

Risorse dal web

Viaggio alla scoperta della genialità di Archimede

Archimede è stato il più grande matematico della civiltà greca, primo ingegnere della storia e uomo di intelligenza straordinaria vissuto nella città di **Siracusa** nel III sec. a.c.



La sua opera è stata definita *gigantesca* dagli studiosi e, nella storia della matematica antica, egli si colloca tra Euclide e Apollonio Rodio (lo scrittore delle *Coniche*).

Sotto certi aspetti, infatti, le sue opere possono essere considerate

la continuazione del lavoro di Euclide (nel suo metodo si serve di infatti *proposizioni*¹ euclidee). Sulle differenze di stile tra Euclide e Archimede si rimanda alla prima edizione italiana (traduzione e commento) delle *Opere di Archimede*²: se Euclide è davvero un maestro che parte dalle basi degli *Elementi*, e la sua didattica è letteralmente elementare, Archimede sembra dare per scontato che il lettore sia già un erudito in aritmetica, algebra e geometria e le sue trattazioni contengono molti passaggi non espliciti, come oggi farebbe un docente universitario scrivendo dispense o memorie per iniziati e colleghi matematici.

Già nel corso del 1600 lo studioso A. Tacquet, nella sua edizione in lingua latina di alcuni teoremi di Archimede scriveva «che sono più quelli che lo lodano di quelli che lo leggono veramente, e più quelli che lo ammirano di coloro che lo capiscono».

Archimede dunque ha uno

stile stringato, difficile, affascinante certo, ma non per principianti.

Fu un *ingegnere* nel senso più ampio che possiamo intendere, poiché non solo orientò le sue conoscenze matematiche alla pratica e alle costruzioni (idrauliche, belliche ecc.) ma fu *costruttore* rigoroso di teorie, matematiche e geometriche.

Note biografiche certe

Le vite dei matematici greci scarseggiano di testimonianze attendibili e sono invece abbondanti i racconti fantasiosi, come insegnano i casi di Talete e Euclide.

Archimede non fa eccezione e ciò che può essere affermato con certezza è dunque molto poco: certamente mise il suo ingegno al servizio della difesa della sua città durante l'assedio dei Romani, che culminò con la caduta e il saccheggio nell'anno 212 a.C., e anche con la sua morte.

¹ La proposizione logica in matematica è una frase che può essere vera o falsa. Le proposizioni primitive sono costituite da assiomi e postulati.

² A cura di Attilio Frajese, collana *Classici della Scienza*, edizioni UTET, Torino 1974.



Risorse dal web

Anzi sulla morte di Archimede abbiamo diverse versioni scritte da Tito Livio³ e Plutarco⁴, ma tutte, però, concordano su un dato, e cioè che fu ucciso da un soldato romano mentre era intento ai suoi studi, incurante dei tragici tumulti o forse ignaro della gravità del momento.

La sua famosa frase *Noli turbare circulos meos*, (con tutte le possibili interpretazioni di una traduzione letterale!) non è citata né da Livio né da Plutarco, bensì da uno scrittore attivo nel 30 d.C. che fu quindi il primo anello di partenza di questa leggendaria risposta che fu poi riportata nei secoli seguenti alimentando la fantasia popolare.

La data della sua nascita è comunemente indicata al 287 a.C., ma solo poiché un poligrafo bizantino afferma che Archimede aveva settantacinque anni quando fu ucciso⁵.

Archimede soggiornò in Egitto ad Alessandria, che allora era il centro della cultura scientifica, e, con i colleghi matematici contemporanei, instaurò rapporti che mantenne per il resto della sua vita, come testimoniano le prefazioni dei suoi libri, tutti dedicati a loro.



Testimonianze su viaggi in altri paesi sono invece meno attendibili. Secondo lo storico Diodoro Siculo (I. sec. A.C.) Archimede inventò la sua coclea, la vite senza fine «Mentre si trovava in Egitto».

