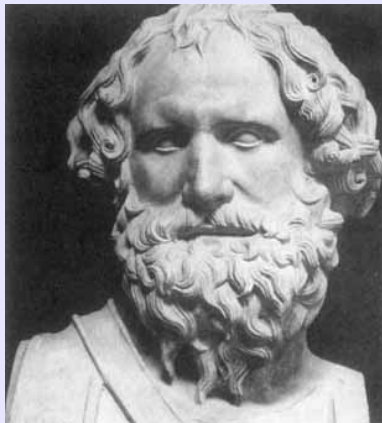


Archimede: 2300 ma non li dimostra

Ciro Ciliberto

PADOVA , 12 Aprile 2013

Archimede (287–212 a.C.)



Museo Archeologico Nazionale di Napoli, III sec. a.C.

Archimede o Archidamo?

Morte di Archimede, di Edouard Vimont (1846–1930)



Ad un tratto entrò nella stanza un soldato e gli ordinò di andare con lui da Marcello. Archimede rispose che sarebbe andato dopo aver risolto il problema e messa in ordine la dimostrazione. Il soldato si adirò, sguainò la spada e lo uccise.

Plutarco, Vita di Marcello

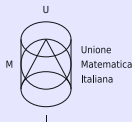
“Noli, obsecro, istum disturbare!”



Altri storici narrano il fatto diversamente. Dicono che il romano si presentò già con la spada in pugno, pronto per ammazzarlo, e che Archimede, appena lo vide, lo pregò di aspettare un istante, affinché non lasciasse incompleto e privo di dimostrazione ciò che cercava; ma il soldato senza tanti complimenti finì lui.

Plutarco, Vita di Marcello

La tomba di Archimede

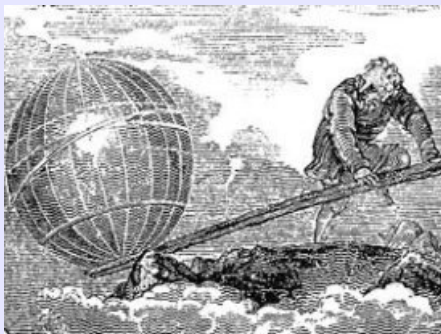


Volume della sfera = $\frac{2}{3}$ Volume del cilindro

Io questore scoprii la tomba di Archimede, sconosciuta ai Siracusani ... volsi l'attenzione ad una colonnetta non molto sporgente in fuori da dei cespugli, sulla quale c'era sopra la figura di una sfera e di un cilindro. E allora dissi subito ai Siracusani ... che io ero testimone di quella stessa cosa che stavo cercando.

Marco Tullio Cicerone, Tusculanae Disputationes, V, 64-66

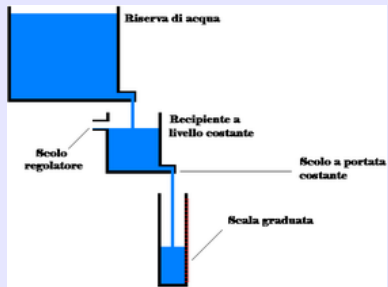
Archimede ingegnere e inventore



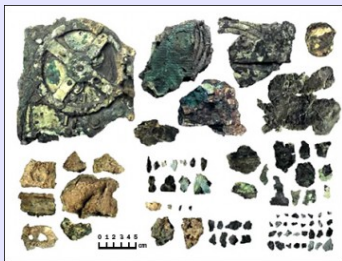
Non mi pare che in questo luogo sia da passar con silenzio l'invenzione di Archimede d'alzar l'acqua con la vite: la quale non solo è maravigliosa, ma è miracolosa; poichè troveremo che l'acqua ascende nella vite discendendo continuamente.

Galileo Galilei, *Mecaniche*

La misura del tempo: l'orologio ad acqua



La macchina di Anticitera (150–100 a.C.)



Tony Freeth, *Le Scienze*, n. 498, Feb. 2010: la macchina proviene da Siracusa?

