

La matematica fisica di Archimede nel ‘libro’ ad Eratostene e nel *Metrikon* di Erone

Giuseppe Boscarino - Associazione culturale S. Notarrigo - gpp.bos@libero.it

Abstract: It is argued that, even with some new readings made by publication of the Letter to Eratosthenes in the Archimedes Palimpsest, with the wonderful discovery of his so-called ‘mechanical method’ (*tis tropos tou theorein en tois mathemasi dià ton mekhanikòn = a certain way of theorizing in mathematical things by means of mechanical entities*) at the beginning of the twentieth century, still remain some important historical-philological and philosophical-epistemological issues, already discussed in part in our writings. We produce some important testimonies taken from *Metrikon* by Heron of Alexandria in favour of our translations and interpretations of Archimedes’ lexicon, not without placing under investigation at the same time the personality and the importance of Hero in the history of philosophical, scientific and technological Greek-Hellenistic thought in line with Archimedes and the tradition of Italic thought of science. (The quotations of the Greek texts of Archimedes, Heron and Pappus are our translations)

Keywords: *methodos* (method), *ephodos* (methodics), *tropos* (way), *theorein* (to theorize), *deiknunai* (to prove), *tomai* (partitions), tradition of Italic thought of science.

1. Quali novità apporta la pubblicazione della cosiddetta ‘Lettera ad Eratostene’ nel Palimpsesto. Quale il vero titolo della Lettera

Per lo studioso Reviel Netz (Netz *et al.* eds. 2011) le novità nella prefazione della *Lettera ad Eratostene* sono tre.

La prima riguarda il titolo della Lettera. Il titolo che il grande studioso Heiberg (Heiberg 1906-1907) ha dato: *Il metodo di Archimede dei teoremi meccanici, a Eratostene*, alla luce delle nuove più sofisticate osservazioni, va modificato nel seguente modo: *Il (libro) di Archimede a Eratostene riguardante teoremi meccanici; metodo*.

La seconda novità riguarderebbe la lettura di una espressione usata da Archimede, in cui rivolgendosi ad Eratostene gli dice che il nuovo ‘tropos’ meccanico lo renderebbe abile nelle scoperte matematiche. In realtà Archimede, con questa espressione riletta, non si rivolgerebbe solo ad Eratostene, ma a chiunque voglia applicarsi a questioni matematiche.

La terza novità riguarderebbe la rilettura di un verbo, con il quale, Archimede, non direbbe che Eudosso scoprì (*ekseureken*) per primo i teoremi citati nella lettera, ma che semplicemente li pubblicò (*eksenenke*). C'è da pensare che invece forse già Democrito possedesse le prove, per cui va ripensata la crescita della matematica greca. (Heiberg 1906-1907)

Ritengo che Netz si muova ancora, pur dentro le novità che egli ritenga apportare la nuova lettura del Palimpsesto archimedeo, dentro vecchi pregiudizi e cattive interpretazioni. Basti notare come egli ancora traduca nel corso del suo discorso i due termini greci presenti nella lettera, l'uno nel titolo, *ephodos*, l'altro nel corso di tutta la lettera, *tropos*, con lo stesso termine *method*, pur avvertendo un certo disagio poi nelle note 89 e 91, circa una loro corretta traduzione. (Netz *et al.* 2011, Vol. II, p. 317)

Ma siamo sicuri che il titolo vero dell'opera fosse *Ephodos*, come pare credere il Netz, ritenendo l'altra parte del titolo solo 'opera di catalogazione', quando titola la prima parte di esso giustamente 'Il libro di' Archimede ad Eratostene riguardante teoremi meccanici, che è poi la denominazione che dà lo stesso Archimede alla sua opera nel corso della lettera? (Netz *et al.* 2011, Vol. II, pp. 71, 33-36, 1-8) O non bisogna supporre invece che sia un'aggiunta posteriore il termine *Ephodos*, visto che nel corso della Lettera-prefazione e dell'opera Archimede non lo usa mai, ma usa solo il termine *tropos*, il quale più che un semplice metodo, un mero modo di scoprire (*euriskein*), sembra indicare non solo un modo di scoprire ma anche un modo di costruire la teoria, che è il suo *theorein* nelle cose matematiche, quindi di dimostrare (*deiknunai*), mediante enti meccanici?