Cicerone si vantò di aver scoperto la tomba di Archimede a Siracusa (della quale, però non è giunto a noi altra notizia o riferimento storico nei secoli seguenti) e sulle origini famigliari non va tanto per il sottile, definendolo *humilem homunculus*⁶: in un'altra fonte storica Archimede è definito *nudus opum*⁷ (cioè privo di mezzi) mentre Plutarco accenna a una parentela e amicizia con il re Gerone.

Dalla biografia ridondante di racconti, di cui non si può testare l'attendibilità dei singoli episodi, emerge il ritratto di uno scienziato con la testa tra le nuvole, così dedito alle sue ricerche da dimenticare le esigenze pratiche più elementari della vita quotidiana: a questo personaggio Walt Disney ha dato il tratto e la forza espressiva dell'indimenticabile Archimede Pitagorico, generoso inventore di ogni cosa a servizio degli altri!

³Tito Livio *Ab urbe condita*, XXV, 31.

⁴Plutarco, *Vita di Marcello*, XIX, 4, 5.

⁵Giovanni Tzetzes XII sec. *Chiliadi*, II, Hist. 35, 105.

⁶Cicerone (*Tusculanae disputationes*, V, 23) dice di voler confrontare la vita di Dionigi I di Siracusa con quella di un uomo umile e comune (*humilem homunculum*) proveniente dalla stessa città: Archimede. Il passo è quindi suscettibile, secondo molti, di una diversa interpretazione, e cioè che Cicerone avesse voluto solo sottolineare la distanza tra un sovrano e un privato cittadino.

⁷Silvio Italico (25-100 d.C. *Punica*, XIV, 343).



Risorse dal web

L'Archimede tecnico e le leggende più affascinanti

Questa è la descrizione che Plutarco⁸ ci ha lasciato delle macchine belliche di Archimede, tra cui la misteriosa mano di ferro che rovesciava addirittura le navi romane!

«[...] I Siracusani, quando videro i Romani investire la città dai due fronti, di terra e di mare, rimasero storditi e ammutolirono di timore. Pensarono che nulla avrebbe potuto contrastare l'impeto di un attacco di forze in tali proporzioni. Ma Archimede cominciò a caricare le sue macchine e a far piovere sulla fanteria nemica proiettili di ogni genere. Grandi massi di pietra cadevano dall'alto con fragore e velocità incredibili, né c'era modo di difendersi dal loro urto: rovesciavano a terra tutti coloro che incontravano, e scompigliavano i ranghi. Contemporaneamente dalle mura venivano proiettati in fuori all'improvviso dei lunghi pali, che si puntavano in direzione delle navi e le affondavano senza rimedio, colpendole dall'alto con dei pesi, oppure le sollevavano diritte, afferrandole per la prua con delle mani di ferro o dei becchi simili a quelli delle gru, per poi immergerle nell'acqua con la poppa. Altre, mediante cavi azionati dall'interno della città, erano fatte girare e sbalottate qua e là, finché si sfracellavano contro le rocce e gli scogli posti sotto le mura, con grave massacro degli uomini che erano a bordo, i quali facevano la stessa fine della nave. [...] Era uno spettacolo terrificante. [...]

Marcello vide i Romani così atterriti che, appena si avvistava una fune o un legno sopra le mura:

“Eccolo - gridavano – Archimede sta dirigendo qualcuno dei suoi ordigni contro di noi” e si davano alla pazza fuga. Sopradesette quindi a qualsiasi operazione militare, combattimenti o assalti, e per il resto affidò al tempo l'esito dell'assedio. Archimede possedette tuttavia uno spirito così elevato, un'anima così profonda e un patrimonio così grande di cognizioni scientifiche, che non volle lasciare per iscritto nulla di quelle cose, cui pure doveva un nome e la fama di una facoltà cognitiva non umana, ma quasi divina. Persuaso che l'attività di uno che costruisce delle macchine, come di qualsiasi altra arte che si rivolge a un'utilità immediata, è ignobile e grossolana, rivolse le sue cure più ambiziose soltanto a studi la cui bellezza e astrazione non sono contaminate da esigenze di ordine materiale. E i suoi studi non ammettono confronti con nessun altro. [...] Non c'è dunque ragione di credere a quanto si dice di Archimede, e cioè che viveva continuamente incantato da questa che potremmo chiamare una Sirena a lui familiare e domestica, al punto da scordarsi persino di mangiare e di curare il proprio corpo. Spesso, quando i servitori lo trascinarono a viva forza nel bagno per lavarlo e ungerlo, egli disegnava sulla cenere della stufa alcune figure geometriche; e appena lo avevano spalmato di olio, tracciava sulle proprie membra delle linee col dito, tanto lo dominava il diletto ed era prigioniero, veramente, delle Muse.

Molte e mirabili furono le scoperte che egli fece; ma sulla tomba

pregò, si dice, gli amici e i parenti di mettergli, dopo morto, un cilindro con dentro una sfera, e quale iscrizione la proporzione dell'eccedenza del solido contenente rispetto al contenuto»

Nel resoconto di Polibio, più vicino agli avvenimenti raccontati, invece leggiamo:

«L'intelligenza di un solo uomo, opportunamente rivolta a determinati fini difensivi, mostra così di essere qualcosa di grande e meraviglioso. I Romani, che disponevano di tante forze per terra e per mare, pensavano di potersi impadronire subito della città se qualcuno avesse tolto di mezzo un solo vecchio siracusano; ma presente lui, non osavano attaccarla con mezzi dai quali Archimede potesse difenderla»

Tra le notizie storiche sfumate da una cortina leggendaria vi è la progettazione e la costruzione della Siracusana, una grande nave che il re Gerone voleva donare al re Tolomeo in Egitto: si trattava dunque di far scendere in acqua questa enorme mole e Archimede avrebbe compiuto il varo agendo con una piccola forza moltiplicata su una combinazione di pulegge. È in questa occasione che è stata pronunciata l'iperbolica frase «Datemi un punto d'appoggio e vi solleverò il mondo!», riportata, con poche varianti, da diversi autori:

L'ultimo episodio-leggenda che ricordiamo è quello della corona di Gerone: un orefice aveva ricevuto

⁸Vita di Marcello, XVII, 6, 301, 305,307.

