия – какая-то книга... истину же надо искать не в мире, не в природе, а в сличении текстов.

[460/671]

Когда Декарт со всей решительностью выступил против аристотелевой физики скрытых качеств и против университетской схоластики, он встретил бешеный отпор со стороны Рима и Сорбонны. В 1671 г. богословы и медики Парижского университета домогались правительственного постановления, осуждающего учения Декарта.

Буало в едкой сатире высмеял эти домогательства ученых схоластиков. Мы приводим целикам этот замечательный документ, прекрасно рисующий положение дел в средневековых университетах.

Рис. 75. Юрист Язон де-Майно диктует лекцию. Гравюра из книги 1535.

Еще во второй половине XVIII в. во Франции профессора-иезуиты не могли помириться с теорией Коперника. Лессер и Жакье в 1760 г. в латинском издании «Начал» Ньютона, сочли необходимым сделать следующее примечание: «Ньютон в третьей книге принимает гипотезу о движении земли. Предположения автора не могут быть объяснены иначе, как на основании этой гипотезы. Таким образом мы вынуждены выступать от чужого имени. Сами же мы открыто заявляем, что мы следуем постановлениям, изданным верховными первосвященниками против движения земли».

Университеты готовили почти исключительно теологов и юристов. Церковь была интернациональным центром феодализма, и сама являлась крупным феодальным владельцем, так как ей принадлежало не менее трети всего католического землевладения.

Средневековые университеты являлись мощным орудием господства церкви. Между тем, те технические проблемы, которые мы очертили в первой теме, требовали громадных технических знаний, большой математической и физической выучки.

[461/672]

Если после темном ночи средневековья наново начинают развиваться науки с чудесной быстротой, то этим мы обязаны развитию промышленности. (Энгельс).

Со времени крестовых походов промышленность колоссально развивалась и добыла массу новых фактов (металлургия, горное дело, военная промышленность, красильное дело), которые доставили не только новый материал для наблюдения, но и новые средства экспериментирования и допустили построение новых инструментов. Можно сказать, что систематическая экспериментальная наука стала возможной только с этого времени.

Далее, великие географические открытия, которые в конечном счете также определялись производственными интересами, доставили громадный недоступный до того времени материал в области физики (напр. магнитные склонения), астрономии, метеорологии, ботаники.

Наконец в середине XV в. появляется мощное орудие распространения знаний— печатный станок.

Строительство каналов, шлюзов и судов, прокладка штолен и шахт,

их вентиляция и откачка воды, расчет и строительство огнестрельных орудий и крепостей, проблемы баллистики, производство и расчет инструментов для мореплавания, разработка методов ориентировки судов, — все это требовало людей совершенно иного типа, чем те, которых готовили тогдашние университеты. Уже в третьей четверти XVI в. Иоганн Матезиус, перечисляя минимум знаний, необходимый для маркшейдера, указывает, что он должен вполне владеть методом триангуляции, знать хорошо геометрию Эвклида, уметь хорошо обращаться с компасом, необходимым при прокладке штолен, уметь вычислять правильное направление шахты, знать устройство насосов и вентиляционных приспособлений. Он указывает, что для прокладки штолен и разработки шахт нужны теоретически образованные инженеры, так как это дело далеко превосходит силы простого необразованного горнорабочего²⁴⁰. Понятно, всему этому нельзя было выучиться в тогдашних университетах. Новая наука вырастает в борьбе с университетами, как внеуниверситетская наука.

Борьба университетской науки с внеуниверситетской, обслуживающей потребности поднимающейся буржуазии, есть отражение в идеологической области классовой борьбы буржуазии с феодализмом.

Шаг за шагом вместе с расцветом буржуазии, шел расцвет науки. Буржуазии для развития ее промышленности нужна была наука, которая последовала бы свойства материальных тел

[462/673]

и форму проявления сил природы. До этого времени наука была смиренной слугой церкви и ей непозволено было выходить за пределы, установленные верой. Буржуазия нуждалась о науке и наука восстала против церкви вместе с буржуазией. Так буржуазия приходит в столкновение с феодальной церковью (Энгельс). Помимо профессиональных школ (маркшейдерские школы, школы для подготовлен артиллеристов), центрами новой науки, нового естествознания, являются и внеуниверситетские научные общества.

В пятидесятых годах XVII в. во Флоренции основывается знаменитая флорентийская Академия дель-Чименто, ставящая своей задачей исследование природы путем опыта. Она насчитывает в своем составе таких ученых, как Борелли, Вивиани. Академия является духовной наследницей

240 См. первую тему, стр. 104 и след.

Галилея и Торичелли и продолжает их труды. Ее девиз: «provare e riprovare» (проверять и снова проверять на опыте).

В 1645 г. в Лондоне возникает кружок естествоиспытателей, еженедельно собиравшийся для обсуждения научных вопросов и новых открытий.

Из него в 1661 г. вырастает Королевское общество. Королевское общество объединяет наиболее передовых и выдающихся ученых Англии и в противовес университетской схоластике ставит своим девизом «nullius in verba» (ничему не верить на слово). В нем принимают деятельное участие Роберт Бойль, Брункер, Ренн, Галлей, Роберт Гук. Одним из самых выдающихся членов Королевского общества был Ньютон.

Мы видим, что подымающаяся буржуазия ставит естествознание себе на службу, на службу развитию производительных сил. Она является для того времени наиболее прогрессивным классом, и требует наиболее прогрессивной науки.

Английская революция дает мощный толчок развитию производительных сил. Появляется необходимость не только эмпирически решать отдельные проблемы, но и заложить прочный теоретический фундамент для решения общими методами всей совокупности физических проблем, которые ставит на очередь развитие производительных сил и новой техники.

ОБЩИЙ ПРОГРЕСС НАУКИ В XVII В ²⁴¹

В отношении приборов XVII века мы обязаны микроскопом, телескопом и приборами для шлифовки их линз. В этом же

[463/674]

веке в маятнике впервые получили точный прибор для измерения времени, были созданы термометр, барометр и воздушный насос. Таким образом XVII век создал основную аппаратуру физической лаборатории.

XVII же век создал места, где могла проводиться экспериментальная работа, и условия, обеспечивающие возможность ее проведения. Правда, тут надо сделать одну оговорку – химия, вернее алхимия, обладала уже в течение многих предшествовавших веков своими лабораториями,

241 М. Ornstein, The role of scientific societies in the 17th Century, 1913, Стр. 10-19.

печами, охлаждающей и осушающей аппаратурой, разнообразными стеклянными сосудами, дистилляционной аппаратурой. Аптекарь тоже имел свою дистилляционную аппаратуру, свои печи для химических и фармацевтических работ. Но идея лаборатория физической, не алхимической и не фармакологической, зародилась именно в XVII в. Конечно, самые первые лаборатории были оборудованы не слишком блестяще. Часто местом производства опытов служила спальня или кухня ученого. Например исследовательские работы по оптике Ньютона проводились в его собственной квартире. Роберт Бойль проверял свои законы об упругости газов в трубах, проходящих вдоль лестницы. Но еще до конца века некоторые из этих кустарных лабораторий, правда, в редких случаях, были заменены лабораториями в современном понимании этого слова, оборудованными измерительными приборами и различной аппаратурой, необходимой для научных работ. Около 1700 г. физические и химические лаборатории уже существовали, хотя и в зачаточном виде.

Астрономическая лаборатория — обсерватория, отчасти благодаря связи своей с астрологией, существовала уже много раньше. Но XVII век дал обсерваторию в теперешнем ее виде, оборудованную телескопом и точными приборами и сделавшую возможной впоследствии работу по составлению систематических небесных карт. В XVII в. получили большое развитие ботанические сады; в XVII же веке было основано много анатомических театров, что способствовало распространению метода диссекции и изучению медицины вообще. В самых различных областях науки были основаны лаборатории, где культивировался экспериментаторский дух.

Успехи науки в XVII веке будут видны яснее всего, если сравнить в общих чертах сведения, которыми обладал человек, хорошо осведомленный во всех областях науки в 1600 г. и которого мы для удобства назовем *A*, со сведениями, которыми обладал в 1700 г. человек *B*, также хорошо знакомый со всеми научными достижениями своего времени. Разница между научными истинами, известными *A* и *B*, будет представлять собой

[464/675]

суммированные разрозненные работы и знания многих отдельных ученых века. Кроме того мы сможем таким образом получить более ясное понятие о том, насколько велики были сделанные XVII веком вклады в науку.

Начнем с физики и рассмотрим первую основную часть ее — динамику. *A* был бы проникнут идеями Аристотеля. *B*, благодаря Галилею,

Кеплеру и Ньютону, был бы во многих отношениях на уровне современных знаний. Насколько велико при этом различие между обоими, можно видеть из нижеследующего:

А считал, что:

1. Телам свойственно естественное движение вверх или вниз. 2. Первые называются «тяжелыми», вторые «существенно легкими». Имеются два вида движения: движение небесных тел совершенное, происходящее по кругу, неизменное; движение земных тел, прямолинейное и для продолжения его требуется непрерывное воздействие какой-либо силы. Если последнее прекратится, прекратится и движение.
3. Тела падают с ускорением, потому что при падении тела воздух придает ему скорость; отсюда, в безвоздушном пространстве (если бы существование его было допустимо) падение тел происходило бы с равномерной скоростью.
4. Более тяжелые тела падают скорее легких.

В знал, что:

1. Все тела подчиняются закону притяжения и являются «тяжелыми».
2. Каждое тело, как небесное, так и земное, остается в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока оно не будет выведено из этого состояния воздействием какой-нибудь силы. Таким образом, при отсутствии сопротивления прямолинейное равномерное движение продолжалось бы бесконечно. «Силой» называется то, что изменяет состояние покоя или движения тела.
3. Тела падают с ускорением, подчиняясь закону притяжения; воздух не ускоряет, а задерживает движение.
4. Все тела падают с одинаковым ускорением.

Переходя от динамики к аэростатике, мы видим, что А не мог бы представить себе весомости воздуха или возможности создания вакуума. «Природа не терпит пустоты» было бы для

[465/676]

него аксиомой. В мог бы понять явление атмосферного давления (Торичелли), его колебания при различных атмосферных условиях, на различной высоте; он мог бы обладать воздушным насосом и знал бы большую

часть свойств вакуума (Герике и Бойль). Что касается гидростатики, то хотя знания *A* и были бы направлены по верному пути Стевином, однако *B* пошел бы гораздо дальше и знал бы уже все основные принципы гидростатики (Торичелли, Паскаль, Мариотт). В области акустики *A* знал бы только о зависимости между длиной струны и высотой тона. *B* были бы известны законы колеблющихся струн и он знал бы скорость распространения звука.

В оптике *A* разбирался бы больше, чем в каких бы то ни было других областях, так как со времени Роджера Бэкона уже были известны свойства фокуса сферических зеркал. Мавролик (1494 – 1575) изучал свойства линз. Вслед за этим в книге делла Порты «Естественная магия» (*Magia naturalis*) было дано описание камеры-обскуры, считающейся первым телескопом. С другой стороны, *B* был бы знаком с мельчайшими особенностями свойств фокусов линз (Кеплер и Декарт); он понимал бы законы преломления лучей при прохождении их из менее плотной в более плотную среду (Спеллим); он даже знал бы законы дифракции (Гримальди). Ему были бы известны природа белого цвета и разложение его на света спектра (Ньютон). Он знал бы две теории света; корпускулярную теорию Ньютона и волновую Гюйгенса.

В области магнетизма и электричества *A* был бы знаком только с магнитом, компасом и электрическими свойствами янтаря. *B*, хотя знания его в этой области и были бы меньше, чем в других отраслях физики, было бы известно, однако, явление земного магнетизма и он был бы знаком с магнитным наклонением и склонением; он знал бы также помимо янтаря другие вещества, обладающие электрическими свойствами (Гильберт и Герике).

Обращаясь к астрономии и сравнивая уровень ее в 1600 и 1700 годах, мы видим, что в 1600 году астрономия ушла значительно дальше всех других естественных наук, так как система Коперника являлась достижением еще XVI века. Но в том виде, в каком она была передана XVII веку, она обладала двумя существенными ошибками, а именно; она предполагала круговое движение планет и равномерную скорость движения небесных тел. Кроме того в 1600 г. она была известна очень немногим и была признана еще меньшим числом людей. Таким образом *A* мог бы уже быть сторонником гипотезы Коперника или пригнать компромиссную мировую систему Тихо Браге, основные положения которой сводились к тому, что луна и солнце дви-

[466/677]

жуются вокруг земли, в то время как Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн – вокруг солнца, – систему, соответствовавшую данным тогдашних наблюдений и имевшую еще то преимущество, что она не противоречила библейскому тексту. Благодаря изысканиям Тихо Браге, *A* мог бы знать о существовании переменных звезд и о том, как много неприятностей они причинили тем, кто придерживался теории неизменности небесных тел. Он мог бы знать, что Тихо высказал неслыханное утверждение, что комета может находиться на большем расстоянии от земли, чем луна, и что это утверждение вызвало бурю негодования, так как не близостью ли комет объяснялось их влияние на судьбы людей?

Около 1700 г. телескоп полностью революционизировал астрономию. Вооруженный им *B* мог бы в фазах внутренних планет усмотреть несомненное доказательство правильности системы Коперника. Он мог бы видеть луны Юпитера и Сатурна и кольца Сатурна. Он мог бы знать, что из наблюдений Тихо Браге Кеплер вывел эмпирическим путем свои знаменитые законы. Гук, Рэн и Галлей изучали законы движения небесных тел и наконец Ньютон доказал правильность формулы, что протяжение меняется обратно пропорционально квадрату расстояния, объясняя таким образом все небесные явления. Появление этой ньютоновской формулы уничтожило последние остатки оппозиции по отношению к Копернику. Благодаря ей декартовскому сложному объяснению небесной механики как вихревого движения был нанесен решительный удар еще до конца века, давшего жизнь этой теории и с таким энтузиазмом ее принявшего.

В 1700 г., благодаря исследовательским работам Гезелиуса, Гюйгенса и Галлея, *B* мог бы уже знать, что орбиты комет подчинены тем же установленным и поддающимся определению законам, что и орбиты планет. Он настолько далеко ушел бы от аристотелевских идей, что солнечные пятна, переменные звезды и сфероидальная форма земли несколько не мешали бы ему ощущать совершенство вселенной.

В химии понятия *A* и *B* не были бы столь фундаментально различны. Знания *A* в области химии в 1600 г. сводились бы к признанию теорий Аристотеля и Парацельса. Аристотель считал, что имеется четыре основных свойства, «состояния»: холод, тепло и сухость как свойства твердых тел и влажность как свойство тел жидких. Эти четыре свойства могли комбинироваться в четыре различных пары. Четыре элемента, согласно Аристотелю, являлись носителями этих пар свойств, а именно: земля – холодная и сухая, вода – холодная и мокрая, воздух – влажный и горячий,

огонь — сухой и горячий. Поскольку четыре элемента заключали в себе все возможные состояла

[467/678]

материи, они и считались составными частями всего материального мира. А объяснял бы изменением пропорций аристотелевских элементов различные физические строения материи, различную степень соединений и изменения, вызванные влиянием температуры. Быстрое превращение воды в лед или в пар делали возможным предположение, что внешне совершенно различные предметы могут, однако, состоять из одного и того же вещества.

Парацельс и некоторые из его предшественников считали, что все вещества состоят из ртути, серы и соли. Это проходящее через весь XVII век стремление признать три основных субстанции не так непонятно, как кажется. Под «серой» понималось не само вещество серы, а все то, что является горючим в материи, «ртутью» называлось все летучее, блестящее, металлическое, «солью» — все то, что остается в виде пепла после того, как тело сгорит. Всякое вещество под действием огня менялось, т.е., очевидно, оно обязательно состояло из трех частей — сгоравшей, улетучивавшейся и остававшейся в виде пепла. Понятно, что процесс сгорания неизбежно представлялся процессом упрощения, разложения вещества на его составные части. Отсюда вполне понятным станет заблуждение, объяснявшее причину изменения веществ под действием огня тем, что все эти вещества состояли из трех основных элементов — типичный образчик средневекового, вводящего самого себя в заблуждение образа мыслей. Из этих-то трех элементов, по тогдашнему мнению, и состояли животное, растительное и минеральное царства. Согласно Парацельсу, здоровье обуславливалось нормальным соотношением этих трех элементов, болезнь же считалась нарушением нормального соотношения, причем считалось, что необходимое равновесие можно было восстановить путем применения умело приготовленных лекарств. Эта теория несомненно увеличивала поле деятельности химии и подчеркивала значение приготовления лекарств. Она стала частью изучения болезней и искусства лечения.

Теория эта существовала до конца XVII в., и как *A*, так и *B* могли считать, что главной задачей химии являлась фармацевтика, и соглашаться с Парацельсом в том, что здоровье и болезни являются лишь химическими состояниями человека.

Но *B* кроме того мог бы быть последователем Роберта Бойля, который стоял за новый вид химии, отделенный от алхимии и медицины,

от которой от не требовал ничего, кроме изучения явлений природы, для которой это изучение являлось бы конечной целью. Бойль, в противоположность Парацельсу, настаивал на том, что огонь не разлагает тела на основные элементы, но, напротив, различная степень нагрева создает различные

[468/679]

вещества и может даже добавить нечто новое к уже существующему, в то время как именно другие процессы, а не огонь, разлагают вещества на простейшие части. Далее он говорил, что, строго говоря, «элементами» можно называть только такие вещества, которые нельзя разложить ни одним из известных процессов, и утверждал, что точное число таких веществ неизвестно. Этой своей концепцией элементов он положил краеугольный камень современной химии. Бойль разъяснил сущность химических соединений и первым увидел, насколько тесно физика и химия соприкасаются в изучении явлений природы. Однако следует сказать, что как один факт существования в 1600 г. теории Коперника далеко еще не означал того, что все астрономы были обязательно его последователями, так и одно наличие передовых взглядов Бойля едва ли обеспечивало признание их всеми химиками, так что *B* был бы, вероятно, сторонником Парацельса.

Мы будем говорить о математике²⁴² лишь постольку, поскольку она является одним из орудий научных изысканий, и посмотрим, насколько различны были даваемые ею возможности в руках *A* и в руках *B*.

Около 1600 г. новым приемам в области основных действий арифметики была придана удобоупотребительная форма; вычисления дробей упростились и даже введено уже было обозначение десятичной дроби при помощи запятой. Что касается геометрии, то *A* недалеко ушел бы от обширных знаний греков, нашедших выражение в «Началах» Эвклида и «Конических сечениях» Аполлония. Он знал бы тригонометрические функции и пользовался бы для своих астрономических вычислений тщательно доставленными тригонометрическими таблицами — ценным наследием XVI в. По алгебре в его распоряжении имелись бы все основные понятия, хотя и не выраженные еще в современной терминологии.

Знания *B* заключали бы в себе разработку и систематизацию известных фактов. Характерно то, что в области арифметики XVII век сначала

242 *Idem*, стр. 25-27.

обратился к вопросу изобретения счетных машин. Изучение сходящихся рядов и открытие логарифмов (Непером, и Бриггсом) произвели переворот в области вычислений. *В* знал бы новое практическое применение арифметики для целей статистики (как, например, таблицы смертности сэра В. Петти, Галлея), кое что по теории вероятностей (Паскаль, Ферма) и имел бы в своем распоряжении алгебру в современном ее виде (Декарт). Он был бы знаком с методом Декарта выражать геометрические понятия посредством алгебраических

[469/680]

уравнений, путем отнесения точек к неподвижной системе координат. Это изобретение оказало громадную помощь, давая графический способ воспроизведения таких соотношений величина, которые часто встречаются в физике, химии и в любой области физического мира. *В* знал бы ряд свойств плоских кривых высших порядков (Декарт, Лейбниц, Бернулли, Ньютон), он был бы знаком со многими свойствами циклоидальных кривых (Галилей, Роберваль, Гюйгенс, Бернулли), кривых, имеющих громадное значение в истории физики, поскольку благодаря их свойствам Гюйгенс изобрел свой изохронный маятник. Но исследования, которым суждено было сделать в дальнейшем математику наиболее мощным орудием науки, относились к применению бесконечно малых. Сначала при изучении последних имелся в виду почти исключительно расчет объемов и площадей (Кеплер, Кавальери, Роберваль, Гюйгенс, Рэн, Валлис, Барроу); позже в руках Ньютона и Лейбница оно привело к дифференциальному и интегральному исчислениям, с открытием которых математика обратилась в самое мощное орудие изысканий в области физики и астрономии. В этом самом виде математика имеет для последних такое же значение, как телескоп для астрономии и микроскоп для зоологии. Этому орудию научных исследований фактически суждено было монополизировать все усилия ученых XVIII в, и совместно с методами непосредственного экспериментирования сыграть главную роль и продолжать играть ее и сейчас в области неорганических наук.

Сравнение показало насколько велик был прогресс в различных областях науки. Наибольшего прогресса удалось достигнуть в области физики, астрономии и математики. Действительно, тут были установлены основные истины, положившие начало дальнейшему развитию этих наук; значительный прогресс наблюдался в ботанике, зоологии и химии; меньший – в геологии и палеонтологии. Большинство этих научных

достижений было получено посредством опытов и наблюдений. Каждая новая истина разъяснялась на основе наглядных фактов, прежде чем стать частью научных знаний. Таким образом XVII век является веком, который ввел эксперимент в науку, создав тем новые возможности ее дальнейшего развития. Из сказанного видно, что наука являла разительный контраст по сравнению с другими областями духовной деятельности того времени. Старые суеверия продолжали владеть большинством людей. В ведьм верили все без исключения, и в последнее десятилетие века профессора наиболее просвещенного университета — в Галле — собрались для обсуждения способов испытаний ведьм, и Христиан Томазиус, один из ведущих умов

[470/681]

в науке, присоединился к дискуссии, совершенно убежденный в ее необходимости. Вера в целебную силу «прикосновения» царила — в XVII в. Людовик XIV прикоснулся к 1600 людям. Карл II — к еще большему числу. Великий экспериментатор Бойль ездил в Ирландию за прикосновением Валентины Гретрикс.

СТАРЫЕ УНИВЕРСИТЕТЫ И ИХ БОРЬБА ПРОТИВ НОВОЙ НАУКИ

Университеты, основанные в период средневековья, являются в XVII в. оплотом научной реакции и схоластики. Преподаваемые в университете предметы совсем не отвечают новым требованиям.

Если мы перейдем, говорит Муллинжер²⁴³, к рассмотрению того, и какой мере курс, проходимый студентом, отливается от курса, рассмотренного при разборе периода средневековья, то увидим, что консерватизм в области светских наук почти столь же удивителен, как новшества в науках теологических. Мы уже видели, что по статутам 1549 г. изучение математики заменило занятия грамматикой²⁴⁴. В елизаветинских же статутах математики совсем нет в обязательном для студентов курсе. Правда, профессора математики все еще читали лекции, но нет сведений о том, что посещение их было в какой бы то ни было мере обязательно, и

²⁴³ Mullinger, *The University of Cambridge*, 1884 г, стр 401 — 403.

²⁴⁴ В 1549 г. обучение «математике» заключалось в преподавании космографии, арифметики, геометрии и астрономии. Учебниками были: Мела, Плиний, Страбон и Птолемей. Тунсталл, Кардан и Эвклид предназначались для чтения профессоров.
Примечание автора.

посещавшие их лица оказываются или студентами второго курса или бакалаврами искусств. Пожалуй, не лишнее упомянуть, что объем сведений, который они могли получить, был ничтожен. Они слушали элементарные правила арифметики, изложенные Кутбертом Тунсталлем или Иеронимом Карданом²⁴⁵. По геометрии они могли пройти из Эвклида столько, сколько

[471/682]

заклучалось в определениях, аксиомах к нескольким теоремах первой книги. Сведения, которые можно было получить по космографии и астрономии, были еще менее удовлетворительны, так как были не только скудны, но в большей своей части просто неправильны. В век Галилея и Кеплера и почти сто лет после того, как Коперник пришел к своему великому открытию, студенты Кембриджа и Оксфорда (все еще черпали озон знания о небесной системе из ЖЖЖ Птолемея; и хотя не меньше времени прошло с тех пор, как Магеллан и Васко де-Гамма обогнули южный материк, этот студент все еще обращался за

Рис. 76. Башня грамматики, Аллегорическое изображение. Гравюра 1548.

сведениями по (Космографии к «Тимею» Платона, а за сведениями по географии — к языческим писателям I века — Страбону или Плинию или к тем кратким очеркам, в которых Помпаний Мела суммировал географические познания римлян эпохи Клавдия.

[472/683]

Объяснение такого удивительного равнодушия к наукам, называемом в то время «математическими», нельзя искать в одном только духе консерватизма. Высказывания великого математика Валлиса, поступившего в колледж Эммануила в 1632 г., иначе освещают этот вопрос. «Даже в то время, — говорит он нам, — «математику» изучали в Лондоне больше,

245 Practica Arithmeticae et mensurandi Singularis. Милан 1539 г.

«Об этом, — говорит де-Морган, — нельзя ничего сказать кроме того, что, как можно ожидать от итальянцев того времени. Кардан имеет большие способности к вычислению, чем французский и немецкие писатели. В книге есть глава, перечисляющая все числа, имеющие мистическое значение, как он их называет, одним из применений которых является предсказывание событий. Это, главным образом, числа, упоминаемые в старом и новом завете, но не только они одни; 400. например, появляются потому, что оно было (что на самом деле неверно) числом епископом на Никейском соборе». *Arithmetical Cooks*, стр. 17. *Прим. автора.*

чем в каком бы то ни было университете, так как предметы, обозначавшиеся этим термином, считались принадлежащими скорее и практической жизни, чем к проходимым в университете программам²⁴⁶, т.е. к тому классу «механических предметов», которые, по выражению Бэкона, считались такими, что было «как бы бесчестьем для науки опускаться до исследований или размышлений о них»...

Место «математики» занимает риторика. Наиболее прилежные и утиные бакалавры, очевидно, хотели сочетать с этим узким образованием изучение традиционных этики, физики и метафизики того времени.

Но чтобы предотвратить то преувеличенное впечатление, которые могут иначе произвести эти имеющие в настоящее время столь большое значение термины, нужно помнить, что схоластики все еще считались главными авторитетами в этих вопросах и что при исследовании какого-нибудь спорного вопроса физики, высказывание римского или греческого отца церкви часто считалось решающим.

Всякое новое мнение воспрещалось. Следующий отрывок из *Ratio Studiorum* иезуита Аквавивы дает некоторое представление о духе преподавания того времени²⁴⁷.

«Преподавателю не разрешается вводить никаких новых мнений, ни возбуждать дискуссий; ни цитировать или разрешать цитировать другим мнения авторов, репутация которых неизвестна; ни преподавать или самому учиться ничему, несогласному с господствующими мнениями, выражающими признанные доктрины, принятые в школах. Устарелые и ложные мнения не должны упоминаться вовсе, даже с целью опровержения их; также не могут быть терпимы ни в какой степени никакие возражения против практикующегося преподавания... В философии нужно всегда следовать Аристотелю, а вообще Фоме Аквинскому...»

В течение долгого времени в положении университетов не

[473/684]

происходит никаких перемен. В статутах Оксфорда²⁴⁸ не было сделано никаких изменений с 1570 по 1859 г., в организации Лейпцигского университета не было существенных изменений с 1558 по 1830 г. и в

²⁴⁶ Как «механические и дело купцов, торговцев, моряков, плотников и т.д., пожалуй, некоторых лондонских издателей альманахов», Heran's Langteft, введение, стр. CXVII, *Прим авт.*

²⁴⁷ Ornstein, стр. 215.

²⁴⁸ Idem, стр. 300.

правилах Теологического факультета в Болонье не было никаких изменений с 1360 по 1783 г. Поистине история университетов XVIII в. побила рекорд консерватизма. В Германии, например, в то время как, с одной стороны, в 1733 г. был основан Геттингенский университет, явившийся

Рис. 77. Университетская библиотека в Лейден. Гравюра 1640.

надежным пристанищем науки, с другой стороны в 1740 г. университет в Инсбруке отказался от открытия кафедры по ботанике и химии, и изучение этой последней происходило в аптекарских лавках. А в Эрлангене профессор химии (с 1754 по 1769 г.) должен был производить все лабораторные занятия у себя на дому и со своими собственными приборами.

Университеты, — пишет Мойре²⁴⁹, — отзывались на новые образовательные идеи гораздо медленнее, чем средняя школа. Классически-теологический схоластицизм в течение всего XVII в. руководил германскими университетами; но основание в 1694 г. университета в Галле было главным образом протестом против узости старых университетов. Галле считается первым из сов-

[474/685]

ременных университетов, так как здесь впервые преподавались «реальные предметы новым методом и на современном языке». Франкль и Томазиус, изгнанные за свои слишком либеральные идеи из Лейпцига, превратили Галле в центр нового влияния. Обычай говорить по-немецки в университетской аудитории, введенный Томазиусом (издававшим также первый немецкий журнал), скоро получил широкое распространение, так же как и преподавание в университете естественных наук и более свободомыслящей философии.

