Quaderni di Scienze Umane e Filosofia Naturale

A cura di Heinrich F. Fleck

Ἀρχιμήδης - Ψαμμίτης
Archimede - Arenario

Versione italiana commentata con testo greco a fronte, uno studio su Archimede, note sulla numerazione attica e ionica e sulle unità di misure in area greca

Volume 2 N. 2 - Gennaio MMXVI Pubblicazione elettronica aperiodica WWW.HEINRICHFLECK.NET

I *Quaderni* sono una raccolta di scritti curata dall'autore del sito ed ospitano contributi di vario genere. La pubblicazione non accede a finanziamenti ed ai sensi del D. l.vo 9 aprile 2003 n. 70 e della legge 16 luglio 2012 n. 103 non è soggetta alla registrazione come prevista per le testate editoriali commerciali (legge 8 febbraio 1948, n.47), conforme la Corte di Cassazione con sentenza n. 23230 del 10 maggio 2012.

Pagina web delle pubblicazioni: `www.heinrichfleck.net/quaderni/`
Indirizzo mail: `heinrich.fleck@yahoo.it`

Termini d'indicizzazione - Key words

Ἀρχιμήδης, Ψαμμίτης, Συράκουσαι, μηχανικῶν, ἔφοδος, τρόπος.

Archimede, Siracusa, Psammites, Arenarius, Arenario, Die Sandrechnung, Die Sandzahl, The Sand Reckoner, metodo meccanico, numerazione greca (attica, acrofonica, erodionica, ionica-milesia), palinsesto, traduzione, traduction, Übersetzung, translation, Jacopo di San Cassiano, Giuseppe Torelli, Johan Ludwig Heiberg.

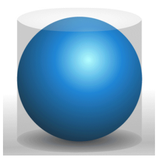
Cammeo in pasta vitrea con raffigurazione di Archimede; collezione Farnese, XV-XVI secolo. Napoli, Museo Archeologico Nazionale

In prima di copertina, dipinto di Archimede di Giuseppe Patania (1780-1852), Palermo, Biblioteca comunale; in quarta di copertina pagina del palinsesto come rivelata a seguito delle analisi condotte al Walters Art Museum di Baltimora.

Ἀρχιμήδης - Ψαμμίτης

Archimede – Arenario

Versione italiana commentata con testo greco a fronte, uno studio su Archimede, note sulla numerazione attica e ionica, le unità di misura in area greca, versione latina



Revisione IVe - Giugno MMXXV

INDICE

ELENCO DELLE FIGURE

ELENCO DELLE TABELLE

PREMESSA E NOTE DI TRADUZIONE

Premessa

Questa versione dell'Arenario, anche se è la prima prodotta in italiano assieme al testo greco, come altri miei pochi lavori del genere, è essenzialmente un esercizio letterario e matematico condotto secondo ogni possibile cura. Tale approccio al lavoro motiva lo stile di scrittura confidenziale di alcuni passi dell'introduzione, l'abbondanza di note dalla spiccata didascalica tipologia, la bibliografia relativa a quasi ogni brano citato, il dilungarsi in tematiche considerate acquisite in una qualsiasi pubblicazione scientifica del settore, fattispecie queste indirizzate a fornire spunti di riflessione ed approfondimento all'eventuale interessato in questi studi, non essendo questo un lavoro per professionisti che hanno a disposizione più autorevoli fonti per i loro studi. Il lavoro si qualifica in sostanza, per gli estranei alla tematica, come un momento d'interesse per ulteriori approfondimenti su dedicate pubblicazioni professionali da parte degli estranei alla tematica.
Il documento si articola in quattro sezioni: appunti di studio finalizzati a tracciare un profilo di Archimede, cui seguono note sulla numerazione greca (capitoli 1 e 2), l'Arenario in versione a pagine affiancate (greco e italiano) e la versione in latino resa dall'Heiberg (capitoli 3 e 4). Dalla data della prima pubblicazione sono state apportate modifiche e integrazioni; la presente è la quarta revisione.

Note di traduzione

Il testo greco segue la redazione filologica di Johan L. Heiberg pubblicata a Lipsia (1880-1881) dalla casa editrice Teubner e riedita dallo stesso, assieme a Hieronimus Zeuthen (1910-1915), ristampata a Stoccarda, sempre per Teubner, a cura di Evangelos Stamatis (1972).[1] L'edizione è stata seguita nella redazione testuale e nella suddivisione in libri e capitoli, l'unica variante introdotta è relativa al rinvio a capo operato per ogni capitolo per agevolare il sincronismo delle versioni greca e italiana nella presentazione a pagine affiancate (testo greco sul *verso*, testo italiano sul *recto*).
Conforme all'edizione citata è anche la scrittura adottata per il testo greco, composta secondo caratteri inclinati (`Lipsiakos`), interrotta talvolta da forme in tondo (`Didot`) fra parentesi quadre del tipo [τοῦ κυλίνδρου] a significare interpolazioni per parti di testo assenti o comunque supposte nell'originale. Il testo greco è stato digitalizzato con la massima cura eseguendo diverse letture, ma le revisioni sono state condotte senza supporto di terzi ed è possibile che si sia erroneamente trascritta qualche parola, mutato uno spirito da dolce ad aspro, posto un accento acuto anziché grave, ... Sarò grato a chi vorrà segnalarmi eventuali inesattezze.
Testo greco e latino iniziano, dopo un punto fermo, in lettere minuscole; lettere capitali sono riservate alla parola iniziale di ogni libro. Per l'italiano si è adottata la vigente convenzione tipografica: lettere capitali dopo un punto fermo; «Sole», «Luna» e «Terra»

1. Le edizioni heiberghiane cui si è attinto per la riproduzione del testo greco (Heiberg 1880-1881; Heiberg e Zeuthen 1910-1915a) non sono soggette a tutela per diritti d'autore.

in riferimento a corpi celesti, «terra» per la superficie terrestre; testo greco e latino sono disponibili al mio sito `heinichfleck.net/quaderni`.

Traduzione e versione latina Tenute presenti alcune edizioni (latina del Torelli e dell'Heiberg, italiana del Frajese e del Boscarino), si è operata una traduzione letterale operando a volte mutazioni di tempi verbali realizzando una forma discorsiva con interpolazioni di testo fra parentesi quadre ove le parole fra parentesi si riferiscano ad integrazioni, ad esempio: «l'angolo compreso fra [le rette] ΘM e ΘO». Si è rispettato, per quanto possibile, il periodare originale, non mutando la punteggiatura, ed ogni frase è resa secondo il significato proprio delle parole: quando ci si è, anche parzialmente, distaccati da queste linee di condotta lo si è esplicitato in nota (→ libro I, cap. 6).
Alla versione greco-italiana segue la latina dell'Heiberg riportata per un raffronto con la versione resa. La scrittura latina è conforme alla grafia classica: «siue» e non «sive», «eius» e non «ejus», «sphaera » e non «sphæra».

Note: funzionalità e tipologia L'elevato numero di note, specie nel capitolo primo, nel riferirisi alle fonti reperite e sempre nella finalità didattica-divulgativa, intende solo aiutare l'eventuale interessato a reperire facilmente i testi per i passi citati.

Quanto alla loro composizione, le note, oltreché secondo le istruzioni standard di LaTeX, sono composte sfruttando le potenzialità degli apparati critici a disposizione per i package usati: nella versione a pagine affiancate, le note sono di due livelli marcate da sigle alfanumeriche progressive (1-A) e (1-B), precedute dal numero di linea in riferimento seguito dalle parole per cui è operato il rinvio. Le note di livello (1-A) sono destinate ad annotazioni di carattere letterario, filologico, a questioni linguistiche; quelle di livello (1-B) sono destinate a commenti di carattere storico e scientifico. La notazione si caratterizza per una diversa enfatizzazione del riferimento riportando, dopo il numero di linea, le parole che hanno motivato elementi esplicativi. Una nota del tipo «2–3 *ἄπειρον εἶμεν τῷ πλήθει*] (1 - A): testo in nota», specifica che la stessa si riferisce alle linee 2 e 3 per la frase citata ed è la prima nota per quella tipologia. Una scrittura del tipo «non finito rispetto alla molteplicità» esprime, per la frase fra virgolette, la traduzione letterale riportata.

Si è cercato di serbare coerenza fra note relative al testo greco ed a quello italiano, ma per motivi di spazio si è imposta talvolta la necessità di comporre note relative all'italiano nella parte del testo greco e viceversa, operando comunque sempre il debito riferimento al numero di linea del testo ed alla pagina relativa. Per la redazione latina dell'Heiberg le note sono di un solo livello (1-A): queste sono quelle originali dell'Heiberg; le note filologiche dell'edizione non sono riportate.

Riferimenti I riferimenti sono a pagina ed a linee di testo: l'apposizione della lettera «R» (*right*) che segue l'indicazione del numero di linea, specifica il rinvio a linee di testo su pagine a numerazione dispari. Un riferimento nella forma «δέ τοῦ Ἀκούπατρος: I, 9, ln. 4», rinvia al libro I, capitolo 9, linea 4 per la pagina di sinistra ed è anch'esso attivabile con hyperlink.

Bibliografia Trattandosi di documento destinato alla diffusione via web, si sono privilegiati i testi accessibili in rete; i nomi degli autori sono in forma italianizzata: Filolao, Cicerone, . . .

Nel caso di raccolte di più opere da parte di un medesimo autore, singoli lavori sono riportati secondo questa scrittura:

Heiberg, Johan Ludwig e Hieronimus Zeuthen
[1910-1915a] *Archimedis opera omnia cum Commentariis Eutocii*, Arenarius, greco-latino, a cura di Evangelos Stamatis, 2a ed., III vol., corrigenda adiecit Evangelos Stamatis - editio stereotypa (1972) anni MCMX - MMXV, Teubner, Lipsia, vol. II.

Nel caso di un singolo lavoro, questo è riportato, per autore, nella forma:

Plutarco
[2006] *Quaestiones platonicae*, Università Cattolica di Lovanio, `agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm`

L'anno è riferito all'edizione o alla disponibilità in rete del lavoro.
In un riferimento nella forma «Ateneo 1827, libro V, 270 a|b, pagina 454», la barra verticale individua parti di testo come distinte nell'edizione; a volte la descrizione è analitica: «Tzetzes 1826, vol. II, cap. 35, versi 103 - 105, pagina 45»; se presenti due consecutive numerazioni in cifre romane, la prima indica il volume, la seconda il libro.
Il riferimento alle pagine è sempre a quelle del libro, non del file PDF.
Il nome del curatore è scritto in forma non latinizzata: «Friederich Hultsch» e non «Fridericus Hultsch» come spesso presente; lo stesso è per i luoghi d'edizione anch'essi talvolta latinizzati: «Copenaghen» non «Hauniae».

Pagine introduttive Le pagine introduttive, anche se presentano a volte spunti personali di riflessione, sono una rielaborazione dei molti contributi esistenti su Archimede. Passi greci e latini sono in questo caso, nell'ovvio rispetto di sostanziale fedeltà al testo, resi liberamente.

Numerazione greca Si rinvia alle pagine a questa riservate. La scrittura è conforme allo stile classico, senza sopralineatura ad esprimere che una sequenza di lettere rappresenta un numero; ad esempio 164 è scritto ρξδʹ (e non $\overline{\text{ρξδʹ}}$), dove ρ (ρʹ) vale 100, ξ (ξʹ) vale 60, e δʹ vale 4. Nel testo tradotto i numeri sono in forma letterale o cifre secondo la scrittura presente nel testo greco; espressioni come τετρακισχίλια sono rese come «40-esima parte di» o «$^1/_{40}$ di».

Convenzioni Le convenzioni si limitano a «vl.» (volume), «lb.» (libro), «cap.» (capitolo), «cfr.» (confronta), «ln.» (linea o linee), «op. cit.» (opera citata), «prp.» (proposizione); il segno $\rightarrow$ assolve alla funzione dell'espressione «si veda a».

Datazione epocale Dato il periodo storico in considerazione, gli anni riportati si riferiscono spesso alla datazione epocale *ante Christi nativitatem* che pertanto, salvo diversa necessità, non è mai specificata.

File PDF Il file PDF è in versione ipertestuale: i link sono evidenziati in un variazione di colore del grigio. Nella lettura a schermo, per le pagine relative alla traduzione dell'*Arenario*, si consiglia di attivare l'opzione di lettura a pagine affiancate. L'impaginazione è in formato A4.

Ringraziamenti e crediti Ringrazio Valter Bagni, Giuseppe Boscarino, Maïeul Rouquette e Francesco Verde per i consigli e supporti forniti nelle discipline di propria competenza. Un particolare ringraziamento va a Claudio Beccari, prodigo di consigli ed aiuti, autore anche della grafica presente nel I libro.

Revisioni successive alla prima edizione Negli anni successivi alla prima edizione (2016), sono stati condotti diversi interventi, talvolta minimali talvolta sostanziali, d'integrazione e rettifica, si sono mutati i titoli di alcune sezioni dei due capitoli introduttivi: "Appunti di studio" e "Scritture numeriche ed unità di misura in area greca". Altri interventi sono stati finalizzati alla correzione di errori di digitazione, all'integrazione di parti di testo, a rendere il documento più discorsivo, liberandolo da alcune ridondanti espressioni di cui la prima edizione abbondava. In una delle ultime revisioni (Gennaio 2024) si è intervenuti sull'indice analitico operando una ripartizione delle voci d'indice secondo categoria (nomi, luoghi, opere citate, . . .) Diversi interventi sono stati condotti pure sul testo greco dell'*Arenario*, correggendo errori di digitazione adottati nella scrittura del greco traslitterato, adottando cioè per l'immissione caratteri latini; è stato anche rivisto il contenuto di molte note e modificata in più di un punto la traduzione italiana.

Note di composizione tipografica

Nella presente revisione si è utilizzato, come «macchina tipografica», un portatile Acer del 2017 con processore a 64 bit, HD da 500 GiB e 4 GiB di RAM, OS Linux, distribuzione Slackware 15-2022, azionato dal motore di tipocomposizione `pdftex` sviluppato da Hàn Thé Thàn sul TEX di Donald E. Knuth; il mark-up è conforme allo standard LATEX sviluppato su TEX da Leslie Lamport. La classe del documento è la `memoir` di Peter Wilson implementata, per la particolare impostazione tipografica, dai package `reledmac` e `reledpar` di Maïeul Rouquette, derivati da `ledmac` e `ledpar` ancora di Peter Wilson.

Dalla *cassa dei caratteri* si sono prelevati, in corpo 10, i font `lmodern` (italiano), i `latin.classic` (latino) e, per il greco, i `CBfonts` (negli stili `Lipsiakos` e `Didot`) del package `teubner` ideati da Claudio Beccari per la pubblicazione di testi classici greci conformemente ai tipi utilizzati dalla Teubner Verlagsgesellschaft di Lipsia sin dalla prima metà del XIX secolo per edizioni filologiche in lingua greca; la collezione include glifi assenti in altre similari di font distribuite col sistema TEX. Dell'autore sono state pure utilizzate routine composte per la classe `dictionary`, nonché altre, appositamente scritte per l'occasione, che hanno significativamente implementato le capacità del package `teubner`. Classi, stili, file e collezioni di caratteri fanno parte del sistema di tipocomposizone TEX presente quale software libero agli archivi del CTAN 2016-2023 (TEXlive corrente per l'anno di composizione).

La grafica presente nel libro primo è di Claudio Beccari composta col package `curve2e` di cui lo stesso è autore.

CAPITOLO 1

ARCHIMEDE: APPUNTI PER UNO STUDIO

Πάντων δὲ τούτων τὴν αἰτίαν καὶ τὸν λόγον ἐπεγνωκέναι φασίν τινες τὸν Συρακόσιον Ἀρχιμήδη· μόνος γὰρ οὗτος ἐν τῷ καθ’ ἡμᾶς βίῳ ποικίλῃ πρὸς πάντα κέχρηται τῇ φύσει καὶ τῇ ἐπινοίᾳ.

PAPPO, *Collectio* (traduzione a pagina 21)

ATTENENDOSI A JOHANNES TZETZES che pone la morte di Archimede al settantacinquesimo anno d'età, nel corso della conquista romana di Siracusa del 212,[1] se ne pone la nascita nel 287.[2] L'esegesi filologica fa discendere il nome dalle parole ἀρχή (o ἀρχός) e μῆδος, rendibili approssimativamente come «pensiero primo» o «guida del pensiero»; una tradizione risalente a Friedrich Blass lo accredita figlio dell'astronomo Fidia (Φιντιάς in dorico), un contemporaneo di Aristarco di Samo e forse allievo di Stratone di Lampsaco;[3] Eutocio infine riferisce di una (perduta) biografia scritta da Heraclides,[4] probabilmente il medesimo menzionato nel trattato *Sulle spirali*.[5] Dati biografici di contemporanei non sono pervenuti.

Da Diodoro che scrive nel I secolo, si ha notizia di un proficuo soggiorno ad Alessandria dove strinse amicizia[6] con Eratostene, cui indirizzò il *Metodo meccanico* e il *Problema dei buoi*, con Aristarco (d'Alessandria), Conone, Dositeo e Zeuxippo,

1. NB: Dato il periodo storico in considerazione, la datazione epocale a.C. è sempre presunta.
2. *Ὁ Ἀρχιμήδης ὁ σοφός, μηχανητὴς ἐκεῖνος,* [. . . .] *γέρων γεωμέτρης, χρόνους τε ἑβδομήκοντα καί πέντε παρελαύνων* (Archimede il sapiente, l'inventore di macchine da guerra, [... era allora] un vecchio scienziato che varcava la soglia dei settantacinque anni) (Tzetzes 1826, *Chiliadi*, vl. II, cap. 35, vv. 103 - 105, pagina 45). Johannes Tzetzes fu un filologo attivo a Costantinopoli fra il 1100 e il 1180 d.C. circa. Archimede era contemporaneo di Eratostene (276 - 194 circa) come attestano la lettera d'indirizzo a questi del *Metodo* (→ a pagina 17 e seguenti) e i *Commentarii* di Proclo: *οὗτοι γᾶρ σύγχρονοι ἀλλήλοις, ὥς πού φεσιν Ἐρατοσθένης* (costoro infatti [Eratostene ed Archimede] erano coetanei, come racconta Eratostene da qualche parte; Proclo 1873, *Commentarii in Euclidem*, Prologus II, pagina 68).
3. Nel catalogo di Giamblico (240 - 325 d.C.), relativo a donne e uomini della scuola pitagorica in Grecia e in Italia, a Siracusa è citato Φιντιάς (Fintia) considerato per l'assonanza di nome il padre di Archimede (Giamblico 1816, Reale 2006, pagine 918 - 921); nell'*Arenario*, al passo ove si presume leggere un riferimento alla figura paterna, è riportato Φειδία δὲ τοῦ Ἀκούπατρος (I, 9, ln. 4). Poiché nessun testo classico riporta un toponimo di nome Ἀκούπατρος, Friederich Blass assunse leggervi un riferimento alla figura paterna e, ipotizzando una corruzione del passo nel corso delle copie, suppose che la scrittura originale fosse «Φειδία τοῦ ἁμοῦ πατρός» (di Fidia mio padre), proponendo Φειδία come variante di «Φειδίου» (di Fidia) ed ἁμοῦ per «ἡμετέρου» (del nostro [padre]; Blass 1883, 64, pagina 26). Alla tesi ha aderito la quasi totalità dei biografi di Archimede, interpretando il passo come un omaggio alla figura paterna e presentando Fidia come l'indiscusso padre di Archimede, recependo acriticamente l'interpretazione di Blass quasi sempre, oltretutto, senza mai citare la fonte. Nell'*Arenario* l'espressione (δὲ τοῦ Ἀκούπατρος) è stata lasciata nella scrittura originaria, ossia non tradotta.
4. *ὥς φησιν Ἡρακλείδης ἐν τῷ Ἀρχιμήδους βίῳ* (come racconta Eraclide nella vita di Archimede; *Eutocii commentaria, In dimensionem circuli*; Heiberg 1880-1881, vl. III, pagine 264-266).
5. Heiberg e Zeuthen 1910-1915a, vl. II, pagine 2 e 4.
6. L'amicizia di cui si parla fu soprattutto epistolare: → Acerbi 2007, pagine 71 - 72.

dedicatari di alcuni suoi lavori, matematici successori della scuola di Euclide, ed in Egitto lasciò tracce della sua permanenza a lungo ricordate, come la costruzione di ponti ed argini, l'introduzione della vite (coclea o spirale) per estrarre l'acqua.[7]

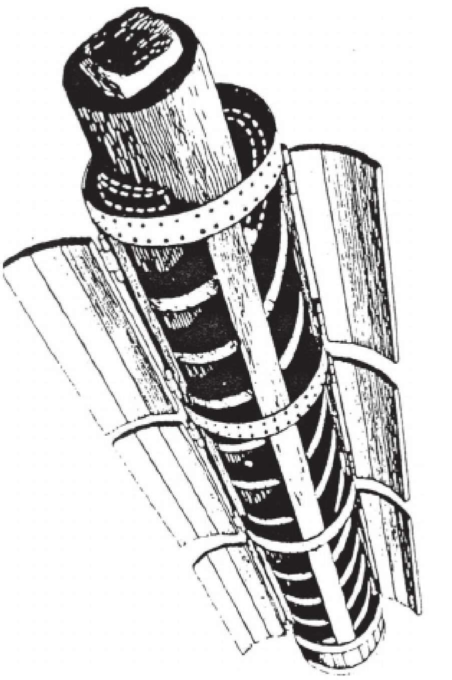


Figura 1.1: Coclea, ricostruzione grafica da reperto secondo un esemplare rinvenuto nelle miniere di Sotiel in Spagna

Sempre Diodoro gli attribuisce una permanenza in Spagna ove avrebbe diffuso quest'invenzione,[8] e Leonardo, purtroppo senza specificare la fonte, parla nei *Taccuini* di una frequentazione in queste terre presso un certo Eclideride re dei Cilodastri che si sarebbe servito della sua opera in una guerra combattuta per mare contro gli Inglesi (!?).[9] Leonardo si limita a citare genericamente le *Storie delli spagnioli* senza fornire altri dati, e nessun riferimento, né al re né alla guerra, è stato mai trovato. Nelle miniere del Rio Tinto, in Andalusia, fu in uso comunque, in un'epoca contemporanea a quella in discussione, un sistema di drenaggio con almeno otto coppie di ruote idrauliche poste in serie che permettevano di superare un dislivello di 30 m, e nelle miniere di Sotiel è stata ritrovata una vite lignea di antichissima datazione per l'estrazione delle acque.[10]

È dubbio se dopo il supposto viaggio in Spagna Archimede sia tornato ad Alessandria, ma i rapporti con la città greco-egizia restarono vivi in ossequio alla politica d'alleanza con i Tolomei come testimonia il dono della *Syracosia*, la possente nave costruita da Archìa di Corinto e Fileo di Taormina sotto la direzione di Archimede, e donata dal tiranno di Siracusa a Tolomeo anche perché non esisteva in tutta la Sicilia un porto idoneo ad accoglierla.[11]

---

7. *κοχλίαις, οὓς Ἀρχιμήδης ὁ Συρακόσιος εὗρεν, ὅτε παρέβαλεν εἰς Αἴγυπτον* ([prosciugarono i fiumi] servendosi delle coclee ideate da Archimede di Siracusa, all'epoca in cui [questi] giunse in Egitto; Diodoro siculo 1865, lb. V, 37). Pappo, in un un passo della *Collectio*, riporta: *τὸ ἐπὶ τῆς ἕλικος τῆς ἐν ἐπιπέδῳ γραφομένης θεώρημα προὔτεινε μὲν Κόνων ὀ Σάμιος γεμέτρης, ἀπέδειξεν δὲ Ἀρχιμήδης* (il teorema della spirale su una superficie, proposto da Conone di Samo, fu mirabilmente dimostrato da Archimede; Pappo 1878, vl. I, IV, pagina 234). Attribuzioni a Conone si rinvengono anche presso uno scrittore arabo, Casirius, di cui ci si occuperà a proposito di perduti lavori archimedei. Altri autori, riferendosi alla spirale, accennano solo ad Archimede, mentre Vitruvio accredita Ctesibio come autore dell'invenzione chiamandola *de Ctesibia machina* (Vitruvio 2005, lb. X, cap. 7, 1, 4, 5).

8. Diodoro siculo 1865, lb. I, cap. 34, 2; lb. V, cap. 34.

9. Favaro 1923, *Archimede*, pagina 8. L'interesse leonardesco verso Archimede emerge anche dal *Codice atlantico* (f. 986b recto, Biblioteca Ambrosiana), dove, a fianco di uno *schizzo* che imita (*sic*!) il percorso dei raggi luminosi su una superficie presuntivamente parabolica, Leonardo riporta:

> *Archiminede è intero appresso al fratel di monsignor di Sancta Gusta*
> *in Roma: disse averlo dato al fratello che · ssta in Sardigna; era prima nella*
> *libreria del duca d'Urbino* [...], *fu tolto al tempo del duca Valentino* (Ferrari 2017, pagina 441).

10. Russo 1996a, pagine 293, 305; Santos Solís 1998; Manzano Beltràn 2010.

11. La fonte è in Ateneo che riporta brani da un perduto libro di Moschione (Ateneo 1827, *Deipnosophistai*, pagine 458-459). Il testo è riportato nel vl. II, n. 3 di questa serie di *Quaderni* (Fleck 2016-2017); → anche *Dall'idea al progetto della più grande nave del mondo antico, La Syracosia* (Castagnino 2010). Riferimenti sono presenti anche nei *Commentari in Euclidem*: *πέμπειν Πτολεμαίῳ τῷ βασιλεῖ τῷ Αἰγυπτίῳ*, ([dispose

Sembra certo che dal 240 Archimede sia stabilmente a Siracusa trascorrendo qui la parte restante di vita sino alla morte per mano di un soldato romano, punto su cui le fonti concordano, secondo modalità che, se varie nei racconti (Plutarco ne offre tre versioni), nulla tolgono alla drammaticità dell'evento che vide la vita di uno dei più grandi scienziati d'ogni tempo spegnersi, al di là del presunto ed ipotetico ordine di Marcello di salvargli la vita, per l'illetteralità connessa ad ogni guerra.[12] Iniziò da quella data la *romana* cancellazione delle conoscenze greche (→ a pagina 48) per un manifesto atteggiamento d'indifferenza verso tutto ciò che era scienza, cancellazione che conobbe uno dei suoi più tragici momenti nella distruzione di Corinto (146). Per Siracusa fu, forse, la fine di una scuola di scienza attiva nel meridione d'Italia, nella *Magna Grecia*, che in Archimede si riconosceva e che a lui si riconduceva, una scuola che in Siracusa aveva un probabile centro: sulla questione si tornerà.

Durante l'assedio Archimede costruì varie macchine da guerra, efficacemente attivandosi a difesa della città, tanto che Marcello ne ebbe ragione dopo lungo tempo e ricorrendo al tradimento: se non fu il primo scienziato a porre mente ed opera al servizio del potere, fu uno dei pochi ad avervi contribuito in maniera così determinante. Un biografo della nostra epoca traccia il suo ruolo con l'ingenua giustificazione che egli *fu un patriota*,[13] ma riesce difficile credere ad un patriottismo archimedeo, o almeno esclusivamente a quello. Egli fu da un lato, probabilmente, desideroso di sperimentare le proprie idee, dall'altro impossibilitato dall'esimersi dal prestare i proprî servizi al re per l'amicizia e il rapporto parentale che a questi lo legavano.[14] Le macchine belliche non potevano essere improvvisate, nella concezione e nella costruzione, sotto l'impulso di un assedio, dovevano naturalmente costituire il frutto di anni di studio e lavoro in vari campi della fisica, ipotesi progettuali che venivano da lontano.[15]

Della produttività bellica di Archimede è traccia in Polibio, Tito Livio, Silio italico, Luciano, Galeno, Valerio Massimo;[16] il citato Johannes Tzetzes, assieme a Johannes Zonaras ed Antemio di Tralles[17] è fra coloro che accennano ai discussi specchi ustori; di Tzetzes e Zonaras le fonti sono reperibili anche nelle opere di Dione C. Cassio.[18] La

---

d']inviar[la] a Tolomeo il re d'Egitto; Proclo 1873, Prologus II, op. cit., pagina 63). Risulta tuttavia sospetta la generosità di Gerone II e il dono trovava fondamento, forse, in un probabile rifornimento di grano, come pure riporta Ateneo (*ibidem*), in cambio presumibilmente di un'alleanza o un sostegno nella politica estera.

12. Delle versioni riportate da Plutarco, è rilevante la terza in cui scrive: *ὡς κομίζοντι πρὸς Μάρκελλον αὐτῷ τῶν μαθηματικῶν ὀργάνων σκιόθηρα καὶ σφαίρας καὶ γωνίας, αἷς ἐναρμόττει τὸ τοῦ ἡλίου μέγεθος πρὸς τὴν ὄψιν. . .* (recandosi da Marcello per portargli in una cassa alcuni strumenti matematici come quadranti solari, sfere e goniometri con cui misurava la grandezza del Sole,. . . ; Plutarco 2011b, cap. 19); di uno di questi strumenti è offerta la descrizione al libro primo (cap. 11 e 12) dell'*Arenario*. Una fonte araba (Abul Faragi) riferisce che dopo il sacco di Siracusa furono bruciate quattordici ceste di manoscritti: a prestar fede alla versione, non solo lavori di Archimede ma almeno parte della sua biblioteca; Heiberg è scettico nei confronti del racconto (Heiberg 1879, *Quaestiones archimedeae*, pagina 28).

13. Mary Jaeger in *Archimedes and the Roman Imagination*, definisce il comportamento di Archimede durante la difesa di Siracusa quale quello di *a fervent patriot*, replicando di fatto nel Siracusano, e senza indagine, l'acceso nazionalismo della propria terra (Jaeger 2008, pagina 5).

14. *Ἱέρωνι τῷ βασιλεῖ συγγενὴς ὢν καὶ φίλος* (essendo parente ed amico del re Gelone; Plutarco 2011b, *Vita di Marcello*, cap. 14, 12).

15. Diodoro siculo 1865, lb. XIV, cap. 42; lb. XXI, cap. 8.

16. Polibio 2011, *Historiae*, lb. VIII, cap.5 - 9; Livio 2005, *Ab urbe condita*, lb. XXIV, cap. 34; Silio italico 2006, *Punica*, lb. XIV, cap. 336 - 352; Luciano di Samosata 1913, *Ippias*; Galeno A. Claudio 1904, *De temperamentis*, lb. III; M. Valerio 1865, *Memorabilia*, cap. 7 ed altri scrittori. Fabio Acerbi testimonia come le fonti classiche riconducibili a Polibio, Livio e Plutarco si riducano in realtà ad una sola (Acerbi 2008, pagina 190 e seguenti). Sul possibile utilizzo da parte di Archimede di specchi ustori → *Storia scienza e leggenda degli specchi ustori di Archimede* (Zamparelli 2005).

17. *Epitome historiarum*, 9, 14, pagina 263; 9, 13-14, pagina 261, I (Zonaras 1869); *De paradoxibus mechanicarum*, pagine 48 e 51 (Huxley 1959).

18. *Storie romane*, lb. XV, pagine 170-173 (Dione Lucio Cassio 1970); per uno stato delle conoscenze

testimonianza più completa è comunque in Plutarco[19] che racconta, conformemente ad altri storici ed assieme ad aneddoti di cui la vita di Archimede è costellata, il terrore che le macchine procuravano all'esercito romano, descrivendone alcune tanto puntualmente che ne sono stati ricavati disegni e ricostruzioni.[20] Va però rimarcato che le notizie scientifiche su Archimede provengono tutte da storici, il che, di per sé, già qualifica le fonti come d'estrema fragilità.

Mente enciclopedicamente scientifica, non come alcuni personaggi del Rinascimento tali accreditati sulla base di un'acritica tradizione, Archimede s'occupò con competenza della scienza a tutto campo, dall'ottica, alla statica, all'idrodinamica, alla pneumatica,[21] Tertulliano gli attribuisce addirittura la costruzione di un organo idraulico,[22] e restò sempre legato al mondo geometrico-matematico, alla scuola che aveva trovato in Talete ed Euclide i massimi esponenti, fondendo e sintetizzando le culture ioniche ed eleatiche con la dorica,[23] e fu a suggello della predilezione verso questi studi che volle raffigurata sulla tomba, a testimoniare quanto stimasse il risultato cui era giunto, una sfera iscritta in un cilindro.[24] Il particolare, secondo tradizione, consentì a Cicerone, al tempo in cui esercitava la questura in Sicilia, di ritrovarne la tomba e restaurarla.[25]

Il pensiero scientifico di Archimede

Vexata quaestio è quella relativa all'interconnessione fra il pensiero filosofico-naturalista di Archimede e il mondo culturale dell'epoca impregnato degli influssi delle scuole platonica ed aristotelica, mentre le idee che filtravano l'una e l'altra emanavano dalla città greca epicentro della cultura: Alessandria. L'influenza delle correnti ha fatto sì che Archimede, a seconda di chi attendesse allo studio della sua opera, fosse letto prevalentemente come platonico, anche se non immune da influenze aristoteliche, relegandone di fatto il pensiero in categorie preconfezionate mentre, com'è per ogni notevole personalità, caratteristica tipica è trascendere ogni schematismo.

---

nell'antichità → *I geometri greci e gli specchi ustori* (Acerbi 2008).

19. *Vita di Marcello*, Plutarco 2011b, cap. 14 - 19. Dai passi di Plutarco e di Polibio sembra quasi d'intendere che fosse Archimede stesso a sovrintendere alla difesa della città, affermando gli autori che tutti prestavano a lui opera. I resoconti degli scrittori romani, diversamente da quelli greci, si soffermano sempre sul fatto mirabolante: Silio Italico dedica ad Archimede pochi versi delle *Punica* mischiando fatti sorprendenti con la mitologia concludendo con *puppis etiam constructaque saxa feminea traxisse ferunt contra ardua dextra* (raccontano che per varare navi o sollevare in alto macigni fosse sufficiente a lui operare con piccolo sforzo: *feminea dextra*, con mano femminile: → anche alla pagina 16). Per una raccolta di autori classici greci e latini che operano riferimento ad Archimede ed a sue opere: → Fleck 2017, vl. 2, n. 5.

20. Plutarco, op. cit.; Frau 1987, cap. IV.

21. *Excerptum alchemicum* (Zosimo di Panopoli 1888); →a pagina 58.

22. *Specta portentosissimam Archimedis munificentiam organum hydraulicum dico, tot membra, tot partes, tot compagines, tot itinera uocum, tot compendia sonorum, tot commercia modorum, tot acies tibiarum, et una moles erunt omnia*: (ammira la grandezza di Archimede [a quanto] dico: tante membra e combinazioni di ritmi, tante file di flauti, e tutte queste cose sono in una sola grande costruzione; Tertulliano 2005, *De anima*, cap. XIV). Altra fonte accredita l'invenzione a Ctesibio (285 - 222, Vitruvio 2005, lb. X, cap. VIII).

23. La lingua di Archimede è il dorico nella sua variante locale. Fra le opere sopravvissute, l'*Arenario* è forse quella che più di altre aiuta a comprendere la lingua originale archimedea, avendo risentito meno degli interventi d'aggiustamento nelle varie fasi di copiatura quando i testi venivano resi nella κοινὴ, la lingua comune, il greco ellenistico, la lingua franca del Mediterraneo contrapposta alla varie inflessioni locali (Mayer 2015, *Zur Sprache des Archimedes*). Riferimenti alla lingua di Archimede si hanno nelle *Chiliadi* (Tzetzes 1826, XII, da verso 991 a seguire) ed in un passo della *Sfera e cilindro*; → anche Heiberg 1879, *Quaestiones Archimedeae*, pagina 69 a seguire.

24. Posti V_{sf} volume della sfera, V_{cl} volume del cilindro, S_{sf} superficie della sfera e S_{cl} superficie del cilindro, la relazione è data da $V_{\mathrm{sf}} = {}^2\!/_3\, V_{\mathrm{cl}}$, quindi: $S_{\mathrm{sf}} = {}^2\!/_3\, S_{\mathrm{cl}}$.

25. Cicerone 2006c, cap. 23.

Porre, come sin dall'antichità s'è fatto, grandezza e modernità di Archimede nel ricondurne l'opera ad un non sopito platonismo[26] cui Plutarco fra i primi lo relegò, ovvero, altrettanto arbitrariamente, all'aristotelismo, è indifferente: il collegamento non esplicita una maggiore o minore valenza del pensiero secondo l'ipotetica interferenza attribuita all'uno o all'altro. D'altra parte è naturale che le radici si prolunghino in entrambi i pensatori, perché in entrambi sono anche le fonti della conoscenza, e sostenere che i due filosofi debbano essere estranei alla sua formazione deducendo dal fatto che non sono citati nei suoi lavori, equivarrebbe a sostenere che gli dovessero essere estranei anche i non nominati Pitagora ed Archita. Tuttavia Archimede risulta altrettanto distante da posizioni eminentemente spiritualistiche quanto da dogmatismi.

Archimede supera il platonismo vincendone il postulato implicito che si risolveva nel quasi categorico imperativo del σῴζειν τὰ φαινόμενα.[27] Quando estrae le radici per calcolare la forza da imprimere alla catapulta nel lancio dei proiettili, e di ciò Eratostene dovette tener conto nella costruzione del mesolabio,[28] quando studia la leva, la distribuzione delle forze, Archimede non salva nulla, si limita a dedurre dall'osservazione dei fenomeni naturali e con l'aiuto della matematica (geometricamente espressa) ne offre la spiegazione infrangendo la norma platonica che vietava il collegamento fra meccanica e geometria: Platone limitava a riga e compasso i soli mezzi leciti di cui i matematici potessero servirsi. Alcuni passi classici aiuteranno a chiarire gli assunti proposti.

Nelle *Leggi* Platone, dopo aver premesso che *in ossequio al comune sentire non bisogna cercare l'essenza della divinità o dell'intero universo, né indagarne le ragioni perché questa non sarebbe un'azione pia* (ὅσιον), continua che si erra nel riferirsi alle divinità supreme (il Sole e la Luna) quando si afferma che questi corpi *non percorrono mai la stessa strada, e così alcuni corpi che sono assieme a questi che chiamiamo pianeti*;[29] ed a seguito dell'osservazione di Clinia che Lucifero e Vespero

---

26. Il collegamento di Archimede alla tradizione platonica, è affermato dal Frajese (Frajese 1974, pagina 13); dal Boyer che vede in Archimede *congiungersi l'immaginazione trascendentale di Platone col rigorismo euclideo* (Boyer 1949, pagina 48); da (Koyrè 1976, pagina 75). Solo pochi decenni fa sulla *Revue philosophique* compariva un articolo dal titolo *La méthode méchanique et le platonisme d'Archiméde* (Virieux-Raymond 1979). Come correttamente evidenziato (Cambiano 1996), l'interpretazione origina dalla contrapposizione Platone-Aristotele operata allorché si sviluppò la rinascita della scienza nel XVI-XVII secolo: volendo contrapporre ad Aristotele le nuove metodologie, sembrò naturale canalizzarle nel platonismo. Il tema ha dato origine ad una discussione di cui si dirà brevemente in seguito in relazione alla meccanica.

27. Salvare i fenomeni; l'espressione, attribuita a Platone, non è presente in alcun suo scritto. Entrata nel linguaggio quando si cerca di accomodare l'osservazione sul pensiero, la si ha da Simplicio, nel commento al *De caelo* di Aristotele, inserita in un discorso d'ampio respiro sottolineando come tale atteggiamento dinanzi alla realtà sia stato proprio anche di Eudosso e Callippo (Simplicio 1893, II, 12, pagina 492); è presente anche nel *De generatione* quando, esponendo le teorie di Leucippo, Aristotele conclude che questi *ὁμολογήσας δὲ ταῦτα μὲν τοῖς φαινομένοις* (conciliando queste cose [le teorie] con i fenomeni) affermava che *il vuoto è il non essere mentre dell'essere nulla è non essere* (Aristotele 2011b, I, 8, 325b); nel *De facie* (Plutarco 2011a): → alla pagina 37. Attribuire all'espressione esclusiva valenza negativa è però scorretto: il concetto che sottintende rinvia ad una percezione della realtà, corretta o fallace che sia è altro discorso, sulla cui base si avanzano tesi ed edificano le teorie per spiegare (soprattutto) la retrogradazione planetaria.

Espressione simile, ma concettualmente diversa, ricorre nell'*Arenario* quando Archimede, dopo aver «interpretato» il pensiero di Aristarco, conclude che *τὰς γὰρ ἀποδειξίας τῶν φαινομένων οὕτως ὑποκειμένῳ ἐναρμόζει* (infatti egli riconduce le dimostrazioni dei fenomeni a tal genere di supposizioni, I, 7, ln. 10). Il verbo ἐναρμόζει comporta confluenza fra osservazioni e tesi, tesi che possono anche essere errate, ma solo perché si è condotti dai sensi all'interpretazione dei fenomeni nel cui accordo si traggono comunque conseguenze coerenti.

28. Attribuito ad Eratostene, il mesolabio è uno strumento meccanico che può testimoniare l'influenza di Archimede su Eratostene che, a seguito dell'intercorsa corrispondenza, avrebbe adottato metodi meccanici nella risoluzione di problemi geometrici. Lo strumento permette di calcolare due medie proporzionali tra due valori dati e determinare la lunghezza dei segmenti x, y tali che $a : x = x : y = y : b$.

29. *φαμὲν αὐτὰ οὐδέποτε τὴν αὐτὴν ὁδὸν ἰέναι, καὶ ἄλλ' ἄττα ἄστρα μετὰ τούτων, ἐπονομάζοντες πλανητὰ αὐτά* (Platone 2011b, lb. VII, 821A, 821B).

non percorrono mai la stessa orbita, torna sulla pietà e a quanto i giovani debbano conoscere degli Dèi, a come questa conoscenza serva a non farli bestemmiare. Quindi riprende il tema:

> *οὐ γάρ ἐστι τοῦτο, ὦ ἄριστοι, τὸ δόγμα ὀρθὸν περὶ σελήνης τε καὶ ἡλίου καὶ τῶν ἄλλων ἄστρων, ὡς ἄρα πλανᾶταί ποτε, πᾶν δὲ τοὐναντίον ἔχει τούτου – τὴν αὐτὴν γὰρ αὐτῶν ὁδὸν ἕκαστον καὶ οὐ πολλὰς ἀλλὰ μίαν ἀεὶ κύκλῳ διεξέρχεται, φαίνεται δὲ πολλὰς φερόμενον – τὸ δὲ τάχιστον αὐτῶν ὂν βραδύτατον οὐκ ὀρθῶς αὖ δοξάζεται, τὸ δ' ἐναντίον,*[30]

concludendo che non bisogna commettere lo stesso errore nei confronti degli Dèi. La digressione astronomica serve solo per dimostrare la necessità di un atteggiamento pio, umile e remissivo verso la divinità: è il principio del *Timeo*, non è una conclusione filosofica, piuttosto un inno mistico alla divinità:

> *λέγωμεν δὴ δι' ἥντινα αἰτίαν γένεσιν καὶ τὸ πᾶν τόδε ὁ συνιστὰς συνέστησεν. ἀγαθὸς ἦν, ἀγαθῷ δὲ οὐδεὶς περὶ οὐδενὸς οὐδέποτε ἐγγίγνεται φθόνος· τούτου δ' ἐκτὸς ὢν πάντα ὅτι μάλιστα ἐβουλήθη γενέσθαι παραπλήσια ἑαυτῷ.*[31]

Si tralasciano considerazioni di presunta natura astronomica svolte nel dialogo sull'equivalenza divinità-perfezione celeste, per evidenziare, in un riconoscimento che Plutarco attribuisce al filosofo, quanto la detta corrispondenza all'epoca costituisse una chiave per l'intelligenza del mondo naturale.

Commentando la spedizione ateniese contro Siracusa nel corso della guerra del Peloponneso,[32] Plutarco riporta lo sbigottimento dello stratega e dei soldati che assistettero ad un'eclisse totale di Luna e, dopo aver accennato alla natura periodica del fenomeno e ricordati gli scrittori che ne esposero la teoria, osserva dapprima che:

> *οὐ γὰρ ἠνείχοντο τοὺς φυσικοὺς καὶ μετεωρολέσχας τότε καλουμένους, ὡς εἰς αἰτίας ἀλόγους καὶ δυνάμεις ἀπρονοήτους καὶ κατηναγκασμένα πάθη διατρίβοντας τὸ θεῖον, ἀλλὰ καὶ Πρωταγόρας ἔφυγε, καὶ Ἀναξαγόραν εἱρχθέντα μόλις περιεποιήσατο Περικλῆς, καὶ Σωκράτης, οὐδὲν αὐτῷ τῶν γε τοιούτων προσῆκον, ὅμως ἀπώλετο διὰ φιλοσοφίαν.*[33]

concludendo quindi con una considerazione d'ordine morale:

> *ὀψὲ δ' ἡ Πλάτωνος ἐκλάμψασα δόξα διὰ τὸν βίον τοῦ ἀνδρός, καὶ ὅτι ταῖς θείαις καὶ κυριωτέραις ἀρχαῖς ὑπέταξε τὰς φυσικὰς ἀνάγκας, ἀφεῖλε τὴν τῶν λόγων τούτων διαβολήν, καὶ τοῖς μαθήμασιν εἰς ἅπαντας ὁδὸν ἐνέδωκεν*[34]

e quel Platone *che rischiarò di nuova luce la via* e che avrebbe aperto un nuovo corso alla matematica, era però lo stesso che nella *Repubblica* osservava:

---

30. Non è corretta, carissimi, la dottrina secondo la quale il Sole, la Luna e altri astri sono erranti, è vero se mai il contrario, dal momento che ciascuno compie la stessa strada e non molte, ma una sola e sempre circolare così da percorrerne molte (Platone 2011b, VI, 822A).

31. Riconosciamo allora nelle cause che colui che ha formato l'universo così l'ha fatto perché egli è buono e da una cosa buona non nasce mai alcuna invidia, ed essendo a questa estraneo, volle che ogni cosa fosse il più possibile a lui somigliante (Platone 2011d, 29d -29e).

32. Plutarco 2011c, *Vita di Nicia*; → anche alla pagina 31.

33. [Molti] non tolleravano i discorsi dei cosiddetti fisici o di quelli che cianciavano sulle nuvole, ed accusavano costoro di ridurre la divinità a cause naturali e irrazionali. Tali idee furono esposte da alcuni fisici, e per questo Protagora fu bandito da Atene, Anassagora incarcerato scampò il supplizio grazie a Pericle, e Socrate, che non si occupava affatto di fisica, perse la vita per la sua filosofia (Plutarco 2011c, cap. XXIII).

34. E fu solo tempo dopo che le splendide (: fulgide) teorie di Platone rischiararono di nuova luce la via, sia per l'esemplare condotta di vita sia per aver egli ricondotto le leggi fisiche a principî divini indipendenti da ogni altra causa, ponendo così fine alle accuse che si rivolgevano alla filosofia, che si fece iniziare un nuovo corso nello studio della matematica; *ibidem*.

λέγουσι μέν που μάλα γελοίως τε καὶ ἀναγκαίως· ὡς γὰρ πράττοντές τε καὶ πράξεως ἕνεκα πάντας τοὺς λόγους ποιούμενοι λέγουσιν τετραγωνίζειν τε καὶ παρατείνειν καὶ προστιθέναι καὶ πάντα οὕτω φθεγγόμενοι, τὸ δ' ἔστι που πᾶν τὸ μάθημα γνώσεως ἕνεκα ἐπιτηδευόμενον.[35]

La posizione del platonismo è, sinteticamente ed efficacemente, espressa da queste citazioni che pongono in evidenza quanto poco di scientifico ci sia in un modo d'intendere il mondo, perché, in sostanza, o l'idea che ci si è costruita della divinità s'accorda con la manifestazione dei fenomeni prospettando un universo più visionario che immaginario, oppure la concezione dei fenomeni va corretta; l'imposta limitatezza è un confine all'indagare di cui, oggi almeno, risulta veramente difficile comprendere la *ratio*. I passi si ritengono (al momento) sufficienti ad evidenziare l'estraneità del platonismo all'indagine ed alla *forma mentis* archimedea come si vedrà delineata appresso; sulla tematica si tornerà a proposito della meccanica.

Riguardo all'aristotelismo, si rileva d'altra parte come esso non rappresentò mai l'espressione di una vera scienza perché muoveva dall'ammissione, senza verifica, di generalizzazioni teoriche e, malgrado proprio ad Aristotele si faccia risalire il metodo deduttivo, questo non aveva in sé gli elementi che, attraverso la ripetitività per l'evento sottoposto ad indagine, permettesse di estrarne un principio con valenza universalmente condivisibile secondo lo stato delle conoscenze dell'epoca. Quand'anche taluno, come pure si diceva, potesse essere portato ad individuare nella formazione archimedea anche tracce del pensiero aristotelico, credo questa si porrebbe però come una forzatura perché i precetti di questi, più che gli insegnamenti, cadono sempre quando si tratta di affrontare la realtà sperimentale. Scrive Aristotele:

ἀρχὴ δὲ τούτων πάντων, πότερον οὕτω γίνεται καὶ ἀλλοιοῦται καὶ αὐξάνεται τὰ ὄντα καὶ τἀναντία τούτοις πάσχει, τῶν πρώτων ὑπαρχόντων μεγεθῶν ἀδιαιρέτων, ἢ οὐθέν ἐστι μέγεθος ἀδιαίρετον· διαφέρει γὰρ τοῦτο πλεῖστον. καὶ πάλιν εἰ μεγέθη, πότερον, ὡς Δημόκριτος καὶ Λεύκιππος, σώματα ταῦτ' ἐστίν, ἢ ὥσπερ ἐν τῷ Τιμαίῳ ἐπίπεδα.[36]

Lo Stagirita contesta gli indivisibili e, per quanto sembri spingersi nell'indagine della materia, la confutazione delle dottrine di Democrito e Leucippo è mentale non meccanica: l'essenza dell'unità è la sua indivisibilità, come tale questa è la misura minima del genere della quantità, giacché la misura s'accorda anzitutto con la quantità. Nel *De caelo*, dopo aver contestato ancora Leucippo e Democrito, perché con le loro asserzioni atomistiche contraddicono le scienze matematiche e negano di fatto i fenomeni (Aristotele 2011a, III, 4, 303b), continua che:

Πρὸς δὲ τούτοις ἀνάγκη μάχεσθαι ταῖς μαθηματικαῖς ἐπιστήμαις ἄτομα σώματα λέγοντας, καὶ πολλὰ τῶν ἐνδόξων καὶ τῶν φαινομένων κατὰ τὴν αἴσθησιν ἀναιρεῖν, περὶ ὧν εἴρηται πρότερον ἐν τοῖς περὶ χρόνου καὶ κινήσεως;[37]

35. Essi [i matematici] ne parlano [della geometria] in maniera ridicola e forzata: affermano di tracciare quadrilateri, prolungare linee, aggiungere figure e così via per scopi pratici, ai quali si rifanno in tutti i loro discorsi, mentre essa va unicamente coltivata per la conoscenza; queste le parole che Platone fa pronunciare a Socrate (Platone 2011c, cap. VII, 527).

36. Punto primo della questione, è conoscere se le cose si producano, alterino, accrescano, vadano incontro a fenomeni contrari a quelli per cui si generano gli atomi, cioè grandezze primitive ed indivisibili. D'altra parte, supposta l'esistenza degli atomi, ci si può ancora chiedere se, come affermano Democrito e Leucippo, queste grandezze vadano identificate con corpi oppure con superfici, come si afferma invece nel Timeo (Aristotele 2011b, *De generatione et corruptione*, I, 2, 315b). Per una corretta comprensione delle tesi aristoteliche, è tuttavia naturale il rinvio alla lettura del precedente capitolo (1, 314b-315b).

37. Sostenere l'esistenza degli atomi equivale a contraddire le scienze matematiche e, allo stesso tempo, negare una serie di fenomeni che i sensi attestano evidentemente, come già dimostrato da quanto già detto sul tempo e sul movimento; (Aristotele 2011a, III, 4, 303b).

e nella *Fisica*, accedendo ai concetti del moto ed analizzando i rapporti fra quantità di moto e tempo necessario, così precisa:

> *οὐ γὰρ εἰ ἡ ὅλη ἰσχὺς τοσήνδε ἐκίνησεν, ἡ ἡμίσεια οὐ κινήσει οὔτε ποσὴν οὔτ᾽ ἐν ὁποσῳοῦν· εἷς γὰρ ἂν κινοίη τὸ πλοῖον, εἴπερ ἥ τε τῶν νεωλκῶν τέμνεται ἰσχὺς εἰς τὸν ἀριθμὸν καὶ τὸ μῆκος ὃ πάντες ἐκίνησαν.* [38]

Da tali astrazioni è lontano il mondo reale di Archimede che non segue le discussioni aristoteliche sulla forma dei corpi specie quando estranee a principî geometrici e matematici. Se occorrerà attendere Bonaventura Cavalieri ed il suo *Geometria indivisibilibus continuorum* per vedere formulata chiaramente l'idea che un'area si possa considerare come la somma di lineari indivisibili, ed analogamente il volume come somma di piani indivisibili, non pare una forzatura ammettere, per traslato, che anche Archimede fosse giunto a comprendere come una forza si possa scomporre in più forze, una resistenza in più resistenze. Soccorre in proposito un passo di Plutarco:

> *θαυμάσαντος δὲ τοῦ Ἱέρωνος, καὶ δεηθέντος εἰς ἔργον ἐξαγαγεῖν τὸ πρόβλημα καὶ δεῖξαί τι τῶν μεγάλων κινούμενον ὑπὸ σμικρᾶς δυνάμεως, ὁλκάδα τριάρμενον τῶν βασιλικῶν πόνῳ μεγάλῳ καὶ χειρὶ πολλῇ νεωλκηθεῖσαν, ἐμβαλὼν ἀνθρώπους τε πολλοὺς καὶ τὸν συνήθη φόρτον, αὐτὸς ἄπωθεν καθήμενος, οὐ μετὰ σπουδῆς ἀλλ᾽ ἠρέμα τῇ χειρὶ σείων ἀρχήν τινα πολυσπάστου, προσηγάγετο, λείως καὶ ἀπταίστως ὥσπερ διὰ θαλάσσης ἐπιθέουσαν.*[39]

L'essere riuscito, anche se sicuramente non da solo, a varare una nave onerata dell'equipaggio e del carico ricorrendo alla scomposizione di forze, quella che Aristotele contesta, rappresenta la confutazione nella pratica dei paradigmi aristotelici.

Tolti all'aneddoto gli orpelli caricati nel tempo da racconti che s'ingigantivano strada facendo, l'avvenimento è comunque ammissibile, anche se va senz'altro ridimensionato: ammettendo un elevato numero di pulegge (bozzelli a più gole o un *polyspaston*[40]) si riduce l'energia necessaria ma occorre un cammino "di tiro" proporzionalmente più lungo per effettuare il varo, poiché l'adozione di una singola puleggia impone già un doppio tragitto e, se si riduce (: demoltiplica) la fatica, la quantità di lavoro deve restare la stessa.

La negazione aristotelica va collocata, più che nel *De caelo*, nel *De generatione* dove si discute l'ammissibilità di grandezze indivisibili che possano giustificare generazione e corruzione. Aristotele ha di mira l'Accademia alla cui guida, dopo la morte di Platone, è succeduto Senocrate che giustifica fenomeni fisici sulla base di grandezze fisiche incorporee; si scontravano cioè due letture del mondo naturale: l'aristotelica condotta speculativamente e dialetticamente (λογικῶς), la democritea che deduceva da osservazioni del mondo fisico (φυσικῶς): quest'ultima prospettava una possibile divisibilità fisica che comunque si arrestava dinanzi a parti minutissime e perciò indivisibili. Sulla valenza del φυσικῶς in Archimede si tornerà.

38. Se è in effetti necessario che tutt'intera la forza possa muovere una tale quantità, la metà di questa forza non potrà spostarlo di una qualsiasi porzione spaziale in un tempo qualunque; infatti, se fosse diversamente, un sol uomo potrebbe spostare una nave se si potessero scomporre le forze, sia relativamente ai marinai incaricati di tirarla a secco, sia relativamente alla lunghezza che tutti assieme potrebbero far percorrere alla nave; (Aristotele 2011c, cap. VII, 6, 5).

39. Il re Gelone, sorpreso dalle asserzioni di Archimede [di poter spostare con minima energia una grande massa], lo invitò a mettere in pratica quanto sosteneva. Archimede, avendo fatto tirare a secco, a braccia e con grande fatica, una delle navi del re, chiese che la stessa fosse caricata come d'ordinario, con l'equipaggio e quanto era solita recare a bordo. Postosi quindi ad una certa distanza da essa, tirando a sé senza sforzo eccessivo l'estremità di un cavo che scorreva in un argano a più pulegge, trascinò la nave che vincendo facilmente l'attrito scivolò senza sforzo eccessivo, come fosse in acqua (Plutarco 2011b, *Vita di Marcello*, cap. 14). L'episodio è riferito anche da Silio Italico: vedi nota a pagina 12.

Per il varo dello scafo della *Syracosia*, Ateneo riporta *κατασκευάσας γὰρ ἕλικα τὸ τηλικοῦτον σκάφος εἰς τὴν θάλασσαν κατήγαγε* (allestendo «l'elica» trasse la nave in mare). Ateneo chiama così una vite senza fine che ingrana su una ruota dentata (che poteva poi avere ulteriori ruote di riduzione), aggiungendo ancora che *πρῶτος δ᾽ Ἀρχιμήδης εὗρε τὴν τῆς ἕλικος κατασκευήν* (per primo ad Archimede si deve questa invenzione; Ateneo 1827, lb. V, cap. 10).

40. Dello strumento è cenno nel *De architectura* (Vitruvio 2005, lb. X, cap. 2, 10).

Significativa l'inafferenza di dottrine filosofiche. Secondo il percorso avviato da Euclide, Archimede comprende che solo operando stretta interconnessione fra scienze matematiche e fisiche può, con le prime, spiegare le seconde, ed introduce così l'astrazione teorica del problema (→ alla pagina 23), elemento fondamentale nella discussione scientifica per la verificabilità dell'idea, dell'intuizione se si vuole, transitata poi per dimostrazioni meccaniche e geometriche.

Certo, non è dato conoscere se in Archimede la speculazione teorica precedesse sempre la pratica, ovvero se le teorie fossero formulate *ex* osservazione dei fenomeni, ma dovette essere costantemente un attento osservatore della realtà perché solo osservandola e studiandola poté giungere alle invenzioni ed alle formulazioni dei principî per cui è ricordato, ed osservare la realtà vuol dire far derivare regole da osservazioni ed esperienze, come si deduce da un passo del *Metodo meccanico* dove, accennato ai teoremi esposti, Archimede scrive ad Eratostene:

> *Τούτων δὴ τῶν θεωρημάτων τὰς ἀποδείξεις ἐν τῷδε τῷ βιβλίῳ γράφας ἀποστελῶ σοι.*
>
> *Ὁρῶν δέ σε, καθάπερ λέγω, σπουδαῖον καὶ φιλοσοφίας προεστῶ τα ἀξιολόγως καὶ τὴν ἐν τοῖς μαθήμασιν κατὰ τὸ ὑποπίπτον θεωρίαν τετιμηκότα ἐδοκίμασα γράψαι σοι καὶ εἲς τὸ αὐτὸ βιβλίον ἐξορίσαι τρόπου τινὸς ἰδιότητα, καθ' ὅν σοι παρεχόμενον ἔσται λαμβάνειν ἀφορμὰς εἲς τὸ δύνασθαί τινα τῶν ἐν τοῖς μαθήμασι θεωρεῖν διὰ τῶν μηχανικῶν. τοῦτο δὲ πέπεισμαι χρήσιμον εἶναι οὐδὲν ἧσσον καὶ εἲς τὴν ἀπόδειξιν αὐτῶν τῶν θεωρημάτων. καὶ γάρ τινα τῶν πρότερον μοι φανέντων μηχανικῶς ὕστερον γεωμετρικῶς ἀπεδείχθη διὰ τὸ χωρὶς ἀποδείξεως εἶναι τὴν διὰ τούτο τοῦ τρόπου θεωρίαν· ἑτοιμότερον γάρ ἐστι προλαβόντα διὰ τοῦ τρόπου γνῶσίν τινα τῶν ζητημάτων πορίσασθαι τὴν ἀπόδειξιν μᾶλλον ἢ μηδενὸς ἐγνωσμένου ζητεῖν.*[41]

Riservandoci di tornare sul testo, la distinzione che pone con Eratostene è chiara: lui solo è un matematico, l'altro lo sa essere ... se si applica, e si sta riferendo al responsabile della biblioteca alessandrina. Non c'è qui l'ammirazione che traspare altrove per Conone nella *Quadratura della parabola*,[42] né la stima (misurata però) nei confronti di Dositeo dedicatario di alcuni suoi lavori, considera Eratostene ancora uno studioso all'inizio del suo percorso e si augura che progredisca:[43] non un atteggiamento di superiorità, solo una netta distinzione di ruoli e di metodi.

41. Ti mando dunque le dimostrazioni dei teoremi che ho scritto in questo libro.

E accorgendomi che tu, secondo quanto affermo, sei un diligente ed eccellente maestro di filosofia in grado di valutare nelle questioni matematiche l'osservazione che si presenta, ho deciso di scriverti ed esporti nello stesso libro le proprietà di un metodo attraverso il quale ti sarà possibile afferrare i mezzi per indagare le cose matematiche per mezzo di enti meccanici. Sono convinto poi che questo metodo non è da meno nella dimostrazione degli stessi teoremi. Infatti anche a me alcune cose si manifestarono prima in evidenza meccanica e solo in seguito le dimostrai geometricamente, perché l'osservazione [condotta] in questo modo è senza dimostrazione [geometrica]; ed infatti, avendo raggiunto una qualche conoscenza delle cose cercate, è più agevole fornirne poi la dimostrazione (Heiberg e Zeuthen 1910-1915b, pagine 428 - 430). Per la versione italiana del lavoro → Gradara 1924; Rufini 1926; Frajese 1974, pagine 555 - 610; Acerbi et al. 2013.

42. «Quadrare», riferito ad una superficie curva, significava porre l'estensione della figura in rapporto ad un quadrato, senza ausilio di calcolo (Heiberg 1880-1881, II, pagina 294).

43. Il *problema dei buoi* indirizzato anch'esso ad Eratostene, costituisce in questo senso una vera e propria sfida alla risoluzione, a lui come all'*entourage* alessandrino: → alla pagina 28. Nel testo, scritto in forma di epigramma, Archimede si rivolge ad Eratostene definendolo *ξένε* aggiungendo che quanto gli invia è *εἰ μετέχεις σοφίης* (se partecipi della sapienza); usa ancora il termine, e verso la metà dell'epigramma conclude che se anche Eratostene esprimesse il numero esatto *οὐ μὴν πώ γε σοφοῖς ἐναρίθμιος* (non per questo sarebbe ancora annoverato tra i sapienti). L'Heiberg rende il vocabolo con *hospes* (ospite) (Heiberg e Zeuthen 1910-1915b, vl. II, pagine 451 e 453); Frajese con *amico* (Frajese 1974, pagina 627).

ξένη (ξένος), pur valendo anche come ospite, ha come prima valenza, però, quella di estraneo, straniero, ed anche quando è riconducibile ad un concetto di ospitalità indica una persona legata ad altri da principali vincoli, e questo sottolinea ancora la distanza di Archimede da esponenti della scuola alessandrina: → anche la nota successiva.

Né era solo Eratostene a non godere d'eccelsa stima; nell'indirizzare al citato Dositeo il lavoro *Sulla sfera e sul cilindro*, Archimede chiude così la presentazione:

> *ἐξέσται δὲ περὶ τούτων ἐπισκέψασθαι τοῖς δυνησομένοις. ὤφειλε μὲν οὖν Κόνωνος ἔτι ζῶντος ἐκδίδοσθαι ταῦτα· τῆνον γὰρ ὑπολαμβάνομέν που μάλιστα ἂν δύνασθαι κατανοῆσαι ταῦτα καὶ τὴν ἁρμόζουσαν ὑπὲρ αὐτῶν ἀπόφασιν ποιήσασθαι,*[44]

parole caustiche, su cui si tornerà, che circoscrivono nella mente dello scienziato le coordinate scientifiche dell'interlocutore dedicatario del lavoro.

Per ricorrere ad una frase divenuta d'uso comune, Archimede non disdegnò di sporcarsi le mani né considerò la manualità in contrasto con il prodotto della mente, e seguì la passione e l'applicazione alle macchine, di tradizione pitagorica ma diffusa anche nel mondo ellenico che, venendo da lontano (→ il passo di Aristotele a pagina 19), giunse sino ad Erone.[45] Fu anche tale manualità, inteso il vocabolo come capacità di scomporre e manipolare gli oggetti anzitutto nella mente, a consentirgli di divenire il consulente scientifico del re.

La meccanica e la presunta influenza del platonismo

La *fama* di Archimede è da sempre connessa alle sue invenzioni, alle sue macchine, e la loro eco, il rumore che attorno se n'è fatto, ha spesso oscurato i più rilevanti contributi teorici perdendosi, è il caso degli scrittori latini, dietro a fatti mirabolanti, anche perché in questo modo era facile sorvolare sulla difficoltà dei trattati. Tale propensione verso le macchine ha spiazzato i primi autori che si occuparono di lui, a cominciare ancora da Plutarco che, se ritenne degne di considerazione e studio le indagini sulla geometria, non trovò giustificato l'impegno profuso nelle meccaniche, tanto da scrivere:

> *ὧν ὡς μὲν ἔργον ἄξιον σπουδῆς οὐδὲν ὁ ἀνὴρ προὔθετο, γεωμετρίας δὲ παιζούσης ἐγεγόνει πάρεργα τὰ πλεῖστα, πρότερον φιλοτιμηθέντος Ἱέρωνος τοῦ βασιλέως καὶ πείσαντος Ἀρχιμήδη τρέψαι τι τῆς τέχνης ἀπὸ τῶν νοητῶν ἐπὶ τὰ σωματικά, καὶ τὸν λόγον ἁμῶς γέ πως δι' αἰσθήσεως μείξαντα ταῖς χρείαις ἐμφανέστερον καταστῆσαι τοῖς πολλοῖς,*[46]

e ricordando Eudosso ed Archita che usavano procedimenti meccanici, continua:

> *ἐπεὶ δὲ Πλάτων ἠγανάκτησε καὶ διετείνατο πρὸς αὐτούς, ὡς ἀπολλύντας καὶ διαφθείροντας τὸ γεωμετρίας ἀγαθόν, ἀπὸ τῶν ἀσωμάτων καὶ νοητῶν ἀποδιδρασκούσης ἐπὶ τὰ αἰσθητά, καὶ προσχρωμένης αὖθις αὖ σώμασι πολλῆς καὶ φορτικῆς βαναυσουργίας δεομένοις, οὕτω διεκρίθη γεωμετρίας ἐκπεσοῦσα μηχανική, καὶ περιορωμένη πολὺν χρόνον ὑπὸ φιλοσοφίας, μία τῶν στρατιωτίδων.*[47]

---

44. Chi ne sarà capace potrà verificare queste risultanze. Certo, sarebbe stato meglio se queste fossero state diffuse mentre Conone era ancora in vita: credo infatti che egli avrebbe potuto massimamente valutarle ed adeguatamente esprimersi su di esse (Heiberg 1880-1881, vl. I, pagina 6); → anche nota a pagina 28.

45. Intorno a Erone è sorto da qualche secolo un dibattito che ha originato la cosiddetta *questione eroniana*: la diffusione del nome, riconducibile a circa una ventina di personalità del mondo delle scienze più o meno rilevanti, la circostanza che in egiziano il vocabolo individui la qualifica di ingegnere, infine la constatazione che le teorie e le tecniche meccaniche, pneumatiche, idrostatiche,. . . cui accenna Erone siano datate almeno di tre secoli, ha fatto presumere che il nome sia da riferirsi ad una raccolta di scritti di vari autori, tanto più che le notizie biografiche su Erone sono spesso contraddittorie (Loria 2003, III, 5, pagine 580-584).

46. Non che ad essi (ai meccanismi) si fosse dedicato come lavori degni di attenzione; in maggioranza erano divertimenti di geometria fatti a tempo perso. Il re Gerone per primo sollecitò Archimede a rivolgere la sua scienza dalle costruzioni teoretiche alle cose concrete, a mescolare speculazione e bisogni materiali, così da renderla più evidente ai profani quando l'avesse resa sensibile (Plutarco 2011b, cap. 14).

47. Ma quando Platone s'indignò con essi perché stavano corrompendo la geometria e mostrò loro che così operando le facevano perdere dignità costringendola dalle cose immateriali ed intellettuali a quelle sensibili usandola come schiava, impiegandola indegnamente in corpi che sfruttano la vile e noiosa opera manuale, venne quest'arte a separarsi dalla geometria, e a lungo tempo fu sprezzata dai filosofi e divenne un'arte militare; op. cit.

Dove Plutarco attinga le sollecitazioni di Gerone, ammessane la formulazione, non è dato sapere. Plutarco rivela qui tutta la sua ambiguità: le meccaniche archimedee gli appaiono πάρεργα, opere accessorie frutto ludico della geometria, e l'affermazione, più gratuita che apodittica, non è sufficiente, la deve sorreggere scrivendo che, tant'è vero che si trattò di giochi, che *non volle lasciare scritto nulla su quelle cose*.[48] Plutarco relega di fatto l'attività meccanica di Archimede alla φιλοτιμία, al desiderio umano d'essere considerato,[49] una sorta di accondiscendenza verso un indefinito pubblico, e secondo tale presunta etica Archimede non avrebbe potuto scrivere di meccanica.[50]

Ma Plutarco è uno storico e l'esprimere giudizi su questioni scientifiche gli comporta transitare in campi non familiari esprimendo di conseguenza proposizioni ambigue. Plutarco sembra infatti trascurare l'*Equilibrio dei piani* e i *Galleggianti*, opere meccaniche per eccellenza, che alla VI proposizione della *Quadratura della parabola* Archimede rinvia ad elementi di statica contenuti in uno scritto non pervenuto (*La meccanica*), riportando *δεδείκται γάρ τοῦτο ἐν τοῖς μηχανικοῖς*[51] e ancora *πρότερον μὲν διὰ μηχανικῶν εὑρεθέν, ἔπειτα δὲ καὶ διὰ τῶν γεομετρικῶν ἐπιδειχθέν*,[52] proprio come scriveva ad Eratostene. La posizione plutarchea deriva dall'incapacità di cogliere rapporto e connessione fra ἐπιστήμη (scienza) e τέχνη (tecnica, ma anche arte) e τέχνη erano designate le discipline oggi ricondotte a varie tipologie scientifiche, e ἡ μηχανικὴ τέχνη era detta l'arte di costruire le macchine e questo non poteva sfuggire a un greco come lui. Tanto diffusi erano nell'Ellade l'interesse e la passione per le macchine, che contro queste s'era già levato Aristotele:

> *εἰ γὰρ ἠδύνατο ἕκαστον τῶν ὀργάνων κελευσθὲν ἢ προαισθανόμενον ἀποτελεῖν τὸ αὑτοῦ ἔργον, καὶ ὥσπερ τὰ Δαιδάλου φασὶν ἢ τοὺς τοῦ Ἡφαίστου τρίποδας, οὕς φησιν ὁ ποιητὴς αὐτομάτους θεῖον δύεσθαι ἀγῶνα, οὕτως αἱ κερκίδες ἐκέρκιζον αὐταὶ καὶ τὰ πλῆκτρα ἐκιθάριζεν, οὐδὲν ἂν ἔδει οὔτε τοῖς ἀρχιτέκτοσιν ὑπηρετῶν οὔτε τοῖς δεσπόταις δούλων.*[53]

Secoli più tardi, diverso sarà l'atteggiamento di Ateneo che, pure nell'asettica lettura dell'opera di Moschione, chiamerà Archimede ὁ μηχανικὸς (il meccanico)[54] e di Pappo che nella *Collectio*, riportando Carpo, farà giungere a noi la notizia che Archimede scrisse un solo libro dedicato alla meccanica ed alla costruzione della sfera, ossia un planetario, *μηχανικόν*,[55] ed il termine (μηχανικὴ) possiede infine ampia valenza e non conosce la *reductio* oggi attribuitagli dalla nostra e da altre lingue.

48. Plutarco 2011b, *Vite parallele: Vita di Marcello*, cap. 17.

49. Cambiano 1996, *Alle origini della meccanica: Archimede e Archita*.

50. L'assenza di scritti sulla meccanica si potrebbe giustificare con la circostanza che questi erano anche relativi ad opere militari e, come tali, i lavori potevano essere secretati. Che Archimede abbia atteso alla costruzione di macchine da guerra lo testimonia ancora Plutarco. Il brano riportato alla pagina 16 così infatti continua: *ἐκπλαγεὶς οὖν ὁ βασιλεὺς καὶ συννοήσας τῆς τέχνης τὴν δύναμιν, ἔπεισε τὸν Ἀρχιμήδην ὅπως αὐτῷ τὰ μὲν ἀμυνομένῳ τὰ δ' ἐπιχειροῦντι μηχανήματα κατασκευάσῃ πρὸς πᾶσαν ἰδέαν πολιορκίας. οἷς αὐτὸς μὲν οὐκ ἐχρήσατο, τοῦ βίου τὸ πλεῖστον ἀπόλεμον καὶ πανηγυρικὸν βιώσας.* (Il re, meravigliato della grandezza dell'arte di Archimede, lo spinse ad ideare ogni sorta di macchine, sia a difesa di un [eventuale] assedio sia d'attacco, sia per la difesa di altri posti. Ma [di queste] non ne fu fatto alcun uso perché il suo regno trascorse quasi interamente in pace; op. cit.).

51. E infatti resi noto questo nelle meccaniche (Heiberg 1880-1881, vl. II, pagine 306-307).

52. [I teoremi geometrici] sono stati prima trovati con la meccanica, poi dimostrati con la geometria; *ibidem*, pagina 294.

53. Se ogni strumento riuscisse di per sé, ovvero a comando, a compiere ogni funzione come si dice delle statue di Dedalo o dei tripodi di Efesto che, secondo il poeta, entrano di proprio impulso nel consesso divino, se le spole tessessero e se i plettri pizzicassero la cetra, agli artigiani non necessiterebbero di subordinati, i padroni non avrebbero bisogno di schiavi (Aristotele 2011f, *Politica*, lb. I, 1253b).