Risorse dal web

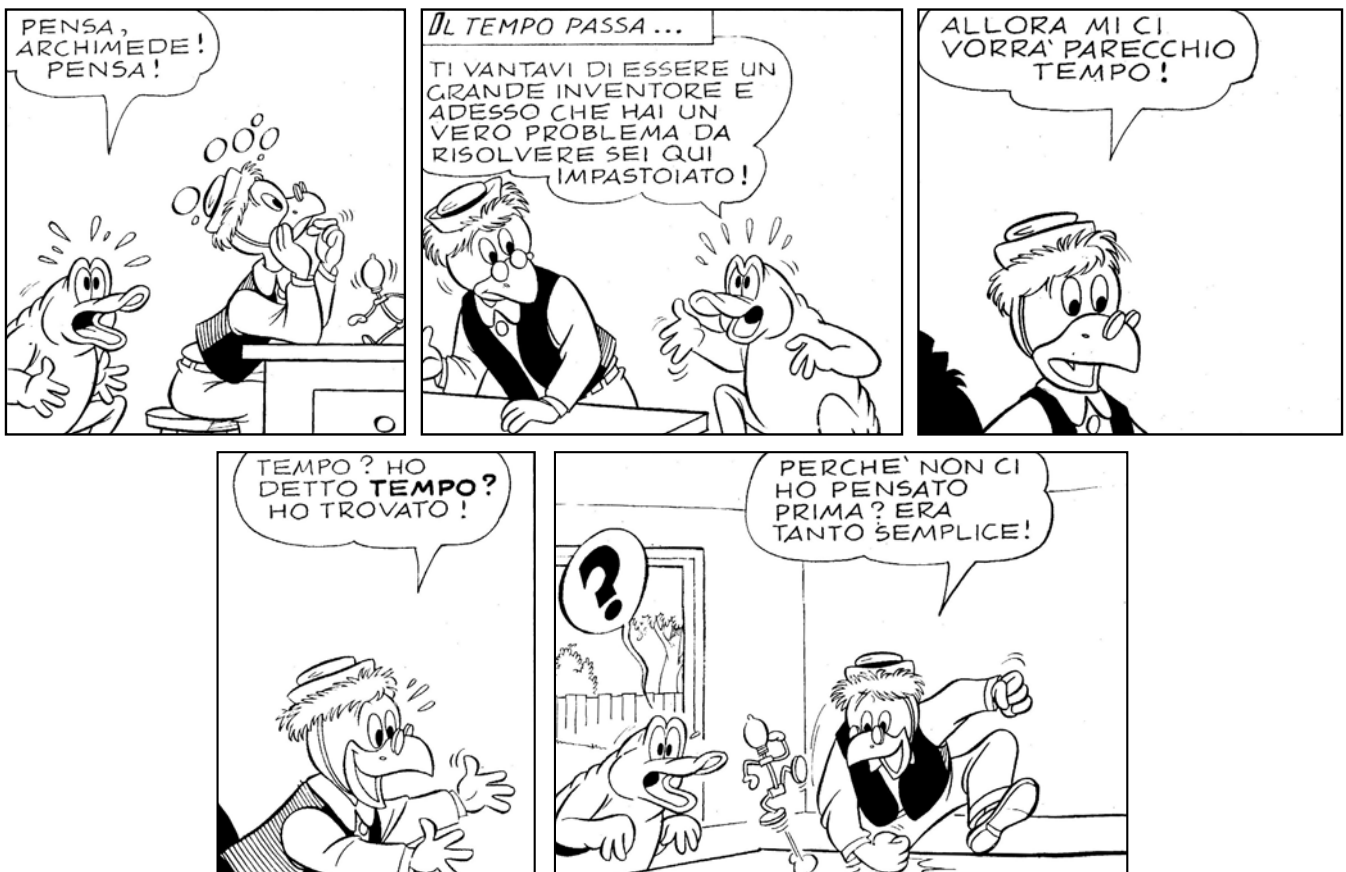
dal tiranno l'incarico di confezionare una corona d'oro da offrire agli dei e per essa aveva ricevuto una certa quantità di oro. La corona consegnata pesava esattamente quanto l'oro che gli era stato dato, ma era sorto il sospetto che l'orefice vi avesse fuso dell'argento per impadronirsi dell'oro risparmiato. Archimede era stato incaricato di accertarsi della cosa, fornendo pro-

ve inconfutabili della truffa.

L'episodio di Archimede che intuisce la soluzione mentre fa il bagno è talmente arcinoto che risiede nel nostro immaginario collettivo: lo scienziato che rimugina sempre tra sé e sé, entra assorto nella vasca da bagno, osserva che una certa quantità d'acqua trabocca e intuisce che il volume d'acqua spostata è uguale

a quello del suo corpo. Gli si affaccia così la soluzione e il balzo che fa, uscendo di scatto e correndo nudo verso casa gridando "Ευρηκα! Ευρηκα!" (Ho trovato! Ho trovato) gli ha sempre assicurato una simpatia universale.

Plutarco fa un accenno breve all'episodio mentre Vitruvio ci ha lasciato la versione più popolare.