В 1737 г. Геттингенский университет стал вторым центром этого же влияния. К концу века завоевание новым духом всех университетов, во всяком случае в протестантской Германии, было закончено.

Английские университеты откликнулись на это новое влияние гораздо медленнее и менее глубоко. Кембридж получил во время профессорства Ньютона (1669— 1702 гг.) и пребывания в нем в качестве главы колледжа Ричарда Бэнтли (1740— 1742 гг.) сильный математический уклон,

249 P. Monroe, Text Book in the history of education, New York, London 1909 г., стр. 501-502

который он сохранил до сих пор; в нем стали культивироваться физико-математические науки. В течение XVIII в. был основан Георгом ряд кафедр по истории и естественным наукам. Но такое обновление университета в новом духе, какое мы видели в Германии, не имело места до конца XIX в.

Картину университетской жизни и борьбы схоластики с гуманизмом во Франции дает Герье²⁵⁰.

Подобно другим средневековым учреждениям Франции, например парламенту, университеты выросли под опекой королевской власти и испытали на себе ее централизующее начало. Во Франции было несколько парламентов, но Парижский был собственно парламентом, т.е. высшим судебным и правительственным учреждением всего государства; точно так же и Парижский университет был высшим научным учреждением для всего королевства, и история его совпадает с историей французского просвещения. Остальные университеты были не более как провинциальные отделения его. Французские университеты представляют еще другое сходство с парламентами. Последние получали такую крепкую организацию, были ограждены такими вековыми привилегиями и поддерживаемы такими обширными сословными интересами, что сделались почти недоступны влиянию времени и новых порядков. Университет отстал еще более от общего движения.

[475/686]

В начале XVI в. Парижский университет сделался оплотом схоластики против гуманизма. Кароль Франциск I, покровительствовавший гуманизму, должен был создать для поддержан его особое учреждение, независимое от университета. То было знаменитое Collège de France, существующее до сих пор; двенадцать профессоров, из которых первоначально состояла

Рис. 78, Преподаватель и студенты в характерных одеждах. Гравюра 1497.

эта коллегия, назначались самим королем, не принадлежали к университету, и лекции их были публичны и бесплатны. Здесь нашел убежище

250 В. И. Герье, «Лейбниц и его век», СПб, 1868, стр. 160.

от гонения оскорбленных схоластикой неустрашимый поборник гуманизма, истинной философии и здравых педагогических начал против схоластического пустословия – Рамюс, который всю жизнь должен был бороться со своими университетскими врагами и погиб от их мести во время Варфоломеевой ночи. Такое же упорство университет выказал потом а борьбе с иезуитами, которые хотели подчинить себе народное образование и проникнуть в университет. Несмотря на поддер-

[476/687]

жку правительства, иезуитам удалось только после долгих стараний добыть себе право открыть школы и публичные курсы. Борьба этим не кончилась, ибо университет не допускал к магистерскому экзамену молодых людей, слушавших курсы иезуитов, и только при Людовике XIV иезуиты окончательно восторжествовали над сопротивлением университета.

В борьбе с иезуитами университет имел в виду только свою монополию, а не какое-либо существенное различие в направлении и методе преподавания. Там же, где дело шло о последнем, вражда должна была быть еще ожесточеннее, и такую-то вражду университет питал к картезианизму.

Гуманизм был ненавистен университету, потому что он настаивал на классическом образовании, основывал воспитание на изучении лучших писателей греческой и латинской литературы; картезианизм же – потому, что он ставил на первый план математику и физику, отвергал весь схоластический хлам, поддерживаемый авторитетом великого Аристотеля, и требовал, вместо диалектических ухищрений, физических опытов и анатомических препаратов. Такая новизна испугала, тех, которые с самодовольством жили в мире *субстанциальных форм* и ради своей причудливой метафизики столько же исказили латинский язык, сколько извращали простой смысл человека. Из-за новизны эти философы не хотели распознать истины.

Всем кандидатам на философские степени было вменено в обязанность добыть свои первые лавры в борьбе с картезианизмом и выступить против нового учения с заржавленным оружием схоластической диалектики. Но вовсе учение скоро начало проникать в ряды своих противников, а это еще более ожесточило университет. Когда в 1671 г. парижский архиепископ передал университету приказание короля²⁵¹, чтобы из уни-

251 Обращение парижского архиепископа в 1671 г.: «До суха короля дошло, что взгляды, осуждаемые теологическим факультетом и запрещенные парламентом,

верситетского преподавания было исключено всякое новое учение, отступающее от принятого, и чтобы на диспутах не обсуждалось ни одно положение, заимствованное оттуда, то все факультеты, и во главе их богословский, поспешили заявить свою покорность и свое рвение в преследовании новизны. Медицинский факультет не отставал от богословского, и на запрос Реймского медицин-

[477/688]

ского факультета, можно ли подвергать обсуждению одно медицинское положение, на котором отразилось влияние картезианизма, ответил, что этого не следует допускать и что нужно почтительно сообразоваться с королевским указом. Но противники картезианизма не довольствовались этими административными мерами: им хотелось выхлопотать у парламента формальное запрещение распространять учение Декарта в пределах королевства под страхом строгих наказаний. Университет уже готовил прошение в этом смысле, и первый президент парламента Ламуаньон говорил своим знакомым, что ему нельзя будет не исполнить желания университета. Но к чести парламента такое постановление не состоялось. Между его членами было несколько горячих приверженцев Декарта. Наконец все это дело произвело большую тревогу в обществе. Арно представил парламенту записку, в которой он с большим достоин-

Рис. 79. Диспут в в гоббинчене. Гравюры 1589

ством доказывал невозможность запретить декартово учение и вредные последствия такой меры. История, говорил он, убеждает в том, что никакой закон не может заставить людей предпочесть одну философию другой, и всякая попытка такого рода может только подорвать авторитет законодательной власти. Напрасно упрекают картезианизм в том, что его нельзя привести в согласие с догматами церкви. То же самое можно сказать о всякой другой философии. Это происходит от того, что всякое учение, основанное исключительно на выводах разума, недостаточно и не может удовлетворить потребностям веры. Если

проникают не только в университет, но и повсюду. Он желает приостановить распространение мнений, которые могут внести путаницу в объяснение таинств церкви. На обязанности профессоров лежит смотреть за тем, чтобы не обучали ни одной доктрине и она не проникла в тезисы, за исключением тех, которые приняты правилами и статутами университета». Цитируется по *M. Ornstein*, стр. 258. *Прим ред.*

[478/689]

же сохранить неприкосновенным принцип независимости веры от выводов разума, то с верой можно согласить всякую философскую систему, действительно основанную на законах разума.

Сильнее, может быть, чем эти доказательства философа, подействовали на общественное мнение и парламент сатира, написанная Буало вместе с Расином и Бернье. В этой сатире, которую Буало представил своему другу Ламуаньсау, поэты наперед осмеяли постановление парламента против картезианизма в пользу университетской схоластики²⁵².

Ввиду такого сильного движения в обществе Парижский университет не решился представить своей просьбы (запрещение преподавания картезианизма), и постановление парламента не состоялось. Но пример главного университета подействовал на провинциальные. Больше всех отличился Анжерский университет в преследовании новой философии. Картезианизм сделал там особенные успехи, благодаря деятельности нескольких профессоров, принадлежащих к ордену Ораторианцев и потому менее зависевших от ученой коллегии. Андре Мартен был одним из первых проповедников картезианизма, хотя он еще считал нужным, прикрывать себя псевдонимом. Смелее его действовал его преемник по кафедре Бернард Лами. Кокери, ректор (principal) коллегии, учрежденной при университете орденом Ораторианцев, также принадлежал к приверженцам Декарта. В 1675 г. Анжерский университет получил королевское послание, в котором ему предписывалось никоим образом не допускать распространения на лекциях нового учения по примеру Парижского университета. По получении этого послания весь университет решил принять его к сведению и положить в архив, собрать всех ректоров коллегий, профессоров философии и аббатов монастырей, чтобы обязать их подпиской сообразоваться с постановлением университета, наконец впредь подвергать все тезисы и рукописные учебники философии цензуре особой комиссии, назначенной университетом. Один только Кокери протестовал и апеллировал в Парижский парламент. Там в последние три сода картезианизм, вероятно, сделал большие успехи, ибо парламент кассировал постановление Анжерского университета и призвал его к своему суду за превышение власти. Но этим решением парламент сам стал в оппозицию

252 Ниже (стр...) приводим сатиру Бухало в русском переводе Н. А. Любимова. *Прим. ред.*

против правительства, а то было время полного развития абсолютизма. Незадолго перед этим молодой Людовик явился на заседание парламента в охотничьем костюме и с нагайкой в руке. Поэтому вслед за приговором парламента вышел королевский

[479/690]

указ, кассировавший этот приговор и подтвердивший запрещение, наложенное Анжерским университетом на картезианизм и на приверженцев его в ордене Оратории.

Оппозиция университетов против картезианизма получила особенно ожесточенный характер вследствие того, что в них преобладал богословский факультет, а большинство богословов считало картезианизм несовместимым с христианской религией, потому что он опровергал объяснение, придуманное схоластической метафизикой для учения о преосуществлении. Подобно тому как гуманизм, отверженный университетами, должен был искать себе другого органа и вызвал французскую коллегию, и картезианизм нашел убежище помимо университета и послужил поводом к возникновению новых научных учреждений. Он нашел это убежище в *ученых обществах*, новом явлении, характеризующем ту эпоху. Такие общества составлялись повсеместно; в одном Париже их было около двадцати; сначала они не имели определенной организации, но некоторые из них вскоре получили более постоянный характер. Наконец само правительство обратило на них свое внимание, и под его покровительством из них образовалась в 1666 г. Академия наук, которая принесла такие плодотворные результаты.

С подобным же явлением мы встречаемся в Англии. И там потребность найти помимо устаревших университетов новые органы для успешного развития математических и естественных наук привела к организации ученых обществ и наконец к учреждению Лондонского Королевского Общества, которое скоро прославилось именем Ньютона. Во Франции уже при жизни Декарта существовали общества и собрания ученых, которые разрабатывали его философию и старались - подтвердить ее результаты физическими опытами и анатомическими исследованиями. Парижские ученые собирались то у отца Мерсенна во францисканском монастыре (aux Minimes), то у аббата Пико, у которого останавливался Декарт, когда приезжал в Париж, то у Абера де-Монмора (Habert de Monmort), члена парламента. Последний был до такой степени предан новому новому учению, что с большой настойчивостью упрашивал Декарта принять

от него в подарок дачу, дававшую от 3000 до 4000 ливров дохода. Члены общества, собиравшиеся у Монмора, сходились регулярно каждую неделю для того, чтобы заниматься разьяснением философии Декарта. Но последователи Декарта не довольствовались учеными обществами, которые были доступны немногим; они распространяли новую философию с помощью публичных лекций и прений, на которые собирались люди всех сословий. Известный физик Рого (Rohauli), един из самых ученых и даровитых последователей

[480/691]

Декарта, устраивал каждую среду в своем доме публичное заседание, на которое сходились епископы и аббаты, придворные доктора, философы, математики, учителя, студенты, провинциалы, иностранцы, ремесленники, — одним словом, люди всех возрастов, полов и званий. В этом обществе «дамы занимали первое место». Рого излагал на этих собраниях физику, начиная с теории и подтверждая ее самыми точными опытами, причем он каждому позволял прерывать себя вопросами и возражениями. Из этой школы вышел Режи, который потом читал такие же публичные лекции в Тулузе и Монпелье. По возвращении своем в Париж и по смерти Рого он возобновил его публичные лекции в 1680 г. с таким успехом, что повредил своему делу. Архиепископ парижский, встревоженный шумом, который наделали эти курсы, велел закрыть их по прошествии шести месяцев. Интерес, который они возбуждали, был так велик, говорит Фонтенель в своем похвальном слове Режису, что нужно было приходить задолго до начала, чтобы найти себе место.

* * *

5. БУАЛО

ШУТОЧНЫЙ ПРИГОВОР²⁵³

(САТИРА)

Шуточный приговор, данный высшим судом Парнаса по жалобе магистров, медиков и профессоров Стагирского университета в стране Химер, о сохранении учения Аристотеля.

²⁵³ *Boileau Dépreaux, Art Burelesque*, Перевод с французского проф. Н. А. Любимова. Цитируется из книги: *Н. А. Любимова, «История физики»*, н. III, отд. I, Прим. к стр. 508; стр. 508-511.

Суд рассмотрел прошение, поданное учителями (régesu), магистрами, докторами и профессорами как от их имени, так и в качестве опекунов, и защитников доктрины учителя (имя неизвестно) Аристотеля, бывшего профессора греческого языка в коллегии лица и наставника покойного короля, беспокойной памяти Александра, именуемого великим, завоевателя Азии, Европы, Африки и других мест. В прошении значится, что в последние несколько лет некоторая известная особа, именуемая Разумом, предприняла проникнуть силой в школы упомянутого университета и на сей конец, с помощью неких возмутителей, принявших имена гассендистов, картезианцев, малебраншистов и пуршотистов, бездомных бродяг, затеяла изгнать упомянутого Аристотеля, давнего мирного обладателя сказанных школ, против коего особа сия и ее сообщники уже опубликовали много книг, трактатов, диссертаций и позорящих рассуждений, желая

[481/692]

заставить упомянутого Аристотеля подчинить его учение ее разбору, хотя сие было бы прямо противно законам, нравам и обычаям упомянутых университетов, где помянутый Аристотель всегда признавался судьей безапелляционным, не ответственным за свои мнения; что без ведома сего Аристотеля особа сия многое изменила и ввела новизны в природу, лишив сердце преимущества быть началом нервов, каковое щедро и по своему изволению было сим философом ему даровано, и перенесла преимущество сие на мозг, одарив его оным; а затем, помощью процедуры, лишенной всякой силы (par une procedure nulle et de toute nullité), возложила на сердце обязанность принимать питательный сок, принадлежащий до сего времени печени, а также заставила кровь ходить по всему телу, с полным оной крови предоставленным

Рис. 80. аллегория логика. Логика, вооруженная луком (вопрос) и мечом (силлогизм) труб т в рог, из которого вырастают две розы (предпосылки). Ее корсаж обозначает выводы, рука-доказательства, четыре дерева на заднем плане - лес различных мнений - обозначают главные направления схоластики. Собака (истина) а лица (заблужесние) гонятся за зайцем (проблема). Гравюра из книги 1509.

произволом шататься, блуждать и обращаться по венам и артериям, безо всякого иного чинить таковые продерзости права, кроме опыта, показания коего никогда не признавались в помянутых школах. Пытался

также помянутый Разум неслыханным предприятием удалить огонь из высшей небесной сферы, утверждая, что он там не имеет места, вопреки свидетельству, выданному упомянутым философом, и его самоличному осмотру местности. Далее, помянутый Разум в дерзком покушении своем нанес факультету оскорбление действием, вмешавшись в лечение и действительно излечив множество перемежающихся лихорадок, троичных, вдвойне троичных, четверичных, трижды четверичных, и даже непрерывных. помощью чистого вина, порошков, норы, хины и других

[482/693]

средств, неизвестных помянутому Аристотелю и его предшественнику Гиппократу, и без предварительных кровопускания, клистиров и очистительных, — что не только неправильно, но и есть крайнее злоупотребление, и бо помянутый Разум никогда не был принят и допущен в корпорацию помянутого факультета и, следовательно, не может совещаться с докторами сего последнего и ими быть на совещание призываем, чего действительно никогда и не было. Несмотря на сие и вопреки многократным жалобам и сопротивлению господ Блонделя, Куртуа, Денийо (Denyau) и других защитников правого учения, помянутый Разум продолжал пользоваться сказанными средствами и имел дерзость употреблять их даже над врачами упомянутого факультета, из коих многие даже были, к великому скандалу, им вылечены, что есть пример, очень опасный и не могло совершиться иначе, как худыми путями, чародейством и договором с дьяволом. Не довольствуясь сим, помянутый Разум предпринял поносить и изгнать из курсов философии формальности, материальности, сущности торжества, возможности, ессеитатес, петреитатес, поликарпейтатес, и другие воображаемые существа, детей и порождение покойного учителя Иоанна Скота, их родителя: а сие, буде суд не окажет помощи, долженствует принести знатный ущерб и причинить полное разрушение схоластической философии, коей они составляют всю тайну и всю сущность.

Суд рассмотрел книги, озаглавленные: Физика — Рого, Логика—Пор-Рояля, Трактат о хине, а также *Adverses Aristoteles* — Гассенди и другие, приложенные к прошению, подписанному Шикано²⁵⁴, прокурором помянутого университета.

По выслушании докладчика и приняв все в соображение, суд,

254 Chicane — по французски обозначает «ябеда», «крюкотворство». *Прим. ред.*

согласно прошению, удержал и оградил, удерживает и ограждает за помянутым Аристотелем полное и мирное владение и пользование помянутыми школами. Приказывает, чтобы сей Аристотель был всегда принимаем в руководство, преподаваем учителями, докторами, магистрами и профессорами помянутого университета, не обязывает, впрочем, для сего читать Аристотеля, знать его язык и мнения, а относительно основ его учения отсылает к их тетрадам. Предписывает сердцу попрежнему быть началом нервов и приказывает всем людям, какого бы звания или должности они ни были, сему верить, несмотря ни на какой противоречащий тому опыт. Приказывает питательному соку прямо отправляться в печень, не проходя через сердце, а печени принимать его. Запрещает крови бродяжничать, блуждать и обращаться в теле, под угрозой быть вполне отданною и предоставленною медицинскому факультету. Вос-

[483/694]

прещается наперед Разуму и его приверженцам вмешиваться в лечение и исцелять лихорадки троичные, вдвойне троичные, четверичные, трижды четверичные и непрерывные дурными средствами и путем чародейства, как-то: чистым вином, порошком и корой хины и другими средствами, не испытанными и неизвестными древним. А в случае неправильного исцеления помощью сих средств дозволять медикам помянутого факультета возвратить, по обычному и методу, больным лихорадку с помощью александрийского листа, сиропов, прохладительных и других годных для сего средств и привести помянутых больных в то состояние, в каком они были прежде, дабы потом вылечить их по правилам, а буде не вылечаться, отправить на тот свет, по крайней мере, достаточно прославленными и очищенными. Возвращает добрую славу и честное имя сущностям, тождествам, возможностям, *esseitatibus* и другим схоластическим формулам. Признает право господ Блонделя, Куртуа и Денийо в их противодействии здравому смыслу. Возвращает огонь на его место в высшей сфере неба, согласно и сообразно осмотру, сделанному на месте. Предписывает всем учителям, магистрам и профессорам преподавать, как они привыкли, и пользоваться соображениями, какие сочтут приличными, а репетиторам и другим помощникам оказывать им всякое содействие. Нарушителей приказывает преследовать под угрозой быть лишенными права диспутировать о пролегоменах логики. А дабы в будущем не последовало нарушений, Разум изгоняется навсегда из школ помянутого университета; ему воспрещается входить туда, мутить там и беспокоить

помянутого Аристотеля в его обладании и пользовании, под угрозой быть объявленным янсенистом или другом новшества. На сей конец настоящий приговор будет прочтен и объявлен в университете на первом собрании при вступлении ректора и вывешен на дверях всех коллегий Парнаса и где окажется нужным. Дан в тридцать восьмой день августа одиннадцать тысяч шестьсот семьдесят пятого года.

* * *

ВОЗРАЖЕНИЕ СХОЛАСТОВ ПРОТИВ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ОТКРЫТИЙ ГАЛИЛЕЯ

Примером схоластика-ученого может служить Антонио Рокко, один из яростных противников Галилея, отрывок из «Философских рассуждений» которого приводим в переводе с итальянского по изданию сочинения Галилея²⁵⁵.

[484/695]

§ 11. ...Когда вы говорили, что видно, как многие из таких пятен образуются посреди солнца и т.д., я вам ответил, что это галлюцинация, и вот почему: уже само расстояние не позволяет различать местоположения, а направление и движение вводят нас в заблуждение и т.д. Возможно также, что они действительно существуют и что солнце своей силой их постоянно притягивает, до последней вогнутой поверхности лунного шара, и их еще растворяет, как если бы они были растворимы; но ошибка может относиться к знанию местоположений, и возможно, что из-за однородного притяжения не может образоваться параллакс. Это я утверждаю только как вероятное, без всякой дерзости или упорства, и признаюсь, что играю с вами в слепого; у меня глаза должны быть повязаны, а вы говорите, что вы видите, и я должен отгадать, что это такое, что вы видите. Но я не виновен в небрежности: я употребил все усилия, чтобы достигнуть практического звания, чтобы использовать такие же зрительные инструменты, и с этой целью я вел в течение некоторого времени неоднократные споры, но мирные и серьезные, с лицами, выдающимся до своим знаниям и

²⁵⁵ Le Opere, Ed. Nazionale Firenze, T. VII, стр. 629–630.

Философские рассуждения дна Антонио Рокко, философа-перипатетика и т.д. Венеция 1663 г. Esercitioui filosofiche di eignor Antoninio Rocca, filosofo peripatetico est.

со взглядами, вроде ваших; однако разумные опыты, которые он обещал, никогда не были произведены, и он, будучи может быть, менее уверен в своих позициях, чем я в моих, отправился искать точную истину на небо.

§ 12. Второму наблюдению я также противопоставляю неточность перспективы на огромном расстоянии, о которой я уже говорил; я признаю, что вы видите вышеупомянутые пятна, но я не считаю, что они находятся на небе. И даже, если бы вы их видели без иллюзий, я предпочитал бы разумное познание всякому другому и рас-

[485/696]

сматривал бы вашу речь но как продукт рассудительного ума а как химеры путанного и недисциплинированного воображения.

§ 13. Относительно же того, что небо, благодаря телескопу, стало в тридцать или сорок раз ближе от вас, чем око было от Аристотеля, я уже сказал, что хотя случайно во время Аристотеля не было такого инструмента, но могли быть равноценные ему или даже лучшие. Но предположим, вместе с вами, что таковых не было; я вас спрашиваю: на каком определенном расстоянии хотите вы представить себе это небо, которое для познания приблизилось к вам в тридцать или сорок раз против того расстояния, на котором знал его Аристотель? Я хочу сказать, что если Аристотелю оно казалось на расстоянии, например, сорока тысяч миль, то вам оно кажется на расстоянии всего тысячи или даже пятисот и менее миль. Так скажите же мне, какое вы можете иметь на расстоянии ста миль точное и отчетливое зрительное познание о вещах, которые там находятся? Скажите это откровенно. Я, со своей стороны, так же как и люди с острейшим зрением, едва различаю высокие горы и если, действительно, согласно вашим утверждениям, небеса, а особенно солнце, находятся, даже при применении телескопа, на расстоянии тысяч миль, то какое суждение можете, вы о них дать? Если вы докажете с полной очевидностью то, что вы хотите сделать, то и этой части рухнет перипатетическое учение, и вы переделаете даже мышление людей, гениальная ферма которого есть очевидность истины, так что они не станут заострять свое перо против вас и покрывать ваши писания презрением, но скорее, убедившись в непобедимой силе истины, воздвигнут вам алтари славы в своих сердцах, языки их будут трубить о ваших заслугах и подобно новому Атласу вы будете считаться единственной опорой погибающей небесной философии.

БОРЬБА С ФЕОДАЛЬНЫМИ УНИВЕРСИТЕТАМИ

Ратке, Бэкин, Комениус²⁵⁶ и другие поборники передовых идей XVII в. вели свою работу вне университета, мало сочувствующего новым идеям. Ни философы Декарт, Гоббс, Локк или Лейбниц, ни ученые Гарвей и Бойль, ни Бэкон, представитель как науки, так и философии, не были близки к университетам. Таким образом оказалось, что новые идеи реализовались в средних школах и других организациях. В 1619 г. была организована в Ростоке первая «академия естественных наук. При Фридрихе Ве-

[486/697]

ликом (1740–1786 гг.) Берлинская академия стала мощным представителем новой идей.

По окончании 30-летней войны (1648 г.) снова стали играть роль академии для благородных (Ritterakademien), рыцарские академии, ставшие теперь как представители новой идеи рационалистическими и практическими в отличие от схоластично формалистических университетов и гимназий.

Рис. 82. Учитель письма и арифметики 17 в. Гравюра 1644 г.

В Англии борьбу со схоластикой, борьбу со старыми университетами ведет Гоббс²⁵⁷.

Известно, что Кромвель Хотел основать новый университет на севере Англии. Гоббс же считал, что преобразовать и освободить (от схоластики) старые, университеты будет если не легче, то во всяком случае более выполнимо. Через своего друга, ученого врача Генри Штуббе, Гоббс принимал участие в оксфордских волнениях 1659 г. Один из спорщиков, Вильям Делл, пользовался взятыми из «Левиафана» аргументами и характерными выражениями. А когда *Academicarum Exhatep* Вебстера вызвал ответную апологию астронома Сет Уорда – *Vindiciae Academicarum* (1654), последний не преминул в специальном «Приложении» завязать спор с Деллем и Гоббсом,

256 *P. Monroe*, стр. 497.

257 Ferdinand Tönnies *Thomas Hobbes, Leben und Lehre*. Stuttgart, 1925 г., стр. 51 – 54.

[487/698]

(последнего он, очевидно, считал его главной опорой). В то же время Гоббс был втянут в ряд других споров.

В 1655 г. в Лондоне вышла наконец первая часть его философской системы *De Corpore*, содержащая логику, метафизику и натуральную философию. В посвящении (Девонширу) и в ряде параграфов текста автор вновь объявляет войну теологии. Он сравнивает ее с Эмпузой Аристофана – страшилищем, которое бродит на бронзовых и ослиных ногах, подобно ей и теология имеет одну прочную ногу – священное писание, и одну гнилую – метафизическую философию.

«Левиафан сделал всех священников моими врагами, – пишет Гоббс, – оба лагеря телогов ненавидят меня... сначала они писали пасквили на «Левиафана» и были лишь причиной того, что его стали больше читать. Это придало ему лишь больше силы и он будет, я надеюсь, вечно значим и не будет нуждаться ни в чьей защите».

На отношения Гоббса с рядом друзей оказал очень дурное влияние начавшийся в это время и закончившийся со смертью Гоббса спор с оксфордским профессором Джоном Валлисом о принципиальных вопросах математики (как математик последний сказался нрав). Этот спор был «посредственно связан со спором об университетах. Валлис и Уорд заключили союз. Валлис принадлежал к партии пресвитерианцев. Он атаковал своего опасного противника с самой слабой его стороны – в области геометрии. Уорд отважился атаковать основы его философии. Обе книги вышли в начале 1656 г. В том же году Гоббс выпустил английский перевод «*De Corpore*», в котором были переработаны некоторые математические главы и присоединены в виде приложения «Шесть лекций профессорам математики и т.д.», в котором он, горячо защищаясь против нападок на него, переходит к нападкам на применение алгебры к геометрии – область, в которой особенно отличался Валлис. В относящемся к этому времени письме Гоббс говорит, что он затеял спор с Валлисом лишь потому, что последний является выразителем идей объединенного духовенства всей страны, и потому же, обращаясь к Уорду, он обращается не столько к своему критику, сколько к *Vindex*'у (защитнику) университетов. Это заявление тем интереснее, что полемика происходила в период расцвета могущества Кромвеля.

Гоббса обвиняют в том, что он рекомендовал к преподаванию в университете свое изложенное в «Левиафане» учение и называл существующие университеты «лавками и мастерскими духовенства». Он не хотел

задеть этим университет как корпорацию, а только отдельных людей, которые хотели сохранить в них независимый от государева авторитет церкви. «Какой

[488/699]

бы вы подняли крик, — писал он, и — несли бы вместо того, чтобы рекомендовать преподавание в университетах моего «Левиафана», я предложил бы организовать новый, светский университет, где одни лишь миряне преподавали бы физику, математику, моральную философию и политику, так же как раньше одно только духовенство преподавало богословие. И все-таки это было бы полезно и без особых расходов принесло бы много пользы делу улучшения образования. Необходимо лишь одно здание и основание нескольких кафедр. А для того чтобы студенты учились как можно лучше, было бы хорошо, чтобы никто не приходил в университет, посланный родителями, так же как для изучения ремесла, чтобы потом зарабатывать благодаря этим знаниям свой хлеб, но чтобы университет был местом, где бы работали богато одаренные люди, которые, самостоятельно распоряжаясь своим временем, любили бы истину ради нее самой».

Здесь мы яснее всего видим, насколько планы Кромвеля совпадали с мыслями Гоббса.