54. Ateneo 1827, *Deipnosophistai*, lb. V, cap. 40.

55. *ἓν μόνον βιβλίον συντεταχέναι μηχανικὸν τὸ κατὰ τὴν σφαιροπεΐαν* (Pappo 1878, vl. III, VIII, cap. 3, pagina 1026). Del planetario vi sono varie testimonianze. Di uno strumento in grado di mostrare il

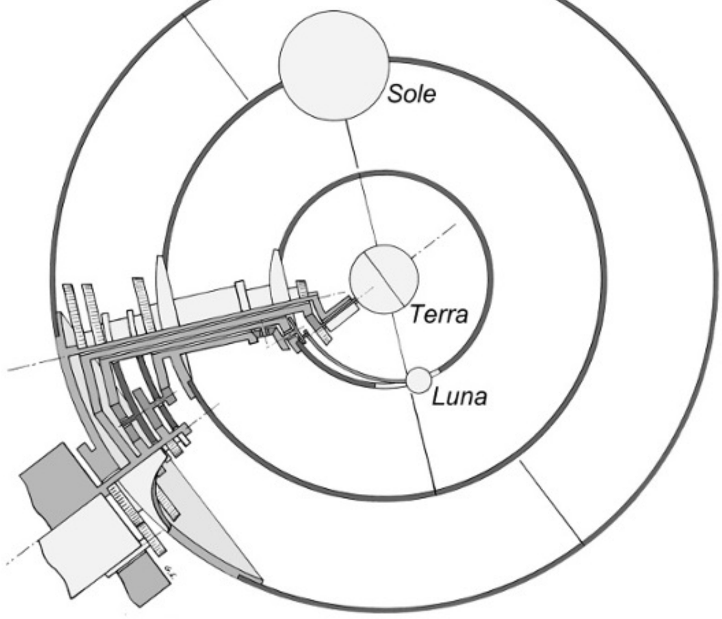


Figura 1.2: Ipotetica ricostruzione del planetario di Archimede; da *brunelleschi.imss.fi.it*

Sempre Pappo nella *Collectio* ci offre una rassegna di tecniche necessarie in settori della vita civile, militare, pratica, ludica, . . . in un brano valido per la comprensione della scienza meccanica nel mondo greco ovunque allocata, ad Alessandria, ad Atene, nella penisola italica o in Sicilia:

> *Μάλιστα δὲ πάντων ἀναγκαιόταται τέχναι τυγχάνουσιν πρὸς τὴν τοῦ βίου χρείαν [μηχανικὴ προηγουμένη τῆς αρχιτεκτονικῆς] ἥ τε τῶν μαγγαναρίων,*

---

percorso dei corpi sulla volta celeste è cenno nel *De re Publica* (Cicerone 2006a, lb. I, cap. 14, 21, 22) e nelle *Tusculanae disputationes* (Cicerone 2006c, lb. I, cap. 25, 63). Narra Cicerone che, espugnata Siracusa, fu portato a Roma quale preda di guerra, da Marco C. Marcello, uno strumento attribuito ad Archimede, e riportando le impressioni di Gaio S. Gallo, l'autore riferisce come questi fosse rimasto meravigliato dalla capacità di Archimede di generare con un solo moto (*motus una regeret conversio*) orbite tanto diverse fra loro racchiudendole in una sfera (*in sphaeram inligavit*), comportandosi di fatto come colui che nel Timeo edificò il mondo (*in Timaeo mundum aedificavit*). Il passo riveste interesse nella parte in cui sembra evidenziarsi che il moto, idoneo a riprodurre i diversi percorsi di moti diseguali, fosse azionato con una singola operazione. Lucio Russo sottolinea in proposito che la parola *conversio* è adatta *per indicare uno snodo che permetta di generare moti retrogradi* ed osserva ancora che *l'insistenza sull'unicità del meccanismo dal quale dipendono moti tra loro tanto diversi non sarebbe compatibile con un modello meccanico che riproducesse un algoritmo di tipo tolemaico* (Russo 1996a, pagina 109). Del planetario è cenno ancora nei *Fasti* (Ovidio 2002, lb. VI, versi 270-283):

> *Arte Syracosia suspensus in aere clauso*
> *stat globus, immensi parua figura poli*
> *È sospeso in alto in una bolla d'aria, frutto dell'arte siracusana,*
> *un globo, minuta raffigurazione dell'immensa volta celeste*

nelle *Divinae institutiones* (Lattanzio 2006, lb. II, 5, III - IV secolo d.C.); in una testimonianza del V secolo d.C. che conferma trattarsi di una sfera di vetro: *aethera vitro* (Claudiano 2009, *Carmina minora*, 51); nel *De nuptiis Philologiae et Mercurii* (Marziano Cappella 1826, lb. VI, pagine 491 - 495, IV secolo – V secolo d.C.). Il globo era custodito nel tempio di Vesta, la dea del focolare.

μηχανικῶν καὶ αὐτῶν κατὰ τοὺς ἀρχαίους λεγομένων (μεγάλα γὰρ οὗτοι βάρη διὰ μηχανῶν παρὰ φύσιν εἰς ὕψος ἀνάγουσιν ἐλάττονι δυνάμει κινοῦντες), καὶ ἡ τῶν ὀργανοποιῶν τῶν πρὸς τὸν πόλεμον ἀναγκαίων, καλουμένων δὲ καὶ αὐτῶν μηχανικῶν (βέλη γὰρ καὶ λίθινα καὶ σιδηρᾶ καὶ τὰ παραπλήσια τούτοις ἐξαποστέλλεται εἰς μακρὸν ὁδοῦ μῆκος τοῖς ὑπ' αὐτῶν γινομένοις ὀργάνοις καταπαλτικοῖς), πρὸς δὲ τάυταις ἡ τῶν ἰδίως πάλιν καλουμένον μηχανοποιῶν (ἐκ βάθους γὰρ πολλοῦ ὕδωρ εὐκολώτερον ἀνάγεται διὰ τῶν ἀντληματικῶν ὀργάνων ὧν αὐτοι κατασκευάζουσιν). καλοῦσι δὲ μηχανικοὺς οἱ παλαιοὶ καὶ τοὺς θαυμασιουργούς, ὧν οἱ μὲν διὰ πνευμάτων φιλοτεχνοῦσιν, ὡς Ἥρων πνευματικοῖς, οἱ δὲ διὰ νευρίων και σπάρτων ἐμψύχων κινήσεις δοκῦσι μιμεῖσθαι, ὡς Ἥρων αὐτομάτοις καὶ ζυγίοις, ἄλλοι δὲ διὰ τῶν ἐφ' ὕδατος ὀχουμένων, ὡς Ἀρχιμήδης ὀχουμένοις, ἢ τῶν δι' ὕδατος ὡρολογίων, ὡς Ἥρων ὑδρείοις, ἃ δὴ καὶ τῇ γνωμονικῇ θεωρίᾳ κοινωνοῦντα φαίνεται. μηχανικοὺς δὲ καλοῦσιν καὶ τοὺς τὰς σφαιροποΐας [ποιεῖν] ἐπισταμένους, ὑφ' ὧν εἰκὼν τοῦ οὐρανοῦ κατασκευάζεται δι' ὁμαλῆς καὶ ἐγκυκλίου κινήσεως ὕδατος.[56]

L'elenco non può terminare senza rendere dovuto contributo al maestro per eccellenza, ed affidandosi ad un φασίν τινες (raccontano alcuni), continua:

Πάντων δὲ τούτων τὴν αἰτίαν καὶ τὸν λόγον ἐπεγνωκέναι φασίν τινες τὸν Συρακόσιον Ἀρχιμήδη· μόνος γὰρ οὗτος ἐν τῷ καθ' ἡμᾶς βίῳ ποικίλῃ πρὸς πάντα κέχρηται τῇ φύσει καὶ τῇ ἐπινοίᾳ, κατὼς καὶ Γεμῖνος ὁ μαθηματικὸς εν τῷ περὶ τῆς τῶν μαθεμάτων τάξεώς φησιν.[57]

Sembra evidente allora, come supposto, che prima i corpi sono osservati in equilibrio e poi ne vengono indagate le relative condizioni; che quando si sperimenta il minore lavoro necessario per tirare un secchio dal fondo di un pozzo se la fune scorre in una puleggia (*infra*), se ne deduce lo studio dei vettori (resistenza ed energia applicata),[58] che quando nei *Galleggianti* (II libro) si studiano le condizioni d'equilibrio di un conoide rettangolo (paraboloide di rivoluzione) si sta studiando la carena delle navi ed (implicitamente) proponendo quella teoria oggi nota come *di biforcazione*: in presenza di un mutamento qualitativo o topologico dei punti d'equilibrio, se questi diventano critici, la nave si capovolge e si ha la catastrofe.[59]

56. Fra tutte le tecniche, quelle più necessarie alla quotidianità della vita, sono o quelle dei fabbricanti di strumenti che gli antichi chiamano meccanici (costoro infatti servendosi delle macchine sollevano con piccolo sforzo grandi pesi che per propria natura oppongono notevole resistenza), o quelle dei fabbricanti di congegni bellici, detti anch'essi meccanici, ed infatti dardi, pietre ed altri oggetti del genere sono scagliati a grande distanza dalle catapulte che essi costruiscono, o infine quelle di quanti sono propriamente detti costruttori di macchine ed infatti per mezzo di macchine ad esaurimento da loro costruite, l'acqua è prelevata da notevole profondità. E si chiamano ancora meccanici i costruttori di cose mirabili che esercitano con perizia la tecnica che sfrutta l'aria, come illustra Erone nelle *Pneumatiche*, mentre altri tentano, attraverso legamenti e cordicelle, d'imitare i movimenti degli esseri animati come fa Erone negli *Automi* e negli *Equilibri*; altri ancora sfruttano corpi che galleggiano come fa Archimede nei *Galleggianti*, o i costruttori di orologi ad acqua come ancora Erone [tratta] nei *Vasi che contengono acqua*, disciplina che sembra avere collegamento con gli strumenti a gnomone che misurano il tempo. Da ultimo si dicono meccanici quelli che attendono alla fabbricazione della sfera riproducendo il moto della volta celeste e movendo [corpi] a circolo in moto uniforme [come fa] l'acqua (Pappo 1878, vl. III, VIII, cap. 2, pagine 1024 - 1026).

57. E alcuni dicono che di tutte queste cose Archimede di Siracusa conobbe le cause e il senso. E sino ad oggi, egli fu davvero, secondo la memoria, l'unico a possedere immenso ingegno per tutto quello cui si applicò, come anche sostiene Gemino il matematico nel suo lavoro *L'ordinamento delle matematiche* (Pappo 1878, vl. III, VIII, cap. 3, pagina 1026). Le parole τὴν αἰτίαν καὶ τὸν λόγον sono state rese «le cause e il senso». Hultsch, il curatore dell'edizione, le rende *causas et rationes*. Rileva il significato di λόγος quale provata dimostrazione; per altre valenze di λόγος, → l'*Arenario* I, 4, ln. 17 e relativa nota, per un'ulteriore discussione del termine → Reale 2006, pagina XLVIII.

58. Macchine idonee a sollevare un peso con una data forza, per quanto elaborate o complesse, costituiscono sempre elaborazioni della leva meccanica: → *Equilibrio dei piani*.

59. In architettura navale è questo un punto critico della progettazione, assegnare al corpo galleggiante il giusto metacentro per assicurare la stabilità verticale della nave (braccio di raddrizzamento). L'opera di Archimede, da questa angolazione, rappresenta il primo trattato di ingegneria navale.

Da questo punto di vista il *Metodo meccanico*,[60] di cui ancora si dirà e che Plutarco almeno nel nome doveva conoscere, non segna il primato della matematica speculativa sull'indagine meccanica e sull'osservazione e studio dei fenomeni (o viceversa), ma sono le osservazioni meccaniche ad essere spiegate con metodi geometrici-matematici; l'approccio è quello dello scoprire e del trovare. Nelle prime pagine del lavoro *Sulla sfera e sul cilindro*, Archimede riporta:

> *ταῦτα δέ τὰ συμπτώματα αὐτῇ τῇ φύσει προυπῆρχεν περὶ τὰ εἰρημένα σχήματα, ἠγνοεῖτο δὲ ὑπὸ τῶν πρὸ ἡμῶν περὶ γεωμετρίαν ἀνεστραμμένων* e quindi così continua: *καὶ γὰρ τούτων προυπαρχόντων φυσικῶς περὶ ταῦτα τὰ σχήματα, πολλῶν πρὸ Εὐδόξου γεγενημένων ἀξίων λόγου γεωμετρῶν συνέβαινεν ὑπὸ πάντων ἀγνοεῖσθαι μηδ' ὑφ' ἑνὸς κατανοηθῆναι.*[61]

Si richiama l'attenzione sulle parole προυπαρχόντων φυσικῶς ([proprietà] preesistenti in natura); φυσικῶς indica nello specifico *di natura*, *secondo natura*, . . . ossia figure geometriche che si possono pensare come già presenti (immerse) nella natura, e compito del ricercatore è individuarle, estrarle da una sorta di nebbia che le avvolge e nasconde alla vista di chi non esercitato a scrutare nell'essenza delle cose.

---

60. Nel riferirsi a questo lavoro si è adottato sempre il titolo sintetico, d'uso comune, per evidenziare il più rilevante testo archimedeo ritrovato al Patriarcato di Costantinopoli, che riporta questo titolo: *Ἀρχιμήδους Περὶ τῶν μηχανικῶν θεωρημάτων πρὸς Ἐρατοσθένην ἔφοδος* (di Archimede sulle proposizioni meccaniche per Eratostene ἔφοδος); di proposito non si è tradotta l'ultima parola per le considerazioni che seguono.

In via prioritaria s'osserva che la dedica (o premessa), il πρόλογος, riveste nei testi classici greci un ruolo di sintesi esplicativa di quanto si va a proporre (Vitrac 2007, *Les préfaces des textes mathématiques grecs anciens*). Si tratta di un'antica usanza, direttamente derivata dal teatro, ove il prologo immetteva lo spettatore nell'azione e molti trattati scientifici greci obbediscono allo schema. A volte il prologo è di poche parole o righe, a volte, come nel *Metodo*, si estende per alcune pagine, a volte ne occupa decine (*Commentari* di Proclo), talvolta ancora, come nelle ultime righe dell'*Arenario*, è presente anche un epilogo a sintetizzare il fine delle proposizioni avanzate. Relegare però le lettere prefatorie di Archimede a mera derivazione teatrale è riduttivo e fuorviante. La funzione del prologo consisteva soprattutto nell'illustrare i risultati cui si era giunti e, forse, era anche utile al bibliotecario incaricato della catalogazione dell'opera. Inoltre, in alcuni casi, le lettere archimedee offrono digressioni sul percorso mentale seguito e, nel caso specifico del *Metodo*, dopo l'augurio di prosperità (ἔυ πράττειν) Archimede svolge considerazioni generali su quanto invia, amplificando il titolo della lettera e riferendosi ad altri suoi scritti, il che lascia presumere che probabilmente si tratti di uno degli ultimi lavori (Heiberg e Zeuthen 1910-1915b, pagine 426, 428, 430).

ἔφοδος, comunemente reso con «metodo», non possiede tuttavia tale significato neanche in accezione prioritaria, e solo in via traslitterata, *a fortiori*, può essere inteso anche in questo senso. Tant'è vero questo, che in seguito, per descrivere la procedura usata, Archimede ricorre al termine τρόπος, anch'esso difficile da rendere in modo univoco, perché se è vero che si può anche tradurre con «metodo», come molti vocaboli della polisemica lingua greca possiede svariati significati secondo il contesto: in musica indica l'armonia, in retorica lo stile, in terminologia navale lo stroppo (un anello in cordame), . . . evidenziandosi sempre il significato di legame e collegamento cui il termine assolve. L'ἔφοδος del titolo assume di fatto il significato di «illustratore» e, in forma aggettivale, di «accessibile», «praticabile»: τὰ ἐφόδια erano detti i mezzi di sostentamento per un viaggio, ed in Tucidide specifica sia un tipo di percorso (δὲ ἄλλῃ ἐφόδῳ: [intraprese] un lungo cammino) sia la capacità di persuasione (Tucidide 2011, lb. III, 11; lb. IV, 129); quest'ultimo senso appare più consono di «metodo» in riferimento al lavoro. L'ἔφοδος del titolo non è, almeno non ancora, la prospettazione di un metodo, piuttosto un viatico per Eratostene per la comprensione del τρόπος.

Tale interpretazione è ignorata dai massimi commentatori del lavoro, ad eccezione di Giuseppe Boscarino e Pier Daniele Napolitani, che evidenziano come nel testo non compaia né il termine ἔφοδος né il termine μέθοδος: ricerca, investigazione (Boscarino 2015; Napolitani 2013). ἔφοδος è reso *method* da Thomas L. Heath, *metodo* da Fabio Acerbi, Attilio Frajese, Enrico Gradara, Enrico Rufini (op. cit. in bibliografia), ed anche l'Heiberg rende ἔφοδος con *Methodus* (Heiberg e Zeuthen 1910-1915a, pagina 427), specificando che questo termine *post Aristotelem significat methodum* (da Aristotele si rende con metodo, Heiberg 1879, *Quaestiones*, pagina 32). Nonostante le autorevoli interpretazioni, resto dell'avviso che non sia corretto rendere ἔφοδος con metodo.

61. Queste proprietà erano da sempre connaturate alle figure citate, ma ignorate da coloro che prima di noi s'occuparono di geometria . . . sebbene le proprietà preesistessero secondo natura in queste figure, per quanto molti illustri geometri si siano succeduti prima di Eudosso, si dà il caso che fossero trascurate da tutti e non riconosciute come tali da alcuno (Heiberg 1880-1881, vl. I, pagina 4); → anche *La concezione archimedea degli oggetti matematici*, Acerbi 2013b, pagina 235 e seguenti.

Nel passo c'è più che la consapevolezza d'aver dedotto dalla natura qualcosa che prima era sconosciuto, c'è la considerazione che secoli più tardi Michelangelo sintetizzò per la scultura nell'*arte del torre*, c'è il non remoto supporre, di stampo filosofico-naturalista nel senso più ampio e scientifico del termine, che le proprietà scoperte fossero da sempre connaturate alle figure in questione, alla loro essenza anche da un punto di vista immanentistico, connesse ad altre da scoprire, e compito dello scienziato è estrarre queste proprietà, renderle note, parteciparle. Se è concesso, cosa vuol dire «estrarre le radici» se non «tirar fuori» dai numeri proprietà connaturate ma ancora non palesemente manifeste?

Questo modo di fare scienza, ancora una volta, non ha nulla a che vedere col mondo platonico ed aristotelico e non è un caso che in nessun lavoro Archimede citi Platone o Aristotele, mentre menziona, unico fra coloro che furono anche filosofi, Democrito e cita Euclide ed Eudosso a sottolineare la discendenza e a marcare l'origine.

Non solo i massimi filosofi naturalisti, ma anche i massimi geometri sono sopravanzati. Il suo mondo non solo ammette l'astrazione, (si pensi al postulato del I libro sui *Galleggianti*: «*Si supponga un fluido di proprietà tali che* ...»), ma è al tempo stesso concreto e reale perché alle teorie seguono le *certe esperienze e le ragionate dimostrazioni*.[62] Tale mondo è prima immaginato (intuito?) e poi sperimentato, e cercare in esso elementi di platonismo o aristotelismo si configurerebbe come una riduzione del suo pensiero, volerlo confinare in caselle, neanche in categorie come avanti si assumeva: è sufficiente la lettura delle *Spirali*, osservare come la curva sia studiata dal punto di vista esclusivamente cinematico, per spazzare all'istante un qualsiasi platonismo più o meno presunto che sia, bandirlo per sempre quale inconciliabile con Archimede.

In conclusione, quelle filosofie prospettano un'idealizzata cosmologia celeste che a molte cose può essere affine, ma non certo alla scienza. Non solo sono distanti dalla scienza secondo la concezione che oggi se ne ha, ma anche da speculazioni teorico-meccaniche che sfociavano nella costruzione di meccanismi complessi come il planetario d'Archimede o il meccanismo di Antikythera[63] che presuppongono conoscenze teoriche e meccaniche certe e non empiriche, slegate da concezioni spiritualistiche proprie di mondi che, quando trattano di scienza, si sforzano di conciliare con la bellezza la perfezione e la forma circolare rappresentandone lo stretto legame con la divinità, mondi di sudditanza psicologica rispetto a fenomeni di cui non sono in grado di comprendere l'essenza, che non conoscono indipendenza di pensiero dominati dalla necessità di giustificare (salvare) i fenomeni.

Quei mondi hanno prodotto eccellenti speculazioni, ma non hanno mai fatto progredire la scienza, anzi, per l'interpretazione *ex post* che spesso ne è stata artefattamente data, hanno lavorato contro il progresso scientifico. Non ci si riferisce, è ovvio, agli scienziati neoplatonici, piuttosto all'arbitraria estrapolazione fatta, da parte di alcuni autori, di passi platonici per affermare teorie.

Se il platonismo ha distratto a lungo da una corretta visione della concezione archimedea della scienza, un merito l'ha tuttavia avuto: contribuire indirettamente, anche se travisandone il pensiero, a tenere vivo il nome di Archimede preservandone alcuni lavori. Ma di quant'altri la memoria è stata cancellata nel triste periodo del Medioevo[64]quando

62. L'espressione è, ovviamente, di Galilei: *Lettera a Cristina di Lorena* (Galilei 1615).

63. → De Solla Price 1959; per un testo italiano → Fleck 2009 e relativa bibliografia.

64. Dopo l'epoca repubblicana, la cancellazione della memoria conobbe momenti tristemente significativi nell'assedio di Diocleziano ad Alessandria (213 d.C), nella furia distruttiva cristiana seguente l'editto *Cunctos populos* di Tessalonica (380 d.C.), nelle conquiste islamiche delle terre d'Egitto, (VII - VIII sec. d.C.) nel corso del sacco veneziano di Costantinopoli (IV crociata, 1204), a seguito della conquista islamica della città (1453). Un elenco delle barbarie consumatesi in vari siti e tempi, è in Polastron 2006, pagine 305-307.

i libri di scienza erano riscritti ad uso di preghiere, come accadde per il *Metodo meccanico*, quando la scienza era più negletta di quanto non lo fosse stata un tempo a Roma dove filosofi improvvisatisi uomini di scienza si beavano d'assunzioni del tipo:

> *vilissimorum mancipiorum ista commenta sunt: sapientia altius sedet nec manus edocet: animorum magistra est.*[65]

Transitando a tematiche d'ordine storico e sociologico, è un fatto incontestabile e reiterantesi nei secoli, che ad un certo punto del loro cammino, le civiltà s'imbattono in ostacoli che possono attraversare oppure, scontrandovisi, rimbalzare indietro smarrendo quanto sin lì culturalmente acquisito; così sembra essere avvenuto per il mondo scientifico greco-alessandrino. Queste civiltà attraversarono straripando il primo muro, la romanità, invadendolo con le loro conoscenze; tuttavia quel mondo, trascurando ciò che era troppo elaborato per essere da loro compreso, non fu in grado di assimilare le conoscenze e l'energia propulsiva s'andò lentamente esaurendo.

Quando però si parò dinanzi un'ulteriore barriera, quella che esigeva cieca obbedienza prescindendo dall'analisi dei fenomeni, una barriera che opponeva alla scienza dogmi avulsi dalla realtà e con questa spesso contrastanti, il cristianesimo come rivisitato e imposto una volta divenuto dottrina ecumenica, ciò che divenne in seguito una *docta ignorantia* prona sempre dinanzi alla divinità, ma che – singolarmente – pur marcando limiti alla conoscenza avviò un nuovo corso e decretò la fine del Medioevo, contro questa barriera, reale e non immaginaria, si frantumarono e dispersero le ultime energie: il percorso culturale alle scienze di stampo greco-ellenistico finì presto con l'essere dimenticato ed in seguito oscurantismo, invasioni, misere condizioni di vita, epidemie, lotta per la quotidiana sopravvivenza fecero il resto.

La figura di Archimede, quel poco che ormai restava della sua notevole produzione, ne uscì idealizzata e trasformata, rivisitata al punto che ne sopravvisse soltanto il fantasma, l'anima nobile che disdegnava le meccaniche e si perdeva dietro il canto delle sirene che gli parlavano di figure geometriche; l'apparenza fu confusa con la sostanza, l'immagine prevalse sulla realtà, il rapporto fra i volumi del cilindro e della sfera inteso come la metafisica simbiosi di figure che replicavano in terra l'armoniosa proporzione che si voleva esistere nei cieli. Fu questa per Archimede una seconda morte, di agonia certo maggiore che non quella fisica, perché si protrasse per secoli mentre le ceneri, ciò che restava della sua ormai smarrita memoria, si raffreddavano coperte dall'artefatto mantello del mondo platonico.

La meccanica: metodo e natura dell'indagine archimedea

Superata la lettura di un Archimede platonico, neoplatonico o aristotelico, gli argomenti addotti si stimano sufficienti e coerenti secondo le proposizioni avanzate, torniamo alle significative righe rivolte ad Eratostene nel *Metodo meccanico*[66] per provare a delineare le fasi attraverso cui si articolava il suo pensiero scientifico.

All'inizio del VI secolo d.C., Boezio è stimato il massimo esponente della scuola matematica romana, ma il suo elementare *De arithmetica*, volgarizzazione latina di un testo greco, rivela i limiti delle conoscenze. Nell'VIII secolo la massima mente matematica è il venerabile Beda, un monaco inglese che nel *De loquela per gestum digitorum* descrive un metodo per contare ponendo le mani sul capo e sul petto, metodo probabilmente neanche originale, perché di una tecnica simile è traccia in Niccolò Artavasde di Smirne in uno scritto che, se risale al XIV secolo, espone sicuramente una tecnica più antica (Loria 2003, pagine 744-746).

65. Queste [lastre di vetro alle finestre e tubature per riscaldare le case] sono invenzioni d'indui inferiori, la sapienza siede su un trono più alto, e non le mani bensì le anime sono oggetto dei suoi insegnamenti (Seneca 2003, *Ad Lucilium*, lb. XIV, cap. 90, 25-26).

66. È necessario soffermarsi brevemente sull'aggettivo usato nel *Metodo* (meccanico) per evidenziare, in relazione alla radice verbale da cui l'aggettivo stesso deriva, l'innovativa impostazione mentale archimedea che si traduce in un nuovo modo di fare scienza.

Ovviamente non sarà questione di cercare d'attribuire una determinata valenza ad alcune parole comportandosi come esegeti che, ponendo l'indice su un passo, tendano attribuirgli un indiscusso significato universale, bensì soltanto d'evidenziare alcune fra le parole presenti nell'introduzione dell'opera che per eccellenza dovrebbe fornire un singolare ritratto dell'Autore, per verificare se queste permettano di rappresentare il suo *iter* mentale nell'affrontare problemi d'ordine geometrico-matematico, d'immaginare (tentare di ricostruire) il suo metodo di studio agendo proprio sulle parole usate e sui concetti che queste, si ritiene, sottintendano.

Nella lettera prefatoria indirizzata ad Eratostene (*incipit* a pagina 17), ed implicitamente ai suoi colleghi della biblioteca, Archimede scrive: ἐν τοῖς μαθήμασι θεωρεῖν διὰ τῶν μηχανικῶν.[67] Si evidenzia il verbo θεωρεῖν (osservare), a proposito del quale si riporta quanto Giovanni Reale scriveva una decina d'anni fa nell'introduzione alla traduzione italiana del lavoro di Hermann Diels e Walther Kranz sui Presocratici.

Ricordato che *il fine del filosofare è il conoscere per il conoscere o, come dicevano i Greci, il θεωρεῖν, il conoscere come puro atteggiamento contemplativo del Vero*, Reale sottolineava che solo di recente si è posto in luce che

---

Meccanica, dal greco μηχανή (macchina), deriva dal verbo μηχανάω che esprime, com'è spesso in lingua greca, diversi significati e diverse correlate azioni. Se uno dei primi sensi è quello relativo al preparare e all'escogitare, il verbo possiede anche il senso d'ingannare ed è transitato addirittura in lingua italiana quando si vuole significare che si sta macchinando (tramando) contro qualcuno: realizzando opere con l'uso delle macchine, di fatto s'inganna la natura producendo un grande sforzo con una ridotta energia. Talmente diffuso era questo senso verbale, che Omero nell'Odissea lo estese più volte ad Ulisse appellandolo πολυμήχανος, ossia [*l'uomo*] *dai molti artifizi e inganni*. Esaurita la premessa etimologica, vediamo come applicare il senso del termine discusso all'innovativa mentalità scientifica posta in essere da Archimede.

Richiamando quanto detto in apertura di capitolo sull'attitudine archimedea di non disdegnare la manualità intesa come capacità di manipolare (scomporre e ricomporre) gli oggetti anzitutto nella mente, si manifesta l'innovazione operata nel processo. Spezzando una tradizione secolare che privilegiava l'indagine mentale-speculativa come l'unica meritevole di considerazione ritenendo indegne di un umano essere le opere manuali, per la prima volta nel corso del pensiero scientifico, Archimede unisce la mente con il braccio esplicitando il conoscere nel fare (nel costruire), quindi nel dimostrare, e lega l'idea originaria (l'intuizione) con la pratica realizzazione e dimostrazione ponendo in pratica l'astrazione geometrica (*supra*): i cerchi cessano di essere astratti disegni geometrici e divengono componenti delle macchine.

Quando Archimede spiega il funzionamento della leva e calcola il rapporto necessario (la misura) che deve intercorrere fra la parte che gestisce la forza e quella che, prossima al fulcro, gestisce la resistenza, quando considera la puleggia (la semicirconferenza nella cui gola si adagia e lavora una fune) un tipo di leva con raggio d'azione notevolmente maggiore il cui fulcro si trova applicato al centro del cerchio, non solo ne scorge l'immediato vantaggio meccanico che ne deriva ma, non limitando la sua attenzione alla descrizione, ne fornisce una spiegazione scientifica dimostrando il fenomeno fisico attraverso procedimenti geometrici-matematici segnando il passaggio dalla tecnologia empirica alla tecnologia scientifica: so perché con una leva o con una puleggia è possibile alzare, con ridotta energia, corpi di notevoli dimensioni e peso. Da questo punto in avanti deve essere stato agevole per Archimede pensare come un vantaggio meccanico ancora maggiore si sarebbe potuto ottenere facendo scorrere la fune in una serie di pulegge o, anche, adoperando una serie di ruote dentate su cui innestare una vite senza fine, e molto probabilmente è stata questa l'intuizione di base che condusse alla creazione di macchine più sofisticate, la coclea ad esempio, che vedevano sempre la geometria matematica alla base dimostrativa di fenomeni fisici.

L'innovativo approccio a problemi di fisica comporta ancora il saper distinguere fra la produzione di una realizzazione meccanica e il procedimento che l'ha generata, perché se il prodotto finale della tecnologia meccanica s'estrinseca in un oggetto, quello della scienza s'estrinseca nel fornire un'informazione valida, nell'esplicitare conoscenze acquisite sui fenomeni, nel dimostrare perché un corpo emerge dal fluido mentre un altro precipita. È questa la significativa transizione da un'osservazione passiva di quei fenomeni naturali che non sono replicabili nell'intera estensione (si pensi ai vari fenomeni atmosferici, all'arcobaleno, . . .), a quegli altri fenomeni che tale replica ammettono, come il sollevamento di un corpo di notevole peso servendosi di una leva. Il nuovo porsi nell'osservare e dimostrare i fenomeni naturali è presente soprattutto nei Galleggianti ove si delineano (libro primo) i fondamenti dell'idrostatica indagando emergere o precipitare e peso (volume) del fluido per corpi con lo stesso interagenti.

67. Nelle cose matematiche osservare per mezzo di [enti] meccanici (Heiberg e Zeuthen 1910-1915b, vl. II, pagina 428 ln. 24).

> *la greca contemplazione implica un preciso atteggiamento pratico nei confronti della vita. Ciò significa che la ϑεωρία greca non è solo una dottrina di carattere intellettuale e astratto ma è «eo ipso» una «dottrina di vita», o, per dirla in altra maniera, è una dottrina che postula strutturalmente un inveramento esistenziale, e a esso necessariamente si accompagna. Potremmo dire che la costante della filosofia greca è il ϑεωρεῖν, ora accentuato nella sua valenza speculativa, ora nella sua valenza morale, ma sempre in modo tale che le due valenze si implicano reciprocamente in maniera strutturale.*[68]

È significativo che Archimede ponga l'osservazione come principio di conoscenza, tanto più che alcune righe addietro aveva riconosciuto all'interlocutore alessandrino capacità d'osservazione: ἐν τοῖς μαθήμασιν – *omissis* – κατὰ τὸ ὑποπίπτον «ϑεωρίαν» τετιμηκότα.[69] Il passo rivela altri spunti interessanti: μοι φανέντων (mi apparvero) e πορίσασϑαι τὴν ἀπόδειξιν (fornire la dimostrazione). E si possono richiamare anche i citati passi della *Quadratura della parabola*: δεδείκται γὰρ τοῦτο ἐν τοῖς μηχανικοῖς (e resi noto questo infatti per mezzo delle meccaniche) e πρότερον μὲν διὰ μηχανικῶν εὑρεϑέν, ἔπειτα δὲ καὶ διὰ τῶν γεομετρικῶν ἐπιδειχϑέν ([i teoremi geometrici] sono stati prima trovati attraverso la meccanica, quindi dimostrati con la geometria).

Rilevanza va data a quel φανεῖν (manifestarsi, apparire,. . .) in diretta relazione con l'osservazione (ϑεωρίαν): non una qualsiasi manifestazione ascientifica, piuttosto una deduzione dalla realtà: ciò che si manifesta è proprio la realtà osservata e quel verbo (φανεῖν), spesso approssimativamente tradotto come «ciò che appare»,[70] manifesta attenzione ed esplicita l'indagine nei confronti dei fenomeni naturali.

Ciò che appare, i fenomeni come si manifestano, non è da confondere con la δόξα[71] (l'opinione) parente dell'αλήτεια, è la realtà osservata lontana dalla πίστις (la fede) e da certe concezioni del mondo naturale; si pone la corrispondenza fra ἔμφασιν[72] e ἀληϑής (vero) e se ne fornisce la dimostrazione, poiché ciò che si manifesta coincide con la percezione sensibile del fenomeno. Sembra quasi di scorgere il vichiano *verum ipsum factum*,[73] come se l'opera archimedea fosse un saggio περὶ ἁλαϑέος, sul vero, sulla ricerca di verità scientificamente dimostrabili.

Sembra allora prospettarsi un definito processo con un relativo *modus operandi*: i fenomeni si manifestano in natura (μοι φανέντων) ove sono osservati (ϑεωρεῖν); la loro manifestazione stimola l'indagine, quindi si scopre (εὑρεϑέν) la relazione che sovrintende ai fenomeni (πρότερον μὲν διὰ μηχανικῶν εὑρεϑέν . . . ἐπιδειχϑέν: *supra*); ed infine origina *ex se* la dimostrazione (τὴν ἀπόδειξιν) resa nota (δεδείκται).

Così, quella filosofia (naturale) cui Archimede accenna una sola volta nelle sue opere almeno a quanto è dato conoscere: ὁρῶν δέ σε, καϑάπερ λέγω, σπουδαῖον καὶ φιλοσοφίας προεστῶ τα ἀξιολόγως,[74] assume proprio nella lettera ad Eratostene ed alla luce di questi passi un significato che non tanto infrange presunti muri platonici o aristotelici, quanto fa compiere alla scienza ed al metodo della ricerca un passo in avanti

68. *I Presocratici*, Reale 2006, sez. V, pagina XL, XLI - XLII. Il virgolettato è in corsivo nel testo.

69. Sai trar frutto dall'osservazione nelle cose matematiche; *ibidem* ln. 20 - 21.

70. Thomas L. Heath rende φανεῖν con *become known* (T. Heath 1912, pagina 14), Attilio Frajese con *mi si sono presentate* (Frajese 1974, pagina 572).

71. Platone nel *Simposio* intende δόξα come «dottrina filosofica»; parimenti Plutarco: ἐκλάμψασα δόξα (fulgida dottrina, → alla pagina 14). Aristotele nel *De caelo* (→ nota a pagina 34) intende δόξα come opinione in riferimento ad una teoria. All'inizio dell'*Arenario* Archimede usa il termine nella variante verbale: οἱ δὲ οὕτως δοξαζόντες (quelli che così credono), I, 2, ln. 7.

72. Fra i molteplici significati, ἔμφασις possiede anche quello di dimostrazione: in Teofrasto si trova accompagnato dalla specificazione ἀλεϑείας ([dimostrazione] della verità).

73. Vico intende così la corrispondenza tra ciò che è vero e ciò che viene compiuto dal soggetto che conosce (Vico 1971, *De antiquissima Italorum sapientia*).

74. Vedendo, a quanto affermo, che sei zelante ed eccellente maestro di filosofia; *ibidem*, ln. 18 - 19.

ponendo le basi del pensiero scientifico: manifestazione del fenomeno, osservazione (scoperta) e dimostrazione; l'attività scientifica è sciolta da concezioni arcaiche.

A corollario di quanto appena esposto, una considerazione d'ordine filologico.

Le parole di greca derivazione, diretta o filtrata dal latino che usiamo quasi quotidianamente nel linguaggio scientifico (assioma, ipotesi, postulato, teorema, teoria,. . .), hanno perduto del tutto nel linguaggio d'uso comune il significato originario, e quasi nessuno ricorda più, né in fondo è strettamente rilevante se non per gli storici della scienza, che, ad esempio, «postulati» deriva attraverso *postulata* da αἰτήματα (richieste), «ipotesi» da ὑποθέσεις e sta per fondamento, «assioma» da ἀξίωμα e sta per dignità, che le assunzioni erano dette λαμβανόμενα col senso di concetti condivisibili, ecc.

A ragione allora Lucio Russo sostiene che, quando Archimede scrive che Aristarco ὑποθεσίων τινων ἐξέδωκεν γραφάς (I, 4, ln. 20), tradurre come «ha esposto nei suoi scritti alcune ipotesi», né è corretto né agevola la comprensione del testo.[75] ὑποθεσίων sta per fondamento, principio di discussione, e vuole significare l'esposizione di un'idea diversa da quella che immediatamente ci si raffigura ponendo la Terra al centro dell'universo. I φαινόμενα non sono, nel caso, le «apparenze», quanto piuttosto «le cose che si manifestano», che trovano valido riscontro, condivisibili e sperimentalmente ripetibili. Né tantomeno ricorre la fattispecie del σῴζειν τὰ φαινόμενα, quanto piuttosto la necessità di stabilire una relazione fra percezione visiva e fatto scientifico deducibile attraverso la verifica: nell'*Arenario* Archimede non intende salvare i fenomeni (spiegare la retrogradazione), la sua contestazione è geometrica.

S'inverte il percorso del pensiero: i fenomeni sono dedotti da osservazioni verificabili e la supposizione eliocentrica di Aristarco salva anch'essa i fenomeni, ma nel senso che permette d'accordare l'osservazione con un probabile modello geometrico; non c'è acquiescenza al fenomeno osservato, solo la necessità di ricondurlo ad enti scientifici, anche se l'ipotesi aristarchea non è verificabile ed apparentemente contraddetta dall'assenza di parallasse, impossibile peraltro a misurarsi con gli strumenti dell'epoca. Ed un ulteriore fattore si prospetta all'orizzonte, un fattore extra-scientifico ma non per questo ascientifico, pure alla base di una moltitudine di scoperte ed invenzioni.

S'era accennato alla possibilità che la scoperta fosse accompagnata, o preceduta, dall'intuizione: la tesi appare probante ad una lettura della seconda proposizione del *Metodo* che, per la parte che interessa, così riporta:

> *διότι πᾶσα σφαῖρα τετραπλασία ἐστὶ τοῦ κώνου τοῦ βάσιν μὲν ἔχοντος τὸν μέγιστον κύκλον, ὕψος δὲ ἴσον τῇ ἐκ τοῦ κέντρου τῆς σφαίρας, «ἡ ἔννοια ἐγένετο» ὅτι πάσης σφαίρας ἡ ἐπιφάνεια τετραπλασία ἐστὶ τοῦ μεγίστου κύκλου τῶν ἐν τῇ σφαίρᾳ,*[76]

ed Archimede dimostra anche di aver intuito le relazioni che legano fra loro le figure, che stanno alla base dei loro rapporti, perché così continua:

> *«ὑπόληψις γὰρ ἦν» καὶ διότι πᾶς κύκλος ἴσος ἐστὶ τριγώνῳ τῷ βάσιν μὲν ἔχοντι τὴν τοῦ κύκλου περιφέριαν, ὕψος δὲ ἴσον τῇ ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ κύκλου, καὶ διότι πᾶσα σφαῖρα ἴση ἐστὶ κώνῳ τῷ βάσιν μὲν ἔχοντι τήν ἐπιφάνειαν τῆς σφαίρας, ὕψος δὲ ἴσον τῇ ἐκ τοῦ κέντρου τῆς σφαίρας.* [77]

75. Russo 1996a, *La rivoluzione dimenticata*, pagina 205.

76. Poiché ogni sfera è quadrupla del cono che ha per base un cerchio massimo ed un'altezza eguale al raggio della sfera, «mi venne in mente» che la superficie di ogni sfera fosse quadrupla di un cerchio massimo di quelli della sfera (Heiberg e Zeuthen 1910-1915b, pagina 446, ln. 4 - 9, virgolettato apposto).

77. «Ed infatti c'era l'idea» che come ogni cerchio è eguale al triangolo che ha per base la circonferenza e per altezza il raggio del cerchio, così ogni sfera dovesse essere eguale al cono di base ed altezza corrispondenti, rispettivamente, alla superficie ed al raggio della sfera; *ibidem*, ln. 9 - 15. Le parole virgolettate (nei testi e nelle traduzioni) appaiono indubbiamente riferirsi ad un'intuizione frutto dell'osservazione e all'esperienza.

È un momento della ricerca scientifica destinato purtroppo a restare una singolare *fiammata* condannata ad esaurirsi con Archimede per alcune concause: la fine di una quasi certa tradizione scientifica siracusana[78] a lui riconducibile, la conseguente diaspora di (eventuali) successori non certo dello stesso livello, l'avvento della romanità con la rimarcata indifferenza verso le scienze e le meccaniche. In questo caso si era probabilmente, molto più che per la cosiddetta mancata *rivoluzione alessandrina* (Russo 1996a), prossimi alla moderna concezione scientifica: bisognerà poi attendere il Rinascimento per vedere di nuovo fiorire questo metodo d'indagine ed assistere allo stupore di Galileo per i lavori d'Archimede: → pagina 41.

Ὁ σοφός definiva Archimede Johannes Tzetzes, colui che, aggiunse Pappo, πάντων δὲ τούτων τὴν αἰτίαν καὶ τὸν λόγον ἐπεγνωκέναι (→ a pagina 21) un sapiente non rigidamente riconducibile a scuole o tradizioni, che anzi queste trascendeva non restando circoscritto in alcuna, rifiutando dogmi, simulacri scientifici e paradigmi, che rivela la modernità non confinandosi nelle stanze di Siracusa ma sottoponendo i lavori al giudizio di altri all'atto di diffonderli, confrontandosi con i sapienti dell'altra sponda del Mediterraneo anche se, ad eccezione di Conone, non ritiene alcuno al suo livello. Ed è per questo che Archimede invia agli Alessandrini problemi di cui ha già trovato la soluzione senza comunicarla (*problema dei buoi*[79]) volendo verificare le loro competenze, forse sfidandoli ma mai ridicolizzandoli come alcuni pretenderebbero, perché se Eratostene esprime nel ruolo la scuola alessandrina, Archimede, si proverà a proporlo, sembra candidarsi come l'esponente di una diversa tradizione, quella italica ispirata in parte (forse) all'esoterismo pitagorico che non ama rivelare i proprî metodi d'indagine, neanche al responsabile della biblioteca di Alessandria, *zelante ed eccellente maestro di filosofia*, ma non matematico.

Netz e Noel delineano un Archimede che *scrive per i posteri*[80] considerando costoro *i suoi veri lettori* ed individuando nelle lettere prefatorie delle opere una *timida nota di rassegnazione* per l'incomprensione cui i suoi lavori sarebbero andati irrimediabilmente incontro per non essere adeguatamente valutati dai circoli culturali dell'epoca.[81] Nelle asciutte dichiarazioni di saluto e nelle, talvolta prolisse, note introduttive, come nel *Metodo*, non sembra di riscontrare uno stato di deserta angosciosa solitudine.

È vero che, al di fuori di Conone, Archimede non ritiene alcuno alla sua altezza, ma questo non sembra procurargli patèmi; come ogni grande è conscio delle proprie capacità senza che la consapevolezza trasmodi in smarriti sensi di solitudine o in altezzosa superbia. Come spiegare altrimenti il fresco respiro dell'*Arenario*, la soddisfazione del

78. Tracce di una probabile scuola siracusana, o siciliana, si rinvengono all'inizio della *Spirale*. Dopo il formale saluto, Archimede si scusa con Dositeo del ritardo nell'invio del testo confidando *πρότερον διδόμεν τοῖς περὶ τὰ μαθήματα πραγματευομένοις* (volli prima sottoporre la mia indagine a quelli che si occupano di cose matematiche; (Heiberg 1880-1881, vl. II, pagina 2). Il tono schietto della frase lascia intendere una non eccelsa considerazione verso Dositeo e declassa, nella stima di Archimede, il ruolo scientifico alessandrino mostrando implicito riconoscimento di maggior valore ad altri centri che purtroppo possiamo soltanto immaginare; sul brano si tornerà in seguito. In scia, anche l'*Arenario* sembra ricondurre ad una scuola, o ad un cenacolo, in cui s'era svolta una discussione sui grandi numeri (appresso).

79. Sul *Problema dei buoi* esistono varie teorie. Alcune assumono di aver trovato una soluzione con numeri giganteschi, altre propongono soluzioni più semplici, altre suppongono una corruzione del testo, altre infine dànno il problema insolvibile. Al di là della probabile corruzione del testo, soltanto due interpretazioni sono possibili: il problema è solubile o insolubile; in quest'ultimo caso la questione diviene intrigante perché si tratterebbe di rivelare il procedimento attraverso il quale Archimede dimostrerebbe l'insolubilità del problema. La documentazione presente in rete è da visionare con la massima prudenza.

80. *The Archimedes Palimpsest*; Netz e Noel 2008.

81. I lavori archimedei sono spesso dichiarati come composti in forma epistolare, ma questi, compreso il *Metodo*, non hanno nulla a vedere con la forma epistolare. Le lettere prefatorie, talvolta presenti, costituiscono infatti soltanto delle dediche per l'interlocutore alessandrino di turno in seno alla biblioteca cui questi lavori erano anzitutto indirizzati; sulla valenza delle lettere prefatorie → nota successiva.

Metodo nel comunicare le scoperte, l'umorismo del *Problema dei buoi*? Archimede era abbastanza sazio del proprio entroterra culturale e della propria tradizione per avvertire assenze di compagnie, non viveva in isolamento culturale, colloquiava, e non lo si può criticare per essere vissuto nell'epoca in cui era non il migliore, bensì l'unico.

Le tecniche esposte nel *Metodo meccanico* sembrano ricollegare Archimede alla scuola matematica come descritta da Diogene Laerzio,[82] alla corrente di pensiero di Pitagora, Filolao, Archita e tanti altri fra cui non ultimi Eudosso e Democrito, una scuola che mai ha avvertito la necessità di porre il pensiero sotto l'ala della divinità, una corrente non contrapposta ma distinta da scuole che per immaginarsi una cosmologia dovevano sempre ricorrere a divinità mai evocate nei lavori archimedei.

Tale *forma mentis* deriva dall'abolizione di contrapposizioni dogmatiche: la conoscenza è unica, non si presta a distingui fra ciò che si manifesta e si pensa, le due concezioni devono necessariamente coincidere, altrimenti o va corretto il pensiero o va corretta l'osservazione. La conoscenza meccanica si pone così come

> *la bussola che indica la direzione, un* τρόπος *nel senso letterale della parola, che guida Archimede nella libera ricerca geometrica, di premesse e conseguenze possibili ma compatibili con il vero trovato e dimostrato in modo meccanico.*[83]

Deriva da qui l'inesistenza (*sic*!) di una *questione archimedea* che pure molti commentatori dei lavori del Siracusano propongono, intendendo che non si è sinora compreso il suo procedere nell'indagine, con quali tecniche Archimede operasse e, soprattutto, quali procedure attivasse nel giungere alla definizione e risoluzione dei teoremi, delle problematiche incontrate avvolte (forse) da una sfera di riservatezza.

Neanche la radiografia cui è stato recentemente sottoposto il *Metodo meccanico* ha permesso di visitare, come abbastanza ingenuamente alcuni s'attendevano, la fucina delle sue idee, dei suoi pensieri ed intuizioni; si può sì tentare di ricostruirne l'*iter* mentale, ma solo azionando, nel caso, un percorso in cui la logica induttiva s'intreccia inevitabilmente con l'immaginazione ed il personale convincimento che, per quanto questo possa essere prossimo alla realtà, ne resterà sempre distinto; anche quanto sin qui proposto, se n'è consapevoli, è soltanto uno dei possibili percorsi induttivi.

Proporre una questione archimedea[84] come sì è usi fare per altre tematiche (l'omerica e la socratica), è concettualmente di poco senso non essendo in alcun modo possibile ricostruire l'*iter* attraverso il quale Archimede giungeva alla soluzione dei problemi: si può solo immaginarlo questo percorso, non indagarlo, certi comunque che non si perverrà mai ad alcuna soluzione né sarà possibile prospettare una qualsiasi probante tesi. È intrigante pensare che Archimede sia giunto alle soglie del calcolo combinatorio ed infinitesimale, che abbia intuito i logaritmi (→ a pagina 66 e *Arenario* libri III e IV), ma queste sono illazioni non meglio verificabili e solo in parte intuibili.

In sostanza, evocare una presunta (irrisolvibile) *questione archimedea* nulla aggiunge al dibattito sullo scienziato né crea prospettive da analizzare in aggiunta a quelle che il suo pensiero, già pervenuto mutilo, ci pone.

Archimede ultimo esponente di una tradizione scientifica italica?

Confrontandoci con alcune frammentarie testimonianze, si cercherà ora d'indagare un collegamento fra Archimede e la cultura di cui era impregnata la parte meridionale d'Italia detta ancora oggi *Magna Grecia*, chiedendoci se sia legittimo (: possibile)

82. Diogene Laerzio 2011, *Vite e dottrine dei filosofi illustri*, lb. VIII.
83. Boscarino 2014a, pagina 52. Per il *Metodo*, in relazione alle tecniche di esaustione e di meccanica, → *La concezione archimedea degli oggetti matematici* (Acerbi 2013b).
84. Un sostenitore dell'esistenza di una questione archimedea è Attilio Frajese, op. cit.

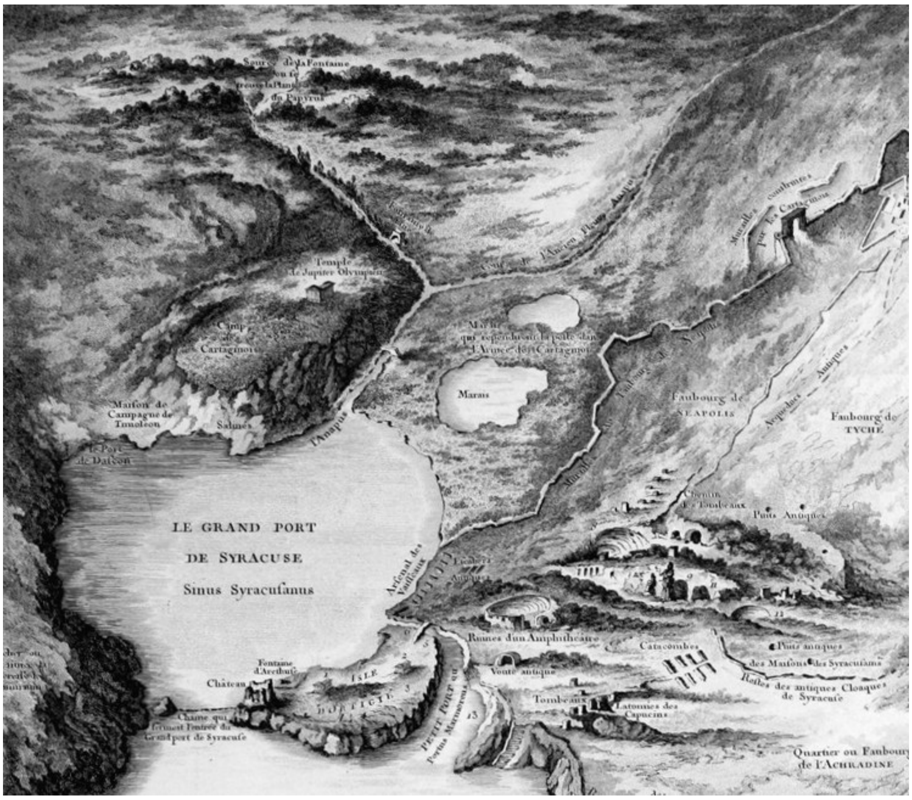


Figura 1.3: Mappa di Siracusa del XVIII secolo con l'isola di Ortigia; autore ignoto

individuare in Archimede l'esponente di una locale autoctona scuola di pensiero ed indagine scientifica; si cercherà d'evidenziare «voci» che possano indirizzare ad una concezione naturalistica distinta da quella della madre patria ellenica (la distanza, la storia l'insegna, genera indipendenza), indagare, se e quanto, queste voci abbiano eventualmente inciso nel generare una scuola siracusana di cui considerare Archimede il massimo esponente. Attesa l'impostazione dello scritto (appunti di studio), ci si limiterà a pochi concetti trascurando impostazioni filosofiche e morali delle scuole.

Brevi note su Siracusa

Per meglio intendere il ruolo d'Archimede a Siracusa, sono necessari alcuni cenni d'ordine storico, premessa un'elementare considerazione: il giudizio comune su terre confinate al presente a ruoli marginali della storia, si fonda sul contingente dell'attuale condizione dimenticando quello che furono e leggendo riduttivamente le flebili impronte lasciate: tanto diffusa è quest'incapacità d'intendere rettamente il passato, ovviamente fra i non addetti ai lavori, che è difficile comprendere quello che alcune terre e città rappresentarono ed espressero; così è accaduto anche per Siracusa.

Fondata dai Corinzi da un certo Archìa[85] attorno al 734 su nuclei abitativi di antica datazione, in posizione strategica dinanzi all'isola di Ortigia, in prossimità della fonte Aretusa, Συράκουσαι (secondo il nome greco) fu, assieme alla quasi contemporanea

85. Tucidide 2011, lb. VI, 3, 2.

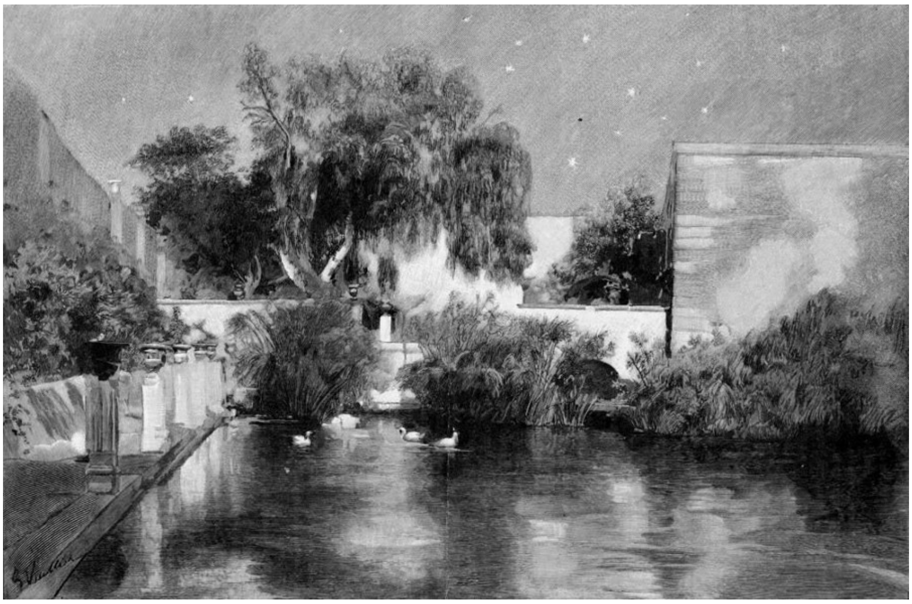


Figura 1.4: La fonte Aretusa ad Ortigia, stampa di fine Ottocento; autore ignoto

per nascita Roma, la principale città dell'area euro-occidentale, una capitale del Mediterraneo favorita dalla sua posizione.

A datare almeno dal V secolo, la Sicilia era Siracusa e Siracusa era la Sicilia; città come Catania, Gela, Messina, Segesta e Selinunte non potevano con lei competere e neanche Agrigento, la patria di Empedocle, poteva permettersi le medesime ambizioni politiche anche se da lì giunse il primo tiranno[86] della città stato. Alternando tirannide a democrazia, Siracusa perseguì sempre una politica imperialista ed aveva da tempo iniziato l'espansione sul mare colonizzando le isole del Dodecanneso.

Al tempo del primo Gerone (V secolo), le mire espansionistiche si univano ad un fervente mecenatismo: Stesicoro, Saffo, Simonide, Bacchilide, Pindaro, Eschilo e tanti altri erano di casa a Siracusa e sembra che a questo secolo risalga la costruzione del teatro; il noto poeta che fiorì fra il IV e il III secolo, quel Teocrito che introdusse in letteratura la poesia bucolica, era siracusano. All'epoca delle guerre combattute dai re persiani contro Atene e Sparta,[87] la città disponeva già di una notevole flotta con cui contrastare le mire cartaginesi in Sicilia (battaglia di Imera del 480) e nel 474 (battaglia navale di Cuma) Siracusa poneva fine alle pretese etrusche sul mare meridionale cancellando per sempre l'influenza di quel popolo sul Sud della penisola.

Lo stato di benessere e potenza della città è sottolineato da Tucidide che raccontando la sciagurata spedizione ateniese contro Siracusa (417 - 415) nel corso del conflitto peloponnesiaco, esprime incomprensione per una guerra condotta contro una città che non era da meno di Atene.[88] La floridezza era tale che, durante il regno di Dionisio II il

86. Anticamente il termine rappresentava un mediatore e risolutore di contrasti fra opposte fazioni; la valenza negativa del termine era viva soprattutto ad Atene, specie dopo le esperienze del governo di Pisistrato.

87. La belligeranza fra le città greche e l'impero persiano ebbe inizio attorno al 492 e terminò nel 479 con le vittorie della coalizione a Salamina, Platea e Micale.

88. *ἀλλ' ἐκεῖ Συρακούσας τῷ αὐτῷ τρόπῳ ἀντιπολιορκεῖν, πόλιν οὐδὲν ἐλάσσω αὐτήν γε καθ' αὑτὴν τῆς τῶν Ἀθηναίων* (ma infatti assediavano allo stesso modo Siracusa, città per se stessa non affatto inferiore ad Atene; Tucidide 2011, lb. VII, 28, 3). Plutarco racconta che i Siracusani lasciarono liberi i pochi sopravvissuti in grado di recitare versi delle *Troiane* di Euripide (Plutarco 2011c, cap. 29, 3).

giovane (367 - 344), Platone si recò tre volte a Siracusa nella speranza (una sua illusione piuttosto) di poter lì realizzare il sistema di governo idealizzato nella *Repubblica*.

Mentre continuava il contrasto alle pretese cartaginesi sull'isola portando addirittura la guerra in suolo africano, la città estendeva l'influenza al Nord sino ad Adria ponendo capisaldi in Otranto e Brindisi. Intorno al 298 le mire, anche se con esiti incerti, si estendevano alla parte occidentale della penisola mentre la *polis* svolgeva un ruolo significativo in politica internazionale: interveniva contro i Macedoni, effettuava spedizioni in Libia (291 circa) per chiudere ai Cartaginesi la via del grano dalla Sardegna;[89] Era questa l'epoca del regno di Agatocle, che

> *διὰ τὴν ἰδίαν ἀρετὴν οὐ μόνον Σικελίας σχεδὸν ὅλης ἐκυρίευσεν, ἀλλὰ πολλὴν τῆς Ἰταλίας τε καὶ Λιβύης τοῖς ὅπλοις κατεστρέψατο.*[90]

Siracusa era insomma una città stato, circondata da altre valenti città, in cui ferveva una vivacità culturale tale che, nonostante la spoliazione subita nel sacco del 212 e le successive ruberie perpetrate da Verre, un secolo dopo la caduta, Siracusa era ancora detta da Cicerone *urbem maximam Graecarum pulcherrimam omnium*.[91] L'indipendenza di una vita culturale e politica tramontò comunque nel 212 ad opera del console Marcello, e la residua effervescenza, lunga a spegnersi come anche l'opera di Diodoro siculo dimostra, fu solo una lunga e triste agonia.

Se queste considerazioni, come sinteticamente espresse, valgono per la politica la storia e l'arte, non da meno sono quelle che assegnano alla città un rilevante posto nella scienza e nella tecnica intesa come arte del costruire macchine.

Un'evidenza esemplare dell'operatività bellica, oltre che nel citato passo di Pappo (→ a pagina 21), è ancora in Diodoro che, in alcuni sopravvissuti frammenti della *Bibliotheca historica*,[92] espone il fervore «meccanico» di una città che, sotto l'impulso di Dionisio,[93] contrastava l'azione di Cartagine ricordando che lì fu ideata la catapulta[94] contro navi che assediavano il porto,[95] tecniche meccaniche a proposito delle quali Giuseppe Cambiano, dopo essersi auspicato che prima o poi si riconosca a questa tipologia di scienze il cospicuo ruolo loro spettante nella *Magna Grecia*, assieme ai contributi apportati da città come Samo, Rodi, Atene, sgombrando così il campo *da una visione municipalistica* di questa terra, continua scrivendo che

> *agli occhi della tradizione antica, la Sicilia appariva come un ricettacolo di applicazioni tecniche, sin dalla tradizione mitica del soggiorno di Dedalo presso il re Cocalo e i Sicani, quale risulta nel racconto di Diodoro.*[96]

Concludo questo breve *excursus* storico con le parole di Arcangelo Papi che, in un documento in rete, evidenzia la necessità di ricordare come

89. Diodoro siculo 1865, lb. XXI, cap. 2, 16.

90. Divenne con le armi signore non solo di quasi tutta la Sicilia ma anche di buona parte dell'Italia e della Libia; *ibidem*, cap. 17.

91. La più bella e importante fra le città greche (Cicerone 2006b, *Contra Verrem*, cap. IV, 117); sulla produzione artistica e scientifica, in Siracusa e nell'isola, → *Autori classici greci in Sicilia*; Carubia 1996.

92. Della *Biblioteca* di Diodoro siculo sono pervenuti integri soltanto i primi cinque libri; degli altri abbiamo frammenti o brani riportati da autori successivi.

93. *τοὺς δ' ἐξ Ἰταλίας καὶ τῆς Ἑλλάδος, ἔτι δὲ τῆς Καρχηδονίων ἐπικρατείας, μεγάλοις μισθοῖς προτρεπόμενος* ([attirò molti operai esperti] dall'Italia, dall'Ellade e da Cartagine allettandoli con la promessa di buoni salari; Diodoro siculo 1865, lb. XIV, cap. 41.)

94. *καὶ γὰρ τὸ καταπελτικὸν εὑρέθη κατὰ τοῦτον τὸν καιρὸν ἐν Συρακούσαις, ὡς ἂν τῶν κρατίστων τεχνιτῶν πανταχόθεν εἰς ἕνα τόπον συνηγμένων* (ed infatti la catapulta fu inventata allora a Siracusa dove s'erano radunati i migliori artigiani; Diodoro siculo 1865, lb. XIV, cap. 42).

95. Diodoro siculo 1865, lb. XIV, cap. 50

96. Cambiano 1996, *Alle origini della meccanica*.

Siracusa fosse all'epoca la metropoli greco-italica per eccellenza: se di ciò non si tiene conto, sfuggirà anche la personalità del grande Siracusano, ammirato e temuto dai romani.[97]

La filosofia naturale nel meridione d'Italia

Premessa la (pure ovvia) considerazione che per filosofia naturale s'intende l'osservazione scientifica dei fenomeni del macrocosmo e del microcosmo come si manifestano in natura, alcuni scritti lasciano intendere come l'autonomia della città che si sta delineando non fosse confinata soltanto alla politica, all'esercito, alla flotta, alla meccanica, ... ma si estendesse tanto da poter, non arbitrariamente, ipotizzare una scuola autonoma di pensiero che, senza opporsi all'alessandrina, con questa piuttosto si confrontava e da questa, di fatto, si distingueva.[98]

Senza voler assolutamente considerare Archimede un filosofo secondo la valenza attuale del termine, va considerato che la filosofia intesa come conoscenza e ricerca, comprendeva allora qualsiasi forma d'indagine, non esclusa quella sui fenomeni naturali oggi ricondotti al mondo della fisica, dell'ottica, della meccanica, della matematica, ... secondo la tipologia degli studi relativi. Nel mondo greco solo i «liberi pensatori», praticando la filosofia speculativa, compivano incursioni nel mondo della scienza indagando origine e ragione dei fenomeni, ma mai i matematici esercitavano pura filosofia speculativa e fra le discipline non v'era commistione: lo stesso Democrito, quando sembra travalicare il campo, e tenuto presente che si ha che fare con frammenti, lo fa sempre in un'ottica riconducibile alle matematiche.

Un'ulteriore considerazione. L'attuale rivalutazione della scienza greca, focalizzata esclusivamente sull'ellenismo,[99] relegando gli studi di Archimede esclusivamente in scia e seno alla tradizione alessandrina, ha implicitamente ignorato il fervore scientifico presente nella parte meridionale d'Italia anche perché di questo, ad eccezione proprio dei lavori di Archimede, non si hanno trattati ma soltanto flebili tracce, frammenti da terze fonti, contributi spesso ritenuti minori e lontani per profondità d'indagine da quelli espressi dalla triade ellenica: Socrate, Platone, Aristotele.

Ciò premesso, di un diverso modo d'intendere la natura fuori della penisola greca, è cenno nel *De caelo* quando, esponendo teorie sulla posizione della Terra fra i corpi celesti, Aristotele riporta:

---

97. Papi 2014, *I segreti di Archimede*.

98. *Archimede e la tradizione di pensiero italica della scienza*, Boscarino 2014a.

99. → *La rivoluzione dimenticata*, *Flussi e riflussi: indagine sull'origine di una teoria scientifica*, *L'America dimenticata: i rapporti tra le civiltà e un errore di Tolomeo*; Russo 1996a, 2003, 2013.

Ellenismo è termine coniato da Johann G. Droysen per individuare il periodo storico che s'estende dal 323 (morte di Alessandro Magno) sino a circa il 31 (battaglia di Azio), che aveva il suo centro culturale in Alessandria e che interessa l'area geografica conquistata dal Macedone amministrata alla sua morte da quelli che furono, lui vivente, i diadochi (Canfora 2007a; Droysen 1836). L'interpretazione temporale del periodo, è fluttuante. Se il massimo splendore termina attorno al 150, Ipparco, Erone, Tolomeo, Teone d'Alessandria, Ipazia, indicano che la spinta propulsiva era così forte da esaurirsi solo nel V-VI secolo d.C., in accordo temporale con la conquista islamica ed in quella cultura in parte transitando (De Lacy 1979).

Al pari di città come Pergamo, Alessandria assolveva di fatto, nella copia e divulgazione dei manoscritti, al ruolo oggi assolto da una rinomata casa editrice internazionale, disponendo di cataloghi e di una capillare rete di distribuzione: inviando i lavori all'editore alessandrino che li distribuiva a titolo oneroso, Archimede diffondeva i suoi lavori. Alessandria fu cioè il centro di conservazione e diffusione della cultura anche se gli autori dei contributi scientifici provenivano spesso da altri luoghi: la Calcedonia per Erofilo, Perga per Apollonio, Siracusa per Archimede, ... T̃radizionalmente la Sicilia è compresa fra le aree d'influenza del pensiero ellenistico, ma una lettura più approfondita, come si vorrà provare a proporre, dovrebbe condurre a riconoscere come quella terra avesse sì intensi e proficui contatti con quel mondo, ma li vivesse senza sudditanza culturale, in un mutuo scambievole rapporto. Sul «distinguo» che Archimede pone fra sé e gli studiosi alessandrini si dirà ancora in seguito.

Περὶ μὲν οὖν τῆς θέσεως οὐ τὴν αὐτὴν ἅπαντες ἔχουσι δόξαν, ἀλλὰ τῶν πλείστων ἐπὶ τοῦ μέσου κεῖσθαι λεγόντων, ὅσοι τὸν ὅλον οὐρανὸν πεπερασμένον εἶναί φασιν, ἐναντίως οἱ περὶ τὴν Ἰταλίαν, καλούμενοι δὲ Πυθαγόρειοι λέγουσιν· ἐπὶ μὲν γὰρ τοῦ μέσου πῦρ εἶναί φασι, τὴν δὲ γῆν, ἓν τῶν ἄστρων οὖσαν, κύκλῳ φερομένην περὶ τὸ μέσον νύκτα τε καὶ ἡμέραν ποιεῖν. Ἔτι δ' ἐναντίαν ἄλλην ταύτῃ κατασκευάζουσι γῆν, ἣν ἀντίχθονα ὄνομα καλοῦσιν, οὐ πρὸς τὰ φαινόμενα τοὺς λόγους καὶ τὰς αἰτίας ζητοῦντες, ἀλλὰ πρός τινας λόγους καὶ δόξας αὑτῶν τὰ φαινόμενα προσέλκοντες καὶ πειρώμενοι συγκοσμεῖν.[100]

Anche volendo confinare il pensiero archimedeo all'ellenismo trascurando una tradizione italica di ascendenza pitagorica,[101] il passo testimonia comunque l'esistenza nella parte meridionale della penisola italica di una scuola di pensiero autonoma, come evidenzia quell'οἱ περὶ τὴν Ἰταλίαν (quelli d'Italia) che di per sé legittima l'esistenza di un'autonoma tradizione culturale nell'area della *Magna Grecia*.

La scuola pitagorica è attestata da Ippolito romano[102] che ci ha lasciato in proposito una preziosa testimonianza, una delle poche fonti sull'origine dei Pitagorici e sulla loro filosofia come distinta da quella praticata nell'Ellade:

Ἔστι δὲ καὶ ἑτέρα φιλοσοφία οὐ μακρὰν των αὐτων χρόνων, ἧς ἦρξε Πυθαγόρας, ὅν Σάμιον τινες λέγουσιν. ἣν Ἰταλικὴν προσηγόρευσαν διὰ τὸ τὸν Πυθαγόραν φεύγοντα Πολυκράτην τὸν Σαμίων τύραννον οἰκῆσαι πόλιν τῆς Ἰταλίας κἀκεῖ τὸν βίον πληρῶσαι. – omissis – *καὶ οὕτως μονάδα μὲν εἶναι ἀπεφήνατο τὸν θεόν, ἀριθμοῦ δὲ φύσιν περιέργως καταμαθὼν μελῳδεῖν ἔφε τὸν κόσμον καὶ ἁρμονίᾳ συγκεῖσθαι, καὶ τῶν ἑπτὰ ἄστρων πρῶτος τὴν κίνησιν εἰς ῥυθμὸν καὶ μέλος ἤγαγεν.*[103]

Appresso Ippolito ci consegna il ritratto di un pitagorico illustre, il siracusano, Ecfanto:

Ἔκφαντός τις Συρακούσιος ἔφη μὴ εἶναι ἀληθινὴν τῶν ὄντων λαβεῖν γνῶσιν. ὁρίζει δὲ ὡς νομίζει τὰ μὲν πρῶτα ἀδιαίρετα εἶναι σώματα καὶ παραλλάγας αὐτῶν τρεῖς ὑπάρχειν, μέγεθος σχῆμα δύναμιν, ἐξ ὧν τὰ αἰσθητὰ γίνεσθαι. εἶναι δὲ τὸ πλῆθος αὐτῶν ὡρισμένον καὶ τοῦτο ἄπειρον. κινεῖσθαι δὲ τὰ σώματα μήτε ὑπὸ βάρους μήτε πληγῆς, ἀλλ' ὑπὸ θείας δυνάμεως, ἣν νοῦν καὶ

100. Quanto alla collocazione [della Terra], esistono varie teorie. Generalmente si suppone che questa sia al centro, e la concezione è propria dei filosofi che considerano il cielo limitato e finito. Ma quelli d'Italia, detti Pitagorici, sono d'altro avviso. Essi pretendono che il focolare occupi una posizione centrale, che la Terra non sia altro che uno dei corpi che rivolvono attorno ad un centro e che è in questo modo che si alternano giorno e notte. Immaginano ancora che esista un mondo opposto alla Terra detto Antiterra e questo sostengono non giustificando le loro ipotesi ma cercando di far concordare i fenomeni secondo le loro teorie, accordandole come possono (Aristotele 2011a, *De caelo*, lb. II, cap. 13).

101. La scuola pitagorica fu fondata a Crotone ($\sim$ 530) da Pitagora (570-495), ove lo stesso era riparato da Samo per sfuggire la tirannide di Policrate. Era una scuola di classe con rigide divisioni interne: i *matematici*, avviati alle più strette conoscenza, e gli *acusmatici*, cosiddetti *quelli di fuori* in contrapposto ai primi, *quelli di dentro*. Le conoscenze erano considerate sacre, come tali non idonee ad essere divulgate a curiosi, bensì soltanto a chi fosse disposto a percorrere un cammino che era anche spirituale, essendo gli insegnamenti impregnati di miti e dottrine derivate dall'orfismo e da conoscenze egizie e caldee. Samo doveva avere una tradizione scientifica di matematica e meccanica di lunga data e molto sviluppata, se si giudica dal tunnel scavato da Eupalino di Megara su incarico di Policrate, un'opera difficilmente realizzabile senza supporre conoscenze di trigonometria ed accurate tecniche di rilevazione (Viola 1985, pagine 505-514).

102. Ippolito romano (170 - 235 d.C.), il primo antipapa, si oppose al pontefice Callisto accusandolo di eresia. Riconciliatosi col successore Ponziano, subì poi il martirio e fu canonizzato.

103. E non lontano da questi tempi (poco prima lo scrittore aveva accennato a Talete) sorse un'altra scuola filosofica, fondata da Pitagora che fuggì la tirannide di Policrate, raggiungendo una città dell'Italia ove trascorse il resto della vita. – *omissis* – [Gli studi] gli permisero di mostrare l'unità di Dio, ed indagando la natura e i numeri affermò che il cosmo produce melodia ed è stato creato secondo armonia, e per primo ha riportato il movimento delle sette stelle al ritmo ed alla melodia (Ippolito romano 1906, lb. I, cap. 2).