Tracce di studio interdisciplinare

Tra l'episodio e i contenuti di idrostatica del trattato *Sui galleggianti* vi è una distanza enorme e approfondirla, magari con il docente di fisica, può essere una traccia di studio interdisciplinare:

1. Quale ragionamento ha seguito per dimostrare che, effettivamente, nella corona era contenuta anche una parte di argento?
2. Come si collega l'episodio della corona al principio di Archimede contenuto nei *Galleggianti* (I, 6-7) secondo cui **un corpo solido immerso in un liquido riceve una spinta verso l'alto uguale al peso del liquido spostato?**

Risorse dal web

Le opere

Galileo ci dice di aver letto e studiato i libri di Archimede *con infinito stupore* e l'ordine cronologico esatto delle opere che ha scritto (compreso il Metodo trovato solo all'inizio del XX secolo!) ha sempre impegnato gli studiosi.

Qui ci limitiamo a riportare due sole sequenze, ovvero:

- l'ordine con cui si presentano in tutti i Codici (manoscritti storici) tra traduzioni latine e copie in greco, che furono sistemati in sequenza letterale dal filologo danese I. L. Heiberg nella pubblicazione del 1880 *Archimedis opera omnia*, poi riedita nel 1910 e ristampata anche nel 1972:

- Sulla sfera e il cilindro

- (libri I e II);

- Misura del cerchio;

- Conoidi e sferoidi;

- Spirali;

- Equilibrio dei piani;

- Arenario;

- Quadratura della parabola;

- Galleggianti (libri I e II);

- Metodo.

- l'ordine più probabile, a cui giunge l'autore della prime ed. italiana delle opere di Archimede, dopo pagine di osservazioni, citazioni e argomentazioni, è però la seguente (salvo la collocazione di due opere che rimane tuttavia dubbia):

- Equilibrio dei piani, libro I;

- Quadratura della parabola;

- Equilibrio dei piani, libro II;

- Sulla sfera e il cilindro

- (libri I e II);

- Metodo (?);

- Spirali;

- Conoidi e sferoidi;

- Galleggianti (libri I e II);

- Misura del cerchio (?);

- Arenario.



Equilibrio dei piani, libri I e II

È un'opera divisa in due libri che si occupa di concetti che riguardano la meccanica e la statica ed è quindi un tassello fondamentale per conoscere l'atteggiamento di Archimede nei confronti delle applicazioni pratiche della matematica.

L'argomento al centro del suo interesse sono i centri di gravità nelle figure piane: Archimede ci spiega come determinare la posizione del baricentro in corpi di varia forma e studia la leva in equilibrio.

Quadratura della parabola

Nella lettera di accompagnamento che Archimede scrive inviando l'opera a Dositeo, si deducono im-

portanti informazioni per la collocazione corretta di quest'opera composta tra il primo e il secondo libro dell'equilibrio dei piani. Quest'opera ha come tema la quadratura del segmento parabolico, cioè la costruzione di un poligono a esso equivalente con riga e compasso (al tempo di Archimede non era ancora in uso il nome parabola nel significato odierno, per cui il titolo dell'opera non è originale).

Sulla sfera e il cilindro, libri I e II

È un'opera considerata la diretta continuazione degli *Elementi* di Euclide sull'argomento dei solidi di rotazione; infatti il penultimo libro di Euclide tratta di coni, cilin-

Risorse dal web

dri e sfere ma su essi non vengono fornite regole di misura, mentre proprio su queste si concentra l'interesse di Archimede.

Metodo

È un'opera rimasta sconosciuta per quasi duemila anni perché ritrovata solo nel 1906 da un filologo danese J.L.Hiberg, che ne pubblica la scoperta insieme a una prima traduzione in tedesco. In essa viene descritto il metodo di esaurimento, che è alla base del concetto di integrale di una funzione, sviluppato nel Seicento da Newton e Leibniz.

