
Aristotele per artigiani, ingegneri e architetti

Marco Sgarbi

Abstract: The Pseudo-Aristotelian *Mechanical Problems* is the oldest treatise on mechanics that has survived from antiquity. It had a pivotal role in the development of early-modern physics, especially during the Scientific Revolution when it gained a new momentum with a conspicuous number of Latin commentaries and translations. Besides the Latin theoretical production, various Italian vernacular commentaries, expositions and translations were produced for very practical purposes. Works such as those of Oreste Biringucci, Antonio Guarino, Nicolò Tartaglia and Giuseppe Moletti were addressed primarily to engineers, architects and bombardiers. The paper examines the intended public of these writings and their impact on the new scientific mentality.

Keywords: vernacular Aristotelianism, mechanics, Aristotle, artisans, engineers, architects, Tartaglia, Moletti, Piccolomini, Biringucci

1. Meccanica e meccanici nel Rinascimento

La conoscenza della filosofia aristotelica fu per lungo tempo di dominio esclusivo di filosofi e teologi e, con qualche più rara eccezione, di letterati. Con l'avvento dell'Umanesimo, invece, le opere aristoteliche cominciarono a diffondersi e ad essere conosciute da un più vasto pubblico. Nuovi destinatari delle opere aristoteliche furono ingegneri, mercanti, architetti e artiglieri e nuove furono le *trading zones* e i centri di produzione del sapere (botteghe artigiane, corti, arsenali, stamperie, miniere, farmacie).¹ L'accesso al sapere aristotelico da parte di questi gruppi professionali, ancora prevalentemente considerati come artigiani,² rappresenta una novità nel panorama della cultura del Rinascimento e costituì un fenomeno significativo per le origini della scienza, non solo in Italia, ma in tutta Europa.³

Nel Medioevo, come è noto, gli artigiani basavano la loro tecnica costruttiva sul "senso comune" senza appoggiarsi a particolari teorie scientifiche,⁴ tant'è che gli storici hanno potuto affermare una totale indipendenza del pensiero tecnico dal pensiero scientifico.⁵ Al di là di questa rigida distinzione, troppo netta per i moderni canoni storiografici e per le nuove ricerche oggi disponibili,⁶ gli studi più recenti hanno dimostrato che nel Rinascimento gli artigiani ebbero un maggior accesso alla cultura e produssero una nuova forma di sapere contrapponendo il loro approccio alla realtà naturale a quello teorizzato dai professori universitari. D'altra parte a quell'epoca, com'è sta-

to giustamente ricordato, per occuparsi di scienza, e in particolare di meccanica, non era necessario conoscere il latino, né la matematica e nemmeno avere una cattedra universitaria.⁷ Di fatto, a parte qualche rara eccezione costituita da Leon Battista Alberti,⁸ gli artigiani di questo periodo avevano un'origine popolare ed erano privi di un'educazione classica e, quand'anche dimostravano una certa familiarità con il latino, gli argomenti da loro indagati erano tali che si rivolgevano per lo più a un pubblico con un basso livello di istruzione.⁹ Ciò non significa che questi artigiani fossero incolti, piuttosto i loro studi rientrano in quella categoria che è stata definita come "artisanal literacy".¹⁰

I modelli culturali e d'istruzione fra artigiani e professori universitari erano assai diversi, uno più pratico e uno più teorico.¹¹ È però un errore avanzare una decisa contrapposizione fra loro, infatti numerosi artigiani si occupavano di problemi teorici e numerosi professori si occupavano di problemi pratici.¹² Una netta distinzione non è possibile se non per mezzo di un'affrettata generalizzazione. Gli studi comunque dimostrano che nel Rinascimento crebbe e si diffuse l'idea che gli approcci "artigianali", capaci di intervenire direttamente sulla natura e governarla, giovavano di più alla conoscenza della realtà rispetto a quelle dottrine epistemologiche che risolvevano tutto il sapere all'interno della teoria, spesso basata sulla lettura dei libri delle autorità.¹³ Insomma s'impose l'idea che la metodologia applicata degli artigiani, degli ingegneri e dei tecnici portava a un effettivo progresso del sapere, talvolta molto più delle varie epistemologie aristoteliche sviluppate alla fine del Medioevo nelle aule universitarie. D'altra parte, come recenti studi hanno dimostrato, solo un terzo degli "scienziati", cioè di chi si occupava di astronomia, meccanica, matematica, etc., lavorava in università e tutto ciò veniva a rafforzare l'idea di una filosofia universitaria stagnante e una filosofia extra-universitaria più vivace e attenta nei confronti degli sviluppi scientifici.¹⁴ Nacque così una contrapposizione fra l'aristotelismo teorico del tutto sterile per il progresso della scienza e il sapere pratico sperimentale che produceva nuove conoscenze.¹⁵ Nondimeno nel Rinascimento questo sapere pratico era sorretto da teorie e da riflessioni che ebbero un certo impatto sulla cultura del periodo tanto che alcuni studiosi si sono spinti ad affermare che queste nuove figure emergenti del Rinascimento erano veri e propri intellettuali, mentre quelli del Medioevo erano semplici manovali.¹⁶ *Le mecaniche* di Guidobaldo del Monte,¹⁷ amico e maestro di Galileo Galilei,¹⁸ uscite prima in latino nel 1577, e poi tradotte in volgare da Filippo Pigafetta,

contengono un'esplicita difesa della dignità del "meccanico" e dell'"ingegnere":

Ma perciocché questa parola Mechaniche non verrà forse intesa da ciascheduno per lo suo vero significato, anzi troveransi di quelli, che stimeranno lei essere voce d'ingiuria, solendosi in molte parti d'Italia dire ad altrui Mechanico per ischernò,¹⁹ & villania; & alcuni per essere chiamati Ingegneri si prendono sdegno: non sarà per avventura fuori di proposito il ricordare, che Mechanico è vocabolo honoratissimo, dimostrante, secondo Plutarco, mestiero alla Militia pertinente, & convenevole ad huomo di alto affare, & che sappia con le sue mani, & co'l senno mandare ad esecuzione opre meravigliose a singulare utilità, & diletto del vivere humano. [...] L'essere Mechanico dunque, & Ingegniero [...] è officio da persona degna, & signorile: & Mechanica è voce Greca significante cosa fatta con artificio da muovere, come per miracolo, & fuori dell'humana possanza grandissimi pesi con piccola forza.²⁰

Resta da capire perché e come avvenne che nel Rinascimento gli artigiani, all'opposto del Medioevo, iniziarono ad occuparsi di problemi teorici, anziché di questioni prettamente pratiche.

Ci sono certamente diversi cambiamenti socio-culturali da prendere in considerazione e i più importanti sono indubbiamente il contatto con gli umanisti,²¹ la proliferazione delle scuole d'abaco e l'avvento della stampa.²² Fra questi si tende spesso a dimenticare la diffusione crescente dei volgarizzamenti.²³

Alcune ricerche agli inizi del XX secolo hanno cercato di riabilitare l'importanza dei volgarizzamenti nel più ampio spettro della letteratura scientifica di carattere popolare del Rinascimento.²⁴ Sino a oggi, tuttavia, è sopravvissuta l'idea di un'opposizione fra questi volgarizzamenti, che avrebbero diffuso idee tecnico-pratiche di scarso valore teoretico, e le opere latine altamente speculative, vere detentrici del sapere. Gli stessi studi che si sono occupati di aristotelismo, e in particolare di quell'"Aristotele meccanico" (cioè dei *Problemata mechanica*) che poteva destare un certo interesse a questi artigiani, hanno trascurato l'importanza della traduzione della scienza nelle varie lingue vernacolari. Eppure v'era più d'un motivo per guardare ai volgarizzamenti di queste opere d'Aristotele, se non altro proprio perché, il presunto testo fondatore della meccanica moderna, i *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* (1638) di Galileo Galilei, non solo era in volgare,²⁵ ma partiva proprio dalla discussione di problemi tipici della meccanica aristotelica.²⁶

A prima vista, Galilei si può considerare come il primo meccanico "moderno", o almeno la storiografia ha amato dipingerlo così. Allo stesso tempo, però, lo si può immaginare come l'ultimo di una serie di intellettuali che a partire dalla fine del Quattrocento iniziarono a trattare dei problemi connessi con la meccanica aristotelica in lingua volgare. La meccanica di questo periodo, com'è stato giustamente rilevato dagli studiosi,²⁷ si differenziava da quella concepita durante il Medioevo – che ignorava sostanzialmente i *Problemata mechanica* pseudo-aristotelici –²⁸ da quattro fattori: (1) essere in primo luogo una scienza teoretica, piuttosto che un'arte manuale, e questo come vedremo soprattutto grazie l'introduzione del testo aristotelico; (2) essere fondata sulla matematica o meglio sulla geometria, nonostante il suo oggetto di competenza fosse la "natura" e quindi in via aristotelica non analizzabile attraverso un metodo matematico; (3) riguardava movimenti artificiali, ovvero fuori o contro natura;²⁹ (4)

spiegava come questi movimenti potessero essere prodotti per fini umani.³⁰

Studiare gli sviluppi di questa meccanica dalla fine del Quattrocento a Galilei non è certo lo scopo del presente lavoro, infatti occorrerebbero indagini di storia della scienza piuttosto dettagliate, che in parte sono già state trattate in altre sedi da insigni studiosi.³¹ Questa ricerca si concentra soprattutto su quei lavori che riguardano direttamente i *Problemata mechanica* pseudo-aristotelici perché è proprio sulla scorta di una riflessione sulla filosofia aristotelica che la meccanica sembra prendere una decisiva "svolta teoretica". Prendo poi in considerazione i lavori in volgare non solo perché i *Discorsi* di Galilei sono in questa lingua, ma perché sono tipicamente rappresentanti di una cultura extrauniversitaria più eclettica, tendente al rinnovamento.

Per comprendere come la meccanica abbia attecchito così velocemente, insieme alla matematica, fra ingegneri, architetti e artigiani, bisogna considerare il tipo di educazione che veniva offerta a questi nelle scuole o botteghe dell'abaco. Solitamente l'iscrizione a queste istituzioni avveniva fra dieci e gli undici anni, comunque dopo aver completato gli studi di grammatica. Dal XIII secolo, il contributo di queste scuole risultò essere particolarmente importante per diffondere la matematica e il sistema numerale arabo fra mercanti, artigiani e ingegneri che ricevevano così un'istruzione elementare che andava al di là del semplice leggere e scrivere.