Далее Гоббс ссылается на то, что геометрия наверное меньше обязана университетам, чем Грэшем-Колледжу²⁵⁸ или частным людям в Лондоне, Париже и других городах, которые никогда не проходили или не преподавали ее в каких-либо университетах.

Появляется необходимость в новых технических школах. Декарт ставил проект такой школы²⁵⁹.

Д'Алибер, государственный казначей Франции, был одним из близких друзей Декарта; он считал Декарта человеком наиболее подходящим, чтобы сделать полезным для общества часть тех огромных богатств, которые провидение ему вверило. Он множество раз пытался его соблазнить тем же способом, каким Александр когда-то соблазнил другого философа.

²⁵⁸ О. Грашем Коллерже см. ниже. *Прим. ред.*

²⁵⁹ Декарт, «Проект школы искусства и ремесл», 1648 г.

Перевод с французского сделан по изданию: Descartes, Oeuvres Publiées par Ch. Adam et P. Tannery, т. XI, стр. 659-670.

Декарт всегда защищался с той же силой, но, правда, с меньшим блеском, чем Диоген. Но чтобы согласиться хоть частично с теми благородными побуждениями, которые имел д'Алибер, принести в жертву часть своих собственных богатств на пользу человечества, он убедил его учредить в Париже заведения для усовершенствования искусств.

Он посоветовал построить при Королевском колледже и при других общественных учреждениях, которые предназначались бы для публики, большие залы для ремесленников, каждую залу

[489/702]

предназначив отдельному ремеслу. К каждой зале должен был быть присоединен кабинет, где находились бы механические инструменты, необходимые или полезные для того искусства, которое бы там преподавалось. Должны были быть учреждены денежные фонды, достаточные не только для расходов, требующихся для опытов, но и для оплаты учителей или профессоров, число которых равнялось бы числу искусств, которые бы там преподавались. Эти профессора должны были хорошо знать математику и физику, чтобы суметь отвечать на все вопросы ремесленников и давать им истинное освещение всякой вещи и то ясное понимание, которое позволило бы им делать новые открытия в искусстве. Свои публичные лекции они должны читать лишь по праздникам и по воскресеньям после заутрени, чтобы дать возможность всем людям ремесла посещать их, не нанося ущерба своей работе. Декарт, который предложил этот исход, предполагал, что на это согласится двор, а г-н архиепископ усмотрел в этом хороший способ отвлечь их от пьянства и распутства, которые для них так обычны в праздничные дни. Решение осуществить эти большие планы было принято д'Алибером при последней поездке Декарта в Париж, но исполнение было отложено до его возвращения из Швеции, откуда он надеялся приехать и поселиться в Париж, как только город будет умиротворен. Однако смерть Декарта разрушила вот эти прекрасные проекты. Д'Алибер все время отвлекали всякие другие дела, до тех пор пока другие друзья г-на Декарта не напомнили ему об этих благородных намерениях не зародили в нем мысль сделать что-нибудь хорошее, чтобы увековечить память знаменитого покойника.

Чрезвычайно живую картину того интереса к науке, который наблюдался в Англии в XVII веке, дает Маколей²⁶⁰.

1660 г., эра восстановления древней конституции, есть также и эра, с которой начинается торжество новой философии. В этом году возникло Королевское общество, которому суждено было явиться главным деятелем в длинном ряде достославных и благотворных преобразований. В несколько месяцев опытные науки сделались всеобщей модой. Переливание крови, взвешивание воздуха, сгущение ртути заняли в общественном мнении ту роль,

[490/703]

которая перед тем занята была прениями, Роты²⁶¹. Грезы о совершенных формах правления уступили место грезам о крыльях, посредством которых люди летали бы из Тоуэра в Вестминстерское аббатство, и о двухкилевых судах, которые никогда не тонули бы в самую жестокую бурю. Все классы были увлечены господствовавшим настроением. Кавалер и круглоголовый, епископал и пуританин соединились на время друг с другом. Богословы, юристы, государственные люди, аристократы, принцы – увеличивали торжество бэконовой философия. Поэты наперерыв друг перед другом воспевали наступление золотого веха. Коули в стихах, исполненных мысли и блестящих остроумием, побуждал избранное племя овладеть обетованной землей, текущей молохом и медом, той землей, которую великий еврейский освободитель и законодатель видел с вершины Писги, но в которую ему не суждено было вступить. Драйден более с усердием, чем со знанием дела, присоединял свой голос к общим восклицаниям и предсказывал вещи, которых ни сам он, «и другие не понимали. Королевское общество, предвещал он, скоро поведет нас на край земного шара, откуда луна представится нам как на ладони. Во главе движения стояли, между прочим, два даровитых и высокостепенных прелата: Уорд, епископ селисберийский, и Вилькинз, епископ честерский. Истерия его (Королевского общества. *Ред.*) была красноречиво написана молодым богословом, достигшим потом высокого отличия в своем звании, Томасом Спратом, впоследствии епископом рочестерским. И главный судья Гель и лорд хранитель печати Гильдфорд урывали по несколько часов от

260 Маколей, «История Англии», ч. I, СПб, 2-е изд. Вольфа, 1866 г. т. стр. 339-341.

261 Рота - один из Лондонских клубов, существовавших до реставрации. *Прим ред.*

служебных занятий, чтобы писать о гидростатике. Действительно, первые барометры, выставленные на продажу в Лондоне, изготовлены были под непосредственным руководством Гильдфорда. Химия вместе с вином и любовью, с театром и картонным столом, с интригами царедворца и интригами демагога занимала некоторое время внимание непостоянного Вуккингама. Принц Руперт пользуется славой изобретателя *mezzo tinto*, от него же получили свое название те любопытные стеклянные пузырьки, которые долгое время забавляли детей и ставили втупик естествоиспытателей. Сам Карл имел лабораторию в Вайтголле и был там гораздо деятельнее и внимательнее, нежели в государственном совете. Для репутации изящного джентельмена почти необходимо было уметь что-нибудь сказать о воздушных насосах и телескопах; даже светские дамы по временам считали нужным притворяться любительницами науки, отправлялись в каретах цугом осматривать грэшемские редкости и разражались криками восторга, когда находили, что магнит действительно притягивал иголку, а микроскоп действительно представлял муху величиной с воробья.

[491/704]

Следует подчеркнуть²⁶², что экспериментальная наука уже по существу своему должна была найти отклик в гораздо более широких кругах, чем та группа лиц, которую называют «интеллигенцией» (*intellectual class*) XVII а. Схоластика и гуманизм по существу своего учения создали как бы отдельную касту ученых и сделали из царства духовной деятельности олигархию или аристократию; экспериментальная же наука с самого начала своего развития стояла за популяризацию и, следовательно, демократизацию знаний. В то время как раньше предметы и способы наблюдения специально отдалялись от повседневности и человеческих дел и ограничивались областями мышления, недоступными большинству, теперь предметы и способы изысканий вплотную подошли к домашней жизни каждого. Кроме того характер фактов экспериментальной науки мог быть понят не только отдельными высокообразованными людьми, но и значительным количеством лиц с небольшим сравнительно образованием и с ясной головой.

В то время как прежде всякая интеллектуальная деятельность была неразрывно связана со знанием латыни и греческого — неодолимое

262 Ornstein, стр. 68-71.

препятствие для тех, кто не изучил эти языки с детства, — теперь, для того чтобы принять участие в научных занятиях, достаточно было знать родной язык, находившийся в распоряжении каждого. Раньше требовались годы подготовки, прежде чем можно было начать надеяться даже не на то, чтобы добавить к науке что-либо свое, но на то, чтобы хотя бы только понять мысли своих предшественников. Теперь одно обладание «надежной рукой и верным глазам» (Гук) уже многим позволяло принять участие в открытиях и в научной работе. Таким образом экспериментальная наука вступила в соревнование со схоластической и находила отклик не только в ученом члене университета, нераздельно связанном с догматами и гордом своим местом в рядах ученой олигархии, но и во «внецеховом» непрофессиональном любителе, прежде лишенном привилегии умственной деятельности. И действительно, временами отклик на этот призыв науки доходил до страстности. Спрэт говорит: «Любовь к этой науке так сильна в век, в который мы живем, что кажется ничто, кроме нее, не в моде в Европе». Эта любовь к науке среди не членов университета создала тип преданных науке любителей, столь характерный для второй половины XVII в.

Любителей в науке — «любителей» в настоящем смысле этого слова, т.е. таких, которые занимаются своим искусством; не как средством к существованию, но из любви к нему,— можно

[492/705]

было встретить во второй половине XVII в. во многих местах и среди различнейших классов, главным образом, помечаю, в кругах, которые были достаточно обеспечены, чтобы не нуждаться в непосредственном добывании средств к жизни и имели поэтому больше досуга, чтобы следовать своим склонностям. Так как подобные условия существовали, с одной стороны, и больших коммерческих центрах Англии и Голландии, а с другой — в домах дворян и привилегированных классов, то интерес к науке был больше всего заметен именно в этих местах.

Рис. 83. Лаборатория алхимия. Гравюра 1570

Детальный разбор деятельности ученых-любителей того времени, как бы он ни был интересен, в данном случае по существу вопроса невозможен. Мы рассмотрим здесь лишь несколько отдельных случаев, с тем чтобы показать, как широко распространился этот интерес к науке, а также познакомить с отдельными типами людей, ставших поборниками нового учения.

В Италии Фердинанд и Леопольд Медичи иногда проводили время в экспериментировании, имели собственную лабораторию и ряд приборов, проделывали новые опыты и имели своего специального стеклодува. Большим любителем науки был князь Фредерико Чези, деятельность которого падает на начало века. Граф Мариолио в Болонье был страстным экспериментатором, собирал вокруг себя людей с такими же интересами, и наконец завещал свой дом университету под лабораторию.

Во Франции у герцога орлеанского — брата Людовика XIV —

[493/706]

была хорошо оборудованная химическая лаборатория, и до сих пор бил алхимию, как говорит Сен-Симон, «не для того чтобы находить золото, но чтобы развлекаться, делая интересные опыты». У него была линза большой мощности, в фокусе которой расплавлялось и улетучивалось металлическое золото; у него были свои химики, с которыми он работал. Он был кроме того большим любителем ботаники и пригласил выдающегося английского ботаника Моррисона смотреть за своими садами.

Франция также родина одного из наиболее знаменитых любителей, члена парламента Пейреока. Он был другом Галилея и состоял в оживленной переписке со своими учеными современниками. Постоянно наблюдая звезды, он купил сорок телескопов, пока не приобрел наконец настолько хороший, чтобы с помощью его можно было повторить наблюдения Галилея, изложенные им в *Sidereus Nuntius* (звездный восток), и был в отчаянии, когда пропустил прохождения Меркурия. Он одинаково интересовался формой снежных кристаллов, отпечатками ископаемых, рыбами и растениями. Главным его занятием была помощь ученым людям, — так изображает его друг и биограф его Гассенди. Он так интересовался физиологией, что по его инициативе открытие Гарвея было проверено на человеке. Но в общем Франция дала мало любящих гелей-экспериментаторов. Интерес в науке часто принимал там характер внимательного наблюдения за экспериментальными успехами других, как это отмело место в случае Кольбера и Дени де-Салло, ученого основателя *Journal des Scavans*.

Голландия²⁶³ в XVII и XVIII вв. славилась умением производить точные приборы; каждый шлифовальщик линз был самым настоящим ученым-любителем. Знаменитый Левенгук был торговцем полотном, само-

263 Ornstein, стр. 80-82.

учкой и столь мало образованным человеком, что не знал никаких языков кроме голландского. Одаренный очень, ловкими руками, он исключительно для себя построил микроскоп. Постепенно он усовершенствовал свой прибор до такой степени, что добился увеличения в 160 раз и имел возможность рассматривать инфузории. У него было столько микроскопов, что в работах своих он применял на каждые один-два объекта исследования отдельный микроскоп.

Гюйгенс был любителем в том же смысле, что и Роберт Бойль, т.е. он посвятил свою жизнь науке, не будучи членом никакого университета. Ван-Гельмонт был богачом, имевшим свою собственную лабораторию.

В Германии мы встречаемся с очень известными примерами интереса любителей к науке. Богатые торговцы Фугтеры брали

[494/707]

с собой по время (путешествий ученого Л'Эклюз. В Германии же мы находим Герике, который, будучи бургомистром в Магдебурге, продолжал интересоваться экспериментальной наукой, и после разграбления города во время тридцатилетней войны обратился к своим знаниям в области техники, чтобы добывать себе средства к существованию. Немец Гевелиус, сын и наследник богатого пивовара в Данциге, построил себе в 1641 г. обсерваторию, оборудованную лучше всех обсерваторий того времени, и сам шлифовал нужные ему линзы. У Чирнгаузена саксонского дворянина, было три стеклянных завода и он не только любил науку, но и являлся инициатором многих выдающихся физических изысканий. В Германии же, Лейбниц, зарабатывавший себе на жизнь, служа библиотекарем при дворе в Ганновере. все время работал над рядом физических и механических проблем.

Одним из показателей интереса, проявляемого к науке широкой публикой, интереса, который можно охарактеризовать как причуду (fad), явилось разрешение присутствовать при анатомировании посторонним зрителям.

Есть еще способ определения силы интереса, проявляемого любителями к экспериментальной науке, кроме перечисления таких любителей. Во Франции и Германии очень много читалась и достигла большого числа изданий популярная литература по экспериментальным работам. В 1624 г. Лерешон (Leurechon) опубликовал свои «Математические развлечения, составленные из нескольких интересных и шуточных задач в области арифметики, геометрии, оптики и других отраслей этих прекрасных

наук». Книга эта выдержала в следующем году семнадцать изданий, была переведена шесть раз на голландский, четыре раза на английский и, что особенно заслуживает внимания, на немецкий язык Швентером («Физико-математические развлечения», 1651). Книга эта является наиболее характерной в указанном отношении, и рассмотрение ее текста дает ясное понятие о том, насколько доступны были физика и химия заинтересованному любителю. Мы имеем здесь описание опытов, проделанных Швентером отчасти по указаниям Лерешона и описанных, совершенно очевидно, не для поучительных целей, но исключительно для развлечения; опыты эти являются занимательными фокусами, а не научными изысканиями.

[495/708]

Рис. 84. Лекция профессора. Гравюра из книги 1680.

НАУЧНЫЕ ОБЩЕСТВА

В XVII в. широко развиваются научные общества. В них, а не в университетах культивируется новая наука²⁶⁴.

Они приложили все усилия ж тому, чтобы всячески продвигать дело экспериментальной науки. Это было главной целью, заповедью их существования, по которым были направлены их усилия. Они могут быть вкратце изложены так: общества собирали в одном месте группы ученых, производили опыты и исследования, ч недоступные усилиям отдельных личностей, поощрял: отдельных ученых, облегчали им возможность и свободу действий, часто посредством материальной поддержки в научной работе.

Они стали центром научной информации, издавали и переводили научные книги, периодически опубликовывали научные открытия и таким образом объединяли научные усилия различных передовых европейских стран. Они интересовались вопросами, имеющими чисто практический интерес, как, например, ремеслами, торговлей, инструментами и машинами, и старались посредством науки поднять общий уровень жизни. Они способствовали общему просвещению, рассеивая заблуждения публики, и по временам пытались привлечь к науке более широкие слои общества

264 Ornstein, стр. 301-302.

посредством лекции. Но прежде всего и главным образом они развивали научные лаборатории, создавали национальные обсерватории, конструировали, совершенствовали и стандартизировали приборы, изобретали точные методы проведения экспериментальной работы и настаивали на их применении и таким образом

[496/709]

навсегда установили лабораторный метод как верный способ проведения исследований.

Таким образом неизбежен вывод, что та организованная поддержка, которая нужна была науке, чтобы проникнуть в мысли и в жизнь людей, давалась не университетами, но исходила от деятельности научных обществ.

ФЛОРЕНТИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ДЕЛЬ ГИМСИТО (DEL CIMENTO)²⁶⁵

В пятидесятых годах XVII в. во Флоренции под покровительством великого герцога Фердинанда II, при ближайшем участии его брата Леопольда Медичи образовалась знаменитая Флорентинская *Academia del Cimento* (*Cimento* – значит опыт. *Ред.*) – академия, поставившая своей задачей исследование природы исключительно путем опыта. Влияние Галилея и его учеников сказалось в новом учреждении. В нем дух Галилея возник из пепла.

Членов академии было немного – девять. Оригинальность учреждения, просуществовавшего лишь десять лет, с 1657 по 1667 год, состояла в столь тесном единении участников, что отдельность каждого утрачивалась и они являлись перед ученым миром как одно коллективное лицо. Работы публиковались от имени академии без поименования, кому из членов принадлежит какой опыт.

Описание опытов было издано во Флоренции в 1667 г., а потом новым изданием в 1692 г. под заглавием *Saggi di naturali sperienza fatta nell'Academia del Cimento*. Книга посвящена великому герцогу тосканскому.

Открытие академии произошло 19 июня 1657 г. Заседания происходили во дворце принца Леопольда, постоянно на них присутствовавшего. Но в Риме неблагоприятно смотрели на ученое общество, посвященное

265 Любимов, История физики. ч. III, 197-199.

изучению природы в духе Галилея. Когда принц Леопольд стал помогать-ся кардинальской шапки, ему условием поставлен был роспуск академии. Принц уступил. В угоду Руина общество закрылось в 1667 г.

Поггендорф в своих чтениях по истории физики («Geschichte der Physik». Vorlesungen. Leipzig 1879 г., посмертное издание) подверг внимательному рассмотрению деятельность членов академии и результаты их совокупных трудов. Девять членов в алфавитном порядке были: Борелли, Кандидо дель-Буоно. Пасло дель-Буоно, Вивиани, Магалотти, Марлотти, Олива. Реди, Ренальдини. Из них главными деятелями общества были Борелли и Кандидо Буоно. Магалотти был как бы секретарем

[497/710]

собрания. «Saggi» изложены преимущественно им. Прибавим, что большинство членов академии было аристократического происхождения. Таковы были братья Буоно, Магалотти, Марсили, Реди.

Научный опыт — и исключительно опыт без теорий и гипотез, без математической разработки — был задачей академии, «Поверяя и проверяя» (provando et riprovando) — таков был ее девиз. Не в характере академии, говорилось в описании опытов, препираться о причинах явлений.

«Saggi»²⁶⁶ заключают в себе тринадцать глав. Первая трактует об измерительных приборах и их употреблении. Описаны: термометр, спиртовой с произвольной шкалой; ареометр; гигрометр, основанный на осаждении влаги воздуха на поверхности конического сосуда, охлажденного льдом, его наполняющим. Измеряли, во сколько времени стекавшая вода наполняла подставленный сосуд или части его. Между приборами описывается также маятник в форме тяжелого тела, повешенного на двух нитях. В протоколах опытов было замечено, что маятник, повешенный на одной нити, изменяет направление качаний (будущие опыты Фуко). Вторая глава посвящена многочисленным опытам над давлением воздуха и образованием пустоты приемом Торричелли. Приведены многообразные наблюдения явлений в безвоздушном пространстве сравнительно с тем, как они происходят в воздухе. Третья глава описывает опыты с искусственным замораживанием; четвертая трактует о естественном льде; в пятой исследуется расширение металлов и других тел от действия теплоты; в шестой

266 Любимов, стр. 200.

— сжимаемость воды; в седьмой доказывається, что нет абсолютно легких тел и восхождение легких тел вверх объясняется давлением окружающей, удельно более тяжелой среды; в восьмой описываются опыты с магнитом, не представляющее, впрочем, чего-либо существенно нового; в девятой — опыты с натертым янтарем, между прочим, опыт с исчезновением электрического состояния, если натертый янтарь проводить над пламенем; в десятой исследуются окраски некоторых жидкостей, между прочим, описывается красный цвет, приобретаемый раствором лакмуса от действия кислоты. Опыты над скоростью звука по наблюдению выстрела пушки, произведенные еще до открытия академии в 1656 г. трудами Борелли и Вивиани, описаны в одиннадцатой главе. Глава одиннадцатая, посвящена опытам над брошенными телами и над сопротивлением воздуха. Академиками произведены были, между прочим, опыты над пушкой, стрелявшей с движущегося экипажа. В главе

[498/711]

тринадцатый упоминаются разные опыты, между прочим, попытка измерить скорость распространения света. Описываются также наблюдения над фосфоричностью и опыты с зажигательными зеркалами.

ОСНОВАНИЕ ЛОНДОНСКОГО КОРОЛЕВСКОГО ОБЩЕСТВА²⁶⁷

Грэшем Колледж настолько тесно связан со временем возникновения Лондонского королевского общества, что здесь уместно будет сказать несколько слов о нем. Сэр Грэшем в своем завещании (1775) оставил ценное имущество гражданам Лондона для устройства колледжа в принадлежавшем ему доме. Там в удобных квартирах должны были жить семь профессоров, которые должны были ежедневно читать лондонским гражданам лекции по богословию, астрономии, музыке, геометрии, праву, физике и риторике, — выдающийся пример интереса к распространению науки среди людей, специально ею не занимающихся.

Группа ученых, регулярно собиравшихся в Грэшем-Колледже, позднее превратилась в Лондонское Королевское общество. Люди эти выступали против старой схоластической науки. Весьма характерны следующие стихи — отрывки из поэмы, написанной вероятно Вильямом Глэнвилем и посвященной Грэшем Колледжу.

267 Ornstein, стр. 120.

В похвалу избранному обществу философов и выдающихся умов, которые еженедельно собираются по средам в Грэшем-Колледже.

Есть в Грешем-Колледже ученый кружок;
Он цел пред собой, как светильник, зажег;
Создать корпорацию — членов мечтанье,
В вей опыты будут основой познания.

И членам его — драгоценный металл
Не нужен! Их цели — прославиться шире!
Чтоб Грэшем-Колледж академией стал.
Рассадником знаний, единственным в мире!

На Оксфорд и Кембридж с насмешкой глядим...
Царят там педанты я величии хмуром...
Осел Аристотель! — мы всех убедим —
В сравнении с другим мудрецом — Эпикуром²⁶⁸

[499/712]

Ни²⁶⁹ Лондонское Королевское общество, ни Парижская академия наук не были созданы суверенной властью (как Академия дель Чименто была создана Медичи), но возникли из неофициальных и свободных собраний приверженцев экспериментальной науки, ученых и любителей. Королевский указ не создал их, а только дал более определенную, более жизнеспособную форуму их прежней организации.

Интересы обоих этих учреждений были не так строго научны, как интересы Академии дель Чименто; они были почти всеобъемлющи. Наряду с чисто научными проблемами они занимались проблемами, относящимися к ремеслам, торговле и промышленности; и именно эта сторона их интересов, в особенности вначале, снискала им покровительство короля. «Предметами нашего обсуждения, — пишет в автобиографической записке Валлис, — были: кровообращение, заслонки вен, лимфатические сосуды, гипотеза Коперника, природа комет и новых звезд, спутники Юпитера, овальная, кака это тогда казалось, форма Сатурна, солнечные пятна и обращение солнца около оси, неравенства и селенография луны, фазы Венеры и Меркурия, изобретение телескопа и шлифовка стекол для

²⁶⁸ *Idem*, стр. 123.

²⁶⁹ *Ornstein*, стр. 110

него, вес воздуха, возможность или невозможность пустоты и боязнь пустоты в природе, опыт Торричелли с ртутью, падение тяжелых тел, ускорение падения и другие вопросы касательно природы. Многие из этих предметов были тогда новыми открытиями, другие были мало известны и не так распространены, как ныне, как и вся область, называемая новой философией, которая, начиная с Галилея во Флоренции и сэра Франциска Бэкона (лорда Веруламского) в Англии, разрабатывается кроме Англии в Италии, Франции, Германии и других местах... Около 1648 и 1649 г. часть нашего кружка удалась в Оксфорд; прежде всего доктор Вилькинс, затем доктор Годдард. Кружок разделился. Оставшиеся в Лондоне собирались попрежнему; и мы при случае участвовали, а постоянно наша часть собиралась в Оксфорде».

В 1661 г.²⁷⁰ король даровал обществу королевскую хартию, законом утверждающую его существование. Через два года, 22 апреля 1663 г., хартия была заменена новой, более широкой, которая и донныне составляет основной статут общества. Согласно хартии Общество, получившее наименование Королевского, состоит из президента, совета и членов: *praesis consilium et sodales Regain Societatis Londini pro scientia natural promovenda* Король объявил себя основателем и покровителем общества. Девизом

[500/713]

своим общество выбрало щит с подписью *Nullius in verba* (ничему не верить на слово). По поводу девиза делались много предложений, выбрали простейший. Некоторые предлагали изобразить судно с надписью *et augebitur scientia* (и умножится наука); другие — два телескопа, землю, планеты и подпись *ouantum nescimus* (сколько мы еще не знаем); предполагали на щите солнце *ad majorem lumen* (к великому светилу) и стих *Quis dicere falsum audeat* (кто посмеет окапать неправду); на гербовом щите — надпись из послания *omnia probate* (все только проверенное).

Отрывок из хартии Карла II, об основании Королевского общества 15 июля 1661 г.

«И поскольку мы осведомлены о том, что ряд лиц высокого образования, изобретательности и достоинства, сходящихся а своих склонностях

²⁷⁰ Любимов, стр. 206.

и исследованиях в этой области, в течение некоторого времени вняли за обычай встречаться еженедельно и организовано для обсуждения скрытых причин явлений с целью устанавливать определенные и исправлять неопределенные философские теории и оказаться, благодаря работе своей в области дознания явлений природы, благодетелями человечества; и что сии уже достигли значительных успехов путем различных полезных и замечательных открытий, изобретений и экспериментов в математике, механике, астрономии, навигации, физике и химии, — нами решено пожаловать наше королевское благословение, покровительство и особое поощрение этому именитому обществу и такому полезному и достойному похвалы предприятию.

«Мы давно и полностью решили расширить не только границы нашего государства, но и его искусства и науки. Поэтому мы смотрим с благоволением на все виды изучения, но с особым благоволением мы поощряем занятия философские, в особенности такие, которые имеют целью путем действительных экспериментов либо выработать новую философию, либо усовершенствовать существующую. Поэтому, для того чтобы такие изыскания, которые-до сих пор не были достаточно успешны ни в одной части света, могли выдаваться и сиять среди нашего народа так, чтобы в конце концов весь образованный мир мог признать нас не только поборниками веры, но и всемирными любителями и покровителями всякого рода истин и вообще... знайте, что мы... повелели... основать общество, состоящее из председателя, совета и членов, которое будет названо и именоваться Королевским Обществом... Совет будет

[501/714]

состоять из 21 человека, причем председателем должен будет быть всегда только один... И что все отдельные другие лица, которые в течение месяца... будут приняты и утверждены председателем и советом... будут названы и величаться членами Королевского Общества, которых, — чем больше они будут отличаться в изучении любой отрасли науки и литературы, чем больше будут желать повысить достоинство, исследовательские работы и превосходство этого общества... тем больше мы желаем видеть их годными и простыми членами в число членом названного общества».

«Делом и назначением Королевского общества, — пишет Гук²⁷¹, — является:

«Повысить знания в области естественных явлений и всех полезных искусств, механических приспособлений, машин и изобретений посредством опытов (не возясь с богословием, метафизикой, моралью, политикой, грамматикой, риторикой или логикой).

«Стараться восстановить те дозволенные искусства и изобретения, которые были забыты.

«Пересмотреть все системы, теории, принципы, гипотезы, элементы, известные случаи и эксперименты в области вещей естественных, математических и механических, изобретенных, отмеченных или практикующихся любым сколько-нибудь значительным автором древности или современности, с целью получения полной системы основательной философии для объяснения всех явлений природы или искусства и составления разумного отчета причин всех явлений.

«В то же время общество не примет ни одной гипотезы, системы или доктрины из естественной философии, предложенной или упомянутой каким бы то ни было философом древности или современности; ни объяснения никаких явлений, объяснения которых следует искать в начальных причинах (как не объясняемых теплом, холодом, весом, числом и т. п, как являющимися результатами этих явлений); не будет ни догматически определять, ни устанавливать аксиомы для научных предметов, но будем рассматривать и обсуждать все мнения, не утверждая и не придерживаясь ни одного до тех пор, пока путем зрелых обсуждений и ясных аргументов, главным образом таких, какие могут быть получены в результате правильно поставленных опытов не будет непреложно установлена истинность данных экспериментов.

[502/715]

«И до тех пор, пока не будет собрано достаточное количество данных опытов, описаний и наблюдений, на еженедельных собраниях общества не должно происходить никаких дебатов, касающихся гипотез или принципов философии, и не должно проводиться никаких бесед для объяснения какого бы то ни было явления за исключением тех, которые будут проходить по особому назначению общества или по специальному разрешению председателя. Но время собрания должно быть употреблено на

271 Idem, стр. 130-131. Weld, A history of the Royal Society, стр. 146. Взято из рукописи трудов Гука, написанной в 1663 г.