Spirali

È l'opera nella quale viene studiata quella curva aperta che ha poi preso il nome di «*Maravigliose Spirali d'Archimede*» (definizione entusiastica di Galileo)

Riportiamo la definizione della curva (prop. 11 e 12): «*Se si traccia nel piano una linea retta, ed essa, fermo restando uno dei suoi estremi, vien fatta rotare con velocità costante quante volte si vuole, e se al tempo stesso sulla linea rotante si trasporta un punto con moto uniforme cominciando dall'estremo che resta fermo, il punto descriverà nel piano una spirale*».

Un risultato fondamentale dell'opera è nella prop. 24:

«*L'area compresa dalla spirale descritta nella prima rotazione e dal primo segmento sulla [retta] principio della rotazione è la terza parte del primo cerchio*».

Conoidi e sferoidi;

Opera originale e importante, nella quale A. studia quei solidi ottenuti mediante una rotazione completa

di una curva piana attorno a un asse fisso. Sono in pratica solidi che, oggi, diremmo limitati da superfici del *secondo ordine*, o *quadriche*. Nella lettera di introduzione Archimede fornisce, con un elenco degli enunciati più importanti, un riassunto dell'opera.

Galleggianti, libri I e II

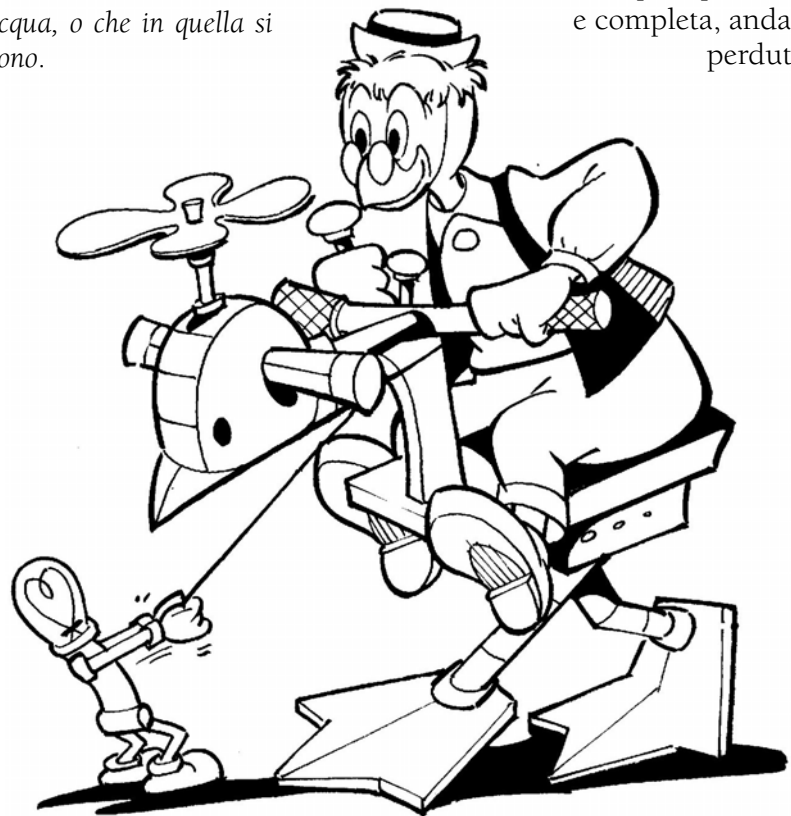
È il lavoro che studia il comportamento statico-dinamico di un corpo immerso in un liquido. Archimede non usa un termine corrispondente al nostro *peso specifico* ma è evidente, in tutto il trattato, il confronto tra i pesi di volumi uguali di solido e di liquido. Il principio di Archimede come è stato chiamato nei secoli seguenti è contenuto nel libro I, ed è a questa teoria che si collega Galileo quando, nel 1612, scrive *Intorno alle cose che stanno in su l'acqua, o che in quella si muovono*.

Misura del cerchio

È un'opera breve e redatta con finalità pratiche, secondo ciò che afferma Eraclide, autore di una biografia di Archimede che purtroppo non è giunta fino a noi («*Questo libro è necessario per i bisogni della vita*»).