E che dire dell'importante e di una delle più antiche testimonianze su quest'opera, quella di Erone, mi riferisco al suo *Metrikon*, dove l'opera di Archimede è denominata *En to ephodikò*, che pare inviare piuttosto ad un libro che tratta questioni di metodo, di metodologia, che poi è la buona traduzione che Heiberg dà nella sua prima traduzione tedesca, del 1906 -1907 in *Bibliotheca mathematica* dell'opera archimedeo, di '*ephodos* = *Methodenlehre* = dottrina del metodo'? (Heiberg 1906-1907)

2. Le proposizioni del 'libro di Archimede sui teoremi meccanici': semplici risultati euristici o veri teoremi, rigorose dimostrazioni?

Sul mito di un Archimede che con il suo *tropos* meccanico si limiti solo a 'scoprire' ma non a 'dimostrare', nelle sue proposizioni (Heath 19012; Boyer 1982; Frajese 1974), forzando sull'interpretazione della sua espressione, '*koris apodeikseos* = senza dimostrazione', nel corso della 'Lettera-prefazione', abbiamo detto in altro nostro scritto. (Boscarino 2011) Se nella 'Lettera-prefazione' Archimede, riferendosi alle sue proposizioni meccaniche afferma di esse che sono da collocare fuori da un contesto dimostrativo, *khoris apodeikseos*, per ben due volte, molte più volte si riferisce ad esse ritenendole 'dimostrazioni'. Vedi conclusioni delle proposizioni, 2, relativa alla sfera ('*oper edei deikhtenai* = come doveva essere dimostrato'), 3, relativa allo sferoide, indicato il canonico 'come dovevasi dimostrare' con la sigla OI, 4, relativa al conoide rettangolo, con lo stesso OI.

Si legge ancora nella proposizione 12, relativa alla cosiddetta unghia cilindrica, dopo aver usato ancora il canonico ‘*theoretai* = si teorizza’ secondo il modo meccanico, come Archimede si riferisce ad essa dicendo: “Dimostrate queste cose ritorneremo su questa dimostrazione per mezzo di enti geometrici = *Deiksantes de anakhoresomes epì ten dià ton gheometoumenon apodeikhsin autu.*” Si sostiene che tutte queste espressioni siano possibilmente interpolazioni, poiché in contraddizione con l’espressione, *koris apodeikseos*!

Ma perché non ritenere invece errata l’interpretazione che si dà di questa espressione, a confronto con le tante espressioni usate da Archimede e da noi riportate nelle quali denomina le sue proposizioni meccaniche *apodeikhseis* (=dimostrazioni), non ritenendole mere scoperte, ma anche teoremi, dimostrati in altro modo, fuori da un contesto (*koris*) meramente geometrico-dimostrativo, che a noi pare il vero significato del suo ‘*koris apodeikseos*’?

L’Erone del *Metrikon*, antico ed autorevole testimone di cose archimedee, sembra non avvalorare il presunto dualismo epistemologico nella produzione archimedeica, dividendo tra opere di mera scoperta, euristiche, ed opere di rigorose dimostrazioni. Infatti quando cita le scoperte archimedee nel suo *Metrikon* usa indistintamente il termine ‘dimostrare = *deiknūnai*’ sia quando queste sono riferite a opere di tipo geometrico sia quando sono riferite a opere di tipo meccanico, nel nostro caso all’opera archimedeica, *En to ephodikò*.