... quando Archimede racchiuse in una sfera i movimenti della luna, del sole e dei cinque pianeti, fece ... che un' unica rivoluzione regolasse movimenti molto diversi ... E se questo non può avvenire nel nostro universo senza la divinità, neanche nella sfera Archimede avrebbe potuto imitare i medesimi movimenti senza un'intelligenza divina.

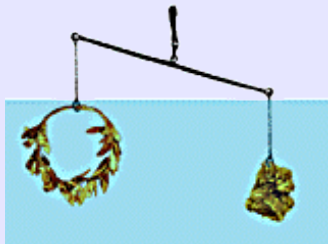
Marco Tullio Cicerone, *Tusculanae Disputationes* I, 63

Archimede scopritore: *ευρηκα!*



Statua di Archimede a Manchester, UK

La corona di Gerone II e il Principio di Archimede



A destra: la corona, non di puro oro, ha maggior volume (e perciò minore densità) e quindi, immersa in acqua, sale verso l'alto

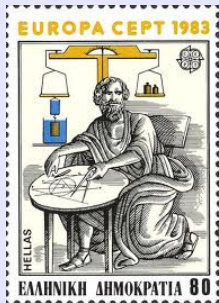
Firenze, Palazzo degli Uffizi, Stanzino delle Matematiche (1599), di Giulio Parigi (1571–1635)



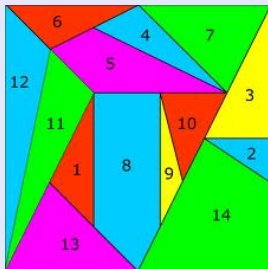
La medaglia Fields



Archimede Filatelico



Archimede e la geometria



...questa era una "Sirena a lui familiare e domestica, al punto di 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 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".

Plutarco, Vita di Marcello

Le opere pervenuteci

- Sulla sfera e il cilindro;
- Misura del cerchio;
- Sui conoidi e gli sferoidi;
- Sulle spirali;
- Sull'equilibrio dei piani;
- Arenario;
- Quadratura della parabola;
- **Sui galleggianti;**
- **Stomachion;**
- **Sul metodo meccanico;**
- Libro dei lemmi;
- Il problema dei buoi.

Le opere non pervenuteci o apocrife

- **Catottrica;**
- **Poliedri semiregolari;**
- **Formula di Erone;**
- **Opere di astronomia, meccanica, geometria;**
- **Sulla costruzione delle sfere;**
- **Libro di Archimede** (apocrifo).

Il Palimpsesto di Archimede: cfr. <http://www.archimedespalimpsest.org>



Reviel Netz, William Noel, Il codice perduto di Archimede. La storia di un libro ritrovato e dei suoi segreti matematici. Rizzoli, 2007.

IV Crociata: il sacco di Costantinopoli (1204)



Il Monastero di San Sabba

Secondo Athanasios Papadopoulos–Kerameus (1856–1912), che realizzò un catalogo dei manoscritti appartenenti al patriarca Greco di Gerusalemme, depositati presso il Metochion del Santo Sepolcro a Istanbul, il palinsesto (Ms. 355 nel suo catalogo) conteneva un ex libris che ne dichiarava l'appartenenza al monastero di San Sabba.



Una pagina del palinsesto, venduta alla Cambridge University Library nel 1876 (ora catalogata come IC.U.L. Ms. Add. 1879.23)



Probabilmente estratta da Constantine Tischendorf (1815 –1874) nel 1846 (il palinsesto era già al Metochion).

Johan Ludvig Heiberg (1854–1928)



Heiberg fotografò il manoscritto e lo studiò, redigendo una nuova edizione delle opere di Archimede, pubblicata tra il 1910 e il 1915.

Foto fatta da Heiberg (1906)



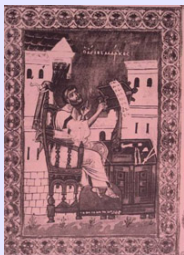
Scomparsa e ritrovamento

Il palinsesto scomparve dopo le indagini di Heiberg.