предложение и производство опытов, разъясняющих истинность, основу и применение последних, чтение и обсуждение писем, доклады и другие труды, касающиеся предметов философии и механики, рассмотрение и обсуждение курьезов природы и искусства и замятие всем тем другим, что будет назначено советом или председателем».

Характерным для этого типа людей²⁷², входящих в общество, было то, что многие из их изысканий преследовали исключительно практические цели. Спрэт (историк Королевского Общества) так описывает эту стадию их работы: «Они выдвинули вопрос о составлении каталога всех ремесел и производств... отмечая все физические рецепты или секреты изготовления, приборы, инструменты, машины и ручные способы производства, требующие особого искусства... Они рекомендовали расширить производство гобеленов, шелка, плавку руды с каменным углем... подвергнуть испытаниям землю в различных местах Англии, с тем чтобы выяснить, не может ли применение ее способствовать усовершенствованию гончарного мастерства. Они сравнивали почву и глину различных сортов для получения лучших кирпичей и черепицы. Они занялись распространением картофеля и приступили к производству опытов по добыванию масла из табака».

Изыскания производились также в области улучшения сортов вина, усовершенствования способов варки для и пива, удобрения известью, конструкции нового пресса для сидра и лампы для высиживания яиц. Они изучали способ производства рапир в Германии и вопросы, относящиеся к конструкции повозок. Корабль сэра Вильяма Пэтти вызвал большой интерес. Уинтроп прочел доклад, трактующий об удобстве постройки судов в некоторых областях Северной Америки, благодаря наличию в этих местах большого запаса хорошего дуба, сосны и лесопилок. 15 октября 1662 г. король издал указ, гласящий, что ни одно изобретение по физике или механике не может быть запатентовано без предварительного утверждения его обществом. Как следствие этого челам был представлен на утверждение

[503/716]

целый ряд машин, одна, например, для производства полотняной одежды, интересная тем, что она являлась прообразом машины

272 *Idem*, стр. 143.

Харгрива²⁷³. Образцы машин, а именно печатный станок, поступали на рассмотрение общества даже из Германии.

Желая представить себе, каковы были эти собрания XVII в. и, в частности, собрания молодого Королевского Общества, не нужно прежде всего сравнивать их с заседаниями наших современных академий, так как никакого сходства между ними нет. Следует помнить, что э наших академиях большая часть сообщений есть результат наблюдений и опытов, и очень редко, бывает, чтобы опыты эти производились во время заседаний, тем более что наши требования к опытам и прогресс современной физики таковы, что даже легчайшие из них требуют такой тщательности и иногда столь долгих приготовлений и исполнений, что нельзя и думать воспроизвести их в присутствии членов данного собрания. Члены же Королевского Общества, напротив того, главным образом и собирались для производства опытов, опыт их интересует столь же, как и вывод. Они хотят видеть все собственными глазами. Желая противодействовать старой методе, сии считали списание опытов — болтовней, которой не следует доверять. Опыты же были их главным занятием, и они иногда производили их несколько, бестолково, исследуя все «попадавшиеся под руки редкости». «Секретарь записывает результаты опытов, — говорит Монкони, — независимо от их успешности, чтобы можно было обнаружить ложные предположения и воспользоваться, верными». В конце каждого заседания решали, какие опыты будут сделаны в ближайшем будущем. Члены общества производили еще много опытов у себя. Если объект исследования был очень мал или если можно было его делить, то его поручали Гуку для исследования под микроскопом. Канцелярскому служителю общества, bravому служаке, получавшему в год сначала два фунта стерлингов содержания, а позже — четыре фунта, т.е. около 40 руб., поручались кроме канцелярских работ, подготовка к опытам и доставка живых животных... Королевское Общество в начале своих занятий имело сходство с «семинариями», куда каждый приносит свою личную работу, резюмирует работу других, но главным образом prepares

273 Philosophical Transaction (сокращ.), т. I, стр 501. Это было описано таким образом: «Преимущества машины следующие: один двигатель будет приводить в действие десять ил двенадцать ткацких станков. Для завязывания ниток достаточно будет одного мальчика на несколько станков».

[504/717]

и организует опыты. Читая книгу Бэрча, точную и правдивую, как все специальные журналы, мысленно присутствуешь при спорах или, лучше, собеседованиях сведущих людей, схваченных живой, любознательностью по самым разнообразным вопросам. Как бы ни были скромны и примитивны все эти исследования и опыты, все же в них заключается зародыш новейшей науки.

В 1684 г. Общество назначает кураторов, которым поручает организацию и ведение опытов; первыми кураторами были Роберт Гук и Денис Папин. В том же году Королевское Общество выделило из себя восемь комиссий; 1) механическую, которой было поручено исследовать и усовершенствовать все изобретения по механике; она состояла из 69 членов, а председателем ее был лорд Брункер; 2) астрономическую и оптическую, состоявшую из 15 членов под председательством доктора Годдара; 3) анатомическую под председательством доктора Энта; в состав ее входили все медики и еще 3 других члена; 4) химическую, состоявшую также из всех медиков и еще 7 других членов, под председательством доктора Годдара; 5) комиссию сельской экономии (земледельческую) с 32 членами под председательством Говарда; 6) технологическую (Histories of Trade) из 35 членов под председательством доктора Меррета; 7) комиссию из 21 члена под председательством Госкинса; ей было поручено «собрать все уже наблюденные явления природы и все сделанные и описанные опыты»; 8) комиссию из 20 членов под председательством Повейя, которой была поручена корреспонденция Общества.

Сверх тех опытов, которые Общество может произвести у себя дома, оно кроме того старается организовать анкеты за границей.

Таким образом с 1661 г., т.е. еще до получения королевской грамоты, лорду Брункеру и Роберту Бойлю было поручено составить обширную программу метеорологических и физических опытов на вершине Тенерифа. В том же году, раньше учреждения вышеупомянутых комиссий, Общество назначило еще одну комиссию для составления вопросов для иностранцев, путешественников и др. Так, например, узнают, что граф Сандвич собирается в Лиссабон, и сейчас же члены Общества предлагают ему сделать некоторые океанографические исследования. Расспрашивают и выпытывают путешественников и капитанов, приезжающих из далеких стран. При наступлении зимы намечают программу опытов с замораживанием, так как тогда не умели еще создавать холод искусственно; те же вопросы они задают путешественникам, отправляющимся

в Голландию; они ходатайствуют у лорда-лейтенанта и у Ост-Индской компании разрешение, чтобы члены Королевского Общества находились на попечении их офицеров.

[505/718]

Вопросы технологии чрезвычайно интересовали наших академиков; несомненно, как люди дела они имели чисто практические и материальные основания интересоваться этими вопросами, и, видимо, по какому то верному инстинкту они понимали, что ремесленники и промышленники сохранили много ценных и положительных сведений, которые улучшались тысячелетней практикой и продолжали развиваться независимо от науки; здесь представлялось огромное поприще для научных завоеваний; в мастерских и на фабриках, так же как и во время далеких путешествий, возможны были научные открытия. Из одного протокола за 1667 г. мы узнаем, что Говарду было поручено изучить прежние и новые приемы дубления кож, Гуку — изготовление мыла и шляп, Гиллю — изготовление бумаги и Томасу Коксу — рафинирование сахара. Они изучают приготовление сидра, обсуждают способ сохранения и улучшения вин, культуру дынь... Они даже интересуются, как выделывать стальные и латунные пластинки; как ткать шерсть, как выделывать бумагу под мрамор. Читая историю Общества Бэрча или Уэльда, очень интересно проследить, как оно постепенно вырабатывает подробные правила своего обихода, как устанавливаются известные обычаи, — словом, видеть, как растет и определяется организм Общества. При этом чтении как бы присутствуешь при-непрестанном усовершенствовании научной организации. Вербовка новых членов становится тоже все серьезнее и прием — все труднее.

ОСНОВАНИЕ ПАРИЖСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК²⁷⁴

В эпоху, когда в Англии основалось Королевское Общество, во Франции, в Париже, также было собрание ученых, сходящихся еженедельно беседовать о своих занятиях и сообщать друг другу свои наблюдения и открытия. Собрания эти происходили сначала у одного любителя, Монмора, потом у Мельхиседека Тевено. Последний, человек чрезвычайно

²⁷⁴ Любимов, стр. 575—577.

любопытный, интересовался всяческими знаниями: он изучал историю, географию, физику, математику, языки, философию:

... К этой частной и свободной академии принадлежали: Декарт, Роберваль, Блондель, Мерсенн, Гассенди, Блез Паскаль и его отец. Гоббс был принят в это общество во время пребывания своего в Париже в 1640 г., и там же Мерсенн познакомил его с Декартом, Кольбер, изыскивая всевозможные средства к распространению и развитию наук, понял, какие выгоды могло извлечь государство из этого общества, и составил

[506/719]

план упрочить его существование через обращение его в королевское учреждение. Людовик XIV одобрил этот план, и Академия Наук была основана.

... Король обеспечивал существование академиков пенсиями и предоставлял в их распоряжение капитал на производство опытов и на покупку инструментов. Вместе с тем в качестве помощников при трудных и сложных работах академиков Кольбер присоединил к Обществу в звании адъюнктов (*adjoints*) несколько молодых людей, желавших посвятить себя наукам. 22 декабря 1666. г. Академия открыла свои заседания в одной из зал королевской библиотеки. Постановлено было, чтобы Общество собиралось два раза в неделю: математики — по средам, натуралисты и физиологи, обозначавшиеся тогда общим названием физиков, — по субботам.

СТАТУТЫ, УСТАНОВЛЕННЫЕ ПО ПРИКАЗУ КОРОЛЯ ДЛЯ КОРОЛЕВСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ФРАНЦИЯ. ПАРИЖ 1699 Г.²⁷⁵

Пожелав и в дальнейшем выказывать Королевской Академии Наук свое расположение, король решил установить настоящие статуты. Его величество желает и ожидает, что им будут точно следовать.

- Королевская Академия Наук будет всегда находиться под покровительством короля и будет получать его указания через того государственного секретаря, которому его величеству будет угодно это поручить.
- Названная Академия будет всегда состоять из четырех классов (разрядов) академиков: почетные, штатные (пенсионеры), адъюнкты

²⁷⁵ Перевод с французского сделан из книги *Fontenelle, Ouvres Complètes*, Paris, 1818 г., т. I, н. I, стр. 40.

и ученики. Первый класс будет состоять, из десяти человек и каждый из трех остальных из двадцати и никто не может быть принят в какой-либо из этих четырех классов как только по выбору или с согласия его величества.

- Почетные академики должны быть все уроженцами (гражданами) Франции и выдающимися по своим талантам к математике или к физике. Из них один будет президентом и никто из них не может стать пенсионером.
- Пенсионеры все должны жить в Париже: три геометра, три астронома, три механика, три анатома, три химика, три ботаника, один секретарь и один казначей. И если случится, что кто-нибудь из них будет вызван для какого-либо поручения [507/719] или работы, требующей пребывания вне Парижа, то его место будет замещено так же, как если бы это место освободилось бы за смертью академика.
- Адъюнкты будут в таком же числе; двенадцать из них должны быть местными уроженцами; два по специальности геометры, два астронома, два механика, два анатома, два химика, два ботаника. Восемь остальных могут быть иностранцами и заниматься той из этих различных наук, к которой они чувствуют наибольшую склонность и имеют талант.
- Ученики должны жить все в Париже, каждый должен заниматься той наукой, которой занимается академик-пенсионер, к которому он прикомандирован; и если они переходят на службу, требующую пробывания вне Парижа, их места будут замещены, как в случае вакантности места за смертью.

[...]

- Никто не может быть предложен королю для замещения одного из названных мест академиков, если он не отличается хорошей нравственностью и честностью.
- Ни один человек, являющийся священником или принадлежащий к какому бы то ни было религиозному ордену, не должен предлагаться в члены иначе, как в качестве почетного члена.
- Кандидатуры на пенсионеров или адъюнктов выдвигаются перед королем только для тех лиц, которые имеют какие-нибудь значительные опубликованные труды и добились известности в своей области науки либо посредством этих трудов, либо изобретением машины собственной конструкции, либо каким-нибудь особенным открытием.

[...]

- Поскольку опыт показал, что совместная разработка одних и тех же задач несколькими академиками не является желательной, каждому из них предоставляется выбрать себе отдельный предмет для своих изысканий и затем путем отчета перед собранием о проделанных работах сделать все возможное для обогащения Академии своими открытиями, повышая в то же время свои собственные знания.

[...]

- Хотя каждый академик должен будет посвятить себя отдельной отрасли науки, однако каждому следует стараться простирать свои изыскания на все, что может сказаться полезным и интересным в различных областях математики, отраслях ремесла или всего того, что может каким бы то ни было путем относиться к приобретению познаний в естественной истории или каким-нибудь образом относиться к физике.

[508/721]

- На каждом собрании (не меньше двух членов должны поочередно изложить результаты своих наблюдений и изысканий...
- Все наблюдения... должны быть... представлены секретарю в письменном виде.
- Все упомянутые в докладе опыты должны быть по мере возможности повторены перед собранием или же дома в неофициальной обстановке, в присутствии нескольких академиков.

[...]

- Академия должна предложить кому-нибудь из своих членов читать все существеннейшие и появляющиеся статьи по физике и математике...
- Академия должна повторить все сколько-нибудь значительные опыты, проделанные в других местах, отмечая при этом в своих записях соответствие или различие между своими данными и данными других.

[...]

- Академия должна рассматривать, если это прикажет король, все машины, для которых изобретатель просит патента или привилегии. Академия удостоверит, полезны ли они и новы ли. Изобретатели тех машин, которые были одобрены, должны оставить модели в академии.

[...]

L. Его величество желает, чтобы настоящий статут был прочитан я ближайшем собрании и напечатан в регистрах, чтобы ему точно следовали, руководствуясь его формой и содержанием, и в случае если какой-либо академик нарушит его в какой-либо части, его величество прикажет его наказать в зависимости от тяжести проступка.

Дано в Версале 26 января тысяча шестьсот девяносто девятого года и подписано Луи и ниже Фелиппо.

* * *

Следующий перечень дает представление о круге вопросов, интересовавших ученых того времени²⁷⁶. Он помещен в отчете

о работе общества Collegium Curiosum sive Exerimentale, организованного при одном из наиболее прогрессивных университетов в Германии, в университете в Альтдорфе в 1672 г. Христофором Штурмом, из-

[509/722]

местным математиком, поддерживавшим связи со многими выдающимися учеными разных стран.

1. Водолазные колокола. 2. Камера обскура – объяснение устройства глаза. 3. Опыт с барометром (тот же, что и в Laggi). 4. Сифоны. 5. Гидростатические опыты. 6. Водяной насос. 7. Опыт, показывающий силу атмосферного давления посредством водяного столба в 36 футов вышиной. 8. Капиллярность. 9. Термометр. Дифференциальный термометр, имеющий большое значение для метеорологии. 10. Воздушный корабль, изобретенный Франциском Лана. 11. Механика. Законы рычага и простых машин. Прибор, показывающий закон параллелограмма сил. 12. Универсальный язык. 13. Воздушный насос. Опыты Герике и Бойля. Общество усовершенствовало насос. 14-а) Гигроскоп. В) Хронометр. 15. Микроскоп. Телескоп. 16. Линзы. Рефракция лучей.

Далее описаны опыты, относящиеся к: 1. Водолажным колоколам. 2. Воздушным насосам. 3. Барометру. 4. Гигрометру. 5. Сифонам (аркадийский

²⁷⁶ Ornstein, стр. 207.

колодец). 6. Стеклянным слезкам. 7. Рычагу. 8. Трубам, рожкам (ушные рожки). 9. Новым опытам с термометром. 10. Магдебургским полушариям. 11. Механике мускулов. 12. Опыту Гельмонта. 13. Гигроскопу. 14. Усовершенствованию насоса Герике.

НАУЧНЫЕ ЖУРНАЛЫ В XVII В. ²⁷⁷

27-й пункт Статутов Парижской королевской академии наук гласит: «Академия должна поддерживать переписку между учеными, как парижскими учеными и провинциальными, так и с иностранными учеными, для быстрого уведомления о том, что произойдет интересного в области математики или физики...» Но, конечно, частная переписка ученых стала явно недостаточна. Необходим был официальный орган, который служил бы средством для общения ученых.

За основанием в Париже в январе 1665 г. *Journal des Scavans* последовало огромное распространение научной периодической прессы. 330 журналов было основано в семи европейских странах за период с 1665 по 1730 г., причем впереди идет Германия с 182 журналами, затем Англия с 51 и Голландия

[510/723]

с 34. Во Франции было основано 30 и в Италии 34 журнала. Во французской Швейцарии и Скандинавских странах по журналов.

«Пожалуй, никакая литература не принимается публикой лучше и не читается с более захватывающим интересом, журнальная литература», говорит в 1721 г. один из современников.

Журналы служили и популяризации науки. В этот период существовало по крайней мере, 30 журналов, в большинстве недолговечных, предназначенных главным образом, для популяризации знаний, а в добавление к этим признанным популяризаторским журналам все журналы,

²⁷⁷ Составлено по 1) *B. Barnes*, *The Scientific journals, 1665–1730*. *Scientific Monthly*, 1934 г., стр. 257–260, 2) *M. Ornstein*, *The history of the scientific Societies in the 17 century*, стр. 231–243.

издававшиеся на родном языке, привлекали своей дешевизной, удобным форматом, краткостью, оригинальностью и разнообразием.

Журналы, — заявляет Дени де-Салло, — были придуманы для того, чтобы помочь людям, которые или слишком ленивы или слишком заняты, чтобы читать книги. Это — способ с наименьшим трудом удовлетворить свое любопытство и стать ученым».

Из 113 специальных журналов, появившихся в 1663 — 1730 гг., 30 были посвящены естественным наукам. Из них 18 были посвящены общим вопросам, 11 были чисто медицинскими и 1 посвящен математике и физике.

Из этих 30 журналов только 8 печатались по-латыни.

Только шесть из этих 30 журналов были связаны с академиями.

Первым научным журналом, ответившим назревшей необходимости в органе для научного общения (существовавший до того времени вид общения—корреспонденция — стал явно недостаточен), был издаваемый Дени де-Салло еженедельный *Journal des Scavans*, первый том которого вышел 5 января 1665 г. (издатель спрятался за вымышленное имя сьер д'Эдувиль (*sicur d'Hedouville*)). Журнал был невелик, давал: во-первых, краткий обзор появившихся книг; во-вторых, некрологи известных людей и резюме их деятельности; в-третьих, печатал сообщения и описания опытов по физике и химии, излагал новые открытия в области техники, искусства и науки, давал списания полезных машин, интересные изобретения математиков, наблюдения неба, метеорологические явления и новые анатомические открытия, сделанные на животных; в-четвертых, публиковал главные решения университетских трибуналов и, в-пятых, текущие события ученого мира.

Журнал существовал четыре месяца, затем происками иезуитов перешел в руки аббата Голуа, члена академии, затем аббата

[511/724]

ля Рокк и, наконец, аббата Биньон (1702 г.), который стал издавать сто от имени академии.

В первое время одна треть статей касалась исторических исследований. Много места уделялась и отчету о проделываемых опытах. Помещались и дискуссии, сообщения о новых открытиях, перепечатки из *Philosophical Transactions*, *giornale di litterati*, *Miscellanea* и т.д. журнал был тесно связан с учеными обществами того времени.

The Philosophical Transactions, орган Королевского Общества в Англии, появился в свет через два месяца (1 марта 1665 г.). Это был

ежемесячный солидный журнал, послуживший образцом для всех остальных серьезных журнале.

В Италии возник *giornale de literati di Roma* (1668–1670 гг.), продолжавшийся под названием *giornale de literati per tuto L'anno*, Парма (1668–1690 гг.) и Модена (1692 – 1697 гг.).

В Германии журнал *Miscellanea Naturae Curiosorum* был журналом чисто медицинским *Acta medica et Philosophica Hafniensia* (1673–1680 гг.), издаваемый Томасом Бартолинусом, также был журналом чисто медицинским.

Во Франции также стали издавать специальный медицинский журнал.

Acta Eruditorum, издаваемые с 1682 г. в Лепциге, напоминают скорее *Philosophical Transactions*, чем *Journal des Scavans*. Журнал пользовался поддержкой герцога саксонского. Издателем был профессор этики и практической философии Отто Мешке совместно с ученым советом *Collegium Gellianum* или *Leipscicum*. Журнал выпускался в виде больших фолиантов. Публикации делались по-латыни, текущие события академической жизни совсем не встречались в нем. Печатались ученые статьи и объявления (не критика) о новых книгах. В этом журнале мы видим некое смешение старого схоластицизма с новыми веяниями. В журнале много места занимают вопросы права, «богословские темы» и ссылки на Библию, так как издатели ортодоксальны в своих убеждениях,

«*Acta*» были главным серьезным научным журналом XVII в. «Ученые пишут для ученых» говорит о нем историк. Предлагая проблемы и сообщая о решениях их, они являлись таким образом форумом для обмена мыслями.

В Германии научные общества не были да высоте, «*Acta*» же стремились собрать все, что было ученого в стране и вне ее в области науки. Пьер Бейль говорит: «Я нашел, что они настолько обоснованы, настолько точны, настолько разнообразны, что превосходят свою высокую репутацию».

[512/724]

Содержание журнала *Acta Eruditorum* по разделам с 1683 по 1699 г.

Том	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Геология...	35	50	56	71	55	65	56	48	54	59	56	40	33	46	50	48	48
Право...	16	19	11	24	9	7	16	10	13	5	5	12	15	13	6	14	12
Медицина и физика	43	48	47	41	49	32	33	26	19	19	18	28	20	24	18	21	26
Математика и астрономия	23	33	31	28	30	16	24	24	15	29	22	26	33	36	22	24	17
История и география...	24	31	28	72	30	34	40	27	16	30	35	34	40	45	26	29	48
Филология	27	41	44	72	32	30	17	24	30	37	41	46	36	32	41	30	45
	1683	1684	1685	1686	1687	1688	1689	1690	1691	1692	1693	1691	1695	1696	1697	1698	1699

С *Jornal des Sçavans* соперничали *Nouvelles de la république des lettres*, издаваемые с 1684 г. ОП. Бейлем в Роттердаме. Это популярный научный журнал. В обращении он сообщает, что будет печатать похвальные речи (*éloges*) ученым; характерно, что он предупреждает, что не будет обращать внимания на религиозные убеждения ученых, а лишь на их научную репутацию, так как все ученые в республике науки должны быть братьями. Этот журнал, как и *Journal des Sçavans*, доходил до очень широких кругов читателей. *Philosophical Transactions* и *Acta Eruditorum* бы ли важны как способ общения ученых *Miscellanea* интересны как прообраз более специальных журналов.

[513]

КОНЦЕПЦИЯ МАТЕРИИ И ДВИЖЕНИЯ У НЬЮТОНА.
ТЕОЛОГИЧЕСКИЕ МОТИВЫ ЕГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ

1. *Ньютон*, «Оптика». Вопросы.
2. *Ньютон*, «Начала», кн.
3. Бойлевские лекции Бентли и его переписка с Ньютоном.
4. Полемика Кларка (Ньютона) с Лейбницем.

[514/729]

ИСААК НЬЮТОН

ОПТИКА, ИЛИ ТРАКТАТ ОБ ОТРАЖЕНИЯХ, ПРЕЛОМЛЕНИЯХ,
ИЗГИБАНИЯХ И ЦВЕТАХ СВЕТА

1704 Г.

ISAAC NEWTON

OPTICS, OR A TREATISE OF THE RETLEXIONS, REFRACTIONS,
INFLECTIONS AND COLOURS OF LIGHT

«Оптика» Ньютона, изданная в 1704 г., была написана в основных чертах не позднее 1687 г. Книга была написана Ньютоном по-английски и вскоре переведена на латинский язык С. Кларком. Еще при жизни автора вышло три английских, три латинских и одно французское издания.

«Оптика» состоит из трех книг. В первой излагаются вопросы об отражении, преломлении и дисперсии света, во второй – о цветах тонких пластинок, естественной окраске тел, а также о цветах толстых пластинок; в третьей излагается диффакция света, а также ряд вопросов, неоконченные опыты и неразрешенные проблемы.

В настоящем сборнике приводятся два «вопроса» из третьей книги.

Перевод с третьего английского издания 1721 г. с примечаниями акад. С. И. Вавилова.

(Стр. 308–315)

ВОПРОС 31

[...]

Итак, природа весьма схожа в себе самой и очень проста, выполняя все большие движения небесных тел при помощи притяжения тяготения, являющегося посредником между этими телами, и все малые движения частиц этих тел – при помощи некоторых иных притягательных и отталкивательных сил, свя-

[515/730]

зывающих эти частицы.. *Vis inertiae* (сила инерции) есть пассивный принцип, посредством которого тела пребывают в их движении или покое, получают движение, пропорциональное приложенной к ним силе, и сопротивляются настолько же, насколько сами встречают сопротивление. По едкому этому принципу в мире еще не могло бы произойти движение. Был необходим некоторый иной принцип, чтобы привести тела в

движение, и раз они находятся в движении, — требуется еще один принцип для сохранения движения. Ибо из различного сложения двух движений вполне ясно, что в мире не всегда имеется одно и то же количество движения. Если два пиара, соединенные тонким стержнем, вращаются вокруг их общего центра тяжести равномерным движением, и то время как центр равномерно движется по прямой линии, проведенной в плоскости их кругового движения, то сумма движений двух шаров в том случае, когда шары находятся на прямой линии, описываемой их общим центром тяжести, будет больше, чем сумма их движений, когда они находятся на линии, перпендикулярной к этой прямой. Из этого примера ясно, что движение может получаться и теряться. Но благодаря вязкости жидкостей, трению их частей и слабой упругости в твердых телах движение более теряется, чем получается, и всегда находится в состоянии уменьшения. Ибо тела абсолютно твердые и тела настолько мягкие, что лишены упругости, не отскакивают друг от друга. Непроницаемость заставляет их только останавливаться. Если два равных тела встречаются прямо *in vacuo* (в пустоте) по законам движения, они останавливаются там, где встретились, теряют все свое движение и остаются в покое, если только они не упругие и не получают нового движения благодаря упругости. Если упругости достаточно для того, чтобы они отскочили с четвертью, половиной или тремя четвертями силы, с которой они столкнулись, они потеряют три четверти или половину, или четверть своего движения. Это можно испытать на опыте, заставляя два одинаковых маятника падать друг на друга с равных высот. Если маятники из свинца или из мягкой глины, они потеряют все или почти все свое движение. Если маятники из упругих тел, они потеряют ее, за исключением того, что вновь получают от своей упругости. Если скажут, что тела теряют только то движение, которое они сообщают другим телам, то следствием этого было бы то, что *in vacuo* они не могли бы терять движения и при встрече проходили дальше и проникали одно через другое. Если наполнить три равных круглых сосуда — один водой, другой маслом, третий расплавленной смолой — и привести жидкости в движение так, чтобы дать им вихревое движение, то смола вследствие своей вязкости быстро потеряет свое движение, менее

[516/731]

вязкое масло будет удерживать его дольше еще менее вязкая, — еще дольше; однако все же и она потеряет его в короткое время. Отсюда

легко понять, что если бы несколько соприкасающихся вихрей из расплавленной смолы были так же велики, как вихри, которые некоторые предполагают вращающимися вокруг солнца и неподвижных звезд, то они и части их благодаря вязкости и густоте сообщали бы свое движение друг другу, пока все бы не остановилось. Вихри из масла или воды или еще более текучей материи продолжали бы движение дольше; но если только материя не совершенно лишена вязкости и трения частей и способности передачи движения (чего нельзя предполагать), движение должно постоянно убывать. Мы видим поэтому, что разнообразие движений, которое мы находим в мире, постоянно уменьшается, и существует необходимость сохранения и пополнения его посредством активных начал, — такова причина тяготения, при помощи которого планеты и кометы удерживают свои движения в орбитах и тела приобретают большое движение при падении; такова причина брожения, при помощи которого сердце и кровь животных удерживаются в вечном движении и тепле, внутренние части земли постоянно нагреваются и становятся очень горячими в некоторых местах, тела горят и светятся, горы воспламеняются, подземные пещеры взрываются и солнце продолжает быть необычайно горячим и сверкающим и согревает все тела своим светом. Мы встречаемся с очень немногими движениями в мире, кроме тех, которые обязаны этим активным началам. Если бы они не происходили от этих начал, то тела земли, планет, комет, солнца и всех вещей на них охладились бы, замерзли и становились бездеятельными массами; прекратилось бы всякое тление, рождение, растительность и жизнь, и планеты с кометами не оставались бы на своих орбитах.