Infatti nel libro I, prop. 34, scrive, riferendosi ad un’opera, scritta e teorizzata in modo geometrico, relativamente alla misurazione di un’ellisse: fu dimostrato nei *Conoidi* di Archimede (*epèi en tois konoeidesin Arkhimedous déiknutai*), mentre nello stesso libro, prop. 35, questa volta riferendosi ad un’opera, scritta e teorizzata in modo meccanico, relativamente alla misurazione di una parabola, scrive: Archimede ha dimostrato in *Ephodikon* (*apèdeiksen de Arkhimedes en tò ephodikò*). (Heronis 1903)

Al *theorin* Archimede non dà il mero significato di ‘scoprire, investigare = *to investigate*’, come pare interpretare lo Heath (Heath 1912), contrapponendolo all’autentico ‘dimostrare’ (*deiknūnai*), geometrico, poiché nel momento in cui egli incornicia le sue proposizioni meccaniche dentro il già citato *theoretai dià toutou topoou oti ...* = si teorizza con questo modo che ... , poi conclude con il già anche citato *oper dei deiksai* = come dovevasi dimostrare. Quindi Archimede come poi Erone considerano le proposizioni meccaniche, come le dimostrazioni geometriche, ‘dimostrazioni’. Che Archimede sia convinto di aver costruito una feconda teoria meccanica, con premesse (*prolambanomena*) e conseguenze (*theoremata*), da consegnare, pubblicandola, ai futuri matematici, perché possano arricchirla di nuovi teoremi, e che quindi non abbia niente da rimproverarsi sul piano della sua capacità dimostrativa, lo si può dedurre dalle sue ultime considerazioni della sua Lettera. (Netz *et al.* p. 76, pp. 6-10)

Ad Archimede la ‘sua teoria meccanica’ o ‘*tropos* meccanico’ consente non solo di scoprire e dimostrare teoremi geometrici, ma anche teoremi meccanici, inerenti i centri di gravità. È il fondatore della meccanica razionale, la cui pratica Pappo attribuisce ad Erone e ai suoi seguaci.

3. Il *punctum dolens* delle proposizioni meccaniche: l'uso di sezioni infinitesime?

Ma si dice: Archimede, sia nei suoi teoremi meccanici sia in quelli strettamente geometrici, specie nella proposizione 14, somma 'sezioni infinitesime', usando impropriamente il suo presupposto 11 (prop.1 della sua opera *Conoidi e Sferoidi*). Per questo giudicherebbe le sua proposizione geometrica 14 e tutte le altre proposizioni meccaniche 'prive di dimostrazione = *choris apodeikseos*'. (Acerbi 2013)

Intanto Archimede relativamente ai due teoremi scoperti ('unghia cilindrica' e 'intersezione di due cilindri con le basi in un cubo'), nel momento in cui dichiara la sua soddisfazione di aver trovato il modo o *tropos* di eguagliare una figura solida compresa da piani ad una figura solida compresa da superfici curve, chiaramente afferma: "Ecco nel presente libro ti comunico le dimostrazioni scritte (prop. 12,13,14,15) di questi teoremi", come pure nella parte finale della lettera, relativamente ai due teoremi, di quali aveva inviato ad Eratostene solo gli enunciati, scrive: "Alla fine del libro scriviamo le dimostrazioni geometriche di quei teoremi dei quali ti mandammo prima gli enunciati." (Netz *et al.* 2011 p. 73, pp. 18-22) Quindi per quanto riguarda gli enunciati dei due teoremi, dei quali ad Eratostene era stata chiesta di saperne dare la dimostrazione, Archimede è chiaramente certo di darne nel seguito del suo libro le dimostrazioni. Archimede poi allarga le sue considerazioni, dicendo che molti suoi enunciati con dimostrazioni sono stati da lui trovati, come per i due suddetti, prima in modo meccanico, ovvero al di fuori da un contesto teorico-dimostrativo di modo geometrico, non escludendo un contesto teorico-dimostrativo del modo meccanico.

Le 'sezioni' o meglio 'partizioni' (*tomai*), di cui si avvale Archimede sia nel contesto meccanico che nel contesto geometrico, sono nel caso meccanico sezioni-peso, quindi grandezze, ovvero parti, delle quali non interessa la forma, nel caso geometrico ancora sezioni-grandezze, senza peso, ma pur sempre parti, secondo la teoria delle grandezze del modo euclideo, delle quali ancora non interessa la forma, non quindi 'grandezze indivisibili', che possono essere considerate come tali solo concettualmente, ma che tali non sono, né tanto meno 'sezioni infinitesime', delle quali ancora non interessa la forma, ma solo la loro numerabilità e i loro rapporti numerici tra grandezze omogenee. Il 'tutte (ta panta)' dell'assunzione 11 del libro non si riferisce ad un presunto 'infinito attuale' né ad un presunto 'infinito potenziale', ma al "quante si voglia grandezze (*oposaou̇n meghéte*)", che è, se si vuole, un concetto di natura statica, nel quale le 'partizioni' (*tomai*) né crescono né diminuiscono, ma sono di volta in volta dati, determinati, di numero finito e di grandezza finita.