Alle 14 del 29 di Ottobre 1998 nella Christie's Auction House di New York, il palinsesto ritrovato viene venduto ad un anonimo per 2 milioni di dollari e da lui consegnato al Walters Art Museum di Baltimore per restaurarlo, preservarlo e studiarlo.

Danni subiti dall'epoca di Heiberg:

- sono scomparse delle pagine;
- il libro è stato attaccato dalla muffa;
- sono state aggiunte le immagini dei quattro Evangelisti (dopo il 1929, perché copiate da una pubblicazione di quell'anno intitolata "Manuscripts Grecs de la Bibliotheque Nationale").



Ciro Ciliberto



Archimede

Conservazione



Multispectral imaging



Dal “Metodo”: ad Eratostene (275–195 a.C.)

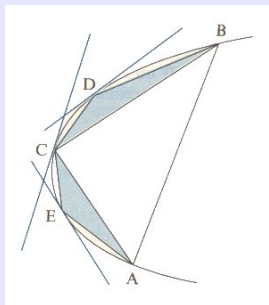
... siccome ti riconosco ... studioso e maestro eccellente di filosofia, e sai apprezzare ... le ricerche matematiche, ho creduto bene esporti ... le particolarità di un metodo, mediante il quale sarà possibile acquistare una certa facilità di trattare cose matematiche per mezzo di considerazioni meccaniche.

...

*Infatti anche a me alcune cose **si manifestarono prima per via meccanica, e poi le dimostrai geometricamente; perché la ricerca fatta con questo metodo non importa una vera dimostrazione. Però è certamente più facile, dopo avere con tal metodo acquistato una certa cognizione preliminare.** Per questa ragione, anche di quei teoremi, riguardanti il cono e la piramide, di cui Eudosso [Cnido, 408 a.C. –55 a.C.] trovò per primo la dimostrazione, cioè che il cono è la terza parte del cilindro e la piramide è la terza parte del prisma, aventi la stessa base e altezza uguale, un merito non piccolo dovrebbe attribuirsi a Democrito [Abdera, 460 a.C.– 360 a.C.], che per primo enunciò questa proprietà delle dette figure senza dimostrazione.*

Anche nel mio caso è accaduto che la scoperta dei teoremi, che ora pubblico, è stata fatta in modo simile a quella dei teoremi predetti. In quest'occasione ho deciso di esporre per iscritto il metodo, sia perché l'avevo già preannunciato e non vorrei si dicesse aver io fatto una promessa vana, sia perché son persuaso che non poca utilità esso arrecherà alla matematica...

Dalla "Quadratura della parabola" (a Dositeo)



$$\widehat{ABC} = \frac{4}{3} \widehat{ABC}$$

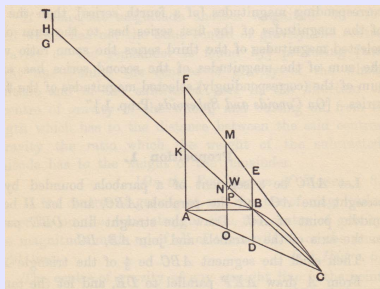
Dim. Si prova che

$$\widehat{AEC} = \frac{1}{8} \widehat{ABC}$$

Quindi

$$\frac{\widehat{ABC}}{\widehat{ABC}} = 1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{4^2} + \frac{1}{4^3} + \dots = \frac{4}{3}$$

Il punto di vista nel “Metodo”



- Prendiamo D punto medio di AC e H tale che $CH = 2CK$;
- $EB = DB$ (che Archimede attribuisce ad Euclide), quindi

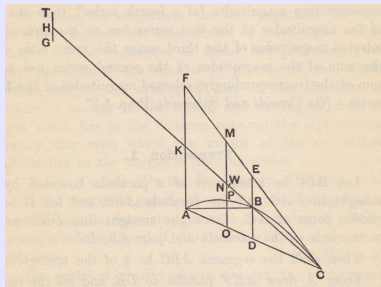
$$MN = NO, \quad FK = KA$$

- Dalla proprietà della parabola, si ha

$$\frac{CD}{DO} = \frac{NO}{NP};$$

- quindi

$$\frac{AO}{DO} = \frac{AD - DO}{DO} = \frac{AD}{DO} - 1 = \frac{CD}{DO} - 1 = \frac{NO}{NP} - 1 = \frac{NO - NP}{NP} = \frac{OP}{NP}.$$