ψυκὴν προσαγορεύει. τούτου μὲν οὖν τὸν κόσμον εἶναι ἰδέαν, δι' ὃ καὶ σφαιροειδῆ ὑπὸ θείας δυνάμεως γεγονέναι. τὴν δὲ γῆν μέσον κόσμου κινεῖσθαι περὶ τὸ αὑτῆς κέντρον ὡς προς ἀνατολήν.[104]

Diogene Laerzio (II - III sec. d.C.) accenna ad altri due Pitagorici, Filolao ed Iceta, quest'ultimo ancora di Siracusa, riportando:

Δοκεῖ δ' αὐτῷ πάντα ἀνάγκῃ καὶ ἁρμονίᾳ γίνεσθαι. καὶ τὴν γῆν κινεῖσθαι κατὰ κύκλον πρῶτον εἰπεῖν· οἱ δ' Ἱκέταν ˹τὸν˺ Συρακόσιόν φασιν.[105]

Rilevanza va data a quel κατὰ κύκλον (in circolo); non ci si riferisce infatti (almeno non soltanto) ad un moto circolare della Terra su se stessa, come un'interpretazione intuitiva potrebbe condurre a pensare, ma ad una vera rivoluzione intorno al *focolare*, come si deduce da un altro passo:

Φ. δὲ ὁ Πυθαγόρειος κύκλωι περιφέρεσθαι περὶ το πῦρ κατὰ κύκλον λοξὸν ὁμοιοστρόπως ἡλίωι καὶ σελήνηι, [106]

e questi pitagorici intendevano dunque un vero e proprio moto di traslazione intorno ad un centro.[107] Che le concezioni di Filolao ed Iceta combaciassero lo sottolinea anche Cicerone nell'*Academica*:

Hicetas Syracosius, ut ait Theophrastus, caelum solem lunam stellas, supera denique omnia stare censet neque praeter terram rem ullam in mundo moueri, quae cum circum axem se summa celeritate conuertat et torqueat, eadem effici omnia, quae si stante terra caelum moueretur.[108]

L'indagine sulla natura condotta secondo una visione scientifica, emerge in un altro noto frammento di Filolao:

καὶ πάντα γα μὰν τὰ γιγνωσκόμενα ἀριθμὸν ἔχοντι· οὐ γὰρ οἷόν οὐδὲν οὔτε νοηθῆμεν οὔτε γνωσθῆμεν ἄνευ τούτου,[109] che aggiunge: *ἡ μὲν μονὰς ὡς ἂν ἀρχὴ οὖσα πάντων,*[110] ed ancora: *ψεῦδος δὲ οὐδαμῶς ἐς ἀριθμὸν ἐπιπνεῖ· πολέμιον γὰρ καὶ ἐχθρὸν τᾶι φύσει τὸ ψεῦδος, ἁ δ' ἀλήθεια οἰκεῖον καὶ σύμφυτον τᾶι τῶ ἀριθμῶ γενεᾶι,*[111]

104. Un certo Ecfanto di Siracusa sosteneva che è impossibile avere conoscenza certa delle cose. Affermava che gli elementi primi da cui originano le cose sensibili, sono indivisibili e diversi tra loro per tre modi (grandezza, forma e potenza), che il loro numero è limitato e così pure lo spazio, che i corpi sono mossi non dal loro peso o da urti ma da una potenza divina che chiama anima e mente. Sosteneva ancora che il cosmo è dotato di mente, come si deduce dal fatto che per potenza divina, ha forma sferica. Centro del cosmo è la Terra, che si muove intorno al suo asse in direzione d'oriente (Ippolito romano 1906, lb. I, cap. 18).

105. Egli [Filolao] riteneva che tutto si producesse per necessità e secondo armonia. Fu il primo ad insegnare che la Terra si muove in circolo, teoria che altri attribuiscono al siracusano Iceta (Diogene Laerzio 2011, lb. VIII, cap. 7); → *Philolaus' mysterious astronomical system*, Russo 2022b.

106. Ma F.[ilolao] il pitagorico afferma che [la Terra] gira intorno al fuoco secondo il circolo obliquo, simile a quello della Luna e del Sole (Reale 2006, 21 (D. 378); pagina 836).

107. La rilevanza di Filolao, pur a fronte di un unico libro che si sa scritto *Sulla natura*, doveva essere notevole. Diogene (op. cit.) riferisce che durante il soggiorno in Sicilia, Platone acquistò dai parenti di questi per una somma ingente un libro da lui scritto che avrebbe fornito materiale per il *Timeo*. Nel commento al *De caelo*, citando Eudemo, Simplicio riporta che Filolao fu il primo a riportare in corretto ordine le posizione dei pianeti ponendo sempre al centro il *focolare* (Simplicio 1893, pagine 470-471). Su Filolao → *Philolaus* in "Stanford Encyclopedia" (Huffman 2012; Zalta 2012); per la riscoperta dell'autore nel XVII secolo, → nota a pagina 46.

108. Iceta di Siracusa, come riporta Teofrasto, ritiene che cielo, Sole, Luna, stelle, insomma tutte le cose celesti, siano immobili, e che non vi sia alcun movimento al di fuori di quello della Terra, che ruotando a grande velocità attorno al proprio asse, genera quelle stesse apparenze che si hanno supponendo immota la Terra e mobile il cielo (Cicerone 2004, lb. II, cap. 39).

109. Tutte le cose conosciute hanno numero; senza il numero nulla può essere conosciuto o pensato; Reale 2006, 5, (B. 59), pagina 842.

110. La monade è il principio di ogni cosa (Reale 2006, 8, (B 150), pagina 844).

111. Mai l'inganno si volge al numero alla cui natura esso è contrario e ostile, mentre la verità è in esso connaturata (Reale 2006, 11 (B. 139. 160), pagina 846).

come riporta pure Aristotele nella *Metafisica* che, sottolineando la distanza fra la scuola platonica e la pitagorica, scrive:

> *οἱ μὲν γὰρ Πυθαγόρειοι μιμήσει τὰ ὄντα φασὶν εἶναι τῶν ἀριθμῶν, Πλάτων δὲ μεθέξει, τοὔνομα μεταβαλών,*[112]

ed ancora Platone, a proposito dei primi filosofi che indagarono la natura li definisce *πρώτους θεολογήσαντας*, espressione riconducibile a «i primi teologizzanti», indicativa di per sé del tipo d'indagine impostata sui fenomeni naturali.[113]

La polivalente mente del pure pitagorico Archita che nel corso della vita s'interessò di quanto poteva, dalla scienza alla musica, dalla vita civile alla militare mostrando notevole eccellenza in ogni campo, doveva avere un'influenza non comune se fra i suoi allievi s'incontra Eudosso (che studiò geometria con lui e medicina con Filistione in Sicilia), e proprio di Archita ancora Diogene ci consegna un'interessante testimonianza secondo la quale sarebbe iniziato proprio con questi il connubio fra matematiche e meccaniche che in Archimede avrebbe trovato la principale applicazione e fusione:

> *οὗτος πρῶτος τὰ μηχανικὰ ταῖς μαθηματικαῖς προσχρησάμενος ἀρχαῖς μεθώδευσε καὶ πρῶτος κίνησιν ὀργανικὴν διαγράμματι γεωμετρικῷ προσήγαγε, διὰ τῆς τομῆς τοῦ ἡμικυλίνδρου δύο μέσας ἀνὰ λόγον λαβεῖν ζητῶν εἰς τὸν τοῦ κύβου διπλασιασμόν. κἀν γεωμετρίᾳ πρῶτος κύβον εὗρεν, ὥς φησι Πλάτων ἐν Πολιτείᾳ.*[114]

Ed infine pitagorico era quel Parmenide che, sulla scia di Eraclide, riaffermò la rotazione terrestre cancellando la sfera (il moto) delle stelle fisse, più di venti secoli appresso ancora insolitamente invocata da Keplero,[115] quel Parmenide ideatore della *dimostrazione per assurdo* che ricorre spesso in Archimede quando questi, prima di avanzare le conclusioni delle tesi poste, spazza via eventuali ipotetiche dimostrazioni contrarie che produrrebbero risultati aberranti.

Un nuovo *cursus studiorum*

A seguito di questa sintetica prospettazione di residue e scarse testimonianze, una domanda s'impone: quando e come inizia un diverso *cursus studiorum*?

Il quando s'è approssimativamente visto, fra il VI e il V secolo a.C, sul come si possono solo avanzare supposizioni, anche se sembra abbastanza naturale che coincida con due esodi illustri, Anassagora e Pitagora, entrambi perseguitati, l'uno per le idee in astronomia che minavano la religione, l'altro per le concezioni filosofico-politiche che disturbavano il potere di Policrate; a questi si potrebbero anche aggiungere i successivi nomi di Protagora, il padre della sofistica, e successivamente quello di Aristarco.

Come del pensiero di Pitagora abbiamo notizie incerte, alcuni si spingono talvolta a dubitare addirittura di una sua reale esistenza, ugualmente è per Anassagora per il quale una delle poche cose note è l'accusa di ritenere il Sole una massa incandescente, che ebbe salva la vita grazie a Pericle (*supra*, pagina 14), non evitando però una pena pecuniaria né scampando l'esilio, per Protagora che vide *τὰ βιβλία αὐτοῦ κατέκαυσαν ἐν τῇ ἀγορᾷ*,[116] del citato Aristarco (IV-III sec.) che

112. I Pitagorici sostengono che gli esseri sono stati creati ad imitazione dei numeri, mentre Platone li accomuna piuttosto alle idee (Aristotele 2011d, lb. I, cap. 5).

113. *Metafisica*, Aristotele 2011d, lb. I, cap. 3, 983β .

114. Questi [Archita] fu il primo a trattare le cose meccaniche secondo principî matematici cercando, attraverso la sezione di un semicilindro, due linee proporzionali per risolvere il problema della duplicazione del cubo di cui trovò in effetti la soluzione come attesta Platone nella *Repubblica* (Diogene Laerzio 2011, lb. VIII, cap. 4, 83).

115. Nel *Mysterium Cosmographicum* Keplero spinse tanto in là la propria immaginazione, da *proclamare* la composizione e lo spessore della sfera delle stelle fisse: cristallo di Boemia e poche miglia germaniche (*sic*!).

116. I suoi libri bruciati in piazza (Diogene Laerzio 2011, lb. IX, 8, 52).

ὥσπερ Ἀρίσταρχον ᾤετο δεῖν Κλεάνθης τὸν Σάμιον ἀσεβείας προσκαλεῖσθαι τοὺς Ἕλληνας ὡς κινοῦντα τοῦ κόσμου τὴν ἑστίαν, ὅτι τὰ φαινόμενα σῴζειν ἀνὴρ ἐπειρᾶτο μένειν τὸν οὐρανὸν ὑποτιθέμενος, ἐξελίττεσθαι δὲ κατὰ λοξοῦ κύκλου τὴν γῆν, ἅμα καὶ περὶ τὸν αὑτῆς ἄξονα δινουμένην. [117]

Iniziano nell'epoca anzidetta fermento ed esodo delle menti di cui un motore fu Anassimandro (610 - 540 circa) che primo concepì una rivoluzione cosmologica: anche se la forma della Terra non si distanzia molto da quella immaginata da Talete, questa però non galleggia più sulle acque e la conformazione evolve da piatta a cilindrica,[118] ed Anassimandro è anche il primo ad introdurre il concetto d'infinito (: d'indeterminato[119]) come testimonia un frammento di Simplicio alle soglie del Medioevo:

Ἀ. [. . .] *ἀρχὴν* [. . .] *εἴρηκε τῶν ὄντον τὸ ἄπειρον* [. . .] *ἐξ ὧν δὲ ἡ γένεσίς ἐστι τοῖς οὖσι, καὶ τὴν φθορὰν εἰς ταῦτα γίνεσθαι κατὰ τὸ χρεών*,[120]

ed il filosofo di Cilicia aggiunge ancora che, tra quanti sostengono che *il principio è uno solo*, fu proprio il pensatore di Mileto a sostenere che

ἀρχήν τε καὶ στοιχεῖον εἴρηκε τῶν ὄντων τὸ ἄπειρον, πρῶτος τοῦτο τοὔνομα κομίσας τῆς ἀρχῆς,[121]

precisando che ciò da cui ogni cosa trae origine è *ἑτέραν τινὰ φύσιν ἄπειρον* (una cert'altra natura infinita) riassorbendo le ragioni per la generazione e la dissoluzione dell'universo (Reale 2006, cap. 12, 10, pagina 182). Rilevanti le conclusioni cui pervenne Anassimandro a seguito di questa nuova conformazione terrestre affermando che il pianeta sta sospeso ed immaginando quindi un cielo non solo «sopra», ma «tutt'intorno», anche . . . «sotto i piedi»:

τὴν δὲ γῆν εἶναι μετέωρον ὑπὸ μηδενὸς κρατουμένην, μένουσαν δὲ διὰ τὴν ὁμοίαν πάντων ἀπόστασιν. τὸ δὲ σχῆμα αὐτῆς γυρόν, στρογγύλον, κίονι λίθῳ παραπλήσιον. τῶν δέ ἐπιπέδων ᾧ μὲν ἐπιβεβήκαμεν, ὃ δὲ ἀντίθέτον ὑπάρχει,[122]

seguito nella visione dal discepolo Anassimene che precisò meglio l'idea:

κινεῖσθαι δὲ τά ἄστρα οὐχ ὑπὸ γὴν, ἀλλὰ περὶ γῆν,[123]

---

117. Come riferisce Cleante di Samo, i Greci volevano processare Aristarco per aver turbato il riposo di Vesta e degli Dèi lari protettori dell'universo poiché, ragionando sulle apparenze, supponeva il cielo immobile e la Terra muoversi lungo lo Zodiaco e ruotare su se stessa (Plutarco 2011a, *De facie*, 923a). Per una corretta interpretazione del passo → Russo 1996b, 2002.

118. La concezione, nota da un passo della *Metafisica* (*καὶ τὴν γῆν ἐφ' ὕδατος ἀπεφήνατο εἶναι*: riteneva la Terra sospesa sull'acqua; Aristotele 2011d, lb. I, cap. 3, 983β), trova riscontro in Plutarco (Reale 2006, cap. 12, 10, pagina 182) ed in (Ippolito romano 1986, lb. I, 6, pagina 64).

Diogene Laerzio riporta invece che secondo Anassimandro *μέσην τε τὴν γῆν κεῖσθαι, κέντρου τάξιν ἐπέχουσαν, οὖσαν σφαιροειδῆ* (la Terra è in mezzo all'universo, di questo è il centro, la sua forma è sferica) e che, sempre secondo lo stesso, *τήν τε σελήνην ψευδοφαῆ, καὶ ἀπὸ ἡλίου φωτίζεσθαι* (la Luna non ha luce propria, ma è illuminata dal Sole; Diogene Laerzio 2011, lb. II, cap. 1).

119. Archimede usa il termine all'inizio dell'*Arenario* (ἄπειρον εἶμεν τῷ πλήθει) riferendosi a coloro che credono il numero dei grani d'arena «essere indeterminabile in grandezza»; I, 1, ln. 2.

120. A.[nassimandro sostiene] che il principio degli esseri è l'infinito [. . .] da dove essi originano e dove hanno anche, secondo necessità, dissoluzione (Reale 2006, B. 1 pagina 196).

121. L'infinito è principio ed elemento delle cose che sono: per primo adottò [per esse] il nome di «principio» (Reale 2006, cap. 12, 9, pagine 180-182).

122. La Terra è sospesa senza essere sorretta da nulla, la sua unità è data dalla proporzione delle distanze. Essa ha forma curva, tonda, simile al tamburo di una colonna. Noi poggiamo su una delle due superfici, l'altra è alla parte opposta (Ippolito romano 1906, lb. I, cap. 6, pagine 10 - 11, Reale 2006, cap. 12, 25, pagina 194).

123. Le stelle si muovono non sotto ma intorno alla Terra (Reale 2006, cap. 13, 1, pagina 200).

e la Terra, tolta dalle spalle di Atlante, sta di per sé sospesa nello spazio.

Il passaggio è rilevante e va massimamente considerato. Non ci si libera soltanto di fantasie mitologiche come l'egizia barca di Rha che di notte, secondo visione, trasporterebbe il Sole da Occidente ad Oriente, ci si libera soprattutto dall'immediatezza delle sensazioni, dalla presunzione di voler assegnare normalizzazione ai più elementari portati di queste, s'inizia a ragionare se alle percezioni si possa dare una valenza diversa da quella spontaneamente suggerita dai sensi; alto e basso cessano di essere direzioni assolute e divengono relative, ridimensionate da entità universali a valori locali del pianeta, si concepisce il vuoto e si legge in nuova chiave la caduta dei gravi: i corpi cadono verso il suolo ma la Terra non cade, un'idea questa tanto audace da risultare estranea alle maggiori culture antiche, a Babilonesi, Aztechi, Indiani e Cinesi, i quali ultimi, sino all'avvento della nuova astronomia come insegnata loro da Matteo Ricci fra il XVI e il XVII secolo, credevano ancora la Terra piatta e poggiante su tartarughe senza peraltro interrogarsi su cosa queste posassero, ed anche se a volte pervenivano, del tutto casualmente data l'impostazione iniziale, a risultati prossimi al vero, mai proponevano teoremi, mai eseguivano dimostrazioni.

La nuova cosmologia è immediatamente recepita; la si ritrova dapprima in Platone:

> *εἰ ἔστιν ἐν μέσῳ τῷ οὐρανῷ περιφερὴς οὖσα, μηδὲν αὐτῇ δεῖν μήτε ἀέρος πρὸς τὸ μὴ πεσεῖν μήτε ἄλλης ἀνάγκης μηδεμιᾶς τοιαύτης, ἀλλὰ ἱκανὴν εἶναι αὐτὴν ἴσχειν τὴν ὁμοιότητα τοῦ οὐρανοῦ αὐτοῦ ἑαυτῷ πάντῃ καὶ τῆς γῆς αὐτῆς τὴν ἰσορροπίαν*,[124] quindi in Aristotele:
>
> *εἰσὶ δέ τινες οἳ διὰ τὴν ὁμοιότητά φασιν αὐτὴν μένειν, ὥσπερ τῶν ἀρχαίων Ἀναξίμανδρος.* [125]

Se Platone ed Aristotele colgono il senso della simmetria, è perché, proprio in Anassimandro, c'è un'altra innovativa intuizione: *μένουσαν δὲ διὰ τὴν ὁμοίαν πάντων ἀπόστασιν*,[126] ed anche se la geometria del pianeta è cilindrica, va sottolineata l'intuizione che esprime la forma in relazione alle forze di coesione e, da cartografo qual era, Anassimandro ne dichiara il rapporto: *βάθος ὅσον ἂν εἴη τρίτον πρὸς πλάτος.*[127]

Nella costruzione ci sono ancora, è vero, elementi fragili come la prevalenza, assunta ed indimostrata, attribuita all'umido[128] o l'inconsueta spiegazione delle eclissi, ma l'idea è di per sé rivoluzionaria e segna il momento del passaggio dalla filosofia speculativa alla scienza che diverrà in seguito (in Archimede) sperimentale.

E muta non solo la conformazione del mondo come sino ad allora accettata e giustificata, ma il significato stesso del linguaggio, la struttura concettuale delle parole, elementi questi che permettono di costruire una nuova visione del mondo e

124. La Terra è tonda e sta nel mezzo, e per non cadere non ha bisogno né d'aria né d'altro che la sostenga, ma basta per ciò la sua posizione simmetrica rispetto al cielo che la circonda e l'eguale distribuzione del suo peso (Platone 2011a, cap. 58 (108d)).

125. Vi sono poi degli altri, come fra gli antichi Anassimandro, che assumono la Terra in riposo per il suo proprio equilibrio (Aristotele 2011a, lb. II, cap. 13, 19).

126. L'unità è data dalla proporzione delle distanze. La proporzione delle distanze, l'eguale distanza dei punti di una superficie sferica dal centro, è alla base delle proposizioni I e II del primo libro *Sui galleggianti* da cui Archimede fa derivare la sfericità degli Oceani ed, implicitamente, della superficie terrestre (Fleck 2016-2017, Quaderni, n. 3, 1 e note a commento del libro primo).

127. L'altezza è pari ad un terzo della larghezza. Secondo la tradizione, Anassimandro fu anche il primo a disegnare una carta geografica dell'ecumene; *πρῶτος ἐτόλμησε τὴν οἰκουμένην ἐν πίνακι γράψαι* ([Anassimandro . . . fu] il primo che s'applicò a disegnare su una tavola la terra abitata; Reale 2006, cap. 12, 10, pagina 182; 12, 6, pagina 180).

128. Reale 2006, cap. 12, 12, pagina 183. L'idea dell'*umido originario* sembra presupporre un'originaria forma liquida del pianeta successivamente solidificatosi, come è anche in Diodoro, ed Anassimandro precisa *τὴν θάλασσάν φησιν ὦναι τῆς πρώτης ὑγρασίας λείψανον* (il mare è quel che resta dell'umidità iniziale; Reale 2006, cap. 12, 27, pagina 194). L'idea è alla base delle proposizioni I e II dei *Galleggianti* .

la filosofia naturale inizia un nuovo corso; alla base ci sono le scienze astronomiche, ed Anassimandro è anche l'inventore (il diffusore secondo altri) dello gnomone, lo studioso dell'eclittica.

Se alcuni si isolano, altri scelgono di avviare scuole in terre ove il pensiero sia libero, e la concezione classica della dualità, che tanto sviluppo ha dato alla filosofia fiorita in terra d'origine, è vista da Pitagora riassorbirsi perché

> *Ἀρχὴν μὲν τῶν ἁπάντων μονάδα· ἐκ δὲ τῆς μονάδος ἀόριστον δυάδα ὡς ἂν ὕλην τῇ μονάδι αἰτίῳ ὄντι ὑποστῆναι· ἐκ δὲ τῆς μονάδος καὶ τῆς ἀορίστου δυάδος τοὺς ἀριθμούς· ἐκ δὲ τῶν ἀριθμῶν τὰ σημεῖα· ἐκ δὲ τούτων τὰς γραμμάς, ἐξ ὧν τὰ ἐπίπεδα σχήματα· ἐκ δὲ τῶν ἐπιπέδων τὰ στερεὰ σχήματα· ἐκ δὲ τούτων τὰ αἰσθητὰ σώματα, ὧν καὶ τὰ στοιχεῖα εἶναι τέτταρα, πῦρ, ὕδωρ, γῆν, ἀέρα.*[129]

Il tempo non ha cancellato le parole che Gino Loria scriveva nei primi decenni del secolo scorso introducendo il discorso sul pitagorismo in Italia. Confrontando la scuola di Parmenide e Senofane (l'eleatica) con quella di Pitagora, l'autore riconosceva ad entrambe la comune origine: ricercare la causa fuori dai sensi. Ma, contrariamente agli Eleati che, pur marcando un passo considerevole nell'avanzamento delle scienze e contestando impostazioni dottrinali non discusse da tempo riconducevano tutto ad un un essere immutabile ed eterno, *Pitagora attribuiva al numero la parte di regolatore del mondo intero*, poiché per lui il numero non si esauriva in un formalismo *che governava la combinazione delle cose*, ma era piuttosto *la materia stessa*,[130] l'intima essenza di queste. Riconducendo il mondo esteriore al numero, lo si assume regolato da principi logico-matematici così netti da presumere di ricondurre l'intero universo a formule geometriche, anche se allora non si chiamavano certo così.

Forse le scienze matematiche e geometriche vengono davvero ammantate di mistica religione o divengono esse stesse una religione come evidenziano alcuni frammenti che definiscono il numero ἀμήτορα (senza madre) e τῆς τῶν κοσμικῶν αἰωνίας διαμονῆς κρατιστεύοισαν καὶ αὐτογενῆ συνοχήν,[131] ma è una religione nuova perché prescinde dalla divinità, non ne ha bisogno, perché questa, se è, si riassorbe contemplata nella ricerca delle regole che governano l'universo: è, se mai, la ricerca della divinità, non la sua incondizionata ammissione.

Anche i termini con cui Proclo rivendica al pitagorismo la suddivisione delle scienze qualificandole τὰ αἰσθητὰ (le sensibili) comprendendovi meccanica, astronomia, ottica, geodesia, logistica,[132] svelano un mondo capace di sistemazioni e definizioni, idoneo a dare alla matematica il nome che ancora conserva. In sostanza, conta evidenziare come una scuola alimentata dall'esilio abbia trovato in terre dove non esistevano accademie o licei spazio per esprimersi fiorendo liberamente, generando una tradizione.

Il contrasto avvenne poi con l'avvento della *pax romana*, quando scienze e meccaniche decaddero a favore di un mondo speculativo platonico ed aristotelico, e poco

129. L'unità è il principio di ogni cosa, e da essa origina la dualità che è infinita e soggetta all'unità come alla sua causa; da questa dualità originano i numeri, dai numeri i punti e dai punti le linee; dalle linee procedono le figure piane, da queste i solidi, dai solidi i corpi che hanno quattro elementi: terra, aria, fuoco e acqua (Diogene Laerzio 2011, lb. VIII, cap. 25).

130. *Le scienze esatte nell'antica Grecia*, Loria 2003, pagina 27.

131. Il potente ed autogenito vincolo dell'eterna stabilità delle cose cosmiche, Filolao (Reale 2006, cap. 44, 20 (B. 151), pagina 852 e 23 (B. 137), pagina 856).

132. *Commentaria in Euclidem* (Proclo 1873, Prologus I, pagina 38). Per logistica s'intende lo studio meccanico delle proprietà dei numeri distinto dal teorico di pertinenza delle discipline filosofiche. Singolare la posizione del Boyer che dopo aver espresso il parere, tutto da verificare, che nell'antichità il computo dei calcoli era affidato alla classe servile, parla di un Archimede che si sarebbe *abbassato a dare un contributo alla logistica* (Boyer 1990, pagina 146).

importava che idee e concezioni divergessero, essenziale era la rimozione di elementi proprî di uno stato servile, la restituzione della geometria al mondo delle idee del *Timeo* dove a "qualcuno" sembrò si ponessero le basi di questa.

Ma intanto la tradizione continuava, ed il pitagorico Gemino nel I secolo rivendicava alla sua scuola alcune significative conquiste:

> *οἱ γὰρ Πυταγόρειοι πρῶτοι προσελθόντες ταῖς τοιαύτας ἐπιζητήσεσιν ὑπέθεντο ἐγκυκλίους καὶ ὁμαλὰς ἡλίου καὶ σελήνης καὶ τῶν πέντε πλανητῶν ἀστέρων τας κινήσεις. τὴν γὰρ τοιαύτην ἀταξίαν οὐ προσεδέξαντο πρὸς τὰ θεῖα καὶ αἰώνια, ὡς ποτὲ μὲν τάχιον κινεῖσθαι, ποτὲ δὲ βράδιον, ποτὲ δὲ ἑστηκέναι· οὓς δὴ καὶ καλοῦσι στηριγμοὺς ἐπὶ τῶν πέντε πλανητῶν ἀστέρων. οὐδὲ γὰρ περὶ ἄντρωπων κόσμιον καὶ τεταγμένον ἐν ταῖς πορείαις τὴν τοιαύτην ἀνωμαλίαν τῆς κινήσεως προσδέξαιτο ἂν τις. αἱ γὰρ τοῦ βίου χρεῖαι τοῖς αντρώποις πολλάκις αἴτιαι γίνονται βραδυτῆτος καὶ ταχυτῆτος· περὶ δὲ τὴν ἄφθαρτον φύσιν τῶν ἀστερων οὐδεμίαν δυνατὸν αἰτίαν προσαχθῆναι ταχυτῆτος καὶ βραδυτῆτος. δι' ἥντινα αἰτίαν προέτειναν οὕτω, πῶς ἂν δι' ἐγκυκλίων καὶ ὁμαλῶν κινήσεων ἀποδοθείη τὰ φαινόμενα.*[133]

Anche Gemino riconduce il moto celeste alla divinità e, nel microcosmo, all'uomo come di questa emanazione, ma la necessità non è più «salvare i fenomeni», bensì spiegarli (giustificare la retrogradazione dei corpi), affinché quel θεωρεῖν, quell'osservare di cui s'è abbastanza detto, sia finalmente un libero osservare e, forse anche, un libero stupirsi senza però adagiarsi su idee preconcette o immaginarie teologie; il moto dei corpi sia pure in accordo con la divinità come l'immaginiamo, ma è sostanzialmente dall'osservazione che origina la concezione della divinità, non viceversa.

Ci si chiede: questo mondo, per vitalità scientifica, per il predominio riconosciuto ed attribuito alla logica rispetto alle sensazioni ed alle percezioni, per proclamare la monade *principio d'ogni cosa* (Filolao, pagina 35), il numero quale *potente ed autogenito vincolo dell'eterna stabilità delle cose cosmiche* (*idem*, pagina 39), per affermare *che tutto ciò che si conosce ha numero* perché senza di esso *non sarebbe possibile nulla conoscere e nulla pensare* (*idem*, pagina 43), è tanto lontano da quello disegnato da Galilei quando scriveva che il libro dell'universo che ci si squaderna dinanzi non si può comprendere *se prima non s'impara a intender la lingua e conoscer i caratteri ne' quali è scritto* perché questo libro *è scritto in lingua matematica*?[134]

---

133. E di fatto i Pitagorici furono i primi ad affrontare il problema [delle orbite planetarie] formulando l'ipotesi di un moto uniformemente circolare per il Sole, la Luna e gli altri corpi. E pensando alla divinità ritenevano inconcepibile porre un tale celeste disordine secondo il quale la velocità dei corpi sarebbe [non solo] diversa fra loro ma alcuni addirittura stazionerebbero. Anche per gli uomini tali anomalie sono inconcepibili con un ordinato modo di procedere, e se all'uomo è spesso imposto nella vita di procedere ora più velocemente, ora più lentamente, non si può per questo credere che analogamente avvenga per la natura incorruttibile delle stelle. Per questa ragione essi risolvono il problema di spiegare i fenomeni una volta ammesso un moto circolare uniforme (Gemino 1898, lb. I, cap. 19 - 21, pagina 10).

Il passo presenta analogie con uno delle *Naturales quaestiones* (Seneca 2005, lb. VII, cap. 25, 6-7):

Inuenti sunt qui nobis dicerent: «erratis, quod ullam stellam aut supprimere cursum iudicatis aut uertere. Non licet stare caelestibus nec auerti; prodeunt omnia: ut semel missa sunt, uadunt; idem erit illis cursus qui sui finis. Opus hoc aeternum irreuocabiles habet motus».

C'è stato chi ci ha detto: «si erra pensando che qualche stella [pianeta] interrompa il cammino e l'inverta, non è permesso ai corpi celesti fermarsi o invertire il moto, tutti avanzano: come una volta sono stati lanciati, così procedono perché il termine del cammino coinciderebbe con la loro fine; quest'opera eterna ha moti irrevocabili».

In Gemino (il passo non è interamente riportato), non vi è però traccia delle considerazioni esposte da Seneca: manca il riferimento alla retrogradazione, alla relatività del moto svolta con l'esempio della nave, . . . Per le probabili fonti del testo di Seneca: → *The astronomy of Hipparchus and his time*, *Il contenuto scientifico di un brano di Lucrezio* (Russo 1993, 1994).

134. Galilei 1623, Il Saggiatore. Il concetto è ripreso da Galilei nella *Lettera a Fortunio Liceti* e nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi*.

Infine, anche se la riflessione potrebbe apparire a taluno, quantomeno, estranea al contesto temporale in discussione, questo mondo è molto distante da quello sintetizzato nell'oraziano *sapere aude* assurto secoli appresso a manifesto dell'Illuminismo?[135] In sostanza, ci fu nella Magna Grecia, in Sicilia, ed in particolare in Siracusa, un fervore scientifico assimilabile a quello che si manifesterà in seguito nell'epoca detta *dei lumi*? Azzardato rispondere nell'uno o nell'altro modo, ma è certo che questo *cursus idearum* implica un'attenta osservazione della natura, proponendosi di ricercare liberamente cause e principî fidando solo nelle proprie capacità intellettive, come appunto *categoricamente* sosterrà Kant nel XVIII secolo.

Il pitagorismo: attualità di una visione scientifica

Questa (supposta) corrente di pensiero sembra di fatto anticipare, nella metodologia e nelle idee, concetti proprî del rinascimento scientifico, mentre, d'altro lato, la corrispondenza fra macrocosmo e microcosmo, allegoricamente velata nel riportato scritto di Gemino, è in effetti la costante della scuola pitagorica. Il mondo naturale non è che la ripercussione di un più grande universo, la sua eco, e lo studio dei corpi celesti, il cimentarsi nella misura delle distanze dei pianeti utilizzando strumenti che non siano solo riga e compasso, gli unici platonicamente leciti, costringe le menti ad uscire dagli schematismi, ad indagare perennemente *ex novo* ponendosi di continuo in discussione.

Ed è l'astronomia, che ha iniziato un nuovo corso con Anassagora, Anassimandro ed Anassimene a costituire, assieme alle meccaniche, la chiave di un mondo di cui Archimede non può fare a meno, e se scrive libri sui numeri, il perduto Ἀρχαί (→ I, 7, pagina 90) e l'*Arenario*, da quel mondo prende spunto iniziando con un *credono alcuni o re Gelone*, alcuni che contesta, ma che restano suoi antenati: Democrito ed Eudosso, di certo i non nominati Archita, Parmenide, Fileo, Filolao, Iceta e chi sa quanti altri di cui ignoriamo i nomi. Ed Archimede fu anche astronomo, come attesta Tito Livio nell'introdurne la figura nel corso dell'assedio di Siracusa (*unicus spectator caeli siderumque*[136], il primo a dimostrare la sfericità terrestre (*Galleggianti*, I, 1, 2 e nota [128]), dimostrazione perennemente trascurata dai testi che s'occupano della questione in tempi antichi e che evidenzia il limitato approccio storico di studiosi che assumono *ex auctoritate* di praticare storia della scienza e divulgazione scientifica.

I processi d'osservazione e d'analisi trascinarono automaticamente un nuovo elemento, l'indagine meccanica e, per quanto non sarà mai dato testimoniare se questa sia effettivamente iniziata con Archita come asserisce Diogene (*supra*, pagina 36), è tuttavia indubbio che quelle meccaniche, in seguito stimate proprie di stati servili, si rivelarono un mezzo efficace d'indagine come attesta la lettera ad Eratostene nel *Metodo*.

Insolita dottrina, insolita pratica di vita e scienza il pitagorismo! Sguscia nei secoli per vie che non si riesce sino in fondo ad indagare, capace d'infiltrarsi nelle maggiori teorie filosofiche d'ogni tempo contaminandole della propria essenza, che dottrine platoniche, aristoteliche e tomistiche non riescono ad estinguere, che risorge appena sussurrata nel Rinascimento per esplodere infine in Galileo che per bocca di Salviati dirà:

> *Ma la mia, signor Sagredo, è molto differente dalla vostra meraviglia: voi vi meravigliate che così pochi siano seguaci della opinione de' Pitagorici; ed io*

135. Nel 1784, in risposta alla domanda *Cos'è l'illuminismo?*, Kant pubblicò alcune proposizioni; la prima si concludeva con le parole di Orazio (Orazio 2002a, lb. I, 40, *epistola a Massimo Lollo*): *Sapere aude! Habe Mut, dich deines eigenen Verstandes zu bedienen!* (Osa conoscere! Abbi il coraggio di servirti della tua propria intelligenza; Kant 1784).

136. Senza rivali nell'osservazione del cielo e degli astri (Livio 2005, lb. XXIV, cap. 34)). Anche Solino, un grammatico e geografo del III secolo d.C., riporta di un Archimede *siderum disciplinam machinarius commentor* (conoscitore dei meccansmi stellari; (Solinus Gaius Julius 1895)).

> *stupisco come si sia mai sin qui trovato alcuno che l'abbia abbracciata e seguita, né posso abbastanza ammirare l'eminenza dell'ingegno di quelli che l'hanno ricevuta e stimata vera, ed hanno con la vivacità loro fatta forza tale a i proprii sensi, che abbiano possuto antepor quello che il discorso gli dettava, a quello che le sensate esperienze gli mostravano apertissimamente in contrario.*[137]

Senza proporre collegamenti, abbastanza plausibili per chi scrive, fra metodologie ed idee ad una certa scuola riconducibili e la rinascita in Occidente di una libera scienza, quello che la citazione galileiana evidenzia è la preminenza dell'osservazione dei fenomeni naturali su dogmatismi e concezioni non verificabili, per cui non sia cioè ammessa la ripetitività dell'evento. Il passo testimonia l'essenza del pitagorismo che non consisteva, almeno non soltanto, nell'appartenenza ad una cerchia di persone legate da un patto, quanto piuttosto nel modellare l'animo ad una visione sacrale del mondo che bandisca l'inganno e non consideri la percezione se essa non possa essere provata, saper distinguere, si passi l'immagine, il miraggio dall'oasi.

È una sfida alla realtà spinta all'estremo tirando via dal mondo circostante quanto può distrarre da una ricerca fondata su un'osservazione sensibile valida solo se dimostrabile, e così le *flagitia Democriti siue etiam ante Leucippi*[138] conducono ad affermare che la «comparsa» della divinità in seno al genere umano, ossia la concezione che se ne ha, è soltanto frutto di παραδόξων (meraviglia),[139] tanto che così argomentando e cadendo *in gravissimo errore*, la divinità sembra addirittura rimossa dal momento che Democrito *negat esse quicquam sempiternum nonne deum omnino ita tollit, ut nullam opinionem eius reliquam faciat*.[140] Tali le premesse e siffatte le testimonianze, è naturale che nulla dell'autore di Abdera, non un solo scritto integro, sia giunto a noi: il rogo e la *damnatio memoriae* si prospettavano la naturale sorte per quelle opere.[141]

E neanche rileva che nell'indagine si sia rimossa la divinità, il che, in fondo, neanche è vero, importa che si sia compreso come si possano spiegare solo le realtà dimostrabili, i fenomeni che si riescono a replicare; il resto è fantasia ed immaginazione: esistano pure gli Dèi, *nihil obstat*, ma non ha senso parlare e scrivere di ciò che non si conosce, perché ogni discorso sarebbe in questo caso frutto davvero dell'immaginazione, dei proprî convincimenti, della propria naturale indole e formazione. Una concezione del mondo sensibile, una filosofia questa in consonanza con la socratica, perché il nucleo della saggezza di quella, sinteticamente espresso nella massima *so di non sapere*, fu proprio anche di Democrito: *ἓν μόνον οἶδα, ὅτι οὐκ οἶδα*.[142]

Certo, il pitagorismo non fu soltanto questo, fu anche una congèrie di regole spesso assurdamente elevate a condotta di vita, non comunque tanto distanti da quelle che religioni ancora oggi molto praticate e che si proclamano ciascuna per proprio conto depositarie di un presunto (tanto infallibile quanto irreale) verbo divino, infliggono nell'animo, spesso anche nel corpo, al seguace-suddito. E il pitagorismo fu anche violenza a prestar fede ai racconti sulla sorte d'Ippaso bandito dalla scuola e perito in naufragio,

137. Galilei 1632, *Dialoghi sui massimi sistemi*, III giornata.

138. Le scellerate tesi di Democrito e quelle di Leucippo prima di lui (Cicerone 2003, p. I, 24).

139. *εἰσὶ δὲ οἱ ἀπὸ τῶν γιγνομένων κατὰ τὸν κόσμον παραδόξων ὑπονοήσαντες εἰς ἔννοιαιν ἡμᾶς ἐληλυθέναι Θεῶν, ἀφ' ἧς φαίνεται εἶναι δόξης καὶ Δ.* (ci sono di quelli che ipotizzano che la nostra intuizione degli Dèi risalga alla meraviglia dinanzi ai fenomeni nel cosmo, di tale parere sembra essere D[emocrito]; Reale 2006, cap. 68, 75, pagina 1244).

140. Nega assolutamente l'esistenza di una realtà eterna dal momento che nulla resta nella propria condizione rimuovendo totalmente Dio (Cicerone 2003, lb. I, cap. 12).

141. Diogene Laerzio riporta che, come accadde per Protagora (→ nota [116] alla pagina 36), Platone intendeva bruciare le opere di Democrito attribuendo ad esse un potere di rottura rispetto alla tradizione (Diogene Laerzio 2011, lb. IX, 40).

142. So solo una cosa, che non so (Reale 2006, cap. 68, Frammenti, 304, pagina 1464).

per volere divino, o (più probabilmente) per mano umana, per aver divulgato i segreti della scuola e *la dottrina degli irrazionali e degli incommensurabili*.[143]

Ma l'atteggiamento dinanzi alla realtà fenomenica continuava ad essere ispirato a religiosità, e questa non si risolve né estingue nella fede. Discendono da qui norme sulla condotta di vita, sull'alimentazione, sulla metodologia d'indagine, sul non credere in nulla che non sia provabile perché solo l'intelletto permette di essere *mensura omnium* e *per sensum mensura sensibilium et per intellectum mensura intellegibilium*.[144]

In sintesi, com'è stato osservato, il vero problema del pitagorismo consiste nel liberarlo dalle *mescolanze cui è stato frequentemente sottoposto, nella tarda documentazione antica, con il platonismo e il neoplatonismo. Si è come generato un circolo: Platone va in Magna Grecia e si pitagorizza, ma il pitagorismo che egli assorbe è già letto in chiave platonica*.[145]

Questo sembra presentarsi come l'ambiente in cui operava il *pitagorico* Archimede come lo soprannominavano gli eruditi arabi, un mondo in cui, assente qualsiasi evocazione d'immagini celesti, tutto era riconducibile alla fenomenologia dell'evento che esigeva dimostrazione per essere dichiarato conforme al vero; è il καὶ πάντα γα μὰν τὰ γιγνωσκόμενα ἀριθμὸν ἔχοντι, perché οὔτε νοηθῆμεν οὔτε γνωσθῆμεν ἄνευ τούτο,[146] non una concezione meramente materialistica della natura, piuttosto l'unica condivisibile, la sola che permetta di esprimere concetti scientificamente validi.

Così quegli studi sui corpi rilasciati in un fluido che dimostrano perché una sostanza di una caratteristica densità precipiti o non precipiti, quelli sul conoide rettangolo che, integrando e sviluppando altri sulla parabola, si occupano delle condizioni d'equilibrio di una nave,[147] quelli sulla spirale che mostrano indubbia attenzione per alcune forme geometriche in cui si manifesta ed esplica la natura, rappresentano (anche) la testimonianza di un sodalizio con una visione scientifica talmente attuale e moderna che Galilei, s'è visto, era costretto a stupirsene, evidenziano una matematica che non si risolve in mere astrazioni ma che anzi da queste geometricamente argomenta, matematicamente e fisicamente traducendo il mondo naturale, realizzando opere e macchine. Lo stupore galileiano discendeva proprio da qui, dallo scorgere in Archimede l'applicazione della tecnica d'indagine propria del metodo sperimentale, anche se di queste tecniche si hanno nei testi archimedei scarse tracce (→ lb. I, 13, pagina 95).

La maggioranza degli studiosi di storia della scienza è in disaccordo con tale impostazione attribuendo metodologia sperimentale esclusivamente agli studi che datano dal XVII secolo, ma è difficile negare l'esistenza di un metodo sperimentale, di un suo elemento fondamentale come l'*esperimento cruciale*, la risolutiva ripetitività dell'evento, per poter trarre formulazioni e principî, come inequivocabilmente s'evidenzia deducendo (almeno) dai *Galleggianti*, dall'*Equilibrio dei piani*, dal *Metodo*, ed il metodo sperimentale era diffuso in ogni campo della scienza del coevo periodo ellenistico, come persino i tremendi esperimenti anatomici di Erofilo dimostrano.[148]

---

143. *λέγουσιν* [*omissis*] *διὰ δὲ τὸ ἐξενεγκεῖν καὶ γράψασθαι πρῶτος σφαῖραν τὴν ἐκ τῶν δώδεκα πενταγώνων ἀπόλοιτο κατὰ θάλατταν ὡς ἀσεβήσας* (si narra che, per aver primo divulgato la costruzione della sfera, quella [ottenuta] da dodici pentagoni, perisse in mare come esempio; Reale 2006, cap. 18, 4, pagine 244-246).

144. [Il sapiente, stando a ciò che dice Democrito,] è misura di tutte le cose: grazie ai sensi è misura delle cose sensibili, grazie all'intelletto di quelle intelligibili (Albertus Magnus, *Etica*, I, 1, 3; Reale 2006, cap. 68, Frammenti, 309, pagina 1466).

145. Cambiano 1996, *Alle origini della meccanica: Archimede e Archita*.

146. Tutto ciò che si conosce ha numero [perché] senza il numero non sarebbe possibile nulla conoscere, nulla pensare (Reale 2006, cap. 43, Frammenti, 4, pagina 842).

147. Il conoide considerato da Archimede (secondo libro dei *Corpi galleggianti*) è un conoide a base ellitica che presenta la geometria più consona a studiare il comportamento di una carena navale.

148. Erofilo di Calcedonia, un medico di cui non ci è pervenuto alcun scritto integro, fu indubbiamente

La modernità di Archimede va individuata ancora nell'adozione rigorosa del metodo analitico che si libera dai sillogismi, anzi li supera, fondandosi sulla logica degli eventi e sulla loro scientifica dimostrazione che, anche se espressa in chiave geometrica, non è per questo meno sufficientemente probante di similari analisi d'indagine e dimostrazione oggi condotte secondo le moderne tecniche matematiche.

Ed è infine proprio la stessa tradizione scientifica ad essere profondamente rivoluzionata: scoperta e dimostrazione delle cause normatrici dei fenomeni non sono più affidate a tradizioni orali o a composizioni in versi (*Problema dei buoi* a parte) come avveniva per il *περί φύσεως* (Sulla natura) di Empedocle, ma a testi dall'esclusivo connotato scientifico che canonizzano un linguaggio ed inaugurano una nuova scuola ed una nuova via di praticare e dimostrare tesi, tasselli sui quali innestare nuovi studi e ricerche dando per acquisiti i «momenti» da cui continuare. Ed anche questa metodologia di proporre teorie e conseguenti tesi dimostrative testimonia che si tratta di una tradizione scientifica che si protraeva da tempo.

Sulla possibile influenza del pitagorismo in Archimede

Questa prospettata modalità archimedea d'indagine è, in fondo, l'unico collegamento che, nel silenzio del catalogo di Giamblico,[149] è lecito reperire fra una supposta tradizione italica di pensiero scientifico d'ascendenza pitagorica ed Archimede, ma non è certo poca cosa considerando l'enfasi con cui quell'autore, ricordati i principî ispiratori della filosofia pitagorica, delineava il fervore intellettuale presente nell'Italia meridionale evidenziandone ripercussioni ed influssi nell'Ellade:

> *ἀπὸ δὴ τούτων τῶν ἐπιτηδευμάτων συνέβη τὴν Ιταλίαν πᾶσαν φιλοσόφων ἀνδρῶν ἐμπλησθῆναι, καὶ πρότερον ἀγνοουμένης αὐτῆς ὕστερον δία Πυθαγόραν μεγάλην Ἐλλάδα κλητῆναι, καὶ πλείστους παρ' αὐτοῖς ἄνδρας φιλοσόφους καὶ ποιητὰς καὶ νομοθέτας γενέσθαι. τάς τε γάρ τέχνας τὰς ῥητορικὰς καὶ τοὺς λόγους τοὺς ἐπιδεικτικοὺς καὶ τοὺς νόμους τοὺς γεγραμμένους παρ' ἐκείνων εἰς τὴν Ἑλλάδα συνέβη κομισθῆναι.*[150]

Sia chiaro: non s'intende assumere che la divina *tetraktys*,[151] assunta dai Pitagorici come la sintetica (e simbolica) chiave per la comprensione di un mondo che racchiudeva in sé la sintesi armonica della musica (e) del cosmo, sia recepita *in toto* da Archimede, ma sembra indubbio che notevole influenza debba aver esercitato in lui un'idea cosmica universale che riconduceva ogni fenomeno ad una causa, ad un principio, cercandone ragionata dimostrazione; è l'ordinamento della geometria in catene di deduzioni, un modello (il primo del genere) che muovendo da osservazioni di base conduce passo dopo passo alla scoperta delle proprietà più riposte dei fenomeni fornendo le necessarie dimostrazioni espresse nei teoremi.[152]

---

di rilevanza maggiore di Ippocrate; a lui si deve la nomenclatura di molte parti del corpo umano come giunta sino a noi, anche se destano orrore la modalità con cui conduceva la sperimentazione: vivisezione dei condannati a morte; → anche a pagina 95 la nota per la ln. 5R.

149. Per l'elenco di uomini e donne appartenenti alla scuola pitagorica → in nota a pagina 9.

150. A seguito di tali cose (le impostazioni di condotta di vita cui Giamblico aveva accennato), avvenne che in tutt'Italia fiorirono uomini amanti del sapere, e mentre prima [questa terra] era sconosciuta, in seguito, per merito di Pitagora, fu detta *Grande Grecia* ed ivi fiorì gran messe di filosofi, poeti, legislatori e fu per [merito di] costoro che i precetti dell'arte oratoria, i discorsi epidittici e le leggi scritte transitarono poi in Grecia (Reale 2006, Giamblico, *Sentenze pitagoriche*, B IX, capitolo 58, D 1, pagina 968).

151. Con il termine (τετρακτύς) i Pitagorici intendevano la sacra decade che rappresentava la successione aritmetica dei primi quattro numeri naturali (i numeri interi positivi), un *quartetto* da poter disporre in un triangolo equilatero di lato quattro in modo da comporre una piramide che sintetizzasse ed esprimesse il rapporto fondamentale fra le prime quattro cifre e la decade: $1 + 2 + 3 + 4 = 10$.

152. *Théorème de Pythagore, origine de la géométrie scientifique* (Zeuthen 1904).

Ed è indiscussamente nell'epoca di Pitagora che si pongono in Italia le basi di una nuova filosofia naturale, pur in stretto collegamento con la scuola di Mileto cui saranno sempre associati i nomi di Talete, Anassimandro, Anassimene, Ecateo, ... e se tra i Pitagorici, come tramanda Aristotele, era diffusa l'idea che un maestro dovesse essere un naturale interlocutore fra la divinità e l'umanità, rivisitando laicamente l'assunto dottrinario, Archimede si pone quale interprete fra i fenomeni e la loro scientifica dimostrazione, un superamento della contrapposizione fra μῦθος e λόγος, il riassorbimento del primo nel secondo, solo elemento valido per la comprensione del mondo naturale.

Nè varrebbe osservare che all'epoca la scuola pitagorica s'era dissolta, perché ciò che si dissolse fu, e in parte, l'elemento ritualistico, non l'approccio scientifico all'intelligenza dei fenomeni naturali, e la sopravvivenza nel mondo greco-romano ed islamico dei *Carmina aurea*, estranei ovviamente al discorso scientifico per l'elemento spiritualistico in essi insito, dovrebbe significare qualcosa della resistenza a sopravvivere di una condotta di vita che si manifestava specchio, si ripete, di un certo atteggiarsi dinanzi alla realtà sensibile. Filtrato nel Medioevo da Boezio, giunto a Marsilio Ficino e Pico della Mirandola, un neo-pitagorismo sfocerà infine in Copernico che si preoccuperà in sostanza, si vedrà in sintesi a breve, di ristabilire un'astronomia pre-tolemaica, sostanzialmente ispirata proprio all'antica scuola pitagorica.

Acquisito l'incontestabile dato che i contributi archimedei si sono prodotti nel periodo ellenistico, considerato però che la sintonia con il centro di riferimento culturale dell'epoca si estrinsecò soprattutto nell'efficace divulgazione delle opere prodotte, non è lecito forzare coincidenza temporale e tendenza alla diffusione dei lavori sino a definire gli scritti in parola come uno dei più notevoli frutti del pensiero ellenistico. Quei lavori, prodotti sì nel periodo ellenistico, scritti naturalmente in lingua greca per contiguità e tradizione storica e scientifica (sfugge davvero in quale altra lingua così idonea e consuetudinaria a manipolare gli oggetti matematici e fisici potessero essere composti), sembrano piuttosto riconducibili ad una tradizione italica del pensiero che affonda le radici nel pitagorismo, nei citati Archita ed Eudosso *in primis*, perché senza un'effervescente autoctona tradizione scientifica, al di là di ogni intenso e proficuo contatto con l'altra sponda mediterranea, una tale figura di scienziato non sarebbe comunque mai potuta sorgere. Archimede rappresenta cioè l'elemento italico che s'innesta nella tradizione di studi alessandrina rispetto alla quale è lui a manifestarsi ora, sostanzialmente, lo ξένε dorico, l'ospite e forse anche lo straniero, così parafrasando il termine che lo stesso riserva ad Eratostene nel *Problema dei buoi*.

A voler contrastare la tesi (appartenenza di Archimede ad una tradizione di pensiero autonoma e distinta dall'ellenismo), come si potrebbero spiegare i caustici commenti rivolti agli interlocutori alessandrini del tipo: *sarebbe stato meglio se queste cose fossero state diffuse mentre Conone era ancora in vita perché egli avrebbe potuto «massimamente» valutarle ed «adeguatamente» esprimersi su di esse*;[153] oppure: *volli prima sottoporre la mia indagine «a quelli che si occupano di cose matematiche»*;[154] oppure ancora le considerazioni su Eratostene definito «*diligente*» ed «*eccellente*» *maestro di filosofia*;[155] giustificare infine per lo stesso, per il responsabile della biblioteca di Alessandria, la qualifica di ξένε (ora davvero non «ospite», ma sostanzialmente «estraneo») riservatagli nel *Problema dei buoi*,[156] tanto da scrivere nell'epigramma che anche se

153. *Sulla sfera e sul cilindro*, lettera prefatoria a Dositeo, virgolettato apposto anche per le citazioni a seguire; Heiberg 1880-1881, II, pagina 294.
154. *Sulla Spirale*, lettera prefatoria a Dositeo; Heiberg 1880-1881, vl. II, pagina 2.
155. *Metodo*, lettera prefatoria ad Eratostene; Heiberg e Zeuthen 1910-1915b, pagina 428.
156. *Problema dei buoi*, Heiberg e Zeuthen 1910-1915b, vl. II, pagine 451 e 453.

Eratostene fosse in grado di esprimere il numero esatto (→ pagina 17) *non per questo sarebbe ancora annoverato tra i sapienti*?

E allora erano tradizionalmente, culturalmente e geograficamente allocati quegli esperti in cose matematiche (escluso dunque che fossero in Alessandria) cui Archimede, per marcare anche un distinguo linguistico, inviava i lavori in dorico come se proprio le questioni matematiche non fossero affatto predominio esclusivo di quella scuola o tradizione di quella città? Non dovrebbe quindi sorprendere che, fra i matematici attivi in Alessandria, Archimede stimasse Conone come il solo in grado d'intenderne i lavori e, sempre procedendo per supposizioni, ci si chiede ancora: è un caso che additasse in questi il matematico più preparato? Non proveniva anch'egli da Samo, la terra di Pitagora, il padre della scuola che da lui reca nome? Nessuna testimonianza sarà mai trovata, favorevole o contraria, ad un eventuale pitagorismo di Conone, ma la supposizione, si crede, meriterebbe qualche considerazione, come qualche considerazione meriterebbe pure la sopravvivenza nei secoli del pitagorismo e dell'eliocentrismo osteggiato sino al XV secolo dalla dottrina tolemaica dell'*Almagesto*, tanto che Copernico, Galileo e Newton, erano convinti d'aver inaugurato una nuova via pitagorica.[157]

Ovvio che la convinzione fosse falsa; il neopitagorismo non restaurò dottrine né fece risorgere scuole relegate per sempre ad un'epoca tramontata, ma tornato d'attualità un certo modo d'indagare adogmaticamente i fenomeni naturali, non si trovò di meglio che definirlo *pittagorico*, e così anche quella frase spesso accreditata propria di Newton: *siamo nani sulle spalle di giganti*,[158] segna il raccordo con una certa lettura della realtà che da quella libera *forma mentis* origina.

Gli stessi scritti di Archimede, nella loro linearità ed esemplare lucidità dimostrativa, sono espressione di un modello nuovo di avvicinarsi ai problemi, in consonanza con quello rinascimentale, evidenziando come la tematica sia stata a fondo analizzata prima della materiale estensione, e la stessa forma colloquiale adottata in principio di alcuni lavori con il destinatario alessandrino, dialetticamente sviluppata giungerà sino a Galileo che vi articolerà le sue maggiori opere.

Se poi a ricusare l'attualità del Siracusano s'intendesse contestare nella metodologia d'indagine l'assenza di una qualsiasi sperimentalità, invocando per assurdo il non rinve-

157. In Copernico, il primo a recuperare in epoca rinascimentale gli scritti (i frammenti) di Filolao ed Iceta, l'ascendenza al pitagorismo è testimoniata sia dal sigillo personale che riproduceva l'immagine di Apollo, sia dal fatto che in un primo momento doveva far da prefazione al *De revolutionibus* la lettera con cui Liside rimprovera un certo Ipparco per aver reso alcuni profani partecipi dei segreti pitagorici (Diogene Laerzio 2011, lb. VIII, 42; Reale 2006, cap. 18, 4, pagina 246). Della lettera, poi sostituita dall'anonima introduzione dell'Osiander, resta traccia nella dedica a Paolo III: *Sicut Lysidis ad Hipparchum epistola restatur* (Copernico 1543, *Praefatio, in terminis*) e la traccia residua potrebbe dare diversa connotazione alla reticenza del canonico a rendere pubblico il lavoro, colorandola di un sapore di stampo esoterico.

Quando il copernicanesimo si diffuse al punto che fu luogo comune equiparare eliocentrismo e dottrina pitagorica, persino un carmelitano (Paolo Foscarini) intitolò un lavoro *Lettera sopra l'opinione de' Pittagorici e del Copernico* per raccordare le Scritture con la concezione copernicana dal momento che *il commune Sistema del Mondo dichiarato da Tolomeo non ha dato mai a pieno soddisfazione a i dotti* (Foscarini 1615). Dopo la messa all'indice delle opere di Copernico e Galileo (5 marzo 1616), la lettera fu proibita, senza neanche il previo *donec corrigatur* (finché non corretta).

Nel 1645 Ismaël Boulliau intitolò una sua opera *Astronomia philolaica* riportando, sempre ispirandosi a Pitagora, la legge dell'inverso dei quadrati (Boulliau 1645) e anche Newton, citando Macrobio, riportò negli *Scolii classici* che già Pitagora, conducendo esperienze, aveva rilevato come i "pesi" dei pianeti *essent reciproce ut quadrata distantiarum earum* (fossero inversamente proporzionali ai quadrati delle distanze; Casini 1984, pagine 41-42). In seguito nel *De systemate mundi*, volgarizzazione dei *Principia*, citando proprio il Boulliau, Newton ammise di derivare da Pitagora la legge sull'inverso dei quadrati precisando che (*Astronomiae phisicae et geometricae elementa*) la varianza della forza gravitazionale (l'inverso dei quadrati), era già nota ad Ebrei, Babilonesi, Caldei, Egiziani.

158. Newton riporta: *Se ho visto più lontano è perché sono salito sulle spalle di giganti*, lettera a Robert Hooke, 1675; la frase è in realtà di Bernardo di Chartres: *nos esse quasi nanos gigantium humeris insidentes*.

nire nei testi espressioni matematiche risolutive delle deduzioni avanzate, si consideri almeno che nei *Principia* (1687) la legge di gravitazione universale si trova definita in forma discorsiva, invano si cercherebbe nel testo l'equivalenza oggi tanto nota.

E non debbono allora sembrare singolari neanche i volumi dei grani d'arena o le altre unità di misura assunte a campione come i semi di papavero nell'*Arenario* (lb. II, cap. 4)[159] né, tantomeno, quell'esprimersi in rapporti frazionati che a noi, usi alle espressioni dei moderni trattati matematici, appaiono ingenui arcaismi. Con quelle frazioni, sfruttando il metodo di esaustione, Archimede trovò con ottima approssimazione il numero che esprime il rapporto fra circonferenza e diametro, inscrivendo poligoni con lati sempre numericamente maggiori nel cerchio, avvicinandosi (*Misura del cerchio*) al valore dell'attuale simbolo π esprimendolo come

$$3{,}14084507\cdots = 3 + \frac{10}{71} < \pi < 3 + \frac{1}{7} = 3{,}142857$$

valore che, è implicito, si può affinare incrementando i lati del poligono e che non è lontano da quello oggi accettato di $3,1415926535\ldots$. Archimede fu comunque il primo ad ottenere due cifre decimali esatte, il valore standard per cui il rapporto, espresso poi dal simbolo π, è oggi comunemente individuato.[160]

Quelle «singolari» unità di misura hanno permesso, ideando le ottadi (→ a pagina 66), di esprimere numeri tradizionalmente preclusi alla notazione matematica greca, e quel *giocare con i numeri* per estrarre da essi, come si diceva pagine addietro, proprietà connaturate che attendono d'essere evidenziate, è lo stesso giocare, chiamiamolo ancora così, che diciotto secoli più tardi consentirà a Keplero, elaborando i dati raccolti da Tycho Brahe senza che questi fosse mai venuto a capo del loro senso, di formulare le leggi universali per le quali è ricordato.

In sintesi, rifuggendo dagli angusti recinti di un vetero campanilismo che sarebbe storicamente e scientificamente irrazionale, prospettando l'aderenza di Archimede ad una tradizione italica di (probabile) ascendenza e tradizione pitagorica, s'è inteso avanzare la questione che una tale mente non poteva sorgere in terra deserta di tradizioni scientifiche e priva di relazioni col limitrofo mondo culturale, sia dell'entroterra come della sponda mediterranea orientale, senza per questo volerne ancorare la figura esclusivamente a tale supposta tradizione o all'ellenismo come pure d'uso.

S'è intesa proporre la criticità di una visione che vorrebbe uno dei più grandi scienziati d'ogni epoca fiorire d'improvviso confinato in una cultura e tradizione ellenistica perché solo così sarebbe possibile accreditarlo di valida cittadinanza scientifica, nonostante proprio nei confronti degli esponenti di quella scuola avanzasse – s'è visto – significativi distinguo. Se, come scrive Tucidide, Siracusa era *terra di non minore valenza di Atene* (→ a pagina 31), tale condizione, si reitera, va intesa non confinata all'ambito civile e militare bensì estesa anche all'ambito culturale scientifico.

Da ultimo s'è inteso proporre riflessioni su una corrente di pensiero spesso giudicata da atteggiamenti esterni dei seguaci etichettando alcuni frutti della scuola, assieme ad

159. È probabile che per trovare i volumi dei solidi (i relativi rapporti), Archimede si servisse, oltreché dei grani d'arena cui accenna nell'*Arenario*, anche di liquidi procedendo alla pesatura delle quantità.

160. Archimede considera la superficie del cerchio pari alla somma di minutissime aree di triangoli di cui due lati di lunghezza eguale al raggio e la base infinitamente piccola. Dette b_t la base infinitesima del triangolo, r il cateto-raggio e A_t l'area del singolo triangolo, sarà $A_t = \frac{b_t \cdot r}{2}$ e l'area del cerchio $A_c = \sum \frac{b_t \cdot r}{2}$ dove $\sum$ è la somma delle aree dei triangoli. La somma di infinitesimi archi (b_t) corrisponde alla circonferenza ($C = 2\,r\,3,14$), dunque $A = \frac{r}{2} \cdot 2\,r \cdot 3,14 = r^2 \cdot 3,14$.

Si vedano in proposito *Archimedes' calculation of square roots* (Davies 2011) ed il recente contributo di Federico G. Lastarìa che presenta un'ampia rassegna di testi greci ed arabi che commentano il lavoro archimedeo (Lastarìa 2023).

altri notevoli ma di nessuna attinenza con questa, con la riduttiva dizione di Presocratici, contestata a diritto da Hegel che preferiva l'espressione «filosofi arcaici», che in alcun modo rende giusta testimonianza di flussi di pensiero che non meritano d'essere relegati all'età della pietra della filosofia (naturale); s'è inteso quindi sottolineare che in quella scuola non tutto si risolveva in rituali, ma che ferveva una tradizione di ricerca adogmatica assai prossima alla scienza come oggi questa intendiamo.

Si concede che la tesi possa incontrare dubbia accoglienza se non immediato rigetto. Tuttavia, se è vero che in storiografia ed in archeologia è ossequiato il principio *ex silentio non deducitur argumentum* (eventualmente ammessane l'applicabilità alla questione dedotta), essendo d'altra parte pure vero che in filologia è praticata la cosiddetta *congettura diagnostica* che, logicamente argomentando, si propone di rendere un testo il più possibile simile (fedele) al non pervenuto originale, si ammetta che, quando palesemente non *propter absurdum*, sia consentito anche tentare di ricostruire una certa scuola di pensiero scientifico considerandone Archimede il principale esponente.

Sulle vicende della produzione scientifica di Archimede

A ragione della loro intrinseca difficoltà, in epoca romana (repubblicana ed imperiale) i lavori di Archimede furono tenuti in considerazione ma non studiati. Assenti mentalità e capacità d'intelligenza matematica, intendere i testi era impresa ardua: è difficile credere che a Roma ci potesse essere qualcuno interessato al trattato sulle *Spirali* o alle *Coniche* di Apollonio; il mondo romano incurante dei principî e delle cause, badava all'utilità e alla realizzazione del prodotto finale e restava chiuso alle astrazioni teoriche.

Epoca repubblicana e imperiale

Il mondo scientifico greco suscitava ammirazione e considerazione, ma la meraviglia generata da incomprese geometrie e costruzioni meccaniche non varcava la soglia di un ingenuo, quasi puerile, stupore e la curiosità restava confinata alla straordinarietà delle realizzazioni, non faceva sorgere studi; i fenomeni naturali non erano indagati, al massimo descritti. Per naturale conseguenza furono trascurati i lavori scientifici greco-ellenistici, e nell'area occidentale le conoscenze decaddero rapidamente. La limitata impostazione culturale e scientifica del mondo romano, ben sintetizzata dalla riportata frase di Seneca (*supra*, pagina 24), esprime posizioni diffuse che tanti danni hanno arrecato per più di un millennio al cammino delle scienze,[161] tanto che nel XVII

161. Nel caso la visione si prospetti eccessivamente critica, specie considerando i manufatti romani ancora esistenti, si consideri che i maggiori sopravvissuti (Pantheon, foro e colonna traiana ad esempio) sono opera di cultura e mente d'area greca (Apollodoro di Damasco), che la stessa costruzione del Pantheon non è immaginabile a prescindere dal lavoro *Sulla sfera e sul cilindro*, e che, ultimo argomento probante, in oltre dieci secoli di storia, Roma non ha prodotto né matematici né, tantomeno, trattati, che gli unici ad occuparsi minimamente di scienza sono stati un re etrusco (Numa Pompilio) ed un politico acculturatosi frequentando Sosigene in Alessandria (Giulio Cesare), curando entrambi di applicare elementari conoscenze scientifiche alla vita civile riformando il calendario nelle rispettive epoche.

Lavori spesso acriticamente individuati come rimarchevole esempio di produzione scientifica, quali la *Naturalis historia* di Plinio il vecchio o il *De architectura* di Vitruvio, non posseggono i connotati proprî di tali opere. Il primo è un'esposizione asettica e disordinata di fonti in gran parte greche e, quanto al *De architectura*, è sufficiente vedere come Vitruvio, tentando di illustrare il metodo applicato da Archimede per scoprire se l'orafo avesse derubato il re, non fornisca alcuna spiegazione mostrando di non aver compreso né la conduzione dell'esperimento né le sue implicazioni, sottraendosi alla dimostrazione riportando la storiella di un Archimede che corre nudo per le vie gridando la sua scoperta (Vitruvio 2005, lb. IX, cap. 9 - 12); perplessità sull'interpretazione vitruviana esporrà Galilei in uno dei primi lavori (Galilei 1586, *La bilancetta*); → nota a pagina 58. Per verificare la pochezza scientifica vitruviana è sufficiente scorrere una qualsiasi pagina delle *Spirali* e confrontarla con l'innocente descrizione della curva che ne offre Vitruvio nel libro X. Identico discorso vale per le *Naturales quaestiones* di Seneca, per il *De re rustica* di Varrone, per il *De aquaeductu urbis Romae* di Frontino.

In un ciclo di lezioni dedicate alla *Storia della scienza*, Lucio Russo ha sarcasticamente espresso l'opisecolo la lettura galileiana di Archimede per i *Galleggianti* s'arrestava al primo libro.

Ad ostacolare l'intelligenza dei lavori esisteva poi un ulteriore impedimento: la povertà del linguaggio scientifico latino che non ha mai disposto di termini matematici e fisici idonei alla descrizione di un processo e di un fenomeno, povertà di cui il mondo romano era consapevole, tanto che Vitruvio all'atto di avventurarsi (*sic!*) ad esporre la teoria musicale, non poté fare a meno di annotare che

> *harmonia autem est musica litteratura obscura et difficilis, maxime quidem quibus grecae litterae non sunt notae. Quam si volumus explicare, necesse est etiam graecis verbis uti, quod nonnullae eorum latinas non habent appellationes.*[162]

Le difficoltà di traduzione terminologica e d'intendere rettamente il testo sono significativamente presenti ancora nel basso medioevo nelle traduzioni latine del Moerbeke; quando questi affrontò la traduzione del secondo libro dei *Galleggianti*, imbattutosi nel termine ἡμιόλιον, non seppe far di meglio che renderlo con *emiolius*, limitandosi cioè a sostituire le lettere greche con le latine, senza affatto indagarne il significato in relazione al contesto. Bisognerà attendere il Commandino (1565) per veder restituita al vocabolo, reso correttamente *sesquialter*, giusta valenza specificando così che il numero maggiore contiene il minore per una volta e mezzo.

VI sec.

I lavori restarono in parte vivi in Oriente anche se il numero delle opere note si era notevolmente ridotto: a dedurre dai *Commentaria* di Eutocio (VI secolo), sembrano già dimenticate *Quadratura della parabola* e *Spirali*. L'interesse per i lavori archimedei rimaneva comunque vivo come dimostrarono Antemio di Tralles e Isidoro di Mileto che per la chiesa di Santa Sofia a Costantinopoli (medesima epoca), attinsero a *Sfera e cilindro* e forse anche a lavori perduti come il *Περὶ πλινθίδων καὶ κυλίνδρων* (*Sui plinti e sui cilindri*, *infra*).

VII-VIII sec.

Neanche nel mondo arabo, a seguito dell'acquisizione di regioni come la Siria e l'Egitto (VII-VIII secolo), le conoscenze furono più estese limitandosi ancora a *Sfera e cilindro*, *Equilibrio dei piani*, *Misura del cerchio*, frammenti dello *Stomachion*, *Lemmi*, una parziale traduzione dei *Galleggianti*. L'opera dei fratelli Banu Musa, diffusa in occidente sino al XVI secolo nella traduzione di Gerardo da Cremona e nota come *Verba filiorum*, *Geometria trium fratrum* non andava oltre i temi di *Sfera e cilindro*.[163]

IX sec.

Sempre ad Oriente, Leone di Tessalonica (IX secolo), che aveva recuperato vari manoscritti archimedei nel corso del suo peregrinare per abbazie e monasteri, tentò di ricostituire il *corpus* delle opere compilando una raccolta da cui originarono tre fonti designate dalle lettere «A», «𝔅», «C» in riferimento ai rispettivi codici; i primi due furono, nelle copie derivatene, l'unica fonte sino al XIX secolo. Il codice «C» fu poi cancellato intorno al XIII secolo per ricavarne materiale scrittorio: è questo il palinsesto individuato dall'Heiberg al Patriarcato di Costantinopoli di cui si dirà.

XII sec.

Nel XII secolo vi fu un tentativo di sistemazione dei lavori ad opera di Gerardo da Cremona che a Toledo ebbe accesso a manoscritti arabi. Gerardo tradusse in latino la *Misura del cerchio* ed altre fonti rifacentisi più o meno direttamente ad Archimede, come il *Liber karastonis* dell'arabo Tha–bit ibn Qurra e l'*Almagesto* di Tolomeo. A quell'epoca il nome di Archimede circolava ormai da tempo in una corrotta scrittura araba come testimoniano un *Liber Ersemedis in quadratum circuli*, compilazione di

---

nione che il solo contributo scientifico offerto da Roma sia consistito *nell'aver fissato al 212 la data della morte di Archimede nel corso della caduta di Siracusa* (Russo 2010).

162. L'armonia è teoria musicale difficile ed oscura, specie per chi non sappia il greco: per esporla occorre usare termini greci che non hanno equivalenti in latino (Vitruvio 2005, *De architectura*, V, 4, 1).

163. Per la fioritura non autoctona della conoscenza scientifica nelle terre di lingua araba, → *How Greek Science Passed to the Arabs* (De Lacy 1979); *Le traduzioni scientifiche dall'arabo al latino in area mediterranea* (Rizzo 2013).

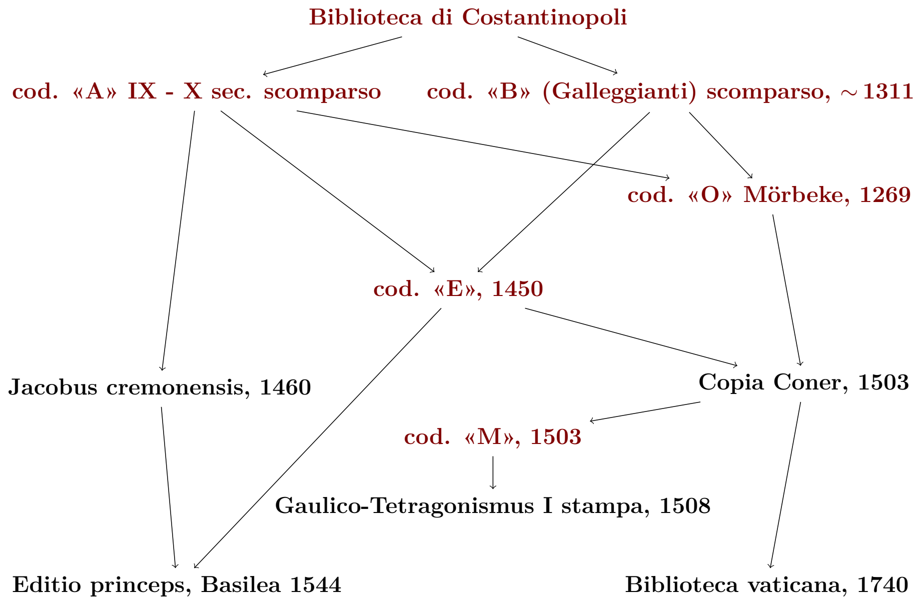


Figura 1.5: *Stemma codicum* relativo alle vicende dei codici «A» e «B» presunti disponibili a Costantinopoli nel X secolo. Per la descrizione analitica della sorte dei codici e per le varie copie ed edizioni dei lavori archimedei, → tabella alla pagina successiva per la sorte di codici e copie

un ignoto traduttore attivo a Barcellona fra il 1134 e il 1145, e un *Liber Arsamithis de mensura circuli* anche questo nella traduzione di Gerardo da Cremona.

Nel XIII secolo, per le vicende legate al regno del Sud di Federico II, la biblioteca normanna già a questi appartenuta, o almeno una parte consistente di essa, fu donata da Carlo d'Angiò, vittorioso sugli Svevi, a Clemente IV approdando così alla corte papale
XIII sec. di Viterbo[164] dove era attivo un circolo culturale con personalità fra le più eccellenti dell'epoca fra cui Ruggero Bacone, Leonardo Pisano, Campano da Novara, Vitellio. Qui il ricordato Guglielmo di Moerbeke (1215-1286), un domenicano fiammingo che aveva appreso il greco a Corinto e maturata esperienza traducendo Aristotele, rese in latino parte del *corpus* noto utilizzando i codici «A» e «𝔅» e forse altro di cui si sono perse
1269 le tracce,[165] offrendo (1269) la prima parziale versione latina dei lavori archimedei; in seguito, dopo aver generato ulteriori copie, i codici «A» e «𝔅» scomparvero.

La redazione del Moerbeke restò lettera morta sino al XV secolo, rivalutata solo all'inizio del successivo quando, con la nascita delle biblioteche umanistiche, si recuperarono Apollonio e Diofanto, senza i quali parte del *corpus* è inaccessibile.[166]

Non fu però solo la tarda fioritura delle biblioteche a ritardare la diffusione della traduzione, vi fu un elemento considerato all'epoca di sostanza. Moerbeke, che non era certo un matematico, rese una versione dei testi in latino con termini che nessun autore

164. L'origine angioina della biblioteca fu proposta dall'Heiberg sulla considerazione che in diciannove voci dell'inventario il titolo è affiancato dalla sigla 𝔄𝔫𝔡 ritenuta abbreviazione di *Andegavensis*: Angiò (Heiberg 1892). La supposizione è stata di recente discussa in senso contrario all'attribuzione, proponendo la sigla solo come un possibile segno convenzionale escludendone una paternità *ex libris* (Bilotta 2014). Le traduzioni potrebbero quindi essere state operate dal Moerbeke anche su testi di proprietà (Napolitani 2001, pagina 69).

165. Questi i testi tradotti: *Spirale*, *Equilibrio dei piani*, *Galleggianti*, *Quadratura della parabola*, *Misura del cerchio*, *Sfera e sul cilindro*, *Conoidi e sferoidi*.