Termini quale 'infinito attuale' o 'infinito potenziale' come il termine 'grandezze indivisibili', tutti di matrice aristotelica non si possono attribuire arbitrariamente ad Archimede, che tra l'altro non li usa mai, senza in tal modo degradare il discorso archimedeo ad incongruenti ed assurde dimostrazioni, che tra l'altro offenderebbero non solo la sua geniale razionalità ma anche la sua straordinaria eredità, che crede, lui per primo, di lasciare ai matematici del futuro con il suo metodo geometrico e meccanico di investigare e di dimostrare quadrature e cubature.

Il *mathema* di Archimede è *physis*, fisica: il suo comporre (*sugkeisthai*) nella proposizione geometrica 14 come nelle altre proposizioni meccaniche è un riempire

mettendo insieme (*sunpleròo*), un render piene figure geometriche (linee, superfici e volumi), immaginate vuote, con ‘sezioni-grandezze’ (*tomai-meghetes*). Le figure pertanto, in quanto sono immaginate omogenee, composte da ‘partizioni-grandezze’ di rapporto peso-figura geometrica uguale ad 1, numerabili, in quanto, eguali in molteplicità (*isois to plethos*), sono misurabili.

Lasciano quindi perplessi la meraviglia e la suggestione del Netz, quando intravede la parola *meghetos* attraverso i raggi violetti nella parte mancante della prop. 14 in quella ricostruita da Heiberg, mentre era logico che ci fosse, visti i presupposti archimedei!

4. Quale l’immagine di Archimede nel *Metrikon*: un platonico, o un fecondo inventore di metodi (*methodoi*, *ephodoi*) di misurazioni?

Archimede è la figura più presente nel *Metrikon*, mentre Euclide non vi è nominato, se non per suoi teoremi, come pure non vi è nominato Ipparco, se non per suoi teoremi Sulle corde nel cerchio, prop. 22 e 24, Libro I ed Apollonio, a proposito di suoi teoremi della sua opera, che conosciamo per una sua citazione da parte di Pappo, prop. 10, prop. 13 e prop. 15, L.III; Eudosso vi è nominato per due volte solo nell’introduzione al Libro I; una sola volta vengono nominati Dionisidoro, a proposito di un suo teorema per la misurazione del volume della spira, prop.13, Libro II; Platone, a proposito dei cinque solidi detti di Platone, Libro II. Nel Libro I, che tratta della misurazione delle superfici, Archimede viene citato nell’introduzione, quindi nelle proposizioni 25, 30, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 39. Nel Libro II, che tratta della misurazione del volume dei solidi, Archimede viene citato nelle proposizioni 11, 12, 14, 15. Nel Libro III, che tratta della divisione di superfici e corpi, secondo un dato rapporto, Archimede viene citato nelle proposizioni 17 e 23. Le opere citate sono: *Misurazione del cerchio, Conoidi e Sferoidi, Sulla sfera e il cilindro, En to ephodikò*, come già detto, opera andata perduta nei secoli, e ritrovata con il Palinsesto, *Plintidi e cilindri*, opera invece andata perduta.

L’opera di Erone ed in particolare la sua opera *Metrikon*, oggetto della nostra attenzione, è stata variamente interpretata, per non dire delle grandi difficoltà storiche che ha creato la collocazione storica del nostro personaggio, che, pare dopo tante diatribe, sia da collocare intorno al I secolo dopo Cristo. I giudizi degli storici sono stati tra i più variegati: Boyer (1982), Kline (1991), Heath (1981). Positivo ci pare il giudizio di Gino Loria sul ruolo avuto da Erone nella storia della matematica greca e per una forte presenza in tutta la sua opera di aspetti alti di rigore, eleganza ed originalità. (Loria 1914) Oggi la figura di Erone viene sempre più fatta oggetto di studio e di rivalutazione. (Vitrac 2011)