При размышлении о всех этих вещах мне кажется вероятным, что бог вначале дал материи форму твердых, массивных, непроницаемых, подвижных частиц таких размеров и фигур и с такими свойствами и пропорциями в отношении к пространству, которые более всего подходили бы к той цели, для которой он создал их. Эти первоначальные частицы, являясь твердыми, несравнимо тверже, чем всякое пористое тело, составленное из них, настолько тверже, что они никогда не изнашиваются и не разбиваются в куски. Никакая обычная сила не способна разделить то, что создал сам бог при первом творении. Так как частицы продолжают оставаться целыми, они могут составлять тела той же природы и сложения на-веки. Если бы они изнашивались или разбивались на куски, то природа вещей, зависящая от них, изменялась бы. Вода и земля, составленные из

старых изношенных частиц и их обломков, не имели бы той же природы и строения теперь, как вода и земля, составленные из целых частиц вначале. Поэтому природа их должна быть постоянной, изменения телесных вещей должны проявляться только в различных разделениях и новых сочетаниях и движениях таких постоянных частиц; сложные тела могут разбиваться не в середине твердых частиц, но там, где эти частицы расположены рядом и только касаются .в немногих точках.

Мне кажется далее, что эти частицы имеют не только *Vis inertiae*, сопровождаемую теми пассивными законами движения, которые естественно получают от этой силы, но также, что они движутся некоторыми активными началами, каково начало тяготения и начало, вызывающее брожение и сцепление тел. Я не рассматриваю эти начала как таинственные качества, предположительно вытекающие из особых форм вещей, но как общие законы природы, посредством которых образовались самые вещи; истина их ясна нам из явлений, хотя причины до сих пор не открыты. Ибо это — явные качества, и только причины их тайны. Последователи *Аристотеля* дают название скрытых качеств не явным качествам, но только таким, которые, как они предполагают, кроются в телах и являются неизвестными причинами явных явлений. Таковы были бы причины тяготения, магнитных и электрических притяжений и брожений, если бы мы предположили, что эти силы или действия возникают от качеств, нам неизвестных, которые не могут быть открыты и стать явными. Такие скрытые качества останавливают преуспевание натуральной философии и поэтому отброшены за последние годы. Сказать, что каждый род вещей наделен особым скрытым качеством, при помощи которого он действует и производит явные эффекты, — значит ничего не оказать. Но вывести два или три общих начала движения из явлений и после этого изложить, каким образом свойства и действия всех телесных вещей вытекают из этих явных начал, — было бы очень важным шагом в философии, хотя бы причины этих начал и не были еще открыты. Поэтому я, не сомневаясь, предлагаю принципы движения, указанные выше, имеющие весьма общее значение, и оставляю причины их для дальнейшего исследования.

При помощи этих начал составлены, по-видимому, все вещи из жестких, твердых частиц, указанных выше, различным образом сочетавшихся при первом творении по замыслу разумного агента. Ибо тот, кто создал их, расположил их в порядке. И если он сделал так, что не должно философии искать другое происхождение мира или полагать, что мир

мог возникнуть из хаоса только по законам природы; но, будучи раз созданным, мир может существовать до этих законов многие века. Ибо, хо-

[518/733]

тя кометы движутся по очень эксцентрическим орбитам во всевозможных положениях, слепая судьба никогда не могла бы заставить планеты двигаться по одному и тому же направлению по концентрическим орбитам, за исключением некоторых незначительных неправильностей, которые могут происходить от взаимных действий комет и планет друг на друга, способных нарастать за время преобразования системы. Столь чудесная однородность планетной системы должна предполагать действие выбора. О том же свидетельствует однообразие в телах животных; в общем случае они имеют подобно построенные правые и левые стороны и с каждой стороны тела две ноги сзади, спереди же на плечах либо две руки, две лапы, либо два крыла, шею между плечами, переходящую внизу в спинной хребет, и голову на шее, на голове же два уха, два глаза, нос, рот и язык, сходно расположенные. Точно так же первый замысел столь искусных частей животного, как глава, уши, мозг, мускулы, сердце, легкие, грудобрюшная преграда, железы, гортань, руки, крылья, плавательные пузыри, природные очки²⁷⁸, и другие органы чувства и движения, также инстинкт животных и насекомых, — не могут быть проявлением ничего иного помимо мудрости и искусства могущественного вечного агента; пребывая всюду, он более способен своей волей двигать тела внутри своего безграничного чувствилища и благодаря этому образовывать и преобразовывать части вселенной, чем мы посредством нашей волн можем двигать части наших собственных тел. И, однако, мы не можем рассматривать мир как тело бога или отдельные части его как части бога. Он — единое существо, лишенное органов, членов или частей, и части мира — его создания, ему подчиненные и служащие его воле; он не является и душой мира, так же как человеческая душа — не душа образов вещей, приносимых через органы чувства в место чувствования, где человек замечает их благодаря их непосредственному присутствию без вмешательства какой-либо третьей вещи. Органы чувств служат не для того, чтобы дать возможность душе заметить образы вещей в чувствилище, но только для подведения этих образов к нему. Бог не нуждается в таких органах, он присутствует всегда в

278 Защитные прозрачные пленки перед глазами многих животных. *Прим. ред.*

самых вещах. И поскольку пространство делимо in infinitum (до бесконечности) и материя не необходимо присутствует всюду, постольку можно допустить, что бог может создавать частицы материи различных размеров и фигур, в различных пропорциях к пространству и, может быть, различных плотностей и сил и таким образом может изменять законы природы и создавать миры

[519/734]

различных видов в различных частях вселенной. По крайней мере я не вижу никакого противоречия во всем этом.

Как в математике, так и в натуральной философии исследование трудных предметов методом анализа всегда должно предшествовать методу соединения. Такой анализ состоит в производстве опытов и наблюдений, извлечении общих заключений из них посредством индукции и недопущении иных возражений против заключений, кроме полученных из опыта или других достоверных истин. Ибо гипотезы не должны рассматриваться в экспериментальной философии. И хотя аргументация на основании опытов и наблюдений посредством индукции не является доказательством общих заключений, однако это — лучший путь аргументации, допускаемой природой вещей, и может считаться тем более сильным, чем общее индукция. Если нет исключения в явлениях, заключение может объявляться общим. Но если когда-нибудь после будет найдено исключение из опытов, то заключение должно высказываться с указанием найденных исключений. Путем такого анализа мы можем переходить от соединений к ингредиентам, от движений к силам, их производящим, и вообще от действий к их причинам, от частных причин к более общим, пока аргумент не закончится наиболее общей причиной. Таков метод, анализа, синтез же предполагает причины открытыми и установленными в качестве принципов; он состоит в объяснении при помощи принципов явлений, происходящих от них, и доказательстве объяснений²⁷⁹.

В двух первых книгах этой «Оптики» я пользовался таким анализом для открытия и доказательства изначальных различий лучей света в отношении к преломляемости, отражаемости и цвету, их попеременных приступов легкого отражения и легкого прохождения и свойств тел как

²⁷⁹ Эти мысли развиты Ньютоном более подробно в «Правилах умозаключений в физике», предпосланных третьей книге «Начал». Эти правила помещаются ниже в этом сборнике. *Прим. ред.*

темных, так и прозрачных, от коих зависят их отражения и цвета. Поскольку эти открытия доказаны, аки могут приниматься в методе соединения для объяснения явлений, происходящих от них. Один пример этого метода я даю в конце первой книги. В этой третьей книге я только начал анализ того, что остается открытым в отношении света и его действий в мироздании; я дал намек на некоторые предметы и оставляю эти намеки для исследования и усовершенствования дальнейшими опытами и наблюдениями тем, которые имеют охоту к исследованию. Если натуральная философия, следуя этому методу, станет наконец совершенной во всех своих частях, расширятся также границы нравственной фило-

[520/735]

софии. Ибо насколько мы можем познать при помощи натуральной философии, что такое первая причина, какую силу имеет сна над нами и какие благодеяния мы от нее получаем, настолько же станет ясным в свете природы наш долг по отношению к первой причине, а также друг к другу. И нет сомнения, что если бы поклонение ложным богам не затемнило язычников, их нравственная философия пошла бы далее четырех главных добродетелей и вместо учения о переселении душ, почитания солнца и луны и умерших героев они научили бы нас поклонению нашему истинному творцу и благодетелю, как это делали их предки в правление Ноя и его сыновей, до того как они развратились.

ВОПРОС 28

(Стр. 286-288)

[...]

Поэтому, для того, чтобы дать дорогу правильным, длительным движениям планет и комет, необходимо, чтобы небесное пространство было совершенно лишено материи, за исключением, может быть, некоторых очень тонких паров, испарений или истечений, возникающих из атмосфер земли, планет и комет и от такой необычайно разреженной эфирной среды, которую мы списали выше. Плотная жидкость бесполезна для объяснения явлений природы, — движения планет и комет лучше объясняются без нее. Она служила бы только для возмущения и замедления движений этих больших тел и ослабления мироздания. В порых тел она служила бы только для остановки колебательных движений частей тел, в которых состоит их тепло и активность. И поскольку она бесполезна

и мешает действиям природы, делая их слабыми, постольку нет доказательств ее существования, и поэтому она должна быть отброшена. Если же ее отбросить, то и гипотезы о том, что свет состоит в давлении или движении, распространяющемся через такую среду, отпадают вместе с нею.

За то, чтобы отбросить такую среду, мы имеем авторитет тех древнейших и наиболее знаменитых философов *Греции и Финикии*, которые приняли *Vacuum* (пустоту), и атомы, и тяготение атомов как первые принципы своей философии, приписывая молчаливо тяжесть некоторой иной причине, а не плотности материи. Позднейшие философы изгнали воззрение о такой причине из натуральной философии, измышляя гипотезы для механического объяснения всех вещей и относя другие причины в метафизику. Между тем главная обязанность натуральной философии — делать заключения из явлений, не измышляя гипотез, и выводить причины из действий до тех пор, пока мы не придем к самой первой причине, конечно, не механической, и не

[521/736]

только раскрывать механизм мира, но главным образом разрешать следующие и подобные вопросы. Что находится в местах, почти лишенных материи, и почему солнце и планеты тяготеют друг к другу, хотя между ними нет плотной материи? Почему природа не делает ничего понапрасну и откуда проистекают весь порядок и красота, которые мы видим в мире? Для какой цели существуют кометы и почему все планеты движутся в одном и том же направлении по концентрическим орбитам, в то время как кометы движутся по всевозможным направлениям по очень эксцентрическим орбитам, и что мешает падению неподвижных звезд одной на другую? Каким образом тела животных устроены с таким искусством и для какой цели служат их различные части? Был ли построен глаз без понимания оптики, а ухо без знания акустики? Каким образом движения тел следуют воле и откуда инстинкт у животных? Не там ли чувствительность животных, где находится чувствительная субстанция, к которой через нервы и мозг подводятся осязательные образы предметов так, что они могут быть замечены вследствие непосредственной близости к этой субстанции? И если эти вещи столь правильно устроены, не становится ли ясным из явлений, что есть бестелесное существо, живое, разумное, всемогущее, которое в бесконечном пространстве, как бы в своем чувствительном, видит все вещи вблизи, прозревает их насквозь и понимает их вполне, благодаря их непосредственной близости к нему? Только образы этих вещей

приносятся через органы чувств в наши малые чувствилища и замечаются и удерживаются в них тем, что в нас видит и мыслит. И хотя всякий верный шаг на пути этой философии не приводит нас непосредственно к познанию первой причины, однако он приближает нас к ней и поэтому должен высоко цениться.

[522/737]

ИСААК НЬЮТОН

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАЧАЛА НАТУРАЛЬНОЙ ФИЛОСОФИИ²⁸⁰

(СМ. ПРИМЕЧАНИЯ К ЭТОЙ РАБОТЕ ВО ВТОРОЙ ТЕМЕ, П.)

КНИГА ТРЕТЬЯ

О СИСТЕМА МИРА

В предыдущих книгах я изложил начала философии не столько чисто философские, поскольку математические, однако такие, что на них могут быть обоснованы рассуждения о вопросах физических. Таковы законы и условия движений и сил, имеющие прямое отношение к физике. Чтобы они не казались бесплодными, я пояснил их некоторыми физическими поучениями, рассматривая те общие вопросы, на которых физика главным образом основывается, как то: о плотности и сопротивлении тел, о пространствах, свободных от каких-либо тел, о движениях света и звука. Остается изложить, исходя из тех же начал, учение о строении системы мира. Я составил сперва об этом предмете третью книгу, придерживавшись популярного изложения, так чтобы она читалась многими. Но затем, чтобы те, кто недостаточно поняв начальные положения, а потому совершенно не уяснив и силы их следствий и не отбросив привычных им в продолжение многих лет предрассудков, не вовлекли бы дело в пререкания, я предложил сущность этой книги в ряд предложений, по математическому обычаю, так чтобы они читались лишь теми, кто сперва овладел началами. Ввиду же того, что в началах предложений весьма много и даже читателю, знающему математику, потребовалось бы слишком много времени, я вовсе не на-

280 *Ньютон, «Начала».* Изв. Ник. морск. акад. вып. V, стр. 446-451.

[523/738]

стаиваю, чтобы он овладел ими всеми. Достаточно, если кто тщательно прочтет определения, законы движения и первые три отдела первой книги и затем перейдет к этой третьей книге о системе мира; из прочих же предложений предыдущих книг, если того пожелает, будет справляться в тех, на которые есть ссылки.

ПРАВИЛА УМОЗАКЛЮЧЕНИЙ В ФИЗИКЕ²⁸¹

ПРАВИЛО I

Не должно принимать в природе иных причин сверх тех которые истинны и достаточны для объяснения явлений.

281 Заглавие в подлиннике есть: *Regulae philosophandi*, т.е. «Правила философствования». Уже не раз приходилось обращать внимание на тогдашнюю терминологию, удержавшуюся в английском языке и по теперешнее время. По этой терминологии натуральной философией называлась наука о природе вообще, в частности физика, а Под словом *physics* разумеется медицина. В те времена была гораздо более тесная связь между «философией» и «физикой» в теперешнем смысле этих слов. Так, Маклорен свой «Отчет о философских открытиях Ньютона» начинает словами: «Описывать явления природы, объяснять их причины, намечать соотношения и связи между этими причинами и исследовать все устройство вселенной есть задача натуральной философии»... «Но натуральная философия подчинена и высшего рода целям и должна главным образом цениться потому, что она полагает надежное основание естественной религии и нравственной философии, приводя удовлетворительным образом познанию творца и вседержителя вселенной». Философские системы, в особенности декартова, тогда еще прочно царили над учением о природе и мироздании. Ньютоново воззрение, что при изучении природы надо от наблюдаемых явлений восходить и установлению причин, коими они объясняются, шло вразрез с декартовым учением, согласно которому надо проницательностью ума вперед установить первопричины и из них выводить следствия. С другой стороны, философия близко примыкала религии и богословию: связь эта бывала не только свободной, но и насильственной, чему примером может служить следующее «заявление о. о. Ассера и Жакье», предпосланное третьему тому их издания ньютоновых «Начал» 1760 г. «Ньютон в этой третьей книге принимает гипотезу о движении земли. Предложения автора не могут быть объяснены иначе как на основании «деланной гипотезы. Таким образом мы вынуждены выступать от чужого имени. Сами же мы открыто заявляем, что мы следуем постановлениям, изданным верховными первосвященниками против движения земли». Это заявление не помешало, однако, ученым о. о. иезуитам к 140 страницам, составляющим третью книгу «Начал» Ньютона, добавить в своем издании 540 страниц толкований, из которых видно, что движение земля хм рассматривалось ими как гипотеза, отринутая постановлениями -римских пап и уже по одному этому неверная. *Прим. А. Н. Крылова.*

Поэтому поводу философы утверждают, что природа ничего не делает напрасно, а было бы напрасным совершать многим то, что может быть сделано меньшим. Природа проста и не роскошествует излишними причинами вещей.

[524/739]

ПРАВИЛО II

Поэтому, поскольку возможно, должно приписывать те же причины того же рода проявлениям природы.

Так, например, дыханию людей и животных, падению камней в Европе и в Америке, свету кухонного очага и солнца отражению света на земле и на планетах.

ПРАВИЛО III

Такие свойства тел, которые не могут быть ни усилиемы, ни ослабляемы и которые оказываются присущими всем телам, над которыми возможно производить испытания, должны быть почитаемы за свойства всех тел вообще.

Свойства тел постигаются не иначе как испытаниями; следовательно, за общие свойства надо принимать те, которые постоянно при опытах обнаруживаются и которые, как не подлежащие уменьшению, устранены быть не могут. Понятно, что в противность ряду опытов не следует измышлять на авось каких-либо бреден, не следует также уклоняться от сходственности в природе, ибо природа всегда проста и всегда сама с собой согласна.

Протяженность тел распознается не иначе как нашими чувствами, тела же не все чувствам доступны, но так как это свойств присуще всем телам, доступным, чувствам, то оно и приписывается всем телам вообще. Опыт показывает, что многие тела тверды. Но твердость целого происходит от твердости частей его, поэтому мы по справедливости заключаем, что не только у тех тел, которые нашим чувствам представляются твердыми, но и у всех других неделимые частицы тверды. О том, что все тела непроницаемы, мы заключаем не по отвлеченному рассуждению, а по свидетельству чувств. Все тела, с которыми мы имеем дело, оказываются непроницаемыми; отсюда мы заключаем, что непроницаемость есть общее свойство всех тел вообще. О том, что все тела подвижны и

вследствие некоторых сил (которые мы называем силами инерции) продолжают сохранять свое движение или покой, мы заключаем по этим свойствам тех тел, которые мы видим. Протяженность, твердость, непроницаемость, подвижность и инертность целого происходят от протяженности, твердости, непроницаемости, подвижности и инерции частей: отсюда мы заключаем, что все малейшие частицы во всех телах протяженны, тверды, непроницаемы, подвижны и обладают инерцией. Таково основание своей физики. Далее мы знаем по совершающимся явлениям, что делимые, но смежные части тел, могут быть разлучены друг от друга; из математики же следует, что в нераздельных частицах могут быть мысленно

[525/739]

различаемы еще меньшие части. Однако неизвестно, могут ли эти различные частицы, до сих пор не разделенные, быть разделены и разлучены друг от друга силами природы. Но если бы, хотя бы единственным опытом, было установлено, что некоторая неделимая частица при разломе твердого и крепкого тела подвергается делению, то в силу этого правила мы бы заключили, что не только делимые части разлучаемы, но что и неделимые могут быть делимы до бесконечности и денег зяте ль но разлучены друг от друга.

Наконец, так как опытами и астрономическими наблюдениями устанавливается, что все тела по соседству с землей тяготеют к земле и притом пропорционально количеству материи каждого из них; как луна тяготеет к земле пропорционально своей массе, и взаимно наши моря тяготеют к луне, все планеты тяготеют друг к другу, подобно этому и тяготение комет к солнцу. На основании этого правила надо утверждать, что все тела тяготеют друг к другу. Всеобщее тяготение подтверждается явлениями даже сильнее, нежели непроницаемость тел, для которой по отношению к телам небесным мы не имеем никакого опыта и никакого наблюдения. Однако я отнюдь не утверждаю, что тяготение существенно для тел. Под врожденной силой я разумею единственно только силу инерции. Она неизменна. Тяжесть при удалении от земли уменьшается.

ПРАВИЛО IV

В опытной физике предложения, выведенные из совершающихся явлений помощью наведения, несмотря на возможность противных им предположений, должны быть почитаемы за верные или в точности или

приближенно, пока не обнаружатся такие явления, которыми они еще более уточнятся или же окажутся подтвержденными исключениям.

Так должно поступать, чтобы доводы наведения не уничтожались предположениями.

ОБЩЕЕ ПОУЧЕНИЕ²⁸²

Гипотеза вихрей подавляется многими трудностями. Чтобы планета могла описывать радиусом, проведенным к солнцу, площади, пропорциональные времени, надо, чтобы времена обращений частей вихря были пропорциональны квадратам расстояний их до солнца. Чтобы времена обращений планет находились в полукубическом отношении их расстояний до солнца, и времена обращений частей вихря должны находиться в полу-кубическом же отношении их расстояний до солнца. Чтобы

[526/741]

меньше вихри вокруг Сатурна, Юпитера и других планет могли сохранять свое обращение и спокойно плавать в вихре солнца, времена обращения частей солнечного вихря должны быть между собой равны. Вращение солнца и планет вокруг своих осей, которое должно бы согласоваться с движениями вихрей, совершенно не согласуется с этими пропорциями. Движения комет вполне правильны и следуют тем же законам, как и движения планет, и не могут быть объяснены вихрями. Кометы переносятся по весьма эксцентрическим орбитам во всех областях неба, чего быть не может, если только вихрей не уничтожить.

Тела, брошенные в нашем воздухе, испытывают единственно только сопротивление воздуха. Когда воздух удален, как, например, в *Бойлевой* пустоте, сопротивление прекращается, так что нежнейшее перышко и кусочек золота падают в этой пустоте с одинаковой скоростью. Таковы же условия и в небесных пространствах, которые находятся над земной атмосферой. Все тела в этих пространствах должны двигаться совершенно свободно, поэтому планеты и кометы непрерывно обращаются, следуя изложенным выше законам, по орбитам постоянного рода и положения. По законам тяготения они продолжают оставаться на своих орбитах, но получить первоначального расположения орбит лишь по этим законам они совершенно не могли.

²⁸² *Idem*, стр. 588-592.

Шесть главных планет обращается вокруг солнца приблизительно по кругам, концентрическим с солнцем, по тому же направлению и приблизительно в той же самой плоскости. Десять лун обращается вокруг земли, Юпитера и Сатурна по концентрическим кругам по одному направлению и приблизительно в плоскости орбит самих планет. Все эти правильные движения не имеют своим началом механических причин, ибо кометы носятся во всех областях неба по весьма эксцентрическим орбитам. Вследствие движения такого рода кометы проходят через орбиты планет весьма быстро и легко, в своих же афелиях, где они движутся медленнее и остаются дольше, они весьма далеко отстоят друг от друга и весьма мало притягивают друг друга.

Такое изящнейшее соединение солнца, планет и комет не могло произойти иначе как по намерению и по власти могущественного и премудрого существа. Если и неподвижные звезды представляют центры подобных же систем, то все они, будучи построены по одинаковому намерению, подчинены и власти Единого; в особенности приняв в соображение, что свет неподвижных звезд той же природы, как и свет солнца, и все системы испускают свет друг на друга, а чтобы системы неподвижных звезд от своего тяготения не падали друг на друга, он их расположил в таких огромных одна от другой расстояниях.

[527/742]

Сей управляет всем не как душа мира, а как властителя вселенной, и по господству своему должен именоваться господь бог вседержитель (ЖЖЖ)²⁸³.

Ибо бог есть слово относительное и относится к рабам; божественность есть господство бога не над самим собой, как думают полагающие, что бог есть душа мира, но над рабами. Бог величайший есть существо вечное, бесконечное, вполне совершенное, но существо сколь угодно совершенное без господства не есть господь ,бог. Так мы говорим: бог мой, бог ваш, бог Израиля, бог богов и господь господствующих, но мы не говорим; мой вечный, ваш вечный, вечный *Израиля*, вечный богов, не говорим бесконечный мой или совершенный мой, — такие наименования не имеют отношения к рабам. Слово бог обыкновенно означает властитель²⁸⁴, но

283 Что означает повелитель вселенной. *Прим. авт.*

284 *Покок* производит латинское слово *deus* (бог) от тарабского *du* (в родительном падеже *dī*), означающего господин, В этом смысле князья называются *dii* (псал. 84, 6,

не всякий властитель есть бог. Господство духовного существа составляет сущность божества, истинное— истинного, высшее — высшего, мнимое — мнимого. Из истинного господства следует, что истинный бог есть живой, премудрый и всемогущий, в остальных совершенствах он высший, иначе всесовершеннейший. Он вечен и бесконечен, всемогущ и всеведущ, т.е. существует из вечности в вечность и пребывает из бесконечности в бесконечность, всем управляет и все знает, что было и что может быть. Он не есть вечность или бесконечность, но он вечен и бесконечен, он не есть продолжительность или пространство, но продолжает быть и всюду пребывает. Он продолжает быть всегда и присутствует всюду, всегда и везде существуя; он установил пространство и продолжительность. Так как любая частица пространства существует *всегда* и любое неделимое мгновение длительности существует *везде*, то несомненно, что творец и властитель всех вещей не пребывает *где-либо* и *когда-либо* (*а всегда и везде*). Всякая душа, обладающая чувствами, в разное время при разных органах чувств и движений составляет то же самое неделимое лицо. В длительности находятся последовательные части, существующие совместно в пространстве, но нет ни тех ни других в личности человека, т.е. в его мыслящем начале и тем менее в мыслящей сущности бога. Всякий человек, поскольку он есть предмет чувствующий, есть единый и тот же самый человек в продолжение своей жизни, во всех своих отдельных органах чувств. Бог есть единый и тот же самый бог всегда и везде. Он вездесущ не по свойству только,

[528/743]

но по самой сущности, ибо свойство не может существовать без сущности. В нем все содержится и все вообще движется, но без действия друг на друга²⁸⁵. Бог не испытывает воздействия от движущихся тел,

Ион. X. 45) и *Моисей* называются «deus» брата Арона и deus Фараона (Исх. IV, 16 и VII, 1). В этом же смысле души умерших князей прежде язычниками именовались богами, но ложно, ибо они не обладали господством. *Прим. авт.*

²⁸⁵ Такого мнения придерживались даже древние. Так, Пифагор (*Cicero, De Natura Deorum* iib. I) *Фалес*, *Анансегор* (*Virgilius, Georg*, I, IV, 220 et *Aeneid* iib. VI, 721); *Phifo Alleg.* iib. I в начале *Aratus. Phoen.* Также и свящ. писание деян. XVII, 27, 28; Ион. XIV, 2. Втор. IV, 39; X, IV. Псал. CXXXIX, 7, 8, 9; Цар. 1-я, VIII, 27; Иова XII, 12, 13, 14; Иеремия XXIII, 23, 24. Идолопоклонники измышляли что солнце, луна, звезды, души людей и другие части мира суть части высшего божества, почему им следовало поклоняться, но сие ложно. *Прим. авт.*

движущиеся тела не испытывают сопротивления от вездесущия божия. Признано, что необходимо существование высшего божества, поэтому необходимо, чтобы он был *везде и всегда*. Поэтому он весь себе подобен, весь глаз, весь ухо, весь мозг, весь рука, весь сила чувствования, разумения и действованиа, но по способу совершенно нечеловеческому, совершенно нетелесному, по способу для нас совершенно неведомому. Подобно тому как слепец не имеет представления о цветах, так и мы не имеем представления о тех способах, которыми всеумудрейший бог все чувствует и все постигает. Он совершенно не обладает телом и телесным видам, поэтому его нельзя ни видеть, ни слышать, ни ощущать, вообще его не должно почитать под видом какой-либо телесной вещи. Мы имеем представление о его свойствах, но какого рода его сущность, совершенно не знаем. Мы видим лишь образы и цвета тел, слышим лишь звуки, ощущаем лишь наружные поверхности, чуем лишь запахи и чувствуем вкусы, внутреннюю же сущность никаким чувством, никаким действием мысли не постигаем; тем меньшее можем мы иметь представление о сущности бога. Мы познаем его лишь по его качествам и свойствам и по премудрейшему и превосходнейшему строению вещей и по конечным причинам и восхищаемся от совершенству всего, почитаем же и поклоняемся по господству. Ибо мы поклоняемся ему, как рабы, и бог без господства, провидения и конечных причин был бы не чем иным как судьбой и природой. От слепой необходимости природы, которая повсюду и всегда одна и та же, не может происходить изменения вещей. Всякое разнообразие вещей, сотворенных по месту и времени, может происходить лишь от мысли и воли существа, необходимо существующего. Иносказательно лишь говорится, что бог видит, слышит, говорит, смеется, любит, ненавидит, желает, дает, принимает, радуется, гневается, борется, изготавливает, созидает, строит, ибо всякая речь о боге складывается по подобию дел человеческих, конечно не совершенному, а лишь частному.

[529/744]

Вот что можно сказать о боге, рассуждение о котором на основании совершающихся явлений, конечно, относится к предмету натуральной философии.

До сих пор я изъяснял небесные явления и приливы наших морей на основании силы тяготения, но я не указывал причины самого тяготения. Эта сила происходит от некоторой причины, которая проникает до центра

солнца и планет без уменьшения своей способности и которая действует не пропорционально величине *поверхности* частиц, на которые она действует (как это обыкновенно имеет место для механических причин), но пропорционально количеству *твердого* вещества; действие которой распространяется повсюду на огромные расстояния, убывая пропорционально квадратам расстояний. Тяготение к солнцу составляется из тяготения к отдельным частицам его, и при удалении от солнца убывает в точности пропорционально квадратам расстояний даже до орбиты Сатурна, что следует из покоя афелиев планет и даже до крайних афелиев комет, если только эти афелии находятся в покое. Причину же этих свойств силы тяготения я до сих пор не мог вывести из явлений, гипотез же я не измышляю. Все же, что не выводится из явлений, должно называться гипотезой, гипотезам же метафизическим, физическим, механическим, скрытым свойствам не место в экспериментальной философии.