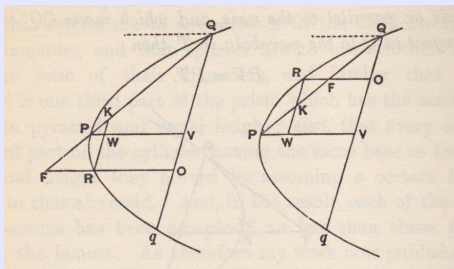
- abbiamo visto che $\frac{AO}{DO} = \frac{OP}{NP}$, $\frac{CD}{DO} = \frac{NO}{NP}$;
- quindi $\frac{CA}{DO} = 2 \frac{CD}{DO} = 2 \frac{NO}{NP} = \frac{MO}{NP} \implies \frac{CA}{AO} = \frac{MO}{OP}$;
- $\frac{CA}{AO} = \frac{CK}{KN} = \frac{HK}{KN} \implies \frac{HK}{KN} = \frac{MO}{OP} = \frac{MO}{TG}$ dove $TG = OP$;
- questo ci dice (principio della leva) che $TG = OP$ fa equilibrio a MO . Pertanto il triangolo \widehat{AFC} , con baricentro in W , fa equilibrio al settore di parabola quando ne pongo il baricentro in H , e quindi

$$\frac{\widehat{AFC}}{\widehat{ABC}} = \frac{HK}{WK} = \frac{CK}{WK} = 3;$$

- se h è l'altezza di \widehat{AFC} sulla base AC e h' l'altezza di \widehat{ABC} sulla stessa base, si ha

$$\frac{h}{h'} = \frac{FA}{BD} = 2 \frac{AK}{BD} = 2 \frac{2BD}{BD} = 4 \implies \widehat{AFC} = 4 \widehat{ABC} \quad \text{cvd.}$$

L' "equazione" della parabola: $y^2 = 2ax$



- $PW = u, RW = v \implies v^2 = 2au$; $PV = s, QV = t \implies t^2 = 2as$ implica

$$\frac{t^2}{v^2} = \frac{s}{u} \iff \frac{PV}{PW} = \frac{QV^2}{RW^2}.$$

- Questa relazione implica la relazione usata prima, cioè

$$\frac{QV}{VO} = \frac{OF}{OR}.$$

Archimede vs Euclide



*... Euclide ... ridusse a dimostrazioni inconfutabili quelli che suoi predecessori avevano poco rigorosamente dimostrato. ... Per le idee **Euclide era platonico** e aveva molto familiare questa filosofia, tanto che si propose come scopo finale di tutta la raccolta degli Elementi la costruzione delle figure chiamate platoniche.*

Proclo, Comm. Eucl., II, 68

Considerazioni finali

- La storia della matematica greca ci insegna che è possibile che conoscenze scientifiche molto ben consolidate possano andare perdute! Occorrono allora millenni per recuperarle.
- Nella scienza greca, e specialmente in Archimede, non vi era ancora una specializzazione delle discipline scientifiche: la matematica, in particolare la geometria, e la fisica erano indistinguibili. Un punto di vista simile a quello di Federigo Enriques:

Dall'ordine delle cose esterne, nella rappresentazione data alla mente dai sensi, scaturisce il concetto di spazio. La geometria studia questo concetto ...

Enriques afferma anche che il processo di specializzazione nelle scienze è un processo evolutivo, simile a quello della speciazione biologica.

- Archimede nel Metodo pone problemi epistemologici e gnoseologici molto importanti riguardo al ruolo giocato da **logica deduttiva** e **intuizione** nello sviluppo della matematica, che saranno ripresi solo molto più tardi di H. Poincaré.