Le dimostrazioni di Archimede sono richiamate, perché consentono facili operazioni numeriche di misurazioni, al fine di servire per utili opere di costruzione. L’investigazione (*epinoia*) di Eudosso e di Archimede, ma soprattutto la comprensione (*synesis*) di Archimede, cioè la capacità di Archimede saper andare oltre le divisioni apparenti delle diverse forme geometriche, sino a coglierne l’intimo rapporto numerico, come quella di saper sottoporre a misura le forme più disparate che la natura offre,

hanno impresso un eccellente balzo in avanti alla scienza della misurazione e della divisione.

Erone allora, in ciò anticipando la nostra moderna concezione di scienza, progressiva e cumulativa, vuole farsi erede della scienza passata, ed egli stesso investigatore di cose geometriche e di misurazioni, costruendo teorie adeguate. Insomma la sua opera vuole essere non solo scienza applicativa ma anche scienza teorica. Scrive infatti: “Ora, poiché il detto studio è indispensabile, così noi abbiamo ritenuto opportuno di raccogliere tutto quello che i nostri predecessori scrissero e che noi stessi abbiamo inoltre investigato in modo teorico (*prosetheorésamen*).” (Heronis 1903)

L’immagine che emerge dalla lettura dell’opera eroniana riguardo ad Archimede è certamente quella di un autore interessato ad opere di dimostrazioni, ma è quella soprattutto più ampia di autore interessato ad operazioni fisiche di misurazioni, e per questo inventore di metodi di misurazione, non arrestandosi a metodi di misurazioni di forme regolari, perfette, secondo un’immagine platonica, consegnataci da Plutarco, ma andando oltre, alla misurazione delle forme le più irregolari, empiriche, non solo ideali, inventando per essi metodi adeguati, anche se non rigorosi, approssimativi. Leggiamo a tal proposito quanto scrive sia nella introduzione al Libro II sia nella conclusione allo stesso libro:

Dopo la misurazioni delle superfici rettilinee e non, in seguito dobbiamo passare ai corpi solidi, dei quali nel libro precedente misurammo tanto le superficie piane quanto quelle sferiche, oltre quelle coniche e cilindriche, e poi quelle irregolari, le investigazioni (*epi-noias*) delle quali in quanto cose di non comune opinione (*paradòksous*) coloro che raccontano intorno alla successione fanno risalire ad Archimede. Sia che siano di Archimede sia che siano di qualcun altro, è però necessario presentare per iscritto queste, affinché il presente trattato non contenga lacune intorno ad alcunché per coloro che intendono occuparsi di queste cose. Dopo aver misurato i corpi irregolari, crediamo di fare almeno un rapido cenno sulla misura di quelli non regolari, quali sarebbero radici di alberi e pezzi di marmo, giacché alcuni raccontano (istorousi) che Archimede abbia scoperto (*epinenoekenai*) un metodo (*methodos*) per queste cose. (Heronis 1903)

L’interpretazione poi che si vuol dare dell’introduzione al Libro III, ancora una volta in chiave platonica, ci sembra una forzatura. (Guillaumin 1997)

L’Archimede eroniano appare insomma più un pitagorico, interessato al numero matematico, rapporto tra grandezze, che al numero ideale, esistente per sé, metafisico, di ascendenza platonica, che era quanto divideva, secondo la testimonianza di Aristotele, i pitagorici dai platonici. Da Erone tra l’altro apprendiamo che Archimede, in cerca di un metodo di misurazione del cerchio, più rigoroso di quello degli antichi, dovette attraversare nelle sue investigazioni metodi diversi. Che le misurazioni eroniane di ascendenza archimedeana servono per opere di costruzione lo si può vedere via via dalle tante conclusioni che Erone trae da quelle, come nei casi della prop. 25, L.I. (Heronis 1903)