Il tipo di educazione offerta in questi centri di produzione del sapere, però, incominciò ben presto ad attrarre l'interesse di diverse categorie di lavoratori, come architetti, ingegneri, ma anche pittori e scultori, che non potevano accedere all'istruzione universitaria, ma che avevano bisogno di conoscenze, seppur rudimentali, di calcolo o di disegno. Il livello di preparazione poteva variare anche piuttosto sensibilmente: si passava da corsi sulle quattro operazioni a quelli sulle frazioni. In generale, si può dire che tutto l'insegnamento delle scuole dell'abaco era rivolto alla risoluzione pratica di problemi. Inoltre, i maestri dell'abaco avevano un'importante funzione sociale, ovvero quella di soprintendere le misurazioni delle varie opere pubbliche e di calcolare i vari pagamenti per le diverse costruzioni.³² Proprio per questa loro funzione, i maestri d'abaco si trovavano a stretto contatto con artigiani, carpentieri, architetti e ingegneri.³³ Questo portò soprattutto nel XVI secolo alla produzione dei cosiddetti *libri d'abaco*, finalizzati a diffondere le tecniche utilizzate da questi maestri nei lavori pratici di tutti i giorni.³⁴

Fra i più importanti esponenti delle scuole d'abaco dell'epoca troviamo Luca Pacioli che nel 1494 pubblicò in volgare un testo fondamentale per la meccanica rinascimentale, che influenzò anche Leonardo Da Vinci, ovvero la *Summa de arithmetica, geometria et proporzionalità*.³⁵ In quest'opera, non solo veniva posta una grande enfasi sulla popolarizzazione della conoscenza, ma si sosteneva anche energicamente l'applicazione della matematica alle faccende quotidiane di mercanti, artisti, artigiani e ingegneri.³⁶ Nella *Summa* Pacioli dichiara esplicitamente

el nostro principale intento è stato de dar norma con summa diligentia da ben sapere che in ditte facultà operare: si comme per suo ordinato processo manifestamente si po comprehendere. E perché ali tempi nostri la

chiara notizia de lor scabrosi termini fra li latini quasi e de perdita per la rarità de buoni preceptori che la dimostrino habiando sempre rispetto ala commune utilità de tutti li reverenti subditi [...] non che a quella un più alto chel Ciceroniano stilo non sospetaste, comme a fonte de eloquentia scrivendo sapartene. Ma ateso che a ognuno ciò non sia capaci. Però in materna e vernacula lingua mi son messo a disponerla, in modo che litterati e vulgari oltra lutile ne haranno grandissimo piacere in essa exercitandose.³⁷

Se si ascoltano anche le voci di altri autori di testi indirizzati ad artigiani, architetti, artiglieri, ingegneri si nota come questi fossero autenticamente mossi da un'esigenza di espandere il sapere alle persone che non conoscevano il latino e che dovevano applicare praticamente nella loro vita quotidiana ciò che avevano appreso solo teoricamente fra i banchi di scuola e sui libri, non curandosi dello stile attraverso la quale avrebbero esposto le loro idee.³⁸

Le cose d'architettura sono desiderata assai e praticate oggidi da huomini che non hanno molta intelligenza di lingua latina, sì come scoltori, dipintori, maestri di legname, e archi tettori vulgari [...] Farassi dunque ancor questo utile al mondo, traducendo nuovamente Vitruvio in bella lingua toscana, ingegnandosi di fare in tal modo, che s'egli è così difficile per la sottigliezza de la materia, non sia almen ruvido per l'asprezza, e l'intrigamento de le parole. [...] Questa fatica sarà molto utile a coloro che vorranno o parlare o scriver volgarmente in questa arte.³⁹

desidererei, che tutti m'intendessero, et da questo desiderio spinto, innanzi che io mi metessi a scrivere; non lasciai di recare il consiglio di molti miei amici intorno allo stile, che in ciò havea da tenere; et ultimamente havuto ragionamento col virtuoso, e mio sopra gli altri dolcissimo amico Messer Horatio Toscanella, in questa parte dello applicare gli stili convenienti alle materie, et ai soggetti tanto giudicioso quanto persona che io habbia conosciuta; fui da lui consigliato ad usare stile mezzano, et concetti i più facili, et chiari, et intelligibili, che io potessi; la onde sendo a me questa maniera di scrivere più di tutte la altre famigliare pensai essere bene di non lasciare il suo consiglio; come sicuro; et come quello che può [...] arrecarmi quella sodisfatione d'animo ch'io sommamente desidero; che è che tutti sentano (in quanto può essere) giovamente, et traggano utile delle mie fatiche, quali elleno si siano.⁴⁰

Io so, begneno lettore, che non poca maraveglia ti recarano nel animo quete mie fatiche, veggendo ch'io mi sia mosso a scrivere cosa che già da molti scienziati huomini sono uscite di mano, come s'io volessi retessere la tela di Penelope: ma se col sano occhi de la mente ben risguardi, vedrai che havendo essi scritto lattinamento, non hano giovato a tutti [...] il che veggendo mi sono sforzato con molti esempj renderti questa utilissima scienza sì chiara, e facile che non più cosa vecchia ma nuova la giudicarai.⁴¹

L'espansione del sapere si mosse così non solo verso il chiarimento di problemi pratici, ma anche in direzione di una riappropriazione teoretica di alcune problematiche legate soprattutto all'applicazione della meccanica aristotelica.

2. La "nuova scienza" di Niccolò Tartaglia

Erede ed esponente di questa tradizione di maestri d'abaco con una certa attenzione alla diffusione del sapere in lingua volgare e all'applicazione delle matematiche agli studi dei fenomeni naturali fu Niccolò Tartaglia (ca. 1499-1557).⁴² A causa delle avverse condizioni economiche della sua famiglia, Tartaglia ebbe prevalentemente un'educazione da autodidatta, come egli stesse confida:

N. Avanti, che mio padre morisse, fui mandato alquanti mesi a scola di leggere, ma perché a quel tempo io era molto piccolo, cioè di età de cinque in sei, non me aricordo el nome di tal maestro, vero è, che essendo poi di età di anni 14 vel circa. Andei volontariamente circa giorni 15 a

scola de scrivere da uno chiamato maestro Francesco, nel qual tempo imparai a fare la A b c per fin al K de lettera mercantesca. P. Perché così per fina al k et non più oltra. N. Perché li termini del pagamento (con el detto maestro) erano di darvi el terzo avanti tratto, et un altro terzo quando che sapeva fare la detta A b c per fina al k et el resto quando, che sapeva fare tutta la detta A b c et perché al detto termine non mi trovava così li danari de far el debito mio (et desideroso de imparare) cercai di havere alcuni di suoi Alphabeti compiti, et essempli de lettera scritti di su mano, et più non vi tornai, perché sopra de quelli imparai da mia posta, et così da quel giorno in qua, mai più fui, né andai da alcun altro precettore, ma solamente in compagnia di una figlia di povertà, chiamata Industria.⁴³

L'industria, ovvero il lavoro e l'ingegno sono stati la palestra di Tartaglia e proprio grazie a questa sua industriosità che all'età di circa ventidue anni iniziò ad insegnare nelle scuole d'abaco di Verona, prima di trasferirsi a Venezia. Del periodo veronese Tartaglia conserva i suoi ricordi migliori. È nella città scaligera, infatti, che egli si trova ad affrontare per la prima volta i problemi legati alle meccaniche aristoteliche, come egli stesso testimonia nella *Scientia nova* (1537). Il titolo di quest'opera è tutt'altro che peregrino. Tartaglia è consapevole di fondare una nuova scienza: la meccanica studiata attraverso l'analisi matematica. Nel caso specifico Tartaglia parla di problemi concreti legati a quella che oggi chiameremo scienza balistica.

In questo breve libretto Tartaglia mostra come il caso pratico sia il punto di partenza di una riflessione teorica e speculativa che poi deve essere confermata dall'esperienza. Tartaglia parla di come nel 1531 fu interrogato da un suo «amico Peritissimo bombardiero» su come «mettere a segno un pezzo de arteglieria al piu che può tirare». Tartaglia confessa di non essersi mai occupato prima di «artiglieria, archibuso, bombardo, ne schioppo», ma «con ragioni naturale, et geometriche» riuscì a determinare una formula che indicava l'inclinazione di 45° come quella che garantiva una più lunga gittata. La formula in sé, ovvero la teoria, però non avrebbe potuto produrre alcuna prova o convincimento se non si fosse fatto appello all'esperienza e all'esperimento. Solo «sperimentando», Tartaglia riuscì un anno più tardi, in una sfida, a convincere quelli che «havevano contraria opinione parendoli che tal pezzo guardasse troppo alto». Questo episodio è emblematico nella storia della scienza. In primo luogo Tartaglia sviluppa un concetto di esperienza non legato alla scoperta o al metodo della ricerca che era già conosciuto dagli aristotelici, ma intende l'esperienza anche e soprattutto come contro-prova che la conoscenza degli altri è sbagliata. In secondo luogo questo esempio mostra non solo la necessità di congiungere indissolubilmente conoscenze pratico-tecniche con quelle teoriche, ma prova anche agli increduli l'importanza della matematica nell'analisi dei fenomeni che agiscono a suo parere contro natura, come appunto il movimento di un proiettile.

L'atteggiamento di Tartaglia è un decisivo passo in avanti rispetto alla mera casistica pratica offerta dagli scritti medievali e primo rinascimentali. Si è di fronte ad una chiara svolta teoretica che Galileo Galilei abbraccerà appieno più di mezzo secolo dopo. L'impianto generale della meccanica era fondamentalmente aristotelico, infatti permaneva per esempio la distinzione fra moto naturale e moto violento. Nondimeno nella *Scientia nova* Tartaglia introdusse un'innovazione piuttosto significativa. Nell'analisi del moto dei proiettili viene operata una sorta di i-

dealizzazione e mentalizzazione del movimento, quella che è stata definita come una «astrazione semplificatrice della realtà empirica» che lo porterà a considerare i corpi «materialmente semplificati», nei quali è possibile «ravvisare un'anticipazione del "mobile mentalmente concepito" (ossia del corpo concettualmente semplificato) di Galilei».⁴⁶ Questa idealizzazione era proprio ciò che permetteva a Tartaglia di applicare la matematica, ovvero l'analisi geometrica, allo studio del moto dei proiettili. La geometria divenne così fondamentale per Tartaglia per condurre adeguate indagini dei fenomeni fisici, in particolare per i moti sia che essi fossero naturali che preternaturali. Anzi, come vedremo, fu proprio il mezzo matematico che portò Tartaglia a concepire una meccanica dei moti unificati, dove la distinzione fra moto violento e moto naturale veniva a cadere.

Nel 1543 Tartaglia curò l'edizione di due opere fondamentali per lo sviluppo della meccanica rinascimentale. La prima è la raccolta di opere di Archimede, di cui Tartaglia fu fra i primissimi a intuire l'importanza per lo studio della meccanica e in particolare per la scienza dei pesi e delle leve.⁴⁷ La seconda è la traduzione in volgare degli *Elementi* di Euclide, la quale fu con tutta probabilità l'opera sulla quale nel 1583 Ostilio Ricci, allievo diretto di Tartaglia, insegnò i primi rudimenti di geometria al giovane Galileo.⁴⁸

Nella sua traduzione Tartaglia lascia trasparire un forte convincimento di volgarizzare e diffondere il sapere in modo talmente chiaro che «ogni mediocre ingegno, senza la notizia, over il suffragio di alcun'altra scientia con facilità, serà capace a poterlo intendere».⁴⁹ Nella lettera prefatoria a Gabriele Tadino, Tartaglia spiega tutte le sue più profonde ragioni. Il riferimento immediato è ad Aristotele. L'analisi, infatti, incomincia ricordando il detto aristotelico secondo il quale tutti gli uomini per natura desiderano sapere e sapere «non è altro che intendere per demonstratione».⁵⁰ Integra questa massima con quella platonica per la quale la sapienza non è altro «che una cognitione delle cose divine, & humane».⁵¹ Questo tipo di sapienza sarebbe o teorica (cioè riguardante la speculazione) o pratica (cioè concernente l'operazione). Il fine della speculazione, poi, è prima di tutto la verità e la verità riguarda per Tartaglia soprattutto le scienze matematiche, infatti esse sono «nel primo grado di certezza» e «il puro cibo della vita intellettuale».⁵²