В такой философии предложения выводятся из явлений и обобщаются помощью наведения. Так были изучены непроницаемость, подвижность и напор тел, законы движения и тяготения. Довольно того, что тяготение на самом деле существует и действует согласно изложенным нами законам и вполне достаточно для объяснения всех движений небесных тел и моря.

Теперь следовало бы кое-что добавить о некотором тончайшем эфире, проникающем все сплошные тела и в них содержащемся, коего силой и действиями частицы тел при весьма малых расстояниях взаимно притягиваются, а при соприкосновении сцепляются, наэлектризованные тела действуют на большие расстояния, как отталкивая, так и притягивая близкие малые тела, свет испускается, отражается, преломляется, уклоняется и нагревает тела, возбуждается всякое чувство, заставляющее члены животных двигаться по желанию, передаваясь именно колебаниям этого эфира от внешних органов чувств мозгу и от мозга мускулам. Но это не может быть изложено вкратце, к тому же нет и достаточного запаса опытов, коими законы действия этого эфира были бы точно определены и показаны.

* * *

[530/747]

БОЙЛЕВСКИЕ ЛЕКЦИИ БЕНТЛИ И ЕГО ПЕРЕПИСКА С НЬЮТОНОМ

Роберт Бойль, умерший в 1692 г., назначил в своем завещании сумму в 50 фунтов стерлингов на организацию лекции, которые ежегодно должны были читаться в одной из церквей Англии. В этих лекциях-проповедях должны были «излагаться доводы в пользу неопровержимости христианства и должно было опровергаться неверие»

Первым лектором был избран Бентли, капеллан епископа Ворчестерского. Основной темой своих лекций Бентли избрал «Опровержение атеизма». Атеизм и материализм в эту эпоху в Англии пользуются значительным распространением и вызывают тревогу и духовенства и правящих классов. Биограф Бентли, Монк, так описывает распространение материалистических учений:

«Необходимо отметить, что доктрины Спинозы и Гоббса достигли в тот век значительного развития среди высших классов общества и были особенно опасны благодаря коварству, которым они подрывали всякую веру в естественную религию и религию откровения. Оба эти автора открыто заявляли о признании ими существования бога; но, отрицая божественное провидение в управлении миром и изображая жизнь вселенной как результат необходимости, они вели своих учеников в глубокие бездны атеизма. Метафизическая изощренность их рассуждений, принятый ими спокойный и философский тон исследования и внешняя новизна их догматов – все это привело к совращению легкомысленных. Положения Гоббса талантливо оспаривались Кудвортом в его «Рациональной системе» (Intellectual System) и Камберлендом в его книге «О законах природы» (De iegibus Naturae), но эти труды не были достаточно популярными, чтобы противостоять злу, которое распространилось настолько, что вызвало серьезные опасения...

Он (Бентли) был проникнут необходимостью свержения системы Гоббса, который были полны «трактиры, чайные, Вестминстер и даже церкви». Он был убежден по личным наблюдениям, что «ни один из

[531/748]

ста неверных англичан не был ничем иным как приверженцем Гоббса» и что все они хорошо знали, что его теория материального бога была предлогом для избежания кары закона или, пользуясь выражением

Бентли, «простым предлогом для того, чтобы напечатать свою книгу»²⁸⁶, так как в те времена, по-видимому, религия не могла безнаказанно подвергаться открытым нападкам и оскорблениям...

Писатели-атеисты распространяли теории, в которых создание мира из хаоса и последующее существование нашей системы объяснялось так называемыми «естественными причинами». Многочисленны были подобные построения, исключавшие непосредственное участие божественной воли, но таков факт, что все они противоречили законам природы, на которую они, якобы, опирались в неменьшей степени, чем положения эпикурейской гипотезы об атомах, спускающихся вниз в бесконечном пространстве благодаря врожденной силе тяготения, стремящейся не к другой материи, а к пустоте. Ошибочная, но господствующая система Декарта, который предполагал, что планеты движутся вокруг солнца силой вихря, оказывала слишком большую поддержку атеистическим мыслителям, чтобы не быть ими использованной».

Соглашаясь с Локком в том, что понятие о божестве не является Врожденным, Бентли ищет доказательства существования божества в проявлениях человеческой мысли, в организации живой природы и в строении вселенной. Выведению доказательства существования божества из устройства вселенной Бентли решил посвятить седьмую и восьмую лекции, причем основной материал для доказательств он решил заимствовать из рассмотрения физических принципов строения мира, как они даны в «Началах» Ньютона. Чтобы подготовиться к выполнению этой задачи, он обратился к самому Ньютону, от которого получил список книг, необходимых для ознакомления с вопросом.

Подготавливая свои лекции к печати, Бентли встретился с рядом затруднений, за разъяснением которых он обратился к Ньютону.

Ньютон весьма внимательно отнесся к вопросам Бентли и изложил свои соображения о доказательствах существования божества в приведенных ниже четырех письмах.

²⁸⁶ Перевод с английского сделай по изданию Ньютона Horsleg, Lonelon, 1782 г., т. IV, стр. 427–443. В этом издании порядок писем спутан и письма 3-о и 4-е переименованы местами. В настоящем сборнике эта ошибка исправлена. *Прим. ред.*

[532/749]

ЧЕТЫРЕ ПИСЬМА СЭРА ИСААКА НЬЮТОНА ДОКТОРУ БЕНТЛИ,
СОДЕРЖАЩИЕ НЕСКОЛЬКО ДОКАЗАТЕЛЬСТВ В ПОЛЬЗУ
СУЩЕСТВОВАНИЯ БОЖЕСТВА
1692– 1693

FOUR LETTERS FROM ISAAC NEWTON TO DOCTOR BENTLEY;
CONTAINING SOME ARGUMENTS IN PROOF OF A DEITY

Одним из основных затруднений Бенгли было опровержение аргументации Лукреция, который доказывал, что материя, обладающая силой тяготения и равномерно распределенная в пространстве, может без всякого вмешательства божества образовать мир, подобный нашему.

*ПИСЬМО ПЕРВОЕ
НЬЮТОН - БЕНТЛИ*

Когда я писал свой «Трактат» о системе (мира), я все время имел в виду такие соображения, которые для рассудительных людей могут лужить для укрепления веры в божество, и ничто не может доставить мне большего удовольствия, чем сознание полезности моего сочинения для этой цели. Но если я таким

[533/750]

образам и сказал людям услугу, то единственно лишь благодаря трудолюбию и усердной работе мысли.

Что касается вашего первого вопроса, то мне кажется, что если бы материя нашего солнца и планет и вся материи, содержащаяся во вселенной, была равномерно распределена по всему небу и если бы каждая частица имела врожденное тяготение ко всей остальной материи, а пространство, в котором эта материя была распределена, было бы конечным, то вся материя, содержащаяся у наружного края этого пространства, вследствие своей тяжести стремилась бы соединиться со всей материей, находящейся внутри, и, следовательно, падала бы в середину всего пространства, где и образовала бы одну большую сферическую массу. Но если бы материя была равномерно распределена по бесконечному пространству, то она никогда бы не собралась в виде одной массы, но часть ее собралась бы в одну массу, часть — в другую, так что образовалось бы бесконечно большое число больших масс, разбросанных на больших расстояниях друг от друга по всему бесконечному пространству. Таким именно

образом могло бы произойти образование солнца и неподвижных звезд, если предположить, что материя была светящейся по природе. Но каким образом могло бы произойти разделение материи на два рода и почему та часть ее, которая способна образовать светящееся тело, должна соединиться в одну массу и образовать солнце, а остальная часть, которая пригодна для образования темного тела, должна объединиться не в одно большое тело, как светящаяся материя, но в несколько небольших; или, если солнце было вначале Темным телом, подобно планетам, или планеты светящимися телами, подобно солнцу, то каким образом одно лишь солнце могло превратиться в светящееся тело, в то время, как все другие продолжали оставаться темными, или каким образом все планеты были превращены в темные тела, между тем лажа солнце осталось неизменным. Все это я не считаю объяснением одними лишь естественными причинами, но принужден приписать это решению и предначертанию некоей первоначальной воли.

Та же сила, естественная или сверхъестественная, которая поместила солнце в середине шести первичных планет, расположила Сатурн в центре орбит его пяти вторичных планет. Юпитер – в центре его четырех вторичных планет, а землю – в середине лунной орбиты, и, следовательно, действуй здесь какая-либо слепая причина, без умысла или предначертания, то солнце оказалось бы телом того же характера, как Сатурн, Юпитер и земля, т.е. телом, лишенным света или тепла. Почему нашей системе имеется одно тело, способное снабжать светом и теплом все остальные? Я не знаю для этого другой причины,

[534/751]

кроме лишь того, что так было угодно создателю этой системы: и почему имеется лишь одно тело этого рода, не знаю другой причины, кроме разве того, что одного тела было достаточно для согревания и освещения всех остальных. Ибо гипотеза картезианцев о потере солнцами своего света и последующей Превращении их в кометы, а из комет в планеты, не может найти себе места в моей системе и явно ошибочна, таю как несомненно, что всякий раз, когда кометы появляются у нас, они проникают в систему наших планет, заходя за орбиту Юпитера, а иногда и за орбиты Венеры и Меркурия, но никогда здесь не остаются, а всегда уходят от солнца теми же стадиями движения, как и при приближении к нему.

На ваш второй вопрос отвечаю, что движения, которыми теперь обладают планеты, не могли бы возникнуть только вследствие какой-либо естественной причины, но были сообщены им каким-то разумным

агентом. Ибо, если принять во внимание, что кометы заходят в область наших планет и движутся в ней по всевозможным путям, иногда в одном направлении с планетами, иногда в обратном, а иногда от в поперечном направлении, будучи при этом, как и планеты, наклонены к плоскости эклиптики, но под всевозможными углами, — то ясно, что нет такой естественной причины, которая могла бы заставить все планеты, как первичные, так и вторичные, двигаться в одном направлении и в одной плоскости без сколько-нибудь значительного отступления, и потому это должно было явиться следствием предначертанного решения. Равным образом нет такой естественной причины, которая могла бы сообщить планетам, в соответствии с их расстояниями от солнца или других центральных тел, как раз такие степени скорости, которые требовались для того, чтобы заставить их двигаться по концентрическим орбитам вокруг этих тел. Если бы планеты обладали скоростью комет пропорционально их расстоянию от солнца, как это было бы, если бы их движение было вызвано их тяготением; вследствие которого материя при первоначальном образовании планет, возможно, падала из самых отдаленных областей по направлению к солнцу), то движение планет совершалось бы не по концентрическим, но по эксцентрическим орбитам, подобным тем, по которым происходит движение комет: Если бы все планеты двигались так быстро, как Меркурий, или так медленно, как Сатурн и его спутники, или если бы их различные скорости вообще были значительно больше или меньше Своих теперешних величин (как это могло бы быть, если бы они возникли от какой-либо другой причины, нежели присущих им сим тяготения), или если бы их расстояния от центров, вокруг которых они двигаются, при тех же скоростях были больше или меньше

[535/752]

их действительных величин, или если бы количество материи солнца или Сатурна, Юпитера и земли, а следовательно, и их сила тяготения была больше или меньше своей величины, — то первичные планеты не могли бы обращаться вокруг солнца, а вторичные — вокруг Сатурна, Юпитера и земли по концентрическим окружностям, как это имеет место, а вращались бы по гиперболам или параболам или же по очень вытянутым эллипсам. Для создания нашей системы со всеми ее видами движений потребна была, следовательно, причина, которая учитывала и сравнивала между собой количества материй, заключающиеся в различных телах солнца и планет, а также возникающие вследствие этого силы тяготения,

— далее, принимала во внимание различные расстояния первичных планет от солнца и вторичных от Сатурна, Юпитера и земли, а также, скорости, с которыми эта планеты могли бы вращаться вокруг количества материи, заключающихся в центральных телах, и эта необходимость сравнивать и согласовывать между собой все названные обстоятельства при столь большом разнообразии тел доказывает, что упомянутая причина должна быть не слепой и случайной, но чрезвычайно сведущей в механике и геометрии.

На ваш третий вопрос отвечаю следующее. Можно себе представить, что, нагревая сильнее всего те планеты, которые к нему всего ближе, солнце может способствовать их лучшему сгущению и вызываемому этим сгущением большому уплотнению. Но когда я принимаю во внимание, что наша земля в своих недрах под верхней корой нагревается происходящими в минеральных тела подземными брожениями гораздо более, чем солнцем, то я не вижу, почему бы внутренние части Юпитера и Сатурна не имели возможности теплеть, сгущаться и уплотняться вследствие действия этих брожений совершенно так же, как это происходит с нашей землей, и, следовательно, это различие в плотности должно было бы иметь какую-либо другую причину, чем различие расстояний планет от солнца. Это мое мнение находит себе подтверждение а том соображении, что планеты Юпитер и Сатурн, будучи на большем расстоянии друг от друга, чем остальные планеты, в то же время гораздо больше их и содержат гораздо большее количество материи, а также обладают большим числом спутников. Конечно, эти особенности их не явились следствием их расположения на таком большом расстоянии от солнца, а скорее были причиной, почему создатель поместил их на большом расстоянии. Ибо своими силами тяготения каждое из этих тел вносит в движение другого весьма заметные возмущения, как я вижу из некоторых недавних наблюдений м-ра Флемстида, и будь они помещены гораздо ближе к солнцу и друг к другу, то вследствие этих же самых сил тяго-

[536/753]

тения они бы вызвали значительные возмущения во всей системе.

На ваш четвертый вопрос отвечаю, что с точки зрения гипотезы вихрей наклонение земной оси, по моему мнению, может быть приписано положению земного вихря до поглощения его соседними вихрями и до того, как земля из солнца превратилась в комету. Но это наклонение должно было бы постоянно уменьшаться сообразно с движением земного

вихря, ось которого наклонена к эклиптике в гораздо меньшей степени, как это явствует из движения увлекаемой этим вихрем луны. Если солнце своими лучами и могло бы приводить в движение планеты, то я все-таки не усматриваю, как бы оно могло таким же образом вызвать их суточные движения.

Наконец и в отношении наклона земной оси я не могу усмотреть чего-то насильно протянутого для доказательства существования божества, если только вы не хотите во что бы то ни стало рассматривать его как простое приспособление для существования зимы и лета и для того чтобы сделать землю обитаемой по направлению к полюсам. Что же касается суточных вращений солнца и планет, которые едва ли могли-бы возникнуть вследствие чисто механической причины, то тем, что они установлены таким же порядком, как и годовые и месячные движения, они как бы завершают гармонию системы, которая, как я показывал выше, является скорее следствием умысла, чем случая.

Имеется еще другой довод в пользу существования божества, который мне представляется очень серьезным, но до тех пор пока принципы, на которых он покоится, не встретят лучшего приема, я считаю более благоразумным его не касаться.

Остаюсь и т.д.

Кембридж

10 декабря 1692 г.

ПИСЬМО ВТОРОЕ НЬЮТОН - БЕНТЛИ

Я согласен с вами, что если материя, равномерно рассеянная в конечном несферическом пространстве, будет собираться в одну сплошную массу, то эта масса примет форму всего пространства, если только она не столь податлива, как в прежнем неупорядоченном состоянии, но с самого начала является настолько твердой и плотной, что вес ее выступающих частей не может заставить эту массу поддаваться под действием их давления.

[537/754]

Однако под влиянием землетрясений, разъединяющих между собой части такого твердого тела, названные выступающие части могут иногда немного опуститься под действием своего веса и таким образом вся

масса может постепенно приблизиться к сферической форме.

Причину, почему материя, равномерно рассеянная в конечном пространстве, собралась бы в середине его, вы усматриваете в том же, в чем и я, но предположить, что при этом нашлась бы центральная частица расположенная столь точно посередине, что она всегда притягивается с одинаковой силой во все стороны и таким образом остается в этом положении без движения, — мне кажется столь же трудным, как заставить острейшую иглу стоять вертикально на поверхности зеркала на своем острие. Ибо если точный математический центр центральной частицы не будет находиться точно в самом математическом центре силы притяжения всей массы, то частица эта не будет притягиваться с одинаковой силой во все стороны. Еще труднее предположить, что все частицы в бесконечном пространстве окажутся столь точно уравновешенными между собой, чтобы сохранять неподвижность в состоянии совершенного равновесия. Ибо я считаю, что это так же трудно, как заставить стоять точно уравновешенной ста своем острие не одну только иголку, а бесконечное число их (столько, сколько имеется частиц в бесконечном пространстве). Однако я допускаю, что этого все же можно достигнуть, по крайней мере, путем вмешательства божественной силы, и если бы они однажды были так установлены, то я согласен с вами, что они навсегда оставались бы в этом положении без движения, разве что та же сила привела бы их в новое движение. Когда поэтому я говорил, что материя, равномерно рассеянная по всему пространству, соберется под действием своей силы тяготения в одну или несколько больших масс, то я имел в виду материя, не остающуюся в состоянии точного уравновешивания.

Но вы пишете в следующем параграфе своего письма, что в бесконечном пространстве каждая частица материи окружена со всех сторон бесконечным количеством материи и, следовательно, будет испытывать бесконечное притяжение в каждом направлении, а поэтому должна остаться в равновесии, так как все бесконечные величины между собою равны. Вы, однако, чувствуете паралогизм²⁸⁷ в таком доводе и, как мне кажется, паралогизм этот заключается в утверждении, что все бесконечные количества между собой равны. Большинство людей рассматривает бесконечные величины только весьма неопределенным об-

287 Ложнее заключение. Прим. ред.

разом и в этом смысле говорят, что все бесконечные величины равны между собой, хотя более правильно было бы оказать, что величины эти ни равны, ни неравны, а также не имеют какой-либо определенной разницы или определенного отношения между собой. В этом смысле, следовательно, ими нельзя пользоваться для заключений относительно равенства, отношений или разностей между вещами, и те, кто пытается это сделать, обычно впадают в паралогизмы. Так, например, бывает, когда возражают против бесконечной делимости величины, говоря, что если дюйм может быть раздвинут на бесконечное число частей, то сумма этих частей составит дюйм, и если фут может быть разделен на бесконечное число частей, то сумма этих частей должна равняться футу, и, следовательно, так как все бесконечные величины равны, то эти суммы должны быть равны, т.е. дюйм равен футу. Ложность этого заключения указывает на ошибку в посылках, и ошибка эта состоит именно в положении, что все бесконечные величины равны между собой. Имеется поэтому применяемый математиками другой способ рассматривания бесконечных величин при некоторых определенных оговорках и ограничениях, причем допускается, что бесконечные величины имеют определенные разности или отношения между собой. Таким именно образом рассматривает их доктор Валлис в своей *Arithmetica infinitorum*, где из различных отношений между бесконечными суммами он выводит различные отношения между конечными величинами. Такой способ рассуждения вообще допускается математиками, но он все же оказался бы непригодным, если бы все бесконечные величины были равны. Согласно этому же способу рассмотрения бесконечных величин математик сказал бы вам, что хотя в дюйме и имеется бесконечно много бесконечно малых частей, но в футе таких частей имеется в двенадцать раз больше, т.е. что бесконечное число таких частей в футе не равно бесконечному числу их в одном дюйме, а в двенадцать раз больше его. И точно так же математик скажет вам, что если бы тело находилось в равновесии между какими-либо двумя равными и противоположными бесконечными притягивающими силами и если к одной из этих сил вы прибавляете какую-нибудь новую конечную силу притяжения, то эта новая сила, как бы мала она ни была, нарушит равновесие тела и приведет его в такое же движение, в которое она привела бы его, если бы обе противоположные равные силы были конечны или даже вообще не существовали. Так что в этом случае, при нашем способе исчисления, обе равные бесконечно больше величины вследствие прибавления к одной из

них какой-нибудь конечной величины становятся неравными, и именно по такому способу мы и должны рассуждать, если хотим

[539/756]

всегда получать верные заключения из рассмотрения бесконечных величин.

На последнюю часть вашего письма отвечаю, во-первых, что если бы земля (без луны) была расположена где-нибудь с центром на *Orbis magnus*²⁸⁸ и оставалась там неподвижной, не испытывая ни тяготения, ни толчка, и если бы там ей была сразу сообщена некоторая энергия тяготения к солнцу и некоторый импульс надлежащей величины в поперечном направлении, движущий ее по направлению касательной к *Orbis magnus*, то равнодействующая этого притяжения и толчка вызвала бы, как я полагаю, обращение земли по кругу вокруг солнца. Но поперечный импульс должен обладать надлежащей величиной, потому что при слишком большом или слишком малом импульсе земля будет принуждена двигаться по какой-нибудь другой линии. Во-вторых, я не знаю такой силы в природе, которая вызвала бы это поперечное движение без божественной руки. Блондель сообщает нам где-то в своей книге «О бомбах» утверждение Платона, что движение планет происходит так, как если бы все они были созданы богом в какой-нибудь части пространства, очень удаленной от нашей системы, откуда и началось бы их падение по направлению к солнцу; при этом, как только они достигли бы своих различных орбит, движение падения превратилось бы в движение поперечное. И это оказывается верным, если предположить, что в момент достижения всеми планетами своих различных орбит сила тяготения солнца удвоилась. Но в этом случае вмешательство божественной силы оказывается необходимым в двух отношениях: для превращения нисходящего движения падающих планет в боковое движение и в то же время для удвоения силы притяжения солнца. Таким образом сила тяготения может привести планеты в движение, но без божественной силы она никогда не могла бы привести их в такое вращательное движение, какое они имеют вокруг солнца, а потому, как по этой, так и по другим причинам я принужден приписать строение нашей системы какому-либо разумному агенту.

Вы иногда говорите о силе тяготения как о существенном и неотъемлемом свойстве материи. Будьте добры не приписывать мне такого

288 *Orbis magnus* - это орбита земли. *Прим. ред.*

представления, потому что я не притязаю на знание причины тяготения, я на рассмотрение этого вопроса потребовалось бы больше времени.

Я боюсь, что сказанное мною выше о бесконечных количествах покажется вам неясным, но достаточно будет, если вы усвоите себе, что бесконечные количества, рассматриваемые абсолютно, без какого-нибудь ограничения или оговорки, ни рав

[540/757]

ны, ни неравны между собой и не обладают каким-либо определенным отношением друг к другу, вследствие чего положение о равенстве между собой всех бесконечных величин является ошибочным.

Остаюсь, сэр, и т.д.

Колледж Троицы,

17 января 1692/93 г.

ПИСЬМО ТРЕТЬЕ

НЬЮТОН - БЕНТЛИ

Так как гипотеза о происхождении строения мира согласно принципам механики из материи, равномерно рассеянной по небесному пространству, несовместима с моей системой, то до того, как ваши письма навели меня на этот вопрос, я уделял ему очень мало внимания и поэтому теперь беспокою вас несколькими добавочными строками, если это письмо не придет слишком поздно для вашей цели.

В предыдущих письмах я упоминал, что суточных вращений планет нельзя было бы вывести из силы тяготения, но что они необходимо должны были быть сообщены божественной рукой. И хотя сила тяготения и могла бы сообщить планетам нисходящее движение по направлению непосредственно к солнцу или же с каким-нибудь небольшим уклоном, тем не менее поперечные движения, при помощи которых планеты обращаются по овсам различным орбитам, для того чтобы быть сообщенными в направлении касательных к этим последним, требовали бы вмешательства божественной руки. Я теперь прибавил бы, что гипотеза о первоначальном состоянии равномерного рассеяния материи и небесном пространстве, по моему мнению, несовместима с гипотезой о врожденности силы тяготения, если не прибегнуть к сверхъестественной силе для согласования их обеих, а потому гипотеза эта вводит необходимость божества. Ибо, если существует врожденная сила тяготения, то представляется

невозможным, чтобы материя земли, а также всех планет и звезд разлеталась во все стороны и стала равномерно рассеянной по всему небесному пространству без вмешательства сверхъестественной силы; и, конечно, то, что им при каких условиях не может произойти впоследствии без сверхъестественной силы, никогда не могло и ранее иметь место без тон же силы.

Вы спрашивали, не случится ли, что материя, равномерно распределенная по конечному пространству какой-либо формы, отличной от сферической, падая по направлению к центральному

[541/758]

челу, придает этому последнему ту же форму, какую имеет все пространство, и я вам на это ответил утвердительно. Но, давая это ответ, я имел в виду, что материя нисходит непосредственно вниз на это тело и что это тело не имеет суточного вращения.

Вот и все, что я хотел бы прибавить к своим предыдущим письмам. Остаюсь вашим.

Кебридж.

11 февраля 1693 г.

ПИСЬМО ДОКТОРА БЕНТЛИ СЭРУ ИСААКУ НЬЮТОНУ²⁸⁹

18 ФЕВРАЛЯ 1692/3 Г.

Достопочтенный сэр.

Узнав, что напечатание моих проповедей может быть отложено на некоторое время без ущерба для книгопродавца, я решил пока не отдавать их и продержать у себя несколько дольше. И несмотря на то, что в них встречается несколько вопросов, относительно которых я дорого дал бы за возможность узнать ваше мнение, я никогда не осмелился бы помешать вашим почтенным занятиям вопросами человека, постороннего вам. Но ваше неожиданное и любезное письмо, полученное мною с последней почтой, придает мне смелость просить вас просмотреть это резюме моей первой неопубликованной проповеди и сообщить, что в ней по вашему мнению не согласуется с истиной и вашей гипотезой. Я был бы спокоен, получив это удовлетворение, пока проповеди находятся еще в моем распоряжении.

289 Цитата из Ньютона. *Прим. ред.*

В шестой проповеди я доказываю, что нынешняя система мира не могла быть вечной. Ибо, если бы материя была вечной (как утверждают атеисты), то некогда все представляло собой хаос, т.е. материя была равномерно или почти равномерно распределена в мировом пространстве. Поэтому в настоящей, седьмой, проповеди я перехожу к доказательству того, что материя в состоянии такого хаоса никогда не смогла бы естественно соединиться в эту или подобную систему. С этой целью мы должны рассмотреть систематически какое-нибудь явление нашего теперешнего мира, как, например:

1. Все тела на нашей земле тяготеют, даже наиболее легкие, и в их природных элементах.

[542/759]

2. Тяготение или вес тел пропорциональны количеству материи на равных расстояниях от центра.
3. Тяготение присуще не только земным телам, но также свойственно планетам и солнцу. Более того, тела солнца и планет взаимно тяготеют друг к другу и, одним словом, все тела тяготеют ко всем телам. Что касается причины и происхождения этого тяготения, то ему было благоугодно ничего не определить. Но вы увидите в дальнейшем из этого положения, что таковая причина выше всякого механизма или силы неодушевленной материи и должна происходить из более высокого принципа и божественной энергии и воздействия». (Я привел эти слова полностью с той целью, чтобы вы могли судить, достаточно ли я был деликатен, не связывая эти рассуждения с вашим именем).

Но так как тяготение пропорционально количеству материи, то необходимо признать существование пустоты.

И определить отношение, в котором пусть пространства в нашей системе должны находиться к твердым массам. Очищенное золото (хотя оно и пористо, так как нерастворимо в кислоте и царской водке, однако не исключена возможность, что форма его корпускул приспособлена для полного контакта) относится к обыкновенной воде как 19 к 1, а вода к обыкновенному воздуху — как 850 к 1, так что золото относится к воздуху как 16150 к 1, так что пустого пространства в строении обычного воздуха в 16150 раз больше, чем твердой массы. А так как воздух обладает упругим стремлением к расширению, и пространство, занимаемое им, обратно пропорционально его сжатию, то чем больше будет высота, тем он будет менее,

сжат и более разрежен, и на высоте нескольких миль он имеет несколько миллионов частей пустого пространства на одну часть действительного тела, и на расстоянии 1 полудиаметра земли он настолько разрежен, что шар, состоящий из нашего обыкновенного воздуха (который уже состоит на 16150 частей из пустоты), расширившись до разреженности этих высот, будет больше орбиты Сатурна, которая во много миллионов миллионов раз больше всего земного шара, а еще выше разрежение постепенно возрастает до бесконечности. Так, что всю вогнутость небесного свода за исключением солнца, планет и атмосфер можно рассматривать как пустоту.