166. Sull'acquisizione di codici greci e latini successivamente al Medioevo, → *Scuole e corti nell'Italia del Rinascimento*, *Le scoperte dei codici latini e greci nei secoli XIV e XV* (Napolitani 2001, 2008).

Tabella 1.1: Codici archimedei e principali redazioni su questi prodotte

Vicende dei codici e dei manoscritti delle opere di Archimede ed edizioni dei lavori		
Cod. A	**Cod. $\mathfrak{B}$**	**Cod. C**
IX - X sec. Costantinopoli scomparso	Conteneva *Sui galleggianti*, scomparso nel 1311	Costantinopoli (Palinsesto)
Ex Cod. A e Cod. $\mathfrak{B}$		
Cod. E (J. Cremonensis & G. di Moerbeke latino)	**Cod. O** a Padova c/o Barozzi, copia parziale	
Card. Bessarione-Müller	Il codice **O** giunge a →	Bibl. vaticana 1740
Card. Bessarione-Valla	a Coner (1503) →	**Cod. M**
De expedentis - 1501	Copia parziale Coner 1503	*Tetragonismus*
Moerbeke a stampa - Venezia	Ascanio Colonna - 1600	(Ex Coner) Ed. Tartaglia
Principali edizioni a stampa ex Cod. A e $\mathfrak{B}$		
L. Gaurico, *Parabola*, *Misura del cerchio*, Venezia, 1503; Biblioteca vaticana 1740		
N. Tartaglia, *Gravium*, *Tetragonibus*, *De insidentibus aquae* Venezia, 1543, latino		
T. Geschauff - J. Müller, Basilea, 1544, greco - latino		
F. Commandino, *Archimedis opera non nulla*, Venezia, 1558, latino		
F. Commandino, *De iis quae uehuntur in aqua*, Bologna, 1565, latino		
D. Rivault, *Archimedis opera quae extant*, Parigi, 1615, greco-latino		
J. Wallis, *Arenarius* e *De dimensione circuli*, Oxford, 1676		
F. Maurolico, *Omnia mathematica quae extant*, Palermo, 1685, latino		
G. Torelli, *opera omnia*, Oxford, 1792; greco e latino		
F. Peyrard, *opera omnia*, Parigi, 1807 & 1844; francese		
J. L. Heiberg, *opera omnia*, Lipsia, 1880 - 1881; greco e latino		
T. L. Heath, *opera omnia*, Cambridge, 1897; inglese		
M. Clagett, *Archimedes in the Middle Ages*, Philadelphia, 1976; latino - inglese		
Ex Cod. A $\mathfrak{B}$ C *		
Johan L. Heiberg, *opera omnia*, Lipsia, 1910 - 1915; greco e latino		
Paul Ver Eecke, *opera omnia*, Parigi, 1921; francese		
Charles Mugler, *opera omnia*, Parigi, 1971; greco - francese		
J. L. Heiberg - E. Stamatis, *opera omnia*, Stoccarda, 1972; greco - latino		
J. E. Dijksterhuis, *Archimedes* (Commento a vari testi), 1987; inglese (olandese nel 1956)		
A. Frajese, *opera omnia*, Torino, 1974; italiano		
C. P. Magnaghi, *Archimedes sobre os corpos flutuantes - Tradução e Commentários*, 2023; portoghese (prossima pubblicazione)		
Ex Cod. C		
T. L. Heath, *The method*, Cambridge, 1912; inglese		
R. Netz - W. Noel & alii, *Palinsesto, edizione filologica*, Baltimora, 2011; greco		

* Per il manoscritto del *Problema dei buoi* → testo.

avrebbe mai usato per un documento scientifico (*supra*) dando allo stesso assai poco dei connotati che un tal testo deve possedere,[167] anche se fu anche la "letteralità" a favorire la diffusione della versione. Questa la situazione fra il XII e il XIII secolo.

Col Rinascimento alle porte crebbe l'interesse. Accedettero ai testi Niccolò Cusano, Regiomontano, Poliziano, Piero della Francesca e diversi altri. Rinuccio d'Arezzo asserì

167. Ruggero Bacone nel *Compendium Studii Philosophiae* liquidò le traduzioni del Moerbeke come il lavoro di chi [*numquam*] *scivit aliquid dignum de linguis et scientis*; → *Ruggero Bacone su traduttori e traduzioni* (Rignani 2007, pagina 209).

di aver trovato nel corso di viaggi in Oriente un *De instrumentis bellicis et aquaticis*, di cui però non si conosce altro che il presunto titolo. Il lavoro del Moerbeke, verso la fine del XV secolo, approdò a Giorgio Valla e confluì nel *De expetendis et fugiendis rebus* (1501), un'enciclopedia della scienza in 49 libri le cui varie fonti non sono documentate: forse il Valla disponeva di un'ulteriore edizione archimedea di cui si sono perdute le tracce. Ancora Rinuccio d'Arezzo entrò in possesso (1423) di un codice, forse ancora una copia del codice «A», di cui pure si sono perdute le tracce.

Le traduzioni del Moerbeke furono dunque condotte (principalmente) sui codici «A» e «𝔅» confluiti poi nei codici «E» ed «O» (in latino); il codice «O» generò il codice «M» utilizzato da Luca Gaurico per il *Tetragonismus* (appresso).

Nel 1436 il matematico e astronomo tedesco Johannes Müller, più noto come Regiomontano, disceso in Italia e conosciuto il cardinal Bessarione che disponeva di una copia in greco del codice «A» e di una traduzione del Cremonense, ebbe in prestito il codice con l'intenzione di procedere alla stampa nella terra d'origine, ma la sopravvenuta morte impedì il proposito. Una decina d'anni appresso, Tommaso Parentucelli, un umanista che s'era fatto notare presso varie signorie per la mente fervida e appassionata di cultura classica, divenuto papa (1447) col nome di Nicola V, creò la Biblioteca vaticana ed affidò a Jacopo da San Cassiano l'incarico di tradurre Archimede in latino.[168]

Fra le fonti merita ancora cenno il *Codex Florentinus* conservato alla Laurenziana. Scritto in greco inaccentato, comprende 177 fogli relativi a *Sfera e cilindro*, *Dimensione del cerchio*, *Spirali*, *Equilibrio dei piani*, *Arenario*, *Quadratura della parabola*, *Commentari di Eutocio* e scritti di Erone. Lavori di Archimede sono anche nel *codex venetus* alla Biblioteca di San Marco a Venezia, nel *Regius Parisinus* (2360) che contiene i *Commentari di Eutocio*, nel codice *Fonteblandensis* (2361) che contiene anche opere di Erone e i ricordati versi di Claudiano (→ a pagina 20). La comparazione fra i vari codici mostra differenze di scrittura spesso significative.

Il codice «O» (versione latina del Moerbeke), approdato a Padova alla biblioteca del vescovo Barozzi, fu acquistato da un religioso tedesco che ne creò una copia parziale (il codice «M»); successivamente la copia tornò in Italia approdando al cardinale Ascanio Colonna e poi alla Biblioteca Vaticana dov'è attualmente conservato.

Principali edizioni a stampa

La prima edizione a stampa di alcune opere di Archimede (*Misura del cerchio* e *Quadratura della parabola*) basata sulla traduzione latina del Moerbeke, apparve a
1503 Venezia nel 1503 a cura di Luca Gaurico, un'edizione di sola valenza storica per i molti errori che i testi contenevano essendo stati copiati senza revisione alcuna dal codice «M»: Gaurico esercitava l'astrologia e si guadagnava da vivere redigendo oroscopi, e non possedeva quindi la minima formazione scientifica idonea alla comprensione dei testi, tanto meno ad una loro revisione. Ciò nonostante, la pubblicazione ebbe una certa diffusione per la riscoperta, in pieno umanesimo, di antichi testi di scienza, tanto che accedettero alla stessa, fra gli altri, oltre il cardinal Bessarione di cui s'è detto, il Regiomontano, Leonardo da Vinci[169] e vari altri.

168. *Archimede latino: Jacopo di San Cassiano e il corpus archimedeo alla metà del Quattrocento* (D'Alessandro e Napolitani 2012a).

169. Leonardo deve aver avuto accesso a testi di Archimede ora perduti (→ a pagina 10), difficilmente si spiegherebbero citazioni e disegni riportati senza alcuna soddisfacente spiegazione scientifica; ben poche delle sue macchine, ad eccezione di alcune elementari, avrebbero potuto avere una qualsiasi probabilità di reale funzionamento, mentre per altre, di consueta pratica, i disegni non offrono valide dimostrazioni.

Quando Niccolò Tartaglia rivisitandole pubblicò ex codice «M» (1543) *Misura
del cerchio*, *Quadratura della parabola*, *Equilibrio dei piani* e il primo libro dei
Galleggianti, l'opera del Moerbeke ebbe infine la giusta rivalutazione. Nel 1565 1543, 1565
Tartaglia pubblicò a Venezia l'opera completa per i *Galleggianti* in versione latina
presso l'editore Curtius; una versione dei *Galleggianti* in italiano era già apparsa,
sempre a Venezia, nel 1551.

Il codice «A», la copia già presente a Costantinopoli e in seguito scomparsa,
ebbe una certa vita autonoma sfociando nella prima edizione a stampa greco-la-
tina dell'*opera omnia* archimedea a cura di Johann Müller e Thomas Geschauff
(Basilea 1544); l'edizione comprendeva: *Sfera e cilindro*, *Misura del cerchio*, *Conoidi* 1544
e sferoidi, *Spirale*, *Equilibrio dei piani*, *Arenario*, *Quadratura della parabola*. Il
manoscritto, attualmente conservato a Norimberga, adottava per la traduzione dal greco
la versione latina di Jacopo di san Cassiano e quella del Moerbeke per i *Galleggianti*;
la pubblicazione, che seguì di un anno (1543) il *De revolutionibus* a Norimberga, fu di
rilevanza non minore del lavoro copernicano. A datare da quest'edizione, la diffusione
dei lavori di Archimede conobbe nuovo impulso originando una serie di studi volti alla
riscoperta di geometrie dimenticate e alla nascita di scuole matematiche; accompagnate
dal commento di Eutocio e favorite dalla stampa, le opere iniziarono a circolare.

Seguirono i contributi di Federico Commandino (*Archimedis opera non nulla*),
che comprendeva *Circuli dimensio*, *De lineis spiralibus*, *Quadratura paraboles*, *De* 1558, 1565
conoidibus & sphaeroidibus, *De arenae numero* (Commandino 1558, 1565a) e *De
iis quae uehuntur in aqua libri duo* (1565). Intanto Guidobaldo dal Monte, un allievo
del Commandino, riscopriva la meccanica e pubblicava (1588) *In duos Archimedis
aequeponderantium libros Paraphrasis scholiis illustrata*, una parafrasi dei due libri 1565-1588
sull'*Equilibrio dei piani*, il *De centro gravitatis solidorum* (1565) e il *Mechanicorum
liber* (1577).

L'interesse per Archimede crebbe ancora nel XVII secolo. David Rivault pubblicò
(1615) un'edizione integrale delle opere di Archimede in versione greco-latina addirit- 1615
tura inventando per i *Galleggianti* (postulato ed enunciati delle proposizioni) il testo
greco assente.[170] Seguì l'opera del Maurolico che, pubblicata nel 1673, era iniziata con
il *De quadratura parabolae* e continuata con il *De circuli dimensione*, *De Sphaera et
cylindro*, *De momentis aequalibus*, *De lineis spiralibus*, *De conoidibus et sphaeroidibus*, 1673
lavori però che videro la luce, assieme alla *Preparatio in Archimedis opera*, ad oltre
cento anni dalla morte (1575), nel 1685. Da ricordare ancora un'edizione diffusa sino al
Seicento, il *Liber Archimedis de ponderibus*, una compilazione di testi relativi a misure
considerata uno pseudo-Archimede.

Nel 1676 Johannis Wallis pubblicò *Arenarius*, *De dimensione circuli* e parte dei 1676
Commentaria di Eutocio,[171] ma fu necessario attendere più di un secolo per veder
edita postuma ad Oxford, da parte del Torelli,[172] un'edizione integrale dei lavori in ve- 1792
ste critica-filologica, corredata di note con dimostrazione dei teoremi ancora insoluti.
L'edizione, condotta principalmente sul testo di Basilea, anche se non del tutto emendata
da errori, era rivista ed integrata coi manoscritti disponibili a Parigi e Firenze.

Attorno al XVII secolo l'opera di Archimede aveva dunque varcato i confini della
pura geometria matematica approdando alla fisica tanto che, in piena rivalutazione dei
lavori del Siracusano, il De la Grangia, citando il testo dei *Galleggianti*, poteva scrivere,
che questo lavoro costituisce *un des plus précieux restes de l'antiquité*, aggiungendo

170. *Archimedis opera quae extant*, Morel, Parigi, 1615.
171. Wallis 1676, Oxford.
172. *Archimedis quae supersunt omnia* (Torelli 1792).

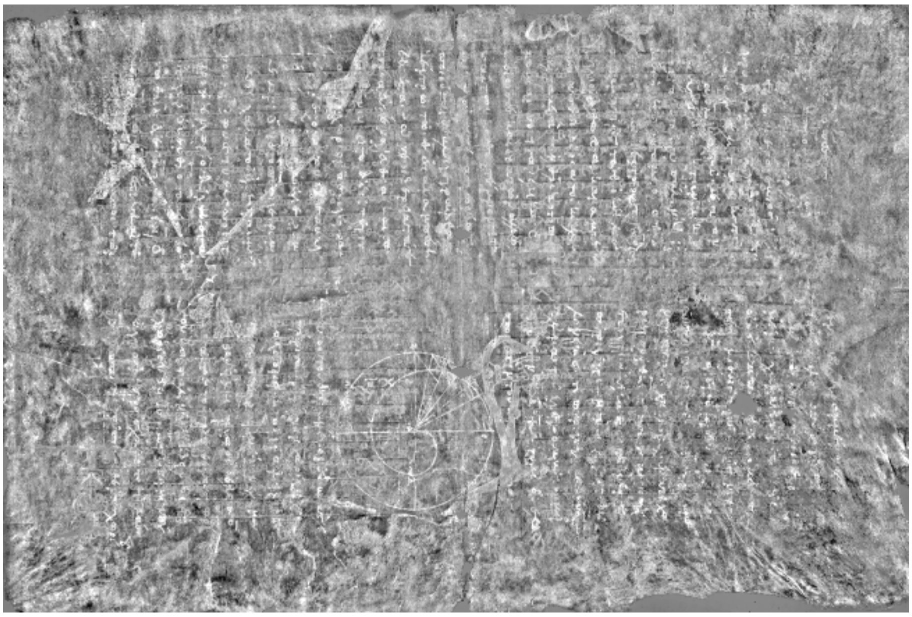


Figura 1.6: Foglio dell'eucologio: elaborazione in *pseudo sharpie*

che lo stesso esprime *un des plus beaux moments du génie d'Archimede, & renferme une theorie de la stabilité des corps flottants, à laquelle les modernes on peu ajouté*.[173]

1808 Nel 1808 François Peyrard pubblicò un'integrale in francese[174] ed Ernst Nizze compì analogo lavoro in tedesco (Nizze 1824).

Nel 1881 Valentine Rose ritrovò alla biblioteca vaticana il codice *Ottobonianus* 1850 contenente i lavori archimedei della redazione Moerbeke, supponendo lo stesso condotto non solo secondo il codice «A» ma anche secondo altro di cui si sono perse le tracce; la paternità del Moerbeke fu evidente per le segnature presenti col nome del traduttore e l'anno di traduzione in termine di ogni lavoro.

La prima edizione moderna ottenuta dalla comparazione (e revisione) di ogni fonte pervenuta e tenendo conto delle varie redazioni prodotte sino ad allora, si ebbe alla fine
1880-81 del XIX secolo ad opera di Johan Ludwig Heiberg che pubblicò in tre volumi gli scritti allora conosciuti;[175] seguirono i contributi dell'Heath.[176]

L'eucologio al Patriarcato di Costantinopoli: codex «C»

L'esegesi delle fonti archimedee conobbe un momento significativo con l'individuazione
1906 ai primi del Novecento, presso il Patriarcato di Costantinopoli, di un εὐχολόγιον (euchologhion), una raccolta di liturgie e preghiere della Chiesa greco-ortodossa ottenuta distruggendo sei diversi manoscritti, prelevandone i fogli, piegandoli a quaderno e lavando il contenuto originario per tal fine. La pratica, diffusa nel Medioevo per la cronica carenza del supporto scrittorio, comportava che il nuovo testo fosse interlineato o scritto

173. Esprime una delle più preziose testimonianze dell'antichità ed uno dei più esemplari momenti del genio di Archimede, alla cui teoria sui corpi galleggianti ben poco di significativo i moderni hanno saputo aggiungere (Lagrange [De la Grangia] 1787, *Mécanique analytique*, I, sezione VI, pagine 123 e 124).

174. *Oeuvre d'Archimède traduit littéralment*, Bachelier, Parigi, II edizione, 1844.

175. *Archimedis opera omnia cum Commentariis Eutocii*, I edizione, (Heiberg 1880-1881).

176. *The Works of Archimedes* (T. Heath 1897)

Figura 1.7: Foglio dell'eucologio: particolare dell'immagine alla pagina precedente. La spettrofotometria XRF (*Fluorescence Spectroscopy*) esalta gli atomi del ferro rivelando la spirale appena visibile nella precedente figura; da *archimedespalimpsest.org*

di traverso a quello precedentemente composto; è noto il nome del responsabile e la data di consumazione dell'evento: 14 aprile (calendario giuliano) dell'anno 1229 ad opera del monaco Johannes Myronas.[177]

Il palinsesto si compone di 174 fogli (nove sono illeggibili e altri lasciano intendere solo poche parole) e contiene questi lavori: *Equilibrio dei piani*, *Galleggianti*, *Spirali*, *Sfera e cilindro*, *Misura del cerchio*, *Stomachion* (di cui s'aveva notizia dall'enciclopedia bizantina *Suidas* e un frammento da un testo arabo), *Metodo meccanico*. Secondo alcuni autori, la scomparsa del *Metodo* ha ritardato di secoli lo sviluppo della matematica, perché l'analisi infinitesimale, lì contenuta in embrione, verrà riscoperta nel XVI secolo.[178] Nel *Metodo* si accenna a teoremi già esposti nei *Conoidi e sferoidi*, il che ha aiutato a precisare la cronologia delle opere, ma soprattutto c'è una trattazione approfondita delle tecniche del metodo di esaustione perfezionato da Archimede nella *Misura del cerchio*: area e circonferenza considerati come limiti delle successioni di

177. In realtà, il colophon riporta la data del 14 aprile 6737, relativa al calendario greco-ortodosso, che conta gli anni dal 1° settembre del 5509 a.C. considerata la data d'origine del mondo.

Le vicende del ritrovamento furono travagliate. Il documento, sino al XVIII secolo, era presso la biblioteca del monastero di San Saba non lontano da Betlemme, transitando all'inizio del XIX secolo nei beni del Patriarcato di Costantinopoli. Qui lo individuò Kostantin von Tischendorf, un biblista che addirittura ne asportò una pagina poi venduta dagli eredi (1870) alla Cambridge University Library. Nel 1899 Athanasios Papadopoulos-Kerameus, lette alcune righe del documento e compresane la rilevanza, pubblicò quanto aveva potuto scorgere in un catalogo che fu segnalato all'Heiberg il quale, resosi conto che il testo era riconducibile a lavori di Archimede, si recò nel 1906 a Costantinopoli fotografandolo.

178. *De nihilo geometrico (1758) di Giuseppe Torelli* (Bagni 1998); *O método de Arquimedes, Análise e traduçao comentada* (Magnaghi Ceno Pietro e André K. T. Assis 2019).

aree dei perimetri dei poligoni inscritti e circoscritti al circolo. Tre proposizioni del *Metodo* (I, XII, XIV) sono state successivamente ritrovate, sempre al Patriarcato, in uno scritto di Erone che opera riferimenti al testo.

Nel palinsesto sono presenti anche lavori di altri autori: due orazioni di Iperide (*contro Dionda* e *contro Timandro*), un commento alle *Categorie* di Aristotele di Alessandro di Afrodisia, una *Vita di san Pantaleone*, due testi di autori ignoti, pagine di un μηναῖον (menaion), un testo della Chiesa orientale relativo alle date fisse del calendario civile non dipendenti dalla Pasqua.

La scoperta imponeva all'Heiberg una revisione della precedente edizione sostituendo, è il caso dei *Galleggianti*, la versione latina del Moerbeke con il recuperato testo greco del palinsesto ove leggibile; in aggiunta, occorreva tener conto della ritrovata
1910-15 versione latina del codex Ottobonianus. L'Heiberg pubblicò così, assieme a Hieronymus
G. Zeuthen, una nuova edizione dei lavori archimedei,[179] e su questa l'Heath rese, come
1912 suo uso, il *Metodo meccanico* in notazione matematica moderna.

Edizioni successive al 1915 Per quanto riguarda edizioni dell'*omnia* archimedea
basate esclusivamente sulla seconda dell'Heiberg, sono da menzionare le versioni in
1921 francese di Paul Ver Eecke (1921) e Charles Mugler (1972), in olandese del Dijksterhuis
1972 (1956, successivamente in inglese nel 1987),[180] in italiano dal Frajese (*infra*). Nel
1987 1972 Evangelos Stamatis rivide il lavoro dell'Heiberg operando interventi di minima
1972 rilevanza;[181] da questa data, fino all'edizione del palinsesto a cura di Netz e Noel (2011),
1964-84 l'unico contributo significativo è stato rappresentato dal lavoro del Clagett dedicato
alla produzione dei testi latini archimedei nel Medioevo.[182]

Per quanto concerne le redazioni italiane, all'inizio del secolo scorso queste
1924-26 s'incentrarono sulla recente scoperta del *Metodo*,[183] e solo negli anni settanta è apparsa
1972 la prima versione italiana dei lavori di Archimede a cura di Attilio Frajese;[184] in epoca
recente, approfondimenti su tematiche archimedee sono stati condotti da Fabio Acerbi, Giuseppe Boscarino, Renato Migliorato: → lavori in bibliografia.

Per altre lingue neolatine (portoghese), vanno ricordati i contributi di Ceno Pietro
2012 Magnaghi ed André K. T. Assis incentrati sul *Metodo* e con particolare riferimento alla
2024 legge della leva, e sui *Corpi galleggianti* (Magnaghi).

Le recenti analisi sul codex «C»

Il palinsesto fu trafugato e per ottant'anni non se ne seppe nulla. Riapparso in Francia alla fine del secolo scorso, fu venduto all'asta ad un collezionista che lo affidò al *Walters Art Museum* di Baltimora.[185]

Qui, con tecnologie avanzate s'è cercato di far emergere ogni possibile ulteriore porzione di un testo che s'era ancor più deteriorato per pessima conservazione: tre

179. Heiberg e Zeuthen 1910-1915a.

180. Dijksterhuis 1987; Eecke 1921; Mugler 1970-1972. La versione del Mugler è un'asettica traduzione in francese del testo latino della seconda edizione Heiberg che non reca alcuna spiegazioni delle numerose discrepanze fra simbologia grafica e riferimenti alla stessa presenti nel testo.

181. Heiberg e Zeuthen 1910-1915a, Stoccarda, Teubner.

182. *Archimedes in the Middle Ages*, American Phil. Soc., Philadelphia, (Clagett 1964-1984).

183. *Il metodo di Archimede* (Gradara 1924); *Il «Metodo» di Archimede e le origini del calcolo infinitesimale nell'antichità* (Rufini 1926)

184. La versione è priva però del raffronto con l'originale greco, dei *Commentari* di Eutocio ed inspiegabilmente incompleta per alcuni lavori. Nei *Conoidi e sferoidi* mancano le proposizioni XXXI e XXXII; nell'*Equilibrio dei piani* la proposizione X del libro II è sintetizzata nello sviluppo; nei *Galleggianti* per le due ultime significative, molto articolate proposizioni del libro II sono riportati soltanto gli enunciati e sono quindi assenti le dimostrazioni col relativo notevole numero di disegni *Opere di Archimede* (Frajese 1974).

185. Baltimora, Walters Art Museum 2011.

pagine trascritte dall'Heiberg erano andate perdute e sulla fine degli anni venti su quattro pagine erano state perfino realizzate miniature nell'insano intento di accrescere il valore del palinsesto; all'operazione è dedicato un sito ove sono presentati gli interventi condotti non sempre secondo le cure che un tale documento avrebbe richiesto.[186]

Le indagini in varie regioni dello spettro elettromagnetico hanno permesso il recupero di considerevoli parti di testo e favorito nuovi studi, specie per il *Metodo meccanico* su cui s'è recentemente concentrata l'attenzione degli studiosi. I curatori (Reviel Netz, William Noel, Natalie Tchernetska e Nigel Wilson) hanno pubblicato un'edizione del palinsesto in due volumi:[187] il primo descrive i manoscritti, vicende e tecniche di recupero; il secondo presenta, a pagine affiancate, la pagina del palinsesto con relativo testo greco; le immagini sono disponibili in rete (`archive.org`), ma di ardua lettura. Gli autori dell'edizione non sono intervenuti sul testo curando la corrispondenza della simbologia testuale alla grafica riportata ed il riferimento ai simboli letterali delle figure è inesatto, la simbologia letterale è cioè incoerente con il testo. Non si tratta di errori materiali bensì di una voluta impostazione poiché, come dichiarato, fine della trascrizione era

> *to produce the best reconstruction possible of the readings in the codex as it existed in the tenth century (and not of the text of Archimedes as written by him in the third century BC)*; op. cit., vl. II, pagina VII.

Gli interventi forniscono ulteriore supporto rispetto alla versione Heiberg per parti da questi illeggibili con le tecniche dell'epoca; altri interventi, ridotti all'apposizione di accenti ed alla punteggiatura, sono abbastanza irrilevanti. Per quest'edizione restano tuttavia dei limiti: il libro secondo dei *Galleggianti* ad esempio, è del tutto incomprensibile mancando alcune proposizioni e diverse porzioni di testo.[188]

Lavori perduti secondo fonti greche, latine ed arabe

A parte il libro *Sui numeri* indirizzato a Zeuxippo nell'*Arenario*,[189] le testimonianze parlano di scritti sulla *Catottrica* (Teone di Smirne) e sugli specchi ustori: Olimpiodoro,[190] Apuleio,[191] Tzetzes, Zonaras[192] e un testo arabo latinizzato nel 1548 falsamente attribuito ad Archimede.[193] Sempre nell'*Arenario* (I, 11) si accenna a strumenti per la misura delle dimensioni angolari dei corpi celesti, e dovevano quindi esistere lavori di elevato contenuto tecnico come testimonia la *Refutatio omnium haeresium* di Ippolito romano che, nel dar atto di misure archimedee sulle distanze dei corpi, le definisce *frutto di calcoli assurdi*.[194]

186. → *Ten years of Study of the Archimedes Palimpsest*, Eason Rger jr. (Easton, Roger L. jr. e Noel, William 2010); *Advanced Correlation-Based Character Recognition Applied to Archimedes Palimpsest*, Derek J. Walvoord (Walvoord, Derek 2002).

187. *The Archimedes Palimpsest*, Baltimora, Netz Reviel e Noel Wlliam *et alii* 2011.

188. Acerbi 2015, *Archimedes and the Angel: Phantom Paths from Problems to Equations*; D'Alessandro e Napolitani 2012b, *Il 'nuovo' palinsesto di Archimede e qualche figura sbagliata*; Acerbi 2013c, *The Archimedes Palimpsest edited by Reviel Netz, William Noel, Natalie Tchernetska and Wilson, Nigel*.

189. Nell'*Arenario*, Archimede scrive: *κατωνομασμένων ἀριθμῶν... ποτὶ Ζεύξιππον γεγραμμένοις* (I, 3, ln. 13). Successivamente (I, 7, ln. 14), afferma di volersi servire per le dimostrazioni dei numeri *δειχθήσειν τῶν ἐν Ἀρχαῖς*. Ἀρχαί (Principî) si candida come miglior titolo del non pervenuto lavoro.

190. Olmpiodoro alessandrino 1970, *Commentaria in Platonis Gorgiam*, lb. XLIX, cap. 6.

191. *Quae tractat uolumine ingenti Archimedes Syracusanus* (di cui tratta Archimede siracusano in un voluminoso libro, Apuleio 1900, cap. 16).

192. Fleck 2017.

193. *Antiqui scriptoris de speculo comburante* (Eecke 1921, pagina LII); in Eecke è anche presente un esaustivo elenco delle opere perdute e delle varie edizioni condotte nel tempo sui lavori archimedei.

194. Ippolito romano 1986, lb. IV, op. cit. pagine 31-34.

Nei *Galleggianti* (II, prp. 2)[195] per la determinazione del centro di gravità di un conoide rettangolo, si rinvia alle *Ἰσορροπίαι*[196] ed è cenno degli *Elementi di meccanica*; allo stesso libro (prp. 6, redazione Moerbeke) è cenno ad un libro di probabili *Lemmi* che doveva accompagnare il lavoro: *demonstratum est enim per sumpta*.

Simplicio (commento al *De caelo*) parla di un lavoro sul centro di gravità (*κεντροβαρικαί*) citato anche nel *Metodo* (prp. 1), dove si afferma di aver già fornito dimostrazione del centro di gravità in un triangolo *ἐν τοῖς Ἰσορροπικοῖς*.[197]

Pappo e Proclo (op. cit.) parlano della *Sferopea*, un testo in cui Archimede avrebbe trattato la costruzione meccanica della sfera; Pappo accenna ancora a un testo sui cinque poliedri regolari, a un lavoro dal supposto titolo *Sulla periferia del cerchio*, a un lavoro sulle leve (*περί ζυγῶν*): é molto probabile che a questo si riferisca Archimede nella VI proposizione della *Quadratura della parabola*.

Dall'enciclopedia bizantina *Suidas* si ha notizia di un *ἐφόδον* (*De viatico*), dove s'ipotizza la discussione delle longitudini; in Erone è citato un *Περὶ πλινθίδων καὶ κυλίνδρων* (*Sui plinti e sui cilindri*), lavoro probabilmente relativo a teoremi per determinare il volume di un solido determinato dall'incrocio di due vòlte cilindriche d'identico diametro, lavoro cui potrebbero aver attinto i ricordati Antemio di Tralles e Isidoro di Mileto per la costruzione della chiesa di Santa Sofia a Costantinopoli; Ipparco gli attribuisce un *calendario*; Tolomeo riporta nell'*Almagesto* le *Observationum Caelestium Archimedis*; Zosimo, uno storiografo egizio attivo a Roma fra il III e il IV secolo d.C., gli riconosce competenze e scritti nella pneumatica riportando:

> *καὶ μάλιστα ἐάν [εἴ] τις προπαιδευθῇ τὰ πνευματικὰ Ἀρχιμήδους, ἢ Ἥρωνος, καὶ τῶν ἄλλων καὶ τὰ μηχανικὰ αὐτῶν.*[198]

Fonti arabe accreditano ulteriori lavori; l'elenco si deve a Joannes Wenrich[199] che raccolse citazioni arabe di lavori all'epoca diffusi e andati anche questi in gran parte perduti; l'attendibilità delle fonti non è però indubbia.

al Bīrūnī (X - XI secolo d.C.) riporta che la *formula di Erone*, citata nella *Metrica*, è in realtà di Archimede;[200] ben Ishak ed altri parlano di un *De septangulo in circulo*; Casirius riferisce di un *De lineis parallelis* e opera anche riferimento ad un *De figuris conoidibus obtusis et de sphaeroidibus* ed ad un *De triangulis* (il lavoro compare anche come *De triangulorum rectangolorum proprietatibus*; *liber I*), un *Liber datorum* dallo sconosciuto contenuto. Un commentario all'*Archimedis de triangulis* fu redatto da

195. Il trattato era probabilmente accompagnato da un testo relativo a modalità con cui effettuare misure, in particolare si suppone quella relativa alla verifica dell'autenticità del serto aureo chiesta da Gerone; difficilmente si spiegherebbero i versi del *De ponderibus* di Prisciano (V - VI secolo d.C.) che, pure nei limiti dello scrittore, spiegano le modalità di conduzione dell'esperimento meglio dell'incerta descrizione vitruviana (Prisciano di Cesarea 1864, pagine 24, 82, 88-89).

196. Discutendo del paraboloide, Archimede fa riferimento a quest'opera perduta in cui assume di aver dimostrato che *il centro del peso di un qualsiasi paraboloide giace sull'asse di questo diviso in modo che la parte dell'asse rivolta verso il vertice sia in lunghezza due volte la parte di segmento restante*. L'assunto fu dimostrato dal Commandino nel *De centro gravitatis solidorum* (Commandino 1565b).

197. Simplicio 1893, *In Aristotelis de caelo Commentaria*, vl. II, pagina 550. Il lavoro era (forse) la continuazione dei perduti *Elementi di Meccanica*, (Rufini 1926, pagina 101).

198. E soprattutto [si comprenderanno queste cose] se si siano prima studiati gli Pneumatica di Archimede, di Erone, di altri e i loro lavori sulle meccaniche (Zosimo di Panopoli 1888, II, pagina 237 (143 del file PDF)).

In proposito va ricordato che Leonardo dà notizia di una macchina ideata da Archimede che *sparava* proiettili a notevole distanza secondo i principî della pressione (compressione), da lui chiamata in onore dell'ideatore *architrononico* descrivendone sommariamente il funzionamento. Anche se Leonardo era estremamente fragile nelle dimostrazioni matematiche, ancor più in quelle fisiche come si evidenzia dall'approssimata descrizione che offre di questo *cannone*, non si ha motivo di dubitare della sua testimonianza, che documenta l'accesso a documenti oggi perduti: → anche alle pagine 10 e 52.

199. *De Auctorum Graecorum* (Wenrich 1847, pagine 189 - 196).

200. Heron alexandrinus 1903; sulla la fonte in riferimento → anche Russo 1996a, pagina 157.

Senan ben Thabet. Si riportano ancora: un *De circulis sese inuicem tangentibus*, un *De clepsydris* relativo a strumenti idraulici come la coclea;

É dubbio se attribuire credito a fonti (Thebith, XIV secolo) che riferiscono di un *De fractione circuli*, intendendo forse il *De dimensione circuli*. Mohammed ben Ishak, commento al *De sphaera et cilindro*, cita un libro sulle definizioni e ancora Casirius riporta che l'Albategno operò un compendio delle opere geometriche di Archimede; altre fonti parlano di un testo sulla *Prospettiva*.[201]

Del *De instrumentis bellicis et aquaticis* che Rinuccio d'Arezzo asserì aver acquisito nel corso di viaggi in Oriente, s'è detto; potrebbero inoltre essere esistiti testi dedicati a macchine, come la coclea citata da vari autori, e scritti dedicati alla costruzione di macchine da guerra, non pervenuti perché destinati ad opere di natura militare per la difesa dello stato e come tali (forse) secretati.

Lavori pervenuti

Gli scritti sono in lingua dorica[202] e, ad eccezione forse dell'*Arenario*, hanno sofferto della ripulitura linguistica operata dai copisti (→ alle pagine 12 e 18) che resero lo stile di scrittura consono alla classica, incidendo talvolta anche sul testo: il *Problema dei buoi* riporta prima dei versi tre righe probabilmente attribuibili ad un copista che intese succintamente spiegarne la finalità. Si riportano i titoli dei lavori pervenuti accompagnati dal nome latino con cui sono comunemente individuati.

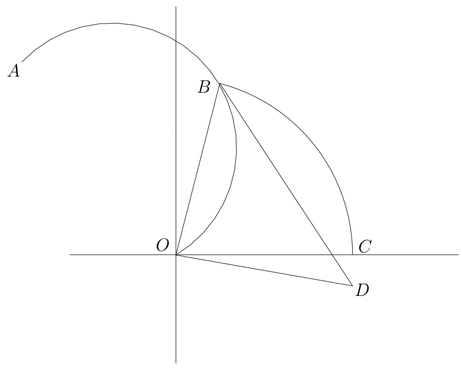
– *Sulla sfera e sul cilindro* - «*De Sphaera et cylindro*». Due libri indirizzati a Dositeo, in cui si dimostrano le proprietà della sfera in relazione al cilindro circoscritto d'altezza pari al diametro della sfera. Archimede deduce che il rapporto tra i volumi del cilindro e della sfera è uguale al rapporto tra le rispettive aree, un rapporto di tre a due. Alla proposizione XXXIII si pongono le basi per derivare la nota equivalenza di cui alla successiva XXXIV (*qualsiasi sfera è uguale a quattro volte il cono di base uguale al cerchio massimo della sfera e d'altezza uguale al raggio della sfera*): → nota [24] a pagina 12. Il teorema è dimostrato mediante il metodo di esaustione.

– *Sulla misura del cerchio* - «*Dimensio circuli*». Un breve lavoro articolato in tre proposizioni, sicuramente incompleto nella stesura pervenuta, in cui vi è largo uso del metodo di esaustione; si dimostra che l'area del cerchio è uguale all'area di un triangolo rettangolo che abbia come lati la circonferenza e il raggio del cerchio stesso: esagono iscritto nel cerchio, con incremento dei lati sino a 96, calcolando la circonferenza e approssimandosi al valore del π: → equivalenza a pagina 47 e nota relativa.

– *Sui conoidi e gli sferoidi* - «*De conoidibus et sphaeroidibus*». Un testo indirizzato a Dositeo in 32 proposizioni dedicato ai solidi di rotazione. Archimede determina l'area dell'ellisse definendo le aree (proposizione sei) *come i rettangoli formati dai loro assi*; s'intende cioè che l'area dell'ellisse è uguale all'area di un cerchio il cui raggio sia la media geometrica dei semiassi dell'ellisse. Si dimostra ancora come trovare il volume di segmenti tagliati da un ellissoide, un paraboloide o un iperboloide di rivoluzione attorno all'asse principale. Il processo è simile all'attuale moderno metodo d'integrazione, differendone principalmente per l'assenza del concetto di limite di una funzione.

– *Sulle spirali* - «*De lineis spiralibus*». Indirizzato a Dositeo, probabilmente il lavoro archimedeo più apprezzato nell'antichità ma, al tempo stesso, il meno studiato perché, fra tutti, il più difficile; vi si discute, fra l'altro, dell'invenzione meccanica della vite senza fine ed alle prime righe è cenno di quell'Heraclides accreditato da Eutocio

201. *Le traduzioni scientifiche dall'arabo al latino in area mediterranea* (Rizzo 2013).
202. *Zur Sprache des Archimedes* (Mayer 2015).



(→ a pagina 9) autore di una perduta biografia archimedea. La spirale, curva il cui studio Archimede attribuisce a Conone, è definita come il luogo piano di un punto che, muovendo dall'estremo di un raggio o semiretta, si sposta uniformemente lungo detto raggio mentre questo ruota, a sua volta, intorno al suo estremo. Le proprietà della spirale si prestano a molteplici sezioni dell'angolo.

Tracciata in B la tangente alla spirale OBA, questa interseca in D la retta che origina in O perpendicolare a OB. Adottando la tecnica della dimostrazione per assurdo di cui s'era già fatto un breve cenno (pagina 36), Archimede dimostra che il segmento OD (la sottotangente polare relativa al punto B) ha lunghezza uguale all'arco di cerchio BC per il cerchio di centro O e raggio OB.

Considerando sulla spirale il punto B l'intersezione con la retta a 90° in coordinate polari, la sottotangente polare OD corrisponde a un quarto della circonferenza del cerchio di raggio OB, e l'intera circonferenza si può costruire considerando quattro volte il segmento OD e tramite il teorema di Archimede[203] ottenere un triangolo di area uguale a quella del cerchio; una successiva trasformazione geometrica permette poi di sostituire il triangolo con un quadrato ed effettuare la quadratura del cerchio.

– *Sull'equilibrio dei piani* - «*De planorum aequilibris*». Composto in due libri, è relativo anche agli studi di Archimede sul principio della leva.

Il primo libro considera figure rettilinee e contempla la discussione dei centri di gravità di un triangolo e di un trapezio; il secondo libro studia il centro di gravità di un segmento di parabola con la relativa dimostrazione che detto centro giace sul diametro del segmento dividendolo in altrettanti segmenti che stanno fra loro nel rapporto $3 : 2$; per quest'ultima discussione l'opera è da porre in relazione al trattato sui *Galleggianti*. Anche per queste dimostrazioni Archimede ricorre al metodo di esaustione.

– *Sui galleggianti* - «*De iis quae in humido uehuntur*». Noto sino alla fine del XVIII secolo solo in latino, è fra i testi in greco individuato a Costantinopoli dall'Heiberg nel 1906 in un palinsesto, codice «C»; mancano per il libro secondo le proposizioni da 4 a 6 e notevoli parti della decima.

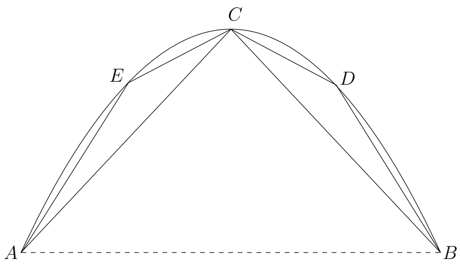
Composto in due libri, nel primo si trattano le condizioni d'equilibrio di un corpo in un liquido (il principio idrostatico che di Archimede porta il nome) e si deduce la sfericità dei mari e quindi della Terra (proposizioni prima e seconda); alla proposizione settima si considera un corpo di maggiore densità del fluido che precipiterà sul fondo: la differenza di peso comunque risultantene sarà pari al peso del fluido spostato. Nel secondo libro si considera un segmento retto di conoide rettangolo (paraboloide di rivoluzione) implicitamente assimilato al corpo galleggiante. L'opera, una delle più diffuse nell'antichità, è rilevante per lo studio sul baricentro dei corpi con le conseguenze che ne derivano in meccanica navale.

– *Arenario* - «*Arenarius*», appresso.

– *Sulla quadratura della parabola* - «*Quadratura parabolae*». Indirizzato ancora a Dositeo, si occupa di determinare l'area di un segmento di parabola, di quadrare cioè cioè una sezione conica, un segmento della parabola.

203. Quanto noto come *teorema di Archimede*, è la dimostrazione dallo stesso fornita che l'area di un segmento parabolico corrisponde a $^2/_3$ dell'area del rettangolo che lo circoscrive.

Il testo rileva specie dalla proposizione sesta, perché fino ad allora Archimede aveva trattato le figure in modo astratto, immaginandole in uno spazio teorico; le dimostrazioni sono invece ora condotte come in un trattato di meccanica razionale, e da questa proposizione si passa di continuo dalla teoria alla meccanica, dimostrando che si sono superati i limiti imposti da tradizionali concezioni. Il titolo pervenuto (*Τετραγωνισμός παραβολῆς*) non è sicuramente l'originale perché all'epoca la curva s'indicava come *sezione del cono rettangolo*, tant'è che Archimede non usa il termine parabola bensì *ortotomo*, la sezione di un cono retto. Nell'introduzione è presente l'assunzione nota come *assioma di Archimede*: *l'eccesso per cui la maggiore di due aree disuguali supera la minore, se sommato a se stesso, può divenire superiore a qualsiasi area finita data*.



Sempre con il metodo di esaustione, Archimede dimostra che l'area di un segmento parabolico $AECDB$ corrisponde a $^4\!/_3$ dell'area di un triangolo di identica base ed altezza della parabola. Nelle successive proposizioni, Archimede fornisce un'ulteriore dimostrazione del medesimo teorema, dimostrando che l'area del triangolo iscritto, avente per base AB, corrisponde a quattro volte la somma dei minori triangoli inscritti di basi AC e CB, deducendone che l'area del segmento parabolico è data dalla somma della serie infinita

$$A + \frac{1}{4}A + \frac{1}{16}A + \frac{1}{64}A + \dots$$

ove A è l'area del primo triangolo. Archimede non parla di somma di serie infinite, ai tempi i processi erano disapprovati, e ricorrendo ancora a dimostrazioni per assurdo, dimostra che il valore trovato non può essere né maggiore né minore di $^4\!/_3\,A$.

– *Problema dei buoi* - «*Problema bovinum*». Probabilmente parte dell'*Antologia greca*, una raccolta di problemi matematici del V secolo d.C. attribuita a Metrodoro di Bisanzio, è un epigramma indirizzato ad Eratostene. Il testo dell'epigramma fu trovato dal Lessing nella biblioteca di Wolfenbüttel;→ alla pagina 28.

– *Metodo meccanico* - «*De mechanicis propositionibus ad Eratosthenem methodus*», ex codice «C». Indirizzato ad Eratostene e non completamente leggibile, è presente unicamente nel palinsesto; sono illustrati i metodi meccanici adottati per problemi sino ad allora dimostrati solo col metodo di esaustione.
Rilevante la parte introduttiva (lettera ad Eratostene) in cui Archimede sostiene che è più agevole dimostrare un teorema se si hanno già alcune conoscenze di quanto esso comporta, e l'affermazione di essere in possesso di un metodo d'approccio meccanico che apre la strada a dimostrazioni.

– *Stomachion* - «*Loculus*». Un gioco composto di 14 tessere di varia forma che, componendo un quadrato, permettono di costruire diverse figure. Di sicuro non ideato da Archimede, le simmetrie interne, alla base delle soluzioni che si possono dare, fanno pensare ad un calcolo combinatorio *ante litteram*.[204]

– *Liber assumptorum*. Una serie di proposizioni raccolte dall'Heiberg sotto la voce *Lemmata*: quindici proposizioni di geometria molto probabilmente non scritte nella forma in cui sono giunte, una serie di enunciati che originariamente dovevano far parte di altre opere. La versione in lingua originale è perduta ed il testo latino a disposizione è una traduzione dall'arabo operata (1651) da Joanne Gravio.

204. → *Towards a Reconstruction of Archimedes' Stomachion* (Netz, Acerbi et al. 2004).

– *Fragmenta*. Testi di autori che operano riferimento a lavori di Archimede:[205] rilevanti i riferimenti alla sferopea ed ad un *De anni magnitudine*.

– *Scholia*, *ex Codex Florentinus*.

– *Commentaria*. Anche se non testi archimedei, vanno ricordati gli *Eutoci Ascalonita Commentaria in Archimedem* relativi a *Sulla sfera e sul cilindro* e *Sulla dimensione del cerchio*, *Sull'equilibrio dei piani*.

Secondo alcuni riferimenti presenti nei lavori, questo il probabile supposto ordine di composizione: *Equilibro dei piani-libro I*, *Quadratura della parabola*, *Equilibro dei piani-libro II*, *Sulla sfera e sul cilindro-libri I e II*, *Sulla spirale*, *Sui conoidi e sugli sferoidi*, *Su galleggianti-libri I e II*, *Sulla misura del cerchio*, *Arenario*. Il *Metodo* potrebbe collocarsi prima della *Spirale*; difficile individuare la giusta posizione per lo *Stomachion* e il *Problema dei buoi*.

Nelle edizioni i lavori sono presenti in quest'ordine: *Sfera e cilindro*, *Misura del cerchio*, *Conoidi e sferoidi*, *Equilibrio dei piani*, *Arenario*, *Quadratura della parabola*, *Galleggianti*, *Stomachion*, *Metodo*, *Liber assumptorum*, *Problema dei buoi*, *Fragmenta*; ma si tratta soltanto, come sostiene a buona ragione l'Heiberg, di un *ordo fortuitus*.[206]

L'Arenario

L'*Arenario* è indirizzato a Gelone[207] re di Siracusa, ed oltre ad essere il solo lavoro archimedeo a non essere rivolto ad un matematico, almeno per quanto a nostra conoscenza, è anche l'unico che si apre in un'eccellente prosa con uno slancio enfatico circa la capacità della mente di rappresentare grandi numeri.

Il titolo (Ψαμμίτης) da ψάμμος (sabbia, arena), da rendere come *sabbioso*, *arenoso*, va inteso come *Discorso sull'incommensurabilità dei grani di arena*. In inglese è tradotto *The Sand Reckoner* (Il calcolatore della sabbia) e similare forma ricorre in tedesco: *Die Sandrechnung*, a volte *Die Sandzahl*; Francesi, Spagnoli e Italiani rendono il vocabolo adeguando in lingua la versione latina del titolo (*Arenarius*) secondo la terminologia codificatasi con Jacopo da San Cassiano e ripresa secoli appresso da Johannis Wallis[208] per un'edizione limitata di opere di Archimede.

La circostanza che un trattato sui grandi numeri sia rivolto ad un sovrano, lascia comunque intendere che questi una qualche pratica scientifica (geometrico-matematica) doveva pure possederla, difficilmente sarebbe possibile giustificare un'opera così indirizzata (dedicata in sostanza) in cui i passi d'apertura, «πειρασούμαι τοι δεικνύειν δι' ἀποδειξίων γεομετρικᾶν» e «ταῦτα γάρ ἐντι τὰ γραφόμενα, ὡς παρὰ τῶν ἀστρολόγων διάκουσας»,[209] sembrano proporre un naturale riferimento al grado di conoscenze di un destinatario non ignaro della tematica e che, in ultima analisi, poteva essere anche suo allievo o comunque partecipe di un circolo archimedeo.

Si potrebbe ulteriormente ipotizzare che il testo, esponendo in apertura tesi opposte (vedi sezione seguente), sia stato composto dopo una conversazione sulla possibilità d'immaginare (*rectius* rappresentare), grandi quantità numeriche esprimendole in una nuova numerazione.

205. Per le citazioni di Archimede in testi classici del periodo romano e bizantino, → Fleck 2017.

206. Heiberg 1879, *Quaestiones archimedeae*, pagina 10.

207. Gelone II (266 - 216), regnò assieme al padre Gerone II (308 - 215) che l'associò al trono nel 240; entrambi, alleati di Roma, assicurarono a Siracusa un lungo periodo di pace; Diodoro siculo 1865, lb. XXIII, cap. 4. La dedica consente di datare l'opera come coeva all'associazione al trono o successiva a questo.

208. *Archimedis Syracusani Arenarius et Dimensio circuli* (Wallis 1676).

209. Tenterò di mostrarti attraverso dimostrazioni geometriche; I, 3, pagina 88; e queste cose sono quelle scritte come le hai apprese dagli astronomi; I, 4, pagina 88.

Una possibile finalità: l'ipotesi didascalica

Secondo quanto premesso, il lavoro sembra dunque manifestarsi anche per uno spiccato contenuto didascalico come evidenzia l'*incipit* che pone, quasi hegeliamente, tesi, antitesi, sintesi. La tesi è rappresentata da alcuni che credono (οἴονταί τινές; I, 1, ln. 2) il numero dei grani d'arena numericamente indeterminabile (ἄπειρον εἶμεν τῷ πλήθει; I, ln. 2–3); l'antitesi da altri che, pur non considerando il numero tale, ritengono tuttavia impossibile definire un numero che esprima una grandezza incommensurabile tale cioè da superare quella indeterminata quantità (μηδένα μέντοι ταλικοῦτον κατωνομασμένον ὑπάρχειν, ὅστις ὑπερβάλλει τὸ πλῆθος αὐτοὺ, I, 1, ln. 5); la sintesi infine sembra espressa dalla considerazione che, servendosi della numerazione esposta nel libro indirizzato a Zeuxippo, si possa con quel sistema di numerazione dimostrare non solo che si può esprimere un numero di grani d'arena per un volume eguale a quello della Terra e di questi riempita, ma anche di quelli che potrebbero riempire un volume pari a quello dell'intero cosmo (οὐ μόνον τὸν ἀριθμὸν τοῦ ψάμμου τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ γᾷ πεπληρωμένᾳ, καθάπερ εἴπαμες, ἀλλὰ καὶ τὸν τοῦ μέγεθος ἴσον ἔχοντος τῷ κόσμῳ; I, 1, ln. 14–16).

Quest'impostazione sembra ancora confermata da quella frase *tenterò di mostrarti con dimostrazioni geometriche che sarai in grado di seguire* (I, 3, ln. 13R) e da assunzioni elementari di base: il cosmo inteso come una sfera con al centro la Terra e le relative misure effettuate da precedenti astronomi; esposizione e confutazione delle tesi di Aristarco; descrizione delle tecniche per rilevare le dimensioni angolari del Sole con la discussione sulla rilevanza dell'estrazione pupillare (I, 13 - 16);[210] nei capitoli successivi, anche se la descrizione diverrà tecnica, sussisterà ancora la tendenza a ricordare concetti e dimensioni fondamentali in astronomia.

Argomentando da alcune espressioni letterali, il fine didascalico sembra ancora testimoniato da ricorrenti espressioni: δεδείκται γάρ τοι (infatti ti ho dimostato, II, 2, ln. 15); χρήσιμον δὲ εἶμεν ὑπολαμβάνω (ritengo poi essere utile, III, I, ln. 2); χρήσιμον δέ ἐστι καὶ τόδε γιγνωσκόμενον (è utile poi conoscere anche quanto segue, III, 6, ln. 13), nonché dalle parole conclusive del lavoro: διόπερ ᾠήθην κα καὶ τὶν οὐκ ἀναρμοστεῖν ἔτι ἐπιθεωρήσαι ταῦτα (perciò ho ritenuto giusto che anche a te fossero note tali conoscenze, IV, 14), come a voler colmare lacune cognitive nel destinatario.

Che non si voglia trascurare nulla per l'intelligenza del discorso matematico, è evidente dall'*incipit* del libro III quando, ricordato ancora il libro indirizzato a Zeuxippo che

210. Osservando l'astro al sorgere, Archimede pose (I, 14) su un'asta un cilindro che vi scorreva in modo che, posto il cilindro fra l'occhio e il Sole, fosse possibile (avvicinandolo e allontanandolo) o vedere solo un'affievolita luce ai lati del solido o nasconderlo completamente. Misurati i due angoli sottesi dalle diverse posizioni del cilindro (cui però se ne pone in serie un altro: I, 13, ln. 4R) con vertice del triangolo sull'occhio, Archimede trovò una misura angolare compresa fra $27'$ e $32'\ 56''$, assai vicina all'attuale fra i $31'$ e i $32'$. Nell'opera è anche riportata la misura del rapporto fra le dimensioni del Sole e della Luna: 30 volte quello del satellite: anche se la misura è errata, è tuttavia più vicina al vero di quella di Eudosso (9), di Fidia (12, → nota a pagina 9), di Aristarco (fra 18 e 20).

Gnomone a parte, gli strumenti per effettuare misure angolari, erano di due tipi: per grandi e piccole distanze angolari. In un caso si ricorreva a due assi in legno a $90°$, di cui uno fungeva da mira; un'asticella incernierata all'unione forniva per gravità, su un goniometro sottostante, il valore in frazioni angolari; nell'altro si ricorreva ad un asse graduato su cui scorreva a croce una corta asta con mire: traguardati gli oggetti attraverso le mire dal vertice dell'asta, la distanza dell'assicella mobile dalla base d'asta forniva la misura angolare (triangolo con vertice nell'occhio e lati dati dalle congiungenti occhio-mire), l'errore sistematico superava il grado. Con diversi nomi e varianti (*bastone di Giacobbe*, *balestriglia*, ...) lo strumento fu in uso in astronomia e marineria sino al XVII secolo, quando fu soppiantato dall'ottante e dal sestante.

Da tempi remoti, un empirico metodo di stimare le grandezze angolari consiste nel traguardare l'oggetto tendendo il braccio e facendo *scorrere* lo sguardo lungo di esso: sino al pollice ($\sim 2,5°$), sino al pugno chiuso ($\sim 9°$), sino alla mano aperta ($\sim 22°$).

Gelone sembra conoscere, Archimede spiega la rilevanza dello scritto in un discorrere analitico: χρήσιμον δὲ εἶμεν ὑπολαμβάνω τὰν κατονόμαξιν τῶν ἀριθμῶν ῥηθήμεν, ὅπως καὶ τῶν ἄλλων οἱ τῷ βιλίῳ μὴ περιτετευχότες τῷ ποτὶ Ζεύξιππον γεγραμμένῳ μὴ πλανῶνται διὰ τὸ μηδὲν εἶμεν ὑπὲρ αὐτᾶς ἐν τῷδε τῷ βιβλίῳ προειρημένον,[211] continuando con un'osservazione superflua (συμβαίνει δὴ τὰ ὀνόματα τῶν ἀριθμῶν ἐς τὸ μὲν τῶν μυρίων ὑπάρχειν ἁμῖν παραδεδομένα, καὶ ὑπὲρ τὸ τῶν μυρίων[212]), essendo noto ad ogni greco con un minimo di cognizione matematica come si articolasse la numerazione, e l'osservazione non è nello stile dimostrativo archimedeo.

La contestazione geometrica dell'eliocentrismo aristarcheo

In alcuni passi però, come per la critica geometrica ad Aristarco (τοῦτο γ' εὔδηλον ὡς ἀδύνατόν ἐστιν[213]), l'affermazione archimedea è indiscutibile: ἐπεὶ γὰρ τὸ τᾶς σφαίρας κέντρον οὐδὲν ἔχει μέγεθος, οὐδὲ λόγον ἔχειν οὐδένα ποτὶ τὰν ἐπιφάνειαν τᾶς σφαίρας.[214] Muovendo dalla concezione di Aristarco ed argomentando dalle tesi di questi ove prospettava (opera perduta) un modello eliocentrico,[215] Archimede comprende come ciò comporti una ridefinizione delle dimensioni dell'universo conosciuto (la sfera), la necessità di esprimersi in grandezze fuori dal comune.

Rinviando a quanto espresso nel testo greco (pagina 90 per la nota 8 - B), si rileva qui che Aristarco, secondo Archimede, supera l'obiezione della non rilevata parallasse supponendo il raggio dell'orbita terrestre, rispetto alla sfera delle stelle fisse, essere nel medesimo rapporto del centro di una sfera rispetto al suo raggio e su questo si appunta la sua critica che non può ammettere l'insignificanza del rapporto fra i due valori. Archimede non contesta la validità del modello di Aristarco,[216] contesta a questi che poiché il centro della sfera non ha grandezza e non può avere alcun rapporto con la superficie della stessa (I, 6, ln. 3R).

Le tesi archimedee esprimono più che altro un formalismo geometrico-matematico; l'esigenza prioritaria è esprimere grandi numeri utilizzando lettere per le cifre e non conoscendo lo zero, circostanza che rende la lettura dei lavori matematici greci particolarmente ardua, giacché numeri, frazioni ed equazioni sono espresse in modo diverso da come oggi li scriviamo (→ capitolo successivo). La precisazione costituisce una delle chiavi di lettura dell'opera, perché ad ammettere la scrittura secondo la nostra simbologia numerica, il problema perde parte della sua rilevanza.

211. È utile richiamare la denominazione dei numeri affinché, anche per coloro che non s'imbattano nel libro indirizzato a Zeuxippo, non ne sia impedita la comprensione se qualcosa su di essi sarà qui detta.

212. Avviene dunque che ci siano tramandati i nomi per i numeri fino a diecimila e sopra la miriade; III, 2.

213. Ma questo, è chiaro, non è possibile; I, 6, ln. 4.

214. Poiché infatti il centro della sfera non possiede grandezza, questo non può avere alcun rapporto con la superficie della stessa; I, 6, ln. 4–5.

215. Oltre gli autori già citati (pagina 35 e seguenti), l'eliocentrismo è dichiarato in evidenza probante in un passo di Plutarco (I-II sec. d.C) ove fonda l'eliocentrismo di Seleuco non su ipotesi, bensì su una tramandata (purtroppo non pervenuta) dimostrazione probabilmente fondata sull'escursione mareale:

καὶ ἔδει τὴν γῆν ἰλλομένην περὶ τὸν διὰ πάντων πόλον τεταμένον μὴ μεμηχανῆσθαι συνεχομένην καὶ μένουσαν, ἀλλὰ στρεφομένην καὶ ἀνειλουμένην νοεῖν, ὡς ὕστερον Ἀρίσταρχος καὶ Σέλευκος ἀπεδείκνυσαν, ὁ μὲν ὑποτιθέμενος μόνον ὁ δὲ Σέλευκος καὶ ἀποφαινόμενος; Θεόφραστος δὲ καὶ προσιστορεῖ τῷ Πλάτωνι πρεσβυτέρῳ γενομένῳ μεταμέλειν, ὡς οὐ προσήκουσαν ἀποδόντι τῇ γῇ τὴν μέσην χώραν τοῦ παντός.

E doveva pensare [Timeo] che la Terra non fosse immobile attaccata all'asse del mondo, ma compisse piuttosto un'intera rivoluzione attorno a questo come affermarono Aristarco e Seleuco: l'uno «assumendolo quale ipotesi», l'altro «dimostrandolo». Del resto anche Teofrasto racconta che in tarda età Platone ebbe a pentirsi d'aver posto la Terra al centro del cosmo, non essendo più affatto convinto di questa collocazione (Plutarco 2006, *Platonicae quaestiones*, VIII, I; *Moralia*, 1006C).

216. Su una probabile interpretazione del passo si veda comunque Boter 2007.

L'astronomia è comunque solo l'avvio per un discorso sui grandi numeri, e sotto quest'aspetto l'*Arenario* assomiglia al *Problema dei buoi* e allo *Stomachion*, ma solo nel senso che, così come quelli non hanno finalità ludica ma logico-matematica, anche in questo caso la discussione non si esaurisce nella supposta finalità didascalica ma, considerandola, prende spunto da questa per la discussione dei grandi numeri.

Il computo dei grani d'arena

La capacità di esprimere numeri di notevole grandezza era da sempre considerata prerogativa della divinità o di chi per essa parlava; all'umana specie restava lo sbigottimento per incapacità di concepire simili numeri: ne è traccia nell'antico Testamento, in Geremia[217] e nel prologo al libro di Siracide;[218] la sabbia è pure detta *innumerevole* da Pietro nel nuovo Testamento[219] e similmente era nella cultura greca. Quando Creso inviò messi a consultare l'oracolo per conoscere quanto ancora sarebbero durate le sue sventure, la Pizia rispose a costoro: *οἶδα δ' ἐγὼ ψάμμου τ' ἀριθμὸν*,[220] solo al dio, o a chi per bocca di lui parla, essendo rimessa la conoscenza di quel numero.

Divinità e oracoli a parte, anche il comune mondo greco giudicava impossibile un tale computo. Omero nell'*Iliade* fa dire ad Agamennone: *οὐδ᾽ εἴ μοι τόσα δοίη ὅσα ψάμαθός τε κόνις τε*,[221]e gli fa eco Pindaro: *ἐπεὶ ψάμμος ἀριθμὸν περιπέφευγεν*.[222] Anche il mondo latino si adagia in questa visione: se ne hanno cenni in Virgilio:

Sed neque quam multae species, nec nomina quae sint
est numerus, neque enim numero comprendere refert;
quem qui scire uelit, Libyci uelit aequoris idem
dicere quam multae Zephyro turbentur harenae
aut, ubi navigiis violentior íncidit Eurus, [223]

in Catullo: *quam magnus numerus Libyssae harenae*;[224] in Orazio che «sembra» confonderlo con Archita (→ in proposito: I, 1, nota per la ln. 5R):

Te maris et terrae numeroque carentis harenae
mensorem cohibent, Archyta [225]

ed in vari altri scrittori.

Archimede appartiene ad un mondo diverso, quel mondo pitagorico con il quale s'è supposto avesse familiarità, ed è estraneo a rassegnazioni e sbigottimenti; dinanzi ai problemi, alla difficoltà di risoluzione, prova a sciogliere il nodo gordiano; il lavoro, che nell'antichità godé di popolarità, è l'unico, fra quelli giunti, che tratti questioni astronomiche. La difficoltà d'esprimere grandi numeri nel sistema alfabetico di numerazione, si rinviene dalle prime righe dell'*Arenario*, ed il citato libro indirizzato a Zeuxippo, oltre che di grandi numeri, poteva forse trattare anche di calcoli.

217. *Come non si può contare la milizia del cielo né numerare la sabbia del mare* (Geremia VII-VI secolo a.C. cap. 33, 19).
218. *I granelli di sabbia sulle rive dei mari, le gocce della pioggia, i giorni della storia chi potrà contarli?* (Siracide III secolo a.C. Siracide); a questo testo, tradotto in greco nel III secolo ad Alessandria (*Septuaginta*), potrebbe aver avuto accesso Archimede durante il suo soggiorno, traendone le "profetiche" dichiarazioni sull'impossibilità di tale numerazione.
219. *Lettera agli Ebrei*, 11 - 12 (Pietro apostolo 62-68).
220. Io conosco il numero dei grani di sabbia (Erodoto 2011, lb. I, cap. 47).
221. Anche se mi donassero beni numerosi come i grani di sabbia (Omero 1955, lb. IX, 385).
222. Poiché la sabbia sfugge al numero *Odi olimpiche* (Pindaro 2006, Ode II, 98).
223. Ma non c'è numero per le specie e per i loro nomi // ed invero non è il caso di numerarle; // chi volesse conoscerle, dovrebbe contare i grani della Libia // quanti ne agita lo Zefiro // oppure conoscere quanti flutti vengono ai lidi ionici // dove impetuoso li trasporta Euro (Virgilio 2002, *Georgiche*, lb. II, vv. 104-106).
224. Per quanto grande sia il numero delle sabbie libiche (Catullo 2005, *Carmina*, VII, v. 2).
225. Te, che il mare, la terra e l'incontabile arena misuravi, o Archita (Orazio 2002b, Odi, lb. I, vv. 28-29).

L'esposizione discorsivamente veloce con cui Archimede conduce argomentazioni che sembrano poste sulla carta di getto, non concede mai tuttavia nulla all'improvvisazione, evidenziando un percorso da tempo chiarito nella mente, ossia che che problema e soluzione erano ben delineati.

Obiettivo è rappresentare un numero che, per quanto grande, sia nelle possibilità d'intelligenza della mente umana: dominare il mondo fisico tramite la matematica, dimostrare che è possibile immaginare e scrivere un numero più grande del numero dei grani d'arena che potrebbero essere contenuti nell'universo: Archimede considera le dimensioni dell'universo adottando nuovi nomi per raggruppamenti di numeri.

Dopo aver descritto il nuovo metodo di numerazione (ottadi), Archimede dimostra un teorema sulle proporzioni (l'eguaglianza $10^n \cdot 10^m = 10^{n+m}$) che ha fatto non di rado credere che si fosse ad un passo dall'ideazione dei logaritmi, e passa quindi a comporre sfere sempre più grandi di grani d'arena: la miriade di miriadi (10^8) è considerata l'unità del sistema di numerazione e chiama *numeri primi*, ma con significato diverso dal nostro, quelli che vanno da 1 a 10^8, *numeri secondi* quelli che vanno da 10^8 a $10^8 \cdot 10^8$ (10^{16}), *numeri terzi* quelli che vanno da 10^{16} a $10^8 \cdot 10^8 \cdot 10^8$ (10^{24}), e prosegue così con numeri quarti, numeri quinti,. . . fino a che l'ordine non diventa la miriade di miriadi. Archimede costruisce poi una sfera immaginaria di diametro uguale alla presunta distanza Terra-Sole ed ipotizza una proporzione fra diametro-Terra/diametro-Sfera e diametro-Sfera/diametro-Universo (la sfera delle stelle fisse), calcolando il diametro dell'universo ed il volume, rispettivamente, in 10^{14} ed in 10^{42}; per cui la quantità di granelli sarebbe $10^{42} \cdot 10^{21}$ e cioè 10^{63}.

Archimede non si ferma. Costruisce numeri sempre più grandi che poi riduce ad unità di ordini superiori e poi riunisce gli ordini in periodi sino a giungere alla miriade di miriadi di miriadi del miriadesimo ordine della miriade del miriadesimo periodo e cioè $10^{80.000.000.000.000.000}$ e cioè $100\,000\,000 \cdot 1$ seguito da $800\,000\,000$ zeri. Benché la grandezza raggiunta sia notevole, Archimede si spinge oltre *riassumendo* le grandezze espresse e chiamando i numeri *del primo periodo* e dando all'ultimo di essi, quello rappresentato in notazione matematica, il nome di *unità dei numeri primi del secondo periodo*. Ancora: una miriade di miriade di numeri primi del secondo periodo è chiamata *unità dei numeri secondi del secondo periodo*, la miriade di numeri secondi del secondo periodo come *unità dei numeri terzi del secondo periodo*, aggiungendo che si possono dare nomi analoghi ai numeri seguenti sino all'ordine centomilionesimo. Dopo qualche passo Archimede s'arresta, ma lascia intendere che si può continuare perché *così sarà per quante ottadi si considerino* (III, 5, pagina 109).

Il linguaggio logico-matematico

Si vedranno ora alcune forme di scrittura e metodologia espressiva presenti nell'*Arenario*, cercando di rappresentare sinteticamente il procedimento logico condotto nel lavoro (assunzioni - tesi - dimostrazione); si esamineranno anche forme verbali e grammaticali, episodicamente o reiteratamente adottate nell'opera.[226]

Procedimenti logici S'intendono le fasi di sviluppo del percorso logico-matematico seguito, i passi che hanno motivato Archimede alla scrittura dell'*Arenario*, i postulati di partenza, le tesi da dimostrare, i procedimenti seguito, le conclusioni.

Enunciati e dichiarazioni Il lavoro si apre (I, 3) con una dichiarazione d'intenti, una sorta di enunciato, che esprime il fine primo dell'opera

226. Per le forme verbali e le convenzioni letterali negli scritti scientifici del mondo greco → Acerbi 2012b.

- πειρασούμαι τοι δεικνύειν δι' ἀποδειξίων γεομετρικᾶν,[227] e continua accennando al metodo che s'intende seguire in questo percorso:
- τῶν ὑφ' ἁμῶν κατωνομασμένων ἀριθμῶν καὶ ἐνδεδομένων ἐν τοῖς ποτὶ Ζεύξιππον γεγραμμένοις.[228] Archimede specifica quindi la dichiarazione-enunciato di apertura, oggetto dell'opera e dimostrazione che fra i numeri da lui ideati alcuni
- οὐ μόνον τὸν ἀριθμὸν τοῦ ψάμμου τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ γᾷ πεπληρωμένᾳ, καθάπερ εἴπαμες, ἀλλὰ καὶ τὸν τοῦ μέγεθος ἴσον ἔχοντος τῷ κόσμῳ.[229]

Proposizioni, definizioni, tesi, contestazioni Archimede pone quindi un punto di partenza assumendo, conformemente alla dottrina dominante, la definizione del cosmo:
- ἇς ἐστι κέντρον μὲν τό τᾶς γᾶς κέντρον, ἁ δὲ ἐκ τοῦ κέντρου ἴσα τᾷ εὐθείᾳ τᾷ μεταξὺ τοῦ κέντρου τοῦ ἁλίου καὶ τοῦ κέντρου τᾶς γᾶς;[230]
e quindi descrive sommariamente le tesi avanzate da Aristarco contrarie a tale dominante concezione:
- Ἀρίσταρχος δὲ ό Σάμιος ὑποθεσίων τινων ἐξέδωκεν γραφάς ἐν αἷς εκ τῶν ὑποκειμένων συμβαίνει τὸν κόσμον πολλαπλάσιον εἶμεν τοῦ νῦν εἰρημένου.[231]
La descrizione delle tesi prosegue al capitolo quinto ed al sesto v'è la contestazione geometrica di esse:
- τοῦτο γ' εὔδηλον ὡς ἀδύνατόν ἐπεὶ γὰρ τὸ τᾶς σφαίρας κέντρον οὐδὲν ἔχει μέγεθος.[232]

Assunzioni di base, misure Ricordando precedenti lavori di astronomi, vengono assunte le dimensioni del Sole, della Luna e della Terra sulla cui base svolgere i ragionamenti (capitoli 8, 9, 10), ed al capitolo 11 e seguenti è descritto il metodo per effettuare le misure sul disco solare. Discussi questi punti e definite le dimensioni degli oggetti, Archimede conclude (capitolo 22) che il diametro del Sole è maggiore del lato del chiliagono (poligono di mille lati). I dati sono ripresi al libro secondo per avanzare alcune deduzioni, ed al capitolo quarto s'introducono nuove minime unità di misura: il seme di papavero e il grano d'arena.

Discussione matematica Il libro terzo marca l'inizio della discussione matematica per la quale rammenta ancora una volta il contenuto del libro inviato a Zeuxippo. La discussione si svolgerà soprattutto nel successivo libro quarto: si rinvia per questa al testo e alle relative note.

Conclusioni Archimede conclude (libri IV, cap. 13) che: φανερὸν τοίνυν, ὅτι τοῦ ψάμμου τὸ πλῆθος τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ τῶν ἀπλανέων ἄστρων σφαίρᾳ, ἃν Αρίσταρχος ὑποτιθέται, ἔλασσόν ἐστιν ἢ ͵α μυριάδες τῶν ὀγδόων ἀριθμῶν,[233] mostrando ciò che gli interessava più che la contestazione delle tesi aristarchee: dimostrare che i numeri ideati permettono di manipolare oggetti più grandi della sfera delle stelle fisse di dimensioni eguali a quella supposta

227. Tenterò di mostrarti attraverso dimostrazioni geometriche.
228. Ricorrendo ai numeri già definiti negli scritti inviati a Zeuxippo.
229. Superano non solo un volume d'arena pari alle dimensioni della Terra, ma anche a quelle dell'intero universo.
230. Una sfera il cui centro coincide con quello della Terra ed il cui raggio è eguale alla retta congiungente il centro del Sole con quello della Terra.
231. Aristarco di Samo ha esposto in alcuni libri alcune tesi secondo le quali il cosmo è molto più grande di quanto noi lo riteniamo.
232. Ma questo evidentemente non può essere perché il centro della sfera non ha grandezza.
233. È chiaro che la quantità di grani d'arena eguale in volume alla sfera delle stelle fisse come supposta da Aristarco, è minore di mille miriadi di numeri ottavi.

dall'astronomo di Samo: sono queste le cose non credibili (οὐκ εὔπιστα, IV, 14, ln. 14) cui accenna al termine del lavoro.

Linguaggio convezionale S'intende la terminologia letterale usata nelle proposizioni, assunzioni e dimostrazioni. Le forme esplicative (ne sono riportate alcune significative ricorrenti) permettono di ricostruire la logica matematica del discorso sviluppato, ma soprattutto introducono alla comprensione del testo, chiarendo come la discussione nei trattati matematici facesse frequentemente ricorso a forme letterali che nella loro concatenazione logica sono soltanto diverse, non certo inferiori, alle espressioni letterali e simboliche oggi in uso. Per i riferimenti posti ad inizio di capitolo non sono riportati i numeri di linea:

Forme letterali di assunzione Espressioni discorsive composte da sostantivi e avverbi a base di supposizioni e che segnano passaggi di sviluppo:
- πρῶτον μὲν (innanzi tutto), I, 8, ln. 17;
- μετὰ δὲ τοῦτο, μετὰ δὲ ταῦτα, ποτὶ δὲ τούτοις (dopo questo, dopo queste cose), I, 8, 9, 10;
- καὶ μὴ μείζονα, μείζονα εἶμεν (e non maggiore, maggiore essere [di]), I, 9, ln. 9; I, 10, 10.

Forme letterali esplicative Espressioni composte da articoli e avverbi chiarificatrici di una proposizione:
- δῆλον (quindi, di conseguenza), ricorrente;
- δῆλον οὖν (è chiaro dunque), III, 8;
- ἐπεὶ γὰρ (poiché infatti), ricorrente;
- ἐπεὶ οὖν (poiché dunque), ricorrente;
- ἐπειδὴ (poiché, dal momento che), I, 6, ln. 6;
- φανερὸν δέ ὅτι (è manifesto che), III, 5, ln. 12, ricorrente;
- ὁμοίως δὲ καὶ (ed anche egualmente), III, 3, ln. 23;
- πάλιν δὲ καί (e ancora), III, 2, ln. 12; III, 3, ln. 22;
- τὸν αὐτὸν δὲ τρόπον (allo stesso modo), III, 2;
- χρήσιμον δὲ εἶμεν ὑπολαμβάνω (ritengo essere utile), III, I, ln. 2;
- χρήσιμον δέ ἐστι καὶ τόδε γιγνωσκόμενον (è utile poi a conoscere anche quanto segue), III, 6;
- τούτων δὲ οὕτως κατωνομασμένων (così definiti [i numeri]), III, 4;
- ὥστε (sicché), di frequente uso.