La spiegazione del primato delle scienze matematiche è di un certo interesse perché porta alle estreme conseguenze quel processo di "idealizzazione" della meccanica, mescolando in maniera eclettica tesi aristoteliche con quelle platoniche, fornendo così una concezione originale della matematica come filtro attraverso il quale guardare il mondo. Secondo Tartaglia il geometra non considera le figure materiali, ma solamente le figure in se medesime. Per arrivare alle figure pure e scevre di ogni materialità, si deve sempre partire dai sensi, infatti, «l'occhio sensibile guarda le figure sensibile, accio che le mentale possano essere viste dalla mente».⁵³ La figura mentale è perciò diversa dalla figura sensibile. La prima, pur non essendo colta direttamente, cioè pur non essendo il primo oggetto della conoscenza, non è necessariamente meno vera della seconda che è colta in maniera immediata. La mente non vede le figure mentali in modo meno vero «di quello che vede l'occhio corporale le sensibile», anzi, afferma Tarta-

glia, le figure mentali sono più vere perché disgiunte dall'elemento dell'accidentalità della materia. Tolte del carattere transeunte dell'accidentalità, le figure mentali rappresentano pure forme eterne ed incorruttibili, forme che costituiscono i caratteri per leggere il libro della natura. Si tratta questa di una concezione che Tartaglia terrà ben salda per tutta la sua produzione scientifica e che colpirà, come vedremo, Galileo Galilei, come testimoniano le sue postille all'edizione del 1554 dei *Quesiti et inventioni diverse*.⁵⁴

Le figure mentali sono totalmente inaccessibili ai sensi, infatti questi hanno sempre come riferimento solo gli oggetti materiali. Al contrario, esse si formano per astrazione e induzione, alla vista di numerose figure materiali. Ad esempio vedendo, per mezzo dei sensi, numerose piramidi di legno e di pietra, la mente è capace di formare la figura mentale di piramide. Mentre tutte le figure sensibili sono diverse l'una dall'altra a causa della materia, esse convengono tutte nella medesima figura mentale. Per questo motivo vengono chiamate propriamente forme. Inoltre, essendo tutte le figure mentali un prodotto della mente, la mente «sarà forma delle forme». Prive della materia dalla quale scaturisce l'alterità, queste forme sono considerate in se medesime e per se stesse, e non hanno «in sé altro che verità, perché la verità non è altro che una carenza di alterità».⁵⁵ Dunque, conclude Tartaglia, la verità è «forma della mente», ma al contempo è il «lume» attraverso il quale la mente vede sé medesima e tutte le cose astratte. Essa è «come un specchio invisibile», nel quale la mente vede se stessa, è «una scintilla che inardisce arrendendo». Se la verità è attingibile in questa maniera, non stupisce che le forme matematiche e quindi le matematiche stesse siano il principio della sapienza, infatti solo esse possono costituire il fondamento del sapere. Per questo motivo, afferma Tartaglia, Euclide chiamò il suo lavoro «Opera di principii e fondamenti della Sapientia».⁵⁶ Purtroppo, secondo il maestro bresciano, questa grande sapienza costituita dalla matematica risulta esser stata corrotta dai moderni.

Il motivo di questa corruzione è fra più inaspettati, ma anche fra i più interessanti che si potrebbe pensare. È colpa della «variazione delle lingue» secondo Tartaglia il fatto che questa sapienza antica non è stata trasmessa ai moderni. Quando il greco era la lingua materna, tutti potevano accedere a questo tesoro sapienziale, ma all'epoca di Tartaglia non era più così: le persone dovevano occupare gran parte del loro tempo ad apprendere «con gran fatica e sudore» la lingua, anziché imparare i principi della sapienza.⁵⁷ Per questa ragione «nasce che li nostri moderni non possono aggiungere al segno ove, aggiungono li antiqui».⁵⁸ Eppure, afferma Tartaglia, il compito di questi moderni dovrebbe essere stato agevolato dagli antichi, infatti «è facile lo aggiungere alle cose trovate».⁵⁹ Tartaglia concepisce dunque la conoscenza come una specie di progresso, di un'aggiunta successiva anche di piccole scoperte pratiche che però possono effettivamente cambiare il quadro teorico generale. La conoscenza delle dottrine matematiche rende per Tartaglia l'uomo simile a Dedalo che «fabricò il nominato Laberinto al Minotaurò».⁶⁰ Quest'analogia, tanto cara anche a Francis Bacon che ne esplorerà i limiti e le potenzialità,⁶¹ fornisce una nuova immagine dell'uomo che può con la sua conoscenza, che è in primo luogo potere, dominare la natura.

Affinché anche i moderni possano contribuire al progresso della conoscenza e pensando al grande beneficio che si può trarre dalle matematiche, Tartaglia ha deciso di «accomodarle» ai bisogni dell'intelletto, non semplicemente traducendo «per commune utilità dal latino in volgare», ma «affettandole», «integrandole» e «delucidandole» «con esposizioni talmente chiare che ogni mediocre ingegno, senza notizia di alcuna altra scientia serà capace de intenderla». ⁶² Il pubblico al quale si rivolge Tartaglia è il più vasto possibile, infatti chiunque, anche chi non è a conoscenza di altri rudimenti di matematica, può accedere ai contenuti di queste due scienze. ⁶³ Non solo, queste due discipline sono talmente fondamentali per Tartaglia che «non hanno bisogno di alcuna altra scientia», anzi «tutte le altre hanno bisogno di loro». ⁶⁴ La matematica è così vista come una specie di disciplina strumentale, infatti essa è indispensabile all'architettura, alla prospettiva, alla geografia, alla cosmografia, alla giurisprudenza e persino alla «sacra Theologia» come dimostrerebbe «apertamente il R. Cardinale Nicolò di Cusa nella penultima parte dell'Opra sua [...] intitolata Complementum Theologicum figuratum in complementis mathematicis». ⁶⁵ L'erudizione dell'autodidatta Tartaglia è vastissima e spazia dalle opere di Tolomeo a quelle di Vitruvio, da quelle di Bartolo da Sassoferrato a quelle di Johannes Regiomontanus, sino a Cusano. Tartaglia è fermamente convinto che attraverso l'aritmetica e la geometria si possano svelare i segreti della natura, la quale è spiegabile innanzitutto attraverso le figure mentali matematiche, secondo il detto salomonico «*pondere, mensura, numero Deus omnia fecit*». ⁶⁶ Fra le cose notevoli che la matematica può fare secondo Tartaglia è dare ragione alla filosofia aristotelica soprattutto in merito alla «scientia de pesi [...] per mezzo della qual scientia Aristotele nelle sue questioni mecanice assegna la causa d'ogni miracolosa mecanica inventione». ⁶⁷ Visto quest'ultimo giudizio, non stupisce che l'opera successiva che si appresta a tradurre e a commentare nei *Quesiti* siano proprio i *Problemata mechanica* pseudo-aristotelici. Come si evince già dalla premessa alla traduzione dell'opera di Euclide, Tartaglia individua in un punto ben specifico il contributo aristotelico, ovvero quello di spiegare le cause di cose che avvengono in natura, ma che sono contro-natura e che appaiono come miracolose. Il miracolo consiste proprio nel fatto che queste cause agiscono contro-natura e facendo cose che sembrano stupefacenti, come spostare grandi pesi con il minimo sforzo.

3. La meccanica di Tartaglia

L'ideale connessione fra la traduzione di Euclide e il suo commento ad Aristotele è stabilito dallo stesso Tartaglia agli inizi del settimo libro:

SIGNOR AMBASCIATORE. Tartalea de poi che noi dessimo vacatione alle lettioni di Euclide ho ritrovato cose nove sopra le Mathematiche. NICOLO. Che cosa ha ritrovato vostra Signoria. S. AMBASCIATORE. Le questioni Mechanice di Aristotele Grece & Latine. NICOLO. Egli tempo assai che le vidi, massime Latine. S. AMBASCIATORE. Che vene pare. NICOLO. Benissimo et certamente le sono cose sutilissime et di profonda dottrina. S. AMBASCIATORE. Anchora io le ho scorse et inteso di quelle la maggior parte, nondimeno, me resta molti dubbii sopra di quelle, liquali voglio che melli dichiarati. NICOLO. Signore vi sono dubbii assai, che a volerli

a sofficienza delucidare me sarai necessario prima dichiarare a vostra Signoria li principii della scientia di pesi. ⁶⁸

In quest'opera, a differenza di quanto affermato nella traduzione di Euclide, Tartaglia ritiene che alcune questioni di filosofia naturale aristotelica «con argomenti matematici se possono reprobar per falsi». ⁶⁹ È questo un chiaro sintomo di come la matematica si stia trasformando per Tartaglia in uno strumento correttivo della filosofia naturale aristotelica e di come in questo breve arco di tempo egli abbia approfondito i temi della meccanica. La distinzione fra filosofia naturale e matematica si fa sempre più netta e corrisponde a quella fra figure materiali e figure mentali:

el naturale considera, giudica, & determina le cose, secondo el senso, & apparenzia di quelle in materia, ma el matematico le considera, giudica & determina, non secondo el senso, ma secondo la ragione (astratte da ogni materia), come che V. Sig. sa, che costuma Euclide. ⁷⁰

Questa distinzione, è bene ricordarlo, per Tartaglia portava con sé l'idea di un differente grado di certezza e di verità: assoluto nel caso della matematica, relativo nel caso della filosofia naturale. La filosofia naturale che si basa sul senso finisce per ingannare ad un certo punto, come è chiaro dall'esempio che viene fornito da Tartaglia e sottolineato da Galileo con un «notandum». Esistono dei pesi leggerissimi che se posti su una bilancia non ne alterano l'equilibrio, almeno per i sensi, ma per mezzo delle ragioni matematiche si conosce indubitabilmente che questo equilibrio è cambiato anche se è impercettibile ai sensi. ⁷¹ Chi volesse seguire i sensi, anziché le ragioni matematiche non potrebbe che cadere in errore e

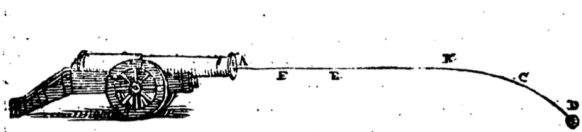
la causa di questo inconveniente non procede da altro, che dalla materia, perche le cose costrutte, over fabricate in quella, mai ponno essere cosi precisamente fatte, come, che con la mente vengono immaginate fuora di essa materia [...] Et per questo, & altri simili rispetti, el Mathematica non accetta, ne consente alle dimostrazioni, over probationi fatti per vigor, & autorita di sensi in materia, ma solamente a quelle fatte per demonstrationi, et argomenti astratti da ogni materia sensibile. ⁷²

Tartaglia sottolinea con ancora più enfasi l'importanza del processo di idealizzazione dei fenomeni fisici. Il valore assoluto di queste parole è testimoniato dalle postille galileiane nelle quali viene riassunto il compito del matematico: «il matematico non considera le cose secondo il senso ma astratte dalla materia sensibile». ⁷³ Questo processo di mentalizzazione e matematicizzazione della fisica conduce Tartaglia a un atteggiamento scettico nei confronti dei sensi che è del tutto condiviso da Galilei.