Il titolo può indurre in errore sul contenuto: infatti la lunghezza della circonferenza in funzione del diametro (π) non è qui ma nella p.18 delle *Spirali*, e il fine di quest'opera è la determinazione del rapporto tra circonferenza e diametro di qualunque cerchio, eseguita approssimativamente con le costruzioni elementari a riga e compasso.

Dal taglio e da alcuni riferimenti di stile si suppone che quest'opera sia solo un riassunto o uno stralcio di un'opera più vasta e completa, andata perduta.



Risorse dal web

Arenario

È un'opera particolare perché spazia dall'astronomia a considerazioni strettamente attinenti all'aritmetica pratica. La prima parte costituisce la più antica testimonianza del sistema eliocentrico mentre la seconda contiene considerazioni piuttosto interessanti sul sistema posizionale delle cifre: per noi è usuale scrivere numeri molto grandi semplicemente aggiungendo gli zeri e l'unica difficoltà è la lettura esatta del nome del numero. Il sistema greco di scrittura dei numeri era invece basato sulle lettere dell'alfabeto ($\alpha=1$, $\beta=2$ ecc.; $1\alpha=1000$, $1\beta=2000$ ecc.).

Il Metodo di Archimede

Archimede è vissuto in un tempo in cui la geometria aveva già compiuto un salto di qualità enorme, passando dallo stadio per *approssimazione*, di derivazione materialistica, finalizzata cioè alla pratica degli agrimensori – si trattava soprattutto di regole di misura – a quella di *precisione*.

Negli anni della sua formazione, dunque, la separazione tra enti geometrici ed enti fisici era già avvenuta da circa due secoli: il punto è già pensato come ente privo di dimensioni, la retta priva di larghezza e la superficie priva di spessore (che sono i concetti razionali alla base delle definizioni che vengono assimilate anche oggi dagli studenti del XXI secolo!).

Gli enti sono idealizzati, staccati del tutto da riferimenti con la materia e, per di più, il concetto

di *infinito* aveva già fatto la sua comparsa sollevando una marea di problemi e paradossi tra i matematici alessandrini (che A. conosceva e con i quali aveva rapporti di reciproca stima).

Il “**metodo di esaustione**” (nome utilizzato per lui successivamente) è il tratto più importante per poter leggere Archimede e capirlo: esso non è un metodo che conduce a risultati, infatti Archimede non è interessato a trovare la soluzione dei problemi, quanto a **dimostrare con rigore l'esattezza di un risultato** (al quale si può arrivare, invero, per altre strade). In cosa consiste questo metodo? Se per esempio, si volesse dimostrare che due grandezze **H** e **K** siano uguali tra loro, si procede per assurdo alla dimostrazione che **H > K**; e quando questa condizione si rivela impossibile si passa alla dimostrazione che **H < K**. E se, anche questa seconda dimostrazione risultasse falsa, resta dimostrato che **H = K** (sempre che si sia concordi sul fatto che due grandezze che non sono disuguali siano uguali).

Questo sistema è da Archimede utilizzato molto spesso, anche nel noto **postulato di Archimede**.

Il mistero di Archimede è stato per molto tempo la ricerca del come era arrivato, per esempio, a ipotizzare che **la superficie di una sfera è il quadruplo dell'area del suo cerchio** (33^a proposizione). Oppure che **il volume della sfera è il quadruplo del volume del cono avente altezza e raggio della**

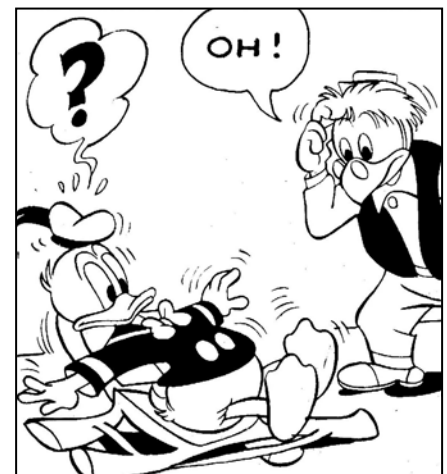
base uguali al raggio della sfera stessa (34^a proposizione).