Forme letterali per misure Espressioni composte da verbi, sostantivi, aggettivi e avverbi relative a misure effettuate;
- τεθέντος οὖν μακροῦ κανόνος (preso un lungo regolo), I, 12;
- εὐθειᾶν ἀχθεισᾶν (condotte rette), I, 13, ln. 1
- ἐλάφθη τι μέγεθος στρογγύλον (presa una certa grandezza rotonda), I, 13, 6;
- δύο κυλίνδρια λαμβανέται λεπτὰ ἰσοπαχέα ἀλλάλοις (presi due cilindri sottili della medesima grandezza), I, 14, ln. 10;
- ταῖς δὴ γωνίαις ταῖς οὕτως λαφθείσαις (così misurati gli angoli presi), I, 16.

Forme verbali di assunzione Verbi adottati per porre proposizioni o convenzioni di base:
- ὑπολαμβάνομες ὥσπερ εἶμεν τὸ κέντρον τοῦ κόσμου (dal momento che supponiamo [che la Terra] coincida approssimativamente col centro del mondo), I, 6, l. 6;
- λαβεῖν τὰν γωνίαν, εἰς ἂν ὁ ἅλιος ἐναρμόζει (prendere un angolo che abbraccia il Sole), I, 10, 14; I, 13, ln. 3;

- φαμὲς δή (affermiamo dunque), I, 7, ln. 12, anche in senso di prima comclusione deduttiva;
- νοείσθω γὰρ ἐπίπεδον ἐκβεβλημένον διά (si consideri infatti un piano passante per), I, 16, 3;
- τούτων δὲ ὑποκειμένων δεικνύται καὶ τάδε (avanzate queste supposizioni si può dimostrare anche questo), II, 1;
- εἴ κα ἦ τι συγκείμενον μέγεθος ἐκ τοῦ ψάμμου (se si raccogliesse una quantità d'arena), II, 4, ln. 2;
- ἔστων οὖν ἁμῖν οἱ μὲν νῦν εἰρημένοι ἀριθμοὶ... πρώτοι καλουμένοι (si definiscano dunque i suddetti numeri... numeri primi), III, 2, ln. 9;
- ἔστων γὰρ οἱ μὲν νῦν εἰρημένοι ἀριθμοὶ πρώτας περιόδου καλουμένοι (si definiscano infatti i numeri ora nominati numeri del primo periodo), III, 4;
- ἐπεὶ δὲ ὑποκείται (e poiché sì è anche supposto), IV, 2;

Forme verbali di conclusione Frasi in cui il verbo assume connotazione conclusiva di proposizioni avanzate:
- τὰς γὰρ ἀποδειξίας... ἐναρμόζει (le dimostrazioni dei fenomeni... si accordano), I, 7, ln. 10; I, 10;
- ἔστι δὴ μείζων ἁ ΘK τᾶς ΔK (la [retta] ΘK è maggiore della [retta] ΔK);
- ὥστε ἁ γωνία (pertanto l'angolo), I, 22;
- ἁ ἄρα BA μείζων ἐστὶ τᾶς ὑποτεινούσας (dunque la retta *BA* è maggiore della corda), I, 22, ln. 15;
δῆλον οὖν, ὅτι μείζων ἐστὶν ἁ τοῦ ἁλίου διάμετρος τᾶς τοῦ χιλιαγώνου πλευρᾶς (è dunque evidente che [il diametro del Sole] è [anche] maggiore del lato del chiliagono), I, 22, ln. 7;
- περὶ μὲν οὖν τῶν μεγεθέων καὶ τῶν ἀποστημάτων ταῦτα ὑποτίθεμαι (sulle grandezze e sulle distanze valgano queste supposizioni), II, 4;
- τούτων δὲ τῶν μὲν ὑποκειμένων, τῶν δὲ ἀποδεδειγμένων τὸ προκείμενον δειχθησέται (supposte queste cose e altre [avendone] dimostrate, sarò a provare quanto proposto), IV, 1;
- δῆλον, ὡς ἐλάττων ἐσσείτατι (è chiaro che il numero [dei grani] d'arena sarà minore), IV, 2, ln. 18;
- φανερὸν τοίνυν, ὅτι τοῦ ψάμμου τὸ πλῆθος τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ τῶν ἀπλανέων ἄστρων σφαίρᾳ... ἔλασσόν ἐστιν (è chiaro dunque che la quantità [di grani] d'arena eguale in volume alla sfera delle stelle fisse... è minore di), IV, 13, ln. 10.

Forme verbali di definizione Frasi in cui il verbo assume connotazione di definizione:
- καλείται κόσμος... ἁ σφαῖρα (è chiamata cosmo... la sfera), I, 4, ln. 17;

Forme verbali di dimostrazione Frasi in cui il verbo assume connotazione di dimostrazione:
- πειρασούμαι τοι δεικνύειν (proverò a mostrarti), I, 3, ln. 12;
- δειχθησέται καὶ ἁ διάμετρος τοῦ ἁλίου μείζων ἐοῦσα τᾶς τοῦ χιλιαγώνου (si dimostra che il diametro del Sole è maggiore del chiliagono);
- ἔστι δὴ μείζων ἁ ΘK τᾶς ΔK, ἐπεὶ ὑποκείται ὁ ἅλιος ὑπὲρ τὸν ὁρίζοντα εἶμεν (poiché s'è supposto il Sole sopra l'orizzonte [la retta] ΘK è maggiore di ΔK), I, 18;
- γὰρ δεδειγμένον ὑφ' ἁμων (infatti è stato da noi dimostrato), I, 19, ln. 10;
- δεδείκται γάρ (è stato infatti dimostrato), IV, 3, ln. 24;
- ἐπεὶ οὖν ἐδείχθη... δῆλον ὅτι (poiché s'è dunque dimostrato ... è [di conseguenza] anche chiaro che), IV, 11.

Breve analisi del lavoro

Dopo i primi accenni alla questione matematica, Archimede ricorda il testo sui numeri inviato a Zeuxippo. Il rapido passaggio e l'espressione usata al principio del libro III quando reitera la citazione già richiamata *affinché anche da parte di coloro che non s'imbattano nel libro indirizzato a Zeuxippo non ne sia impedita la comprensione*, mostra subito il fine del lavoro: non la contestazione delle tesi eliocentriche, ma la possibilità appunto di esprimere grandi numeri accennando di passaggio alla limitazione della scrittura greca nell'esprimere grande numeri: συμβαίνει δὴ τὰ ὀνόματα τῶν ἀριθμῶν ἐς τὸ μὲν τῶν μυρίων ὑπάρχειν ἁμῖν παραδεδομένα, καὶ ὑπὲρ τὸ τῶν μυρίων [μὲν] ἀποχρεόντως ἐγγιγνώσκομες μυριάδων ἀριθμὸν λεγόντες ἔστε ποτὶ τὰς μυρίας μυριάδας.[234]

Esposte varie teorie sulle dimensioni del Sole, della Terra e della Luna (I, 4), sono indicate le tecniche per procedere alle misure angolari del Sole (I, 7 - 15) ed il libro primo si conclude con la considerazione frutto delle esperienze osservative secondo cui il diametro del Sole è maggiore del lato del chiliagono.

Il successivo libro secondo riassume le conclusioni cui si è giunti e segna il passaggio alla seconda fase: la discussione matematica. Significative sono in tal senso le parole con cui si apre: τούτων δὲ ὑποκειμένων δεικνύται καὶ τάδε.[235] Al capitolo quarto vengono introdotte le nuove unità di misura; il seme di papavero (non minore di $^1/_{40}$ di un dito) ed i grani d'arena che si assumono, in volume, di dimensioni non maggiori al seme di papavero.

È quindi introdotto il concetto di «numeri primi» (sino ad una miriade di miriadi), di numeri secondi (miriade di miriadi di «numeri primi») e via continuando di «numeri terzi», «numeri quarti» e «numeri quinti». Qui Archimede s'arresta non prima di aver precisato che: ἀποχρέοντι μὲν οὖν καὶ ἐπὶ τοσοῦτον οἱ ἀριθμοὶ γιγνωσκπομένοι. ἔξεστι δὲ καὶ ἐπὶ πλέον προάγειν.[236]

Quindi (III, 4) si passa alla definizione dei numeri del primo periodo (ἔστων γὰρ οἱ μὲν νῦν εἰρημένοι ἀριθμοὶ πρώτας) e l'ultimo numero del primo periodo è l'unità dei numeri primi del secondo periodo, ed allo stesso modo si definiscono ulteriori serie. Al capitolo quinto è quindi introdotto e spiegato il concetto di numeri disposti in proporzione continuata (ἀνάλογον ἑξῆς κειμένοι) essenziale per il raggruppamento numerico in ottadi. Il concetto viene spiegato ancora al capitolo sesto e al capitolo settimo si procede con un esempio esplicativo e sono tratte le conclusioni del modo di procedere per la serie delle ottadi.

Il libro quarto si apre in modo analogo al libro secondo: τούτων δὲ τῶν μὲν ὑποκειμένων, τῶν δὲ ἀποδεδειγμένων τὸ προκείμενον δειχθησέται[237] e richiamando alcune delle supposizioni precedentemente avanzate (capitoli 1 e 2). Da questo momento in poi inizia la costruzione di sfere di grani d'arena sempre maggiori dopo aver ricordato ancora una volta che le sfere stanno fra loro in rapporto secondo il cubo dei diametri.

L'esposizione di Archimede si fa serrata ed è una stretta applicazione della logica deduttiva come derivante dalle cose sino ad allora avanzate, parte supposte e parte dimostrate. Singolarmente, all'atto delle conclusioni, l'esposizione è – linguisticamente – talmente chiara e semplice da rendere accessibile il testo greco a chiunque con un minimo allenamento: non che Archimede abbia fretta di concludere, ma le proposizioni svolte

234. Così noi numeriamo fino a diecimila e sopra la miriade siamo d'altra parte in grado di esprimere il numero delle miriadi fino alla miriade delle miriadi.
235. Avanzate queste supposizione si possono dimostrare ancora queste cose.
236. I numeri così individuati bastano allo scopo. Ma è evidente che si può ancora continuare.
237. Supposte queste cose e altre avendone dimostrate, sarò a provare quanto proposto.

sono giudicate necessarie e sufficienti per la comprensione da parte dell'interlocutore e di un qualsiasi destinatario.

Si susseguono i costrutti nella forma ἐπεὶ δὲ (poiché infatti), δεδείκται γάρ (ho infatti dimostrato), πάλιν δὲ καὶ (e ancora), φανερὸν οὖν (è chiaro dunque),... Le argomentazioni sono svolte velocemente intercalate spesso dalla forma εἰ δὴ γένοιτο (se dunque si componesse) mostrando la capacità dei numeri ideati di rappresentare grani d'arena compressi in una sfera di dimensioni maggiori di quella immaginata da Aristarco per la sfera delle stelle fisse.

CAPITOLO 2

SCRITTURE NUMERICHE ED UNITÀ DI MISURA

Questo capitolo, sintetico rispetto a quanto esigerebbe la tematica, è dedicato alla composizione della numerazione greca in simbologia letterale come naturalmente presente nell'*Arenario*, una scrittura numerica di tipo additivo, nel senso che numeri complessi si scrivevano scomponendo il numero nelle singole parti di cui era composto (migliaia, centinaia, decine, unità), e non erano molto versatili per l'uso delle matematiche precludendo varie funzionalità.

Data la reperibilità di documentazione,[1] ci si limiterà a rappresentare il nucleo del sistema ed a pochi esempi: alcuni di questi, di autori classici, saranno presentati per offrire un quadro appena più compiuto delle modalità con cui si pervenne a soluzioni simboliche d'ordine letterario. Negli stessi termini sarà visto il problema dello stadio, affrontando la problematicità dell'unità di misura, attesa l'impossibilità di pervenire ad una stima valida ed universalmente condivisa, questione di rilevanza essendo questa l'unità lineare fondamentale adottata nell'*Arenario* per le grandi misure.

Quanto all'origine della numerazione greca, il problema è controverso. Ricordato che non è stata ancora decifrata la scrittura micenea nota come *lineare*[2] A e che solo la *lineare B* ha lasciato individuare collegamenti con il protogreco, se appare naturale che la numerazione si sia sviluppata anche localmente, altrettanto naturale è che risentisse dell'influenza di popoli vicini con cui avvenivano frequenti scambi e confronti. Alcune caratteristiche, prima fra tutte la posizionale, inducono ad ipotizzare un collegamento con la civiltà di Babilonia, altre sembrano rinviare più direttamente all'alfabeto demotico che svolse un ruolo predominante nel basso Egitto intorno al VI secolo, giusto il periodo in cui la prima numerazione (l'attica) si andava formando.[3]

Senza avventurarsi in ulteriori indagini, rinviando ancora alla bibliografia disponibile in materia, ci si limita ad osservare che i frequenti contatti con l'Egitto qualche influenza dovettero senz'altro averne, come induce a credere la comune principale sequenza numerica (1 - 10 - 100 - 1000 - 10 000) e forse anche la grafia della lettera-numero Δ (Δέλτα: Delta) che richiama istintivamente alla mente la foce (il delta) del Nilo.[4] Più dubbia, e fonte di problemi irrisolti, è la relazione con l'alfabeto fenicio; i Greci adattarono quest'alfabeto, ma non ne usarono la simbologia numerica, il che lascia presumere che non ne avessero necessità essendo allora, ma è solo una presunzione, di poco avanzati nelle più elementari matematiche.

Va sottolineato infine, che i testi scientifici di cui disponiamo non sono gli originali, bensì copie effettuate durante il periodo bizantino, e non si è affatto in grado di va-

1. Si vedano: *A History of Greek Mathematics* (T. L. Heath 1921), *Le scienze esatte nell'antica Grecia* (Loria 2003), *Storia della matematica* (Boyer 1990), *Plato by the Numers* Mendell 2009. Per uno studio sulla nascita, evoluzione e valenza del formalismo simbolico matematico, → *Storia e fondamenti della matematica*Borzacchini 2015.

2. Per lineare s'intende «non geroglifica»; → *Minoan linguistic resources: the Linear A digital corpus* (Petrolito Tommaso 2015); per l'evoluzione degli alfabeti dell'area orientale: → *The alphabet tree* (Wilson 2005) e relativa bibliografia.

3. Un evidente segno dell'influenza egiziana è nella scrittura delle frazioni. Per un'origine dell'alfabeto greco → *The Hellenic Alphabet: Origins, use, and early function*, Ragusi 2001.

4. → *The Egyptian origin of the Greek alphabetic numerals* (Chrisomalis 2003); *Systèmes numéraux en Grèce ancienne* (Verdan 2007).

Tabella 2.1: Corrispondenza alfabetica dei caratteri greci (minuscoli e maiuscoli) con i latini; all'ultima riga la sequenza alfabetica greca: le barre verticali distinguono le lettere classiche (sinistra) dalle arcaiche usate in notazione ionica. La lettera ς (s) conosce due tipi di scrittura a seconda che si trovi nel corpo della parola o nella parte terminale di questa come in βασιλεὺς (basileus), in alcune edizioni è rappresentata dal glifo «ϲ». In numerazione ionica (→ tabella 2.4) la lettera esprime il numero 6 ed è rappresentata da «ς′», talvolta da «ϛ′» o da «ϝ»

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
α	β		δ	ε	φ	γ	η	ι	ϑ	κ	λ	μ	ν	ο	π	χ	ρ	ς	τ	υ		ω	ξ	ψ	ζ
Α	Β		Δ	Ε	Φ	Γ	Η	Ι	Θ	Κ	Λ	Μ	Ν	Ο	Π	Χ	Ρ	Σ	Τ	Υ		Ω	Ξ	Ψ	Ζ

α β γ δ ε ζ η ϑ ι κ λ μ ν ξ ο π ρ ς τ υ φ χ ψ ω || ϛ (ϝ) ϟ (ϙ) ϡ

lutare quanto le notazioni matematiche in uso in quel periodo abbiano influenzato, modificandola, l'originaria scrittura dei testi.[5]

Sistemi greci di numerazione

Due sistemi di numerazione alfabetica si susseguirono: l'attico e lo ionico. La simbologia matematica era data principalmente da alcune lettere significative (attico), ovvero da tutte le lettere conformemente alla sequenza alfabetica (ionico): $\alpha = 1$, $\beta = 2$, $\gamma = 3$, $\delta = 4, \ldots$ (tabelle 2.2 e 2.4), modificando o incrementando la simbologia secondo necessità: incorniciando una lettera in un'altra (attico), altrimenti ponendo accanto alle lettere simboli qualora mostrassero carenti ad esprimere quantità numeriche (ionico); in questo caso, si vedrà, si ricorreva anche ad altri accorgimenti. In tabella 2.1 è presentata la corrispondenza fra caratteri latini e greci con riferimento ad una tastiera italiana; si nota l'assenza delle lettere «c» e «v». Prima di enunziare le proprietà dei due sistemi, s'evidenziano le limitatezze di entrambi:

a) in nessuno dei due, come per il sistema di numerazione romana (d'influenza etrusca), si contemplava lo zero diffusosi solamente a seguito delle conquiste arabe;[6]
b) la grafia letterale rendeva difficile eseguire calcoli per incolonnamenti ed era arduo, anche se certo non impossibile, effettuare il riporto almeno come attualmente facciamo e fu questa difficoltà che favorì la diffusione dell'abaco per assolvere alle operazioni di calcolo usualmente necessarie nella vita quotidiana.

Per entrambi i sistemi la simbologia descritta è relativa ai soli numeri cardinali, scrivendosi gli ordinali come parole: alcuni numeri cardinali sono declinabili, lo sono i primi quattro e quelli relativi alle centinaia e migliaia, ovviamente quest'ultimi solo al plurale, secondo le regole della declinazione per ciascuno: singolare, plurale, duale.

Stistema attico (acrofonico)

Detto anche *erodionico* o *ateniese*, è il sistema di numerazione più antico, noto anche come *acrofonico* dalla commistione delle parole ἄκρος (akros: estremo) e φωνή (foné: voce), derivando la valenza simbolica letterale dall'iniziale della parola con cui si

5. Sulle modalità di trasmissioni dei testi scientifici greci → *La transmission des textes mathématiques grecs* (Vitrac 2015).
6. L'uso dello zero in Tolomeo (*Almagesto*) è pura supposizione; il simbolo lì presente, in notazione sessagesimale e non numerica («O» per οὐδέν, nulla), indica che al valore angolare enunziato mancano frazioni di grado, ossia minuti e secondi: → *Consideration of the Greek symbol 'zero'* (Mercier 2004).

individuavano unità, decine, centinaia, migliaia; l'acrofonia è il principio secondo il quale i segni rappresentano il primo suono del nome di una cosa (numero) visivamente raffigurata da un segno (glifo).

Tabella 2.2: Numerazione attica (acrofonica)

Corrispondenza lettere-numeri					
Ι	Π	Δ	Η	Χ	Μ
1	5	10	100	1000	10 000

Ogni lettera che esprime una quantità numerica inizia (salvo due eccezioni) con la prima lettera maiuscola dell'alfabeto relativa alla parola con cui il numero è scritto: la lettera Π, forma maiuscola di π (*p*), è l'iniziale di πέντε (*pente*: 5): talvolta si trova scritta nella forma arcaica Γ (*gamma*); la lettera Δ (*Delta*) è l'iniziale di δέκα (*deka*: 10), la lettera Χ (chi, aspirato), forma maiuscola di χ e da non confondere con la maiuscola latina di quasi simile grafia, è l'iniziale di χίλιοι (*chilioi*: 1000), la lettera Μ è l'iniziale di μύριοι (*mïrioi*: 10 000). Rappresentava un'eccezione al sistema la lettera Η (100) iniziando l'omonima parola ἑκατόν (*ekaton*) con la ε (*epsilon*) e non con la η (*eta*), ma forse ἡκατόν era espresione di una scrittura arcaica. L'unità base (il numero 1) era rappresentata da una lineetta verticale simile alla nostra «i» maiuscola (I) ripetuta, come nella numerazione romana, anche sino a quattro volte per significare le unità relative: era questo l'unico segno non acrofonico.[7]

Prendendo a riferimento i segni convenzionali basilari (tabella 2.2), ne furono introdotti altri (tabella 2.3) combinandoli fra loro e generandone pochissimi di nuovi ottenuti o dalla somma di precedenti (ΔΔΔΔ per 40) o da incastonamenti figurati di preesistenti: 𐅄 per indicare 50, 𐅅 per 500, 𐅇 per 50 000 e così via. In questo modo era un poco più agevole comporre numeri per rappresentare grandi quantità numeriche.

Si applicavano cioè elementari regole di moltiplicazione ed addizione: se 5 vale Π e 100 vale Η, 500 è dato dal prodotto di 5 (Π) per 100 (Η) = 500 (𐅅); per l'addizione è lo stesso: il numero 53 178 è reso da 𐅇ΧΧΧΗ𐅄ΔΔΠΙΙΙ essendo così scomponibile: 50 000 (𐅇) + 3000 (ΧΧΧ) + 100 (Η) + 70 (𐅄ΔΔ) + [5 (Π) + 3 (ΙΙΙ)]). Un ulteriore esempio: l'anno di nascita di chi scrive è il Χ𐅅ΗΗΗΗΔΔΔΔΠΙ (1946), la sua età al ΧΧΔΠΙ (2016) è di anni 𐅄ΔΔ (70). Della sopralineatura operata si dirà a breve.

È evidente l'assenza di praticità di un sistema che richiedeva molte lettere solo per esprimere un numero della famiglia delle decina di migliaia: 99 999, la massima cifra esprimibile rappresentata da 𐅇ΜΜΜΜ𐅆ΧΧΧΧ𐅅ΗΗΗΗ𐅄ΔΔΔΔΠΙΙΙΙ, è una serie letterale infinitamente lunga, e se la numerazione non era pratica nella scrittura lo era ancora meno nella pronuncia: leggere il numero è impossibile se non scomponendolo vocalmente in una filastrocca di decine di migliaia, centinaia, decine ed unità. Queste difficoltà confinarono presto l'uso del sistema di numerazione alle epigrafi, favorendo la nascita di un più snello sistema.

Sistema ionico

Il sistema di numerazione si affaccia fra il VI e il V secolo e s'impone durante l'ellenismo per i testi di geometria, matematica, astronomia grazie alla diffusione della notazione usata dagli scriba della biblioteca di Alessandria. La numerazione, sempre basata su lettere dell'alfabeto greco,[8] soppiantò presto l'attica per la sua relativa semplicità.

7. Considerando la sequenza quinaria Π Δ Η Χ Μ, una fonte autorevole deduce la non appartenenza della numerazione al sistema decimale (Verdan 2007). Si ritiene al contrario piuttosto naturale ammettere che la sequenza si prospetti come un'espressione sintetica delle più rilevanti cifre in uso, senza per nulla inferire alla base decimale della numerazione. Il sistema, oltre che nelle epigrafi, era usato nel conto monetario dove il segno I esprimeva un obolo ($^1/_6$ della dracma) e il segno Χ un χαλκός (*chalkos*), ($^1/_8$ d'obolo).

8. Boyer fa coincidere la nascita della numerazione con il periodo alessandrino (Boyer 1990, pagina 147), ma se è vero che nel periodo si assiste all'ufficializzazione e diffusione del sistema numerico,

Tabella 2.3: Numerazione attica «estesa» (VI secolo a.C.)

Corrispondenza lettere-numeri						
I	II	III	IIII	Π	ΠI	ΠII
1	2	3	4	5	6	7
ΠIII	ΠIIII	Δ	ΔΔ	ΔΔΔ	ΔΔΔΔ	𐅄
8	9	10	20	30	40	50
𐅄Δ	𐅄ΔΔ	𐅄ΔΔΔ	𐅄ΔΔΔΔ	H	HH	HHH
60	70	80	90	100	200	300
HHHH	𐅅	𐅅H	𐅅HH	𐅅HHH	𐅅HHHH	X
400	500	600	700	800	900	1000
XX	XXX	XXXX	𐅆	𐅆X	𐅆XX	𐅆XXX
2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
𐅆XXXX	M	MM	MMM	MMMM	𐅇	𐅇M
9000	10 000	20 000	30 000	40 000	50 000	60 000
𐅇MM	𐅇MMM	𐅇MMMM				
70 000	80 000	90 000				

Pur non essendo il massimo della semplificazione, consentiva di esprimere grandi numeri: 99 999, in attico 𐅇MMMM𐅆XXXX𐅅HHHH𐅄ΔΔΔΔΠIIII, diviene in ionico ͵ϙ͵ϑϡϙϑ′ e ci si può estendere sino a 999 999: ͵ϡ͵ϙ͵ϑϡϙϑ′; in seguito invalse anche l'uso di altre scritture: 17 564 può trovarsi scritto sia come ͵ι͵ζφξδ′ ovvero α̈͵ζφξδ′, dove α̈ specifica il numero 10 0000, la miriade (appresso).

La carenza di lettere, ancora però inidonee a rappresentare un sistema sufficientemente compiuto secondo i criteri d'impostazione, comportò la necessità di aggiungerne ulteriori recuperate dall'alfabeto arcaico (tabella 2.1 ultima riga, lettere dopo la doppia barra): la *stigma*[9] per il numero 6: ϛ′ (od anche il *digamma*: ϝ);[10] la *koppa*,[11] di origine fenicia, in questa scrittura ϟ ovvero in quest'altra ϙ per formare numeri multipli di 10 e sino a 90 di modo che, ad esempio, 94 apparisse scritto ϙδ′; la *sampi*[12] per il numero 900 in questa scrittura ϡ′ o 900 000 in quest'altra ͵ϡ. Le lettere riportate in tabella 2.4, sono quelle che permettono di esprimere numeri sino a 999 999. Varie edizioni filologiche utilizzano ancora vari altri simboli non sempre di certa evidenza.

Ammesso un sistema a base decimale (*supra*), si assegnarono alle unità da 1 a 9 le prime lettere dell'alfabeto e (assente lo zero) il numero 10 si scrisse con la lettera successiva al 9 (ϑ′ *theta*): uno ι (*iota*) accompagnato da un segno distintivo (ι′), assegnando poi altre lettere per le decine e le centinaia. Quando le lettere a disposizione (da 1 a 900), ossia dalla lettera α′ (*alpha*: 1) alla lettera ϡ′ (*sampi*: 900) si esaurirono, si ricominciò con la lettera α (ora ͵α) proseguendo sino alla lettera ϡ (ora ͵ϡ) aggiungendo a questi segni esponenti o deponenti per significarne un diverso valore. Quindi ι (iota) divenne ι′ per 10 e ͵ι per 10 000; ρ (*rho*) divenne ρ′ per 100 e ͵ρ per 100 000, ecc. Poiché ad

evidenze di questo risalenti al 700 sono presenti a Mileto, ragion per cui la numerazione ionica è detta anche milesia. Questa numerazione è utilizzata nelle edizioni filologiche dell'Iliade e dell'Odissea per la suddivisione dei singoli libri, così individuati secondo un'usanza risalente a Zenodoto: lettere maiuscole per l'Iliade, minuscole per l'Odissea; analogo procedimento è applicato alle opere di Aristotele.

9. In origine una legatura delle lettere ς e τ, talvolta era usata anche la sequenza στ o ΣΤ.

10. Dal greco arcaico δίγαμμον, detta anche «vau» usata nella forma maiuscola Ϝ o minuscola ϝ, ha origini sconosciute, forse anticamente Ϝαυ. Fu chiamata digamma (doppia gamma) per il suo aspetto. È attestata in varie iscrizioni del greco arcaico.

11. La lettera corrisponde (approssimativamente) alla latina «Q».

12. Di origine incerta, fu utilizzata in principio per i suoni *ts* o *ss* ma preso abbandonata.

Tabella 2.4: Numerazione ionica

Corrispondenza lettere-numeri								
α′	β′	γ′	δ′	ε′	ϛ′ (ς′)	ζ′	η′	ϑ′
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ι′	κ′	λ′	μ′	ν′	ξ′	ο′	π′	ϙ′
10	20	30	40	50	60	70	80	90
ρ′	σ′	τ′	υ′	φ′	χ′	ψ′	ω′	ϡ′
100	200	300	400	500	600	700	800	900
͵α	͵β	͵γ	͵δ	͵ε	͵ϛ (͵ς)	͵ζ	͵η	͵ϑ
1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
͵ι	͵κ	͵λ	͵μ	͵ν	͵ξ	͵ο	͵π	͵ϙ
10 000	20 000	30 000	40 000	50 000	60 000	70 000	80 000	90 000
͵ρ	͵σ	͵τ	͵υ	͵φ	͵χ	͵ψ	͵ω	͵ϡ
100 000	200 000	300 000	400 000	500 000	600 000	700 000	800 000	900 000

ogni lettera corrispondeva un valore in funzione della posizione occupata nell'alfabeto (relativa cifra), la simbologia fu detta anche *posizionale*.

Con l'aggiunta dei 3 segni (*stigma*, *coppa*, *sampi*) alle 24 lettere fonetiche, si formò un sistema numerico di 27 simboli distinto in tre categorie di 9 elementi ciascuna, relative alle unità e alle migliaia, alle decine e decine di migliaia, alle centinaia e centinaia di migliaia. L'accorpamento era la naturale conseguenza del tipo di lettere usate e della relativa attribuita simbologia.

Numeri seguenti il 10 (ι′) si composero poi iniziando da capo secondo l'ordine alfabetico a partire dalla lettera che rappresenta la decina (ι′) aggiungendo l'unità voluta. Il numero 11 (una decina ed un'unità) fu rappresentato da ια′ $(10+1)$, il numero 12 da ιβ′ $(10+2)$, ... e raggiunta la ventina (κ′) si ricominciò da capo: 21 è κα′ $(20+1)$, 22 è κβ′ $(20+2)$, 23 è κγ′ $(20+3)$ e così via.

Scritte in origine in caratteri maiuscoli (ΕΤΞΔ per 5364), le lettere non furono all'inizio accompagnate da segni grafici distintivi delle singole cifre alfabetiche, sicché risultava non agevole riconoscere un numero in una sequenza di lettere, distinguere questa da altre che formavano parole di senso compiuto, anche se dall'incompiutezza letterale di gruppi di lettere si deduceva la presenza numerica.

Sempre durante il periodo alessandrino, s'iniziò ad adottare la convenzione di sopralineare gruppi di lettere. Il numero 17 564 $(10\,000 + 7000 + 500 + 60 + 4)$ $\overline{\text{M𐅆XX𐅅𐅄ΔIIII}}$ (scrittura attica) divenne ͵Ι͵ΖΦΞΔ′ (maiuscola ionica) ovvero, raramente, $\overline{\text{ΙΖΦΞΔ}}$, ovvero ͵ι͵ζφξδ′ (minuscola ionica), ovvero ancora, come ricordato, ricorrendo al simbolo della miriade M (10 000) del sistema attico completando il numero con lettere milesie poste sopra il simbolo (appresso). Sostituendo la sopralineatura con segni che evidenziassero lettere che esprimevano numeri, si comprendeva subito se si trattasse di unità, decine, centinaia, ... La successiva invenzione della stampa, che necessitava di chiarezza ed omogeneità, diffuse talmente l'uso che è ancora vigente per le edizioni critiche dei testi scientifici classici.

Occorreva però individuare segni diversi dagli accenti acuti e gravi di cui la lingua greca abbonda assieme agli spiriti dolci, aspri e allo iota sottoscritto potendo una lettera apparire anche nella forma «ᾗ», e si ricorse ad un nuovo simbolo, il κεραίος (keraios: corno) posizionato in basso ovvero in alto, un tipo d'accento che si distingue per inclinazione e grafema leggermente diverso. Secondo la lettera impegnata, a sinistra

Tabella 2.5: Numerazione ionica: varianti di scrittura

Varianti di scrittura per il numero 320 560 secondo la numerazione ionica			
Ionica classica	Ionica I variante	Ionica II variante	Ionica III variante
͵τ͵κφξʹ	$\overset{\lambda\beta}{\mathrm{M}}$φξʹ	τ̈͵κφξʹ	λβʹ M.φξʹ

o a destra, in basso o in alto, il segno rappresenta le unità, le decine, le centinaia, . . .

Tipo d'accento e posizione mutano a partire dal numero 1000 (͵α): da esponente a deponente. I numeri 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 divengono αʹ, βʹ, γʹ, δʹ, εʹ, ϛʹ, ζʹ, ηʹ, ϑʹ; la decina ιʹ; la centinaia ρʹ; la migliaia ͵α; la decina di migliaia ͵ι; la centinaia di migliaia ͵ρ. In ulteriore numerazione d'esempio, 164 - 3567 - 10 673 - 109 679, divengono ρξδʹ - ͵γφξζʹ - ͵ιχογʹ - ͵ρ͵ϑχοϑʹ: leggendo la sequenza è agevole risalire al numero. Le cifre letterali sono sempre scomposte in ordine decrescente: centinaia di migliaia, decine di migliaia, migliaia, centinaia, decine, unità; 200 444, espresso da ͵συμδʹ, è considerato nella composizione dei gruppi: 200 000 (͵σ), 400 (υʹ), 40 (μʹ), e 4 (δʹ).

Le miriadi

La limitatezza alfabetica era comunque un problema: l'avervi ovviato con la ripetizione delle lettere su cui erano apposti segni distintivi caratterizzanti, se era rispondente alle necessità di calcolo civile, non soddisfaceva affatto il calcolo matematico per cui necessitavano soluzioni essendo frequente esprimere numeri di notevole grandezza specie con riferimento alle distanze astronomiche.[13]

S'introdussero così per grandi numeri simbologie integrative come la maiuscola M del sistema attico per indicare le decine di migliaia (la *miriade*), ovvero altri segni posti su questa lettera o altre combinazioni: per il numero in tabella 2.5 (320 560), accanto alla scrittura classica in prima colonna, compaiono alcune varianti.[14]

Il numero in seconda colonna è dato dalla miriade (M) sopra cui λ (*lambda*) e β (*beta*) indicano il numero di volte per cui la miriade va moltiplicata: poiché λ vale 30 e γ vale 2, si ha $(10\,000 \cdot 30) + (10\,000 \cdot 2) = 320\,000$, cui si aggiunge 560 (φξʹ).

In terza colonna le centinaia di migliaia (300 000) sono rappresentate dalla lettera τ̈ sormontata da due puntini superiori simili a quelli della umlaut in uso per alcune vocalizzazioni della lingua tedesca; la parte restante del numero (20 560) è data dalle lettere che seguono.

In quarta colonna λβʹ (32) è moltiplicato per la miriade aggiungendo 560 (φξʹ): il puntino in pedice (.) non è un segno di moltiplicazione come talvolta usato in moderna notazione matematica, bensì di addizione.

Un ulteriore esempio: il numero 6 690 000 scritto $\overset{\chi\xi\vartheta}{\mathrm{M}}$, è dato dal prodotto degli esponenti (detti così in sintesi) per la miriade e sommando i valori ottenuti ricavati: $(10\,000 \cdot 600\,000) + (10\,000 \cdot 60\,000) + (10\,000 \cdot 9) = 6\,690\,000$.

Si potevano anche dare scritture di dubbia interpretazione come $\overset{\overset{,\varrho,\varepsilon\eta}{\eta}}{\mu}$.[15]

13. Della limitatezza del conteggio sino alla miriade è cenno nell'*Arenario*, III, 2, ln. 6R.

14. Come s'intuisce, il termine miriade possedeva in greco altro significato da quello oggi attribuitogli ove individua un numero di grandezza indefinita. Nel Sistema Internazionale delle Unità di Misura, abbreviazione in *miria*, indica il multiplo di 10 000.

15. L'espressione numerica è in Ippolito, (170-235 d.C) a proposito della distanza del circolo lunare dalla superficie terrestre, dallo stesso attribuita ad Aristarco: *ἀποστημα δὲ ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς ἐπὶ τὸν σεληνειακὸν κύκλον ὁ μὲν Σάμιος Ἀρίσταρχος ἀναγράφει* (Ippolito romano 1885, *Hippolytus, Cyprian, Caius, Novatian*, pagina 66). L'espressione non compare in alcun luogo del lavoro *Sulle grandezze e distanze*

Tabella 2.6: Miriadi e classi di miriadi

Alcune espressioni di valori numerici che considerano come base la miriade										
$\overset{\alpha}{\mathrm{M}}$	$\overset{\beta}{\mathrm{M}}$	$\overset{\gamma}{\mathrm{M}}$		$\overset{\iota}{\mathrm{M}}$	$\overset{\iota\alpha}{\mathrm{M}}$	$\overset{\iota\beta}{\mathrm{M}}$	$\overset{\iota\gamma}{\mathrm{M}}$		$\overset{\varkappa}{\mathrm{M}}$	
10 000	20 000	30 000	ecc.	100 000	110 000	120 000	130 000	ecc.	200 000	ecc.

Il sistema delle miriadi, consentiva scritture inaccessibili col solo sistema ionico, e le cifre erano espresse da relativamente poche lettere mentre il risultato era sempre dato dal prodotto della miriade (M) per i valori delle lettere soprascritte: $10\,000 \cdot (2, 3, 4\ldots)$, sommando eventualmente altri valori. Gli esempi riportati, con l'ovvia eccezione del numero 6 690 000, si riferiscono tutti alla cosiddetta *prima miriade* (πρώτη μυριάς: protè mürias) di cui alcuni valori di base sono riportati in tabella 2.6; la *miriade prima* permetteva cioè di esprimere numeri fino a $9999 \cdot 10\,000$, ossia 99 990 000.

Seguiva la classe della *miriade seconda* (δεύτερια μυριάς: deuteria mürias), costituita dai multipli di una miriade di miriadi, contenente cioè i numeri della serie 100 000, 200 000, 300 000, 400 000... sino al prodotto di $9999 \cdot 100\,000\,000 = 999\,900\,000\,000$. Seguiva la classe delle miriade terze, quarte, ...

Le ottadi

Per esprimere notevoli grandezze numeriche, Archimede espone nell'*Arenario* un sistema fondato sulle *ottadi*, probabilmente meglio descritto nel perduto lavoro indirizzato a Zeuxippo di cui si è detto al capitolo precedente a proposito dei lavori perduti. Archimede definisce «numeri primi» quelli che vanno sino ad una miriade di miriade, nomina poi «numeri secondi» la miriade di miriadi di numeri primi, «numeri terzi» quelli relativi ad una miriade di miriadi di numeri secondi,... e continua sino alle miriadi di miriadi di numeri centomilionesimi che, in notazione moderna, sono dati da $10^{8 \cdot 10^8}$: il numero 1 seguito da 800 milioni di zeri.

Le tetradi

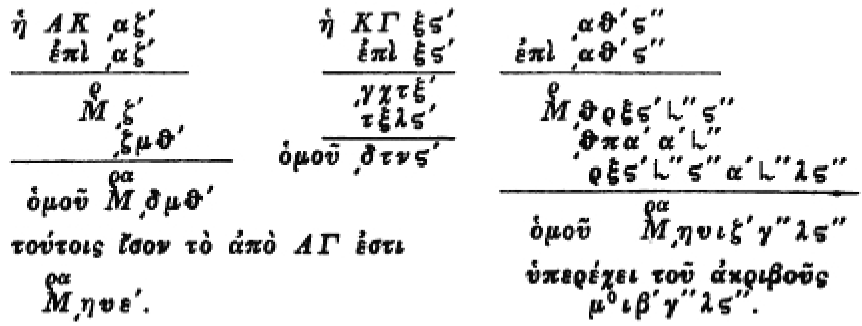
Apollonio di Perga, più giovane di Archimede di qualche decina d'anni, introdusse un altro sistema che operava su potenze successive della miriade e sostituì le ottadi con le *tetradi*.[16] Apollonio chiamò monadi (μονάδες: monadès, unità) indicando con μ^α i numeri compresi fra 1 e 10 000; i multipli di 10 000 ma non superiori a 100 000 costituiscono la seconda classe indicata col segno μ^β; i multipli di $10\,000^2$ ma non superiori a $10\,000^3$ costituirono la terza categoria individuati dal simbolo μ^γ e via dicendo. Apollonio sfruttò cioè l'impostazione di Archimede delle ottadi, ma nella nuova prospettazione diede alle stesse una valenza pratica più adatta alla matematica, tanto è vero che il suo procedimento fece dimenticare presto quello archimedeo.

---

del Sole e della Luna e, data la scarsa vocazione scientifica di Ippolito, è persino azzardato ipotizzare il riferimento ad opere perdute dell'astronomo di Samo, dal momento che la fonte principale di riferimento di Ippolito è il *Contra astrologos* di Sesto empirico, un filosofo scettico a lui contemporaneo.

Un curatore di un'edizione di Ippolito (Philip Schaff, *Hippolytus, Cyprian, Caius, Novatian*, Ippolito romano 1885, pagina 66), interpreta la simbologia letterale come 8 000 178. Anche altri esprime conformemente il numero, ma sembra che due sole possano essere le letture possibili: a) ammesso per η il valore di 8 e per μ (andrebbe scritto M) il valore di 10 000, si ha 80.000 cui si aggiunge 158 ($\rho\epsilon\overline{\eta}$), scrittura corretta $\rho\nu\eta'$, quindi 80 158; b) ovvero (tabella 2.6) attribuendo ad η il valore di 80 000 e moltiplicando per 10 000 si ottiene 800 000 000 cui aggiungeremo come al solito 158; si è in ogni caso distanti dalla cifra proposta.

16. La descrizione è nella *Collectio* (Pappo 1878, libro II, pagine 2-4).



ἡ ΑΚ ͵αζʹ
ἐπὶ ͵αζʹ
$\overset{\varrho}{M}$ ͵ζʹ
͵ζμθʹ
ὁμοῦ $\overset{\varrho\alpha}{M}$ ͵δμθʹ
τούτοις ἴσον τὸ ἀπὸ ΑΓ ἐστι
$\overset{\varrho\alpha}{M}$ ͵ηυεʹ.

ἡ ΚΓ ξϛʹ
ἐπὶ ξϛʹ
͵γχτξʹ
τξλϛʹ
ὁμοῦ ͵δτνϛʹ

͵αθʹϛʺ
ἐπὶ ͵αθʹϛʺ
$\overset{\varrho}{M}$ ͵θρξϛʹ∟ʺϛʺ
͵θπαʹ αʹ∟ʺ
ρξϛʹ∟ʺϛʺαʹ∟ʺλϛʺ
ὁμοῦ $\overset{\varrho\alpha}{M}$ ͵ηυιζʹγʺλϛʺ
ὑπερέχει τοῦ ἀκριβοῦς
μ° ιβʹγʺλϛʺ.

Figura 2.1: Esempio di scrittura numerica e d'incolonnamento per somme. Dai *Commentaria in Archimedem* di Eutocio; Heiberg 1880-1881, III, pagina 296

Scrittura di operatori matematici

In conclusione, qualche parola sulla scrittura di alcuni operatori matematici con esempi tratti da testi del periodo classico, inclusi alcuni cenni sulle frazioni, sui vari modi di scrittura di queste che si riscontrano presso diversi autori classici. Cominciamo da queste ultime. In origine furono adoperate soltanto frazioni con a numerazione l'unità:

$$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \ldots$$

dette μόρια (moria) o anche frazioni fondamentali, mentre la loro rappresentazione conobbe nel tempo numerose varianti: $^1\!/_2$, ad esempio, poteva essere rappresentato come βʹ, notazione sufficiente finché si aveva a che fare con un numeratore unitario, ma una frazione scritta ξβʹ poteva esprimere tanto

$$60 + \frac{1}{2} \quad \text{quanto} \quad \frac{1}{62}$$

e soltanto il senso del discorso poteva chiarire il tipo di frazione cui ci si riferiva. A complicare la cose si aggiunge che spesso un numero era considerato come la differenza fra parti intere e parti frazionate, sicché per dover esprimere ad esempio il valore della radice quadrata di 397 poteva trovarsi scritto quanto appresso riportato in notazione matematica moderna:

$$\sqrt{397} = 20 - \frac{2}{30} = 19,93 \text{ (arrotondamento)}$$

Si aggiunge ancora che la scrittura delle frazioni era dissimile dall'attuale, dal momento che numeratore e denominatore erano invertiti: denominatore sopra e numeratore sotto, sicché una frazione nella (improbabile) scrittura:

$$\frac{\varkappa\digamma'}{\tau\xi'} \text{ va letta } \frac{360}{26} \text{ e non } \frac{26}{360}.$$

Un'ulteriore forma di scrittura si poteva trovare in altra espressione come di seguito mostrato; in questo caso il numeratore è evidenziato con una sopralineatura delle cifre, mentre il denominatore è scritto in sequenza nella consueta notazione:

$$\overline{\mu\delta}\ \pi\eta' = \tfrac{44}{88}$$

Né questi erano gli unici metodi di rappresentazione, altri trovandosene e distinti quasi per ogni autore presentandosi le frazioni anche letteralmente scritte, come si rinviene in Archimede che scrive δέκα οα′′ per indicare il valore di $^{10}/_{71}$, e ancora può trovarsi (la fattispecie ricorre in Erone) che

$$\frac{4}{5} \text{ sia rappresentato da: } \delta' \quad \varepsilon'' \quad \varepsilon''$$

dove la prima ε′′ assume la funzione di separatore fra nominatore e denominatore, un uso come si nota, variante da scrittore a scrittore. Sempre in Erone (*Metrica*) si trovano anche le seguenti espressioni ∠ $= {}^1/_2$ e ν′ = $^1/_4$. Le frazioni incontrarono un'ulteriore mutazione quando ci si trovò ad avere a che fare col sistema sessagesimale com'è frequentemente nell'*Almagesto*.

Una notevole innovazione nella simbologia fu apportata da Diofanto che introdusse significative simbologie. È sua la simbologia dell'incognita «ς» oggi individuata dalla «x», nonché di altre proprie dell'elevazione a potenza: Δ^y per x^2 dove la lettera Δ è l'iniziale della parola δύναμις (potenza); K^y per x^3 dove la lettera K è l'iniziale di κύβος (cubo) sino ad x^6 espresso da K^y K.

Quanto ai vari segni (addizione, sottrazione, divisione e moltiplicazione), raramente si trovano indicati simboli preferendosi piuttosto una significativa espressione letterale: *è uguale a*, *è maggiore di*; e quando i simboli si trovano usati non hanno la stessa valenza odierna. In Diofanto, ad esempio, il segno «+» è usato per indicare la sottrazione e non l'addizione, mentre quest'ultimo simbolo si trova in alcuni scritti arabi. Per giungere ad una parvenza di notazione moderna occorre attendere il XV secolo e Luca Pacioli quando si cominciarono ad utilizzare i simboli «p̄» e «m̄» come abbreviazione di *plus* e *minus*. Anche le radici erano espresse in forma letterale: τὰ x_{volte} ἐφ᾽ ἑαυτά.

Nelle somme, anche se come detto all'inizio era arduo effettuare il riporto, erano tuttavia previsti gli incolonnamenti come dall'esempio qui riportato dove si è esaltato lo spazio fra la ρ e la ϑ per esigenze d'incolonnamento:

scrittura greca	͵εχοη′	5678	corrispondente moderna
scrittura greca (spaziatura introdotta)	ρ′ ϑ′	109	
risultato somma	͵εψπζ′	5787	

e similarmente lo stesso processo avveniva per la sottrazione.

La moltiplicazione era frequentemente espressa in forma letterale: ἐπὶ (epì) per il simbolo $\cdot$ sicché si poteva dare ρκγ′ [ἐπὶ] κβ′ [=] ͵βψϛ′ $(123 \cdot 22 = 2706)$.

Per il linguaggio matematico nell'*Arenario*, si rinvia alla pagina 66.

Unità di misura lineari

Individuare un valore omogeneo per una qualsiasi delle unità di misura lineari vigenti nel mondo di lingua greca è impresa ardua, dal momento che, come avveniva in Occidente sino alla prima metà dell'Ottocento, queste variavano localmente.

Intorno al VI secolo, per via degli scambi commerciali, le unità di misura risentirono dell'influenza di terre confinanti quali quelle dell'impero persiano;[17] anche se va però notato che già all'inizio del V secolo Atene disponeva di un proprio sistema di

17. Per una sorta di deferenza al *re dei re* di quelle terre, furono adottate grandezze maggiori definite *regali*; l'unità di misura era accresciuta secondo il valore in uso nelle terre persiane.

Tabella 2.7: Misure fondamentali (frazioni e multipli del piede greco); ricostruzione da varie fonti

Nome greco	Nome italiano	Piede (frazioni/multipli)	Unità metrica
δάκτυλος	dito	$^1/_{16}$	0,0185 m
κόνδυλος	condilo	$^1/_8$	0,037 m
παλαιστή/δῶρον	palmo	$^1/_4$	0,074 m
ἡμιπόδιον/διχάς	mezzo piede	$^1/_2$	0.148 m
σπιθαμή	spanna	$^3/_4$	0,222 m
πούς	piede (attico)	1	0,296 m
πυγμή	pugno	$^9/_8$	0,333 m
πυγών	braccio	$^5/_4$	0,370 m
πῆχης	cubito	$1 + ^1/_2$	0,444 m
βῆμα απλοῦν	passo «semplice»	$2 + ^1/_2$	0,740 m
ὀργυιά	tesa (orgia)	6	1.776 m
ἄκαινα/κάλαμος	pertica	10	2.96 m
ἅμμα	catena	60	17,76 m
πλέθρον	plettro	100	29.60 m
στάδιον	stadio	600	177,6 m
παρασάγγης	parasanga	30 stadi	5328 m
Altri valori delle unità di misura fondamentali vigenti in area greco-orientale			
πούς	piede (eginetico)	1	0,328 m
πούς	piede (filetero)	1	0,33 m
στάδιον	stadio (reale)	600	198 m
πούς	piede (olimpico)	1	0,32045 m
στάδιον	stadio (olimpico)	600	192,27 m

pesi e misure ufficializzate da incaricati preposti al controllo dei confini dei terreni e della consegna delle merci tramite apposite figure: gli ἀγορανόμοι (ispettori di mercati), i μετρόνομοι (ispettori di pesi e misure); esistevano cioè misure campione, σύμβολα (i simboli), con valore legale esposte in pubblico ad Atene (al Pireo) già dal II secolo. A Creta, l'antica Γόρτινα (Gortina), è stato trovato il calibro di un "piede" risalente al V secolo che ne testimonia il valore per una lunghezza superiore ai 29 cm. A seguito delle conquiste di Alessandro, le misure greche (specie il piede) si diffusero restando vigenti in area bizantina fino alla sua fine (Costantinopoli 1453).

Caratteristica di queste misure era l'essere sviluppate su parti del corpo umano (dito, piede e relative frazioni e multipli), e questo comportava lunghezze localmente variabili; fra i multipli del piede rilevanza assumevano il πῆχυς (cubito) e lo στάδιον (stadio): il primo, di lunghezza pari ad un piede e mezzo (0,444 m), era detto «piccolo cubito» per differenziarlo dal cubito reale di circa tre dita più lungo.

Anche l'orgia (o tesa) derivava da misure del corpo umano e la sua lunghezza ($\sim 1,776$ m) equivaleva approssimativamente alla massima distanza delle punte delle dita a braccia tese, misura che doveva essere la base dello stadio marino: appresso. Vanno ancora ricordati il piede attico soloniano di 0,296 m, il piede olimpico di 0,320 m da cui derivava lo stadio olimpico di 192,27 m. Questa la sistematizzazione ufficiale del mondo greco-attico che si trasmise in seguito al mondo romano.

Nella Grecia occidentale ed anche in alcune colonie d'Italia, si affermò invece il sistema dorico noto dalle tavole di Eraclea, un'antica colonia greca nei pressi di Taranto, ove sono state trovate tavole in bronzo risalenti a circa il 280 a.C. che riportano due decreti municipali relativi a misure di lunghezza in uso nelle colonie greche d'Occidente: il πούς (piede) era comunque costituito dalla misura già stabilita ad Atene (0,296 m) conformemente al piede attico soloniano. Il piede «tolemaico» fu diffuso in regioni della Libia sotto la dinastia dei Tolomei; si ha notizia anche di un piede «druso» vigente nelle terre germaniche conquistate da Roma.[18]

In rete è disponibile, per l'OS Windows, un programma per la conversione da unità greche al sistema metrico decimale e viceversa.[19]

Lo stadio

Se la comune unità di misura per le grandi distanze era lo stadio, l'unità che derivò il nome dalla lunghezza dell'arena in cui si svolgevano giochi e gare, questo variava però zonalmente in funzione di unità di minore grandezza (sottomultipli); i testi che ne riportano il valore sono in disaccordo fra loro secondo la località geografica considerata.[20] Significativo in proposito un passo pliniano nella *Naturalis historia*:

> *siluarum longitudo est schoeni XX, latitudo dimidium eius. schoenus patet Eratosthenis ratione stadia XL, hoc est p. V, aliqui XXXII stadia singulis schoenis dedere*.[21]

Rinviando alle stime della circonferenza terrestre effettuate dai predecessori di Archimede e da autori a lui contemporanei (Eratostene), assumendo lo stadio ad unità di misura com'è nell'*Arenario* (I, 8, ln. 19), si fa presente che Plinio si limita ad esporre asetticamente i diversi criteri di stima di stadio, scheno e parasanga[22] senza mai risolversi a chiarire univocamente alcuna di queste unità di misura.[23]

Risulta allora naturale che lo stadio è un'unità di misura riconducibile a quelle che oggi nel SI si chiamano «derivate», derivando il valore da unità minori, il prodotto della moltiplicazione del «piede» per «un certo numero di volte»: se seicento piedi greci

---

18. Citazione a memoria da un passo di Igino non rintracciato.
19. Διόφαντος (Loizos 2010).
20. Le fonti riportano anche di uno «stadio marino» di diversa misura; il passo è in Tucidide, nella *Guerra del Peloponneso*: *ὁ Ὠρωπὸς τῆς τῶν Ἐρετριῶν πόλεως θαλάσσης μέτρον ἑξήκοντα σταδίους* (Oropo dista dalla città degli Eretri sessanta stadi marini; Tucidide 2011, lb. VIII, 95, 3). Le località, misurata la distanza dagli attuali massimi punti interni delle baie, distano attualmente $\sim 7,68$ km, deducendosi una misura dello stadio marino in 128 m, abbastanza inferiore allo stadio terrestre secondo la misura riportata in tabella a fronte. L'unità di misura dello stadio marino sembra coincidere con la tesa (o orgia) di lunghezza di 1,776 m, infatti 72 tese corrispondono a 127,87 m, misura assai prossima a 128.
21. La lunghezza dei boschi è di 20 scheni, la larghezza la metà. Secondo il «calcolo di Eratostene» uno scheno vale 40 stadi, cioè 5 miglia romane, secondo altri vale 32 stadi (Plinio 2010, libro XII, cap. 30). Lo scheno (σχοῖνος) valeva 0,355 m ed era suddiviso in 30 passi (ὀρέγματα), ciascuno di 1,184 m; l'όρεγμα (il passo) era a sua volta suddiviso in 4 piedi.

   A proposito della citazione pliniana, Lucio Russo avanza l'ipotesi di una ridefinizione dello stadio da parte dell'Alessandrino interpretando *Eratosthenis ratione* non «secondo il calcolo», bensì «secondo il rapporto» di Eratostene (Russo 1996a, pagina 317). L'autore evidenzia ancora le proprietà singolari del numero: se si tolgono gli ultimi due zeri, esso è divisibile per i numeri naturali da 1 a 10, il minimo comune multiplo è infatti 2520, un numero «duttile» questo, un *conveniente sottomultiplo del meridiano* (*ibidem*), da poter essere facilmente utilizzato nei calcoli, come quelli relativi alla navigazione. Già era stato mostrato che il numero 252 può essere scomposto in $2^2 \cdot 3^2 \cdot 7$: → *The ancient meausuremnt of the Earth*, Diller 1949.
22. Sullo scheno, ancora appresso. La parasanga, detta *Kasbu*, era un'unità di misura *sui generis* d'origine caldea, vigente presso i Persiani, corrispondente approssimativamente a 30 stadi, non adottata soltanto in senso spaziale per la misura di superfici di notevole estensione, bensì anche temporale, specificando il cammino percorribile in circa due ore.
23. Questa è una costante del lavoro pliniano che si limita a riportare brani di vari autori senza alcuna indagine e valutazione critica; l'*Historia* di Plinio è prziosa soprattutto per l'indicazione delle fonti, essendo il primo ad introdurre l'indice bibliografico rendendoci edotti della notevole messe di scritti perduti.

   Per una diversa valutazione della misura secondo qla definizione di "piccolo stadio", → *The so-called "Itinerary Stade" and the Accuracy of Eratosthenes' Measurement of the Earth* (Shcheglov 2018).

componevano uno stadio,[24] questo aveva multipli e sottomultipli per l'uso comune nella vita quotidiana: → tabella 2.7.

D'altra parte neanche le informazioni erodotee[25] vengono in qualche modo in aiuto per la corrispondenza 1 scheno $= 2$ parasanghe $= 60$ stadi, dal momento che anche lo scheno, misura tipicamente egiziana, variava sensibilmente in funzione della regione considerata, valendo 30 nel Delta del Nilo e addirittura 120 nella Tebaide, per cui così ancora Plinio si esprimeva:

> *inconstantiam mensurae diuersitas auctorum facit, cum Persae quoque schoenos et parasangas alii alia mensura determinent.*[26]

Un anonimo geografo greco presumibilmente d'età imperiale, riporta in un breve scritto: *τὸ στάδιον πήχεις ἔχει τετρακοσίους, πόδας ἀκτακοσίους, ὀργυιὰς ἑκατὸν τριάκοντα τρῖς ἥμισυ.*[27] Se si moltiplicano questi numeri con le unità riportate in tabella 2.7, si ottengono tre valori diversi per lo stadio: evidentemente il compilatore considerava altre unità di misura per il piede, il cubito, l'orgia.

Se il problema riguarda dunque l'individuazione del più corretto (approssimato) valore da attribuire al piede, va però ancora considerato che alcuni autori classici, spesso seguiti in linea dai loro commentatori, interpretano il valore dello stadio secondo una stima assoluta, in relazione cioè alla misura del cerchio massimo terrestre, ottenendo valori assai distanti fra loro: calcolando lo stadio in funzione della circonferenza terrestre, Aristotele ricava il valore di $1/400\,000$, ossia 100 m; Eratostene gli attribuisce il valore di $1/252\,000$, ossia 158,73 m.

Se rispetto alle fonti sembra emergere indubbiamente che uno stadio sia dato dalla moltiplicazione del piede per seicento volte la sua lunghezza, il problema si sposta ad individuare una misura del piede che non tanto sia condivisibile, quanto sia in relazione allo stadio in esame. Lo stadio «reale», «fileteriano» o «alessandrino», utilizzato soprattutto in Asia Minore a partire dal III secolo, si basava sul piede di Filetero che misurava 0,33 m; il cubito comune, antica misura babilonese misurava 0,495 m, lo stadio romano, di cui 8 fanno 1 miglio romano, valeva 185 m; lo stadio tolemaico, di cui 7 fanno 1 miglio romano, valeva 210 m; la parasanga 5940 m.

Si comprende come la babele di misure renda impossibile definire un'unità di valenza omogenea; si può solo ipotizzare, relativamente all'opera in discussione, che Archimede abbia inteso riferirsi allo stadio alessandrino, anche se questa, ovviamente, è un'ipotesi fragile, perché una misura dorica poteva ben essere utilizzata a Siracusa. Pure considerando l'implicita citazione di Eratostene cui s'è fatto cenno, si potrebbero assumere come validi tanto lo stadio attico (177,60 m) quanto quello alessandrino (184,85 m); maggiore accurata definizione di misura non credo sia possibile raggiungere.[28]

24. Si è specificato «piedi greci» perché occorrevano circa 625 piedi romani per formare uno stadio romano, misura non vigente fuori d'Italia. Neanche in Grecia il piede era comunque di valore uniforme: in alcune zone dell'Attica valeva 33,3 cm, ma ad Atene 29,6 cm: differenza significativa quando il valore è moltiplicato per il numero di volte necessarie ad ottenere uno stadio.

25. *Histoire d'Hérodote*, lb. II (Erodoto 2011).

26. L'imprecisione della misura deriva da vari autori, poiché anche i Persiani determinano scheni e parasanghe alcuni con una misura altri con altre (Plinio 2010, lb. VI, cap. 26 - 30).

27. Uno stadio consta di 400 cubiti, 800 piedi, 133 orgie e mezzo (Anonimo 1855, pagina 426).

28. Per un approfondimento delle fonti relative alla definizione dello stadio in Strabone e Polibio, → *Strabo, Polybios, and the Stade* (Pothecary 1995) ove l'autore argomenta per un consistente valore dello stadio come definito da Strabone; *Geografia*, 14, 6.

CAPITOLO 3

ΨΑΜΜΙΤΗΣ - ARENARIO

Ψαμμίτης (Psammites), dalla radice ψάμμος (sabbia, arena), *sabbioso*, *arenoso*: [discorso «sull'incommensurabilità dei grani di»] arena; in latino *Arenarius* (sabbioso), come in *De arenae numero*.

Βίβλος α′

[1] *Οἴονταί τινές, βασιλεῦ Γέλων, τοῦ ψάμμου τὸν ἀριθμὸν ἄπειρον εἶμεν τῷ πλήθει· λέγω δὲ οὐ μόνον τοῦ περὶ Συρακούσας τε καὶ τὰν ἄλλαν Σικελίαν ὑπάρχοντος, ἀλλὰ καὶ τοῦ κατὰ πᾶσαν χώραν τάν τε οἰκημέναν καὶ τὰν ἀοίκητον. ἐντί τινες δέ, οἳ αὐτὸν ἄπειρον μὲν εἶμεν οὐχ ὑπολαμβάνοντι, μηδένα μέντοι ταλικοῦτον κατωνομασμένον ὑπάρχειν, ὅστις ὑπερβάλλει τὸ πλῆθος αὐτοῦ.*

[2] *οἱ δὲ οὕτως δοξαζόντες δῆλον ὡς εἰ νοήσαιεν ἐκ τοῦ ψάμμου ταλικοῦτον ὄγκον συγκείμενον τὰ μὲν ἄλλα, ἁλίκος ὁ τᾶς γᾶς ὄγκος, ἀναπεπληρωμένων δὲ ἐν αὐτῷ τῶν τε πελαγέων πάντων καὶ τῶν κοιλωμάτων τᾶς γᾶς εἰς ἴσον ὕψος τοῖς ὑψηλοτάτοις τῶν ὀρέων, πολλαπλασίως μὴ γνωσόνται μηδένα κα ῥηθήμεν ἀριθμόν ὑπερβάλλοντα τὸ πλῆθος αυτοῦ.*

[3] *ἐγὼ δὲ πειρασούμαι τοι δεικνύειν δι' ἀποδειξίων γεομετρικᾶν, αἷς παρακολουθήσεις, ὅτι τῶν ὑφ' ἁμῶν κατωνομασμένων ἀριθμῶν καὶ ἐνδεδομένων ἐν τοῖς ποτὶ Ζεύξιππον γεγραμμένοις ὑπερβάλλοντί τινες οὐ μόνον τὸν ἀριθμὸν τοῦ ψάμμου τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ γᾷ πεπληρωμένᾳ, καθάπερ εἴπαμες, ἀλλὰ καὶ τὸν τοῦ μέγεθος ἴσον ἔχοντος τῷ κόσμῳ.*

[4] *κατέχεις δέ, διότι καλεῖται κόσμος ὑπὸ μὲν τῶν πλείστων ἀστρολόγων ἁ σφαῖρα, ἇς ἐστι κέντρον μὲν τὸ τᾶς γᾶς κέντρον, ἁ δὲ ἐκ τοῦ κέντρου ἴσα τᾷ εὐθείᾳ τᾷ μεταξὺ τοῦ κέντρου τοῦ ἁλίου καὶ τοῦ κέντρου τᾶς γᾶς. ταῦτα γάρ ἐντι τὰ γραφόμενα, ὡς παρὰ τῶν ἀστρολόγων διάκουσας. Ἀρίσταρχος δὲ ὁ Σάμιος ὑποθεσίων τινων ἐξέδωκεν γραφάς, ἐν αἷς εκ τῶν ὑποκειμένων συμβαίνει τὸν κόσμον πολλαπλάσιον εἶμεν τοῦ νῦν εἰρημένου.*

[5] *ὑποτιθέται γὰρ τὰ μὲν ἀπλανέα τῶν ἄστρων καὶ τὸν ἅλιον μένειν ἀκίνητον, τὰν δὲ γᾶν περιφερέσθαι περὶ τὸν ἅλιον κατὰ κύκλου περιφέρειαν, ὅς ἐστιν ἐν μέσῳ τῷ δρόμῳ κείμενος, τὰν δὲ τῶν ἀπλανέων ἄστρων σφαῖραν περὶ τὸ αὐτὸ κέντρον τῷ ἁλίῳ*

2–3 *ἄπειρον εἶμεν τῷ πλήθει·*] (1 - A): «non finito essere rispetto alla molteplicità». ἄπειρον (dall'α privativa e πεῖρας: confine, limite; per traslato: senza confini), è simile al sostantivo ἄπορον che esprime il concetto di insormontabile, impossibile, difficile da comprendere. ἄπειρον, reso nella traduzione con «infinito» (ln. 3R), esprime appunto illimitatezza, indeterminatezza. Si ritiene spesso che il concetto d'infinito fosse precluso al mondo greco dimenticando, non solo i contributi di Anassimandro che primo l'introdusse (→ a pagina 37), ma anche la successiva recezione dello stesso da parte di Aristotele: χρῶνται γὰρ καὶ οἱ μαθηματικοὶ τῷ ἀπείρῳ (infatti anche i matematici usano l'infinito; Aristotele 2011c, *Fisica*, lb. III, 5).

6 *τὸ πλῆθος αὐτοῦ*] (2 - A) Il rinvio a capo al termine di ogni capitolo è stato introdotto per l'ottimale sincronizzazione dei testi (greco-italiano); nota non ripetuta.

13 *κατωνομασμένων*] (3 - A) da κατονομάζο, (nominare): «nominati»; ln. 14R: «definiti».

16 *κόσμῳ.*] (4 - A) κόσμος, reso con universo (ln. 17R), è stato sempre inteso come l'equivalente italiano; in senso esteso ha anche il significato di mondo.

19 *ἁλίου*] (5 - A) ἁλίος: voce dorica per ἥλιος (Sole); mutamenti della η in α sono frequenti in dorico; nota non ripetuta: → *Quaestiones Archimideae*~(Heiberg 1879, pagine 69 - 94).

21 *γραφάς*] (6 - A) τὰ γραφόμενα (ln. 19) e γραφάς (ln. 21) derivano dal verbo γράφω; i vocaboli usati lasciano supporre che le tesi aristarchee fossero accompagnate da disegni probanti, ed Archimede riporta di fatto τὰ γραφόμενα (disegnate) non usando la forma verbale γεγραμμένα (scritte) che invece coniuga poco sopra (γεγραμμένοις, ln. 14: scritti). Il verbo ha entrambe le valenze, indicando sia cose scritte che disegnate, e si può dunque immaginare che non si trattasse soltanto di tesi accademiche, bensì di idee che dovevano aver originato un vivace dibattito. Per la valenza del termine ὑποθεσίων → pagina 27.

23 *ἀπλανέα*] (7 - A) La voce, dorico per ἀπλανῆ e contrapposta a πλανήτης (errante: pianeta), indica le stelle fisse, immaginate come una sfera al cui interno si muovono i pianeti secondo modelli che ne spiegano l'irregolarità del moto (retrogradazione).

---

2 *Οἴονταί τινές*] (1 - B) L'*incipit* (vi sono alcuni) contrappone chi considera il numero dei grani d'arena indeterminabile a chi tale non lo considerano; → alla pagina 63.

17 *ἁ σφαῖρα*] (2 - B): «una sfera». La sfericità della Terra, dato ormai acquisito, era già stata dimostrata da Archimede nei *Galleggianti*: libro primo, postulato e proposizioni I e II.

Libro I

[1] [Vi sono] alcuni, o re Gelone, [che] stimano il numero [dei grani] d'arena essere indeterminabile nel numero, [e] non mi riferisco [già] soltanto a [quei grani d'arena che stanno] attorno a Siracusa o nel resto della Sicilia, ma anche a quelli [diffusi] per ogni parte della Terra, abitata o inabitata che questa sia. D'altra parte vi sono altri che, pur non considerando questo numero infinito, credono tuttavia [che sia] impossibile definire un numero [che esprima una] grandezza tale da superare [quella] quantità.
[2] È chiaro che, se quelli che così credono, immaginassero un volume d'arena di grandezza eguale [a quello] della Terra, in modo da riempire ogni sua cavità [e] gli abissi del mare, d'innalzarsi [sino alla cima] delle più alte montagne, a maggior ragione neanche costoro si persuaderebbero che si possa definire un numero di grandezza tale che superi quella quantità [di grani] d'arena.
[3] Con dimostrazioni geometriche che potrai logicamente seguire e [servendomi] dei numeri esposti negli scritti definiti [ed inviati] a Zeuxippo, io proverò a mostrarti che alcuni [numeri] non solo superano il numero [dei grani] d'arena per un volume [supposto] eguale quello della Terra [e di questi] riempita come appunto s'è detto, ma anche di quelli per un volume eguale all'[intero] cosmo.
[4] Ora sai bene che molti astronomi considerano il cosmo una sfera al cui centro sia la Terra e di raggio eguale alla retta congiungente il centro del Sole col centro della Terra; e ciò è quanto hai appreso dagli astronomi. Ma Aristarco di Samo ha esposto in alcuni libri alcune tesi secondo le quali il cosmo, per i presupposti introdotti, è molto più grande di quanto noi lo riteniamo.
[5] Suppone questi infatti che le stelle fisse ed il Sole siano immobili, che la Terra ruoti descrivendo una circonferenza di cui il centro è il Sole, che la sfera delle stelle fisse, il cui centro sia pure posto nel Sole, abbia tale grandezza che il cerchio [descritto], lungo

---

3R indeterminabile nel numero] (8 - A): indeterminabile «in grandezza», → nota per ln. 2–3.
5R D'altra parte vi sono altri] (9 - A) Giuseppe Boscarino ipotizza qui un riferimento ad un perduto lavoro di Archita. Se così fosse, la citazione di Orazio (*Te maris et terrae numeroque carentis harenae mensorem cohibent, Archyta* → a pagina 65 in nota) non si risolverebbe in una confusione di autori, bensì in un puntuale rinvio (Boscarino 2014a, pagina 5).
6R questo numero infinito] (10 - A) Come sopra nel senso di «indeterminabile».
15R per un volume] (11 - A) μέγεθος ἔχοντο, ln. 15: «avente grandezza».
18R astronomi] (12 - A) ἀστρολόγων, da ἄστρον (astro) e λόγος (discorso), quest'ultimo nel senso di dimostrazione probante connessa alla realtà osservata, non fatto immaginario: chi parla scientificamente degli astri; per altri significati di λόγος → nota a pagina 21. ἀστρολόγων è reso letteralmente (astrologi) da molti traduttori, ma poiché all'epoca non possedeva la valenza negativa oggi attribuita alla parola, è sembrato più corretto renderlo nella moderna accezione di «astronomi».

14R esposti negli scritti definiti [ed inviati] a Zeuxippo] (3 - B) Libro perduto; → a pagina 57 e nota alla pagina 90.
20R Aristarco di Samo] (4 - B) La citazione rileva nella storia dell'eliocentrismo sino a Copernico che probabilmente non conosceva l'*Arenario* (Gingerich 1985); sulla figura e il ruolo di Aristarco: → T. L. Heath 1913, Russo 1996b, 2002. Anche se quella di Aristarco non è la prima testimonianza a favore di un sistema eliocentrico (→ a pagina 35 e seguenti), l'evocazione archimedea dell'astronomo di Samo ha conferito a questi *ex post* un ruolo predominante nella storia del'eliocentrismo eclissando per l'autorità della citazione le teorie proposte da Eraclide pontico, dai pitagorici Iceta ed Ecfanto, del cui sistema si hanno soltanto notizie indirette, e da Seleuco (III(?)-II sec. a.C.) Seleuco che, secondo quanto ne riferisce Plutarco (I-II sec. d.C) nelle *Quaestiones platonicae*, giunse ad un provato eliocentrismo: → nota a pagina 64.
21R alcune tesi] (5 - B) → nota per la ln. 21; per un giusto senso di «tesi» → a pagina 27.
22R lo riteniamo] (6 - B): «di quanto sopra detto», ossia secondo le dimensioni dette.

κειμέναν τῷ μεγέθει ταλικαύταν εἶμεν, ὥστε τὸν κύκλον, καθ’ ὃν τὰν γᾶν ὑποτιθέται περιφερέσθαι, τοιαύταν ἔχειν ἀναλογίαν ποτὶ τὰν τῶν ἀπλανέων ἀποστασίαν, οἵαν ἔχει τὸ κέντρον τᾶς σφαίρας ποτὶ τὰν επιφάνειαν.

[6] *τοῦτο γ’ εὔδηλον ὡς ἀδύνατόν ἐστιν. ἐπεὶ γὰρ τὸ τᾶς σφαίρας κέντρον οὐδὲν ἔχει μέγεθος, οὐδὲ λόγον ἔχειν οὐδένα ποτὶ τὰν ἐπιφάνειαν τᾶς σφαίρας ὑπολαπτέον αὐτό. ἐκδεκτέον δὲ τὸν Ἀρίσταρχον διανοεῖσθαι τόδε· ἐπειδὴ τὰν γᾶν ὑπολαμβάνομες ὥσπερ εἶμεν τὸ κέντρον τοῦ κόσμου, ὃν ἔχει λόγον ἁ γᾶ ποτὶ τὸν ὑφ’ ἁμῶν εἰρημένον κόσμον, τοῦτον ἔχειν τὸν λόγον τὰν σφαῖραν, ἐν ᾇ ἐστιν ὁ κύκλος, καθ’ ὃν τὰν γᾶν ὑποτιθέται περιφερέσθαι, ποτὶ τὰν τῶν ἀπλανέων ἄστρον σφαῖραν.*

[7] *τὰς γὰρ ἀποδειξίας τῶν φαινομένων οὕτως ὑποκειμένῳ ἐναρμόζει, καὶ μάλιστα φαινέται τὸ μέγεθος τᾶς σφαίρας, ἐν ᾇ ποιεῖται τὰν γᾶν κινουμέναν, ἴσον ὑποτιθέσθαι τῷ ὑφ΄ ἁμῶν εἰρημένῳ κόσμῳ. φαμὲς δή, καὶ εἰ γένοιτο ἐκ τοῦ ψάμμου σφαῖρα ταλικαύτα τὸ μέγεθος, ἁλίκαν Ἀρίσταρχος ὑποτιθέται τὰν τῶν ἀπλανέων ἄστρων σφαῖραν εἶμεν, καὶ οὕτως τινὰς δειχθήσειν τῶν ἐν Ἀρχαῖς τὰν κατανομαξιάν ἐχόντων ὑπερβαλλόντας τῷ πλήθει τὸν αριθμὸν τὸν τοῦ ψάμμου τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ εἰρημένᾳ σφαίρᾳ, ὑποκειμένων τῶνδε·*

[8] *πρῶτον μὲν τὰν περίμετρον τᾶς γᾶς εἶμεν ὡς τ΄ μυριάδων σταδίων καὶ μὴ μείζονα, καίπερ τινῶν πεπειραμένων ἀποδεικνύειν, καθὼς καὶ τὺ παρακολουθεῖς, ἐοῦσαν αὐτὰν ὡς λ΄ μυριάδων σταδίων. εγὼ δ’ ὑπερβαλλομενος καὶ θεὶς τὸ μέγεθος τᾶς γᾶς ὡς δεκαπλάσιον τοῦ ὑπὸ τῶν προτέρων δεδοξασμένου τὰν περίμετρον αὐτᾶς ὑποτιθέμαι εἶμεν ὡς τ΄ μυριάδων σταδίων καὶ μὴ μείζονα. μετὰ δὲ τοῦτο τὰν διάμετρον τᾶς γᾶς μείζονα εἶμεν τᾶς διαμέτρου τᾶς σελήνας, καὶ τὰν διαμετρον τοῦ ἁλίου μείζονα ὁμοίως εἶμεν*

---

5 *λόγον*] (13 - A): rapporto, → nota per la ln. 2R.
14 *Ἀρχαῖς*] (14 - A) Ἀρχαί (Principî), libro perduto: → nota a pagina 57.