Il caso più notevole dove Tartaglia applica il suo scetticismo metodologico nei confronti dei sensi, tuttavia, è nella descrizione del movimento dei proiettili che costituisce un netto distacco rispetto a ciò che egli aveva teorizzato nella *Scienza nova*. Secondo Tartaglia, attraverso un'analisi matematica infinitesimale, era possibile dimostrare al contrario di quanto testimoniava l'esperienza che nessun movimento dei proiettili era veramente rettilineo perché sempre agiva la gravità del corpo che tendeva verso il basso:

[...] la detta colobrina [...] non solamente la non tirara li detti passa 50 per linea perfettamente retta, ma la non tirara un passo solo. [...] la gran velocità è la propria causa, di ridurre il moto di tal balla (se possibil è) alla rettitudine, & similmente, il mancar della velocità di quella, è la

propria causa di farla tendere & declinare nel suo moto curvamente verso terra, & quanto piu va mancando in quella detta velocita, tanto piu fa maggiore la sua declinatione, over curvita, & tutto questo procede, perche ogni corpo grave spinto violentemente per aere, quanto più va veloce, tanto più in tal moto se fa men grave.⁷⁴ e pero va piu rettamente per aere, perche lo aere piu facilmente sostenta un corpo quanto piu egli leve. [...] suppone remo che tutto il transito, over viaggio che debbia far, over che habbia fatto la balla tirata dalla sopradetta colobrina sia tutta la linea a.b.c.d. & se possibil è che in quello sia alcuna parte che sia perfettamente retta, poniamo che quella sia tutta la parte a.b. la qual sia divisa in due parti eguali in ponto e. & perche la balla transira piu per il spacio a.e. (per la terza propositione del primo, della nostra nuova scientia) di quello fara per il spacio e.b. Adunque la detta balla andara piu rettamente, per le ragioni sopra adutte, per il spacio a.e. di quel lo fara per il spacio e.b. onde la linea a.e. saria piu retta della e.b. la qual cosa è impossibile, perche se tutta la a.b. è supposta esser perfettamente retta, la mitade di quella non puol esser ne piu ne men retta dell'altra mitade, & se pur l'una mitade sara piu retta dell'altra, seguita necessariamente quell'altra mitade non esser retta, e pero seguita de necessita, la parte e.b. non esser perfettamente retta.



Et se pur alcuno havesse anchora opinione che la parte a.e. fusse pur perfettamente retta, tal opinione se reprobata per falsa, per li medesimi modi, e vie, cioe dividendo la detta parte a.c. pur in due parti eguali in ponto f. & per le medesime ragioni sopra adutte, sera manifesto la parte a.f. esser piu retta della parte f.e. [...] una balla tirata da una arteglieria, mai va per linea retta in parte alcuna, salvo che rettamente verso il cielo, over rettamente verso il centro.⁷⁵

Questa semplice considerazione portava a una completa riformulazione della teoria aristotelica dell'indipendenza e della non combinabilità dei moti violenti con quelli naturali, infatti sin dal principio questi due moti erano combinati nella descrizione della traiettoria dei proiettili. Questo, di fatto, significava riconciliare la fisica aristotelica con la meccanica pseudo-aristotelica per formulare una nuova scienza generale del moto che non tenesse più conto della distinzione fra moti violenti e moti naturali, una distinzione che solo Galilei spazzerà via completamente nei suoi *Discorsi*.

Ovviamente Galilei non poteva che compulsare di appunti e postille queste pagine ricche di novità teoriche. Lo scienziato pisano si rende immediatamente conto che la violenza della forza impressa sul corpo, per quanto possa far apparire più leggero il corpo stesso, di fatto è influente sul peso che rimarrà il medesimo. Ciò porta Galilei a convalidare il ragionamento matematico di Tartaglia contro l'apparenza empirica che fornirebbe la filosofia naturale. Questa priorità della matematica sulla filosofia naturale sembra relegare in secondo piano i contributi di quest'ultima, la quale, tuttavia, per Tartaglia gioca ancora un ruolo fondamentale, ovvero quello della prova empirica:

in effetto tutte quelle cose che nella mente sono conosciute vere, & massime per demonstrationi astratte da ogni materia, rasonevolmente si debbono anchora, verificar al senso del vedere in materia, (altramente le mathematiche sariano in tutto vane & di nullo giovamento, over profitto a l'huomo) [...]⁷⁶

Le parole di Tartaglia rivelano chiaramente che il fine ultimo della matematica è quello pratico, risolvere dei problemi che l'esperienza pone affinché si possa operare in

modo corretto. Tutto l'impianto metodologico di Tartaglia si può riassumere in tre fasi: si parte dal problema pratico, si elabora una teoria e si testa la teoria con un esperimento. Non pare nulla di nuovo, sennonché la teoria è per Tartaglia principalmente una speculazione matematica.

Queste direttive metodologiche venivano delineate già nella lettera dedicatoria. L'occasione della riflessione di Tartaglia su questi argomenti è il quesito, già summenzionato, postogli dall'amico bombardiere nel 1531, il quale lo portò a «considerare, & investigare speculativamente l'ordine, & proportionione di tiri propinqui, & lontani».⁷⁷ Tale investigazione condusse Tartaglia a scoprire dei segreti che a suo avviso potevano essere sfruttati nella guerra contro «Soliman Imperator de Turchi». La guerra contro i Turchi per Tartaglia era solo un'occasione da sfruttare per sperimentare le sue idee e le sue invenzioni e per trovare possibili protettori e finanziatori, come lo sarà il Senato veneto per Galilei con la vendita dei suoi cannocchiali.⁷⁸ L'obiettivo vero e reale era però quello di contribuire all'avanzamento della conoscenza:

non puoco biasmo merita quel huomo, qual over per scientie, over per sua industria, over per sorte ritrova qualche notabel particolarità, & chi solamente lui solo ne voglia esser possessore, perché se tutti li nostri anciai il medesimo havessero osservato, poco dalli animali irrationali al presente saressimo differenti [...]⁷⁹

Tartaglia concepisce la scienza come un'impresa di popolarizzazione del sapere, tanto da paragonare la disseminazione scientifica alla trasmissione della cultura popolare.⁸⁰ La scienza doveva riflettere quel tipo di conoscenza che si tramandava di generazione in generazione, fra anziani e giovani, e che solitamente aveva delle immediate ripercussioni pratiche. Affinché dunque questi segreti matematici potessero essere disponibili a tutti, Tartaglia si era deciso di pubblicare queste «cose mechaniche, e plebee», «pronunciate con rozzo & basso stile».⁸¹

Tartaglia è consapevole di essere un pioniere in questa nuova scienza e paragona la sua impresa alle primizie, cioè ai «primi frutti, che al principio di sua stagione vengono ritrovati» e che pur essendo «alquanto immaturi, & di puoca sostantia, & men sapore», proprio per la loro novità costituiscono un significativo progresso della scienza.⁸² In conclusione, la figura di Tartaglia come popolarizzatore della meccanica aristotelica appare importante per almeno tre motivi. In primo luogo perché, sebbene ancora a-metodicamente, si pose chiaramente il problema della costruzione di una nuova scienza fondata teoreticamente all'interno di una nuova concezione generale del sapere che guardava al dominio della natura, al progresso e all'applicazione della conoscenza a scopi pratici.⁸³ In secondo luogo perché in una sorta di ingenuo parallelismo vedeva chiaramente la realtà strutturata secondo modelli matematici.⁸⁴ In terzo luogo veniva a scricchiolare la distinzione fra moti violenti e moti naturali a favore dell'elaborazione di una teoria unificata dei movimenti.

4. Gli eredi di Tartaglia

L'anno successivo alla pubblicazione *Quesiti*, uscì a Roma la *In mechanicas quaestiones Aristotelis praphrasis paulo quidem plenior* (1547) di Alessandro Piccolomini.⁸⁵ Quest'opera fu volgarizzata da Oreste Vannocci Birin-

gucci nel 1582 con il titolo *Parafrasi di Monsignor Alessandro Piccolomini ... sopra le Mechaniche d'Aristotele*.⁸⁶ La dipendenza di questo lavoro dai *Questiti* appare evidente dalla lettera dedicatoria del traduttore, dove si parla delle grandi scoperte della meccanica nei termini di “primi frutti”, proprio in riferimento a ciò che aveva scritto Tartaglia. È l'epistola ai lettori, però, che suscita un certo interesse per l'idea di democraticizzazione del sapere che essa veicola:

Parve à molti antichi filosofi, che il publicar le scienze, e farle chiare à tutti, fusse un gettar via le rose, e le perle, e perciò oscurono le cose conosciute da loro con hieroglifi, misterij, favole, simboli, & enigmi, quasi più, che non fa l'istessa natura. Nel che si dimostrano invidiosi de poteri, & ingrati, e dissimili al donator di quelle, e d'ogni gratia. Con tutto ciò si trovano alcuni (Se ben pochissimi) che cercan difenderli, con dire, che così facendo mantenevano le scienze nella reputazione e dignità loro, perché non eron capaci di quelle, se non i buoni ingegni, e le persone ricche, e principali, à chi erano dai buon ingegni manifestate. E dicono che nel facilitarle, e pubblicarle, vengono pareggiati i buoni con i rozzi intelletti, e le persone illustri, e principali con le vili, e plebei. Ne si astengono dal biasimar coloro, che han tentato di scacciar l'ignoranza del mondo, e diffondere in tutte le lingue le scienze.⁸⁷

Non solo Biringucci critica chi vuole occultare il sapere, ma afferma anche la necessità di popolarizzare la conoscenza affinché si possa assottigliare il divario fra il popolo comune e l'élite degli intellettuali. È stato questo il fine di tutta l'opera di Alessandro Piccolomini secondo Biringucci, infatti «altro non attese, altro non procurò, che di giovare a tutti e di far, che le virtù intellettuali, secondo la natura del bene, si comunicassero, a tutti gl'intelletti».⁸⁸ Piccolomini divenne consapevole di quanto fossero utili le scienze e quanto di queste poco «ne apprendono gl'ingegni rozzi».⁸⁹ Per questo motivo il suo scopo fu quello di far risplendere il lume della scienza su tutti gli uomini e non solo fra gli intelletti «acuti e sublimi».⁹⁰ A tal fine, per

poter soddisfare il suo giusto & ardente desiderio di giovar a tutti, senza pregiudizio d'alcuno, con facilità e felicità, [s'ingegno d'ornar la nostra lingua d'ogni scienza; e quasi si doleva d'haver fatto in lingua latina insieme con alcun'altre belle opere, nel fior degli anni, e degli studi suoi la presente parafrasi sopra le Mekaniche d'Aristotile, vedendo, che per esser lattina n'erono privi quelli, che maggiormente l'havrebbon adoperata].⁹¹

Piccolomini si rese conto per Biringucci di aver commesso un errore nel comporre in latino anziché in italiano la sua parafrasi proprio perché i destinatari che avrebbero dovuto usufruire di quest'opera sarebbero stati incapaci di leggerla. Si tratta questa di un'osservazione significativa perché segnala come, nonostante gli intellettuali fossero mossi da un sentimento di democraticizzazione del sapere, alla fine, di fatto, talvolta i risultati delle loro opere non rispecchiavano le loro intenzioni. Anche testi in lingua latina o in volgare, ma con un apparato testuale complesso, erano talvolta destinati a raggiungere un pubblico maggiore di quanto alla fine probabilmente raggiunsero. Per sanare questo errore e per rendere più popolare o più adatto per il volgo il contenuto della sua opera, Piccolomini «impose con parole» a Biringucci di volgarizzare la parafrasi ai *Problemata* pseudo-aristotelici, ma non semplicemente traducendola, piuttosto integrando e esplicando quei punti «che richiedevano qualche mutazione, o aggiunta».⁹² Lo scopo di Piccolomini era infatti in primo luogo quello di essere utile «principalmente a gl'In-

gegneri, & Architetti».⁹³ Biringucci specifica che il contributo di Aristotele è principalmente teorico, anziché pratico, infatti solo la filosofia aristotelica è in grado di spiegare le cause e le ragioni di ciò che le macchine fanno:

si trovano molti [fra ingegneri e architetti] che operano, e fabricano con sottile invention qualche bella machina, ma poi non havendo quel secondo membro della scienza loro, chiamato da Vitruvio Ratiocinatione, non sanno rendere ragione alcuna, contra il precetto d'Aristotile, il qual dice, che non basta affermar il parer suo, ma se ne deve addur prove e demonstrationi.⁹⁴