Сделаем гипотезу, что каждая неподвижная звезда представляет собой солнце, так что отношение пустого пространства к материи, необходимое в вихре нашего солнца, будет приблизительно справедливо для всего остального мирового пространства. (Я знаю, что говорит Кеплер в *Eritome Astron.*, стр. 36, и

[543/760]

поэтому я спрашиваю: может ли эта гипотеза быть принята?) Допустим, что земной шар вполне тверд и плотен, и что вся материя нашего солнца, планет, атмосфер и эфира приблизительно в 50 000 раз больше объема земли. Астрономы подтвердят, что эта оценка вполне достаточна. *Orbis Magnus* (ширина которого равна 7 000 земных диаметрам) в 343 00000000 раз больше всей земли и поэтому в 6 860 000 раз больше всей материи, заключенной в нашей системе. Но на основании учения о параллаксе мы не можем предположить (согласно гипотезе Коперника), что диаметр небесного свода равен меньше чем 100000 диаметрам *Orbis Magnus*. Так что вся вогнутость небесного свода в 1 000 000 000 000 099 раз больше сферы *Orbis Magnus* и, следовательно (помножая это на 6 860 000), в 6 860 000 000 000 000 999 999 раз больше всей материи нашей системы. Ибо если бы вся материя была равномерно распределена в вогнутости небесного свода, то каждая корпускула была бы окружена сферой пустого пространства, в 68 600....²⁹⁰ раз превышающей ее собственные размеры, а диаметр сферы был бы в 19 000 000 раз длиннее диаметра корпускулы (предполагая, что корпускулы шарообразны. Далее, благодаря тому, что рядом с этой корпускулой находятся корпускулы, окруженные сферой того же размера, пустое пространство вокруг

290 Так в оригинале. *Прим ред.*

каждой корпускулы удваивается и диаметр его составляется из диаметра его собственной сферы плюс дваполу диаметра сфер двух соседних корпускул, так что каждый атом был бы расположен в пустом пространстве, превышающем в $8 + 68\,600\dots$ раз размеры атома и находился бы на расстоянии, в $19\,000\,000$ раз превышающем его собственную длину (если он шарообразен) от любой другой корпускулы. На основании того же предположения об одинаковом расстоянии по всей поверхности пустой сферы, окружающей каждый атом, диаметр которой в $38\,000\,000$ раз длиннее диаметра этого атома, не может быть более 12 атомов, расположенных на равных расстояниях от центрального атома и друг от друга (итак центр и углы икосаэдра). Таким образом, наконец, каждый атом не только находится на расстоянии, во много миллионов, миллионов раз превышающем его размеры, от других атомов, но если он будет приведен в движение (без притяжения или тяготения) на ходясь на этом расстоянии, то будет более миллиона миллионов шансов против одного, что он не попадет и не столкнется с одним из этих 12 атомов. Но отношение этой пустоты к материи в пределах нашей системы справедливо и для всего мирового пространства вне ее. (Согласно Аид. Также полагаю, что размеры Orbis Magnus, равные 7 000 земных диамет-

[544/770]

ров и небесного свода, равного 100 000 диаметров. Orbis Magnus, являются круглыми силами. Если вы замените их лучшими, то вычисления могут быть быстро изменены). Я знаю, что при вычислении половина диаметров небесного свода должна быть занята радиусами многих вихрей ближайших неподвижных звезд, так что пространство, занимаемое вихрем нашего солнца, должно быть уменьшено а пропорции 8:1. Но так как половина диаметра небесного свода может быть бесконечно больше, чем мы предположили, то полагаю, что это уменьшение может быть оставлено без внимания.

Целью всего этого является показать (в случае согласия с нашими предпосылками), что, как это и очевидно с первого взгляда, в таком хаосе никакое количество обычного движения (лишенного притяжения) не могло заставить эти рассеянные атомы соединиться в большие массы и двигаться, как мы это видам в нашей системе, ибо движение по окружности может возникнуть естественно только при наличии тяготения или при недостатке пространства.

Что же касается тяготения, то если оно не является существенным

свойством материн, то оно и никогда не могло быть приобретено ею. Оно не присуще материи и не извечно сосуществует с ней; потому что в этом случае даже наша система была бы вечной (если бы она была образована тяготением), что противно предположению наших атеистов, что мы доказывали в нашей последней проповеди. Ибо если предположить какое-нибудь определенное время, когда материя превратилась из хаоса в нашу систему, то придется утверждать, что перед этим материя тяготела вечно, не соединяясь, что является абсурдом. Сэр, признаю, что мысль, любезно сообщенная мне в вашем последнем письме, а именно, что хаос несовместим с гипотезой о врожденном тяготении, включена мной в этот параграф. И затем представляется невероятным, чтобы неодушевленная бесчувственная материя могла (без божественного произволения) действовать на другую материю, не находящуюся с ней в соприкосновении, как это было бы необходимо признать, если бы тяготение было присуще и свойственно материн.

Но если тяготение не присуще материй, оно в размен степени не могло быть ею приобретено. Это само собой очевидно, если считать, что тяготение есть истинное притяжение. А если это не есть истинное притяжение, то материя никогда не смогла бы соединиться из хаоса в систему, подобную нашей (параграф 1). Более того, даже теперь после образования нашей системы, тяготение нельзя объяснить иначе как притяжением. Как вы показали, это не есть магнетизм. Это те есть такж эффект вихревого движения так как оно пропорционально

[545/762]

количеству материи, ибо если бы земля была пустой кнутри, то вес тела в воздухе (согласно вихрям) был бы таков же, как и в там случае, если бы она была твердой до самого центра. Если бы все пространство солнца представляло собой сплошную пустоту, то давление, направленное в сторону солнца, было бы не меньше, чем в том случае, если бы последнее было сплошным телом. Далее, вихревое движение без предшествующей гравитации предполагает и требует абсолютно заполненной или, по крайней мере, плотной структуры эфирной материи в противоположность тому, что было доказано раньше и что вытекает из движения комет; кроме того, как вы показали, это противоречит явлениям более медленного движения планет в афелии, чем в перигелии, и полуторному отношению их периодических движений к орбитам. Одним словом, если тяготение не есть притяжение, то оно должно вызываться толчком и

непосредственным соприкосновением, но это никогда не сможет разрешить вопроса о всемирном тяготении во всех направлениях, как продольном, так и отвесном и пр., согласно явлениям вашей гипотезы.

[Сэр, я полагаю, что проблема всемирного тяготения, согласно вашей доктрине, не может быть решена механически. Я был очень удивлен, что вы предостерегаете меня от приписывания этого вам, ибо вы, якобы, не знаете его причины. Что же касается тяготения как врожденного свойства, то вы видите, что оно полностью противоречит моей цели и аргументации. Если я и употребил это слово, то лишь по соображениям краткости. Но я хотел бы знать ваше мнение относительно того, что вы здесь считаете правильным и достигающим цели. Я просматривал Гюйгенса «О тяжести», когда эта книга только что появилась, и хорошо помню, что она не может быть согласована с вашей теорией. Читал я также и книгу Вариньона, которая не только не может объяснить всемирного тяготения, но может быть опровергнута самыми обычными явлениями. По его мнению, длинные нити тонкой материи тянутся от вершины земного вихря к земле. Все тела, которые находятся в нижней половине, опускаются потому, что верхняя часть нитей длиннее; все поднимается в верхней части по обратной причине. Но в середине их находится значительное пространство равновесия, безразличное к восхождению и нисхождению, которое он называет «Пространством покоя» и в котором луна правильно движется по окружности, не опускаясь и не подымаясь. Поэтому в нитях солнечного вихря все пространство между Меркурием и Сатурном представляет собой пространство покоя на небольшом расстоянии от равновесия, длиннее половины нитей от Меркурия до тела солнца.

[546/763]

Но если можно предположить, что тяготение присуще материи или, скорее, что оно присоединилось к материи, когда последняя была рассеяна а хаосе, все же оно никогда не смогло бы естественно создать систему, подобную нашей.

Ибо если материя конечна, а принимая во внимание, что протяжение не есть материя, сумма мировой материи должна составить отдельные части, разделяемые и отделяемые друг от друга пустотой, ко количество частей не может быть положительно бесконечным, подобно тому как не может быть положительно бесконечной арифметической суммы, что представляет собой противоречие в определении. Можно сказать, что все тела имеют бесконечное количество точек, так что мы имеем

бесконечные суммы. Действительно, с этой точки зрения все суммы бесконечны, ибо содержат бесконечные дроби. Даже самые дроби бесконечны. Но такие точки не суть количества. Так что этот случай совершенно отличен. Может ли конечная сумма содержать одну, две или бесконечное множество данных дробей? Может ли материя содержать бесконечное количество частиц, каковыми являются атомы, о которых мы говорим? В таком случае я утверждаю, что если материя конечна, то она должна быть в конечном пространстве. Но тогда при помощи всемирного тяготения в случае равномерного рассеяния вся материя должна собраться в одну массу посередине пространства, а если даже она рассеяна неравномерно, то соберется опять-таки в одну массу, но не в середине мирового пространства, а в центре общего притяжения.

Более того, даже если предположить, что она уже была создана, то все же тогда и даже теперь материя должна была бы соединиться вместе в конечную систему. Я согласен, что если бы весь мир состоял из одного солнца и остальных планет, движущихся вокруг него, то они не соединились бы; но в некоторых неподвижных звездах, не имеющих движения одна вокруг другой, они со своими системами планет должны были бы все собраться к общему центру мирового тяготения, если бы наш мир не был поддерживаем божественной силой.

Сэр, в конечном мире, в котором есть *внешние* неподвижные звезды, это кажется очевидно необходимым; что же касается предположения о бесконечном пространстве, то позвольте мне узнать ваше мнение. Я согласен с вами, что в случае материи, рассеянной в бесконечном пространстве, так же трудно держать в равновесии эти бесконечные частицы, как установить бесконечное количество игл на острие на зеркале. Предположим вместо частиц неподвижные звезды или большие неподвижные массы непрозрачной материи; не представляется ли так же невероятным, что такие бесконечные массы в бесконечном пространстве будут сохранять равновесие и не соединятся вместе; так что,

[547/764]

несмотря на бесконечность нашей системы, она могла бы быть сохранена только божественной силой.

Кроме этого в талом хаосе, даже если бы тяготение присоединилось к материи, планеты никогда не могли бы получить кругового движения вокруг солнца и т.д. Если они были созданы в тех орбитах, в которых они движутся ныне, то они никогда бы не могли начать двигаться по кругу;

эфирная материя не могла бы сообщить им этого движения, так как она чересчур тонка и безразлична к направлению на запад и восток, как мы это видим из движения комет. Тяготение не могло также действовать по горизонтали, ибо их движение совершается там, где нет ни наклона, ни спуска. Поэтому предположим, что планеты были созданы в каких-нибудь более далеких областях И оттуда спускались к солнцу, получая таким образом свои скорости, но в этом случае они должны были бы продолжать спускаться по направлению к солнцу, если бы божественная сила не сообщила им поперечного движения против того мощного импульса, с которым должны падать такие большие тела, так что во всех случаях необходимо ввести божество.

[Что же касается вашей цитаты из Блюнделя, то я прочел то же самое в *Astronomia Physica* достопочтенного Фабри и в «Системе» Галилея, стр. 10 и 17, который добавляет, что на скорости Сатурна можно вычислить, на каком расстоянии от солнца последним был создан согласно степеням ускорения, найденным им в прогрессиях нечетных чисел. (Но он, несомненно, ошибается, не зная того, что вы впоследствии доказали, а именно, что скорости падения, а также веса тел уменьшаются с возрастанием квадрата расстояния) и что это отношение между расстояниями и скоростями имеется во всех планетах *quam proxime* (с большой точностью), как если бы они все упали с одной высоты. (Но вы, по-видимому, отрицаете это, утверждая, что тяготение солнца должно удваиваться в тот самый момент, когда они попадают на свои орбиты.) Сознаюсь, что не мог использовать этих мест из Галилея и Фабри, ибо не мог вычислить, так что упоминаю об этом лишь в общем виде как приведено выше. И это тем более, что я знал, что должны быть какие-нибудь данные высоты, спускаясь с которых каждая из них могла бы получить свои настоящие скорости. Но признаюсь, что если бы я мог это понять, то это не только украсило бы мою речь, но и значительно усилило убедительность моих аргументов в пользу существования божественной силы, ибо я считаю более невозможным, что они были естественно созданы в одно и то же время на разных расстояниях, и является чудом из чудес, что, будучи естественно созданы через такие промежутки времени, они все достигли своих соответствующих орбит в один и тот же

[548/765]

момент. Это необходимое, если я правильно понимаю смысл ваши слов относительно удвоения солнечного притяжения, так как если

Меркурий упал первым когда он достиг своей собственной орбиты, солнечное приложение было удвоено. Если солнечное притяжение продолжало удваиваться, то спуск следующих планет должен был бы пропорционально ускориться, что нарушило бы предполагаемое отношение между скоростями Меркурия и этих планет.

Достопочтенный сэр, таково содержание моей предыдущей проповеди; следующая будет аргументом в поливу милосердия бога, выведенного из рассмотрения преимуществ нашей системы над тем, что должно было быть в силу естественной причинности. Я надеюсь, что мне не придется больше беспокоить вас по этому вопросу. Но сэр, и то время как я вам это пишу, я получил письмо от моего книгопродавца, который требует рукопись для сдачи в типографию. Поэтому прошу вас прислать мне со следующей почтой несколько кратких укавший на то, что вы одобряете и что нет, ибо я решил ожидать вашего ответа, несмотря на все его протесты. Сэр, я искренно прошу у вас прощения за причиненное вам беспокойство, а также решаюсь беспокоить вас, вторично взяв на себя смелость просить вас разрешить преподнести вам мои скромные восемь проповедей после опубликования последних двух.

Остаюсь, сэр, Вашим премного обязанным и покорным слугой.

Р. Бэнтли

Достопочтенному мистеру Исааку Ньютону,
профессору математики
и члену Тринити Колледжа в Кембридже.

ПИСЬМО ЧЕТВЕРТОЕ

НЬЮТОН - БЕНТЛИ

Кембридж,

25 февраля 1692/93 г.

Сэр,

Так как вы торопите меня, то я отвечу на ваше письмо со всей краткостью, на которую я способен. Относительно шести положений, которые вы устанавливаете в начале своего письма, я согласен с вами. Ваше предположение, что диаметр Orbis Magnus равен 7000 диаметрам земли, влечет за собой величину горизонтального параллакса солнца в полминуты.

По недавним наблюдениям Флемстида и Кассини, величина его равна приблизительно 10, и таким образом диаметр Orbis Magnus должен быть равен 21000 или, в круглых числах, 20000 зем-

[549/786]

ных диаметров. Оба расчета окажутся, по моему мнению, подходящими, и я не думаю, чтобы стоило менять ваши цифры.

В следующей части своего письма вы устанавливаете четыре других положения, основанных на первых шести. Первое из этих четырех положений кажется совершенно очевидным, если вы берете притяжение в таком общем смысле, что понимаете под ним любую силу, вследствие которой тела, находящиеся на некотором расстоянии друг от друга, стремятся сблизиться между собой без механического импульса. Второе положение кажется не таким ясным. Ибо можно возразить, что ранее существующих в данное время могли существовать и другие системы миров, а перед ними еще другие и так далее в течение всей минувшей вечности, а, следовательно, сила тяготения может быть одного порядка вечности с материей и может производить с изначальных времен то же действие, как и в настоящее время, разве только вы где-нибудь доказали, что старые системы не могут постепенно переходить в новые или что наша система возникла первоначально не из материи, выделившейся из существовавших ранее разрушившихся систем, но из хаоса материи, равномерно рассеянной по всему пространству. Ибо что-то в этом роде как-будто составляло предмет вашей шестой проповеди, и развитие новых систем из старых без вмешательства божественной силы представляется мне явно нелепым.

Последний пункт второго положения мне очень нравится. Нельзя себе представить, чтобы неодушевленная грубая материя без посредства чего-то другого, обладающего нематериальной природой, могла воздействовать и влиять на какую-либо другую материю без взаимного их соприкосновения, как это должно быть, если тяготение, в смысле Эпикура, составляет существенное и непременно ей присущее свойство материи. Это именно и является одной из причин, почему я хотел, чтобы вы не приписывали мне понятия о врожденном тяготении. Что тяготение должно быть врожденным, непременно присущим и существенным свойством материи, так что одно тело может воздействовать на другое на расстоянии через пустоту, без посредства чего-то постороннего, при участии чего и благодаря чему их действие и сила могут быть передаваемы от одного к

другому, — это представляется мне столь большой нелепостью, что, мне кажется, никто из обладающих надлежащей способностью мыслить в области философских вопросов не может придти к такому взгляду. Тяготение должно обуславливаться каким-то агентом, действующим постоянно согласно известным законам, но является ли этот агент чем-то материальным или нематериальным, это я предоставил усмотрений моих читателей.

Свое четвертое утверждение, что мир не мог бы образо-

[550/767]

ваться благодаря действию одной только врожденной силы тяготения, вы подтверждаете тремя доводами. В своем первом доводе, однако, вы как-будто впадаете в *petitio principii*²⁹¹. Ибо в то время как многие древние философы и другие ученые, теисты и атеисты, все допускали, что может существовать бесчисленное или бесконечно большое количество миров и частиц материи, вы это отрицаете, считая это столь же нелепым, как утверждение существования бесконечно большой арифметической суммы или бесконечно большого числа; это является противоречием *in terminis*, но вы не доказываете таким путем нелепости предыдущего утверждения. Равным образом вы не доказываете, что понимаемое под выражением «бесконечная сумма или число» представляет собой противоречие по самой сути вещей, ибо противоречие *in terminis* указывает только на неуместность выражения. Вещи, разумеемые под неподходящими и противоречивыми выражениями, могут иногда действительно существовать в природе, не представляя собой решительно никакого противоречия. Названия: железное дерево, живое серебро²⁹² нелепы по сочетанию слов, но самые вещи, означаемые этими словами, действительно существуют в природе. Если бы кто-либо сказал, что под числом и под суммой, строго говоря, понимается то, что может быть сосчитано и суммировано, но что вещи, бесконечно большие не поддаются счислению или, как мы обычно, говорим, неисчислимы и не поддаются суммирование, а потому и не должны были бы быть называемы числом или суммой, то такой человек будет говорить довольно разумно, и я боюсь, что ваш

291 Логическая ошибка, состоящая в том, что то, что надо доказать, принимается за данное. *Прим. ред.*

292 Указанные в английском тексте выражения при переводе заменены аналогичными русскими наименованиями, так как дословный перевод не выражал бы мысли автора. *Прим. ред.*

довод по отношению к нему теряет свою силу. И все таки, если кто-нибудь возьмет, эти слова — число и сумма — в более широком смысле, так чтобы понимать под ними вещи, которые, строго говоря, являются неисчислимыми и не поддающимися суммированию (как вы, невидимому, делаете, когда вы говорите о бесконечно большом числе точек в линии), я охотно позволю ему говорить о неподдающейся суммированию сумме, не делая на этом основании вывода о наличии какого-то абсурда в той вещи, которую он разумеет, выражаясь таким образом. Если, однако, помощью этого или какого-либо другого довода вы доказали конечность вселенной, то отсюда следует, что вся материя будет ниспадать из наружных частей пространства и будет сосредоточиваться в середине. Но при этом падении материя может собираться в большое число круглых масс,

[551/768]

подобных телам планет, а эти массы, притягивая друг друга, могут приобрести при своем падении некоторый уклон, вследствие чего они могут упасть не непосредственно на большое центральное тело, но где-либо сбоку его, после чего они описывают вокруг него кривую и затем движутся восходящим движением, с такими же последовательными ступенями изменения движения и скорости, с которыми они перед этим совершали нисходящее движение, весьма сходно с манерой вращения комет вокруг солнца. Но кругового движения по концентрическим орбитам вокруг солнца они, однако, никогда не могли бы приобрести благодаря действию одной только силы тяготения.

Если бы даже вся материя была сначала распределена между несколькими системами, а каждая система волей божественной силы была устроена подобно нашей системе, тем не менее системы, расположенные снаружи, нисходили бы к расположенным в самой середине, так что такой порядок вещей не мог бы существовать как постоянный без божественной силы, направленной к его сохранению, в чем и состоит второй довод. С вашим третьим доводом я совершенно согласен.

Что касается приведенной выдержки из Платона, то нет такой общей для всех точки пространства, чтобы при падении из нее всех планет и при их нисхождении с однообразными и равными силами тяготения (как предполагает Галилей) они при достижении своих различных орбит приобретали те различные скорости, с которыми они теперь обращаются по этим орбитам. Если предположить, что сила тяготения каждой планеты к солнцу имеет величину, соответствующую ее действительной величине,

и что движения планет обращены наверху, то каждая планета поднимется на высоту, равную двойному расстоянию ее от солнца. Сатурн будет совершать восходящее движение до тех пор, пока он не достигнет высоты, равной двойному теперешнему расстоянию его от солнца, но не большей. Юпитер поднимается еще на такую же высоту, какую он занимает теперь, т.е. окажется немногим выше орбиты Сатурна; Меркурий поднимется до двойной теперешней высоты, т.е. до орбиты Венеры, и т.д. для всех остальных планет. Если затем вновь заставить их ниспадать, исходя из тех положений, до которых поднялась каждая планета, то они снова достигнут своих различных орбит с теми же самыми скоростями, которые они имели первоначально и с которыми они обращаются в настоящее время.

Если, однако, одновременно с превращением их вращательных движений в движения восходящие, уменьшить наполовину силу тяготения солнца, вследствие действия которой постоянно задерживается их восхождение, то планеты будут теперь постоянно двигаться кверху и на равных расстояниях от солнца все они

[552/769]

должны обладать одинаковыми скоростями. Меркурий по достижении им орбиты Венеры будет иметь такую же скорость, как Венера, а вместе с этой последней по достижении ими орбиты земли они будут иметь скорость, одинаковую с землей, и т.д. в отношении остальных планет. Если все они начинают совершать восходящее движение одновременно и при этом по одной и той же линии, то при своем восхождении планеты будут постоянно все более сближаться друг с другом, а их движения будут постоянно приближаться к равенству между собой и сделаются наконец медленнее любого выбранного движения. Предположим поэтому, что это восходящее движение продолжалось до тех пор, пока они не стали почти соприкасающимися, а их движения — совсем незначительными, и далее, что все их движения в один и тот же момент времени изменили опять свое направление на обратное или, как это почти равносильно, что все планеты только лишились существовавших у них движений и начали в этот момент падать. Тогда все они в одно и то же время достигли бы своих различных орбит, каждая с той скоростью, которую она имела первоначально. Если бы затем их движениям было сообщено боковое уклонение и в то же время сила тяготения солнца была удвоена, для того чтобы оказаться достаточной для удержания планет на их орбитах, то все они, обращались бы по этим последним, как и перед своим восхождением. Если бы,

однако, удвоения силы тяготения солнца не произошло, то планеты ушли бы со своих орбит, двигаясь по параболическим линиям к высочайшим пределам небесного пространства. Эти выводы следуют из моих «Математических начал», книга I, предложения XXXIII, XXXIX,

Благодарю еде за обещанный подарок и остаюсь ваш...

[533/770]

Затруднения, выдвинутые г. Лейбницем в 1715 и 1716 гг. против мнения некоторых знаменитых английских писателей, касающихся шагал философии и естественной религии, с ответами г. Кларка, доктора богословия и ректора церкви св. Джемса.²⁹³

Difficultez de M. Leibniz, proposées en 1715 et 1716 contre les sentiments de quelques célèbres écrivain anglais touchant les principes de la Philosophie et de la Religion Naturelle avec les reponses de M. Clarke, Docteur en Théologie et Recteur de l'église de St. James.

Переписка Лейбница и Кларка завязалась по поводу сомнений и несогласий Лейбница с теорией Ньютона. Лейбниц обратился 15 сентября 1715 г. с письмом к принцессе Уэльской. Ответ на это письмо написал по просьбе принцессы друг Ньютона Самюэль Кларк. Лейбниц ответил на это письмо, выставляя ряд возражений; Кларк снова опровергает его доводы. Переписка происходила через посредство принцессы Уэльской.

Переписка, изданная Демезо (Des Maireau), содержит пять писем Лейбница и пять ответов Кларка. Смерть помешала Лейбницу продлить этот спор. В настоящем сборнике приводится ряд отрывков из этих писем.

Recueil de diverses pieces, sur la Philosophie, la Religion Naturelle, l'Hostoire, les Mathematiques etc par Mrs. Leibniz, Clarke, Newton et autres Auteurs célèbres, t. I, Amsterdam 1720 г. См. содержание третьей темы стр.

Посвящение ее королевскому высочеству госпоже принцессе Уэльской.

(Стр. LXXXVII—XCI)

Этот ученый человек (Лейбниц) заявляет, что то, что заставило его

293 Перевод с французского сделан по изданию.

взять на себя смелость написать свое первое письмо по этому поводу вашему королевскому высочеству, был страх, чтобы основы естественной религии не были поколеблены философи-

[554/771]

ей г-на Ньютона. Я же нахожу, наоборот, что с самой глубокой древности и до нашего века никогда не закладывались основы *естественной религии* столь глубоко и столь прочно, как то делает математическая и экспериментальная философия этого великого человека. Желание вашего королевского высочества достигнуть наибольшей точности в отыскании истины, в соединении с тем интересом, который ваше королевское высочество проявляет ко всему, что может касаться религии, не позволило вам допустить, чтобы подозрения, высказанные личностью, столь выдающейся в ученном мире, как г-н Лейбниц, остались без огнем.

Христианская религия предполагает истинность естественной религии. Все, что опровергает естественную религию, опровергает, следовательно, с тем большим правом христианскую; и все, что служит к утверждению естественной религии, служит также к соответствующей мере к поддержанию интересов второй. Соответственно философия имеет важное значение для религии, когда она берется разрешать вопросы, которые возникают относительно *свободы и рока*, относительно *пределов активности материи и движения* и при обсуждении доказательств, которые дает нам природа в том, что бог постоянно правит вселенной, Весьма полезно хорошо понимать различие, которое существует между гипотезами или простыми предположениями и законными и несомненными следствиями экспериментальной и математической философии, которые для людей, способных достичь столь высоких знаний, имеют совершенно необычайную силу и преимущество для подтверждения, установления и защиты против всякого рода возражений относительно *великих и основных истин естественной религии*, которые мудрость провидения запечатлела в некоторой мере в умах людей, даже самых ограниченных, которые не обладают той степенью способности, которая нужна для исследования убедительных доказательств.

ПЕРВОЕ ПИСЬМО Г. ЛЕЙБНИЦА

Извлечение письма г-на Лейбница к ее королевскому высочеству г-же принцессе Уэльской, написанного в ноябре 1716 г.

(Стр. 3–5)

Кажется, и сама естественная религия приходит в упадок (в Англии). Многие стремятся приписать душе телесные свойства; другие же самого бога делают материальным.

Г-н Локк и его приверженцы, по крайней мере, испытывают сомнения относительно того, не являются ли души материальными и не подвержены ли они естественной гибели.

[555/772]

Г-н Ньютон говорит, что пространство — это орган, которым бог пользуется, чтобы воспринимать вещи. Но если он нуждается в каком-то средстве, для того чтобы их чувствовать, то, следовательно, они от него зависят всецело и не являются его творением.

Г-н Ньютон и его приверженцы имеют еще одно весьма своеобразное мнение о деяниях бога. По их мнению, бог должен время от времени заводить свои часы²⁹⁴, иначе они перестанут действовать. Он не обладал достаточной предусмотрительностью, чтобы сообщить вечное движение. Эта божественная машина даже настолько несовершенна, по их мнению, что он вынужден от времени до времени исправлять ее путем чрезвычайного вмешательства, подобно часовщику, который будет тем более плохим мастером, чем чаще ему придется прикасаться к делу рук своих и исправлять его. По моему же мнению там вечно продолжает существовать неизменная сила и мощь, которая лишь переходит от материи к материи, следуя законам природы и прекрасному порядку, предустановленному с самого начала. И я считаю, что когда бог творит чудеса, то он делает это не ради поддержания нужд природы, но ради благодати. Мыслить иначе значило бы быть очень никакого мнения о мудрости и могуществе бога.

²⁹⁴ Г-н Лейбниц, видимо, имеет здесь в виду следующие слова г-на Ньютона: «Так как планеты движутся по весьма эксцентрическим орбитам, в очень разнообразных направлениях, к различным частям неба, то невозможно представить, чтобы слепая неизбежность заставляла все планеты двигаться по концентрическим орбитам в подобных направлениях; если исключить некоторые едва заметные неправильности, которые могут вызываться взаимодействием комет и планет и которые, возможно, будут увеличиваться по мере протечения долгого времени, до тех пор пока эта система не станет нуждаться в том, чтобы ее творец привел ее в прежний порядок». *Прим. издателя писем.*

ПЕРВЫЙ ОТВЕТ Г-НА КЛАРКА.

(Стр. 6).

Это правда и это весьма плачевно, что в Англии, как и в других странах, есть люди, отрицающие даже естественную религию или искажающие ее в крайней мере. Но после разнузданных нравов это следует приписывать главным образом ложной философии материалистов, с которой борются математические принципы философии. Правда также, что есть люди, которые душу делают материальной и самого бога телесным; но эти люди открыто объявляют себя противниками математических начал философии, которые являются единственными началами, доказывающими, что материя является самой малой и наименее значительной частью вселенной.