Il manoscritto del *Metodo sui Teoremi Meccanici* è stato rinvenuto in un palinsesto a Costantinopoli all'inizio del XX sec. ed è stata una scoperta eccezionale per gettare luce sui tre momenti successivi del modo di procedere di Archimede:

1. per via intuitiva e immediata egli giungeva a una supposizione: essa era, all'inizio, una ipotesi di lavoro strutturata sulla *semplicità* dei fatti aritmetici contrapposta alla *complessità* dei fenomeni geometrici;
2. concretizzava la verifica dell'ipotesi con il *Metodo meccanico* (se possibile);
3. dimostrava rigorosamente l'esattezza dell'intuizione iniziale (con il *Metodo di esaustione*).

In due casi le intuizioni geniali della prima fase non hanno trovato conferma nei passaggi successivi, rivelandosi teoremi “non validi”.

Archimede stesso, nell'introduzione al libro sulle *Spirali* scrive di non averli portati a buon fine ($\delta\iota\alpha\ \tau\epsilon\lambda\omicron\upsilon\sigma$).



Risorse dal web

Il successo rinascimentale di Archimede

Anche se Dante non cita il suo nome insieme a «*Euclide geometra e Tolomeo*⁹», Archimede viene onorato debitamente dal Fibonacci (vissuto circa mezzo secolo prima di Dante) per la grande scoperta del «*pi greco*». Il Fibonacci, nella sua opera *Practica geometriae* aggiunge anche che «*fu una bella invenzione grandemente utile*».

Conosciuto e ammirato durante il Medioevo, Archimede

diventa nel Rinascimento una figura di primo piano, in quel lento processo che porterà alla creazione del calcolo infinitesimale. Egli fu al centro di una vigorosa polemica tra i matematici che fecero uso di “*metodi spregiudicati per il calcolo di aree e volumi*” (Keplero, Galileo, Cavalieri e Torricelli) e quelli che potremmo chiamare ortodossi della scuola di Archimede. Questi ultimi,

infatti, criticavano una eccessiva disinvoltura di metodo ignorando, loro malgrado, che il maestro siracusano aveva battuto le stesse strade, riducendo il rigore a favore dell'intuizione, come egli stesso spiegherà in quel manoscritto del *Metodo* che al tempo dei dibattiti era ancora sepolto nell'oblio.



Archimede nell'arte figurativa

Un mosaico rinvenuto a **Ercolano** rappresenta la morte di Archimede, chino sulle sue figure geometriche disegnate sulla sabbia cosparsa su un tavolino!

Ritratti nell'antichità non ci sono pervenuti e soltanto nel Rinascimento si ha un primo affresco che individua nella figura di Archimede un esempio per celebrare il sapere degli antichi (Perin del Vaga, Stanza della Signatura in **Vaticano**, 1511); una rappresentazione della distruzione di navi romane è nella biblioteca dell'Escorial a **Madrid** (B. Charduco, 1592).

Due ritratti interessanti di Archimede sono conservati all'Alte Meiser Museum di **Dresda** (Domenico Fetti, 1620), nella Biblioteca comunale di **Palermo** (ritratto a olio del siciliano Giuseppe Patania 1780-1852),

Delacroix, in un ciclo di affreschi realizzati nella biblioteca del Palais Bourbon a

Parigi alla metà del 1800, sceglie di raffigurare anche la morte di Archimede, con altri tre esempi di uomini eccezionali traditi dalla stupidità di contemporanei (Giovanni Battista decapitato, Seneca che fu costretto a suicidarsi, Ovidio mandato in esilio).

⁹*Inferno*, c.IV, v.142.