Anche per Biringucci, come per Tartaglia, è necessario ampliare la conoscenza dei problemi meccanici dalla pratica alla teoria perché solo in questo modo la meccanica può passare dall'essere un'arte manuale, come era ad esempio nel Medioevo, ad una vera e propria scienza. Biringucci stava facendo propria l'istanza sviluppata da Piccolomini nel *Proemio* e nel primo capitolo della *Parafrasi*. Quivi, infatti, la scienza è definita aristotelicamente come conoscenza di cause e dunque le meccaniche sono

quelle scientie delle quali posson cavarsi le cause, & i principii di molt'arti manuali, che impropriamente dal vulgo son chiamate mecaniche, perché piuttosto manuali, sellularie, o banausiche dovrebbon nominarsi.⁹⁵

Non bisogna confondere secondo Piccolomini le scienze meccaniche, che sono prevalentemente teoretiche, sebbene concepite in vista di applicazioni pratiche, con le arti che sono semplicemente manuali e artigianali e che non seguono alcun principio:

se bene gl'istrumenti mecanici, e le machine istesse, son penzate, e trovate per qualche operatione, non dimeno il mecanico, considerato come tale artefice, stando solo intento alle cagioni & à i principij di quelle si ferma, e si riposa nella sola contemplatione.⁹⁶

È in questa rivalutazione della meccanica come vera scienza, che avviene soprattutto nei testi aristotelici in lingua volgare, che giace la profonda differenza fra la meccanica medievale e quella moderna che sarà sistematizzata da Galilei. La meccanica è scienza e non arte, e per questo motivo secondo Piccolomini rientra a pieno diritto nella filosofia contemplativa:

Ne deve dubitar alcuno, che la mecaniche non sia da collocare debitamente tra le parti della filosofia contemplativa, poiché, come soggetta alla geometria, penza, e contempla i principij d'un gran numero d'arti i quali principij, ancorché sieno indirizzati all'operare, non per questo la facultà loro inventrice non deve chiamarsi contemplativa; si come la geometria, e la prospettiva sono reputate, e sono contemplative, ancorché somministrino i principij al pittore, che riguarda l'operatione, & in quella si ferma.⁹⁷

Non solo la meccanica fa parte delle scienze contemplative, ma probabilmente è anche la più importante di tutte perché con questa scienza meccanica «restiamo superiori in quelle cose, nelle quali dalla natura saremmo sopraffatti, cioè nel superar le cose maggiori, col mezzo delle minori».⁹⁸ In definitiva per Piccolomini la meccanica è la scienza contemplativa (e quindi non pratica) più degna perché studia ciò che si può fare contro-natura e quindi spiega all'uomo come dominare il mondo e quelle forze che sembrano sovrastarlo. Questa capacità di dominio e di controllo della natura viene a mancare allorché architetti e ingegneri non possono accedere al tipo di conoscenza of-

ferto dalla meccanica: essi agiscono senza alcun principio e senza conoscere le vere cause delle loro azioni.

Per Biringucci questa è la condizione tipica di molti artigiani, architetti e ingegneri ovvero di tutte quelle persone

che se ben son di bellissimo intelletto, nondimeno si son poste a così nobil'esercitio, senza haver altra lingua, che la materna, e senza poter veder i libri, ove si contenga le prove di tutte le loro azzioni.⁹⁹

Solo dal connubio di teoria e pratica è possibile per Biringucci un vero progresso del sapere, un progresso che deve passare dalla volgarizzazione delle opere aristoteliche. Solo da questo connubio fatto al contempo di «studio» e di «esperienza» i meccanici «dimostreranno qual cosa di più, e questi principij mecanici d'Aristotile piglieranno piede».¹⁰⁰ Biringucci è così consapevole che ogni progresso del sapere è una somma, un'aggiunta a precedenti conoscenze, un'aggiunta che deve essere sistematizzata in quadro teorico e concettuale e che non è semplicemente un cumulo o una raccolta di dati. Inoltre l'elaborazione della meccanica procede sempre a partire dalle idee aristoteliche o pseudo-aristoteliche, mai in rottura e in opposizione a queste, anche se durante il progresso della conoscenza nuove scoperte possono negare alcuni presupposti aristotelici. Per Biringucci, che riflette in questo caso le idee di Piccolomini, la meccanica è essenzialmente aristotelica nel suo tentativo di sistematizzazione teorica della pratica. Come per Tartaglia poi la meccanica si accosta di più alla matematica, che alle arti manuale inferiori,¹⁰¹ infatti essa gode del primo grado di certezza, dato non tanto dalla dimostrazione perfetta, quanto dalla natura dell'oggetto che è quello di essere una forma distinta dal sensibile.¹⁰² Seppure estremamente diversi, Tartaglia e Biringucci (ma si deve pensare a Piccolomini) condividono la medesima idea di scienza meccanica fondata sulla concezione aristotelica alla quale dev'essere applicato lo strumento matematico per leggere la natura. La conoscenza che dischiude la meccanica dev'essere accessibile in particolare ad architetti, artiglieri e ingegneri, e più in generale a tutti gli uomini perché a tutti gli uomini è data la possibilità di dominare la natura e agire nel mondo.

Echi e riflessi di queste idee si trovano nella brevissima lettera dedicatoria di Antonio Guarino a Cornelio Bentivoglio nella prima traduzione in lingua volgare dei *Problema* pseudo-aristotelici uscita nel 1573. Anche per Guarino il grande valore della meccanica aristotelica consiste nella sua capacità di rendere «manifeste le cause de gli effetti dei moti, & insieme di tutte quelle operationi, che per inventioni d'ingegnosi artefici portano a gli huomini a gran maraviglie».¹⁰³ Teoria e pratica sembrano trovare nella meccanica un perfetto accordo. La traduzione in volgare di quest'opera è per Guarino auspicabile perché dallo studio della meccanica tutti gli uomini possono trarre un grandissimo beneficio sia in tempi di guerra che in tempi di pace. Affinché tutti gli uomini però possano accedere a contenuti così complessi, Guarino si è concesso di introdurre delle dichiarazioni nelle quali si spiegano i punti più complessi della meccanica aristotelica «al bisogno dei volgari».¹⁰⁴ L'ampliamento, la glossa e la parafrasi sono tutte tecniche ampiamente sperimentate dai volgarizzatori di Aristotele per rendere il testo meno oscuro e più comprensibile ad un maggior numero di persone.

Non meno interessante di quella di Guarino è la posizione difesa da Giuseppe Moleti,¹⁰⁵ predecessore di Galilei alla cattedra di matematica all'Università di Padova.¹⁰⁶ Moleti insegnò i *Problemata* in latino all'università, ma si cimentò anche nella produzione di un'opera più divulgativa e letteraria in lingua volgare, che rimase però incompiuta e che doveva costituire un dialogo sulla meccanica.¹⁰⁷ Non è chiara l'identità dei due protagonisti dell'opera, tuttavia uno di questi dichiara di volere riprendere una disputa fra «alcuni ingegneri et architetti insieme intorno à molte forze».¹⁰⁸ Le discussioni che riporta Moleti possono essere così considerate il riflesso della cultura di questi gruppi sociali, sebbene sempre filtrate dal sapere di un professore universitario. Nel breve dialogo ritornano le medesime idee espresse già da Tartaglia e Piccolomini.

La questione principale che viene dibattuta è se l'«arte dell'ingegniero» si può imparare solo per mezzo dei libri o per mezzo di un praticantato con professionisti del mestiere come nel caso dell'«arte del sarto, del calzolaio, del marangone».¹⁰⁹ La domanda appare legittima a Moleti perché molti degli ingegneri paiono essere «quasi senza lettere».¹¹⁰ La risposta è piuttosto prevedibile e corrisponde a una rivalutazione del momento teorico della meccanica: «l'arte dell'ingegniero s'impara parte sui i libri et parte praticando, ma il principale fondamento suo si cava da libri».¹¹¹ Anche per Moleti, dunque, teoria e pratica devono autosostenersi, ma per quanto riguarda la ricerca dei fondamenti e delle cause, questa va trovata nei libri, in particolare in quelli di Aristotele.¹¹² Quest'arte degli ingegneri è la meccanica e lo studio di questa permette, seguendo il dettato del testo pseudo-aristotelico, una migliore comprensione della natura, sebbene il suo oggetto sia rappresentato da tutte quelle forze che agiscono contro-natura. L'ignoranza delle cause contro-naturali sulle quali si sofferma la meccanica, afferma Moleti, ha portato gli uomini a considerare molti fenomeni naturali come dei miracoli.¹¹³ Per Moleti nessun incantesimo, nessuna magia poteva spiegare il corso della natura, al contrario tutti gli eventi naturali, anche quelli che un tempo erano considerati contro-naturali, si potevano descrivere mediante l'utilizzo di leggi meccaniche espresse attraverso formule matematiche.¹¹⁴ Con Moleti si riscontra una posizione ancor più disincantata di quella già vista in Tartaglia e Piccolomini. Tutti i fenomeni naturali e contro-naturali ora sono perfettamente spiegabili all'interno di un quadro concettuale teorico regolamentato da principi matematici: alle leggi di Dio che governano il mondo si sostituiscono definitivamente le leggi della meccanica che spiegano la natura.¹¹⁵ Viene lentamente e gradualmente a mancare una distinzione fra fisica naturale e meccanica preternaturale. Si gettano così le basi per la fondazione di un'unica sola disciplina fisica attraverso la quale è possibile spiegare l'intero universo.