5. Archimede ed Erone, illuministi, *ante litteram*. Conclusione

Oggi la figura di Erone viene sempre più fatta oggetto di studio e di rivalutazione, di persona di certo spessore matematico e filosofico - speculativo, ma anche di persona inserita in un vasto filone culturale, dentro una tradizione di pensiero, che tenendo presente l'unità del sapere, resistette, nel corso della storia antica, alla sua disgregazione come alla sua alterazione in senso gerarchico, con cui si vollero giustificare altre gerarchie, intendiamo quelle sociali e politiche. La nostra interpretazione forse diventa la risposta a quanto in modo acuto ed inquietante, di fronte a giudizi storici superficiali, ottusi e preconcetti su Erone, L. Geymonat si pone nel suo scritto di storia della matematica, concludendo la sua presentazione di Erone, a proposito di quella che lui chiama la "svolta operativa" di Erone nei confronti dello spirito euclideo, improntato a purismo geometrico. (Geymonat 1965)

Ebbene dobbiamo ammettere, come da noi si è cercato di dimostrare in molti dei nostri scritti, che nella storia della scienza greca si sono fronteggiate sin dal VII-VI secolo a.C. due tradizioni di pensiero sul modo di concepire la scienza ed in particolare nel nostro caso del *Metrikon*, la matematica. Se da una parte in pensatori, quali Pitagora, Parmenide, Archita, Eudosso, Democrito, Archimede, si è tenuta ferma l'unità del sapere, in cui la scienza-filosofia stava congiunta con i diversi saperi come oggi li chiamiamo (matematica, fisica, astronomia, ecc. ...), non separandoli dal loro uso pratico, tecnico, non creando una gerarchia tra loro, per perfezione, dall'altra parte, ci riferiamo a Platone ed Aristotele, i saperi sono stati separati creando tra loro una gerarchia di valore circa l'oggetto che trattavano.

Per cui se gli oggetti della matematica erano per Platone oggetti puri, perfetti, esistenti eternamente di per sé in un mondo iperuranico, oggetti di una scienza superiore, la geometria, di *contra* a quelli, per Platone stavano gli oggetti sensibili ritenuti impuri, imperfetti ed esistenti in modo transeunte, effimero, del quale si occupavano i saperi inferiori, rappresentati dalle varie arti. Non diversamente stavano le cose per Aristotele il quale riteneva che gli oggetti matematici erano separati ed esistenti in modo perfetto solo in un mondo astratto, che non può mai rappresentare la realtà sensibile, ma solo, come anche per Platone, imitarla, scimmiettarla, ma non innovarla, arricchirla di nuovi oggetti, né di creare nuove macchine. (Boscarino 2012)

Per i primi invece la *mathesis*, la conoscenza matematica trae dal mondo sensibile multiforme e confuso alcune proprietà, le trasforma in idee, le proprietà in quanto tale, gli elementi, e li compone poi, secondo una logica matematica, che non è la logica del senso comune, quale è quella aristotelica, in una 'teoria', ovvero in una nuova osservazione; in tal mondo crea il nuovo mondo fisico, al di là del mero mondo sensibile, in cui si mescolano una filosofia con suoi elementi e principi, una scienza con un suo complesso di proprietà fisiche, con sue precise forme geometriche, relazionate tra loro da rapporti numerici, che ne colgono l'intima essenza.

La realtà fisica, non essendo più, né una mera realtà metafisica, fissa ed assoluta, esistente in un modo iperuranico, quindi inaccessibile all'azione umana (Platone), né una mera realtà astratta, a cui corrispondono al di là del mondo sensibile, ancora forme sostanziali imm modificabili, quindi rendendo ancora inutile ed impotente l'azione umana

(Aristotele), diviene invece un ben preciso contesto teorico, in cui si rapportano elementi, forme geometriche, leggi, e precisi rapporti numerici, grazie al quale è ora possibile modificarla, inventarne di nuova, usare le sue stesse leggi per creare macchine che aiutano e rafforzano l'azione umana.

Per Erone l'essere naturale non è costituito solo di forme sostanziali o di mere potenzialità, *dynamis*, come hanno pensato gli antichi filosofi, entro cui possiamo benissimo collocare Platone ed Aristotele, ma anche di enti artificiali, prodotti dell'*energeia*, quella forza interna naturale ed esterna umana, grazie alle quali si possono produrre oggetti nuovi e macchine non presenti in natura.