---

1 *τῷ μεγέθει ταλικαύταν εἶμεν*] (7 - B): «sia di tale grandezza», ln. 25R. In assenza degli scritti di Aristarco, si può ipotizzare che lo stesso stimasse l’orbita terrestre infinitamente piccola rispetto alla sfera delle stelle fisse (ἀπλανέα, ln. 23 a pagina 88) concludendone l’immobilità della sfera celeste (che se vicina dovrebbe ruotare a maggiore velocità) e del Sole. In un sistema eliocentrico la sfera delle stelle fisse si colloca molto più lontana dal punto d’osservazione (la Terra) che non in un sistema geocentrico, e quindi le teorie prospettano automaticamente due diverse dimensioni dell’universo. È questo il motivo che spinge Archimede ad esprimersi in grandi numeri secondo analisi ancora non tentate: → nota successiva.
4 *τοῦτο γ’ εὔδηλον ὡς ἀδύνατόν ἐστιν.*] (8 - B) La dichiarazione d’impossibilita (I, 6, ln. 3R), deriva dalla concezione geocentrica. Un sistema eliocentrico comporta rilevare variazioni significative nella posizione dell’astro a cadenza semestrale, osservato agli equinozi da posizioni diametralmente opposte determinandone la parallasse. Aristarco avrebbe potuto cioè assumere che le stelle fisse fossero a tale distanza da non potersene determinare la parallasse con la strumentazione a disposizione.
Archimede riconduce, di fatto, le tesi di Aristarco al proprio credo (*poiché supponiamo che la Terra coincida approssimativamente con il centro del cosmo*, ln. 5R–6R), intendendo la sfera con al centro la Terra di raggio eguale alla distanza Terra-Sole evitando il problema della parallasse, ossia riconducendo la parallasse stellare alla parallasse solare: → a pagina 64. La parallasse di un oggetto distante come il Sole, corrisponde alle dimensioni angolari della Terra come stimata da un punto lontano, e quindi la massima parallasse solare è eguale alla dimensione angolare del Sole divisa per il rapporto dei due diametri in questione: solare e terrestre. Essendo la contestazione geometrica, questa si basa sulla considerazione che il centro della sfera non possiede grandezza e quindi non può avere alcun rapporto con la superficie. Per una diversa proposta di lettura del passo: → Boter 2007. L’assenza di parallasse fu posta per secoli a fondamento del sistema geocentrico; la prima misura di questa risale al 1831 ad opera dell’astronomo Friedrich W. Bessel.
10 *ἐναρμόζει*] (9 - B) → nota [27] alla pagina 13.
17 *τ΄ μυριάδων σταδίων*] (10 - B) Ossia 300 (τ΄) · 10 000 (μυριάδων: ͵ι) = 3 000 000.
19 *λ΄ μυριάδων σταδίων*] (11 - B) Ossia 30 (λ΄) · 10 000 (μυριάδων: ͵ι) = 300 000.

il quale egli suppone che la Terra rivolga attorno al Sole, abbia rispetto alla distanza dalle stelle fisse lo stesso rapporto che il centro della sfera ha rispetto alla sua superficie.
[6] Ma questo evidentemente non può essere. Infatti, poiché il centro della sfera non ha grandezza, esso non può avere rapporto con la superficie della stessa. È da credere allora che Aristarco intendesse piuttosto questo: poiché supponiamo che la Terra coincida approssimativamente con il centro del cosmo, [si può anche supporre] che la sfera in cui giace il supposto cerchio descritto dalla Terra, stia alla sfera delle stelle fisse come la Terra sta alla sfera che chiamiamo mondo.
[7] Infatti per tali tesi egli riesce ad accordare le descrizioni dei fenomeni [così presentate] con le osservazioni, e specialmente sembra definire la grandezza della sfera, lungo la quale [s'immagina] si muova la Terra, delle stesse dimensioni di quello che chiamiamo cosmo. Sosteniamo dunque che se potessimo colmare [di grani] d'arena una sfera tanto grande quanto quella supposta da Aristarco per la sfera delle stelle fisse, potremmo allora dimostrare, servendoci degli stessi numeri da noi definiti nei Principî, come sia possibile superare in grandezza il numero [dei grani] di arena contenuti in tale sfera, e questo supposto:
[8] assumiamo anzitutto per la circonferenza terrestre [un valore] di 300 miriadi di stadi e non maggiore; tu sai comunque che altri hanno determinato questa misura in 30 [decine di] migliaia di stadi. Ma, eccedendo, suppongo la grandezza della Terra decupla rispetto alle precedenti opinioni, ossia la stimo in 300 miriadi di stadi, e non maggiore. Dopo queste cose [poniamo ancora] il diametro della Terra maggiore della Luna e il diametro del Sole maggiore della Terra, e queste cose le assumiamo ancora

6R si può anche supporre] (15 - A) Periodo riscritto.
9R per tali tesi] (16 - A): «a quanto così ipotizzato» (οὕτως ὑποκειμένῳ), ln. 10.
9R riesce ad accordare] (17 - A) Il verbo usato ἐναρμόζει, ln. 10, è l'elegante ed efficace sostituto del noto σῴζειν nell'espressionbe σῴζειν τὰ φαινόμενα: → nota a pagina 13; il fenomeno da salvare (*rectius*: spiegare) è ovviamente la retrogradazione planetaria.
10R le osservazioni] (18 - A): «i fenomeni», τῶν φαινομένων, ln. 10.

2R lo stesso rapporto] (12 - B) Il termine ἀναλογίαν, qui reso con «rapporto», ricorre più volte in corso d'opera anche nel senso di «proporzione». Nella fattispecie s'intende significare che l'orbita terrestre, rispetto alla distanza delle stelle fisse, ha la stessa proporzione che il centro della sfera ha con la superficie.
5R intendesse piuttosto] (13 - B) → nota per la ln. 4.
13R una sfera tanto grande quanto quella supposta da Aristarco] (14 - B) Un universo esteso come quello supposto da Aristarco, può contenere un numero infinito di grani d'arena. Dopo alcuni passaggi sulla grandezza degli oggetti celesti, il problema, come accennato, diverrà esclusivamente matematico.
14R definiti nei Principî] (15 - B) → nota per la ln. 14
17R 300 miriadi] (16 - B) Per la misura → note a pagina a fianco.
18R tu sai comunque che altri] (17 - B) καίπερ τινῶν πεπειραμένων ἀποδεικνύειν, καθὼς καὶ τὺ παρακολουθεῖς, ln. 18: → nota per la ln. 19 per la conversione in stadi .
Il riferimento alla misura della circonferenza terrestre effettuata da Eratostene sulla base della distanza fra Alessandria e Siene appare indubbio, ma va tuttavia rilevato che il valore qui riportato è diverso da quello che la tradizione, secondo i relativi studi critici, attribuisce ad Eratostene: 252 000 stadi: → a pagina 83 È evidente comunque (τ´ μυριάδων σταδίων καὶ μὴ μείζονα: 300 miriadi di stadi e non maggiore, ln. 17) che Archimede sovrastima la circonferenza terrestre.
È tuttavia anche probabile che ci si riferisca ad altra misura di Eratostene, forse a quella che in periodo imperiale è stata tramandata da Cleomede (Cleomede 1891, *De motu circulari corporum caelestium*, cap. 10 e seguenti) relativa all'arco di meridiano misurato fra Siene e Lisimachia, città però fondata attorno al 309. È singolare per l'epoca, Cleomede sembra posteriore a Posidonio, che in un passo dell'opera l'autore assuma la sfera delle stelle fisse enormemente più lontana dal Sole e le stelle presumibilmente più grandi del Sole; si è anche ipotizzato (Prontera 1983) un riferimento al geografo Dicearco (350 – 290). Per una cronistoria delle stime delle dimensioni della Terra, con riferimento al lavoro di Eratostene, → *Eratosthenes' Geography* (Roller 2010), *The Sources of Eratosthenes Measurement* (Newton 1980).

τᾶς διαμέτρου τᾶς γᾶς, τὰ αὐτὰ λαμβάνων τοῖς πλείστοις τῶν προτέρων ἀστρολόγων. [9] *μετὰ δὲ ταῦτα τὰν διάμετρον τοῦ ἁλίου τᾶς διαμέτρου τᾶς σελήνας ὡς τριακονταπλασίαν εἶμεν καὶ μὴ μείζονα, καίπερ τῶν προτέρων ἀστρολόγων Εὐδόξου μὲν ὡς ἐννεαπλασίονα ἀποφαινομένου, Φειδία δὲ τοῦ Ἀκούπατρος ὡς* [δή] *δωδεκαπλασίαν, Ἀριστάρχου δὲ πεπειραμένου δεικνύειν, ὅτι ἐστὶν ἁ διάμετρος τοῦ ἁλίου τᾶς διαμέτρου τᾶς σελήνας μείζων μὲν ἢ ὀκτωκαιδεκαπλασίων, ἐλάττων δὲ ἢ εἰκοσαπλασίων· ἐγὼ δὲ ὑπερβαλλόμενος καὶ τοῦτον, ὅπως τὸ προκείμενον ἀναμφιλόγως ᾖ δεδειγμένον, ὑποτιθέμαι τὰν διάμετρον τοῦ ἁλίου τᾶς διαμέτρου τᾶς σελήνας ὡς τριακονταπλασίαν εἶμεν καὶ μὴ μείζονα.*

[10] *ποτὶ δὲ τούτοις τὰν διάμετρον τοῦ ἁλίου μείζονα εἶμεν τᾶς τοῦ χιλιαγώνου πλευρᾶς τοῦ εἰς τὸν μέγιστον κύκλον ἐγγραφομένου τῶν ἐν τῷ κόσμῳ. τοῦτο δὲ ὑποτιθέμαι Ἀριστάρχου μὲν εὑρηκότος τοῦ κύκλου τῶν ζῳδίων τον ἅλιον φαινόμενον ὡς τὸ εἰκοστὸν καὶ ἑπτακοσιοστόν, αὐτὸς δὲ ἐπισκεψάμενος τόνδε τὸν τρόπον ἐπειράθην ὀργανικῶς λαβεῖν τὰν γωνίαν, εἰς ἃν ὁ ἅλιος ἐναρμόζει τὰν κορυφὰν ἔχουσαν ποτὶ τᾷ ὄψει.*

[11] *τὸ μὲν οὖν ἀκριβὲς λαβεῖν οὐκ εὐχερές ἐστι διὰ τὸ μήτε τὰν ὄψιν μήτε τὰς χείρας μήτε τὰ ὄργανα, δι' ὧν δεῖ λαβείν, ἀξιόπιστα εἶμεν τὸ ἀκριβὲς ἀποφαινέσθαι.* [11] *περὶ δὲ τούτων ἐπὶ τοῦ παρόντος οὐκ εὔκαιρον μακύνειν ἄλλως τε καὶ πλεονάκις τοιούτων ἐμπεφανισμένων. ἀποχρὴ δέ μοι ἐς τὰν ἀπόδειξιν τοῦ προκειμένου γωνίαν λαβεῖν, ἅτις ἐστὶν οὐ μείζων τᾶς γωνίας, εἰς ἃν ὁ ἅλιος ἐναρμόζει τὰν κορυφὰν ἔχουσαν ποτὶ τᾷ ὄψει, καὶ πάλιν ἄλλαν γωνίαν λαβεῖν, ἅτις ἐστὶν οὐκ ἐλάττων τᾶς γωνίας, εἰς ἃν ὁ ἅλιος ἐναρμόζει τὰν κορυφὰν ἔχουσαν ποτὶ τᾷ ὄψει.*

[12] *τεθέντος οὖν μακροῦ κανόνος ἐπὶ πόδα ὀρθὸν ἐν τόπῳ κείμενον, ὅθεν ἤμελλεν ἀνατέλλειν ὁ ἅλιος ὁράσθαι, καὶ κυλίνδρου μικροῦ τορνευθέντος καὶ τεθέντος ἐπὶ τὸν κανόνα ὀρθοῦ εὐθέως μετὰ τὰν ἀνατολὰν τοῦ ἁλίου, ἔπειτ' ἐόντος αὐτοῦ ποτὶ τῷ ὁρίζοντι καὶ δυναμένου* [τοῦ] *ἀντιβλεπέσθαι ἐπεστράφη ὁ κανὼν εἰς τὸν ἅλιον, καὶ ἁ ὄψις κατεστάθη ἐπὶ τὸ ἄκρον τοῦ κανόνος. ὁ δὲ κύλινδρος ἐν μέσῳ κείμενος τοῦ τε ἁλίου καὶ τᾶς ὄψιος ἐπεσκότει τῷ ἁλίῳ. ἀποχωριζόμενος οὖν* [τοῦ κυλίνδρου] *ἀπὸ τᾶς ὄψιος, ἐν ᾇ ἄρξατο παραφαινέσθαι τοῦ ἁλίου μικρὸν ἐφ' ἑκάτερα τοῦ κυλίνδρου, κατεστάθη ὁ κύλινδρος.*

---

16 [11]] (19 - A) Numerazione di capitolo ripetuta nell'edizione dell'Heiberg.

---

1 *τῶν προτέρων ἀστρολόγων*] (18 - B): «dei precedenti astronomi» (ln. 1R). Le dimensioni dei corpi celesti appresso riportate, stridono con quelle che Ippolito romano attribuisce ad Archimede nella *Refutatio omnium haeresium* (Ippolito romano 1906, pagina 41, Ippolito romano 1885, pagina 66, Ippolito romano 1986, pagina 101). Dedotti da testi all'epoca disponibili (→ alla pagina 79), i dati citati nelle rispettive edizioni, nonostante l'autorità dei commentatori, esprimono valori discordanti e riportano misure incongruenti anche secondo le più elementari regole di geometria (rapporto fra la circonferenza e diametro in un cerchio). I dati di Ippolito, già definiti da Paul Tannery *une fantaisie arithmetique* (Tannery 1883), sono stati sottoposti a nuova indagine da Catherine Osborne in *Archimedes on the Dimensions of the Cosmos* (Osborne 1983).

22–23 *ὅθεν ἤμελλεν ἀνατέλλειν ὁ ἅλιος ὁράσθαι*] (19 - B): ln. 24R. Archimede non fa cenno del già noto fenomeno dell'illusione celeste (Aristotele 2011e, *Meteorologia*, lb. III, cap. 4) quando il Sole e la Luna appaiono al sorgere ed al tramonto di grandezza maggiore che non allo zenith; .

Già attribuito alla rifrazione atmosferica, l'effetto sembra originare da questioni d'ordine psicologico e fisiologico proprie dell'osservatore in relazione al luogo. Secondo alcuni, origine dell'illusione sarebbe la distanza apparente dell'oggetto rispetto all'orizzonte: più il confine cielo - terra appare distante e netto, più l'oggetto a questo vicino appare grande (Kaufman e Rock 1962). Esperimenti condotti hanno dimostrato che se si riesce a mascherare l'orizzonte con uno schermo, l'oggetto cessa di essere magnificato. Secondo questa teoria anche la conformazione del suolo assolverebbe un ruolo non indifferente: spazi non omogenei si espanderebbero rispetto a quelli omogenei. Secondo altri il fenomeno è riconducibile alla micropsia, una condizione neurologica che modifica la percezione visiva mostrando gli oggetti più piccoli del reale (Murray 2006). Vi sarebbe cioè un accomodamento della condizione visiva per cui il diametro pupillare assumerebbe valori ideali guardando oggetti allo zenith. L'ultima parola in materia è ancora da scrivere.

conformemente [alle misure effettuate] dalla maggioranza dei precedenti astronomi.
[9] Appresso poniamo che il diametro del Sole sia approssimativamente trenta volte il diametro della Luna e non maggiore, nonostante fra gli astronomi che [per primi ci hanno dato queste misure], Eudosso sostenga che il diametro del Sole sia circa nove volte quello della Luna; Fidia δὲ τοῦ Ἀκούπατρος, riporti una misura circa dodici volte più grande; ed infine Aristarco che si è sforzato di dimostrare come il diametro del Sole sia compreso fra un numero maggiore di diciotto e minore di venti volte il diametro della Luna. Ma voglio andare oltre, e affinché quanto mi propongo sia dimostrato chiaramente, suppongo il diametro del Sole maggiore di trenta volte rispetto a quello della Luna e non di più.
[10] Inoltre [supponiamo ancora] che il diametro del Sole sia maggiore del lato di un poligono di mille lati iscritto nel cerchio massimo del cosmo. E ciò suppongo avendo Aristarco trovato che le dimensioni del Sole corrispondano quasi alla 720-esima parte del cerchio zodiacale; io stesso, tramite strumenti, ho cercato di misurare l'angolo sotteso dal Sole con vertice nell'occhio.
[11] Ma effettuare misure accurate non è facile, poiché né con la vista, né con le mani, né con [gli altri] strumenti di cui ci si serve per tali finalità, si hanno risultati affidabili.
[11] Ma su questo non è necessario dire ancora, avendone io spesso altrove parlato. Del resto per le mie dimostrazioni sarà sufficiente misurare un angolo che non sia più grande di quello mostrato dall'ampiezza del Sole con al suo vertice l'occhio, e quindi un [ulteriore] angolo che non sia più piccolo di quello che comprende il Sole [anch'esso] con il vertice nell'occhio.
[12] Collocato un regolo [sufficientemente] lungo su un sostegno verticale, sistematolo in modo da osservare il levare del Sole, posto in verticale un piccolo cilindro tornito, rivolto il regolo al Sole dopo il suo sorgere quando era possibile guardarlo, ho posto l'occhio all'estremità: il cilindro collocato fra il punto d'osservazione e il Sole si sovrapponeva a questo. Quindi ho allontanato un poco il cilindro dall'occhio in modo che alle estremità della circonferenza mi apparissero soltanto i lembi del Sole, e questo fatto lo fermai.

5R δὲ τοῦ Ἀκούπατρος] (20 - A) Testo non tradotto; → a pagina 9 la nota [3].

7R maggiore di diciotto e minore di venti volte] (20 - B): il Sole è 18 - 20 volte più lontano della Luna. Archimede sembra (evidentemente) riferirsi all'unica opera giunta di Aristarco: *Sulle grandezze e distanze del Sole e della Luna* (Commandino 1572). Il lavoro, articolato in XIX proposizioni, è introdotto da alcuni postulati da cui ne derivano tre fondamentali: a) il Sole dista dalla Terra fra 18 e 20 volte la distanza della Luna; b) il diametro del Sole e della Luna stanno al medesimo rapporto; c) il rapporto fra il diametro del Sole e quello della Terra è stimabile fra 19 a 30 e 43 a 6 grandezze, *ibidem*.
Aristarco effettuò le misure degli angoli quando la Luna era in quadratura, formando cioè con la Terra e il Sole un triangolo rettangolo, trovando per l'angolo cercato il valore di $87° \ 50'$. In realtà il rapporto fra le distanze medie è 400, e Aristarco errò per l'imprecisione degli strumenti di misura a disposizione. Il valore esatto è infatti $89° \ 50'$, un errore di $2°$, e quindi il valore per l'angolo sul Sole non è di $3°$ bensì di $9°$; nonostante i valori dedotti siano lontani dalla realtà, il procedimento usato è formalmente corretto. L'errore, per entità, è simile a quello di Posidonio nella misura dell'altezza della stella Canopo, e fornisce un'indicazione sull'imprecisione degli strumenti dell'epoca: $\sim 2°$.
12R cerchio massimo del cosmo] (21 - B) Il cerchio di raggio eguale alla distanza Terra - Sole.
16R né con le mani] (22 - B): → nota a pagina 11 e a pagina 63.
18R altrove parlato] (23 - B) Il riferimento è ad opere perdute.
19R sarà sufficiente misurare un angolo] (24 - B) Archimede si accontenterà (cap. 18) di un valore compreso fra $^1/_{164}$ dell'angolo retto e più grande di questo della 200-esima parte. Per una discussione dell'esperimento condotto: → Shapiro 1975, Sigismondi e Oliva 2005.
25R era possibile guardarlo] (25 - B): poichè ovviamente non si disponeva di mezzi idonei ad oscurarne lo splendore; → ln. 22–23.

[13] *εἰ μὲν οὖν συνέβαινεν τὰν ὄψιν ἀφ' ἑνὸς σαμείου βλέπειν, εὐθειᾶν ἀχθεισᾶν ἀπ' ἄκρου τοῦ κανόνος, ἐν ᾧ τόπῳ ἁ ὄψις κατεστάθη, ἐπιψανουσᾶν τοῦ κυλίνδρου ἁ περιεχομένα γωνία ὑπὸ τᾶν ἀχθεισᾶν ἐλάσσων κα ἧς τᾶς γωνίας, εἰς ἃν ὁ ἅλιος ἐναρμόζει τὰν κορυφὰν ἔχουσαν ποτὶ τᾷ ὄψει, διὰ τὸ περιβλεπέσθαι τι τοῦ ἁλίου εφ' ἑκάτερα τοῦ κυλίνδρου. ἐπεὶ δ' αἱ ὀψίες οὐκ ἀφ' ἑνὸς σαμείου βλέποντι, ἀλλὰ ἀπό τινος μεγέθεος, ἐλάφθη τι μέγεθος στρογγύλον οὐκ ἔλαττον ὄψιος, καὶ τεθέντος τοῦ μεγέθεος ἐπὶ τὸ ἄκρον τοὺ κανόνος, ἐν ᾧ τόπῳ ἁ ὄψις κατεστάθη, ἀχθεισᾶν εὐθειᾶν ἐπιψαυουσᾶν τοῦ τε μεγέθεος καὶ τοῦ κυλίνδρου ἁ οὖν περιεχομένα γωνία ὑπὸ τᾶν ἀχθεισᾶν ἐλάττων ἧς τᾶς γωνίας, εἰς ἃν ὁ ἅλιος ἐναρμόζει τὰν κορυφὰν ἔχουσαν ποτὶ τᾷ ὄψει.*

[14] *τὸ δὲ μέγεθος τὸ οὐκ ἔλαττον τᾶς ὄψιος τόνδε τὸν τρόπον εὑρισκέται· δύο κυλίνδρια λαμβανέται λεπτὰ ἰσοπαχέα ἀλλάλοις, τὸ μὲν λευκόν, τὸ δὲ οὔ, καὶ προτιθένται πρὸ τᾶς ὄψιος, τὸ μὲν λευκὸν ἀφεστακὸς ἀπ' αὐτᾶς, τὸ δὲ οὐ λευκὸν ὡς ἔστιν ἐγγυτάτω τᾶς ὄψιος, ὥστε καὶ θιγγάνειν τοῦ προσώπου. εἰ μὲν οὖν κα τὰ λαφθέντα κυλίνδρια λεπτότερα ἔωντι τᾶς ὄψιος, περιλαμβανέται ὑπὸ τᾶς ὄψιος τὸ ἐγγὺς κυλίνδριον, καὶ ὁρήται ὑπὸ αὐτᾶς τὸ λευκόν, εἰ μέν κα παρὰ πολὺ λεπτότερα ἔωντι, πᾶν, εἰ δέ κα μὴ παρὰ πολύ, μέρεά τινα τοῦ λευκοῦ ὁρῶνται εφ' ἑκάτερα τοῦ ἐγγὺς τᾶς ὄψιος.*

[15] *λαφθέντων δὲ τῶνδε τῶν κυλινδρίων ἐπιταδείων πως τῷ πάχει ἐπισκοτεῖ τὸ ἕτερον αὐτῶν τῷ ἑτέρῳ καὶ οὐ πλείονι τόπῳ. τὸ δὴ ταλικοῦτον μέγεθος, ἁλίκον ἐστὶ τὸ πάχος των κυλινδρίων τῶν τοῦτο ποιούντων μάλιστά πώς ἐστιν οὐκ ἔλαττον τᾶς ὄψιος. ἁ δὲ γωνία ἁ οὐκ ἐλάττων τᾶς γωνίας, εἰς ἃν ὁ ἅλιος ἐναρμόζει τὰν κορυφὰν ἔχουσαν ποτὶ τᾷ ὄψει, οὕτως ἐλάφθη. ἀποσταθέντος ἐπὶ τοῦ κανονίου τοῦ κυλίνδρου ἀπὸ τᾶς ὄψιος οὕτως ὡς ἐπισκοτεῖν τὸν κύλινδρον ὅλῳ τῷ ἁλίῳ και ἀχθεισᾶν εὐθειᾶν ἀπ' ἄκρου τοῦ κανόνος, ἐν ᾧ τόπῳ ἁ ὄψις κατεστάθη, ἐπιψαυουσᾶν τοῦ κυλίνδρου, ἁ περιεχομένα γωνία ὑπὸ τᾶν ἀχθεισᾶν εὐθειᾶν οὐκ ἐλάττων γινέται τᾶς γωνίας, εἰς ἃν ὁ ἅλιος ἐναρμόζει τὰν κορυφὰν ἔχουσαν ποτὶ τᾷ ὄψει.*

[16] *ταῖς δὴ γωνίαις ταῖς οὕτως λαφθείσαις καταμετρηθείσας ὀρθᾶς γωνίας ἐγένετο ἁ ἓν τῷ στίγῳ διαιρεθείσας τᾶς ὀρθᾶς εἰς ρξδ′ ἐλάττων ἢ ἓν μέρος τούτων, ἁ δὲ ἐλάττων διαιρεθείσας τᾶς ὀρθᾶς εἰς σ′ μείζων ἢ ἓν μέρος τούτων. δῆλον οὖν, ὅτι καὶ ἁ γωνία, εἰς ἃν ὁ ἅλιος ἐναρμόζει τὰν κορυφὰν ἔχουσαν ποτὶ τᾷ ὄψει, ἐλάττων μέν ἐστιν ἢ διαιρεθείσας τᾶς ὀρθᾶς εἰς ρξδ′ τούτων ἓν μέρος, μείζων δὲ ἢ διαιρεθείσας τᾶς ὀρθᾶς εἰς σ′ τούτων ἓν μέρος.*

---

1 *εἰ μὲν*] (21 - A) L'inizio del capitolo sino a σαμείου βλέπειν è in relazione con ἐπεὶ δ' αἱ ὀψίεσ῀. . . σαμείου βλέποντι: ln. 1R e ln. 4R.

---

11 *λαμβανέται λεπτὰ ἰσοπαχέα*] (26 - B): «medesima grandezza». In assenza della specificazione del diametro, si può presumere che il valore di questo fosse minore, come unità di misura, del pollice appresso usato come ulteriore unità di misura (II, 4).

[13] Dunque, se l’occhio vedesse [il Sole] da uno stesso punto, condotte rette tangenti al cilindro dall’estremità del regolo al punto in cui è collocato l’occhio, l’angolo compreso fra queste rette sarebbe minore di quello formato dal Sole con il vertice nell’occhio, perché da entrambe le parti del cilindro si vedrebbero ancora lembi del Sole. Ma poiché gli occhi non percepiscono la visione per un sol punto ma secondo una certa grandezza, presi un cilindro di dimensione non minore di quella dell’occhio, e posizionato questo all’estremità del regolo dove prima era l’occhio, condotte rette tangenti da questo al cilindro, l’angolo ricompreso fra queste rette era minore di quello che si formava traguardando il Sole con il vertice posto nell’occhio.

[14] Una grandezza non minore dell’occhio si è trovata in questo modo: presi due cilindri sottili d’eguale diametro, uno di colore bianco e l’altro no, li si pongono dinanzi agli occhi, quello bianco un poco distante da essi e l’altro, quello non bianco, più vicino agli occhi [quasi] a contatto con il viso. Se dunque i cilindri scelti hanno [grandezza] minore dell’occhio, il cilindro vicino è abbracciato dall’occhio e si scorge dallo stesso quello bianco; se invece [i cilindri] sono molto più piccoli, l’occhio scopre tutto [il bianco], altrimenti si scorgono parti del bianco situate da un lato e dall’altro di [quello] che è presso l’occhio.

[15] Si sono presi dunque cilindri simili [per dimensioni in modo che il diametro] dell’uno [fosse tale da eclissare] l’altro e non uno spazio più grande. Allora una suddetta grandezza, commisurata alle dimensioni dei cilindri come assunte, non è certo minore [di quella] dell’occhio. [Per misurare] un angolo non più piccolo di quello che comprende il Sole, e con il vertice nell’occhio, si è così proceduto. Allontanato il cilindro dall’occhio lungo il regolo in modo che occultasse completamente il Sole, condotte [rette] tangenti al cilindro dall’estremità del regolo, dal punto in cui era l’occhio, l’angolo compreso dalle linee così condotte non è minore di quello che comprende il Sole con il vertice nell’occhio.

[16] Misurati dunque gli angoli ottenuti, rapportati i valori a quelli di un angolo retto, si è trovato che l’angolo [formato] sul regolo nel punto marcato è minore di un angolo retto per la 164-esima parte, e che l’angolo più piccolo è maggiore dell’angolo retto per la 200-esima parte. Ne deriva quindi che anche l’angolo che comprende il Sole, con vertice nell’occhio, è minore di un angolo retto diviso in 164 parti, maggiore della 200-esima parte di un angolo retto.

3R fra queste rette] (22 - A) ὑπὸ τᾶν ἀχθεισᾶν , ln. 3: «dalle [rette] tracciate.

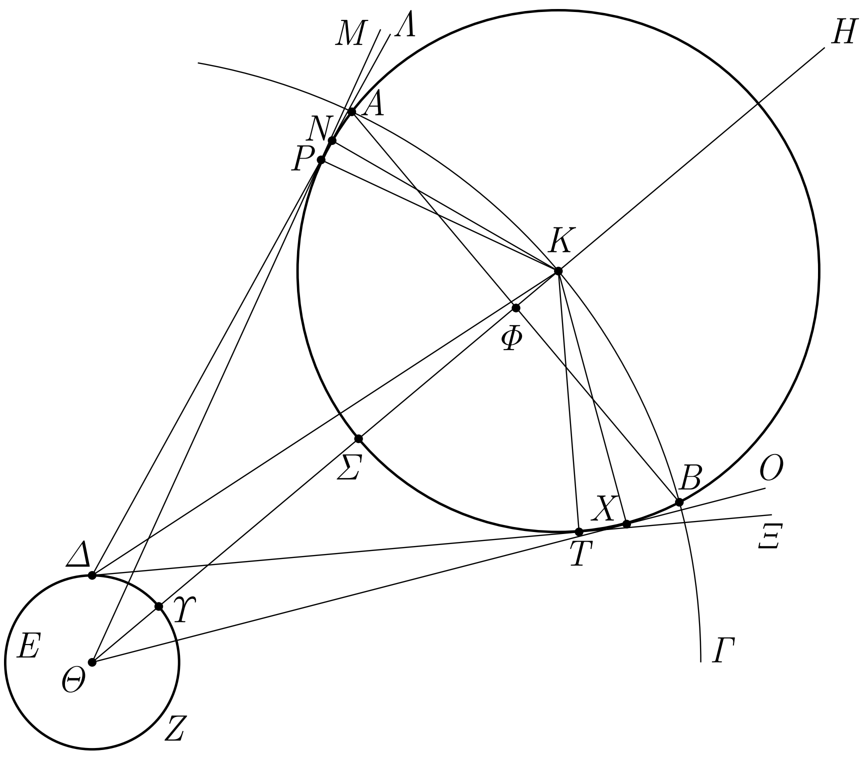
6R un cilindro] (23 - A), ln. 6: τι μέγεθος στρογγύλον: «una certa grandezza rotonda».

4R–5R poiché gli occhi non percepiscono la visione per un sol punto] (27 - B) Traguardando il Sole alla periferia del cilindro che l’occulta, si materializza un triangolo con vertice nell’occhio e rette tangenti al cilindro e al Sole. Osserva Archimede che, in prima istanza, si potrebbe dedurre che le due grandezze (cilindro e Sole) si equivalgano, ma, osserva ancora, che la tecnica sarebbe valida se la pupilla fosse puntiforme, poiché invece possiede una certa ampiezza, la misura non è corretta essendo ignota proprio l’ampiezza della pupilla. Posto allora sul regolo un secondo cilindro la cui ampiezza sia pari a quella della pupilla dove era precedentemente situato l’occhio (→ cap. 14 e 15), la misura va effettuata «un poco più indietro», in modo che le rette siano tangenti al cilindro che simula la pupilla all’altro cilindro, al Sole: quando il cilindro bianco occulta quello nero, entrambi sono dell’ampiezza della pupilla.

La discussione sull’ampiezza della pupilla sembra supporre, oltreché l’assimilazione piena dell’*Ottica* di Euclide (IV-III secolo), la conoscenza dei perduti scritti anatomici di Erofilo di Calcedonia (medesima epoca) che per primo descrisse la struttura dell’occhio e della retina originando anche la rispettiva terminologia.

13R cilindri scelti] (28 - B) Cioè: se i cilindri assunti a campione sono più piccoli dell’occhio, il cilindro più vicino all’occhio cade nel campo visuale e l’occhio scorge il cilindro bianco; se i cilindri sono ancora più piccoli l’occhio lo scopre interamente, altrimenti ne lascia scorgere soltanto piccole parti che si trovano poste ai lati del cilindro prossimo all’occhio.

[17] *πεπιστευμένων δὲ τούτων δειχθησέται καὶ ἁ διάμετρος τοῦ ἁλίου μείζων ἐοῦσα τᾶς τοῦ χιλιαγώνου πλευρᾶς τοῦ εἰς τὸν μέγιστον κύκλον ἐγγραφομένου τῶν ἐν τῷ κόσμῳ. νοείσθω γὰρ ἐπίπεδον ἐκβεβλημένον διά τε τοῦ κέντρου τοῦ ἁλίου καὶ τοῦ κέντρου τᾶς γᾶς καὶ διᾶ τᾶς ὄψιος, μικρὸν ὑπὲρ τὸν ὁρίζοντα ἐόντος τοῦ ἁλίου. τεμνέτω δὲ τὸ ἐκβληθὲν ἐπίπεδον τὸν μὲν κόσμον κατὰ τὸν ΑΒΓ κύκλον, τὰν δὲ γᾶν κατὰ τον ΔΕΖ, τὸν δὲ ἅλιον κατὰ τὸν ΣΗ κύκλον. κέντρον δὲ ἔστω τᾶς μὲν γᾶς τὸ Θ, τοῦ δὲ ἁλίου τὸ Κ, ὄψις δὲ ἔστω τὸ Δ. καὶ ἄχθωσαν εὐθείαι ἐπιψαυούσαι τοῦ ΣΗ κύκλου, ἀπὸ μὲν τοῦ Δ αἱ ΔΑ, ΔΞ· ἐπιψαυόντων δὲ κατὰ τὸ Ν καὶ τὸ Τ· ἀπὸ δὲ τοῦ Θ αἱ ΘΜ, ΘΟ· ἐπιψαυόντων δὲ κατὰ το Χ καὶ τὸ Ρ. τὸν δὲ ΑΒΓ κύκλον τεμνόντων αἱ ΘΜ, ΘΟ κατὰ τὸ Α καὶ τὸ Β.*



Rappresentazione archimedea per le esperienze condotte sulla misura angolare del Sole; cortesia di Claudio Beccari

[18] *ἔστι δὴ μείζων ἁ ΘΚ τᾶς ΔΚ, ἐπεὶ ὑποκείται ὁ ἅλιος ὑπὲρ τὸν ὁρίζοντα εἶμεν· ὥστε ἁ γωνία ἁ περιεχομένα ὑπὸ τᾶν ΔΛ, ΔΞ μείζων ἐστὶ τᾶς γωνίας τᾶς περιεχο-*

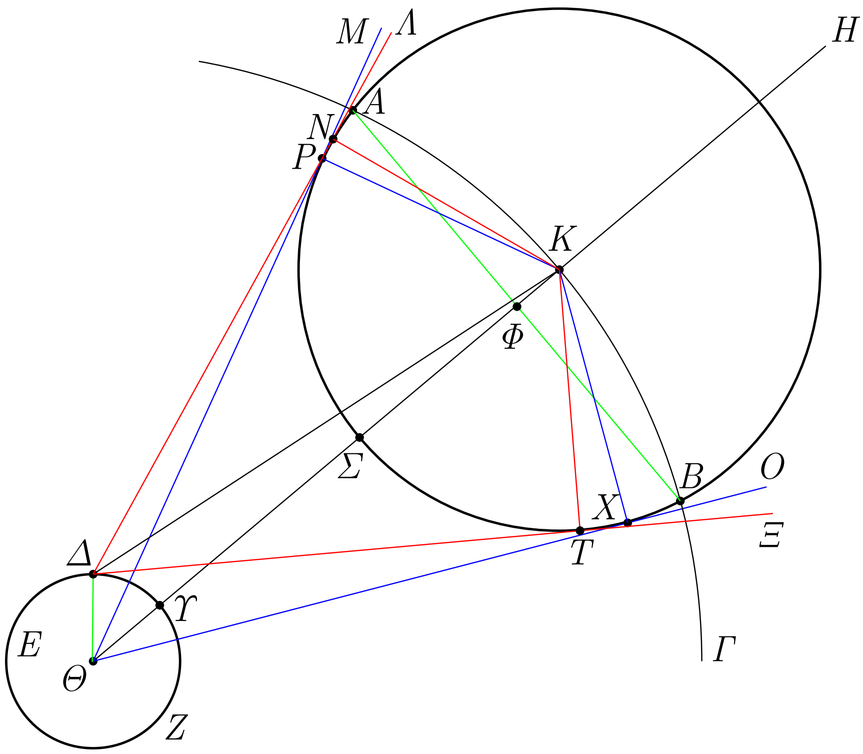
---

11 *ἔστι δὴ μείζων*] (24 - A) Invertita la costruzione della frase.

---

2 *χιλιαγώνου*] (29 - B)→ cap. 10, ln. 10.
5 *τεμνέτω δὲ τὸ ἐκβληθὲν ἐπίπεδον τὸν μὲν κόσμον*] (30 - B) → nota per ln. 4R.

[17] Ricavati questi valori, si dimostra che il diametro del Sole è maggiore del lato del chiliagono iscritto nel cerchio massimo del cosmo. Si consideri infatti, quando il Sole si è di poco elevato sull'orizzonte, un piano passante per il centro di questo, della Terra e per l'occhio. Il piano taglierà il cosmo secondo il cerchio $AB\Gamma$, la Terra secondo [il cerchio] ΔEZ, il Sole secondo [il cerchio] ΣH. Sia poi Θ il centro della Terra, K il centro del Sole e sia l'occhio in Δ. E si conducano [dal punto] Δ le [rette] $\Delta\Lambda$ e $\Delta\Xi$ tangenti al cerchio ΣH in N e T; e da Θ [le rette] ΘM e ΘO tangenti in X e in P. Le [rette] ΘM e ΘO intersechino il cerchio $AB\Gamma$ nei [punti] A e B.



Elaborazione in colori del disegno alla pagina a fianco. In rosso e blu le rette tangenti al Sole che materializzano gli angoli sotto cui è visto il Sole e i poligoni costruiti; in verde la corda AB e il raggio terrestre $\Delta\Theta$: $\rightarrow$ testo e nota a pagina 100

[18] Poiché s'è supposto il Sole sopra l'orizzonte, la [retta] ΘK è maggiore di ΔK, quindi l'angolo compreso dalle [rette] $\Delta\Lambda$, $\Delta\Xi$ è maggiore di quello compreso fra

1R Ricavati questi valori] (25 - A): «poste queste cose».

2R chiliagono] (31 - B) Poligono di mille lati: $\rightarrow$ capitolo 10.
4R taglierà il cosmo] (32 - B) $\rightarrow$ figure in queste pagine; $\rightarrow$ nota a pagina 100. Sul sito di Henry Mendell, è disponibile una grafica animata per le fattispecie descritte (Mendell 2016).

μένας ὑπὸ τᾶν ΘΜ, ΘΟ. ἁ δὲ περιεχομένα γωνία ὑπὸ τᾶν ΔΛ, ΔΞ μείζων μέν ἐστιν ἢ διακοσιοστὸν μέρος ὀρθᾶς, ἐλάττων δὲ ἢ τᾶς ὀρθᾶς διαιρεθείσας εἰς ρξδ′ τούτον ἓν μέρος. ἴσα γάρ ἐστι τᾷ γωνίᾳ, εἰς ἃν ὁ ἅλιος ἐναρμόζει τὰν κορυφὰν ἔχουσαν ποτὶ τᾷ ὄψει. ὥστε ἁ γωνία ἁ περιεχομένα ὑπὸ τᾶν ΘΜ, ΘΟ ἐλάττων ἐστὶν ἢ τᾶς ὀρθᾶς διαιρεθείσας εἰς ρξδ′ τούτων ἓν μέρος, ἁ δὲ ΑΒ εὐθεῖα ἐλάττων ἐστὶ τᾶς ὑποτεινούσας ἓν τμᾶμα διαιρεθείσας τᾶς τοῦ ΑΒΓ κύκλου περιφερείας ἐς χνϛ′.

[19] ἁ δὲ τοῦ εἰρημένου πολυγωνίου περίμετρος ποτὶ τὰν ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ ΑΒΓ κύκλου ἐλαττονα λόγον ἔχει, ἢ τὰ μδ′ ποτὶ τὰ ζ′, διὰ τὸ παντὸς πολυγωνίου ἐγγεγραμμένου ἐν κύκλῳ τὰν περίμετρον ποτὶ τὰν εκ τοῦ κέντρου ἐλάττονα λόγον ἔχειν, ἢ τὰ μδ′ ποτὶ τὰ ζ′. ἐπιστάσαι γὰρ δεδειγμένον ὑφ’ ἁμων, ὅτι παντὸς κύκλου ἁ περιφέρεια μείζων ἐστὶν ἢ τριπλασίων τᾶς διαμέτρου ἐλάσσονι ἢ ἑβδόμῳ μέρει. ταύτας δὲ ἐλάττων ἐστὶν ἁ περίμετρος τοῦ ἐγγραφέντος πολυγωνίου. ἐλάττοντα οὖν λόγον ἔχει ἁ ΒΑ ποτὶ τὰν ΘΚ, ἢ τὰ ια′ ποτὶ τὰ ͵αρμη′. ὥστε ἐλάττων ἐστὶν ἁ ΒΑ τᾶς ΘΚ ἢ ἑκατοστὸν μέρος.

[20] τᾷ δὲ ΒΑ ἴσα ἐστὶν ἁ διάμετρος τοῦ ΣΗ κύκλου, διότι καὶ ἁ ἡμίσεια αὐτᾶς ἁ ΦΑ ἴσα ἐστὶ τᾷ ΚΡ. ἰσᾶν γὰρ ἐουσᾶν τᾶν ΘΚ, ΘΑ ἀπὸ τῶν περάτων καθέτοι ἐπεζευγμέναι ἐντὶ ὑπὸ τὰν αὐτὰν γωνίαν. δῆλον οὖν, ὅτι ἁ διάμετρος τοῦ ΣΗ κύκλου ἐλαττων ἐστὶν ἢ ἑκατοστόν μέρος τᾶς ΘΚ. καὶ ἁ ΕΘΥ διάμετρος ἐλάττων ἐστὶ τᾶς διαμέτρου του ΣΗ κύκλου, ἐπεὶ ἐλάττων ἐστὶν ὁ ΔΕΖ κύκλος τοῦ ΣΗ κύκλου. ἐλαττόντες ἄρα ἐντὶ ἀμφοτέραι αἱ ΘΥ, ΚΣ ἢ ἑκατοστὸν μέρος τᾶς ΘΚ. ὥστε ἁ ΘΚ ποτὶ τὰν ΥΣ ἐλάττονα λόγον ἔχει, ἢ τὰ ρ′ ποτὶ τὰ ρθ′. καὶ ἐπεὶ ἁ μὲν ΘΚ μείζων ἐστὶ τᾶς ΘΡ, ἁ δὲ ΣΥ ἐλάττων τᾶς ΔΤ, ἐλάττω ἄρα καὶ λόγον ἔχει ἁ ΘΡ ποτὶ τὰν ΔΤ, ἢ τὰ ρ′ ποτὶ τὰ ρθ′.

[21] ἐπεὶ δὲ τῶν ΘΚΡ, ΔΚΤ ὀρθογωνίων ἐόντων αἱ μὲν ΚΡ, ΚΤ πλευραὶ ἴσαι ἐντί, αἱ δὲ ΘΡ, ΔΤ ἀνίσοι, καὶ μείζων ἁ ΘΡ, ἁ γωνία ἁ περιεχομένα ὑπὸ τᾶν ΔΤ, ΔΚ ποτὶ τὰν γωνίαν τὰν περιεχομέναν ὑπὸ τᾶν ΘΡ, ΘΚ μείζονα μὲν ἔχει λόγον, ἢ ἁ ΘΚ ποτὶ τὰν ΔΚ, ἐλάττω δέ, ἢ ἁ ΘΡ ποτὶ τὰν ΔΤ. εἰ γάρ κα δυῶν τριγώνων ὀρθογωνίων αἱ μὲν ἁτέραι πλευραὶ αἱ περὶ τὰν ὀρθὰν γωνίαν ἴσαι ἔωντι, αἱ δὲ ἁτέραι ἀνίσοι, ἁ μείζων γωνία τᾶν ποτὶ ταῖς ἀνίσοις πλευραῖς ποτὶ τὰν ἐλάττονα μείζονα μὲν ἔχει λόγον, ἢ ἁ μείζων γραμμὰ τὰν ὑπὸ τὰν ὀρθάν γωνίαν ὑποτεινουσᾶν ποτὶ τὰν ἐλαττονα, ἐλάττονα δέ, ἢ ἁ μείζων γραμμὰ τᾶν περὶ τὰν ὀρθὰν γωνίαν ποτὶ τὰν ἐλάττονα.

---

5 *ὑποτεινούσας*] (26 - A) Il termine è usato nel senso attuale di corda, → linea 5R.

30 *ὑποτεινουσᾶν*] (27 - A) Da ὑποτείνω (tendo, pongo avanti); anche se il riferimento è all’ipotenusa, qui ha il senso di sottendere.

---

15 *ἁ ἡμίσεια αὐτᾶς*] (33 - B) ex Heiberg: $\Phi A = \frac{1}{2} BA = KP$; op. cit. vol. II (pagina 259).

18 *ἑκατοστόν μέρος*] (34 - B) ex Heiberg: $\Theta K : \Upsilon\Sigma < 100 : 99$; *ibidem*, pagina 261.

le [rette] ΘM, ΘO. Ma l'angolo compreso fra le [rette] $\Delta\Lambda$, $\Delta\Xi$ è maggiore della duecentesima parte dell'angolo retto e più piccolo di questo della 164-esima parte. Infatti è uguale all'angolo che comprende il Sole e che ha il vertice nell'occhio. Sicché l'angolo compreso fra le [rette] ΘM, ΘO è minore della 164-esima parte dell'angolo retto, e la linea AB è minore della corda del segmento circolare [ossia] di un $^1/_{656}$ del cerchio [passante per i punti] $AB\Gamma$.

[19] Ma il perimetro del suddetto poligono, rispetto al raggio del cerchio $AB\Gamma$, ha rapporto minore di 44 a 7, poiché il perimetro di ogni poligono iscritto in un cerchio ha rispetto al raggio un rapporto minore di 44 a 7. Sai infatti che è stato da noi dimostrato che la circonferenza di ogni cerchio è maggiore di tre volte il suo diametro aumentato [di una certa quantità] minore di $^1/_7$ del diametro; ed il perimetro di un poligono iscritto è minore di questa [circonferenza]. Dunque BA rispetto a ΘK ha un rapporto minore di 11 a 1148, così ché BA è minore di $^1/_{100}$ ΘK.

[20] Ma la [retta] BA è [di lunghezza] eguale al diametro del cerchio ΣH, poiché la metà di questa, la [retta] ΦA, è eguale a KP. Infatti essendo $\Theta K = \Theta A$, dagli estremi di queste sono condotte [le rette ΦA e KP] perpendicolari cosicché [sottendano] lo stesso angolo. È chiaro dunque che il diametro del cerchio ΣH è minore di $\frac{1}{100}$ ΘK. Ed il diametro $E\Theta\Upsilon$ è minore del diametro del cerchio ΣH, poiché il cerchio ΔEZ è minore del cerchio ΣH. Allora sono entrambe [le rette] $\Theta\Upsilon$ e $K\Sigma$ minori della centesima parte di ΘK. Così il rapporto della [retta] ΘK rispetto alla [retta] $\Upsilon\Sigma$ è minore di 100 a 99. E poiché [sono:] ΘK maggiore di ΘP, $\Sigma\Upsilon$ minore di ΔT, il rapporto della [retta] ΘP rispetto alla [retta] ΔT sarà dunque minore di 100 a 99.

[21] E poiché nei [triangoli] rettangoli ΘKP e ΔKT i lati KP e KT sono eguali mentre [i lati] ΘP e ΔT [sono] diseguali e [poiché] ΘP è maggiore [di ΔT], l'angolo ricompreso fra le [rette] ΘP e ΘK ha rapporto maggiore di quello che [la retta] ΘK ha rispetto alla [retta] ΔK, minore poi di quello [della retta] ΘP rispetto alla [retta] ΔT. Se infatti di due triangoli rettangoli i due lati che comprendono l'angolo retto sono, in uno eguali nell'altro disuguali, il maggiore angolo adiacente ai lati disuguali ha, rispetto al minore [angolo], maggior rapporto di quello che la maggiore linea [di quelle] che sottendono l'angolo retto ha rispetto alla minore, [rapporto] maggiore ancora di quello che la maggiore delle linee all'angolo retto ha rispetto alla minore.

9R è stato da noi dimostrato] (28 - A) Ci si riferisce al lavoro *Sulla sfera e sul cilindro*; si veda anche *Sulla misura del cerchio*, III, alla pagina 47.
11R del diametro; ed il perimetro] (29 - A) Punteggiatura mutata, anche appresso.
29R maggiore linea] (30 - A) S'intende l'ipotenusa; appresso per «la maggiore delle linee» il riferimento è al cateto.

14R–15R poiché la metà di questa] (35 - B) $\rightarrow$ nota per la ln. 135.
16R–17R [sottendano] lo stesso angolo] (36 - B) Euclide, I, 26; ex Heiberg, op. cit., pagina 259.
19R sono entrambe] (37 - B) S'intende: la somma delle rette.
24R è maggiore [di ΔT]] (38 - B): «è maggiore quello ΘP»; infatti è $\Theta K > \Delta K$.

[22] *ὥστε ἁ γωνία ἁ περιεχομένα ὑπὸ τᾶν ΔΛ, ΔΞ ποτὶ τὰν γωνίαν τὰν περιεχομέναν ὑπὸ τᾶν ΘΟ, ΘΜ ἐλάττω λόγον ἔχει, ἢ ἁ ΘΡ ποτὶ τὰν ΔΤ, ἅτις ἐλάττω λόγον ἔχει, ἢ τα ρ′ ποτὶ τὰ ρθ′. ὥστε καὶ ἁ γωνία ἁ περιεχομένα ὑπὸ τᾶν ΔΛ, ΔΞ ποτὶ τὰν γωνίαν τὰν περιεχομέναν ὑπὸ τᾶν ΘΜ, ΘΟ ἐλάττω λόγον ἔχει ἢ τὰ ρ′ ποτὶ τὰ ρθ′. καὶ ἐπεί ἐστιν ἁ γωνία ἁ περιεχομένα ὑπὸ τᾶν ΔΛ, ΔΞ μείζων ἢ διακοσιοστὸν μέρος ὀρθᾶς, εἴη κα ἁ γωνία ἁ περιεχομένα ὑπὸ τᾶν ΘΜ, ΘΟ μείζων ἢ τᾶς ὀρθᾶς διαιρεθείσας ἐς δισμύρια τούτων ρθ′ μέρεα. ὥστε μείζων ἐστὶν ἢ διαιρεθείσας τᾶς ὀρθᾶς εἰς σ′ καὶ γ′ τούτων ἓν μέρος. ἁ ἄρα ΒΑ μείζων ἐστὶ τᾶς ὑποτεινούσας ἓν τμᾶμα διηρημένας τᾶς τοῦ ΑΒΓ κύκλου περιφερείας εἰς ωιβ′. τᾷ δὲ ΑΒ ἴσα ἐντὶ ἁ τοῦ ἁλίου διάμετρος. δῆλον οὖν, ὅτι μείζων ἐστὶν ἁ τοῦ ἁλίου διάμετρος τᾶς τοῦ χιλιαγώνου πλευρᾶς.*

---

2 *ἅτις*] (31 - A) Voce dorica per ἥτις: ὅστις, qualunque, alcuno.

---

10 *δῆλον οὖν, ὅτι μείζων ἐστὶν ἁ τοῦ ἁλίου διάμετρος*] (39 - B): ln. 10R–11R. Si riassume il procedimento adottato riportando, con lievi modifiche ed integrazioni, una nota di Frajese a commento del lavoro, pagine 452 - 453.

Archimede si propone di dimostrare (cap. 17, ln. 1R) che il segmento AB è maggiore del lato del chiliagono iscritto nel cerchio massimo del cosmo, e s'immagina un piano che partendo dall'angolo visuale (l'occhio) attraversi il centro della Terra e del Sole tagliando la Terra in $E\Delta Z$, il cosmo in $AB\Gamma$, il Sole lungo il cerchio ΣH.

Siano allora: il centro della Terra in Θ, il centro del Sole in K, l'occhio in Δ; si conducano da Δ le rette $\Delta\Lambda$ e $\Delta\Xi$ tangenti al cerchio ΣH in N e T, e da Θ le rette ΘM e ΘO tangenti al cerchio in X e in P che taglino il cerchio $AB\Gamma$ in A e B.

Avendo supposto il Sole poco alto sull'orizzonte, sarà $\Theta K > \Delta K$, infatti (disegno a pagina 97) l'angolo $\Delta\Theta T$ è retto in Θ e l'angolo $\Theta\Delta K$ è ottuso. Posti Δ e Θ, rispettivamente, come il punto più vicino e più lontano dal Sole, si conducano dai due punti rette tangenti al Sole in N e X; queste racchiudono due angoli, e quello con il vertice in Δ è maggiore di quello con vertice in Θ, ossia è $N\Delta T > P\Theta X$, ossia ancora il disco solare visto da Δ mostra un diametro apparente maggiore che non visto da Θ.

Per le misure effettuate (cap. 16) si è ricavato per un angolo retto in P:

$$\frac{1}{200}\,P \;< N\Delta T \;< \;\frac{1}{164}\,P, \text{ e sarà } P\Theta X \;< \;\frac{1}{164}\,P, \text{ ossia } P\Theta X \;< \;\frac{1}{656} \text{ dell'angolo giro}$$

e quindi AB è minore del poligono di 656 lati iscritto nel cerchio massimo del cosmo.

Archimede ricorda (cap. 19) di aver dimostrato che il perimetro del poligono iscritto nel cerchio ha, rispetto al raggio, rapporto minore di $^{44}/_{7}$ del raggio. Il lato del poligono di 656 lati è allora minore di $\frac{1}{656} \cdot \frac{44}{7}$ ΘK e $< \frac{11}{1148}$ del raggio ΘK. Perciò il rapporto fra AB e ΘK è minore di $\frac{11}{1148}$, a maggior ragione minore di $\frac{11}{1100}$, ossia è $AB < \frac{1}{100}\ \Theta K$.

Si rileva ancora (cap. 21) l'uguaglianza dei triangoli rettangoli ΘPK e $A\Phi K$ (eguali ipotenuse ed angolo acuto in comune), e poiché è $A\Phi = KP$, sarà $AB = 2\ A\Phi = 2\ KP = S_d$ (diametro Sole), allora $S_d < \frac{1}{100}\Theta K$ e $T_d < \frac{1}{100}\ \Theta K$, posto T_d come diametro della Terra.

Posti S_r (ΣK) il raggio del Sole $< \frac{1}{200} JK$ e T_r ($\Theta\Upsilon$) raggio della Terra $< \frac{1}{200}\Theta K$, si avrà per la parte residua di $\Upsilon\Sigma$ della distanza $\Theta K : \Upsilon\Sigma > \frac{99}{100}\Theta K$, ossia $\Theta K : \Upsilon\Sigma < 100 : 99$. Ma $\Theta K > \Theta P$ e $\Upsilon\Sigma < \Delta T$ (essendo $\Upsilon\Sigma$ la minima distanza fra i cerchi), quindi $\Theta P : \Delta T < 100 : 99$.

I triangoli rettangoli ΘPK e ΔTK hanno cateti eguali e diseguali ipotenuse, e per il teorema di Pitagora il

[22] Pertanto l'angolo compreso fra le [rette] $\Delta\Lambda$ e $\Delta\Xi$ rispetto all'angolo compreso fra le [rette] ΘM e ΘO avrà minore rapporto [di quello che] la [retta] ΘP ha rispetto alla [retta] ΔT ed è certo minore del rapporto da 100 a 99. E quindi l'angolo compreso fra le [rette] $\Delta\Lambda$ e $\Delta\Xi$, rispetto all'angolo compreso fra le [rette] ΘM e ΘO avrà rapporto minore di 100 a 99. E poiché l'angolo compreso fra le [rette] $\Delta\Lambda$ e $\Delta\Xi$ è maggiore della 200-esima parte dell'angolo retto, anche l'angolo compreso fra le [rette] ΘM e ΘO sarà maggiore che il $^{99}/_{20\,000}$ dell'angolo retto. Cosicché [quest'angolo] sarà più grande della 203-esima parte di un angolo retto. Dunque la [retta] AB è maggiore della corda di un arco della circonferenza del cerchio [passante per] $AB\Gamma$ diviso in 812 parti. Ma il diametro del Sole è pari alla [retta] BA. Ed è dunque evidente che [il diametro del Sole] è [anche] maggiore del lato del chiliagono.

---

maggiore cateto è relato alla maggiore ipotenusa: $\Theta P > \Delta T$.

E poiché due angoli acuti di triangoli rettangoli stanno fra loro in rapporto minore di quello fra i cateti diseguali, è $K\Delta T : K\Theta P < \Theta P : \Delta T$. Raddoppiando gli angoli, $N\Delta T : A\Theta B < \Theta P \Delta T < 100 : 99$. Per le misure effettuate sappiamo che $N\Delta T > \frac{1}{100}P$ (per P = all'angolo retto), quindi

$$\frac{1}{200}P : A\Theta B < \frac{100}{99}; P : A\Theta B < 20\,000 : 99; A\Theta B : P > 99 : 20\,000; AHB > \frac{99}{20\,000}P > \frac{1}{203}P$$

$$\text{ossia: } A\Theta B > \frac{1}{203 \cdot 4}\,4P > \frac{1}{812} \text{ dell'angolo giro.}$$

Quindi il segmento AB è maggiore del lato del poligono iscritto di 812 lati, ed a maggiore ragione del lato del chiliagono iscritto come si doveva dimostrare.

3R E quindi] (40 - B) Per un'esplicitazione del passo si confronti su questo punto la corrente versione con quella latina dell'Heiberg, rispettivo capitolo a pagina 125.

Βίβλος β΄

[1] *Τούτων δὲ ὑποκειμένων δεικνύται καὶ τάδε· ὅτι ἁ διάμετρος τοῦ κόσμου τᾶς διαμέτρου τᾶς γᾶς ἐλάττων ἐστὶν ἢ μυριοπλασίων, και ἔτι ὅτι ἁ διάμετρος τοῦ κόσμου ἐλάττων ἐστὶν ἢ σταδίων μυριάκις μυριάδες ρ΄. ἐπεὶ γὰρ ὑποκείται τὰν διάμετρον τοῦ ἁλίου μὴ μείζονα εἶμεν ἢ τριακονταπλασίονα τᾶς διαμέτρου τᾶς σελήνας, τὰν δὲ διάμετρον τᾶς γᾶς μείζονα εἶμεν τᾶς διαμέτρου τᾶς σελήνας, δῆλον, ὡς ἁ διάμετρος τοῦ ἁλίου ἐλάττων ἐστὶν ἢ τριακονταπλασίων τᾶς διαμέτρου τᾶς γᾶς. πάλιν δὲ ἐπεὶ ἐδείχθη ἁ διάμετρος τοῦ ἁλίου μείζων ἐοῦσα τᾶς τοῦ χιλιαγώνου πλευρᾶς τοῦ εἰς τὸν μέγιστον κύκλον ἐγγραφομένου τῶν ἐν τῷ κόσμῳ, φανερόν, ὅτι ἁ τοῦ χιλιαγώνου περίμετρος τοῦ εἰρημένου ἐλάττων ἐστὶν ἢ χιλιοπλασίων τᾶς διαμέτρου τοῦ ἁλίου. ἁ δὲ διάμετρος τοῦ ἁλίου ἐλάττων ἐστὶν ἢ τριακονταπλασίων τᾶς διαμέτρου τᾶς γᾶς. ὥστε ἁ περίμετρος τοῦ χιλιωγώνου ἐλάττων ἐστὶν ἢ τρισμυριοπλασίων τᾶς διαμέτρου τᾶς γᾶς.*

[2] *ἐπεὶ οὖν ἁ περίμετρος τοῦ χιλιαγώνου τᾶς μὲν διαμέτρου τᾶς γᾶς ἐλάττων ἐστὶν ἢ τρισμυριοπλασίων, τᾶς δὲ διαμέτρου τοῦ κόσμου μείζων ἢ τριπλασίων· δεδείκται γάρ τοι, διότι παντὸς κύκλου ἁ διάμετρος ἐλάττων ἐστὶν ἢ τρίτον μέρος παντὸς πολυγωνίου τᾶς περιμέτρου, ὅ κα ᾖ ἰσοπλευρον καὶ πολυγωνότερον τοῦ ἑξαγώνου ἐγγεγραμμένον ἐν τῷ κυκλῳ· εἴη κα ἁ διάμετρος τοῦ κοσμου ἐλάττων ἢ μυριοπλασίων τᾶς διαμέτρου τᾶς γᾶς. ἁ μὲν οὖν διάμετρος τοῦ κόσμου ἐλάττων ἐοῦσα ἢ μυριοπλασίων τᾶς διαμέτρου τᾶς γᾶς δεδείκται. ὅτι δὲ ἐλάττων ἐστὶν ἁ διάμετρος του κόσμου ἢ σταδών μυριάκις μυριαδες ρ΄, ἐκ τούτου δῆλον.*

[3] *ἐπεὶ γὰρ ὑποκείται τὰν περίμετρον τᾶς γᾶς μὴ μείζονα εἶμεν ἢ τριακοσίας μυρίαδας σταδίων, ἁ δὲ περίμετρος τᾶς γᾶς μείζων ἐστίν ἢ τριπλασία τᾶς διαμέτρου διὰ τὸ παντὸς κύκλου τὰν περιφέρειαν μείζονα εἶμεν ἢ τριπλασίονα τᾶς διαμέτρου, δῆλον, ὡς ἁ διάμετρος τᾶς γᾶς ἐλάττων ἐστὶν ἢ σταδίων ρ΄ μυριάδες. ἐπεὶ οὖν ἁ τοῦ κόσμου διάμετρος ἐλάττων ἐστὶν ἢ μυριοπλασίων τᾶς διαμέτρου τᾶς γᾶς, δῆλον, ὡς ἁ τοῦ κόσμου διάμετρος ἐλάττων ἐστὶν ἢ στάδίων μυριάκις μυριάδες ρ΄.*

---

4 *σταδίων μυριάκις μυριάδες ρ΄.*] (1 - B) Ossia $10\,000 \cdot 10\,000 \cdot 100 = 10\,000\,000\,000$ stadi. Il riferimento è al precedente cap. 22 (μείζων ἢ τᾶς ὀρθᾶς διαιρεθείσας ἐς δισμύρια τούτων ϙθ΄ μέρεα, ln. 10): più grande di un angolo retto diviso in 20 000 parti, 99 parti di questo.

22–23 *τριακοσίας μυρίαδας σταδίων*] (2 - B) 300 000 miriadi di stadi.

25 *σταδίων ρ΄ μυριάδες*] (3 - B) 1 000 000 di stadi.

27 *στάδίων μυριάκις μυριάδες ρ΄*] (4 - B) Il numero cui perviene Archimede (ln. 25R) svolge un ruolo fondamentale nella sintesi di quanto sin qui esposto e per le proposizioni che s'andranno ad enunziare.

Al termine del I libro, cap. 22, si è dimostrato che il diametro del Sole è maggiore di un lato del chiliagono iscritto nel cerchio massimo del cosmo e, di conseguenza, il perimetro del chiliagono sarà minore di 1000 diametri solari. S'era ancora supposto, inizio del cap. 3, che il diametro del Sole fosse minore di 30 diametri terrestri, di conseguenza il perimetro del chiliagono sarà anch'esso inferiore a 30 000 diametri terrestri ($1000 \cdot 30$). S'era poi supposto (cap. 2, ln. 13R) che il perimetro del chiliagono fosse *maggiore del triplo del cosmo* essendo il perimetro di un esagono regolare iscritto in un cerchio eguale a tre volte il diametro del cerchio stesso, ossia $D_c = \frac{1}{3} P_{es}$, intesi D_c e P_{es} rispettivamente come il diametro del cerchio e il perimetro dell'esagono di lati eguali. Questo valore è ovviamente inferiore della stessa entità ($^1/_3$) ad un poligono iscritto con più di sei lati, e quindi sarà anche $D_c < {}^1/_3\, P_{cl}$, inteso P_{cl} come il perimetro del chiliagono. Ne discende che tre diametri del cosmo hanno lunghezza minore del perimetro del chiliagono, a sua volta inferiore a 10 000 diametri terrestri.

Ma (lb. I, cap. 8) s'era è posta per ipotesi la circonferenza terrestre pari a 300 miriadi di stadi (3 000 000 di stadi) ed allora il diametro terrestre dovrà essere inferiore di $^1/_3$ di questo valore, ossia inferiore ad 1 000 000 di stadi. Quindi il diametro del cosmo è inferiore a $10\,000 \cdot 1\,000\,000$ stadi, inferiore cioè a 10 000 000 000 stadi: è questo il numero che Archimede riporta in espressione mista: letterale (μυριάκις μυριάδες) e numerrica (ρ΄).

Libro II

[1] Avanzate queste supposizioni, si può dimostrare anche questo: il diametro del cosmo è diecimila volte minore di quello della Terra e minore di 100 miriadi di miriadi di stadi. Infatti poiché si è supposto che il diametro del Sole non sia maggiore di trenta volte quello della Luna e che il diametro della Terra sia maggiore di quello della Luna, è chiaro che il diametro del Sole è minore di 30 volte di quello della Terra. Poiché s'è anche dimostrato che il diametro del Sole è maggiore del poligono di mille lati inscritto nel [più grande cerchio] del cosmo, è evidente che il perimetro del detto chiliagono è minore di un migliaio di volte il diametro del Sole. Ma il diametro del Sole è minore di trenta volte il diametro della Terra. Sicché anche il perimetro del chiliagono è minore di trentamila volte il diametro della Terra.
[2] Poiché dunque il perimetro del chiliagono è minore per trentamila volte il diametro della Terra, ma maggiore del triplo del diametro del cosmo (d'altronde è stato [pure] dimostrato che il diametro di un qualsiasi cerchio è minore della terza parte del perimetro di un [qualsiasi] poligono equilatero con più di sei lati iscritto in un cerchio), sarà anche il diametro del cosmo minore di diecimila volte il diametro della Terra. Si è così dimostrato che il diametro del cosmo è meno di diecimila volte il diametro della Terra. Così che è [chiaro] per questo che il diametro del cosmo è meno di cento miriadi di miriadi di stadi.
[3] E poiché si è di fatto supposto [che] il perimetro della Terra non [sia] maggiore di trecento miriadi stadi, allora il perimetro della Terra è maggiore del triplo del diametro, poiché la circonferenza di ogni cerchio è maggiore di tre volte il diametro [dello stesso], dunque è chiaro che il diametro della Terra è minore di 100 miriadi di stadi. Allora, poiché il diametro del cosmo è minore di diecimila volte il diametro della Terra, è anche chiaro che il diametro del cosmo è minore di 100 miriadi di miriadi di stadi.

9R–10R è minore di trenta volte] (1 - A) L'espressione «è minore di» sta anche in questo caso, come nei precedenti e seguenti, per «è meno di».
13R (d'altronde] (2 - A) L'inciso fra parentesi tonde nel testo originario è preceduto da un punto e virgola.

3R diecimila volte minore di quello della Terra] (5 - B) Af intendere l'espressione in senso letterale sembra che Archimede assuma, secondo quanto esposto nel libro primo, che che il diametro dell'intero cosmo sia inferiore a quello della Terra, il che, ovviamente, non può essere. Il periodo è da intendere nel senso che il *diametro del cosmo è «meno che» diecimila volte il diametro terrestre*; il che è confemato da quanto successivamente esposto: → cap. 2 a ln. 18R.
Il Frajese rende il periodo *è meno di diecimila volte il diametro della Terra*; il Mugler *que le diametre du monde est inférieur à une droite éegale à dix mille diamètre de la terre*; op. cit. in bibliografia.
3R–4R 100 miriadi di miriadi di stadi.] (6 - B)→ nota per la ln. 4.
6R minore di 30 volte] (7 - B) Ossia: diametro Terra $\cdot$ 30 $<$ diametro Sole.
7R del poligono di mille lati] (8 - B) Il chiliagono: → cap. 10, a pagina 92.
8R nel [più grande cerchio] del cosmo] (9 - B): «nel cerchio massimo del cosmo».
14R–15R diametro di un qualsiasi cerchio è minore della terza parte del perimetro di un [qualsiasi] poligono equilatero con più di sei lati iscritto in un cerchio] (10 - B) Il riferimento implicito è ad Euclide, IV, 5: *nam perimetrus hexagoni triplo maior est diametro, et quo plura sunt latera, eo maiores sunt permetri*; nota *ex* Heiberg, op. cit., pagina 265.
18R–19R cento miriadi di miriadi di stadi] (11 - B) → nota per ln. 4.
25R 100 miriadi di miriadi di stadi] (12 - B) 10 000 000 000 di stadi;→ nota per la ln. 27.

[4] *περὶ μὲν οὖν τῶν μεγεθέων καὶ τῶν ἀποστημάτων ταῦτα ὑποτίθεμαι, περὶ δὲ τοῦ ψάμμου τάδε· εἴ κα ᾖ τι συγκείμενον μέγεθος ἐκ τοῦ ψάμμου μὴ μεῖζον μάκωνος, τὸν ἀριθμὸν ἀυτοῦ μὴ μείζονα εἶμεν μυρίων, καὶ τὰν διάμετρον τᾶς μάκωνος μὴ ἐλάττονα εἶμεν ἢ τετρωκοστομόριον δακτύλου. ὑποτιθέμαι δὲ τοῦτο ἐπισκεψάμενος τόνδε τὸν τρόπον· ἐτέθεν ἐπὶ κανόνα λεῖον μακώνες ἐπ' εὐθείας ἐπὶ μίαν κειμέναι ἁπτομέναι ἀλλαλᾶν, καὶ ἀνελάβον αἵ κε΄ μακώνες πλέονα τόπον δακτυλιαίου μάκεος. ἐλάττονα οὖν τιθεὶς τὰν διάμετρον τᾶς μάκωνος ὑποτιθέμαι ὥς τετρωκοστομόριον εἶμεν δακτύλου καὶ μὴ ἐλάττονα, βουλόμενος καὶ διὰ τούτων ἀναμφιλογώτατα δεικνύσθαι τὸ προκείμενον.*

---

2 *μάκωνος*] (3 - A) Voce dorica per μήκων (papavero), il termine indica propriamente la testa del papavero. Che Archimede intenda riferirsi al seme del papavero si deduce, oltre che dall'indicazione sintetica della pianta per il seme, in specie dal senso del discorso là dove ne specifica la grandezza nella misura di $^1/_{40}$ di un dito, non potendo ovviamente riferirsi, date le dimensioni e la misura, alla testa del papavero.

[4] Sulle grandezze e sulle distanze valgano dunque queste supposizioni, quest'altre invece intorno [ai grani] d'arena: composto un [certo volume di grani] d'arena non maggiore [di quello di] un [seme di] papavero, [si ponga] il numero di questa [quantità] non maggiore di una miriade e il diametro del [seme di] papavero non più piccolo di $^{1}/_{40}$ di un dito. E ciò pongo avendo sperimentato la cosa in questo modo: disposti in fila su un regolo levigato [alcuni semi di] papavero ponendoli a contatto fra loro, [ho rilevato] che 25 di questi si sono disposti su uno spazio superiore alla lunghezza del dito. Ne ho dedotto quindi che il diametro del [seme di] papavero è [della grandezza] di $^{1}/_{40}$ del dito e non minore, volendo in questo modo dimostrare quanto [mi sono] proposto senza [possibilità di] contestazione.

5R–6R in fila] (4 - A): «in [linea] retta»; ln. 5.

2R composto] (13 - B): «se si raccogliesse»; in seguito il verbo sarà reso con «se si componesse» in riferimento alla sfera di grani di sabbia.
Archimede introduce le sue nuove unità di misura: i semi di papavero, il dito (una sua frazione), i grani d'arena cui ha più volte accennato e lo stadio, iniziando l'analisi dei rapporti fra le sfere immaginarie (ma matematicamente reali) create.
3R un [seme di] papavero] (14 - B)→ nota per la ln. 2.
3R di questa [quantità]] (15 - B) Cioè, dei grani di arena.
4R non maggiore di una miriade] (16 - B) Non maggiore di 10 000.
5R di un dito] (17 - B) Nel silenzio del testo è presumibile credere che Archimede voglia intendere il dito pollice. Molti autori di lingua inglese rendono infatti il termine con *inch* (dal latino *uncia*) assumendo una implicita relazione fra il dito e l'unità di misura.

Βίβλος γ΄

[1] Ἃ μὲν οὖν ὑποτιθέμαι, ταῦτα. χρήσιμον δὲ εἶμεν ὑπολαμβάνω τὰν κατονόμαξιν τῶν ἀριθμῶν ῥηθήμεν, ὅπως καὶ τῶν ἄλλων οἱ τῷ βιλίῳ μὴ περιτετευχότες τῷ ποτὶ Ζεύξιππον γεγραμμένῳ μὴ πλανῶνται διὰ τὸ μηδὲν εἶμεν ὑπὲρ αὐτᾶς ἐν τῷδε τῷ βιβλίῳ προειρημένον.