5. Aristotelismo volgare e «scienza moderna»

In conclusione i libri in volgare sulla meccanica dovevano attirare l'interesse di diversi gruppi sociali, fra i quali anche quelli con un basso livello d'istruzione (per i quali furono per lo più appositamente concepiti), verso nuove scoperte e rappresentarono al contempo la premessa per l'affermazione della meccanica (e indirettamente anche della matematica) come scienza capace di svelare i segreti

della natura. Queste opere agili e snelle, piene di illustrazioni, schemi e figure, presentavano teorie anche complesse, ma in maniera più ordinata e di più facile comprensione.¹¹⁶ Non si perdevano nella verbosità del linguaggio scientifico della trattatistica fisica tipica dei professori universitari che aveva dominato nei precedenti tre secoli e che aveva caratterizzato la scienza medievale impedendo una reale comprensione dei contenuti e una loro applicazione. Sviluppavano piuttosto quella che è stata chiamata una “vernacular epistemology”.¹¹⁷

Lo studio di questi testi è importante perché se si parla di crisi dell'aristotelismo con l'avvento della “scienza moderna”, se mai ve n'è stata effettivamente una, essa è avvenuta in primo luogo e principalmente nel campo della meccanica. È avvenuta proprio in questo contesto perché lo spostamento di interesse verso un'applicazione del sapere e un controllo sul mondo doveva necessariamente rivalutare quella disciplina che trattava dei movimenti contro-natura e che stabiliva il dominio dell'uomo sulla realtà. Non stupisce, dunque, che fu la meccanica la scienza sulla quale si concentrarono i massimi sforzi, i quali furono principalmente teoretici, anziché, come si potrebbe pensare, solo pratici. Ciò non significa che la scienza moderna abbia avuto origine dall'affermazione della priorità del momento teorico su quello pratico e dall'iniziativa degli studiosi anziché dagli artigiani, architetti, ingegneri e artiglieri.¹¹⁸ Il punto di partenza rimaneva sempre lo stesso, quello sul quale si erano concentrati anche i medievali, ovvero la risoluzione dei problemi pratici. La differenza con la concezione medievale, come si è sottolineato più volte, è che al momento pratico si era aggiunto un momento teorico nel quale l'accumulo del sapere prende forma in una serie di leggi, cause e principi che possono valere per diverse applicazioni. In questo senso è sbagliato parlare di sviluppi non cumulativi nella scienza.¹¹⁹ Se c'è un'idea sulla quale tutti i volgarizzatori di Aristotele del periodo convergono è che il progresso del sapere può essere fornito solo da un accumulo sempre più vasto di conoscenze ed esperienze che devono poter essere condivise al fine di essere sistematizzate: «negli scritti degli artisti e degli sperimentatori del Quattrocento [...] si fa strada non solo una nuova considerazione del lavoro manuale e della funzione culturale delle arti meccaniche, ma si afferma anche l'immagine del sapere come costruzione progressiva, dato che esso è costituito da una serie di risultati che si collocano, l'uno dopo l'altro, a un livello di complessità o di perfezione sempre maggiore». ¹²⁰ D'altra parte in molte ricostruzioni storiografiche, anche nelle più recenti, permane il pregiudizio storico secondo il quale la scienza moderna ha avuto origine come ribellione dall'aristotelismo.¹²¹

Lo studio di questi testi, tuttavia, rivela un'immagine ben diversa. L'interesse per la meccanica e per l'applicazione della matematica ai fenomeni contro-naturali non fu anti-aristotelico e sarebbe un errore concepirlo in tale maniera. Infatti, i protagonisti dello sviluppo della meccanica partirono proprio dalle dottrine pseudo-aristoteliche e le integrarono con esperimenti e osservazioni dirette. Non si può dunque parlare di rottura con l'aristotelismo, semmai è più corretto parlare di un raffinemento e di una correzione delle dottrine aristoteliche. È stato questo il caso di Niccolò Tartaglia.¹²² Aristotele rimaneva il costante riferimento teorico, anzi è proprio alla

riscoperta della meccanica aristotelica e dell'approccio aristotelico volto alla ricerca delle cause che la meccanica dei semplici artigiani e ingegneri, che nel Medioevo erano interessati solo all'aspetto pratico, diventa una vera disciplina teorica e speculativa, come si è visto nei casi di Antonio Guarino e Alessandro Piccolomini. L'affermazione della lingua volgare da questo punto di vista rappresentava un notevole passo in avanti per la scienza. Infatti, con il «continuo sviluppo della tecnica saltavano fuori tante nozioni nuove che gli autori preferivano esprimere nel volgare, che come lingua viva si sviluppava simultaneamente alla ricerca scientifica, piuttosto che forzare la lingua latina ad esprimere pensieri che o non erano esistiti o non erano stati oggetto di trattazione». ¹²³ L'utilizzo di questa lingua permetteva di «rendere accessibili gli scritti scientifici a tutte le classi della popolazione», potendo così «non solo stimolare l'interesse per la scienza ma anche mobilitare tutte le forze che potevano contribuire al suo progresso». ¹²⁴ Guardando all'aristotelismo in lingua volgare e alla sua forte propensione alla democraticizzazione del sapere, forse si possono smantellare alcuni degli ultimi miti storiografici sulle origini della scienza e gettare una luce più serena su alcune dinamiche che hanno determinato la vita intellettuale del Rinascimento e alcuni illustri scienziati come Galileo Galilei.¹²⁵

Note

¹ Cfr. P.O. LONG, *Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences, 1400-1600*, Oregon State University Press, Corvallis 2001, p. 94.

² Cfr. J. LEDO, *Artisan*, in M. SGARBI (ed.), *Encyclopedia of Renaissance Philosophy*, Springer, Dordrecht 2017, in corso di pubblicazione.

³ Cfr. P. ROSSI, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Roma-Bari 1997, pp. 37-38.

⁴ Cfr. A. KOYRÉ, *Du monde de l'à peu près à l'univers de la précision*, «Critique», 28 (1948), pp. 806-823; E. PANOFSKY, *The Life and Art of Albrecht Dürer*, Princeton University Press, Princeton 1955; J. FITCHER, *The Construction of Gothic Cathedrals: A Study of Medieval Vault Erection*, Oxford University Press, Oxford 1961; M. CARPO, *Architecture in the Age of Printing. Orality, Writing, Typography, and Printed Images in the History of Architectural Theory*, The MIT Press, Cambridge 2001, pp. 23-35.

⁵ Koyré, *Du monde de l'à peu près à l'univers de la précision*, p. 809.

⁶ Si vedano gli articoli contenuti in L. ROBERTS – S. SCHAFER – P. DEAR, *The Mindful Hand. Inquiry and Invention from the late Renaissance to Early Industrialisation*, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Amsterdam 2007.

⁷ Cfr. P. ROSSI, *I filosofi e le macchine 1400-1700*, Feltrinelli, Milano 2002, p. 10.

⁸ Cfr. A. ROBIGLIO, *Alberti, Leon Battista*, in M. SGARBI (ed.), *Encyclopedia of Renaissance Philosophy*, Springer, Dordrecht 2017, in corso di pubblicazione.

⁹ Cfr. E.J. DIJKSTERHUIS, *De Mechanisering van het Wereldbeeld*, Amsterdam Academic Archive, Amsterdam 1998, pp. 268-269.

¹⁰ Cfr. P.H. SMITH, *The Body of the Artisan. Art and Experience in the Scientific Revolution*, The University of Chicago Press, Chicago 2003, p. 8; Cfr. P.H. SMITH, *Artisanal Epistemology*, in M. SGARBI (ed.), *Encyclopedia of Renaissance Philosophy*, Springer, Dordrecht 2017, in corso di pubblicazione.

¹¹ Sulla differenza fra questi due modelli cfr. SMITH, *The Body of the Artisan. Art and Experience in the Scientific Revolution*, pp. 6-9.

¹² Sul connubio fra teoria e pratica cfr. ROSSI, *La nascita della scienza moderna in Europa*, p. 39; A. CLERICUZIO, *La macchina del mondo. Teorie e pratiche scientifiche dal Rinascimento a Newton*, Carocci, Roma 2005, p. 24.

¹³ Cfr. H. HAYDN, *The Counter-Renaissance*, Scribner's Sons, New York 1950, pp. 176-192.

¹⁴ Cfr. J. GASCOIGNE, *A Reappraisal of the Role of the Universities in the Scientific Revolution*, in D. LINDBERG e R. WESTMAN (eds.), *Reap-*

praises of the Scientific Revolution, Cambridge University Press, Cambridge 1990, pp. 207-260; R. PORTER, *The Scientific Revolution and Universities*, in W. RÜEGG (ed.), *A History of the University in Europe*, Cambridge University Press, Cambridge 1996, vol. 2, pp. 531-561.

¹⁵ Cfr. S. DRAKE, *Early Science and the Printed Book: The Spread of Science Beyond University*, «Renaissance and Reformation», 6 (1970), pp. 43-52; C.B. SCHMITT, *Essay Review: A Fresh Look at Mechanics in 16th-Century Italy*, «Studies in the History and Philosophy of Science», 1 (1970), pp. 161-171.

¹⁶ Cfr. P. FRANCASTEL, *Lo spazio figurativo al Rinascimento al Cubismo*, Einaudi, Torino 1957, pp. 206-207.

¹⁷ Cfr. M. VAN DYCK, *Del Monte, Guidobaldo*, in M. SGARBI (ed.), *Encyclopedia of Renaissance Philosophy*, Springer, Dordrecht 2017, in corso di pubblicazione.

¹⁸ Si vedano i saggi contenuti in *Guidobaldo del Monte (1545-1607) Theory and Practice of the Mathematical Disciplines from Urbino to Europe*, Edition Open Access, Berlin 2013.

¹⁹ Cfr. M. ALTIERI BIAGI, *Vile meccanico*, «Lingua nostra», 26 (1965), pp. 1-12.

²⁰ F. PIGAFETTA, *Ai lettori*, in G. DEL MONTE, *Le meccaniche*, Deuchino, Venezia 1615, non numerata. Sulla traduzione di Pigafetta cfr. A. KELLER, *Mathematicians, Mechanics, and Experimental Machines in Northern Italy in the Sixteenth Century*, in *The Emergence of Science in Western Europe*, edited by M. Crosland, Science History Publications, New York 1976, pp. 15-34; ROSSI, *La nascita della scienza moderna in Europa*, pp. 14-16; M. HENNINGER-VOSS, *Working Machines and Noble Mechanics. Guidobaldo del Monte and the Translation of Knowledge*, «Isis», 2 (2000), pp. 233-259.

²¹ Cfr. E. GARIN, *Gli umanisti e la scienza*, «Rivista di filosofia», 52 (1961), pp. 259-278; P. ZAMBELLI, *Rinnovamento umanistico, progresso tecnologico e teorie filosofiche alle origini della rivoluzione scientifica*, «Studi storici», 6 (1965), pp. 507-546; C. VASOLI, *La cultura dei secoli XIV-XVI*, in *Atti del Primo convegno internazionale di ricognizione delle fonti per la storia della scienza italiana: i secoli XIV-XVI*, edited by C. Maccagnani, Barbera, Firenze 1967, pp. 31-105; R.S. WESTMAN, *Humanism and Scientific Roles in the Sixteenth Century*, in *Humanism and Naturwissenschaften*, edited by R. Schmitz e F. Krafft, Beiträge zur Humanismusforschung, Boppard, 1980, pp. 83-99.

²² Cfr. E.L. EISENSTEIN, *The Printing Press as an Agent of Change. Communications and Cultural Transformations in Early-Modern Europe*, Cambridge University Press, Cambridge 1979, pp. 520-574.