I diversamente filosofi, quelli che Erone chiama i 'meccanici', allora non solo innovano su un diverso concetto di 'realtà fisica' con i concetti di elemento e di principio, come nel caso del concetto di 'vuoto', in Erone, nel momento in cui ne modificano il significato, dal punto di vista epistemologico e filosofico, ma costruiscono, non una teoria statica di forme, ma una nuova teoria dinamica ricca non solo di vecchie scoperte da conservare trasmettendole alla memoria degli uomini, ma anche di possibili nuove scoperte future mescolandole sempre più con la '*mathesis*'.

Insomma in Erone troviamo quanto Newton agli inizi della rivoluzione scientifica nel XVI secolo aveva auspicato richiamandosi a Pappo, il quale tra l'altro riconosceva in Erone, colui che ben aveva mescolato nel suo concetto di scienza 'filosofia, matematica e meccanica'. Leggiamo prima la testimonianza di Pappo su Erone e i suoi seguaci:

I meccanici seguaci di Erone dicono che una parte della meccanica è razionale, l'altra parte applicata, e che la parte razionale si compone della geometria, dell'aritmetica, dell'astronomia, e degli stadi di cose fisiche, mentre la parte applicata comprende l'arte di lavorare il rame, l'arte di edificare, l'arte di costruire in legno, l'arte della pittura, e l'esercizio manuale di queste arti. (Pappo 1933)

E ancora dello stesso Pappo:

La teoria meccanica, o figlio mio Ermodoro, essendo utile a molteplici ed importanti cose che si presentano nella vita, merita a giusto titolo il più grande favore presso i filosofi e fa l'ambizione di tutti i matematici, poiché per prima si occupa da vicino della fisiologia degli elementi materiali nel mondo. (Pappo 1933)

Quindi quanto scriveva Newton all'inizio della sua prima prefazione del 1686 al suo capolavoro *Philosophiae naturalis principia mathematica*:

Poiché gli antichi (come viene detto da Pappo) ebbero nella massima considerazione la meccanica nella investigazione delle cose naturali, e i moderni, abbandonate le forme sostanziali e le qualità occulte, hanno cercato di assoggettare i fenomeni della natura a leggi matematiche, ho ritenuto opportuno in questo trattato di coltivare la matematica per quanto riguarda la filosofia. (Newton 1997)

Nella razionalità scientifica matematica dei Pitagora, degli Archita, degli Eudosso, dei Democrito, degli Euclide, degli Archimede, il quale solo a questi due ultimi nei sui

scritti si richiama, allora si mescolano senza alcuna posizione gerarchica i diversi saperi, quali filosofia, matematica e meccanica, mentre nella razionalità scientifica non matematica queste vengono scisse creando una separazione e una gerarchia di valori che poi in ultima istanza servono a fini di conservazione sociale, del senso comune e religioso e della tradizione. Non per niente stando alla testimonianza di Plutarco Platone condanna la mescolanza di meccanica e geometria in Archita ed Eudosso. (Boscarino 2010) Non per niente ancora nel suo *De Caelo* Aristotele scrive: “È bene convincersi della verità delle antiche dottrine patrimonio per eccellenza dei nostri padri secondo le quali esiste qualcosa di immortale e divino”. (Aristotele 1973)

Per Aristotele pertanto la razionalità scientifica non matematica deve muoversi in circolo; quanto attestano la tradizione, il senso comune con le sue parole, che eguagliano il reale con il sensibile, e la religione con le sue credenze è trovato dalla ragione scientifica e filosofica e viceversa. La ricerca scientifica dimostra quanto il linguaggio comune dice, senza il sapere razionale, e la religione crede, senza il ragionare matematico. Anzi essa non può professare teorie che contrastano con questi. In Erone invece troviamo una razionalità scientifica matematica aperta, progressiva, moderna sin dall’inizio della sua opera *Metrikon*, quando scrive:

La primitiva geometria, come ci insegna l’antico racconto, si occupava della misurazione e della divisione della terra, e per questo veniva chiamata geometria. Divenendo poi sempre più utile agli uomini, il suo campo di applicazione venne ampliato, per cui la trattazione delle misure e delle divisioni si estese anche ai corpi solidi; e poiché i primi teoremi scoperti non bastavano, richiesero pertanto ulteriori indagini, per cui ancora fino ad oggi restano da trovare alcune cose, quantunque Archimede ed Eudosso abbiano trattato in modo eccellente l’oggetto di studio. (Heronis 1903)

Come già nell’introduzione al *Metrikon* il solo citato è Archimede, con Eudosso, di tradizione italica. Possiamo denominare insomma Erone come già Archimede, i precursori del pensiero moderno, anzi i pensatori *ante litteram* del pensiero illuministico.