(Стр. 8 - 11)

Если среди людей один работник считается по праву тем более ловким, что сделанная им машина дольше сохраняет правильное движение без того, чтобы к ней приходилось касаться, то это потому, что ловкость всех человеческих работников состоит лишь в том, чтобы составлять и соединять некоторые части, обладающие движением, принципы которого совершенно не зависят от работника, как гири и пружины и т.д., силы которых вызываются отнюдь не работником, который лишь приспособливает их и соединяет их между собой. Совершенно иначе обстоит дело в отношении бога, который не только составляет и размещает вещи, но является еще творцом их первоначальных сил, или их движущих сил и сохраняет их постоянно. И, соответственно, говорить, что ничто не делается без его провидения и без наблюдения, отнюдь не значит унижать его дело; скорее это значит показывать величие и совершенство его дела. Идея тех, кто утверждает, что мир есть большая машина, движущаяся без божьего вмешательства, подобно тому как часы продолжают двигаться без помощи часовщика; эта идея, говорю я, вводит материализм и фатализм; и под предлогом сделать из бога, *Jntelligentia supra-mundana*²⁹⁵ она стремится в действительности изгнать из мира божье провидение и управление. Я

²⁹⁵ Разум, стоящий над миром. Намек на место из «Теодицее» Лейбница, где он говорит: «согласно нашим воззрениям бог есть внемировой разум или лучше сказать сверхмировой разум». *Прим. ред.*

добавляю, что с тем же правом, по какому философ может вообразить, что в мире со времени его сотворения все происходит без участия провидения, последователю Пиррона²⁹⁶ будет нетрудно пойти в своих рассуждениях далее и предположить, что все вечно происходило подобно тому, как оно происходит в настоящее время, без всякой необходимости допускать творение или иного творца мира кроме того, что этот сорт людей называют глубоко мудрой и вечной природой. Если бы король обладал королевством, где все происходило бы без его вмешательства и без его приказаний относительно того, как должны идти дела, то о отношении его это было бы королевством лишь по названию; и он не заслуживал бы названия короля или правителя. И поскольку по праву можно заподозреть, что те, кто считает, что в королевстве все может идти вполне хорошо без вмешательства короля, поскольку можно, говорю я, подозревать, что они были бы не прочь вовсе обойтись без короля, постольку можно оказать что те, кто утверждает, что вселенная не нуждается в том, чтобы господь направлял и правил ею постоянно, выставляют доктрину, которая стремится изгнать его из мира.

[569/774]

ВТОРОЕ ПИСЬМО Г-НА ЛЕЙБНИЦА ИЛИ ОТВЕТ НА ПЕРВОЕ ПИСЬМО Г-НА КЛАРКА

(Стр. 12–15)

Вполне правильно говорится в письме, переданном г-же принцессе Уэльской и которое ее королевское высочество соблаговолила мне послать, что после порочных страстей принципы материалистов сильно способствуют поддержанию безбожия. Но я не думаю, что возможно говорить о том, что математические принципы философии противоположны принципам материалистов. Наоборот, они одинаковы: исключая то, что материалисты, по примеру Демокрита, Эпикура и Гоббса, ограничиваются одними лишь математическими принципами и не допускают ничего кроме тел, а математики-христиане допускают еще субстанции нематериальные. Таким образом не математические начала в обычном смысле этого слова, а принципы метафизические следует противопоставлять принципам материалистов. Пифагор, Платон и отчасти Аристотель имели об этом некоторые познания; но я считаю, что я установил их достаточно убедительно,

296 Пиррон - философ-софист. *Прим. ред.*

хотя и в популярном изложении, в моей «Теодицее». Великим основанием математики является принцип противоречия или тождества, т.е., то, что утверждение не может быть правильным и ложным в одно и то же время и что, таким образом, A есть A и не может быть не A . И одного этого принципа достаточно, чтобы доказать всю арифметику и всю геометрию, т.е. все математические принципы. Но для того чтобы перейти от математики к физике, нужен еще другой принцип, как я заметил в моей «Теодицее», — это принцип достаточного основания, т.е. что ничто не происходит без того, чтобы не было основания для того, чтобы это происходило так, а не иначе. Вот почему Архимед, желая перейти от математики к физике, в своей книге о равновесии был вынужден применить особый случай великого принципа достаточного основания. Он принимает за установленное, что если имеется рычаг, в котором обе части совершенно одинаковы и если подвесить с обеих сторон к обоим концам этого рычага одинаковые грузы, то все останется в покое. Это так, потому что нет никакой причины для того, чтобы опустился один конец, а не другой. Итак, одним этим принципом, именно тем, что нужно, чтобы была достаточная причина того, что вещи существуют так, а не иначе, доказывалось божество и все остальное в метафизике или в естественной теологии; и даже некоторым образом доказываются физические принципы, независимые от математики, т.е. принципы динамические или принципы силы.

Говорят, что согласно математическим принципам, т.е.

[570/775]

согласно философии г-на Ньютона (ибо математические принципы здесь не решают ничего), материя является наименее значительной частью вселенной. Ибо он допускает помимо материи пустое пространство; а по его мнению материя занимает лишь очень малую часть пространства. Но Демокрит и Эпикур утверждали то же самое, исключая то, что они несколько расходились в этом с Ньютоном и что, быть может, согласно их мнению, в мире имеется больше материи, чем по мнению Ньютона. В этом, я думаю, они были правы, ибо чем больше существует материи, тем больше возможности у бога проявлять свою мудрость и свое могущество: поэтому-то среди прочих аргументов, я утверждаю, что пустоты не существуют вовсе.

ВТОРОЙ ОТВЕТ Г-НА КЛАРКА

(Стр. 20 – 21)

Когда я говорил, что «Математические начала философии» противоречат принципам материалистов, я хотел показать, что в то время как материалисты предполагают, что структура вселенной могла бы быть произведена по одним лишь механическим принципам материи и движения, необходимости и предопределения, «Математические начала философии» показывают, наоборот, что положение вещей (строение солнца и планет) могло бы быть создано лишь причиной разумной и свободной. По отношению к слову математики или метафизика можно называть, если считать это уместным, математические принципы принципами метафизическими, поскольку метафизические следствия явно рождаются из математических принципов. Правда, ничего не существует без достаточной причины и ничто не существует тем способом и не иным, без того чтобы на это имелось также достаточное основание, а следовательно, когда не существует никакой причины, то не может быть никакого действия. Но этим достаточным основанием является часто просто божья воля. Например, если рассудить, почему известная часть или система материи была создана в одном известном месте, а другая – в другом известном месте, тогда как поскольку любое место было абсолютно безразлично для всякой материи, то абсолютно то же самое было бы *vice versa* (наоборот), если предположить, что эти две части материи (или их частицы) подобны; если, говорю я, обсудить это, то не найдется никакой иной причины, кроме простой воли бога. И если бы эта воля никогда не могла действовать, не будучи предопределенной какой-либо причиной, подобно тому как весы не могли бы двигаться, не будь груза, чтобы их наклонить, то бог не имел бы свободы выбора, и это означало бы ввести фатализм.

[571/776]

ЧЕТВЕРТЫЙ ОТВЕТ Г-НА КЛАРКА

(Стр. 66 – 69)

Если вселенная в своем протяжении ограничена, то пространство за пределами мира не воображаемо, но реально. Также и пустые пространства в самом мире не воображаемы. Несмотря на наличие световых лучей и, быть может, еще какой-либо материи в небольшом количестве, в сосуде, малость сопротивления ясно показывает, что большая часть этого пространства свободна от материи. Ибо тонкость материи не может быть причиной малого сопротивления. Ртуть состоит из частей не менее тонких и текучих, чем части воды; и, однако, сопротивление ее превышает

вдесятеро сопротивление воды. Поэтому-то сопротивление это обусловлено *количеством*, но не *грубостью*, материи.

Пространство, лишённое тел, есть свойство бестелесной субстанции. Пространство не ограничено телами, но оно равно существует как в самих телах, так и вне их. Не пространство заключено между телами, но сами тела, находясь в бесконечном пространстве, ограничены своими размерами.

Пустое пространство не есть сказуемое без подлежащего, ибо под этим мы подразумеваем не пространство, где нет ничего, но пространство, свободное от тел. Бог, без сомнения, присутствует во всяком пустом пространстве; и, быть может, в этом пространстве находятся еще какие-либо нематериальные субстанции, неосязаемые и невоспринимаемые никакими из наших органов чувств.

Пространство не есть субстанция, но атрибут, и если оно — принадлежность существа, существование которого необходимо, то оно и должно (как и все атрибуты подобного существа) существовать с большей необходимостью, нежели сами субстанции, которые не необходимы. Пространство огромно, неподвижно и вечно; и то же самое следует сказать о длительности. Но отсюда не следует еще, что существует что-либо вечное вне бога. Ибо пространство и длительность не суть вне бога: они — непосредственное и необходимое следствие его существования, без которых он не мог бы быть вечным и вездесущим.

(Стр. 79 — 81)

Справедливо, что если бы тело могло притягивать другое без посредства чего-либо постороннего, это было бы не чудом, но противоречием, ибо значило бы, что вещь действует там, где ее нет. Но средство, с помощью которого два тела притягивают друг друга, может быть невидимым и неосязаемым и обладать природой, отличный от механического устройства, что не

[572/777]

мешает тому, чтобы постоят иное и регулярное действие могло называться естественным, ибо оно много менее удивительно, чем движение животных, которое, однако, как чудо никто не принимает.

Если термином «естественные силы» обозначить здесь силы механические, все животные, не исключая и человека, окажутся чистыми машинами подобно часам. Но если термин этот не обозначает механические силы, то тяготение может быть вызвано силами *правильными* и *естественными*, хотя бы и не механической природы.

ПЯТОЕ ПИСЬМО ЛЕЙБНИЦА

(Стр. 97 – 99)

Так как пространство само по себе есть вещь идеальная, как время, то необходимо, чтобы пространство за пределами мира было мнимым, как это было признано уже схоластами. То же относится к пустому пространству внутри мира; его я считаю мнимым еще по причинам, высказанным мною выше.

Мне возражают, приводя пустоту, изобретенную Герике в Магдебурге, которая получается при выкачивании воздуха из сосуда, и утверждают, что в сосуде имеется действительная пустота, т.е. пространство, совершенно свободное от материи, по меньшей мере частично. Аристотелианцы и картезианцы, которые не допускают действительной пустоты, ответили на этот опыт Герике, так же как и на опыт Торричелли во Флоренции (выгонявшего воздух из стеклянной трубки с помощью ртути) тем, что ни в трубке, ни в сосуде пустоты в действительности совсем не было, ибо стекло обладает тонкими порами, через которые могли проникать лучи света, магнитные лучи и другие очень тонкие вещества. И я согласен с их мнением, находя, что сосуд можно было бы сравнить с ящиком, изрешеченным дырами, помещенным в воду, полную рыб или других грубых тел; удалив эти грубые тела, мы не освободили бы, однако, ящик от воды. Различие, однако, в том, что вода, будучи более послушной и подвижной, нежели грубые тела, обладает такой же, если не большей, массивностью; тогда как материя, которая входит в сосуд вместо воздуха, гораздо тоньше его. Новые сторонники пустоты отвечают на это, что не степень грубости, а только количество материи обуславливает ее сопротивление; и следовательно, где меньше сопротивления, там больше пустоты. К этому добавляют, что тонкость не имеет значения, что части ртути так же тонки, как части воды, и что тем не менее сопротивление ртути в десять раз превышает сопротивление воды. На это я отвечаю, что сопротивление обуславливается не столько количеством материи, сколько трудностью, с какой она поддается

[573/778]

проникновению. Например, плавающее дерево содержит меньше тяжелой материи, чем равный объем воды и тем не менее оно оказывает больше сопротивления судну, чем эта последняя.

(Стр. 110)

Наконец, если пространство, свободное от тел (которое можно вообразить), не пусто, то чем-же оно наполнено? Быть может, там существуют

имеющие протяжение духи или нематериальные субстанции, способные сокращаться и расширяться, блуждающие там и проникающие друг в друга без затруднений, как тени двух тел проникают друг в друга на стене. Я предвижу возвращение занятых предположений покойного Генри Мера (человека весьма образованного и добрых к тому же намерений) и некоторых других, думавших, что духи эти могут становиться непроницаемыми, когда им захочется. Были даже такие, которые вообразили, что человек до грехопадения также обладал даром проникновения, но что после падения он стал твердым, непрозрачным и непроницаемым. Не значит ли это искажать, самые понятия вещей, давать богу части, придавать духам протяженность? Единственный закон *необходимости достаточного основания*, может рассеять эту игру воображения. Человек очень легко создает себе фикции, лишь только он отдаляется от этого великого принципа.

(Стр. 112–114)

Чтобы доказать мне, что пространство, свободное от тел, представляет некоторую абсолютную реальность, мне возражали, что конечная материальная вселенная могла бы блуждать в пространстве. Я ответил, что мне не кажется возможным, чтобы материальная вселенная была конечной; и если бы это представить себе, то единственным возможным движением в мире было бы движение его частей друг относительно друга, ибо иначе движение не производило бы никаких изменений, доступных наблюдению, и было бы бесцельно. Иначе обстоит дело при перемещении частей относительно друг друга, ибо здесь можно различить движение в пространстве, которое состоит в изменении порядка соотношений. Здесь отвечают, что истинность движения не зависит от наблюдения и что корабль может двигаться, а сидящий в нем не замечать того. Я отвечаю, что движение независимо от наблюдателя, но отнюдь не независимо от наблюдаемости. Не существует движения там, где нет изменения, доступного наблюдению. И даже больше: там, где нет доступного наблюдению изменения, нет изменения и вовсе. Противное основано на представлении абсолютного реального пространства, которое я отверг с помощью доказательства, основанного на принципе необходимости достаточного основания вещей.

[574/779]

Я не нахожу ничего в восьмом определении «Математических начал Природы», а также в схолии этого определения, что доказывало бы или могло бы доказать реальность пространства самого по себе. Однако я согласен, что есть различие между *абсолютным истинным движением*

тела и простым изменением положения относительно другого тела. Ибо, когда непосредственная причина изменения заключена в теле, оно находится в истинном движении; и тогда положение других тел относительно него также изменяется, хотя причина изменения и не заключена в них. Правда, что в точном смысле не существует тел, которые находились бы полностью в совершенном покое, но это предполагают в абстракции при рассмотрении вопросов с точки зрения математики. Таким образом я ничего не оставил без ответа из того, что было выдвинуто для доказательства абсолютной реальности пространства. И я доказал неправоту такой реальности, исходя из основного принципа, принадлежащего к числу наиболее разумных (естественных) и испытанных и из которого нельзя найти исключений. Наконец из всего, что я сказал, можно легко заключить, что я не должен допускать ни *движущейся вселенной*, ни возможности существования какого-либо места вне материального мира.

(Стр. 119)

Я вовсе не говорю, что материя и пространство — это одно и то же. Я только утверждаю, что там, где нет материи, нет и пространства; и что пространство само по себе не есть абсолютная реальность. Пространство и материи отличаются как время и движение. Однако объекты эти хотя и различной природы, но неотделимы друг от друга.

(Стр. 121)

Части пространства определяются и различаются лишь вещами, которые в них находятся, и разнообразие вещей в пространстве определяет различное воздействие бога на различные части пространства. Но пространство, взятое без вещей, не представляет собой ничего определяющего и даже ничего действительного.

(Стр. 135)

Я не берусь здесь устанавливать мою динамику или мою доктрину сил: задача эта не соответствует месту. Однако я могу очень хорошо ответить на сделанное мне замечание. Я утверждал, что *активные силы* сохраняются в мире. Мне замечают что при столкновении двух неупругих или мягких тел сила теряется. Я отвечаю отрицательно. Правда, целое теряет при этом часть его *общего* движения, но части получают эту силу, будучи

[575/780]

внутренне возбуждены силой столкновения. Таким образом эта убыль только кажущегося характера. Силы не уничтожаются, но распределяются между большим количеством мелких частей. Это те значит терять

их, но происходит нечто подобное размену крупной монеты на мелочь. Однако я попрежнему согласен с тем, что количество движения не остается постоянным; в этом я согласен с тем, что оказано на стр. 341 «Оптики.» Ньютона²⁹⁷. Но я уже показал в другом месте²⁹⁸, что существует разница между количеством *движения* и количеством *продвижения*.

(Стр. 136)

Мне также говорили, что сила в материальном мире уменьшается естественным путем и что это проистекает из зависимости вещей. В третьем своем ответе я потребовал, чтобы мне доказали, что этот недостаток действительно имеет причиной взаимозависимость вещей. Однако от ответа на этот вопрос уклоняются в сторону, заявляя, что это не является недостатком. Но независимо от того, недостаток это или нет, следовало доказать, что это — следствие взаимозависимости вещей.

Однако следует заключить, что то, что делает машину мироздания столь же несовершенной, как и произведение дурного часовщика, должно быть названо недостатком.

Теперь мне говорят, что это является следствием инерции материи; однако это положение не более доказуемо. Инерция эта, выдвинутая и названная Кеплером и упоминавшаяся Декартом в его «Письмах» и которой я воспользовался в «Теодицее», чтобы дать картину и образец природного несовершенства созданий, инерция эта производит единственное действие, именно, что скорости уменьшаются при увеличении масс, однако силы остаются неизменными.

(Стр. 141)

В хорошей философии и в здоровой теологии следует различать то, что может быть объяснено *природой и силой существ* и тем, что не может быть объяснено иначе, как силами бесконечной субстанции. Нужно разделять бесконечным расстоянием деяния бога, которые простираются за границы природных сил, и действия вещей, подчиняющиеся законам, данным им богом, который сделал их способными следовать этим законам по их природе, хотя и с его помощью.

Сюда относятся притяжения и другие действия, необъяснимые природой созданий, которые приходится объяснять чу- . [576/781] дом или же прибегать к нелепостям, т.е. к скрытым качествам схоластиков, которые

297 См. отрывки из «Оптики» Ньютона на стр. 722 сборника. *Прим. ред.*

298 См. «Динамику» Лейбница на стр. 384 и след. сборника. *Прим ред.*

нам начинают излагать под особым названием «силы», но которые возвращают нас в царство мрака. Это *inventa fruge glandibus vesci* [дословно: найдя плод, питаться желудями — Ред.].

Во времена г-на Бойля и других достойных людей, которые процветали в Англии в начале царствования Карла Второго, не осмелились бы излагать нам столь пустые понятия. Я надеюсь, что это прекрасное время вернется при таком превосходном правительстве, каким является наше нынешнее, и что умы, несколько излишне отвлеченные бедственными временами, вернуться к делу лучшего развития основательных знаний. Основной заслугой г-на Бойля было внушить, что в физике все происходит механически. Но несчастье людей заключается в том, что им в конце концов становится противен сам разум, что свет надоедает им. Химеры начинают возвращаться и нравятся, так как в них находят что-то чудесное. В философской области происходит то же, что произошло в области поэтической. Хорошие романы, как *Clelie* или *l'Agamene*²⁹⁹ надоели, я с некоторого времени возвратились к волшебным сказкам.

Что касается движения небесных тел и еще более возникновения растений и животных, то здесь нет ничего, что бы можно было приписать чуду, за исключением начала этих вещей. Организм животных является механизмом, предполагающим божественное сотворение; то, что отсюда следует, совершенно естественно и совершенно механично.

Все происходящее в теле человека и в теле всякого животного так же механично, как и то, что происходит в часах. Разница здесь лишь та, которая должна необходимо существовать между машиной, изобретенной богом, и делом мастера, столь ограниченного, как человек.

(Стр. 144-146)

Я возразил, что собственно притяжение есть понятие схоластическое и было бы действием на расстоянии *без какого-либо посредства*. Здесь отвечают, что притяжение *без посредства* было бы противоречием. Прекрасно, но как же понимать то, что солнце должно притягивать земной шар через пустое пространство? Может быть бог служит здесь посредником? Но это было бы чудом, если таковое когда-либо имело место. Это бы превосходило силы его созданий.

Или, быть может, этим предполагаемым посредником являются какие-либо нематериальные субстанции или какие-то

299 Два популярных в XVII в. романа. *Прим. ред.*

[577/782]

бестелесные лучи, или какое-либо явление без вещества, что-либо как бы преднамеренное или еще что-либо, я не знаю что, вещи, запас которых в голове кажется еще достаточно велик, но которые нет возможности как следует объяснить.

Говорят, что этот способ сообщения невидим, неосязаем и немеханичен. С тем же правом можно было бы прибавить необъясним, непонятен, ненадежен, неоснователен, беспримерен.

Но он правилен, говорят они, он постоянен и, следовательно, естественен. Я отвечаю, что он не мог бы быть правильным, не будучи разумным, и не мог бы быть естественным, не будучи объяснимым природой творений.

Если это посредство, дающее место действительному притяжению, постоянно и в то же время необъяснимо силами творений и если при всем том оно существует, то это — непрекращающееся чудо, а если чуда здесь нет, то значит оно ложно. Это вещь химерическая, скрытое схоластическое свойство.

Это подобно тому, как если бы тело двигалось по кругу, не отклоняясь по касательной, без существования чего-либо поддающегося объяснению, чтобы мешало ему это сделать. Этот пример я уже приводил и на него не последовало ответа, так как он слишком ясно показывает разницу между действительным свойством, с одной стороны, и скрытым химерическим качеством школ — с другой.

Естественные силы тел все подчиняются механическим законам, а естественные силы духовных начал всецело подчинены моральным законам. Первые следуют порядку действующих причин, а вторые — порядку конечных причин. Первые действуют несвободно, как часы, вторые же действуют свободно, хотя они точно согласуются с тем родом часов, которые другая высшая свободная причина заранее к ним приноровила.

ПЯТЫЙ ОТВЕТ Г-НА КЛАРКА

(Стр. 160-161).

Так как ученый автор вынужден здесь признать, что между абсолютным движением и движением относительным существует разница, то мне кажется, что отсюда необходимо следует, что пространство является вещью, совершенно отличной от положения или от порядка тел. Об этом читатели смогут судить, сравнивая то, что говорит здесь автор, с тем, что можно найти в «Началах» г-на Ньютона (кн. 1, опред. 8).

* * *

[578]

*МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКАЯ КРИТИКА НЬЮТОНОВСКОЙ КОНЦЕПЦИИ
МАТЕРИИ ДВИЖЕНИЯ В XVII В.*

1. *Джон Толанд*, Письма к Серене.
2. *Пьер Симон де Лаплас*, Изложение системы мира. Седьмое примечание к «Системе мира».
3. *Иммануил Кант*, Общая естественная история и теория неба.

Boris Mikhailovich Hessen (russ. Ges-sen) was born 1893 in Elisavetgrad, in the Kherson Governorate of the Russian Empire (now Kropyvnytskyi, Ukraine) to a Jewish middle class family. He studied physics and natural sciences at the University of Edinburgh (1913–1914) together with his school friend and future nobel prize laureate Igor Tamm. He went to study at the St. Petersburg University (1914–1917) and then enlisted in the Red Army in the Russian Civil War. He joined the Communist Party in 1919 and became a member of the Revolutionary Military Council (1919–1921) and worked at the Party School. He also continued his physics studies at various places eventually graduating from the Institute of Red Professors in Moscow in 1928. After working in the institute for two more years, he became a physics professor and the chair of the physics department at the Moscow State University in 1931. In 1933 he was elected a member of the Russian Academy of Sciences.

From 1934 to 1936 Hessen was a deputy director of the Physics Institute in Moscow headed by S.I. Vavilov. On 22 August 1936 Hessen was arrested by the NKVD. He was secretly tried for terrorism by a military tribunal together with his gymnasium school teacher Arkadij O. Apirin. They were found guilty on 20 December 1936 and were executed by shooting the same day. On 21 April 1956 both Apirin and Hessen were rehabilitated (posthumously exonerated).

Pietro Daniel Omodeo

Pietro Daniel Omodeo is a cultural historian of science and a professor of historical epistemology at Ca' Foscari University of Venice, Italy. His main areas of inquiry are the cultural history of cosmology and the politics of science.

Among other publications, he authored the monographs *Political Epistemology: The Problem of Ideology in Science Studies* (2019) and *Defending Descartes in Brandenburg-Prussia: The University of Frankfurt an der Oder in the Seventeenth Century* (2022, in press).

He leads the Max Planck Partner Group in Venice *The Water City* on Anthropocene Venice, and is responsible for the projects *EarlyModernCosmology* (funded by the European Research Council, Horizon 2020, GA 725883) and *EarlyGeo-Praxis* (FARE project, funded by the Italian Ministry of University and Research).

Sean Winkler

Sean Winkler is a Lecturer in Philosophy at Loyola Marymount University (US) as well as the University of Redlands (US), and the author of the forthcoming book, *Boris Hessen & Philosophy* with Rowman & Littlefield. His main areas of specialization include the History of Modern Philosophy, Philosophy of Science and Continental Philosophy, while his areas of competence include Classical Chinese Thought and Phenomenology.

Gerardo Ienna

Gerardo Ienna is a Marie Skłodowska-Curie Global Fellow (MISHA – Horizon 2020; GA: 101026146) at University of Verona (Italy) & University of Maryland (US) with a project titled *Militant Science. European Physicists and the Emergence of Transnational Radical Science Movements*. He works at the boundary between historical epistemology, historiography of science and sociology of science.

Rose-Luise Winkler

Rose-Luise Winkler, née Walther, 1943 in Schwerin (Mecklenburg), studied domestic trade economics at the University of Rostock, graduating with a diploma in 1965. Doctorate in 1969 at the Faculty of Philosophy of the Lomonosov University in Moscow (Candidate of Philosophical Sciences). Until 1990 she worked at the Faculty of Philosophy of the Humboldt University in Sociology (1970-1972), from 1972 successively at two institutes of the German Academy of Sciences and the Academy of Sciences of the GDR respectively – Institute for Philosophy and Organization of Science (IWTO) and the Institute for Sociology and Social Policy. Within the framework of the agreements of the CMEA countries she participated in the program for science research (leading institution IGNT Moscow). Publications on the sociology of science, multiple participation in International Congresses on the History of Science (Mexico City 2001, Beijing 2005, Budapest 2009, Manchester 2013).

Verum Factum 01

**Manuscripts and Documents
on the History of Physics:
A Historical Materialist Textbook**
Boris Hessen

Edited by

Pietro Daniel Omodeo
Sean Winkler

Essays by

Rose-Luise Winkler
Sean Winkler
Gerardo Ienna
Pietro Daniel Omodeo

Translation

Giuliano Vivaldi

Revised by

Pietro Daniel Omodeo
Sean Winkler

Foreword by

Sascha Freyberg
Pietro Daniel Omodeo

Design

Irene Sgarro

Verum Factum
Studies and Sources on
Political Epistemology
Venice, September 2022
ISBN 9788832028171
ISSN 2974-5055
CC BY 4.0

Verum Factum, Dipartimento
di Filosofia e Beni Culturali
Università Ca' Foscari Venezia
Malcanton Marcorà, Dorsoduro
3484/D, 30123 Venezia

Editor-in-chief

Pietro Daniel Omodeo

Managing editor

Sascha Freyberg

Editorial collective

Senthil Babu D., Massimiliano Badino,
Sascha Freyberg, Gerardo Ienna,
Cat Moir, Pietro Daniel Omodeo,
Matteo Pasquinelli, Giulia Rispoli,
Matthias Schemmel, Charles T. Wolfe

Available in open access
at verumfactum.it

This book is part of a project that has received funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme (ERC-EarlyModernCosmology GA n. 725883). This book is the result of a collaboration between Ca' Foscari University of Venice, Department of Philosophy and Cultural Heritage, and the Max Planck Institute for the History of Science, Berlin in the framework of the Max Planck Partner Group in Venice, *The Water City: The Political Epistemology of Hydrogeological Praxis* (Rep. no 2484/2021 Prot. no 64999 of the 21/06/2021).



MAX PLANCK INSTITUTE
FOR THE HISTORY OF SCIENCE



The long lost textbook by Soviet scholar Boris Hessen (1893-1936) provides a backdrop for his attempt to develop a historical materialist account of physics as a model for the history of early modern science. It shows that this attempt, signaling the rise of the social history of science, took the complexities of scientific development seriously, in order to provide a deeper understanding of science as such, not only for Marxists. Hessen claims that historical knowledge and its sources provide a rich reservoir, without which science education remains incomplete:

No matter how new and unusual the theories of contemporary physics may be, no matter how radically they differ from the outlook of classical physics, the contemporary stage of development in physics is still a historical phase of its overall development. Therefore, knowledge of the history, of the origin, and development of physical theories not only aids in understanding its contemporary condition, but also helps to establish its historical roots and, by doing so, clears the way for new research.