[2] συμβαίνει δὴ τὰ ὀνόματα τῶν ἀριθμῶν ἐς τὸ μὲν τῶν μυρίων ὑπάρχειν ἁμῖν παραδεδομένα, καὶ ὑπὲρ τὸ τῶν μυρίων [μὲν] *ἀποχρεόντως ἐγγιγνώσκομες μυριάδων ἀριθμὸν λεγόντες ἔστε ποτὶ τὰς μυρίας μυριάδας. ἔστων οὖν ἁμῖν οἱ μὲν νῦν εἰρημένοι ἀριθμοὶ ἐς τὰς μυρίας μυριάδας πρῶτοι καλουμένοι. τῶν δὲ πρώτων ἀριθμῶν αἱ μυρίαι μυριάδες μονὰς καλείσθω δευτέρων ἀριθμῶν, καὶ ἀριθμείσθων τῶν δευτέρων μονάδες καὶ ἐκ τᾶν μονάδων δεκάδες καὶ ἑκατοντάδες καὶ χιλιάδες καὶ μυριάδες ἐς τὰς μυρίας μυριάδας. πάλιν δὲ καΐ μυρίαι μυριάδες τῶν δευτέρων ἀριθμῶν μονὰς καλείστω τρίτων ἀριθμῶν καὶ ἀριθμείσθων τῶν τρίτων ἀριθμῶν μονάδες καὶ ἀπὸ τᾶν μονάδων δεκάδες καὶ εκατοντάδες καὶ χιλιάδες καὶ μυριάδες ἐς τὰς μυρίας μυριάδας.*

[3] τὸν αὐτὸν δὲ τρόπον καὶ τῶν τρίτων ἀριθμῶν μυρίαι μυριάδες μονὰς καλείσθω τετάρτων ἀριθμῶν, καὶ αἵ τῶν τετάρτων ἀριθμῶν μυρίαι μυριάδες μονὰς καλείσθω πέμπτων ἀριθμῶν, καὶ ἀεὶ οὕτως προαγόντες οἱ ἀριθμοὶ τὰ ὀνόματα ἐχόντων ἐς τὰς μυριακισμυριοστῶν ἀριθμῶν μυρίας μυριάδας. ἀποχρέοντι μὲν οὖν καὶ ἐπὶ τοσοῦτον οἱ ἀριθμοὶ γιγνωσκπομένοι. ἔξεστι δὲ καὶ ἐπὶ πλέον προάγειν.

[4] ἔστων γὰρ οἱ μὲν νῦν εἰρημένοι ἀριθμοὶ πρώτας περιόδου καλουμένοι, ὁ δὲ ἔσχατος ἀριθμὸς τᾶς πρώτας περιόδου μονὰς καλείσθω δευτέρας περιόδου πρώτων ἀριθμῶν. πάλιν δὲ καὶ αἱ μυρίαι μυριάδες τᾶς δευτέρας περιόδου πρώτων ἀριθμῶν μονὰς καλείσθω τᾶς δευτέρας περιόδου δευτέρων ἀριθμῶν. ὁμοίως δὲ καὶ τούτων ὁ ἔσχατος μονὰς καλείσθω δευτέρας περιόδου τρίτων ἀριθμῶν, καὶ ἀεὶ οὕτως οἱ ἀριθμοὶ προαγόντες τὰ ὀνόματα ἐχόντων τᾶς δευτέρας περιόδου ἐς τὰς μυριακισμυριοστῶν ἀριθμῶν μυρίας μυριάδας. πάλιν δὲ καὶ ὁ ἔσχατος ἀριθμὸς τᾶς δευτέρας περιόδου μονὰς καλείσθω τρίτας περιόδου πρώτων ἀριθμῶν, καὶ ἀεὶ οὕτως προαγόντων ἐς τᾶς μυριακισμυριοστᾶς περιόδου μυριακισμυριοστῶν ἀριθμῶν μυρίας μυριάδας.

---

2 *κατονόμαξιν*] (1 - A): → libro I, cap. 3, a pagina 88, ln. 13: κατωνομασμένων.

21 *μονὰς*] (2 - A): il termine «monade», reso alla pagina a fianco (20R) con «unità», esprime il principio primo di ogni cosa e come tale va distinto dalle varie diadi, triadi, tetradi,. . . che pure da essa generavano: → il passo di Filolao a pagina 35.

17–18 *ἐς τὰς μυριακισμυριοστῶν ἀριθμῶν μυρίας μυριάδας.*] (1 - B) Una miriade di unità di «numeri quarti» è pari a $10^8 \cdot 10^{24} = 10^{32}$, e così si procede appresso sino all'unità dei «numeri sesti» espressi da $10^8 \cdot 10^{32} = 10^{40}$: → anche note alla pagina a fianco.

Si giunge quindi all'unità dei numeri dell'ordine di «una miriade di miriadi» eseguendo il prodotto di fattori eguali a 10, ossia elevando 10 alla potenza di esponente diminuito l'esponente di una unità: $10^8 - 1$; l'unità richiesta è cioè eguale a $10^{8(10-1)}$. Esprimendo il numero in notazione moderna scriveremmo l'unità seguita da $800\,000\,000 - 8$ zeri $=$ $799\,999\,992$ zeri.

Una miriade di miriadi di unità, nell'ordine della miriade di miriadi, è espressa da

$$10^8 \cdot 10^{8(10^8-1)} = 10^{8 \cdot 10^8}$$

numero che, sempre in notazione moderna, si esprime scrivendo l'unità seguita da $8 \cdot 10^8$ zeri, ossia 800 milioni di zeri: questa è l'unità dei «numeri primi del secondo periodo», mentre i numeri che precedono sono i «numeri del primo periodo».

La considerazione dei periodi: ἀριθμοὶ πρώτας περιόδου, δευτέρας περιόδου (numeri del primo e del secondo periodo: ln. 20 e 23), è alla base della crescente progressione numerica ideata.

Libro III

[1] Queste dunque sono le cose supposte [finora]. Ma ritengo utile [adesso] richiamare la denominazione dei numeri in modo che, anche da parte di coloro che non conoscano il libro inviato a Zeuxippo, non ne sia impedita la comprensione se [qualcosa] su di essi sarà detto in questo libro.
[2] Così noi numeriamo fino a diecimila e sopra la miriade, [e d'altra parte] siamo in grado di esprimere il numero delle miriadi fino alla miriade delle miriadi. Si definiscano dunque i suddetti numeri fino ad una miriade di miriadi «[numeri] primi». E una miriade di miriadi dei «numeri primi» si chiami poi unità dei «numeri secondi» e contiamo le unità dei «numeri secondi» e dalle unità le decine, le centinaia, le migliaia e le miriadi fino alle miriadi di miriadi. Ancora poi anche le miriadi di miriadi dei «numeri secondi» si definiscano unità dei «numeri terzi», e contiamo le unità dei numeri terzi e dalle unità le decine, le centinaia, le migliaia e le decine di migliaia fino alle miriadi di miriadi.
[3] Ed allo stesso modo anche le miriadi di miriadi di «numeri terzi» si definiscano unità dei «numeri quarti» e le miriadi dei «numeri quarti» [si definiscano] unità dei «numeri quinti», e così sempre continuando i numeri abbiano nomi fino alle miriadi di miriadi dei numeri delle miriadi di miriadi. I numeri così individuati bastano [allo scopo]. Ma è evidente che si può ancora continuare.
[4] Si definiscano infatti i numeri ora nominati numeri del «primo periodo», e l'ultimo numero del «primo periodo» sia definito «unità dei numeri primi del secondo periodo». E di nuovo anche le miriadi di miriadi dei «numeri primi del secondo periodo» si definiscano «numeri secondi del secondo periodo». Ugualmente, ancora l'ultimo di questi si definisca «unità dei numeri terzi del secondo periodo», e sempre così continuando si assegnino nomi ai numeri del secondo periodo fino alla miriade di numeri di una miriade di miriade. Di nuovo poi, anche l'ultimo numero del secondo periodo si definisca «unità dei numeri primi del terzo periodo», e sempre in questo modo si proceda fino ad una miriade di miriadi del periodo di «miriade di miriadi».

4R–5R se [qualcosa] su di essi sarà detto in questo libro] (3 - A) Il passo è diversamente interpretato dai traduttori riferendo τῶν ἄλλων (degli altri) talvolta a τῶν ἀριθμῶν (dei numeri), talvolta a generici altri che non abbiano avuto accesso al libro inviato a Zeuxippo. Frajese rende: *anche per gli altri* [numeri] *non trattati nel libro scritto per Zeuxippo*; Heiberg: *ceterorum quoque qui in librum ad Zeuxippum missum non incederunt*. Archimede intende soprattutto riepilogare quanto esposto nel libro per rendere comprensibile a Gelone ed ai lettori il suo discorso.
6R numeriamo fino a diecimila] (4 - A): «Avviene dunque che siano stati consegnati a noi [dalla tradizione] i nomi per i numeri fino a diecimila».

7R fino alla miriade delle miriadi] (2 - B): $10\,000 \cdot 10\,000$; $(10^4 \cdot 10^4 = 10^8 = 100\,000\,000)$.
8R «[numeri] primi»] (3 - B) ἀριθμοὶ. . . πρώτοι, ln. 9: espressione per indicare i numeri divisibili per se stessi o per l'unità; il termine è anche in Euclide.
9R unità dei «numeri secondi»] (4 - B) Un'unità di «numeri secondi» corrisponde ad una miriade di miriadi di unità dei «numeri primi»; quindi una miriade di miriadi di «numeri secondi» è eguale a

$$100\,000\,000 \cdot 100\,000\,000 = 10^8 \cdot 10^8 = 10^{16} = 10.000.000.000.000.000\,.$$

12R unità dei «numeri terzi»] (5 - B)Un'unità di «numeri terzi» corrisponde a 10^{16}.
13R fino alle miriadi di miriadi] (6 - B) Conseguentemente (→ nota precedente) una miriade di miriadi di «numeri terzi» corrisponde a $10^8 \cdot 10^{16} = 10^{24}$.
16R–17R fino alle miriadi di miriadi dei numeri delle miriadi di miriadi] (7 - B): → nota per le ln. 17–18.

[5] *τούτων δὲ οὕτως κατωνομασμένων, εἴ κα ἔωντι ἀριθμοὶ ἀπὸ μονάδος ἀνάλογον ἑξῆς κειμένοι, ὁ δὲ παρὰ τὰν μονάδα δεκὰς ᾖ, ὀκτὼ μὲν αὐτῶν οἱ πρώτοι σὺν τᾷ μονάδι τῶν πρώτων ἀριθμῶν καλουμένων ἐσσούνται, οἱ δὲ μετ' αὐτοὺς ἄλλοι ὀκτὼ τῶν δευτέρων καλουμένων, καὶ οἱ ἄλλοι τὸν αὐτὸν τρόπον τούτοις τῶν συνωνύμων καλουμένων εσσούνται τᾷ ἀποστάσει τᾶς ὀκτάδος τῶν ἀριθμῶν ἀπὸ τᾶς πρώτας ὀκτάδος τῶν ἀριθμῶν. τᾶς μὲν οὖν πρώτας ὀκτάδος τῶν ἀριθμῶν ὁ ὄγδοός ἐστιν ἀριθμὸς χιλίαι μυριάδες, τᾶς δὲ δευτέρας ὀκτάδος ὁ πρῶτος, ἐπεὶ δεκαπλασίων ἐστὶν τοῦ πρὸ αὐτοῦ, μυρίαι μυριάδες ἐσσείται. οὗτος δέ ἐστι μονὰς τῶν δευτέρων ἀριθμῶν. ὁ δὲ ὄγδοος τᾶς δευτέρας ὀκτάδος ἐστὶ χιλίαι μυριάδες τῶν δευτέρων ἀριθμῶν. πάλιν δὲ καὶ τᾶς τρίτας ὀκτάδος ὁ πρῶτος, ἐπεὶ δεκαπλασίων ἐστὶ τοῦ πρὸ αὐτοῦ, μυρίαι μυριάδες ἐσσείται τῶν δευτέρων ἀριθμῶν. οὗτος δὲ ἐστιν μονὰς τῶν τρίτων ἀριθμῶν. φανερὸν δέ, ὅτι καὶ ὁποσαιοῦν ὀκτάδες ἑξοῦντι, ὡς εἰρήται.*

[6] *χρήσιμον δέ ἐστι καὶ τόδε γιγνωσκόμενον. εἴ κα ἀριθμῶν ἀπὸ τᾶς μονάδος ἀνάλογον ἐόντων πολλαπλασιάζοντί τινες ἀλλάλους τῶν ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἀναλογίας, ὁ γενόμενος ὁμοίως ἐσσείται ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἀναλογίας ἀπέχων ἀπὸ μὲν τοῦ μείζοντος τῶν πολλαπλασιαξάντων ἀλλάλους, ὅσους ὁ ἐλάττων τῶν πολλαπλασιαξάντων ἀπὸ μονάδος ἀνάλογον ἀπέχει, ἀπὸ δὲ τᾶς μονάδος ἀφέξει ἑνὶ ἐλαττόνας, ἢ ὅσος ἐστὶν ὁ ἀριθμὸς συνναμφοτέρων, οὓς ἀπέχοντι ἀπὸ μονάδος οἱ πολλαπλασιαξάντες ἀλλάλους.*

[7] *ἔστων γὰρ ἀριθμοί τινες ἀνάλογον ἀπὸ μονάδος, οἱ Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η, Θ, Ι, Κ, Λ, μονὰς δὲ ἔστω ὁ Α. καὶ πεπολλαπλασιάσθω ὁ Δ τῷ Θ, ὁ δὲ γενομενος ἔστω ὁ Χ. λελάφτω δὴ ἐκ τᾶς ἀναλογίας ὁ Λ ἀπέχων ἀπὸ τοῦ Θ τοσούτους, ὅσους ὁ Δ ἀπὸ μονάδος ἀπέχει. δεικτέον, ὅτι ἴσος ἐστὶν ὁ Χ τῶ Λ. ἐπεὶ οὖν ἀνάλογον ἐόντων ἀριθμῶν ἴσους ἀπέχει ὅ τε Δ ἀπὸ τοῦ Α, καὶ ὁ Λ ἀπὸ τοῦ Θ, τὸν αὐτὸν ἔχει λόγον ὁ Δ ποτὶ τὸν Α, ὃν ὁ Λ ποτὶ τὸν Θ. πολλαπλασίων δέ ἐστιν ὁ Δ τοῦ Α τῷ Δ. πολλαπλασίων ἄρα ἐστὶν καὶ ὁ Λ τοῦ Θ τῷ Δ. ὥστε ἴσος ἐστὶν ὁ Λ τῷ Χ.*

[8] *δῆλον οὖν, ὅτι ὁ γενόμενος ἐκ τᾶς ἀναλογίας τέ ἐστιν καὶ ἀπὸ τοῦ μείζονος τῶν πολλαπλασιαξάντων ἀλλάλους ἴσους ἀπέχων, ὅσους ὁ ἐλάττων ἀπὸ τᾶς μονάδος ἀπέχει. φανερὸν δέ, ὅτι καὶ ἀπὸ μονάδος ἀπέχει ἑνὶ ἐλαττόνας, ἢ ὅσος ἐστὶν ὁ ἀριθμὸς συναμφοτέρων, οὕς ἀπέχοντι ἀπὸ τᾶς μονάδος οἱ Δ, Θ. οἱ μὲν γὰρ Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η, Θ τοσούτοι ἐντί, ὅσους ὁ Θ ἀπὸ μονάδος ἀπέχει, οἱ δὲ Ι, Κ, Λ ἑνὶ ἐλαττόνες, ἢ ὅσους ὁ Δ ἀπὸ μονάδος ἀπέχει· σὺν γὰρ τῷ τοσούτοι ἐντί.*

---

1 *τούτων δὲ οὕτως κατωνομασμένων*] (5 - A)κατωνομασμένων: «denominati così questi [numeri]»: → a pagina 88 ln. 13.
14–15 *γενόμενος*] (6 - A) Dorico per γέννημα da γένναω (generare): «il prodotto», ln. 15R.

---

1 *ἀνάλογον*] (8 - B) Il termine esprime qui una serie di rapporti eguali fra loro in cui il conseguente corrisponde all'antecedente. L'uso a fianco di ἀνάλογον del termine ἑξῆς (in ordine, in sequenza) mostra (anche) il riferimento ai semi di papavero disposti in fila.
8 *μονὰς τῶν δευτέρων ἀριθμῶν*] (9 - B) Cioè: i numeri della prima ottade sono «numeri primi», quelli della seconda «numeri secondi»,. . . → linee da 6R a 9R.
26 *δῆλον οὖν*] (10 - B) Si consideri la progressione

$$1 \cdot 10 \cdot 10^2 \cdot 10^3 \cdot 10^4 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 10^7 \cdot 10^8 \text{ e così continuando.}$$

Volendo moltiplicare fra loro due elementi, ad esempio $10^2 \cdot 10^4$, si procede in questo modo: si contano i posti dall'unità sino a 10^2, questi sono due, e si troverà che il prodotto cercato disterà da 10^4 di altrettanti posti (due) e sarà dato da 10^6.
Si rileva ancora che 10^2, 10^4, 10^6 occupano (nella progressione) la terza, la quinta e la settima posizione; il prodotto sarà allora dato dalla somma delle espressioni numeriche delle posizioni sottratta ad esse un'unità, come esplicita Archimede (→ a pagina 109, ln. 29R e relativa nota); ossia $3 + 5 - 1 = 7$: il prodotto cercato è quindi nel settimo termine, come si voleva dimostrare.

[5] Definiti così questi [numeri], se alcuni numeri a partire dall'unità sono ordinatamente disposti in proporzione continuata, e se [il numero] che segue l'unità è il dieci, i primi otto di questi, compresa l'unità, saranno della serie detta dei «numeri primi», e otto altri dopo questi [saranno] quelli chiamati «numeri secondi», e gli altri saranno similmente a questi denominati [in relazione alla] distanza della [loro] ottade da [quella] dei numeri della prima ottade. E dunque l'ottavo dei numeri della prima ottade è il numero delle «mille miriadi», il primo della seconda ottade, poiché è il decuplo di quello prima di esso sarà [il numero] di una miriade di miriadi. Ma questo [numero] è l'unità dei «numeri secondi». E l'ottavo della seconda ottade è «mille miriadi dei numeri secondi». Ancora: il primo [numero] della terza ottade, poiché è decuplo del precedente, sarà una miriade di miriadi di numeri secondi». [E] questo [numero] è poi l'unità dei «numeri terzi». È chiaro che così sarà per quante ottadi si considerino.

[6] E anche utile conoscere quanto segue. Se numeri [che sono] dopo l'unità in proporzione continuata e che appartengono alla stessa proporzione si moltiplicano gli uni con gli altri, anche il prodotto apparterrà alla stessa proporzione, distando dal più grande dei numeri moltiplicati della stessa grandezza di cui il più piccolo dei numeri moltiplicati dista dall'unità della proporzione, e risulterà separato dall'unità [di un numero d'ordine] minore dell'unità [della somma] dei numeri d'ordine che si moltiplicano fra loro.

[7] Siano infatti [posti] in proporzione continua dall'unità alcuni numeri come A, B, $\varGamma$, $\varDelta$, E, Z, H, $\varTheta$, I, K, $\varLambda$, e sia A l'unità. Si moltiplichino $\varDelta$ e $\varTheta$ e sia il prodotto X. Si prenda poi dalla proporzione $\varLambda$ che disti da $\varTheta$ tanto quanto $\varDelta$ dista dall'unità. Dimostriamo che $X = \varLambda$. Poiché dunque, fra i numeri in proporzione, $\varDelta$ dista da A quanto $\varLambda$ dista da $\varTheta$, il rapporto di $\varDelta$ ad A è lo stesso di quello da $\varLambda$ a $\varTheta$. Ma $\varDelta$ è [ottenuto] moltiplicando $\varDelta$ per A. Quindi $\varLambda$ è eguale ad $\varDelta$ moltiplicato $\varTheta$. Così ugualmente è $\varLambda$ eguale a X.

[8] È chiaro dunque che il rapporto appartiene alla proporzione e che dista dal maggiore dei numeri fra loro moltiplicati tante [posizioni] quante il minore [dei numeri] dista dall'unità. È altresì chiaro che [il prodotto] dista dall'unità di [una posizione] in meno di quanto è il numero per cui entrambe [le posizioni] distano, $\varDelta$ e $\varTheta$. Infatti [i numeri] A, B, $\varGamma$, $\varDelta$, E, Z, H, $\varTheta$ sono tanti quante [sono le posizioni] di cui $\varTheta$ dista dall'unità, e quelli I, K, $\varLambda$ sono a meno di uno della distanza di $\varDelta$ rispetto all'unità: infatti se [si aggiunge] $\varTheta$ si ottiene la somma.

7R–8R quello prima di esso] (7 - A) Ossia, di quello che precede.
17R separato dall'unità] (8 - A): avrà un certo numero d'ordine: «disterà dall'unità. . . »

2R in proporzione continuata] (11 - B) Da qui in poi si è sempre così tradotto ἀνάλογον; → anche nota per la ln. 1. I rapporti che Archimede vuole esprimere si possono riportare in notazione moderna nella forma $a : b = b : c = c : d = d : e \ldots$
In una proporzione continuata, ciascun termine è eguale al prodotto del precedente, e se la ragione della progressione è x ed il primo termine è l'unità, si avrà $1 \cdot x \cdot x^2 \cdot x^3 \ldots$ e la proporzione relativa sarà espressa da $1 : x = x : x^2 = x^2 : x^3 \ldots$
Sfruttando la particolarità compositiva crescente, anche di scrittura, della numerazione ionica (→ a pagina 77): dieci, undici, dodici, . . . e l'esplicito riferimento alla *proporzione crescente di dieci* (IV, 3, ln. 21R), Archimede assegna alla ragione della progressione (x nell'esempio), il valore di 10, considerando cioè in progressione le potenze di 10: → ln. 15R e nota per la ln. 20R.
24R è lo stesso di quello] (12 - B) Ossia: $\varDelta : A = \Lambda : \Theta$.
27R È chiaro dunque che il rapporto appartiene alla proporzione] (13 - B) → nota per ln. 26.
30R per cui entrambe [le posizioni] distano] (14 - B) Ossia: una posizione in meno della somma delle distanze dall'unità di $\varDelta$ e $\varTheta$.

Βίβλος δ´

[1] *Τούτων δὲ τῶν μὲν ὑποκειμένων, τῶν δὲ ἀποδεδειγμένων τὸ προκείμενον δειχθησέται. ἐπεὶ γὰρ ὑποκείται τὰν διάμετρον τᾶς μάκωνος μὴ ἐλάσσονα εἶμεν ἢ τετρωκοστομόριον δακτύλου, δῆλον, ὡς ἁ σφαῖρα ἁ . δακτυλιαίαν ἔχουσα τὰν διάμετρον οὐ μείζων ἐστὶν ἢ ὥστε χωρεῖν μακώνας ἑξακισμυρίας καὶ τετρακισχιλίας· τᾶς γὰρ σφαίρας τᾶς ἐχούσας τὰν διάμετρον τετρωκοστομόριον δακτύλου πολλαπλασία ἐστὶν τῷ εἰρημένῳ ἀριθμῷ. δεδείκται γάρ τοι, ὅτι αἱ σφαίραι τριπλάσιον λόγον ἔχοντι ποτὶ ἀλλάλας τᾶν διαμέτρον.*

[2] *ἐπεὶ δὲ ὑποκείται καὶ τοῦ ψάμμου τὸν ἀριθμὸν τοῦ ἴσον τῷ τᾶς μάκωνος μεγέθει ἔχοντος μέγεθος μὴ μείζονα εἶμεν μυρίων, δῆλον, ὡς, εἰ πληρωθείη ψάμμου ἁ σφαῖρα ἁ δακτυλιαίαν ἔχουσα τὰν διάμετρον, οὐ μείζων κα εἴη ὁ ἀριθμὸς τοῦ ψάμμου ἢ μυριάκις τὰ ἑξακισμύρια καὶ τετρακισχίλια. οὗτος δὲ ἐστιν ὁ ἀριθμὸς μονάδες τε σ´ τῶν δευτέρων ἀριθμῶν καὶ τῶν πρώτων μυριάδες τετρακισχιλίαι. ἐλασσων οὖν ἐστιν ἢ ι´ μονάδες τῶν δευτέρων ἀριθμῶν. ἁ δὲ τῶν ϱ´ δακτύλων ἐχουσα τὰν διάμετρον σφαῖρα πολλαπλασία ἐστὶν τᾶς δακτυλιαίαν ἐχούσας τὰν διάμετρον σφαίρας ταῖς ϱ´ μυριάδεσσιν διὰ τὸ τριπλάσιον λόγον ἔχειν ποτ᾽ ἀλλάλας τᾶν διαμέτρων τὰς σφαίρας. εἰ οὖν γένοιτο ἐκ τοῦ ψάμμου σφαῖρα τάλικαύτα τὸ μέγεθος, ἁλίκα ἐστὶν ἁ σφαῖρα ἁ ἔχουσα τὰν διάμετρον δακτύλων ϱ´, δῆλον, ὡς ἐλάττων ἐσσείτατι ὁ τοῦ ψάμμου ἀριθμὸς τοῦ γενομένου ἀριθμοῦ πολλαπλασιασθεισᾶν τᾶν δέκα μονάδων τῶν δευτέρων ἀριθμῶν ταῖς ϱ´ μυριάδεσσιν.*

[3] *ἐπεὶ δ᾽ αἱ τῶν δευτέρων ἀριθμῶν δέκα μονάδες δέκατός ἐστιν ἀριθμὸς ἀπὸ μονάδος ἀνάλογον ἐν τᾷ τῶν δεκαπλασίων ὅρων ἀναλογίᾳ, αἱ δὲ ἑκατὸν μυριάδες ἕβδομος ἀπὸ μονάδος ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἀναλογίας, δῆλον, ὡς ὁ γενόμενος ἀριθμὸς ἐσσείται τῶν ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἀναλογίας ἑκκαιδέκατος ἀπὸ μονάδος. δεδείκται γάρ, ὅτι ἑνὶ ἐλασσόνας ἀπέχει ἀπὸ τᾶς μονάδος, ἢ ὅσος ἐστὶν ὁ ἀριθμὸς συναμφοτέρων, οὓς ἀπέχοντι ἀπὸ μονάδος οἱ πολλαπλσιαξάντες ἀλλάλους. τῶν δὲ ἑκκαίδεκα τούτων ὀκτὼ μὲν οἱ πρώτοι σὺν τᾷ μονάδι τῶν πρώτων καλουμένον ἐντί, οἱ δὲ μετὰ τούτους ὀκτὼ τῶν δευτέρων, καὶ ὁ ἔσχατός ἐστιν αὐτῶν χιλίαι μυριάδες δευτέρων ἀριθμῶν. φανερὸν οὖν, ὅτι τοῦ ψάμμου τὸ πλῆθος τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ σφαίρᾳ τᾷ τὰν διάμετρον ϱ´ δακτύλων ἐχούσᾳ ἔλαττόν ἐστιν ἢ χιλίαι μυριάδες τῶν δευτέρων ἀριθμῶν.*

---

4 *σφαῖρα ἁ .*] (1 - A) Il punto fermo qui presente e spaziato dal testo che precede (come ripreso dall'edizione Heiberg) non va naturalmente considerato.

---

12 *μυριάκις τὰ ἑξακισμύρια καὶ τετρακισχίλια*] (1 - B): $10^4(6 \cdot 10^4) + 4000 \cdot 10^4$; $\rightarrow$ ln. 13R.
Si considerino due sfere D e P aventi il diametro, rispettivamente, di un dito (d) e di un seme di papavero (p). Per un seme di papavero si sono supposte (libro II, cap. 4) le dimensioni $d \geq {}^1\!/_{40}$ di un dito, sicché $p : d \geq {}^1\!/_{40}$. Si è pure ricordato da Euclide (cap. 1, ln. 8R–9R) che le sfere stanno fra loro in rapporto secondo il cubo dei dei diametri, quindi $P : D \geq 1 : 40^3$, ossia $D : P \leq 64\,000 : 1$, da cui $D \leq 64\,000\,P$, e dunque la sfera D (diametro d) non è maggiore di 64 000 (volte) p.
Si è supposto ancora che un seme di papavero non contenga più 10 000 grani d'arena, e quindi la sfera D non conterrà più di 10 000 volte 64 000 grani d'arena, ossia 640 000 000, numero scomponibile in $(6 \cdot 10\,000 \cdot 10\,000) + (4 \cdot 10\,000 \cdot 10\,000)$, ossia sei unità di «numeri secondi» più 4000 miriadi di «numeri primi», numero inferiore a dieci miriadi di miriadi, e minore di dieci unità di «numeri secondi».
29 *σφαίρᾳ τᾷ τὰν διάμετρον ϱ´ δακτύλων*] (2 - B) Al capitolo precedente s'è calcolato il numero dei grani d'arena per la sfera D del diametro di un dito, e s'è anche dimostrato che questi sono in numero inferiore a dieci unità di «numeri secondi». Adesso si passano a considerare i grani d'arena per una sfera che sia cento volte maggiore, del diametro cioè di cento dita.
Sempre rinviando ad Euclide (XII, 18: due sfere stanno in rapporto fra loro secondo il cubo dei diametri), il volume della sfera sarà 100^3 (10^6) volte maggiore e conterrà quindi meno di 10^6 volte dieci unità di «numeri secondi», ossia $10^6 \cdot 10 \cdot 10^8 = 10^{15}$: $\rightarrow$ nota per la ln. 24R.

Libro IV

[1] Avendo supposte queste cose, [ed] altre avendo[ne] d’alta parte dimostrate, sarò [adesso] a provare [infine] quanto proposto. Infatti, poiché si è supposto il diametro di un seme di papavero essere [di dimensioni] non minore di $^1\!/_{40}$ di un dito, è chiaro che una sfera del diametro di un dito non sarebbe maggiore di una [simile che contenesse] sessantaquattromila semi di papavero: infatti, secondo il numero detto, [la stessa] è multipla della sfera che ha per diametro la quarantesima parte di un dito. È stato infatti dimostrato che le sfere stanno fra loro in rapporto secondo il triplo dei diametri.
[2] E poiché sì è anche supposto che il numero [dei grani] d’arena. per il volume di un seme di papavero, non abbia maggiore grandezza di una miriade, è chiaro che se [per ipotesi] si riempisse d’arena una sfera del diametro di un dito, il numero [dei grani] d’arena non sarebbe maggiore di diecimila volte sessantaquattromila. E questo numero vale 6 unità di «numeri secondi» e quattromila miriadi di «[numeri] primi». Esso è dunque minore di 10 unità di «numeri secondi». D’altra parte una sfera del diametro di 100 dita è multipla della sfera del diametro di un dito per 100 miriadi [di volte], essendo le sfere in rapporto fra loro secondo il cubo dei diametri. Se dunque [fosse possibile] comporre [coi grani] d’arena una sfera di volume tale quale ne è [una] di 100 dita in diametro, è chiaro che il numero [dei grani] d’arena sarebbe minore di quello [ottenuto] dal prodotto di dieci unità di numeri secondi per 100 miriadi.
[3] E poiché dieci unità di «numeri secondi» sono nella proporzione il decimo numero dall’unità in una proporzione crescente di dieci, e cento miriadi [sono] il settimo [numero] a partire dall’unità nella stessa progressione, è chiaro che il prodotto di [questi numeri] sarà il sedicesimo numero dall’unità nella medesima proporzione. È stato infatti dimostrato che [questo] dista dall’unità meno [di una posizione] di quanto, i numeri moltiplicati d’entrambe le posizioni, distino dall’unità. Dunque, di questi sedici numeri, i primi otto assieme all’unità, siano detti «[numeri] primi», e gli [altri] otto dopo questi «numeri secondi», e l’ultimo di questi è mille miriadi di numeri secondi. È allora chiaro che la quantità di [grani] d’arena per una sfera eguale [in volume] ad una del diametro di 100 dita, è minore di mille miriadi di numeri secondi.

10R per il volume] (2 - A) Da qui in avanti si è spesso così reso μέγεθος (grandezza).

8R–9R il triplo dei diametri] (3 - B) S’intende sempre, ln. 7, il cubo dei diametri; Euclide, XII 18.
13R non sarebbe maggiore] (4 - B) → nota a pagina a fianco per la ln. 12.
23R prodotto] (5 - B) Per la procedura descritta (→ III, 8, nota per la ln. 27R) si moltiplicano 10 unità di «numeri secondi» (10^9) per 100 miriadi (10^6): $10^9 \cdot 10^6 = 10^{15}$. Nella progressione $1 \cdot 10 \cdot 10^2 \cdot 10^3 \cdot \ldots 10^{15}$, il numero 10^9 occupa la decima posizione, 10^6 la settima. Il numero d’ordine del prodotto sarà dunque dato da $10 + 7 - 1 = 16$, ossia $10^3 \cdot 10^4 \cdot 10^8 = 10^{15}$, mille miriadi di «numeri secondi», ossia ancora la quantità dei grani d’arena contenuti nella sfera è superiore alla sfera di cento dita.
30R diametro di 100 dita] (6 - B) → nota per la ln. 29.

[4] *πάλιν δὲ καὶ ἁ σφαῖρα ἁ τῶν μυρίων δακτύλων ἔχουσα τὰν διάμετρον πολλαπλασία ἐστὶν τᾶς ἐχούσας τὰν διάμετρον ρ′ δακτύλων ταῖς ρ′ μυριάδεσσι. εἰ οὖν γένοιτο ἐκ τοῦ ψάμμου σφαῖρα ταλικαύτα τὸ μέγεθος, ἁλίκα ἐστὶν ἀ ἔχουσα σφαῖρα τὰν διάμετρον μυρίων δακτύλων, δῆλον, ὡς ἐλάσσων ἐσσεῖται ὁ τοῖ ψάμμου ἀριθμὸς τοῦ γενομένου πολλαπλασιασθεισᾶν τᾶν χιλιᾶν μυριάδων τῶν δευτέρων ἀριθμῶν ταῖς ρ′ μυριάδεσσιν. ἐπεὶ δ’ αἱ μὲν τῶν δευτέρων ἀριθμῶν χιλίαι μυριάδες ἑκκαιδέκατός ἐστιν ἀριθμὸς ἀπὸ μονάδος ἀνάλογον, αἱ δὲ ρ′ μυριάδες ἕβδομος ἀπὸ μονάδος ἐν τᾷ αὐτᾷ ἀναλογίᾳ, δῆλον, ὡς ὁ γενόμενος ἐσσεῖται δυοκαιεικοστὸς τῶν ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἀναλογίας ἀπὸ μονάδος.*

[5] *τῶν δὲ δύο καὶ εἴκοσι τούτων ὀκτὼ μὲν οἱ πρώτοι σὺν τᾷ μονάδι τῶν πρώτων καλουμένων ἐντί, ὀκτὼ δὲ οἱ μετὰ τουτους τῶν δευτέρων καλουμένων, οἱ δὲ λοιποὶ ἕξ τῶν τρίτων καλουμένων. καὶ ὁ ἔσχατος αὐτῶν ἐστι δέκα μυριάδες τῶν τρίτων ἀριθμῶν. φανερὸν οὖν, ὅτι τὸ τοῦ ψάμμου πλῆθος τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ σφαίρᾳ τᾷ τὰν διάμετρον ἐχούσᾳ μυρίων δακτύλων ἔλασσόν ἐστιν ἢ ι′ μυριάδες τρίτων ἀριθμῶν. καὶ ἐπεὶ ἐλάσσων ἐστιν ἁ σταδιαίαν ἔχουσα τὰν διάμετρον σφαῖρα τᾶς σφαίρας τᾶς ἐχούσας τὰν διάμετρον μυρίων δακτύλων, δῆλον, ὅτι καὶ τὸ τοῦ ψάμμου πλῆθος τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ σφαίρᾳ τᾷ τὰν διάμετρον ἐχούσᾳ σταδιαίαν ἔλασσόν ἐστιν ἢ ι′ μυριάδες τῶν τρίτων ἀριθμῶν.*

[6] *παλιν δὲ ἁ σφαῖρα ἁ ἔχουσα τὰν διάμετρον ρ′ σταδίων πολλαπλασίων ἐστὶ τᾶς σφαίρας τᾶς ἐχουσας τὰν διάμετρον σταδιαίαν ταῖς ρ′ μυριάδεσσιν. εἰ οὖν γένοιτο ἐκ τοῦ ψάμμου σφαῖρα ταλικαύτα τὸ μέγεθος, ἁλίκα ἐστὶν ἁ ἔχουσα τὰν διάμετρον ρ′ σταδίων, δῆλον, ὅτι ἐλάσσων ἐσσεῖται ὁ τοῦ ψάμμου ἀριθμὸς τοῦ γενομένου ἀριθμοῦ πολλαπλασιασθεισᾶν τᾶν δέκα μυριαδῶν τρίτων ἀριθμῶν ταῖς ρ′ μυριάδεσσι. καὶ ἐπεὶ αἱ μὲν τῶν τρίτων ἀριθμῶν δέκα μυριάδες δυοκαιεικοστός ἐστιν ἀπὸ μονάδος ἀνάλογον, αἱ δὲ ρ′ μυριάδες ἕβδομος ἀπὸ μονάδος ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἀναλογίας, δῆλον, ὡς ὁ γενομενος εσσεῖται ὀκτοκαιεικοστὸς ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἀναλογίας ἀπὸ μονάδος. τῶν δὲ ὀκτὼ καὶ εἴκοσι τούτων ὀκτὼ μὲν οἱ πρώτοι σὺν τᾷ μονάδι τῶν πρώτων καλουμένων ἐντί, οἱ δὲ μετὰ τούτους ἄλλοι ὀκτὼ τῶν δευτέρων, καὶ οἱ μετὰ τούτους ὀκτὼ τῶν τρίτων, οἱ δὲ λοιποὶ τέσσαρες τῶν τετάρτων καλουμένων, καὶ ὁ ἔσχατος αὐτῶν ἐστι χιλίαι μονάδες τῶν τετάρτων ἀριθμῶν. φανερὸν οὖν, ὅτι τὸ τοῦ ψάμμου πλῆτος τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ σφαίρᾳ τᾷ τὰν διάμετρον ἐχούσᾳ σταδίων ρ′ ἔλασσόν ἐστιν ἢ χιλίαι μονάδες τῶν τετάρτων ἀριθμῶν.*

1–2 *πολλαπλασία ἐστὶν*] (7 - B): è multipla (di una del diametro di 100 dita per 100 miriadi), ln. 1R–2R. Il conteggio dei grani d'arena è ottenuto moltiplicando per 100 miriadi i grani contenuti nella sfera precedente, ossia moltiplicando per 100 miriadi 1000 miriadi di «numeri secondi»: $100 \cdot 10^4 \cdot 10^{15} = 10^{21}$. Secondo il consueto procedimento, 100 miriadi rappresentano nella progressione il settimo numero dall'unità, 1000 miriadi di «numeri secondi» il sedicesimo numero; il prodotto è dato da 10^{21} che occupa la posizione data da $7 + 16 - 1 = 22$. Scomponendo in ottadi si ha la serie:

$1 \cdot 10 \cdot 10^2 \cdot 10^3 \cdot 10^4 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 10^7 \cdot 10^8 \cdot 10^9 \cdot 10^{10} \cdot 10^{11} \cdot 10^{12} \cdot 10^{13} \cdot 10^{14} \cdot 10^{15} \cdot 10^{16} \cdot 10^{17} \cdot$
$\cdot 10^{18} \cdot 10^{19} \cdot 10^{20} \cdot 10^{21}$.

Secondo questa serie i primi otto sono «numeri primi», i secondi otto sono «numeri secondi», gli ultimi sei sono «numeri terzi» (→ cap. 5) e l'ultimo della serie (10^{21}) rappresenta dieci miriadi di «numeri terzi», ossia il numero che esprime una quantità di grani d'arena maggiore di quelli contenuti in una sfera del diametro di 10 000 dita.

19 *ἁ σφαῖρα ἁ ἔχουσα τὰν διάμετρον ρ′ σταδίων*] (8 - B): una sfera del diametro di 100 stadi, ln. 19R. In questo caso le dimensioni della sfera precedente (diametro $d = 1$ stadio) si moltiplica per 100^3, ossia per cento miriadi: 10^6, cioè $100^3 \cdot 10^{21} = 10^{27}$.

La regola è sempre la stessa: dieci miriadi di «numeri terzi» occupano la 22-esima posizione nella progressione (→ ln. 24R) e 100 miriadi occupano la settima posizione (→ ln. 25R); il prodotto occuperà quindi la 28-esima posizione: $22 + 7 - 1 = 28$ (→ ln. 26R).

Si passa in questo modo dalla prima ottade alla seconda, alla terza, alla quarta, cioè a quei numeri definiti «numeri quarti» la cui unità occupa la 25-esima posizione, e dunque la 28-esima posizione corrisponde a mille unità di «numeri quarti» (→ ln. 29R).

[4] Ancora: una sfera del diametro di diecimila dita è multipla di una del diametro di cento dita per 100 miriadi. Se dunque si componesse con [i grani] d'arena una sfera di tale volume quale [ne] sarebbe una del diametro di diecimila dita, [è] evidente che il numero [dei grani] d'arena sarebbe minore del prodotto di mille miriadi di «numeri secondi» per 100 miriadi. E poiché mille miriadi di «numeri secondi» sono nella proporzione il sedicesimo numero [a partire] dall'unità, mentre d'altra parte 100 miriadi [sono] [a partire] dall'unità, [e sempre] nella stessa progressione, il settimo [numero], è evidente che il prodotto, nella stessa progressione [e a partire] dall'unità, sarà il ventiduesimo.

[5] E di questi ventidue [numeri] i primi otto, compresa l'unità, sono di [quelli] chiamati «numeri primi», gli otto dopo questi di [quelli] chiamati «[numeri] secondi», e i rimanenti sei [sono quelli] chiamati «[numeri] terzi». E l'ultimo di questi [numeri] è dieci miriadi di «[numeri] terzi». È dunque evidente che la quantità [dei grani] d'arena avente eguale volume a quello di una sfera di diecimila dita in diametro, è minore di 10 miriadi di «numeri terzi». E poiché una sfera del diametro di uno stadio è minore di una sfera del diametro di diecimila dita, è evidente che la quantità [dei grani] d'arena di volume eguale ad una sfera del diametro di uno stadio, sarà minore di 10 miriadi di «numeri terzi».

[6] Ed ancora una sfera del diametro di 100 stadi sarà, per 100 miriadi, multipla di una sfera del diametro di uno stadio. Se dunque si componesse con i [grani] d'arena una sfera di tale grandezza quale è quella di un diametro di 100 stadi, [sarebbe allora] chiaro che il numero [dei grani] d'arena sarebbe minore del prodotto dato dalla moltiplicazione di dieci miriadi di «numeri terzi» per 100 miriadi. E poiché dieci miriadi di «numeri terzi» occupano la ventiduesima posizione nella progressione dall'unità, mentre d'altra parte 100 miriadi [occupano] nella progressione dall'unità la settima posizione, è chiaro dunque che il prodotto sarà [dato dal]la ventottesima [posizione] dall'unità per la stessa progressione. Dunque di questi ventotto [numeri] i primi otto, assieme all'unità, sono [quelli] definiti «numeri primi», mentre gli altro otto dopo questi sono i «[numeri definiti] secondi», e [altri] otto dopo questi [sono i «numeri] terzi», ed i restanti quattro [sono quelli] definiti «[numeri] quarti». È dunque chiaro che la quantità [di grani] d'arena per un volume eguale alla sfera di 100 stadi di diametro, sarà minore di mille unità di «numeri quarti».

1R una sfera del diametro di diecimila dita] (9 - B) Con analogo procedimento si passa ora alla sfera di 10 000 dita di diametro: $\rightarrow$ nota per ln. 1–2.

15R–16R E poiché una sfera del diametro di uno stadio è minore di una sfera del diametro di diecimila dita] (10 - B) Si muta ora unità di misura abbandonando dita e semi di papaveri dovendo passare a grandezze maggiori. Accettando con sufficiente approssimazione ($\rightarrow$ tabella alla pagina 82) che uno stadio fosse composto da 600 piedi e il piede da 16 dita, sembra corretto esprimere per lo stadio una lunghezza inferiore a 10 000 dita, e di conseguenza il numero dei grani d'arena presenti in una sfera del diametro di uno stadio è minore del numero dei grani d'arena presenti in una sfera del diametro di diecimila dita, minore di dieci miriadi di «numeri terzi» (10^{21}).

19R una sfera del diametro di 100 stadi] (11 - B) Si passa ora ad una sfera del diametro $d = 100$ stadi: $\rightarrow$ nota per la ln. 19.

[7] *πάλιν δὲ ἁ σφαῖρα ἁ ἔχουσα τὰν διάμετρον μυρίων σταδίων πολλαπλασία ἐστι τᾶς σφαίρας τᾶς ἐχούσας τὰν διάμετρον σταδίων ρ´ ταῖς ρ´ μυριάδεσσιν. εἰ οὖν γένοιτο ἐκ τοῦ ψάμμου σφαῖρα ταλικαύτα τὸ μέγεθος, ἁλίκα ἐστὶν ἁ σφαῖρα ἁ ἔχουσα τὰν διάμετρον σταδίων μυρίων, δῆλον, ὅτι ἔλασσον ἐσσείται τὸ τοῦ ψάμμου πλῆθος τοῦ γενομένου ἀριθμοῦ πολλαπλασιασθεισᾶν τᾶν χιλιᾶν μονάδων τῶν τετάρτων ἀριθμῶν ταῖς ρ´ μυριάδεσσιν. ἐπεὶ δ' αἵ μὲν τῶν τετάρτων ἀριθμῶν χιλίαι μονάδες ὀκτωκαιεικοστός ἐστιν ἀπὸ μονάδος ἀνάλογον, αἵ δ' ἑκατὸν μυριάδες ἕβδομος ἀπὸ μονάδος ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἀναλογίας, δῆλον, ὅτι ὁ γενόμενος ἐσσείται ἐκ τᾶς αὖτᾶς ἀναλογίας τέταρτος καὶ τριακοστὸς ἀπὸ μονάδος. τῶν δὲ τεσσάρων καὶ τριάκοντα τούτων ὀκτὼ μὲν οί πρώτοι σὺν τᾷ μονάδι τῶν πρώτων καλουμένων ἐντί, οἵ δὲ μετὰ τούτους ὀκτὼ τῶν δευτέρων, καὶ οἵ μετὰ τούτους ἄλλοι ὀκτὼ τῶν τρίτων, καὶ οἵ μετὰ τούτους ὀκτὼ τῶν τετάρτων, οἵ δὲ λοιποὶ δύο τῶν πέμπτων καλουμένων ἐσσούνται, καὶ ὁ ἔσχατος αὐτῶν ἐστι δέκα μονάδες τῶν πέμπτων ἀριθμῶν. δὴλον οὖν, ὅτι τὸ τοῦ ψάμμου πλῆθος τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ σφαίρᾳ τᾷ τὰν διάμετρον ἐχούσᾳ σταδίων μυρίων ἔλασσον ἐσσείται ἢ ι´ μονάδες τῶν πέμπτων ἀριθμῶν.*

[8] *πάλιν δὲ ἁ σφαῖρα ἁ ἔχουσα τὰν διάμετρον σταδίων ρ´ μυριάδων πολλαπλασία ἐστὶ τᾶς σφαίρας τᾶς τὰν διάμετρον ἐχούσας σταδίων μυρίων ταῖς ρ´ μυριάδεσσι. εἰ οὖν γένοιτο ἐκ τοῦ ψάμμου σφαῖρα ταλικαύτα τὸ μέγεθος, ἁλίκα ἐστὶν ἁ σφαῖρα ἁ ἔχουσα τὰν διάμετρον σταδίων ρ´ μυρίαδων, δῆλον, ὡς ἐλάσσων ἐσσείται ὁ τοῦ ψάμμου ἀριθμὸς τοῦ γενομένου ἀριθμοῦ πολλαπλασιασθεισᾶν τᾶν δέκα μονάδων τῶν πέμπτων ἀριθμῶν ταῖς ρ´ μυριάδεσσιν. καὶ ἐπεὶ αἵ μὲν τῶν πέμπτων ἀριθμῶν δέκα μονάδες τέταρτός ἐστι καὶ τριακοστὸς ἀπὸ μονάδος ἀνάλογον, αἵ δε ρ´ μυριάδες ἕβδομος ἀπὸ μονάδος ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἀναλογίας, δῆλον, ὅτι ὁ γενόμενος ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἁναλογίας ἐσσείται τετρωκοστὸς ἀπὸ μονάδος. τῶν δὲ τεσσαράκοντα τούτων ὀκτὼ μὲν οἵ πρώτοι σύν τᾷ μονάδι τῶν πρώτων καλουμένων ἐντί, οἵ δὲ μετὰ ταῦτα ἄλλοι ὀκτὼ τῶν δευτέρων, καὶ οἵ μετὰ τούτους ἄλλοι ὀκτὼ τῶν τρίτων, οἵ δὲ μετὰ τοὺς τρίτους ὀκτὼ τῶν τετάρτων, οί δὲ μετὰ τούτους ὀκτὼ τῶν πέμπτων καλουμένων, καὶ ὁ ἔσχατος αὐτῶν ἐστι χιλίαι μυριάδες τῶν πέμπτων ἀριθμῶν. φανερὸν οὖν, ὅτι τοῦ ψάμμου τὸ πλῆθος του μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ σφαίρᾳ τᾷ τᾶν διάμετρον ἐχούσᾳ σταδίων ρ´ μυριάδων ἔλασσόν ἐστιν ἢ χιλίαι μυριάδες τῶν πέμπτων ἀριθμῶν.*

[9] *ἁ δὲ τὰν διάμετρον ἔχουσα σφαῖρα σταδίων μυριᾶν μυριάδων πολλαπλασίων ἐστὶ τᾶς σφαίρας τᾶς ἐχούσας τὰν διάμετρον σταδίων ρ´ μυριάδων ταῖς ρ´ μυριάδεσσιν. εἰ δὴ γένοιτο ἐκ τοῦ ψάμμου σφαῖρα ταλικαύτα τὸ μέγεθος, ἁλίκα ἐστὶν ἁ σφαῖρα ἁ ἔχουσα τὰν διάμετρον σταδίων μυριᾶν μυριάδων, φανερόν, ὅτι ἔλασσον ἐσσείται τὸ τοῦ ψάμμου πλῆθος τοῦ γενομένου ἀριθμοῦ πολλαπλασιασθεισᾶν τᾶν χιλιᾶν μυριάδων τῶν πέμπτων ἀριθμῶν ταῖς ρ´ μυριάδεσσιν. ἐπεὶ δ' αἵ μὲν τῶν πέμπτων ἀριθμῶν χιλίαι μυριάδες ἐστιν ἀπὸ μονάδος ἀνάλογον, αἵ δὲ ρ´ μυριάδες ἕβδομος ἀπὸ μονάδος ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἀναλογίας, δῆλον, ὡς ὁ γενόμενος ἐσσείται ἕκτος καὶ τετρωκοστὸς ἀπὸ μονάδος. τῶν δὲ τεσσαράκοντα καὶ ἓξ τούτων ὀκτὼ μὲν οἵ πρώτοι σὺν τᾷ μονάδι τῶν πρώτων καλουμένων ἐντί, ὀκτὼ δὲ οἵ μετὰ τούτους τῶν δευτέρων, καὶ οἵ μετὰ τούτους ἄλλοι ὀκτὼ τῶν τρίτων, οἵ δὲ μετὰ τοὺς τρίτους ἄλλοι ὀκτὼ τῶν τετάρτων, καὶ οἵ μετὰ τοὺς τετάρτους ὀκτὼ τῶν πέμπτων, οἵ δὲ λοιποὶ ἓξ τῶν ἕκτων καλουμένων ἐντὶ, καὶ*

---

31 *μυριᾶν μυριάδων*] (3 - A) Si passa adesso alla miriade di miriadi di stadi moltiplicando, come di solito, per 100^3 (10^6), ossia per cento miriadi. La moltiplicazione dà: $10^6 \cdot 10^{39} (\rightarrow$ nota per ln. 26R$) = 10^{45}$; si è quindi nella 40-esima posizione $(34 + 7 - 1 = 40)$, sesta ottade.

1–2 *πολλαπλασία ἐστι τᾶς σφαίρας τᾶς ἐχούσας τὰν διάμετρον σταδίων ρ´ ταῖς ρ´ μυριάδεσσιν.*] (12 - B): è multipla di una del diametro di 100 stadi per 100 miriadi, ln. 1R–2R. Si moltiplicano per 100 gli stadi che danno il diametro della sfera: si passa da 100 stadi a 10 000 stadi. Il numero dei grani d'arena si moltiplica per 100^3 (cento miriadi) e dal 28-esimo numero si passa al 34-esimo: $28 + 7 - 1$, ai «numeri quinti» la cui unità è il 33-esimo numero, il primo della quinta ottade. Il numero cercato è dieci unità di «numeri quinti».

[7] Ancora: una sfera del diametro di diecimila stadi è multipla di una sfera del diametro di 100 stadi per 100 miriadi. Se dunque si componesse coi [grani] d'arena una sfera di tale grandezza quale è una sfera del diametro di diecimila stadi, è chiaro che il volume d'arena sarebbe minore del prodotto di mille unità di «numeri quarti» per 100 miriadi. E poiché d'altra parte mille unità di «numeri quarti» rappresentano nella progressione il ventottesimo [numero] dall'unità, mentre cento miriadi [rappresentano], dall'unità [e] nella stessa proporzione il settimo numero, è evidente che nella stessa progressione il prodotto sarà dato dal 34-esimo [numero] dall'unità. Di questi trentaquattro [numeri] poi, i primi otto, assieme all'unità, [sono] detti «numeri primi», mentre otto dopo questi [sono detti «numeri] secondi», e altri otto dopo questi [sono detti «numeri] terzi», e altri otto dopo questi [«numeri] quarti», i restanti due saranno detti [«numeri] quinti», e l'ultimo di questi sarà dieci unità di «numeri quinti». È chiaro dunque che la quantità [di grani] d'arena che esprime il volume di una sfera di diecimila stadi in diametro, sarà minore di 10 unità di «numeri quinti».

[8] Ancora: la sfera del diametro di 100 miriadi di stadi è multipla della sfera del diametro di diecimila stadi in ragione di 100 miriadi. Se dunque si componesse coi [grani] d'arena una sfera di volume tale quale è quella del diametro di 100 miriadi di stadi, allora il numero [dei grani] d'arena sarebbe minore del prodotto di dieci unità di «numeri quinti» per 100 miriadi. E poiché d'altronde dieci unità di «numeri quinti» rappresentano nella progressione il 34-esimo [numero] dall'unità, mentre 100 miriadi nella stessa progressione [rappresentano] dall'unità il settimo numero, è chiaro che, nella detta progressione, il prodotto sarà il 40-esimo [numero] dall'unità. E di questi quaranta [numeri] allora, i primi otto assieme all'unità, [sono] detti «[numeri] primi», gli altri otto dopo questi «[numeri] secondi», e altri otto dopo questi «[numeri] terzi», e ancora otto dopo i «numeri terzi» [vi sono] i «[numeri] quarti», e otto dopo questi [vi sono] i «[numeri] quinti», e l'ultimo di questi è mille miriadi di «numeri quinti». È chiaro allora che la quantità [di grandi] d'arena eguale [in volume] ad una sfera del diametro di 100 miriadi di stadi, è minore di mille miriadi di «numeri quinti».

[9] Ma una sfera del diametro di una miriade di miriadi di stadi è multipla, in ragione di 100 miriadi, di una sfera del diametro di 100 miriadi di stadi. Se dunque si componesse coi [grani] d'arena una sfera di grandezza tale, quale ne è una del diametro di una miriade di miriadi di stadi, [è] chiaro che il volume d'arena sarebbe minore del prodotto della moltiplicazione di mille miriadi di «numeri quinti» per 100 miriadi. E poiché mille miriadi di «numeri quinti» [occupano] nella proporzione la 40-esima [posizione] dall'unità, mentre 100 miriadi, nella stessa proporzione [occupano] dall'unità la settima [posizione], [è] chiaro che il prodotto sarà il 46-esimo [numero] dall'unità. E di questi quarantasei [numeri] i [primi] otto, assieme all'unità, sono detti «[numeri] primi», e otto dopo questi «[numeri] secondi», e altri otto dopo questi «[numeri] terzi», e altri otto dopo questi terzi [sono] [i «numeri] quarti», e otto [numeri] dopo i [numeri] quarti [sono] i «[numeri] quinti», i restanti sei poi sono i «[numeri] sesti», e l'ultimo di questi

---

1R–2R è multipla di una sfera del diametro di 100 stadi] (13 - B) $\rightarrow$ nota per le ln. 1–2.

26R «numeri quinti»] (14 - B) Si passa ora a 100 miriadi di stadi. Il numero precedente va moltiplicato ancora per 100^3, cioè $10^6 \cdot 10^{33} = 10^{39}$. Dalla 34-esima posizione si passa alla 40-esima: $34 + 7 - 1 = 40$, l'ultimo numero della quinta ottade, mille miriadi di «numeri quinti».

29R miriade di miriadi di stadi] (15 - B) $\rightarrow$ nota per la ln. 31.

ὁ ἔσχατος αὐτῶν ἐστι ι′ μυριάδες τῶν ἕκτων ἀριθμῶν. φανερὸν οὖν, ὅτι τὸ τοῦ ψάμμου πλῆθος τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ σφαίρᾳ τᾷ τὰν διάμετρον ἐχούσᾳ σταδίων μυριάδων μυριᾶν ἔλασσόν ἐστιν ἢ ι′ μυριάδες τῶν ἕκτων ἀριθμῶν.

[10] *ἁ δὲ τὰν διάμετρον ἔχουσα σφαῖρα σταδίων μυριάκις μυριάδων ρ′ πολλαπλασία ἐστὶ τᾶς σφαίρας τᾶς ἐχούσας τὰν διάμετρον σταδίων μυριάδων μυριᾶν ταῖς ρ′ μυριάδεσσιν. εἰ οὖν γένοιτο ἐκ τοῦ ψάμμου σφαῖρα ταλικαύτα τὸ μέγεθος, ἁλίκα ἐστὶν ἁ σφαῖρα ἁ ἔχουσα τὰν διάμετρον σταδίων μυριάκις μυριάδων ρ′, φανερόν, ὅτι τὸ τοῦ ψάμμου πλῆθος ἔλασσον ἐσσείται τοῦ γενομένου ἀριθμοῦ πολλαπλασιασθεισαν τᾶν ι′ μυριάδων τῶν ἕκτων ἀριθμῶν ταῖς ρ′ μυριάδεσσιν. ἐπεὶ δ᾽ αἱ μὲν τῶν ἕκτων ἀριθμῶν δέκα μυριάδες ἕκτος καὶ τετρωκοστός ἐστιν ἀπὸ μονάδος ἀνάλογον, αἱ δὲ ρ′ μυριάδες ἕβδομος ἀπὸ μονάδος ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἀναλογίας, δῆλον, ὅτι ὁ γενόμενος ἐσσείται δυοκαιπεντακοστὸς ἀπὸ μονάδος ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἀναλογίας. τῶν δὲ δύο καὶ πεντήκοντα τούτων οἱ μὲν ὀκτὼ καὶ τεσσαράκοντα σύν τᾷ μονάδι οἵ τε πρώτοι καλουμένοι ἐντὶ καὶ οἱ δευτέροι καὶ τρίτοι καὶ τετάρτοι καὶ πέμπτοι καὶ ἕκτοι, οἱ δὲ λοιποὶ τέσσαρες τῶν ἑβδόμων καλουμένων ἐντί, καὶ ὁ ἔσχατος αὐτῶν ἐστι χιλίαι μονάδες τῶν ἑβδόμων ἀριθμῶν. φανερὸν οὖν, ὅτι τοῦ ψάμμου τὸ πλῆθος τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ σφαίρᾳ τᾷ τὰν διάμετρον ἐχούσᾳ σταδίων μυριάκις μυριάδων ρ′ ἔλασσόν ἐστιν ἢ ͵α μονάδες τῶν ἑβδόμων ἀριθμῶν.*

[11] *ἐπεὶ οὖν ἐδείχθη ἁ τοῦ κόσμου διάμετρος ἐλάσσων ἐοῦσα σταδίων μυριάκις μυριάδων ρ′, δῆλον, ὅτι καὶ τοῦ ψάμμου τὸ πλῆθος τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τῷ κόσμῳ ἔλασσόν ἐστιν ἢ ͵α μονάδες τῶν ἑβδόμων ἀριθμῶν. ὅτι μὲν οὖν τὸ τοῦ ψάμμου πλῆτος τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τῷ ὑπὸ τῶν πλείστων ἀστρολόγων καλουμένῳ κόσμῳ ἔλασσόν ἐστιν ἢ ͵α μονάδες τῶν ἑβδόμων ἀριθμῶν, δεδείκται. ὅτι δὲ καὶ τὸ πλῆθος τοῦ ψάμμου τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ σφαίρᾳ ταλικαύτᾳ, ἁλίκαν Ἀρίσταρχος ὑποτιθέται τὰν τῶν ἀπλανέων ἄστρων σφαῖραν εἶμεν, ἔλασσόν ἐστιν ἢ ͵α μυριάδες τῶν ὀγδόων ἀριθμῶν, δειξθησέται.*

[12] *ἐπεὶ γὰρ ὑποκείται, τὰν γᾶν τὸν αὐτὸν ἔχειν λόγον ποτὶ τὸν υφ᾽ ἁμῶν εἰρημένον κόσμον, ὃν ἔχει λόγον ὁ εἰρημένος κόσμος ποτὶ τὰν τῶν ἀπλανέων ἄστρων σφαῖραν, ἂν Ἀρίσταρχος ὑποτιθέται, καὶ αἱ διαμέτροι τᾶν σφαιρᾶν τὸν αὐτὸν ἔχοντι λόγον ποτ᾽ ἀλλάλας, ἁ δὲ τοῦ κόσμου διάμετρος τᾶς διαμέτρου τᾶς γᾶς δεδείκται ἐλάσσων ἐοῦσα ἢ μυριοπλασίων, δῆλον οὖν, ὅτι καὶ ἁ διάμετρος τᾶς τῶν ἀπλανέων ἄστρων σφαίρας ἐλάσσων ἐστὶν ἢ μυριοπλασίων τᾶς διαμετρου του κοσμου. ἐπεὶ δὲ αἱ σφαίραι τριπλάσιον λόγον ἔχοντι ποτ᾽ ἀλλάλας τᾶν διαμέτρων, φανερόν, ὅτι ἁ τῶν ἀπλανέων ἄστρων σφαῖρα, ἂν Ἀρίσταρχος ὑποτιθέται, ἐλάττων ἐστὶν ἢ μυριάκις μυρίαις μυριάδεσσι πολλαπλασίων τοῦ κόσμου.*

---

33 *τριπλάσιον λόγον*] (4 - A) → nota a pagina 111 per la ln. 7.

---

4 *μυριάκις μυριάδων ρ′*] (16 - B): 1 000 000 (di stadi) $\cdot$ 10 000 (una miriade).

27 *ἐπεὶ γὰρ ὑποκείται*] (17 - B): → ln. 18R. In termine dell'esposizione Archimede riprende le tesi di Aristarco (I, 4 - 6) che hanno fornito spunto alle digressioni matematiche e che, secondo l'interpretazione che ne aveva dato, sono così riassumibili: la Terra sta al cosmo come questo sta alla sfera delle stelle fisse.

Si è alla conclusione (12, ln. 27R) relativa alla dimostrazione che il diametro del cosmo è di dimensioni inferiori a 100 miriadi di stadi. Detto D_{sf} il diametro della sfera delle stelle fisse e D_c il diametro del cosmo, sarà $D_{sf} < D_c$, ossia sarà $D_{sf} < 10^4\ D_c$.

Essendo i volumi delle sfere in rapporto fra loro in ragione del cubo dei diametri come più volte ricordato, per la sfera delle stelle fisse sarà $D_{sf} < \left(10^4\right)^3$ una miriade di miriadi di miriadi di volte la sfera del cosmo. Ma siccome la sfera del cosmo contiene meno di 1000 unità di numeri settimi di grani d'arena, per la sfera delle stelle fisse si dovrà moltiplicare per 10^{12}, ottenendo così $10^3 \cdot 10^{48} \cdot 10^{12} = 10^{63}$ ricavando il 64-esimo numero della progressione: l'ottavo dei «numeri ottavi». È questo il numero che esprime le cose *non credibili* cui Archimede accenna in quest'ultimo capitolo..

è 10 miriadi di «numeri sesti». [È] dunque chiaro che la quantità [di grani] d’arena eguale [in volume] ad una sfera del diametro di una miriade di miriade di stadi è minore di 10 miriadi di «numeri sesti».

[10] Ma una sfera del diametro di 100 miriadi di miriadi di stadi è multipla di una sfera del diametro di una miriade di stadi in ragione di 100 miriadi. Se dunque si componesse [coi grani] d’arena una sfera di tale grandezza quale ne sarebbe una del diametro di 100 miriadi di miriadi di stadi, [apparrebbe] chiaro che il volume d’arena sarebbe minore del prodotto di 10 miriadi di «numeri sesti» in ragione di 100 miriadi. E poiché dieci miriadi di «numeri sesti» rappresentano nella proporzione la 46-esima posizione dall’unità, mentre 100 miriadi rappresentano (nella stessa proporzione dall’unità) la settima posizione, [è] chiaro che, nella medesima proporzione, il prodotto sarà il 52-esimo [numero] dall’unità. E di questi cinquantadue [numeri], i primi quarantotto, assieme all’unità, sono i «[numeri detti] primi», «secondi», «terzi», «quarti», «quinti» e «sesti», mentre i restanti quattro sono [quelli detti] «[numeri] settimi», e l’ultimo di questi è mille unità di numeri «[numeri] settimi». È dunque chiaro che la quantità d’arena dello stesso volume di una sfera di 100 miriadi di miriadi di stadi è minore di 1000 unità di «[numeri] settimi».

[11] Poiché dunque si è dimostrato che il diametro del cosmo è minore di 100 miriadi di miriadi di stadi, è chiaro che anche la quantità d’arena [per una sfera] di volume eguale al cosmo è minore [in diametro] di 1000 unità di «numeri settimi». Ma è stato anche dimostrato che la quantità [dei grani] d’arena [per la sfera] di volume eguale [a quello che è] chiamato cosmo, [così come lo concepisce] la maggioranza degli astronomi, è minore di 1000 unità di «numeri settimi». E allora sarà anche, come si dimostrerà, che la quantità [dei grani] d’arena composta in una sfera di volume eguale a quello ipotizzato da Aristarco per la sfera delle stelle fisse, è minore di 1000 miriadi di «numeri ottavi».

[12] Infatti, poiché si è supposto che la Terra abbia, rispetto a quello da noi chiamato cosmo, lo stesso rapporto che il suddetto cosmo ha, rispetto alla sfera delle stelle fisse come Aristarco la suppone, allora anche i diametri delle sfere hanno lo stesso rapporto fra loro, è si è pure dimostrato che il diametro del cosmo è minore di una miriade di volte il diametro della Terra; infine [è] chiaro che il diametro della sfera delle stelle fisse è minore di una miriade di volte il diametro del cosmo. E poiché le sfere hanno fra loro triplice rapporto rispetto ai diametri, è chiaro che la sfera delle stelle fisse, come [la] suppone Aristarco, è meno di una miriade di miriadi di miriadi di volte [il diametro] del cosmo.

4R è multipla] (18 - B) → nota per ln. 4.

18R–19R è minore di 100 miriadi di miriadi di stadi] (19 - B) Archimede aveva supposto che il diametro del cosmo fosse di dimensioni inferiori a 100 miriadi di stadi: → II, 1, ln. 3R. Di conseguenza la sfera di grani d’arena di grandezza eguale al cosmo è minore di mille unità di numeri settimi.

34R una miriade di miriadi di miriadi di volte] (20 - B) Ossia 1 000 000 000 000 di volte.

[13] δεδείκται δέ, ὅτι τὸ τοῦ ψάμμου πλῆθος τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τῷ κόσμῳ ἔλασσόν ἐστιν ἢ ͵α μονάδες τῶν ἑβδόμων ἀριθμῶν. δῆλον οὖν, ὅτι, εἰ γένοιτο ἐκ τοῦ ψάμμου σφαῖρα ταλικαύτα τὸ μέγεθος, ἁλίκαν ὁ Ἀρίσταρχος ὑποτιθέται τὰν τῶν ἀπλανέων ἄστρων σφαῖραν εἶμεν, ἐλάσσων ἐσσείται ὁ τοῦ ψάμμου ἀριθμὸς τοῦ γενομένου ἀριθμοῦ πολλαπλασιασθεισᾶν τᾶν χιλιᾶν μονάδων ταῖς μυριάκις μυρίαις μυριάδεσσιν. καὶ ἐπεὶ αἱ μὲν τῶν ἑβδόμων ͵α μονάδες δυοκαιπεντακοστός ἐστιν ἀπὸ μονάδος ἀνάλογον, αἱ δὲ μυριάκις μυρίαι μυριάδες τρισκαιδέκατος ἀπὸ μονάδος ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἀναλογίας, δῆλον, ὅτι ὁ γενόμενος ἐσσείται τέταρτος καὶ ἑξηκοστὸς ἀπὸ μονάδος ἐκ τᾶς αὐτᾶς ἀναλογίας. οὗτος δὲ ἐστι τῶν ὀγδόων ὄγδοος, ὅς κα εἴη χιλίαι μυριάδες τῶν ὀγδόων ἀριθμῶν. φανερὸν τοίνυν, ὅτι τοῦ ψάμμου τὸ πλῆθος τοῦ μέγεθος ἔχοντος ἴσον τᾷ τῶν ἀπλανέων ἄστρων σφαίρᾳ, ἇν Αρίσταρχος ὑποτιθέται, ἔλασσόν ἐστιν ἢ ͵α μυριάδες τῶν ὀγδόων ἀριθμῶν.

[14] ταῦτα δέ, βασιλεῦ Γέλων, τοῖς μὲν πολλοῖς καὶ μὴ κεκοινωνηκότεσσι τῶν μαθημάτων οὐκ εὔπιστα φανήσειν ὑπολαμβάνω, τοῖς δὲ μεταλελαβηκότεσσιν καὶ περὶ τῶν ἀποστημάτων καὶ τῶν μεγεθέων τᾶς τε γᾶς καὶ τοῦ ἁλίου καὶ τᾶς σελήνας καὶ τοῦ ὅλου κόσμου πεφροντικότεσσιν πιστὰ διὰ τὰν ἀπόδειξιν ἐσσείσθαι. διόπερ ᾠήθην κα καὶ τὶν οὐκ ἀναρμοστεῖν [ἔτι] ἐπιθεωρήσαι ταῦτα.

---

13 ταῦτα δέ, βασιλεῦ Γέλων,] (5 - A) *Queste cose, o re Gelone,...* È questo uno dei casi, non frequenti nella letteratura scientifica greca, in cui oltre la lettera prefatoria (l'indirizzo del lavoro al re Gelone) compaiono anche righe di chiusura che riassumono le ragioni essenziali che hanno spinto alla composizione dell'opera esplicitandone anche la finalità, dando in tal modo forza alla prospettata supposta idea che il lavoro potrebbe anche possedere valenza didascalica (→ alla pagina 63) e che il destinatario Gelone poteva quindi essere anche un suo allievo, in ogni caso persona che seguiva molto da vicino Archimede e i suoi studi.

16–17 διόπερ ᾠήθην κα καὶ τὶν] (6 - A) Nell'edizione Heiberh - Stamatis 1910 - 1915, la frase è così riportata; διόπερ ᾠήθην καὶ τὶν οὐκ ἀνάρμοστον εἶμεν [ἔτι] ἐπιθεωρήσαι ταῦτα.

[13] È stato anche dimostrato che la quantità [di grani] d'arena, eguale in volume a quella del cosmo, è minore di 1000 unità di «numeri settimi». È chiaro dunque che se si componesse coi [grani] d'arena una sfera di tale grandezza, quale Aristarco suppone sia quella delle stelle fisse, il numero [dei grani] d'arena sarebbe minore del prodotto di mille unità [di «numeri settimi»] per una miriade di miriadi di miriadi. E poiché ancora le 1000 unità di «numeri settimi» rappresentano nella proporzione il cinquantaduesimo numero dall'unità, mentre, nella [stessa] proporzione [il numero espreso dal]la miriade di miriadi di miriadi rappresenta il tredicesimo numero dall'unità, è chiaro che il prodotto sarà, nella stessa proporzione, il sessantaquattresimo [numero] dall'unità. E questo è l'ottavo dei [«numeri] ottavi», cioè mille miriadi di «numeri ottavi». È chiaro dunque che la quantità [di grani] d'arena eguale in volume alla sfera delle stelle fisse come supposta da Aristarco, è minore di mille miriadi di «numeri ottavi».
[14] Queste cose, o re Gelone, credo potranno sembrare non credibili a chi non sia esperto di questioni matematiche, ma – per le dimostrazioni [offerte] – saranno condivisibili da chi [in queste] è versato, [da chi] abbia considerato le distanze e le grandezze della Terra, del Sole, della Luna e di tutto il cosmo. Per questo ho ritenuto opportuno che anche a te fossero note tali conoscenze.

13R credo potranno sembrare non credibili] (7 - A) Vedi nota a pagina a fianco.
16R–17R ho ritenuto opportuno che anche a te fossero note tali conoscenze] (8 - A) In un'edizione d'inizio secolo scorso,ristampata alla fine del XX secolo, Pasquale Midolo rende così il periodo: *pertanto io opino che non vi sarebbe inconveniente perché altri le considerino di nuovo*. Tuttavia la traduzione, secondo la formulazione proposta, sembra però di fatto mettere in dubbio tutte le deduzioni sin qui avanzate con tanta lucida chiarezza; Midolo 1989.

CAPITOLO 4

ARENARIUS, EX J. L. HEIBERG

Sommario

Quanto segue è la traduzione latina del testo greco resa dall'Heiberg in occasione della prima edizione della sua *omnia* archimedea (Lipsia 18801 - 1881), una traduzione filologicamente distante dalla versione resa da Jacopo di San Cassiano.[1] Le note riportate sono quelle apposte dall'Heiberg per l'esplicitazione di parti di testo, presenti in scrittura originale secondo le convenzioni tipografiche adottate per la redazione testuale e matematica; non sono riprodotte le note di natura filologica.