²³ Ad esempio Paolo Rossi non parla di volgarizzamenti, mentre Edgar Zilsel vede una rottura radicale fra umanisti e artigiani. Cfr. E. ZILSEL, *The Social Origins of Modern Science*, Kluwer, Dordrecht 2003, pp. 96-122. L'unica eccezione è HENNINGER-VOSS, *Working Machines and Noble Mechanics. Guidobaldo del Monte and the Translation of Knowledge*, pp. 233-259. Cfr. SCHMITT, *Essay Review: A Fresh Look at Mechanics in 16th-Century Italy*, pp. 166-167. Schmitt nega che i volgarizzamenti abbiano avuto alcun impatto sul progresso scientifico: «It may have a certain democratic and social value to make important scientific writings available in the language of the common people, but one wonders how often this has contributed to the significant advance of science. Even if important scientific papers were printed in the daily newspapers, I doubt if this would sensibly contribute to the advancement of science – to its diffusion, perhaps; to its advance, no. Those who are capable of making contributions are few, and they usually come into contact with the significant material that interests them. It is also an inescapable fact that during the sixteenth century – and even much later – Latin was the common language through which scientists communicated with one another. Serious scientific and intellectual work of international importance was written in Latin, for this was the language understood by scientific community. Vernacular treatises might have been appropriate for local shipbuilder or surgeon but, with few exceptions, anything important was still written in Latin». La critica di Schmitt si fonda su due pregiudizi. In primo luogo quando pensa alla scienza e al suo avanzamento, pensa soprattutto alla scienza contemporanea che ha un carattere tecnicistico e iperspecialistico. Queste ricerche, anche se pubblicate su un quotidiano molto diffuso non avrebbero avuto una vera influenza, perché l'impatto di un'opera deve essere sempre prima constatato dalla comunità di studiosi che verificano i contenuti. Tuttavia, nel Rinascimento il livello di conoscenza in certi ambiti era così poco approfondito che anche una piccola informazione poteva risultare significativa per l'avanzamento della conoscenza, soprattutto per chi aveva un limitato accesso alla cultura. Sapere semplicemente che l'inclinazione migliore per la gittata di una palla di cannone era di 45° rappresentava

un dato non trascurabile per la scienza applicata. Questa piccola informazione poteva mettere radicalmente in discussione delle ipotesi meramente teoriche. Cfr. M. HENNINGER-VOSS, *How the New Science of Cannons Shook up the Aristotelian Cosmos*, «Journal of the History of Ideas», 63 (2002), pp. 371-397. Inoltre, Schmitt sembra sminuire radicalmente il contributo che gli artigiani hanno dato al sapere, declassando la loro cultura ad un livello inferiore rispetto a quella dei professori universitari. Schmitt si chiede poi «Why were Galileo's vernacular writings translated so quickly into Latin, if the vernacular form was so much more accessible?», ma parimenti noi potremmo chiederci perché l'opera di Guidobaldo del Monte pubblicata in latino nel 1577 fu tradotta solo quattro anni più tardi in italiano? Mi pare abbia ragione Claudio Marazzini quando afferma che la scelta di Galileo di utilizzare il toscano «non deriva da una maggior comodità della lingua volgare, che anzi poteva risultare scomoda proprio perché rendeva necessarie le traduzioni in lingue estere. Era viceversa una scelta dettata dalla fiducia a priori [del valore del volgare], e anche dalla volontà di staccarsi polemicamente dalla casta dottorale» (cfr. C. MARAZZINI, *Storia della lingua italiana. Il secondo Cinquecento e il Seicento*, il Mulino, Bologna 1985, p. 58). Su questo punto cfr. M. SGARBI, *Volgarizzamenti in bottega. Una prospettiva sulla filosofia del Rinascimento*, in ### che è uno studio preliminare e introduttivo al presente saggio.

²⁴ Cf. L. OLSCHKI, *Geschichte der neusprachlichen wissenschaftlichen Literatur. Bildung und Wissenschaft im Zeitalter der Renaissance*, Olschki, Leipzig-Firenze-Roma-Genève 1922, pp. 222-238.

²⁵ Sul volgare di Galileo cfr. M.L. ALTIERI BIAGI, *Galileo e la terminologia tecnico-scientifica*, Olschki, Firenze 1965; MARAZZINI, *Storia della lingua italiana. Il secondo Cinquecento e il Seicento*, pp. 55-59.

²⁶ Cfr. W.A. WALLACE, *Galileo and Reasoning Ex Suppositione: The Methodology of the Two New Sciences*, «Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association», 1 (1974), pp. 79-104; W.A. WALLACE, *Galileo and His Sources: Heritage of the Collegio Romano in Galileo's Science*, Princeton University Press, Princeton 1984, pp. 202-206; R.J. RAPHAEL, *Galileo as a commentator on Aristotle?: The reception of Galileo in the Jesuit Collegio Romano and University of Pisa, 1633-1700*, PhD, Princeton 2009; R.J. RAPHAEL, *Making Sense of Day 1 of the Two New Sciences: Galileo's Aristotelian-inspired Agenda and his Jesuit Readers*, «Studies in History and Philosophy of Science» 42 (2011), pp. 479-491; D. GARBER, *Remarks on the Pre-history of the Mechanical Philosophy*, in D. GARBER – S. ROUX (eds.), *The Mechanization of Natural Philosophy*, Springer, Dordrecht 2013, pp. 13-15.

²⁷ Si deve in particolare al magistrale contributo di Laird l'individuazione delle caratteristiche della meccanica rinascimentale in opposizione a quella medievale. Cf. W.R. LAIRD, *The Scope of Renaissance Mechanics*, «Osiris», 2 (1986), pp. 43-68. Cfr. M. COSCI, *Mechanics*, in M. SGARBI (ed.), *Encyclopedia of Renaissance Philosophy*, Springer, Dordrecht 2017, in corso di pubblicazione.

²⁸ Cfr. LAIRD, *The Scope of Renaissance Mechanics*, p. 45.

²⁹ Cfr. M.J. SCHIEFSKY, *Art and Nature in Ancient Mechanics*, in *The Artificial and the Natural: An Evolving Polarity*, a cura di B. BENSAUDE-VINCENT - W.R. NEWMAN, MIT Press, Cambridge 2007, pp. 67-108.

³⁰ LAIRD, *The Scope of Renaissance Mechanics*, pp. 45-6 fornisce un'analisi serrata e convincente di questa visione della meccanica rinascimentale.

³¹ Si veda in particolare il seminale studio M. VALLERIANI, *The Transformation of Aristotle's Mechanical Questions A Bridge Between the Italian Renaissance Architects and Galileo's First New Science*, «Annals of Science», 66 (2009), pp. 183-208.

³² Cf. M. BIAGIOLI, *The Social Status of Italian Mathematicians, 1450-1600*, «History of Science», 1 (1989), pp. 41-95. Sul medesimo tema ma in scala europea cf. in J.A. BENNETT, *The Challenge of Practical Mathematics, in Science, Culture and Popular Belief in Renaissance Europe*, edited by P. Rossi e M. Slawinski, Manchester University Press, Manchester 1991, pp. 176-190.

³³ Cf. E. GARIBOTTO, *Le scuole d'abbaco a Verona*, «Atti e memorie della Accademia di agricoltura, scienze e lettere di Verona», 99 (1932), pp. 315-328; G. ARRIGHI, *Un programma di didattica di matematica nella prima metà del Quattrocento (dal codice 2186 della Biblioteca Riccardiana di Firenze)*, «Atti e Memorie dell'Accademia Petrarca di Lettere, Arti e Scienze di Arezzo», 38 (1967), pp. 112-128; R.A. GOLTHWAITE, *Schools and Teachers of Commercial Arithmetic in Renaissance Florence*, «Journal of European Economic History», 1 (1972), pp. 418-433; P. LUCCHI, *Leggere, scrivere e abbaco: l'istruzione elementare agli inizi dell'età moderna*, in *Scienze credenze occulte, li-*