Bibliografia

- Acerbi F. (2013). *Metodo*. Torino: Boringhieri.
- Aristotele (1973). *De caelo*. Bari: Laterza.
- Boyer C. (1982). *Storia della matematica*. Milano: Mondadori.
- Boscarino G. (2010). *The Mystery of Archimedes. Archimedes, Physicist and Mathematician, Anti-platonic and Anti-Aristotelian Philosopher*, in Paipetis S.A., Ceccarelli M. (eds.), *The Genius of Archimedes*. Berlin: Springer, pp. 313-322.
- Boscarino G. (2011). “The onto-epistemological background of Archimedes’ mathema”. *Logic and Philosophy of Science*, 9 (1), pp. 111-129.
- Boscarino G. (2012). *At the Origins of the Concepts of Mâthema and Mekhané: Aristotle’s Mekhanikà and Archimedes’ Tropos Mekhanikòs*, in Koetsier T.,

- Ceccarelli M. (eds.), *Explorations in the History of Machines and Mechanisms: Proceedings of HMM*. Berlin: Springer.
- Boscarino G. (2014). "The Italic School in Astronomy: From Pythagoras to Archimedes." *Journal of Physical Science and Applications*, 15, pp. 385-392.
- Boscarino G. (2015) "Archimedes' Pсамmites and the Tradition of Italic Thought of Science". *Advances in Historical Studies*, 4, pp. 8-16.
- Boscarino G. (2016) *Tradizioni di pensiero. La tradizione filosofica italiana della scienza e della realtà*. Roma: Aracne.
- Frajese A. (1974) (a cura di). *Opere di Archimede*. Torino: UTET.
- Geymonat L. (1965). *Storia della matematica*, in Abbagnano N. (a cura di). *Storia delle scienze*. Torino: Utet.
- Guillaumin J.Y.(1997). "L'eloge de la géometrie dans la préface du livre III des Metrica d'Héron d'Alexandrie". *Revue des études anciennes*, 99, pp. 91-99.
- Heath S.T. (1912). *The works of Archimedes*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Heath S.T. (1981). *A History of Greek Mathematics*. New York: Dover.
- Heath S.T. (1981). *The works of Archimedes. With a Supplement The method of Archimedes*. New York: Dover Publications, pp. 13-14.
- Heiberg J.L. (1906-1907). "Eine neue Schrift des Archimedes". *Bibliotheca mathematica* 3d ser., 7, pp. 321-363.
- Heronis Alexandrini (1903). *Opera quae supersunt omnia*, Vol. III, *Metrikon*, A, B, C, H. Lipsiae: Schoene.
- Kline M. (1991). *Storia del pensiero matematico*. Torino: Einaudi.
- Loria G. (1914). *Le scienze esatte nell'antica Grecia*. Milano: Hoepli.
- Netz R., Noel W., Wilson N., Tchernetska N. (2011) (eds.). *The Archimedes Palimpsest*. Cambridge: Cambridge University Press., Vol. II.
- Netz R. (2007). *Il codice perduto di Archimede*. Milano: Rizzoli.
- Newton I. (1997). *Principi matematici della filosofia naturale*. Torino: Utet.
- Ver Eecke P. (1933). *Pappus d'Alexandrie: La Collection Mathématique avec une Introduction et des Notes*. FoParis: Albert Blanchard, 2 vols.
- Vitrac B. (2011). *Faut-il réhabiliter Héron d'Alexandrie?*, in *Faut-il réhabiliter Héron d'Alexandrie?* (Montpellier, Sept. 2008). Paris: Le Belles Lettres, pp. 281-296.