Liber I

[1] Sunt, qui existiment, rex Gelo, numerum arenae infinitum esse magnitudine; dico autem, non solum eius, quae circa Syracusas et reliquam Siciliam est, sed etiam quae in qualibet regione siue culta siue inculta. alii autem infinitum eum esse non arbitrantur, nullum uero tantum nominatum esse, ut multitudinem eius superet.
[2] quod qui putent adparet, si globum ex arena collectum esse fingant, cetera quantus globus terrae sit, expletis autem et maribus omnibus et cauis terrae locis ad altitudinem aequantem montes altissimos, multo minus eos intellecturos esse, nominari posse numerum multitudine eius superantem.
[3] ego uero tibi demonstrare conabor demonstrationibus geometricis, quas cogitatione adsequi poteris, numerorum a nobis nominatorum et in libro, quem ad Zeuxippum misimus, propositorum quosdam superare non modo numerum arenae magnitudinem habentis aequalem terrae ita expletae, uti diximus, sed etiam numerum arenae magnitudinnem habentis mundo aequalem.
[4] nouisti autem, mundum a plerisque astrologis uocari sphaeram, cuius centrum sit centrum terrae, radius autem aequalis lineae inter centra solis et terrae positae. haec enim uulgo scribuntur, ut ex astrologis cognuisti. Aristarchus uero Samius libros quosdam edidit, qui hypotheses inscribuntur, in quibus ex iis, quae supponuntur, adparet, mundum multiplicem esse, quam supra diximus.
[5] supponit enim, stellas fixas solemque immobilia manere, terram uero circum solem in medio cursu positum secundum circuli ambitum circumuolui, sphaeram autem stellarum fixarum circum idem centrum positam, circum quod sol positus sit, tantam esse, ut circulus secundum quem terram circumuolui supponit, eam rationem habeat ad distantiam stellarum fixarum, quam habeat centrum sphaerae ad superficiem.
[6] hoc certe fieri non posse manifestum est. nam quoniam centrum sphaerae nullam magnitudinem habet, ne rationem quidem ullam ad superficiem sphaerae habere putandum est. sed credendum est, Aristarchum hoc sentire: quoniam supponimus, terram quasi centrum mundi esse, sphaeram, in qua est circulus, secundum quem terram

1. La versione è disponibile al sito dell'autore, all'indirizzo `www.heinrichfleck.net/astronomia/advanced_internet_files/libri/antiqua/ArchimedeBasilea.zip`.

2 magnitudine] (1 - A) Hoc tritum prouerbium erat Graecis; Pindarus Ol. II, 86; Paroemiogr. Gr. p. 11, 167, 250 ed. Gaisford.

circumuolui supponit, ad sphaeram stellarum fixarum eam habere rationem, quam habeat terra ad mundum, qui ulgo uocatur.

[7] nam demonstrationes phaenomenorum eiusmodi suppositioni adcommodat, et maxime magnitudine sphaerae, in qua terra moveri fingit, aequalem mundo, qui uulgo vocatur, supponere uidetur. dicimus igitur, etiamsi ex arena tanta sphaera colligatur, quantam Aristarchus sphaeram stellarum fixarum esse supponat, qui in Principiis nominati sint, magnitudine superare numerum arenae magnitudinem habentis tali spharae aequalem, his suppositis:

[8] 1. primum perimetrum terrae 3000000 stadia longam esse nec maiorem; quamquam quidam, ut tu quoque nouisti, demonstrare conati sunt, eam 300000 stadia longam esse. ego uero (hunc numerum) excedens et magnitudinem terrae magnitudini a prioribus propositae decies fere sumptae aequalem esse supponens perimetrum eius 3000000 fere stadia longam nec maiorem esse suppono.

2. deinde diametrum terrae maiorem esse diametro lunae, et diametrum solis maiorem diametro terrae, rursus eadem sumens, quae plerique astrologorum priorum.

[9] 3. deinde diametrum solis aequalem esse diametrum lunae tricies sumptae nec maiorem; quamquam ex astrologis prioribus Eudoxus eam diametro lunae nouies sumptae aequalem esse declarat, Phidias autem duodocies sumptae, Aristarchus autem demonstrare conatus est, diametrum solis maiorem esse diametro lunae duodeuicies sumpta, minorem uero eadem uicies sumpta [Aristarchus de distant. prop. 9]. ego uero eum quoque excedens, ut propositum pro certo sit demonstratum, suppono, diametrum solis aequalem esse lunae diametro tricies fere sumptae nec maiorem.

[10] 4. praeterea autem diametrum solis maiorem esse latere figurae mille laterum circulo maximo mundi inscriptas. hoc uero suppono, cum Aristarchus inuenerit, solem partem septingentesimam fere circuli zodiaci esse adparere, ipse autem hoc modo scrutatus per instrumenta cum angulum deprehendere conatus sum, cui sol aptatur uerticem in oculo habenti.

[11] uerum quidem ipsum deprehendere difficile est, quia neque uius neque manus neque instrumenta, quibus utendum est, satis certa sunt ad uerum inueniendum. [11] de his uero rebus hoc tempore nihil adtinet pluribus disputare, praesertim cum talia saepius illustrata sint. sed mihi ad demonstrationem propositi satis est angulum deprehendere non maiorem angulo, cui sol aptatur uerticem in oculo habenti, et rursus alium angulum deprehendere non minorem angulo, cui sol aptatur uerticem in oculo habenti.

[12] itaque longa regula in pede perpendiculari posita, qui in eiusmodi loco collocatus erat, unde sol oriens conspici posset, et cylindro paruo tornato et in regula posito perpendiculari statim post ortum solis, cum sol prope horizontem esset, et oculi ex aduerso eum intueri possent, regula aduersus solem conuersa est, et oculus in extrema regula positus est; cylindrus autem in medio solis et oculi positus soli officiebat. cylindrus igitur, qui ab oculo sensim remouebatur, ubi paululum solis in utraque parte cylindri adparere coepit, inhibitus est.

[13] iam si oculus re uera ab uno puncto prospectaret, lineis ab extrema regula, quo loco oculus positus erat, cylindrum contingentibus ductis angulus lineis ita ductis comprehensus minor essete angulo, cui sol aptatur uerticem in oculo habenti, quia ex utraque parte cylindri pars solis conspiciebatur. sed quoniam oculi ab uno puncto non

---

2 qui ulgo uocatur] (2 - A) Potius sententia Aristarchi haec fuisse uidetur, distantiam stellarum tantam esse, ut circulus, in quo terra moueatur, cum ea comparatus puncti locum obtineat; cfr. Arist, de distnt. 2; Ptolemaeus *συντ.* II, 5 p. 74. Cfr. Quaest. Arch. p. 202; Nizze p. 210 - 11.

9–10 quamquam quidam] (3 - A) Significatur Eratosthenes; Berhardy Eratosth. p. 57; Quaest. Archim. p. 202; Heiberg 1879.

29 uerum inueniendum. [11]] (4 - A) Numerazione del capitolo ripetuta nell'edizione dell'Heiberg.

prospectant, sed a magnitudine quadam, magnitudinem quandam rotundam oculo non minorem sumpsi, et magnitudine in extrema regula posita, quo loco oculus positus erat, lineis et magnitudinem et cylindrum contingentibus ductis, angulus lineis ita ductis comprehensus minor erat angulo, cui sol aptatur uerticem in oculo habenti.

[14] magnitudo autem oculo non minor hoc modo inuenitur. sumuntur duo cylindri tenues eadem crassitudine, alter albus, alter uero non, et ante oculum ponuntur, ita ut albus ab eo aliquantum absit, qui autem albus non est, oculo quam proximus sit, ita ut etiam contingat faciem. si igitur cylindri, quos sumpsimus, oculo tenuiores sunt, cylindrus proprior ab oculo comprehenditur, et albus ab eo conspicitur, si multo tenuiores sunt, totus, si minus, partes quaedam albi ex utraque parte cylindri oculo propioris conspiciuntur.

[15] his autem cylindris carassitudine aptis sumptis alter alteri officit, nec maiori spatio, eiusmodi igitur magnitudo, qualis est crassitudo cylindrorum sic se habentium, haud dubie oculo minor non est. angulus uero non minor angulo, cui sol aptatur uerticem in oculo habenti, hoc modo sumptus est. cylindro in regula ita ab oculo remoto, ut soli toti officiat, et lineis ab extrema regula, quo loco oculus positus erat, cylindrum contingentibus ductis, angulus lineis ita ductis comprehensus non minor est angulo cui sol aptatur uerticem in oculo habenti.

[16] itaque cum angulis ita deprehensis angulum rectum metirer, angulus ad punctum positum minor erat una parte, recto angulo in partes 164 diuiso, minor uero angulus maior una parte, recto angulo in partes 200 diuiso. adparet igitur, etiam angulum, cui sol aptatur uerticem in oculo habenti, minorem esse una parte, angulo recto in partes 164 diuiso, maiorem uero una parte, recto angulo in partes 200 diuiso.

[17] his autem confirmatis demonstrabimus, diametrum solis maiorem esse latere figurae mille laterum crculo maximo mundi inscriptae. fingatur enim planum per centra solis et terrae et per oculum positum, cum sol paullo supra horizontem est. et planum ita positum mundum in circulo ΑΒΓ secet, terram autem in circulo ΔΕΖ, solem autem in circulo ΣΗ. et terrae centrum sit Θ, solis autem Κ, oculus autem sit Δ. et ducantur lineae circulum ΣΗ contingentes, a puncto Δ lineae ΔΛ, ΔΞ, quae in punctis Ν, Τ contingant, a Θ autem puncto ΘΜ, ΘΟ, quae in punctis Χ, Ρ contingant. et lineae ΘΜ, ΘΟ circulum ΑΒΓ in punctis Α, Β secent.

[18] iam est ΘΚ > ΔΚ, quia suppositum est, solem super horizontem esse. quare angulus lineis ΔΛ, ΔΞ comprehensus maior est angulo lineis ΘΜ, ΘΟ comprehensus. sed angulus comprehensus lineis ΔΛ, ΔΞ maior est quam pars ducentesima anguli recti, minor autem una parte angulo recto in partes 164 diuiso. nam aequalis est angulo, cui sol aptatur uerticem in oculo habenti. quare angulus lineis ΘΜ, ΘΟ comprehensus minor est una parte recto angulo in partes 164 diuiso, et linea ΑΒ minor est linea sub unam partem subtendenti, ambitu circuli ΑΒΓ in partes 656 diuiso.

[19] sed perimetrus polygoni illius ad radium circuli ΑΒΓ minorem rationem habet, quam 44 : 7, quia perimetrus cuiusuis polygoni circulo inscripti ad radium minorem rationem habet, quam 44 : 7. nouisti enim a nobis demonstratum esse, cuiusuis circuli ambitum maiorem esse quam triplo maiorem diametro spatio minore, quam est septima

19–20 angulus ad punctum positum] (5 - A) H. e. angulus, cuius uertex est punctum illud in extrema regula positum (lin. 4), eum uertex anguli minoris (lin. 11) extra regulum cadat propter cylindros illos, in eo inueniendo usurpatos. Queast. Arch. p. 204. N.d.T.: il riferimento è ovviamente relativo a numeri di linea come individuabili nell'edizione originale dell'Heiberg.

32 super horizontem esse] (6 - A) Itaque $\angle$ Θ Δ Κ obtusus est (si enim sol in horizonte esset, rectus esset, quia horizon inuenitur linea in puncto Δ ad ΔΘ perpendiculari erecta).

36 comprehensus] (7 - A) H. e. $\angle$ LDX > ΜΘΟ ex Eucl. opt. 24.

pars [diametri] [κύκλ. μέτρ. 3]. eo autem minor est perimetrus polygonu inscripti [περὶ σφ. καὶ κυλ. I, π. 10, 23]. quare $\mathrm{BA} : \Theta\mathrm{K} < 11 : 1148$. itaque $\mathrm{BA} < \frac{1}{100}\,\Theta\mathrm{K}$.

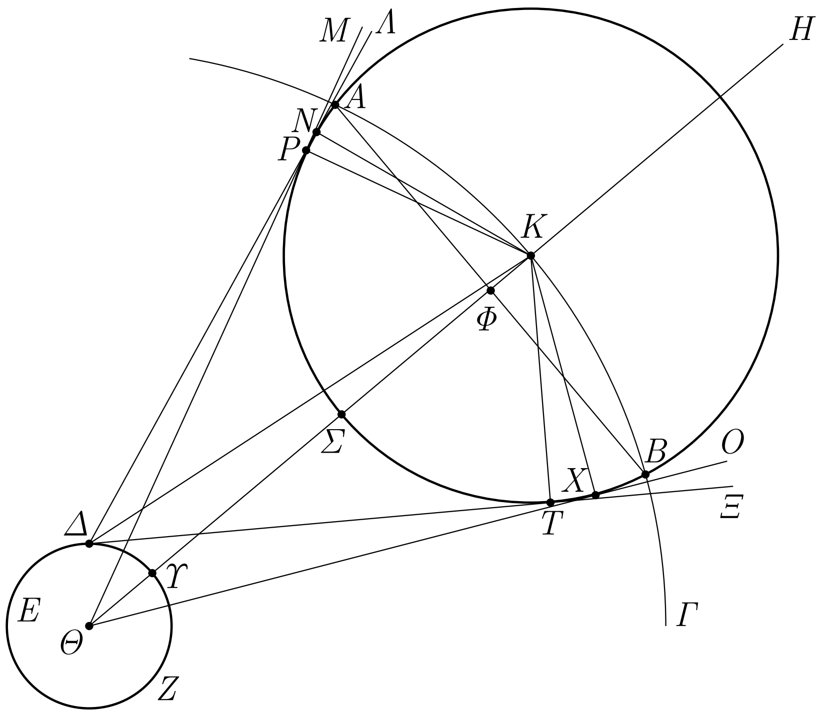
[20] sed lineae BA aequalis est diametrus circuli $\Sigma\mathrm{H}$, quia

$$\Phi\mathrm{A} = \tfrac{1}{2}\mathrm{BA} = \mathrm{KP};$$

nam cum est $\Theta\mathrm{K} = \Theta\mathrm{A}$, ab terminis earum perpendiculares ductae sunt [lineae $\Phi\mathrm{A}$, KP], ita ut sub eundem angulum subtendant. adparet igitur, diametrum circuli $\Sigma\mathrm{H}$ minorem esse quam $\frac{1}{100}\,\Theta\mathrm{K}$. et diametrus $\mathrm{E}\Theta\Upsilon$ minor est diametro circuli $\Sigma\mathrm{H}$, quoniam circulus $\Delta\mathrm{EZ}$ minor est circulo $\Sigma\mathrm{H}$ [hypoth. 2]. itaque

$$\Theta\Upsilon + \mathrm{K}\Sigma < \tfrac{1}{100}\,\Theta\mathrm{K}$$

quare $\Theta\mathrm{K} : \Upsilon\Sigma < 100 : 99$. et quoniam $\Theta\mathrm{K} > \Theta\mathrm{P}$ et $\Sigma\Upsilon < \Delta\mathrm{T}$, erit igitur etiam $\Theta\mathrm{P} : \Delta\mathrm{T} < 100 : 99$.



Grafica di Archimede; → testo greco, libro I, pagina 96

[21] et quoniam in triangulis rectangulis $\Theta\mathrm{KP}$, $\Delta\mathrm{KT}$ latera KP, KT aequalia sunt, latera autem $\Theta\mathrm{P}$, $\Delta\mathrm{T}$ inaequalia, et $\Theta\mathrm{P} > \Delta\mathrm{T}$, angulus lineis $\Delta\mathrm{T}$, $\Delta\mathrm{K}$ comprehensum maiorem rationem habet, quam $\Theta\mathrm{K} : \Delta\mathrm{K}$, minorem autem, quam $\Theta\mathrm{P} : \Delta\mathrm{T}$. nam si in duobus triangulis rectangulis duo laterum rectum angulum comprehendentium aequalia sunt, duo inaequalia, maior angulorum ad latera inaequalia positorum ad minorem maiorem rationem habet, quam maior linea earum, quae sub angulum rectum

---

6 sub eundem angulum subtendant] (8 - A) H. e. $\Delta\ \Theta\ \Lambda\ \Phi \cong \Theta\ \mathrm{K}\ \mathrm{P}$; Eucl. I, 26.

10 et quoniam $\Theta\mathrm{K} > \Theta\mathrm{P}$ et $\Sigma\Upsilon < \Delta\mathrm{T}$] (9 - A) Quia $\Sigma\Upsilon$ omnium linearum duo puncta circulorum $\Delta\mathrm{EZ}$, $\Sigma\mathrm{H}$ iugentium minima est; Nizze p. 214 not. β.

13 $\Theta\mathrm{P} > \Delta\mathrm{T}$] (10 - A) Quia $\Theta\mathrm{K} > \Delta\mathrm{K}$; nam crura anguli lineis contingentibus comprehensi eo maiora sunt, quo longius uertex anguli a centro circuli abest.

subtendunt, ad minorem, minorem autem quam maior linearum angulum rectum comprehendentium ad minorem.

[22] quare[2] $\angle\,\Lambda\Delta\Xi\ :\mathrm{O\Theta M} < \mathrm{KP} : \Delta\mathrm{T}$; sed $\Theta\mathrm{P} : \Delta\mathrm{TM} < 100 : 99$. quare etiam erit $\angle\ \Lambda\Delta\Xi : \mathrm{O\Theta M} < 100 : 99$. et quoniam est $\angle\ \Lambda\Delta\Xi\ > \frac{1}{200}\,R$, erit etiam

$$\angle\ \mathrm{O\Theta M} > \frac{99}{20000}\,R\,.$$

quare $\angle\ \mathrm{O\Theta M} > \frac{1}{203}R$. quare linea BA maior est linea sub unam partem subtendenti, ambitu circuli $\mathrm{AB\Gamma}$ in partes 812 diuiso. sed lineae AB aequalis est diametrus solis. adparet igitur, diametrum solis maiorem esse latere figurae mille laterum.

Liber II

[1] His autem suppositis haec quoque demonstrari possunt: diametrum mundi minorem esse diametro terrae decies millies sumpta, et praeterea, diametrum mundi minus quam 10000000000 stadia longam esse. nam quoniam suppositum est, diametrum solis non maiorem esse quam diametrum lunae tricies sumptam [hypoth. 3], et diametrum terrae maiorem esse diametro lunae [hypoth. 2], adparet, diametrum solis minorem esse quam diametrum terrae tricies sumptam. rursus autem quoniam demonstratum est, diametrum solis maiorem esse latere figurae mille laterum circulo maximo mundi inscriptae, manifestum est, perimetrum figurae illius mille laterum minorem esse diametro solis millies sumpta. diametrus autem solis minor est quam diametrus terrae tricies sumpta. quare perimetrus figurae mille laterum minor est diametro terrae tricies millies sumpta.

[2] iam quoniam perimetrus figurae mille laterum minor est diametro terrae tricies millies sumpta, maior autem quam triplo maior diametro mundi (nam demonstratum est, cuiusuis circuli diametrum minorem esse tertia parte perimetri cuiusuis polygoni circulo inscripti, quod aequilaterum sit et plus quam sex latera habeat), diametrus mundi minor erit diametro terrae decies millies sumpta. itaque demonstratum est, diametrum mundi minorem esse diametro terrae decies millies sumpta. diametrum autem mundi minus quam stadia 10000000000 longam esse, inde adparet.

[3] nam quoniam suppositum est, perimetrum terrae non plus quam 3000000 stadia longam esse [hypoth. 4], et perimetrus terrae maior est quam triplo maior diametro, quam cuisuis circuli ambitus maior est quam triplo maior diametro [*κύκλ. μετρ.* 3], adparet, diametrum terrae minus quam 1000000 stadia longam esse. iam quoniam diametrus mundi minor est diametro terrae decies millies sumpta, adparet, diametrum mundi minus quam 10000000000 stadia longam esse.

[4] de magnitudinibus igitur et distantiis haec suppono, de arena autem haecce: si ex arena magnitudo colligatur non maior semine papaueris, numerum arenae non maiorem

2. Nella versione latina di questo capitolo l'Heiberg ha abbandonato la traduzione quasi letterale sin qui seguita esprimendo le deduzioni di Archimede in forma matematica come pure precedentemente. Fra l'altro, ln. 4, introduce una lettera dell'alfabeto latino, la R, ovviamente non presente nel testo greco.

1–2 angulum rectum comprehendentium ad minorem] (11 - A) Demonstrationem huius propositionis geometricam dedit Commandinus fol. 62 (Quaest. Arch. p. 204 - 5), trigonometricam Nizze p. 214 not. γ.
6 quare $\angle\ \mathrm{O\Theta M} > \frac{1}{203}R$] (12 - A) Nam $99 > \frac{1}{203} \times 20000$.
7 aequalis est diametrus solis] (13 - A) H. e. diametrus circuli $\Sigma\mathrm{H}$; u. p. p. 258, 19,
8 adparet igitur] (14 - A) Quia latera polygonorum inscriptorum, quo plura, eo minora sunt; itaque latus figurae 812 laterum, quod minus est linea AB, maius est latere figurae mille laterum.
15 quam sex latera habeat)] (15 - A) Nam perimetrus hexagoni triplo maior est diametro (Eucl. IV, 5, *πόρισμ.*), et quo plura sunt latera, eo maiores sunt perimetri.

esse quam 10000, et diametrum seminis papaueris non minorem esse quadragesima parte digiti. hoc autem suppono re hoc modo examinata: in regula laeui semina papaueris in eadem linea recta posita sunt, ita ut inter se tangerent, et uiginti quinque semina spatium maius longitudine digitali expleuerunt. diametrum igitur seminis papaueris minorem ponens eam quadragesimam fere parte digiti nec minorem esse suppono, propositum etiam, quod ad hanc rem pertinet, quam certissime demonstari cupiens.

Liber III

[1] Haec sunt igitur, quae suppono. utile autem esse existimo, denominationem numerorum exponi, ut ceterum quoque qui in librum ad Zeuxippum missum non inciderunt, ne haereant, quod nihil de ea hoc in libro dictum sit.
[2] accidit igitur, ut nomina numerorum ad 10000 nobis tradita sint, et super 10000 satis ea intellegimus myriades numerantes usque ad 100000000. hi igitur numeri usque ad 100000000 primi uocentur. sed decem millia myriadum primorum numerorum unitas uocetur secundorum numerorum, et numerentur secundorum numerorum unitates et ex unitatibus decades et hecatontades et chiliades et myriades ad decen millia myriadum. rursus autem etiam decem millia myriadum secundorum numerorum unitas uocetur tertiorum numerorum, et numerentur tertiorum numerorum unitates et ab unitatibus decades et hecatontades et chiliades et myriades ad decem millia myriadum.
[3] et eodem modo etiam tertiorum numerorum decem millia myriadum unitas uocetur quartorum numerum, et quartorum numerum decem millia myriadum unitas uocetur quintorum numerorum, et semper hoc modo procedentes numeri nominentur usque ad decem millia myriadum numerorum centies millies millesimorum. et satis etiam est, numeros hunc ad finem cognosci.
[4] sed licet etiam ultra progredi. nam numeri, quos adhuc commemorauimus, primae periodi numeri uocentur et ultimus numerus primae periodi unitas uocetur primorum numerorum secundae periodi. rursus autem decem millia myriadum primorum numerorum secundae periodi unitas uocetur secundorum numerorum secundae periodi. et eodem modo etiam horum ultimus unitas uocetur tertiorum numerorum secundae periodi, et numeri semper hoc modo procedentes periodi secundae nominentur usque ad decem millia myriadum numerorum centies millies millesimorum. rursus autem ultimus numerus secundae periodi unitas uocetur primorum numerorum tertiae periodi, et semper hoc modo procedant usque ad decem millia myriadum numerorum centies millesimorum periodi centies millies millesimae.
[5] his autem ita denominatis, si numeri aliquot dati sunt ab unitate in eadem proportione, et numerus unitatis proximus decas est, octo eorum primi cum unitate ex numeris primis, qui uocantur, erunt, octo autem eos proxime sequentes ex secundis, et ceteri eodem modo ex numeris erunt eodem numero denominatis, qui distantiam octadis numerorum a prima octade indicat. primae igitur octadis numerorum octauus numerus est mille myriades, secundae autem octadis primus, quoniam aequalis est praecedenti decies

6 quam certissime demonstari cupiens] (16 - A) Cfr. Kästner: gesch. d. Mathem. II p. 746.
18 sed licet etiam ultra progredi] (17 - A) Nel testo dell’Heiberg esiste discordanza circa l’inizio del capitolo quarto nel testo greco e in quello latino. Il latino inizia infatti con queste parole, mentre le analoghe greche (ἔξεστι δὲ καὶ ἐπὶ πλέον προάγειν) compaiono in fine del capitolo terzo. Si è conservato il diverso *incipit* per entrambi i testi.
27 centies millies millesimae] (18 - A) Conspectus horum numerorum systematis u. Quaest. Arch. p. 59; Nizze p. 218; Nesselmann: Algebra d. Griechen p. 122 sq. ultimus est $10^{8\times10^{16}}$.

sumpto, decem millia myriadum erunt. haec autem unitas est secondorum numerorum. et octauus numerus secundae octadis mille myriades sunt secondorum numerorum et porro etiam tertiae octadis primus numerus, quoniam aequalis est praecedenti decies sumpto, decem millia myriadum erunt secondorum numerorum. et manifestum est, quotlibet octades ita fore, ut dictum est.

[6] uerum hoc quoque utile est cognitu. si ex numeris ab unitate in eadem proportione positis, aliqui inter se multiplicantur eorum, qui in eadem proportione sunt, etiam productum in eadem erit proportione a maiore multiplicatorum tot numeros distans, quot minor multiplicatorum ab unitate distat in proportione, ab unitate uero distabit uno pauciores, quam quantus numerus est utrorumque, quos numeri inter se multiplicati ab unitate distant,

[7] sint enim numeri aliquot A, B, Γ, Δ, E, Z, H, Θ, I, K, Λ ab unitate in eadem proportione positi, et unitas sir A. et multiplicentur Δ, Θ, et productum sit X. sumatur igitur ex proportione Λ ab Θ tot numeros distans, quot Δ ab unitate distat. demonstrandum, esse $\mathrm{X} = \Lambda$. iam quoniam inter numeros inter se proportionales Δ ab A tot loca abest, quot Λ ab Θ, erit igitur:

$$\Delta : \mathrm{A} = \Lambda : \Theta.$$

sed $\Delta = \Delta \times \mathrm{A}$. quare $\Delta = \Delta \times \Theta$. quare $\Lambda = \mathrm{X}$.

[8] adparet igitur, productum et ex eadem proportione esse et a maiore numerorum inter se multiplicatorum tot loca abesse, quot minor ab unitate absit. manifestum est autem, productum etiam ab unitate uno pauciora loca abesse, quam quantus est numerus utrorumque locorum, quae ab unitate absunt Δ, Θ. nam A, B, Γ, Δ, E, Z, H, Θ tot sunt, quot Θ ab unitate abest, et I, K, Λ uno pauciores, quam quot Δ ab unitate abest: nam adsumpto Θ totidem sunt.

Liber IV

[1] His autem partim suppositis, partim demonstratis, propositum demonstrabitur. nam quoniam suppositum est, diametrum seminis papaueris non minorem esse quam partem quadragesimam digiti [II, 4], adparet, sphaeram diametrum digitalem habentem maiorem non esse, quam ut 64000 seminum papaueris capiat. hoc enim numero multiplex est quam sphaera diametrum habens partem quadragesimam digiti. nam demonstratum est, sphaeras triplicem rationem habere inter se, quam diametri habeant [Eucl. XII, 18].

---

24 totidem sunt] (19 - A) De hac propositionibus cfr. Quaest. Arch. p. 58. nos sic idem demonstraremus: sit series

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & & 2 & & 3 & & n \\ 1 & , & a^1 & , & a^2 & , \dots & a^{n-1}, \end{array}$$

$$\begin{array}{cccccccc} n+1 & & m+1 & & m+2 & & m+n+1 & \\ a^n & \dots & a^m & , & a^{m+1} & , \dots & a^{m+n} & , \end{array}$$

itaque $a^n a^m = a^{m+n}$, quod ab a^m abest loca $(n+1)$, ab unitate uero $m+n+1 = (m+1)+(n+1) \div 1$. Mi è stato fatto notare che la serie proposta dall'Heiberg è trascritta più correttamente in notazione moderna nella forma:

... nos sic idem demonstraremus: sit series

$$S = s_1, s_2, \dots, s_{i+1}, \dots, s_{n+m+1} \qquad \text{ubi } s_{i+1} = a^i, \forall i \geq 0.$$

itaque...

Ringrazio il professor C. Beccari che si è dato carico di comporre questa precisazione.

[2] quoniam autem hoc quoque suppositum est, numerum areane magnitudinem habentis magnitudini seminis papaueris aequalem maiorem non esse quam 10000 [II, 4], adparet, si sphaera diametrum habens digitalem arena compleatur, numerum arenae maiorem non fore quam 640000000. hic autem est sex unitates secondorum numerorum, et quattuor millia myriadum primorum. quare minor est quam decem unitates secondorum numerorum. sphaera autem diametrum habens centum digitos longam centum myriadibus multiplex est quam sphaera diametrum digitalem habens, quia sphaera inter se triplicem rationem habent quam diametri [Eucl. XII, 18]. si igitur ex areana tanta sphaera efficitur, quanta est sphaera diametrum habens centum digitos longam, adparet, numerum arenae minorem fore numero multiplicatis decem unitatibus secondorum numerorum et centum myriadibus orto.

[3] et quoniam decem unitates secondorum numerorum decimus ab unitate numerus est in proportione terminorum per decem crescentium, et centum myriades septimus est ab unitate in eadem proportione, adparet, productum fore sextum decimum ab unitate in eadem proportione, demonstratum est enim, id uno pauciora loca ab unitate abesse, quam quantus est numerus utrorumque locorum, quae numeri inter se multiplicati ab unitate absint [III, 6]. horum autem sedecim primi octo cum unitate ii sunt, qui primi uocantur, octo sequentes ii, qui secundi uocantur, et ultimus eorum mille myriades sunt secondorum numerorum. manifestum est igitur, multitudinem arenae magnitudine habentis aequalem sphaerae diametrum centum digitos longam habenti minorem esse quam mille myriades secundorum numerorum.

[4] rursus autem etiam sphaera diametrum habens decem millia digitorum longam centum myriadibus multiplex est quam sphaera diametrum habens centum digitos longam. si igitur ex arena tanta sphaera efficitur, quanta est sphaera diametrum decem millia digitorum longam habens, adparet, numerum areane minorem fore numero multiplicatis mille myriadibus secondorum numerorum et centum myriadibus orto. sed quoniam mille myriades secondorum numerorum sextus decimus ab unitate numerus est in proportione, et centum myriades septimus est ab unitate in eadem proportione, adparet, productum uicesimum secundum ab unitate fore in eadem proportione.

[5] horum autem uiginti duorum primi octo cum unitate ii sunt, qui primi uocantur, octo autem sequentes ii, qui secondi uocantur, reliqui autem sex ex iis, qui tertii uocantur; et ultimus eorum est centum millia tertiorum numerorum. manifestum est igitur, multitudinem arenae magnitudinem habentis aequalem sphaerae diametrum habenti decem millia digitorum longam minorem esse quam centum millia tertiorum numerorum. et quoniam sphaera diametrum habens stadium longam minor est sphaera diametrum habenti decem millia digitorum longam, adparet, etiam multitudinem arenae magnitudinem habentis aequalem sphaerae diametrum habenti stadium longam minorem esse quam centum millia tertiorum numerorum. rursus autem sphaera diametrum centum stadia longam habens centum myriadibus multiplex est quam sphaera diametrum stadium longam habens. si igitur ex areana tanta sphaera colligitur, quanta est sphaera diametrum centum stadia longam habens, adparet, mumerum arenae minorem fore numero decem myriadibus tertiorum numerorum et centum myriadibus multiplicatis orto. et quoniam decem myriades tertiorum numerorum uicesimus secundus ab unitate numerus est in proportione, et centum myriades septimus est ab unitate in eadem proportione, adparet, productum fore duodetricesimum ab unitate in eadem proportione. horum autem uiginti octo primi octo cum unitate ii sunt, qui primi uocantur, octo autem sequentes ii, qui secundi vocantur, et octo deinde sequentes ii, qui tertii uocantur, reliqui autem quattuor

35–36 sphaera diametrum habenti decem millia digitorum longam] (20 - A) Heron. defin. 131, τὸ στάδιον ἕξει. . . δακτύλους ,ϑχ′ (9600).

ex iis, qui quarti uocantur, et ultimus eorum mille unitates sunt quartorum numerorum. manifestum est, igitur, multitudinem arenae magnitudinem habenti aequalem sphaerae diametrum habenti centum stadia longam minorem esse quam mille unitates quartorum numerorum.

[7] rursus autem sphaera diametrum decem millia stadiorum longam habens centum myriadibus multiplex est quam sphaera diametrum centum stadia longam habens. si igitur ex areana tanta sphaera efficitur, quanta est sphaera diametrum decem millia stadiorum longam habens, adparet, numerum arenae minorem fore numero mille unitatibus quartorum numerorum et centum myriadibus multiplicatis orto. quoniam autem mille unitates quartorum numerorum duodetricesimus est ab unitate numerus in proportione, et centum myriades septimus ab unitate in eadem proportione, adparet, productum fore tricesimum quartum ab unitate in eadem proportione. horum autem triginta quattuor primi octo cum unitate ii sunt, qui primi uocantur, octo sequentes ii, qui secundi, octo deinde sequentes ii, qui tertii, octo deinde sequentes ii, qui quarti uocantur, et reliqui duo ex iis erunt, qui quinti uocantur, et ultimus eorum est decem unitates quintorum numerorum. adparet igitur, multitudinem arenae magnitudinem habentis aequalem sphaerae diametrum habenti decem millia stadorum longam minorem fore quam decem unitates quintorum numerorum.

[8] rursus autem sphaera diametrum centum myriades stadiorum longam habens centum myriadibus multiplex est quam sphaera diametrum habens decem millia stadiorum longam. si igitur ex areana tanta sphaera efficitur, quanta est sphaera diametrum centum myriades stadiorum longam habens, adparet, numerus arenae minorem fore numero multiplicatis decem unitatibus quintorum numerorum et centum myriadibus orto, et quoniam decem unitates quintorum numerorum tricesimus quartus est ab unitate numerus in proportione, et centum myriades septimus ab unitate in eadem proportione, adparet, productum fore quadragesimum ab unitate in eadem proportione, horum autem quadraginta primi octo cum unitate ii sunt, qui primi uocantur, octo sequentes ii, qui secondi, octo deinde sequentes ii, qui tertii, octo deinde sequentes ii, qui quarti, postremi octo ii, qui quinti uocantur, et ultimus eorum est mille myriades quintorum numerorum. manifestum est igitur, numerum arenae magnitudinem habentis aequalem sphaerae diametrum habenti centum myriades stadiorum longam minorem esse quam mille myriades quintorum numerorum,

[9] sphaera autem diametrum habens decem millia myriadum stadiorum longam centum myriadibus multiplex est quam sphaera diametrum habens centum myriades stadiorum longam. si igitur ex arena tanta sphaera efficitur quanta est sphaera diametrum habens decem millia myriadum stadiorum longam, manifestum est, numerum areanae minorem fore numero multiplicatis mille myriadibus quintorum numerorum et centum myriadibus orto. quoniam autem mille myriades quintorum numerorum quadragesimus ab unitate numero est in proportione, et centum myriades septimus ab unitate in eadem proportione, adparet, productum fore quadragesimum sextum ab unitate. horum autem quadraginta sex primi octo cum unitate ii sunt, qui primi uocantur, octo sequentes ii, qui secundi, octo autem deinde sequentes ii, qui tertii, octo autem tertios sequentes ii, qui quarti, octo autem quartos sequentes ii, qui quinti uocantur, sex autem reliqui ex iis sunt, qui sexti uocantur, et ultimus eorum est decem myriades sextorum numerorum. manifestum est igitur, mumerum arenae magnitudinem habentis aequalem sphaerae diametrum habenti decem millia myriadum stadiorum longam minorem esse quam decem myriades sextorum numerorum.

[10] sphaera autem diametrum habens decies centena millia myriadum stadiorum longam centum myriadibus multiplex est quam sphaera diametrum habens decem millia myriadum stadiorum longam. si igitur ex arena tanta sphaera efficitur quanta est sphaera

diametrum habens decies centena millia myriadum stadiorum longam, manifestum est, numerum arenae minorem fore numero multiplicatis decem myriadibus sextorum numerorum et centum myriadibus orto. quoniam autem decem myriades sextorum numerorum quadragesimus est ab unitate numerus in proportione, et centum myriades septimus est ab unitate in eadem proportione, adparet, productum fore quinquagesimum secundum ab unitate in eadem proportione. horum autem quinquagintaduorum primi quadraginta octo cum unitate ii sunt, qui primi, secundi, tertii, quarti, quinti, sexti uocantur, reliqui autem quattuor ex iis sunt, qui septimi uocantur, et ultimus eorum est mille unitates septimorum numerorum. manifestum est igitur, numerum arenae magnitudinem habentis aequalem sphaerae diametrum habenti decies centena millia myriadum stadiorum longam minorem esse quam mille unitates septimorum numerorum.

[11] iam quoniam demonstratum est, diametrum mundi minus quam decies centena millia myriadum stadiorum longam esse [II, 1], adparet, etiam numerorum arenae magnitudinem habentis aequalem mundo minorem esse quam mille unitates septimorum numerorum. itaque demonstratum est, numerum arenae magnitudinem habentis aequalem mundo, qualis a plerisque astrologis fingatur, minorem esse quam mille unitates septimorum numerorum. restat autem, ut demonstremus, etiam numerum arenae magnitudinem habentis aequalem tali sphaerae, qualem Aristarchus stellarum fixarum sphaeram esse supponat, minorem esse quam mille myriades octauorum numerorum.

[12] nam quoniam suppositum est, terram ad mundum, qualis uulgo a nobis fingatur, eam rationem habere, quam idem ille mundus habeat ad sphaeram stellarum fixarum, quam Aristarchus supponat [I, 6], et diametri sphaerarum eandem inter se rationem habent [Eucl. XII, 18], et demonstratum est, diametrum mundi minorem esse diametro terrae decies millies sumpta [II, 2], adparet, etiam diametrum sphaerae stellarum fixarum minorem esse diametro mundi decies millies sumpta. quoniam autem sphaerae triplicem inter se rationem habent, quam diametri [Eucl. XII, 18], manifestum est, sphaeram stellarum fixarum, quam Aristarchus supponat, minorem esse mundis 1000000000000.

[13] et demonstratum est, numerum arenae magnitudinem habentis mundo aequalem minorem esse quam mille unitates septimorum numerorum [§ 11], adparet igitur, si ex arena tanta sphaera efficiatur, quantam Aristarchus supponat sphaeram stellarum fixarum esse, numerum arenae minorem fore numero multiplicatis mille unitatibus [septimorum numerorum] et 1000000000000 orto. quoniam autem mille unitates septimorum [numerorum] quinquagesimus secundus est ab unitate numerus in proportione, et 1000000000000 tertius decimus est ab unitate in eadem proportione, adparet, productum fore sexagesimum quartum ab unitate in eadem proportione numerum. is autem octauus est numerorum octauorum, qui est mille myriades numerorum octauorum. manifestum est igitur, numerum arenae magnitudinem habentis aequalem sphaerae stellarum fixarum, quam supponat Aristarchus, minorem esse quam mille myriades octauorum numerorum.

[14] haec autem, rex Gelo, uulgo hominum mathematicis imperito incredibilia uisum iri puto, peritus uero, qui distantias et magnitudines terrae et solis et lunae et totius mundi cognouerint, credibilia propter demonstrationem fore quare putaui, tibi quoque conuenire haec cognoscere.

BIBLIOGRAFIA

Acerbi, Fabio

2007 «Una scuola matematica alessandrina?», in *La matematica*, a cura di Claudio Bartocci e Piergiorgio Odifreddi, IV vol., Einaudi, Torino, vol. I.

2008 «I geometri greci e gli specchi ustori», *Matematica, cultura e società* (Edizioni della Normale, Pisa 2008), a cura di I. Gabbani, p. 187-230, `academia.edu`.

2012a «Commentari, scolii e annotazioni marginali ai trattati matematici greci», *Segno e testo*, 10, a cura di Università di Cassino.

2012b «I codici stilistici della matematica greca», in *Quaderni urbinati della cultura classica*, a cura di Bruno Gentili, 2, Serra editore, vol. 101.

2013a «Funzioni e modalità di trasmissione delle notazioni numeriche nella trattatistica matematica greca: due esempi paradigmatici», in *Segno e testo*, 11, Edizioni Università di Cassino, p. 123-165, `academia.edu`.

2013b «La concezione archimedea degli oggetti matematici», *Rivista dell'Unione Matematica Italiana*, I, VI, p. 227-252, `academia.edu`.

2013c *The Archimedes Palimpsest edited by Reviel Netz, William Noel, Natalie Tchernetska and Wilson, Nigel*, `ircps.org`.

2015 «Archimedes and the Angel: Phantom Paths from Problems to Equations», *Critical Reviews in the History of Science*, `academia.edu`.

Acerbi, Fabio, Claudio Fontanari e Maria Lia Guardini

2013 *Metodo: nel laboratorio del genio*, Boringhieri, Torino.

Anonimo

1855 «Mensura totius habitate terrae», in *Geographi graeci minores*, a cura di Karl Müller, Didot, Parigi, `archive.org`.

Apuleio

1900 *Apologia sive de magia liber*, a cura di J. van der Uliet, Teubner, Lipsia, `archive.org`.

Aristotele

2011a *De caelo*, *Itinera Electronica*, `mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm`.

2011b *De generatione*, *Itinera Electronica*, `mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm`.

2011c *Fisica*, *Itinera Electronica*, `mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm`.

2011d *Metafisica*, *Itinera Electronica*, `mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm`.

2011e *Meteorologia*, *Itinera Electronica*, `mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm`.

Aristotele

2011f *Politica*, *Itinera Electronica*, mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm.

Ateneo

1827 *Deipnosophistai*, a cura di Wilhelm Dindorf, Weidmann, G. Reimer, Lipsia, archive.org.

Bagni, Giorgio T.

1998 *Un'intuizione dell'infinitesimo attuale: De nihilo geometrico (1758) di Giuseppe Torelli*, syllogismos.it.

Baltimora, Walters Art Museum

2011 *Archimedes, The palimpsest project*, archimedespalimpsest.org.

Bilotta, Maria Alessandra

2014 «La biblioteca dei Papi da Roma ad Avignone. Atti del LI Convegno storico internazionale», in *Scriptoria e biblioteche nel basso medioevo (secoli XII - XV)*, Todi, academia.edu.

Blass, Friedrich Wilhelm

1883 «Der Vater des Archimedes», *Astronomische Nachrichten*, 104, 2488 (gen. 1883), p. 255-256, DOI: 10.1002/asna.18831041505, sao/nasaarchive.org.

Bonesana, Ivano

2000 *Le origini del calcolo integrale*, lilu2.ch.

Borzacchini, Luigi

2015 *Storia e fondamenti della matematica*, dm.uniba.it.

Boscarino, Giuseppe

2014a «Arenario», in *Archimede e la tradizione di pensiero italica della scienza*, introduzione di Marco Ceccarelli, Studi e traduzioni, Aracne, Roma.

2014b «The Italic School in Astronomy: from Pythagoras to Archimedes», *Journal of Physical Science and Application*, 4, p. 385-392, lascuolaitalica.it/pubbl24.pdf.

2015 «Archimedes <Book> to Eratosthenes in the Palimpsest and Archimedes in Heron's Metrikon», *Advances in Historical Studies*, p. 357-367, scirp.org/journal/ahs.

Boter, J. Gerad

2007 «A textual problem in Archimedes Arenarius», *Rheinisches Museum für Philologie*, I, 150 (3 - 4 2007), p. 424-429, rhm.uni-koeln.de/150/M-Boter.pdf.

Boulliau, Ismaël

1645 *Astronomia philolaica*, Piget, Parigi, gutenberg.beic.it.

Boyer, Carl B.

1949 *The History of the Calculus and its Conceptual Development*, introduzione di Richard Courant, Dover Publications, New York, archive.org.

1990 *Storia della matematica*, introduzione di Lucio Lombardo Radice, Mondadori, Milano, archive.org.

Cambiano, Giuseppe

1996 «Alle origini della meccanica: Archimede e Archita», *A Journal of Ancient Literature and History on the Web*, 2, 1, cisi.unito.it.

Canfora, Luciano

2007a «Johann Gustav Droysen, Histoire de l'Hellénisme», *Anabases, Traditions et réceptions de l'Antiquité*, 5, p. 277-280, anabases.revues.org/3257.

2007b *La biblioteca scomparsa*, XIII, Sellerio, Palermo.

Carubia, Francesco

1996 *Autori classici greci in Sicilia*, Libreria antiquaria, Catania, liberliber.it.

Casini, Paolo

1984 «Newton: The Classical Scholia», *History of Science*, 22, adsabs.harvard.edu/abs.

Castagnino, Berlinghieri Elena Flavia

2010 «Archimede e Ierone II: dall'idea al progetto della più grande nave del mondo antico, la Syracosia», in *L'Erma di Bretschneider*, vol. 26: *Hesperia*, Roma, academia.edu.

Catullo, Gaio Valerio

2005 *Carmina, VIII*, thelatinlibrary.com.

Chrisomalis, Stephen

2003 *The Egyptian origin of the Greek alphabetic numerals*, academia.edu.

Cicerone, Marco Tullio

2003 *De natura deorum*, *Itinera Electronica*, agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm.

2004 *Academica*, *Itinera Electronica*, agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm.

2006a *De re publica*, *Itinera Electronica*, agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm.

2006b *In Verrem*, thelatinlibrary.com.

2006c *Tusculanae disputationes*, *Itinera Electronica*, agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm.

Clagett, Marshall

1964-1984 *Archimedes in the Middle Ages*, V vol., American Philosophical Society, Philadelphia.

Claudiano

2009 *In Sphaeram Archimedis*, divusangelus.it/claudianus/carmmin51.htm.

Cleomede

1891 *De motu circulari corporum caelestium*, a cura di Hermann Ziegler, Teubner, Lipsia, cap. 10 a seguire, `archive.org`.

Commandino, Federico

1558 *Archimedis opera non nulla. A Fedrico Commandino urbinate nuper in latinum conversa et commentariis illustrata*, Aldo Manuzio, Venezia, `archive.org`.

1565a *Archimedis De iis quae uehuntur in aqua libri duo. A Federico Commandino vrbinate in pristinum nitorem restitvti, et commentariis illvstratis*, edizione rivista e commentata *ex* redazione Moerbeke, Alessandro Benacio, Bologna, `googlebooks`.

1565b *De centro gravitate solidorum*, Alessandro Benacio, Bologna, `gutenberg.beic.it`.

1572 *Aristarchi de magnitudinibus et distantiis solis et lunae liber cum Pappi alexandrini explicationibus quibusdam*, cur. e trad. da Federico Commandino, a cura di Antonio Mancini (versione italiana), C. Franceschino, Urbino, `aristarchus.it`.

Copernico, Niccolò

1543 *De revolutionibus orbium coelestium, Libri VI*, J. Petreium, Norimberga, `archive.org`.

CTAN

2016-2023 *The Comprehensive TEX Archive Network*, `ctan.org`.

D'Alessandro, Paolo e Pier Daniele Napolitani

2012a «Archimede latino: Iacopo di San Cassiano e il corpus archimedeo alla metà del Quattrocento», *Sciences et savoirs, Les belles lettres*, I, `it.scribd.com`.

2012b «Il 'nuovo' palinsesto di Archimede e qualche figura sbagliata», *Rivista di Filologia e di Istruzione classica - Loescher, Torino*, 140, 2, p. 461-474, `academia.edu`.

Davies, E. Brian

2011 «Archimedes' calculation of square roots», *Advances in Mathematics*, 228, 5, 1, p. 2681-2919, `archive.org`.

De Lacy, O'Leary

1979 *How Greek Science Passed to the Arabs*, *Assyrian International News Agency*, Routledge & Kegan, Caledonian graphics, Cumbernauld, `aina.org/books/hgsptta.htm`.

De Solla Price, Derek

1959 «An Ancient Greek Computer», *Scientific Ammerican*, 200 (giugno 1959), p. 60-67, `hist.science.online.fr/antikythera/`.

Dijksterhuis, Eduard Jan

1987 *Archimedes*, Princeton University Press, Princeton.

Diller, Aubrey

1949 «The ancient measurement of the Earth», *A Journal of the History of Science*, 40, 1, The University of Chicago Press, p. 6-9, jstor.org.

Diodoro siculo

1865 *Bibliotheca historica*, a cura di F. Hoeffer, *Itinera Electronica*, Hachette, Parigi, mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm.

Diogene Laerzio

2011 *Vita e dottrina dei filosofi antichi*, Philippe Remacle, remacle.org/bloodwolf/philosophes.

Dione Lucio Cassio

1970 *Historiae Romanae*, a cura di Earnest Cary, Harvard University Press, Londra, vol. II, archive.org.

Droysen, Johann Gustav

1836 *Geschichte des Hellenismus*, a cura di Friederich Perthes, II vol., Perthes, Amburgo, archive.org.

Easton, Roger L. jr. e Noel, William

2010 «Infinite Possibilities: Ten years of Study of the Archimedes Palimpsest», *Proceedings of the American Philosophical Society*, 1, archimedespalimpsest.org/links.

Eecke, Paul Ver

1921 *Les oeuvres complétes d'Archimède suivies des Commentaires d'Eutocius d'Ascalon*, Librairie scientifique et technique Albert Blanchard, Parigi.

Erodoto

2011 *Historiae*, *Itinera Electronica*, mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm.

Favaro, Antonio

1923 *Archimede*, II, Collana profili, 21, Formiggini, liberliber.it.

Ferrari, Michela

2017 «Il codice Atlantico, la Sardegna e Archimede», in *Il codice Atlantico, Leonardo, Archimede e la Sardegna*, a cura di Luisa D'Arienzo, Atti del convegno a cura della Deputazione di Storia patria per la Sardegna, Antonino Valeri, Cagliari, vol. 52, p. 441, 445-464.

Fleck, Heinrich

2009 *La macchina di Antikythera*, Estratto da un dizionario di astronomia, heinrichfleck.net/astronomia/voci_compilate.htm.

2010 *Copernico*, Estratto da un dizionario di astronomia, heinrichfleck.net/astronomia/voci_compilate.htm.

2016-2017 (a cura di), Ἀρχιμήδους Ὀχουμένων *(Sui galleggianti) libro I, II* 2, 1: *Quaderni di Scienze Umane e Filosofia Naturale*, heinrichfleck.net/quaderni.

Fleck, Heinrich

2017 (a cura di), *Riferimenti ad Archimede in testi classici di lingua greca e latina* 2, 5: *Quaderni di Scienze Umane e Filosofia Naturale*, `heinrichfleck.net/quaderni`.

Foscarini, Paolo

1615 *Lettera sopra l'opinione de' Pittagorici, e del Copernico. Della mobilità della terra, e stabilità del sole, e del nuovo Pittagorico Sistema del Mondo*, Lazaro Scoriggio, Napoli, `archive.org`.

Frajese, Attilio

1974 *Opere di Archimede*, Arenario, edizione commentata *ex* edizione Heiberg-Zeuthen, UTET, Torino, p. 443-470.

Frau, Benvenuto

1987 *Tecnologia greca e romana*, sito non più attivo, Gruppo Archeologico Romano, Roma, `benvenutofrau.it/testi/`.

Galeno A. Claudio

1904 *De temperamentis*, a cura di Georg Helmreich, Teubner, Lipsia, `biusante.parisdescartes.fr/histoire/medica`.

Galilei, Galileo

1586 *Discorso del signor Galileo Galilei intorno all'arteficio che usò Archimede nel scoprir il furto d'oro nella corona di Hierone*, `liberliber.it`.

1615 *Lettera a Madama Cristina di Lorena*, `disf.org`.

1623 *Il Saggiatore*, Feltrinelli 2015, Milano.

1632 *Dialogo sopra i due massimi sistemi tolemaico e copernicano*, introduzione di Ferdinando Flora, Mondadori 2006, Milano.

Gemino

1898 *Elementa astronomiae*, a cura di Karl Manitius, Teubner, Lipsia, `archive.org`.

Gentile, Giuseppe e Renato Migliorato

2008 «Archimede aristotelico o platonico: "Tertium non datur"?», in *Atti dell'Accademia Peloritana dei Pericolanti*, 86 vol., 2, vol. LXXXVI, `academia.edu`.

Geremia

VII-VI secolo a.C. *Antico testamento*, `labibbia.org`.

Giamblico

1816 *De vita pythagorica*, a cura di Teofilo Kiessling, Vogel, Lipsia, `archive.org`.

Gingerich, Owen

1985 «Did Copernicus owe a debt to Aristarchus?», *Journal for the History of Astronomy*, 16, 1, p. 37-41, `adsabs.harvard.edu`.

Gradara, Enrico

1924 «Il metodo di Archimede», *Rassegna di matematica e Fisica*, `sapienzadigitallibrary.uniroma1.it`.

Guidobaldo dal Monte

1577 *Mechanicorum liber*, Clarendon Press, Pesaro, `edition-open-sources.org`.

Heath, Thomas L.

1897 *The Works of Archimedes*, The Sand-Reckner, a cura di Thomas L. Heath, libera redazione in notazione matematica moderna, Cambridge University, Cambridge, `archive.org`.

1912 *The Method of Archimedes recently discovered by Heiberg*, traduzione libera in notazione matematica moderna, University Press, Cambridge, `archive.org`.

1913 *Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus*, Clarendon Press, Oxford, `archive.org`.

1921 *A History of Greek Mathematics*, Clarendon Press, Oxford, `archive.org`.

Heiberg, Johan Ludwig

1879 *Quaestiones Archimedeae. Inest de arenae numero libellus*, tesi di dottorato, Cohenius, Copenaghen, `archive.org`.

1880-1881 *Archimedis opera omnia cum Commentariis Eutocii*, Arenarius, 1ª ed., III vol., Teubner, Lipsia, vol. II.

1892 *Les premiers manuscrits grecs de la bibliothéque papale*, Extrait du Bolletin de l'Academie Royale Danoise des Sciénces et des Lettres pour l'année 1891, Bianco Luino, Copenhagen, `openlibrary.org/works/OL9842820W`.

Heiberg, Johan Ludwig e Hieronimus Zeuthen

1910-1915a *Archimedis opera omnia cum Commentariis Eutocii*, Arenarius, III vol., Corrigenda adiecit Evangelos Stamatis editio stereotypa anni MCMX - MMXV, Teubner, Lipsia - Stoccarda (1972), vol. II.

1910-1915b «De mechanicis propositionibus ad Eratosthenem Methodus», in, *Archimedis opera omnia cum Commentariis Eutocii*, 2ª ed., III vol., Teubner, Lipsia, vol. II, p. 425-507, `www1.union.edu/wareht/books`.

Heron alexandrinus

1903 *Heronis alexandrini opera quae supersunt omnia*, vol. III: *Metrica. Rationes dimetiendi et Commentatio dioptrica*, a cura di Schöne, Teubner, Lipsia, `archive.org`.

Huffman, Carl

2012 *Philolaus*, `plato.stanford.edu/entries/philolaus`.

Huxley, G. L.

1959 «Περὶ παραδόξων μηχανημάτων», in, *Anthemius of Tralles. A Study in Later Greek Geometry*, *Greek, Roman and Byzantine Monographs 1*, Harvard University Press, Cambridge (MA).

Ippolito romano

1885 «Refutatio omnium haeresium», in *Fathers of the Third Century: Hippolytus, Cyprian, Caius, Novatian*, a cura di Philip Schaff, Grand Rapids, MI, Christian Classics Ethereal Library, `ccel.org/ccel/schaff/anf05.html`.

1906 *Refutatio omnium haeresium*, a cura di Paul Wendland, Hinrichs'sce Buchandlung, Lipsia, `archive.org`.

1986 *Refutatio omnium haeresium*, a cura di Miroslav Marcovich, Walter de Gruyter, Berlino.

Jaeger, Mary

2008 *Archimedes and the Roman Imagination*, Ann Arbor, University of Michigan Press.

Kant, Immanuel

1784 «Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung», trad. da Francesca Di Donato, *Berlinische Monatsschrift*, IV, p. 481-494, `uni-muenster.de`.

Kaufman, Lloyd e Irvin Rock

1962 «The moon illusion», *Science*, 136, 3529, p. 953-961, `pnas.org`.

Koch Torres Assis, André

2012 *Il metodo illustrato di Archimede usando la legge della leva per calcolare aree, volumi e centri di gravità*, trad. portoghese da Ceno Pietro Magnaghi, 2016 nuova pubblicazione in rete, Universidade Estadual de Campinas, `ifi.unicamp.br/~assis`.

Koyrè, Alexandre

1976 *Studi galileiani*, trad. da Maurizio Torrini, Einaudi, Torino.

Lagrange [De la Grangia], Giuseppe Ludovico

1787 *Mécanique analytique*, 2ª ed., Veuve Desaint, Parigi, `archive.org`.

Lastarìa, Federico Giampero

2023 *Αρχιμήδης, κύκλου μέτρησις - Archimede, La Misura del Cerchio*, `home.aero.polimi.it/lastaria/letture.html`.

Lattanzio, Lucio Cecilio F.

2006 *Divinae Institutiones*, *Itinera Electronica*, `agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm`.

Livio, Tito

2005 *Ab urbe condita*, *Itinera Electronica*, `agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm`.

Loizos, Demetris I.

2010 *Digital humanities: Diophant Ancient Measures Converter*, software di conversione in sistema metrico di unità di misura vigenti in area greca, `anistor.gr/history/diophant.html`.

Loria, Gino

2003 *Le scienze esatte nell'antica Grecia*, Feltrinelli, Milano, `quod.lib.umich.edu`.

Luciano di Samosata

1913 *Historica*, a cura di A. M. Harmon, trad. da A. M. Harmony, William Heinemann, Londra, cap. vol. I, cap. 1, `archive.org`.

Magnaghi, Ceno Pietro

2024 *Archimedes sobre os corpos flutuantes - Tradução e Commentários*, Editora Atomo.

Magnaghi Ceno Pietro e André K. T. Assis

2019 *O método de Arquimedes Análise e tradução comentada*, portoghese, Universidade Estadual de Campinas.

Manzano Beltràn, P. *et alii*

2010 «Las Ruedas de Achique Romanas de Riotinto», `traianvs.net`.

Marziano Cappella, Minneio F.

1826 *De Nuptiis Philologiae et Mercurii et de Septem Artibus Liberalibus*, a cura di Ulrich Friedrich Kopp, Varrentrap, Francoforte sul Meno, `archive.org`.

Mayer, Gyula

2015 «Zur Sprache des Archimedes», *Byzanz und das Abendland III. Studia Byzantino-Occidentalia*, XV, a cura di László Horváth, p. 117-124, `academia.edu`.

Mazzucchelli, Gian-Maria

1737 *Notizie istoriche intorno alla vita, alle invenzioni ed agli scritti di Archimede siracusano*, Gian-Maria Rizzardi stampatore, Brescia, `googlebooks`.

Mendell, Henry

2009 *Plato by the Numers*, `academia.edu`.

2016 *Archimedes, Sand-Reckoner*, traduzione commentata con grafica animata, `web.calstatela.edu/faculty/hmendel`.

Mercier, Raymond

2004 *Consideration of the Greek symbol 'zero'*, `raymondm.co.uk`.

Midolo, Pasquale

1989 *Archimede e il suo tempo*, ristampa, Biblioteca Archimedea, Lombardi Cisalpino.

Migliorato, Renato

2008 *Archimede. Alle radici della modernità tra storia scienza e mito*, `academia.edu`.

Morelli, Giuseppe

2009 «Lo Stomachion di Archimede nelle testimonianze antiche», *Bollettino di storia delle scienze matematiche*, XXIX, fascicolo 2, `turing.une.edu.au`.

Mugler, Charles

1970-1972 *Archimède Oeuvres, texte ètabli et traduit par Charles Mugler*, L'Arénaire, 2ª ed., III vol., opere di Archimede parzialmente commentate *ex* edizione Heiberg - Zeuthen, ristampa 2002, Les belles lettres, Parigi, vol. III.

Murray, Scott O.

2006 «The representation of perceived angular size in human primary visual cortex», *Nature Neuroscience*, 9, 3, p. 429-434, `researchgate.net/publication`.

Napolitani, Pier Daniele

2001 «Archimede: alle radici della scienza moderna», *Le Scienze. I grandi della scienza*, IV, 22, `academia.edu`.

2008 «Nicchie per una nuova scienza: scuole e corti nell'Italia del Rinascimento», `academia.edu`.

2013 *Fra mito e matematica: le vicende di Archimede e della sua opera*, Lettera Matematica Pristem, 86, `matematica.unibocconi.it`.

Netz, Reviel, Fabio Acerbi e Nigel Wilson

2004 «Towards a Reconstruction of Archimedes' Stomachion», *SCIAMUS*, 5, p. 67-99, `sciamvs.org`.

Netz, Reviel e William Noel

2008 *Il codice perduto di Archimede*, Rizzoli, Milano.

Netz Reviel e Noel Wlliam *et alii*

2011 *The Archimedes Palimpsest*, 2 vol., Walters Art Museum, Cambridge University Press, vol. I, II.

2015 *The Archimedes Palimpsest*, immagini digitali del palinsesto, `archive.org`.

Neugebauer, Georg Eduard

1975 *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, Springer-Verlag, Berlino.

Newton, Robert R.

1980 «The Sources of Eratosthenes Measurement of the Earth», *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 21, p. 379-387, `adsabs.harvard.edu`.

Nizze, Ernst

1824 *Archimedes von Syrakus vorhandene Werke*, Carl L"offer, Stralsund.

Olmpiodoro alessandrino

1970 *Commentaria in Platonis Gorgiam*, a cura di Westerlink, Teubner, Lipsia.

Omero

1955 *Iliade*, a cura di Eugène Lasserre, *Itinera Electronica*, `mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm`.

Orazio, Quinto Flacco

2002a *Epistole*, *Itinera Electronica*, agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm.

2002b *Odi*, *Itinera Electronica*, agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm.

Osborne, Catherine

1983 «Archimedes on the Dimensions of the Cosmos», *The History of Science Society*, 74, 2, p. 234-283, jstor.org/stable/233105.

Ovidio, Publio Nasone

2002 *Fasti*, *Itinera Electronica*, agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm.

Paipetis, Stephanos e Ceccarelli, Marco

2010 «The Genius of Archimede, 23 Centuries of Influence on Mathematics, Science and Engineering», in *Proceedings of an International Conference held at Syracuse, Italy, June 8 - 10*.

Papi, Arcangelo

2014 *I segreti di Archimede*, misteridiassisi.it.

Pappo

1878 *Pappi Alexandrini collectionis quae supersunt*, a cura di Friederich Hultsch, Weidmann, Berlino, vol. I, II, tomo I, archive.org.

Petrolito Tommaso, Petrolito Ruggero *et alii*

2015 *Minoan linguistic resources: the Linear A digital corpus*, academia.edu.

Peyrard, François

1808 *Oeuvres d'Archimède avec un commenaire*, L'Arénaire, 2ª ed., II vol., ristampa 1844, Bachelier, Parigi, vol. II, notesdumontroyal.com.

Pietro apostolo

62-68 *Nuovo testamento*, labibbia.org.

Pindaro

2006 *Odi olimpiche: II*, ver. greco, perseus.tufts.edu.

Platone

2011a *Fedone*, *Itinera Electronica* dal sito di Philippe Remacle, mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm.

2011b *Leggi*, *Itinera Electronica* dal sito di Philippe Remacle, mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm.

2011c *Repubblica*, *Itinera Electronica*, mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm.

2011d *Timeo*, *Itinera Electronica* dal sito di Ugo Bratelli, mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm.

Plinio

2010 *Naturalis historia*, *Itinera Electronica*, agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm.

Plutarco

2006 *Quaestiones platonicae*, *Itinera Electronica*, mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm.

2011a *Moralia*, *Itinera Electronica*, mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm.

2011b *Vitae parallelae (I, Vita di Marcello)*, *Itinera Electronica*, mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm.

2011c *Vitae parallelae (II, Vita di Nicia)*, a cura di Dominique Ricard, *Itinera Electronica*, mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm.

Polastron, Lucien X.

2006 *Libri al rogo*, trad. da Livia Cattaneo, Sylvestre Bonnard, Milano.

Polibio

2011 *Historiae*, *Itinera Electronica*, mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm.

Pothecary, Sarah

1995 «Strabo, Polybios, and the Stade», *Phoenix*, 49, p. 49-67, strabo.ca.

Prisciano di Cesarea

1864 *Metrologicorum scriptorum reliquiae*, vol. II: *De ponderibus*, a cura di Friederich Hultsch, Teubner, Lipsia, p. 24, 82, 88-98, openlibrary.org.

Proclo

1873 *Primum Euclidis Elementorum Librum Commentarii*, a cura di Gottfried Friedlein; Teubner, Lipsia, archive.org.

Prontera, Francesco

1983 *Geografia e geografi nel mondo antico - Guida storica e critica*, Laterza, Bari.

Ragusi, Eirene

2001 *The Hellenic Alphabet: Origins, use, and early function*, Anistoriton, anistor.gr/english/enback/e014.htm.

Reale, Giovanni *et alii*

2006 *I Presocratici secondo le testimonianze e i frammenti della raccolta di Hermann Diels e Walther Kranz*, introduzione di Vincenzo Cicero *et alii*, prefazione di Giovanni Reale *et alii*, Bompiani, Milano.

Riedweg, Christoph

2007 *Pitagora, vita, dottrina e influenza*, trad. tedesco da Maria Luisa Gatti, introduzione di Maria Luisa Gatti, Vita e pensiero, Milano; trad. it. Verlag C.H. Beck oHG, München 2002.

Rignani, Orsola

2007 «Ruggero Bacone su traduttori e traduzioni», *Rivista online di storia della filosofia medievale*, 7, p. 203-220, riviste.unimi.it.

Rizzo, Giancarlo

2013 *Le traduzioni scientifiche dall'arabo al latino in area mediterranea*, siba-ese.unisalento.it.

Roller, Duane W.

2010 *Eratosthenes' Geography*, Princeton University Press, Princetown, temehu.com/imazighen/berberdownloads/eratosthenes-geography.pdf.

Rovelli, Carlo

2004 *Cos'è la Scienza. La rivoluzione di Anassimandro*, Mondadori.

Rufini, Enrico

1926 «Il «Metodo» di Archimede e le origini del calcolo infinitesimale nell'antichità», *Istituto Nazionale per la Storia delle Scienze Fisiche e Matematiche*, 4, a cura di Federigo Enriques, quod.lib.umich.edu.

Russo, Lucio

1993 «Il contenuto scientifico di un brano di Lucrezio (IV, 387-396)», *Bolletino dei classici - Accademia dei Lincei*, XIV, p. 93-95, academia.edu.

1994 «The astronomy of Hipparchus and his time: a study based on pre-ptolemaic sources», *Vistas in Astronomy*, 38, p. 207-248, academia.edu.

1996a *La rivoluzione dimenticata: il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, Feltrinelli, Milano.

1996b «Sulla presunta accusa di empietà ad Aristarco», in *Quaderni Urbinati di Cultura Classica*, 53 vol., 2, in collaborazione con S. Medaglia, p. 113-121, academia.edu.

2002 «Aristarco di Samo: uno scienziato isolato», in *Atti delle giornate di studio*, Istituti editoriali e poligrafici internazionali, Ravenna, p. 167-176, academia.edu.

2003 *Flussi e riflussi. Indagine sull'origine di una teoria scientifica*, Feltrinelli, Milano.

2010 *Corso di storia della scienza*, serie di lezioni tenute presso la Scuola di eccellenza universitaria Tullio Levi-Civita (non più disponibili, sdelevicivita.it/videolezioni.

2013 *L'America dimenticata: i rapporti tra le civiltà e un errore di Tolomeo*, Mondadori, Milano.

2022a *Il tracollo culturale. La conquista romana del Mediterraneo (146-145 a.C.)* Carocci editore, Milano.

2022b «Philolaus' mysterious astronomical system», *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, researchgate.net/publication/359141709.

Sabbadini, Remigio

1905 *Le scoperte dei codici latini e greci nei secoli XIV e XV*, Sansoni, Firenze, archive.org.

Santos Solís, Carlos

1998 *Storia dei Greci e dei Romani*, *Macchine, tecniche e meccanica*, Einaudi, Torino.

Seneca

2003 *Ad Lucilium*, *Itinera Electronica*, agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm.

2005 *Naturales quaestiones*, *Itinera Electronica*, agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm.

Shapiro, Alan E.

1975 «Archimedes's measurement of the Sun's apparent diameter», *Journal for the History of Astronomy*, 6, p. 75-83, adsabs.harvard.edu.

Shcheglov, Dmitry A.

2018 «The so-called "Itinerary Stade" and the Accuracy of Eratosthenes' Measurement of the Earth», *Klio*, 100, 1, p. 153-177, doi.org.

Sigismondi, Costantino e Pietro Oliva

2005 «Solar Oblateness from Archimedes to Dicke», *Il nuovo cimento*, researchgate.net.

Silio italico

2006 *Punica*, thelatinlibrary.com.

Simplicio

1893 *In Aristotelis De Caelo Commentaria*, a cura di Johan L. Heiberg, Reimer, Berlino, vol. VII, archive.org.

Siracide

III secolo a.C. *Antico testamento (Septuaginta)*, labibbia.org.

Solinus Gaius Julius

1895 *De mirabilis mundi*, a cura di Theodor Mommsen, testo digitale, thelatinlibrary.com.

Tannery, Paul

1883 «Aristarque de Samos», *Memoires de la Société des Sciencs Physiques et Naturelles de Bordeaux*, V, 2, p. 237-258, googlebooks.

Tertulliano, Quinto Fiorente

2005 *De anima*, tertullianum.org.

Torelli, Giuseppe

1792 *Archimedis quae supersunt omnia cum Eutocii Ascolonitae commentariis*, Archimedis Arenarius, Accedunt lectiones ex codd. mediceo et parisiensibus, Clarendon, Oxford, googlebooks.

Tucidide

2011 *Guerra del Peloponneso*, *Itinera Electronica*, mercure.fltr.ucl.ac.be/Hodoi/concordances/intro.htm.

Tzetzes, Johannes

1826 *Historiarum variarum Chiliades*, a cura di Teophile Kiessling, Vogel, Lipsia, archive.org.

Valerio, Luca

1661 *De centro gravitatis solidorum*, *Itinera Electronica*, Bologna, googlebooks.

Valerio, Massimo

1865 *Factorum et dictorum memorabilium*, a cura di Karl Halm, Teubner, Lipsia, vol. I, II, tomo I, archive.org.

Vardi, Ilan

2000 *Archimedes, The Sand Reckoner*, lix.polytechnique.fr.

Verdan, Samuel

2007 *Systèmes numéraux en Grèce ancienne: description et mise en perspective historique*, Site de ressources mathématiques, culturemath.ens.fr.

Vico, Giambattista

1971 *Opere filosofiche*, *De antiquissima Italorum sapientia*, Sansoni, Firenze.

Viola, Tullio *et alii*

1985 «L'esempio del tunnel di Samo e un'ipotesi di triangolazione topografica nel VI secolo a.C.», in *Atti del IX congresso internazionale di storia della cartografia*, a cura di Carla Clivio Marzoli, Istituto dell'Enciclopedia italiana Treccani, Firenze, vol. II.

Virgilio, Publio Marone

2002 *Georgiche*, Itinera electrononica, agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm.

Virieux-Raymond, Antoinette

1979 «Le platonisme d'Archimède», *Revue Philosophique de la France e de l'étranger*, CLXIX, p. 189-192.

Vitrac, Bernard

2007 *Les préfaces des textes mathématiques grecs anciens*, hal.archives-ouvertes.fr.

2015 *La transmission des textes mathématiques grecs*, academia.edu.

Vitruvio, Marco Pollione

2005 *De architectura*, *Itinera Electronica*, agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/intro.htm.

Wallis, Johannis

1676 *Archimedis Syracusani Arenarius, et Dimensio Circuli. Eutocii Ascalonitae, in Hanc Commentarius*, III vol., *Theatro Sheldoniano*, Oxford, vol. III, googlebooks.

Walvoord, Derek

2002 *Advanced Correlation-Based Character Recognition Applied to Archimedes Palimpsest*, Roger Institute of Technology.

Wenrich, Joannes Georg

1847 *De Auctorum Graecorum - Versionibus et Commentariis Syriaci Arabicis Armeniacis Persicique - Commentatio*, Vogel, Lipsia, googlebooks.

Wilson, Peter

2005 «The alphabet tree», *TUGboat*, 26, 3, `tug.org/TUGboat`.

Zalta, Edward N. *et alii*

2012 «Philolaus», *Standford Encyclopedia of Philosophy*, `plato.stanford.edu/entries/philolaus`.

Zamparelli, Carlo

2005 «Storia scienza e leggenda degli specchi ustori di Archimede», `www.gses.it/pub`.

Zeuthen, Hieronimus

1904 «Théorème de Pythagore, origine de la géométrie scientifique», *Congrès international de philosophie, II session*, p. 833-854, `pdcnet.org`.

Zhmud, Leonid

1972 «Aristoxenus and the Pythagoreans», *See Burkert*, 226, 40, p. 223-249.

Zonaras

1869 *Epitome historiarum*, a cura di Ludwig Dindorf, Teubner, Lipsia, vol. II, `archive.org`.

Zosimo di Panopoli

1888 «Historica», in, *Collection des anciens alchimistes grecs*, cur. e trad. da M. Berthelot, II, Georges Steinheil, Parigi, `archive.org`.

INDICI ANALITICI SECONDO CATEGORIE

Nomi di persone, popoli, genti

Nomi di città, località, regioni europee, mari

Nomi vari citati: istituzioni, organismi, strumenti, software

Lavori citati secondo autori, traduttori, commentatori

Note biografiche

Dopo gli studi classici, ho conseguito la laurea in discipline giuridiche lavorando successivamente nell'ente statale preposto all'istruzione ricoprendo varie qualifiche in diverse sedi. Appassionato sin da ragazzo di scienza ed in particolare di astronomia, sono stato per dieci anni presidente dell'Associazione Astronomica Umbra, fondando il bimensile *Pegaso* ed attivandomi presso una struttura pubblica per la costruzione in Todi di un osservatorio astronomico destinato in seguito dall'istituzione ad altro uso poco dopo il mio collocamento a riposo.
Alla metà degli anni novanta mi sono avvicinato ai Sistemi Operativi non proprietari, RedHat e poi Slackware, ed attraverso questi ho scoperto i software di programmazione per la scrittura di testi approdando a LaTeX da cui non mi sono più separato. Per questo linguaggio ho composto una sorta di manuale, (*Appunti LaTeX*, versioni 2005, 2008, 2021), un breve articolo per l'installazione di TeXlive su distribuzione Linux - Slackware, la traduzione di *Ein Brief* di Hofmannsthal e del *Tonio Kröger* di Mann, un *Dizionario di Nautica e Marineria* in perenne fase di aggiornamento: tutti i lavori sono disponibili sul mio sito.
Nel 2008, compilando voci di un dizionario d'astronomia che intendevo scrivere, mi sono incontrato con figure della scienza greca viste per la prima volta nella vera luce. Catturato da Archimede, impressionato dall'ampiezza delle conoscenze all'epoca disponibili e dall'acutezza delle dimostrazioni di cui nei testi avevo trovato solo scarse e frammentarie tracce, nel 2015 mi sono indotto a rispolverare antiche conoscenze di greco e tentare la traduzione dell'*Arenario*.
Il legame quasi simbiotico instauratosi con la più significativa figura del mondo scientifico classico, si è spinto al punto che l'immagine voluta da Archimede scolpita sulla sua tomba, una sfera racchiusa in un cilindro a significare la scoperta del rapporto fra i volumi, è divenuta una sorta di marchio per alcuni miei lavori (creduti) di una qualche valenza.

Da oltre un decennio le mie pubblicazioni appaiono secondo uno pseudonimo adottato ai tempi del primo sito, la cruda traduzione in tedesco del mio nome e cognome. Allora in quelle pagine comparivamo soltanto alcuni lavori di natura letteraria, racconti e poesie dal carattere intimistico che non desideravo condividere con gli occasionali compagni di vita con cui quotidianamente mi dovevo confrontare. Col tempo la consuetudine ad una sorta di anonimato è rimasta quale espressione di un'ambizione: essere eventualmente cercato per i contenuti piuttosto che per un nome.

Heinrich F. Fleck