- velli di cultura, Olschki, Firenze 1982, pp. 101-119; E. GAMBA – V. MONTEBELLI, *La matematica abachista tra recupero della tradizione e rinnovamento scientifico*, in *Cultura, scienze e tecniche nella Venezia del Cinquecento*, Istituto veneto di scienze, lettere ed arti, Venezia 1987, pp. 169-202; PF. GRENDLER, *Schooling in Renaissance Italy Literacy and Learning, 1300-1600*, Johns Hopkins University Press, Baltimore 1989, pp. 2, 5, 19, 12-13, 15-17, 22, 30-31, 33-34, 36, 41, 104; L. RADFORD, Luis. *On the Epistemological Limits of Language: Mathematical Knowledge and Social Practice During the Renaissance*, «Educational Studies in Mathematics», 2 (2003), pp. 127-129, 131.
- ³⁴ Cf. W. VAN EGMOND, *Practical Mathematics in the Italian Renaissance: A Catalog of Italian Abacus Manuscripts and Printed Books to 1600*, Istituto e Museo di storia della scienza, Firenze 1980.
- ³⁵ Cf. A. SAIBER, *Pacioli, Luca*, in M. SGARBI (ed.), *Encyclopedia of Renaissance Philosophy*, Springer, Dordrecht 2017, in corso di pubblicazione.
- ³⁶ Basti ricordare che Leonardo Da Vinci, profondamente influenzato da Pacioli, poteva affermare nel suo *Trattato di Pittura* che «nessuna umana investigazione si può dimandare vera scienza, s'essa non passa per le matematiche dimostrazioni». cfr. LEONARDO, *Trattato della pittura*, Neri Pozza, Vicenza 2000, p. 2. Su Pacioli-Leonardo cf. G.W. HART, *In the Palm of Leonardo's Hand. Modeling Polyhedra*, «Nexus network journal», 2 (2002), pp. 103-113; S. DUVERNOY, *Leonardo and Theoretical Mathematics*, «Nexus network journal», 1 (2008), pp. 39-49.
- ³⁷ L. PACIOLI, *Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalita*, Paganini, Venezia 1523, p. 2r. Sul volgare di Pacioli cfr. L. RICCI, *Il lessico matematico della Summa di Luca Pacioli*, «Studi di lessicografia italiana», 12 (1994), pp. 5-71; E. MATTESINI, *Luca Pacioli e l'uso del volgare*, «Studi linguistici italiani», 22 (1996), pp. 145-180.
- ³⁸ Cf. M. PIOTTI, «Un puoco grossetto di loquella». *La lingua di Niccolò Tartaglia*, Led, Milano 1998, pp. 23-26.
- ³⁹ C. TOLOMEI, *Delle lettere libri sette*, Giolito, Venezia 1547, pp. 82r-82v.
- ⁴⁰ G. LANTERI, *Duo libri del modo di fare le fortificationi*, Venezia, Zaltieri 1559, p. 71.
- ⁴¹ G.F. PEVERONE, *Due brevi e facili trattati, il primo d'arithmetica, l'altro di geometria*, Tournes, Lyon 1558, p. 5.
- ⁴² Per una panoramica generale su Tartaglia cfr. Cf. A. BERNARDONI, *Tartaglia, Niccolò*, in M. SGARBI (ed.), *Encyclopedia of Renaissance Philosophy*, Springer, Dordrecht 2015, 10.1007/978-3-319-02848-4_81-1. Si veda anche K.J. EKHOLM, *Tartaglia's Ragioni: A maestro d'abaco's Mixed Approach to the Bombardier's Problem*, «The British Journal for the History of Science», 2 (2010), pp. 181-207.
- ⁴³ N. TARTAGLIA, *Quesiti, et inventioni diverse*, Bescarini, Venezia 1554, pp. 69v-70r. Per comodità cito dalla edizione posseduta e annotata da Galileo Galileo ora consultabile sul sito dell'Institute and Museum of the History of Science.
- ⁴⁴ N. TARTAGLIA, *Inventione novamente trovata [...] utilissima per ciascuno speculativo Mathematico, Bombardiero et altri intitolata Scientia nova*, Sabbio, Venezia 1537, non numerata. Cf. S. CUOMO, *Shooting by the Book: Notes on Niccolò Tartaglia's Nova Scientia*, «History of Science», 2 (1997), pp. 155-188.
- ⁴⁵ Ibid.
- ⁴⁶ Cf. A. CARUGO, *Tartaglia, Benedetti, Galileo e le origini della dinamica moderna*, in *Giovanni Battista Benedetti. Spunti di storia delle scienze*, Marsilio, Venezia 1985, p. 65.
- ⁴⁷ Tartaglia non è menzionato nello studio di W.R. LAIRD, *Archimedes among the Humanists*, «Isis», 82 (1991), pp. 628-638.
- ⁴⁸ Cf. R. LANDON, *The Stillman Drake Collection*, in *Nature, Experiment, and the Sciences*, Kluwer, Dordrecht 1990, 335-336.
- ⁴⁹ N. TARTAGLIA, *Euclide megarense philosopho: solo introduttore delle scientie mathematiche, diligentemente reassettato, et alla integrità ridotto*, Ruffinelli, Venezia 1543, fortespizio.
- ⁵⁰ Ibid., f. IIr.
- ⁵¹ Ibid.
- ⁵² Ibid.
- ⁵³ Ibid., f. IIv.
- ⁵⁴ Di quest'opera ora esiste un'analisi dettagliata soprattutto del settimo e ottavo libro in R. PISANO – D. CAPECCHI, *Tartaglia's Science of Weights and Mechanics in the Sixteenth Century*, Springer, Dordrecht 2016.
- ⁵⁵ Ibid., f. IIv.
- ⁵⁶ Ibid.
- ⁵⁷ Questo è un tipico topos dei volgarizzatori di Aristotele, cfr. S. SPERONI, *Opere*, Occhi, Venezia 1741, p. 488; G.B. GELLI, *Opere*, UTET, Torino 1976, p. 177.
- ⁵⁸ Ibid., f. IIIr.
- ⁵⁹ Ibid.
- ⁶⁰ Ibid., f. IIIv.
- ⁶¹ Cf. Cf. F. BACON, *De sapientia veterum liber*, in F. BACON, *The Works of Francis Bacon*, Houghton, Boston 1874, vol. XIII pp. 28-31. Cf. ROSSI, *La nascita della scienza moderna in Europa*, pp. 52-54.
- ⁶² TARTAGLIA, *Euclide megarense philosopho*, f. IIIr.
- ⁶³ Ibid.
- ⁶⁴ Sul pubblico degli scritti aristotelici in lingua volgare cf. M. SGARBI, *Aristotle and the People. Vernacular Philosophy in Renaissance Italy*, «Renaissance and Reformation», in corso di stampa.
- ⁶⁵ TARTAGLIA, *Euclide megarense philosopho*, f. IIIr.
- ⁶⁶ Ibid., f. IIIr.
- ⁶⁷ *De Sapientia*, XI, 20.
- ⁶⁸ TARTAGLIA, *Euclide megarense philosopho*, ff. IIIv-IIIr.
- ⁶⁹ TARTAGLIA, *Quesiti, et inventioni diverse*, p. 78r.
- ⁷⁰ Ibid.
- ⁷¹ Ibid., p. 78v.
- ⁷² Cf. Ibid., 79r-79v.
- ⁷³ Ibid., p. 78v. Il passo è sottolineato da Galileo. Una concezione simile si può trovare nel trattato *Della pittura* di Leon Battista Alberti, nel quale si afferma che i matematici «misurano le figure e le forme delle cose solo con la mente, facendo astrazione dalla materia» (L.B. ALBERTI, *Il nuovo De Pictura*, a cura di R. SINISGALLI, Edizioni Kappa, Roma 2006, p. 93).
- ⁷⁴ Ibid. Si tratta di una postilla di Galilei.
- ⁷⁵ Ibid., p. 11r. Il testo è sottolineato direttamente da Galileo, il quale appunta che «apparirà men grave per la violenza e forza del movente ma il corpo è del medesimo peso quando va con violenza come quando ha finito il suo corso».
- ⁷⁶ Ibid., 11v-12r, 14v. Carugo pone particolare enfasi su questo passo in Carugo, *Tartaglia, Benedetti, Galileo e le origini della dinamica moderna*, 68-9.
- ⁷⁷ Ibid., p. 79v. Il passo è sottolineato da Galilei.
- ⁷⁸ Ibid., dedica a Enrico VIII.
- ⁷⁹ Cf. M. VALLERIANI, *Galileo Engineer*, Springer, Dordrecht 2010, p. 48.
- ⁸⁰ TARTAGLIA, *Quesiti, et inventioni diverse*, dedica a Enrico Ottavo.
- ⁸¹ Cf. P. BURKE, *Popular Culture in Early Modern Europe*, Ashgate, Aldershot 2009, p. 65.
- ⁸² TARTAGLIA, *Quesiti, et inventioni diverse*, dedica a Enrico Ottavo..
- ⁸³ Ibid.
- ⁸⁴ Cf. L. BESANA, *Il concetto e l'ufficio della scienza nella scuola*, in *Storia d'Italia. Scienza e tecnica*, Einaudi, Torino 1980, p. 1168.
- ⁸⁵ Cf. A. DE PACE, *Le matematiche e il mondo. Ricerche su un dibattito in Italia nella seconda metà del Cinquecento*, Franco Angeli, Milano 1993, pp. 244-245.
- ⁸⁶ Cf. A. COTUGNO, *Piccolomini, Alessandro*, in M. SGARBI (ed.), *Encyclopedia of Renaissance Philosophy*, Springer, Dordrecht 2017, in corso di pubblicazione.
- ⁸⁷ Cf. A. BERNARDONI, *Biringucci, Oreste*, in M. SGARBI (ed.), *Encyclopedia of Renaissance Philosophy*, Springer, Dordrecht 2017, in corso di pubblicazione.
- ⁸⁸ A. PICCOLOMINI, *Sopra le Mechaniche d'Aristotele*, Zanetti, Roma 1582, p. 4.
- ⁸⁹ Ibid.
- ⁹⁰ Ibid.
- ⁹¹ Ibid., p. 5.
- ⁹² Ibid.
- ⁹³ Ibid.
- ⁹⁴ Ibid.
- ⁹⁵ Ibid., p. 10.
- ⁹⁶ Ibid., 10-11.
- ⁹⁷ Ibid., p. 14.
- ⁹⁸ Ibid., p. 15.
- ⁹⁹ Ibid., 5-6.
- ¹⁰⁰ Ibid., p. 6.
- ¹⁰¹ Ibid., p. 15.

¹⁰² Cfr. D. COZZOLI, *Alessandro Piccolomini and the Certitude of Mathematics*, «History and Philosophy of Logic», 2 (2007), p. 168. Come si è detto questa idea fu fatta propria da Galilei.

¹⁰³ ARISTOTELE, *Le mechaniche*, Gadaldino, Modena 1573, lettera dedicatoria.

¹⁰⁴ Ibid.

¹⁰⁵ Cfr. L. BACCHINI, *Moletti, Giuseppe*, in M. SGARBI (ed.), *Encyclopedia of Renaissance Philosophy*, Springer, Dordrecht 2017, in corso di pubblicazione.

¹⁰⁶ Per una panoramica generale sulla meccanica di Moletti cfr. W.R. LAIRD, *Nature, Mechanics, and Voluntary Movement in Giuseppe Moletti's Lectures on the Pseudo-Aristotelian Mechanics*, in *Mechanics and Natural Philosophy before Scientific Revolution*, a cura di W.R. LAIRD – S. ROUX, Springer, Dordrecht 2008, pp. 173-183.

¹⁰⁷ Cfr. W.R. LAIRD, *The Unfinished Mechanics of Giuseppe Moletti. An Edition and English Translation of his Dialogue on Mechanics, 1576*, University of Toronto Press, Toronto 2000.

¹⁰⁸ Ibid., p. 72.

¹⁰⁹ Ibid.

¹¹⁰ Ibid., 73-74.

¹¹¹ Ibid., p. 74.

¹¹² Moletti, come Tartaglia e Piccolomini prima e Galilei dopo, ricorda le fondamentali opere di Erone e Archimede.

¹¹³ Ibid.

¹¹⁴ Per una più tarda evoluzione di questa concezione in ambito inglese cfr. P. DEAR, *Miracles, Experiments, and the Ordinary Course of Nature*, «Isis», 81 (1990), pp. 663-683.

¹¹⁵ Cfr. J.R. MILTON, *The Origin and Development of the Concept of the "Laws of Nature"*, «European Journal of Sociology», 22 (1981), pp. 173-195.

¹¹⁶ Sull'importanza delle illustrazioni per l'origine della scienza moderna ROSSI, *La nascita della scienza moderna in Europa*, pp. 60-66; CLERICUZIO, *La macchina del mondo. Teorie e pratiche scientifiche dal Rinascimento a Newton*, pp. 22-24; M. KEMP, *Vision and Visualisation in the Illustration of Anatomy and Astronomy from Leonardo to Galileo, in 1543 and All That. Image and Word, Change and Continuity in the Proto-Scientific Revolution*, a cura di G. FREELAND – A. CORONES, Springer, Dordrecht 2000, pp. 17-52.

¹¹⁷ Cfr. SMITH, *The Body of the Artisan. Art and Experience in the Scientific Revolution*, pp. 142-149.

¹¹⁸ Cfr. R.A. HALL, *The Scholar and the Craftsman in the Scientific Revolution*, in *Critical Problems in the History of Science*, edited by M. Clagett, University of Wisconsin Press, Madison 1959, pp. 3-23.

¹¹⁹ Cfr. T. KUHN, *The Structure of Scientific Revolutions*, The University of Chicago Press, Chicago 1962, p. 91.

¹²⁰ ROSSI, *La nascita della scienza moderna in Europa*, p. 48.

¹²¹ Un caso esemplare è D. WOTTON, *The Invention of Science. A New History of the Scientific Revolution*, Allen Lane, London 2015. Si veda anche A. KOYRÉ, *Etudes d'histoire de la pensée scientifique*, PUF, Paris 1966, pp. 67-68. Più recentemente ancora Pamela Long ha riaffermato che «changes brought by the new science must be understood against a background of the Aristotelianism». Cfr. LONG, *Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences, 1400-1600*, p. 2.

¹²² Cfr. HENNINGER-VOSS, *How the New Science of Cannons Shook up the Aristotelian Cosmos*, pp. 375, 381; M. VALLERIANI, *Metallurgy, Ballistics and Epistemic Instruments. The Nova scientia of Nicolò Tartaglia – A New Edition*, Edition Open Access, Berlin 2013.

¹²³ E.J. DIJKSTERHUIS, *De Mechanisering van het Wereldbeeld*, Amsterdam Academic Archive, Amsterdam 1998, p. 269.

¹²⁴ Ibid., 270.

¹²⁵ Cfr. J. BÜTTNER-P. DAMEROW-J. RENN, *Traces of an Invisible Giant: Shared Knowledge in Galileo's Unpublished Treatises*, in *Largo campo di filosofare: Eurosymposium Galileo 2001*, Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, Orotava 2001, pp. 183-201. L'articolo è stato ripreso con diverso titolo in J. BÜTTNER-P. DAMEROW-J. RENN, *Galileo's unpublished treatises. A Case Study on the Role of Shared Knowledge in the Emergence and Dissemination of an Early Modern 'New Science'*, in *The Reception of the Galilean Science of Motion in Seventeenth-Century Europe*, Kluwer, Dordrecht 2004, pp. 99-117.

Questa ricerca è stata possibile grazie al progetto ERC Starting Grant 2013, n. 335949, "Aristotle in the Italian Vernacular: Rethinking Renaissance and Early-Modern Intellectual History (c. 1400–c. 1650)".