

ARCHIMEDE DA SIRACUSA



Archimede, nacque a Siracusa nel 287 a.C; la data di nascita non è certa, ma viene accettata in base alla notizia, riportata dall'erudito bizantino Giovanni Tzetzes della sua morte, nell'anno 212 a.C., all'età di settantacinque anni. Non si hanno molte notizie sulla sua famiglia; secondo alcuni studiosi era di umili origini, secondo altri era imparentato con la famiglia reale di Siracusa; Archimede stesso, nella sua opera *Arenario*, ci parla di una sua parentela con l'astronomo Fidia.

Dalle notizie tramandate da Diodoro Siculo, risulta che Archimede si sia trasferito in Egitto, ad Alessandria, intorno al 243 a.C., dove strinse amicizia con il matematico e astronomo Canone da Samo. A quell'epoca la città egizia attirava i più celebri uomini di coltura: poeti, musici, storici, scienziati, letterati e filosofi lavoravano all'interno del Mouseion lo «scigno» delle Muse, accademia di arti e di scienze e centro avanzato di ricerca; pare che la sua biblioteca possedesse oltre 500.000 rotoli di papiro (si tenga presente che in un rotolo

entravano mediamente circa 20.000 parole). Questo periodo di studio fu sicuramente proficuo: pare infatti che tutti i suoi lavori sul cerchio, sulla spirale, sulla sfera e i poliedri siano stati scritti dopo il rientro a Siracusa nel 240 a.C.. Archimede mantenne comunque una assidua corrispondenza con vari scienziati di Alessandria, tra i quali Dositeo ed Eratostene, ai quali inviò diverse opere.

La sua vicenda biografica e scientifica è strettamente collegata alla città di Siracusa, governata, all'epoca in cui visse il matematico, dal re Gerone II, salito al trono nel 279 a.C, e poi dal 240 a.C in compagnia del figlio Gelone. Archimede mise a disposizione il suo ingegno per il bene della comunità, come ad esempio con l'ideazione della carrucola, dell'orologio ad acqua o della "vite senza fine", detta anche coclea, per pompare l'acqua necessaria all'irrigazione dei campi, perfezionando un meccanismo visto probabilmente in Egitto.



La coclea, permetteva di spostare l'acqua da un livello più basso a uno più alto, come succede nei pozzi. Questo strumento, che veniva collocato con una certa inclinazione nell'acqua, era costituito da un cilindro, contenente una spirale di legno, aperto solo a una estremità: l'acqua, passando attraverso le volute della spirale, poteva salire fuoriuscendo dalla sommità del cilindro. Il tutto veniva azionato manualmente con una manovella che spingeva l'acqua verso l'alto. Questa

invenzione viene utilizzata ancora oggi in Olanda per il drenaggio di acqua dai polder e in Inghilterra per alimentare il castello di Windsor.

Sempre per volere del suo sovrano, lo scienziato costruì uno spettacolare planetarium, una sfera celeste che riproduceva i movimenti di sole, luna e pianeti con così tanta perfezione da mostrare anche le eclissi. Questo strumento venne chiamato successivamente *"Meccanismo di Anticitera"*, perché ritrovato nel 1902 nel relitto di una nave vicino all'isola dalla quale prende il nome.

È Plutarco a raccontarci che Gelone, stupefatto dalle capacità di Archimede, lo indusse a costruire congegni difensivi da utilizzare in caso di assedio. Egli però trascorse quasi tutto il suo regno in pace e non ebbe possibilità di giovare delle macchine prodotte da Archimede. L'occasione si sarebbe presentata poco dopo la morte del re. Dopo 54 anni di regno salì al trono il nipote Geronimo che non si dimostrò all'altezza del predecessore tanto da provocare la rivolta della popolazione, che uccise lui e la sua intera famiglia (214 a. C.). Ne derivò una fase di instabilità politica durante la quale i Siracusani, seguendo le ultime scelte di Geronimo, rinsaldarono i legami con Annibale e Cartagine. Questo provocò il repentino intervento del generale romano Marco Claudio Marcello che con una flotta di 60 trireme si dispose ad assaltare la città dal mare mentre un esercito l'attaccava dalla terraferma. Plutarco racconta nella *Vita di Marcello* che, durante l'assedio, Archimede si dedicò alla costruzione di armi belliche per indebolire e danneggiare l'imponente flotta romana. Fra le costruzioni ideate o perfezionate da Archimede ricordiamo gli specchi ustori, le catapulte e le gru girevoli, che lasciavano cadere enormi massi sulle imbarcazioni in avvicinamento, e la "manus ferrea".



Plutarco, pur riferendoci della costruzione degli specchi ustori da parte di Archimede, non ci dice come erano fatti; doveva probabilmente trattarsi di lamiera metalliche concave che riflettevano i raggi solari concentrandoli in un unico punto posto sulle imbarcazioni nemiche, per bruciarle. La loro forma era probabilmente quella di un paraboloide di rotazione, dotato appunto di un fuoco su cui confluivano i raggi paralleli all'asse

(come possono essere considerati i raggi solari, essendo il Sole molto distante da noi). Le catapulte inventate dai Greci nel IV secolo a.C. ma perfezionate da Archimede, ci vengono descritte da Polibio come macchine di legno, provvista di ruote, in grado di colpire un bersaglio posto a diversa distanza, sia con pietre o corpi pesanti detti baliste, sia con frecce e giavellotti: *“Archimede, avendo preparato macchine per lanciare dardi a ogni distanza, mirando agli assalitori con le baliste e con catapulte che colpivano più lontano e sicuro, ferì molti soldati e diffuse grave scompiglio e disordine in tutto l'esercito; quando poi le macchine lanciavano troppo lontano, ricorreva ad altre meno potenti che colpissero alla distanza richiesta»*.



Sempre Polibio, ci racconta dell'uso che i siracusani fecero della "manus ferrea", anche detta lo "scuotinavi di Archimede": una sorta di artiglio, attaccato ad una catena resistente, che afferrava la prua delle navi; la forza applicata, unita ad un sistema di corde e pulegge che indebolivano la forza resistente rappresentata dalla nave, riusciva ad alzare il vascello "arpionato", per poi farlo capovolgere e ricadere bruscamente in mare affondandolo. *“A altri calavano una mano di ferro legata a una catena per mezzo della quale l'uomo addetto al governo del rostro, afferrata la prua,*

abbassava la parte inferiore della macchina verso l'interno del muro; in questo modo, sollevata la prua, faceva rizzare la nave sulla poppa, poi fissata la parte inferiore della macchina così che non si muovesse, per mezzo di un congegno apposito staccava la mano e la catena. In seguito a ciò alcune navi ricadevano su un fianco, altre si rovesciavano, quasi tutte, lasciate cadere dall'alto, imbarcavano acqua e si riempivano di confusione [...]».



Nel 212 a.C i romani riuscirono comunque a penetrare nella città depredandola. Nonostante il console avesse impartito ordini precisi di risparmiare la vita ad Archimede, un soldato imbattutosi nello scienziato, non sapendo di chi si trattasse, lo uccise. Fu questa la triste fine di una tra le più grandi menti che l'umanità abbia mai avuto. Sempre Plutarco, nella *Vita di Marcello* ci racconta l'evento: "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."

Una curiosità riguardante la tomba in cui fu sepolto lo scienziato ci viene da Cicerone; nelle *Tusculanae Disputationes*, l'autore latino ci dice di aver riconosciuto la tomba di Archimede, coperta da sterpaglie e rami, grazie a una sfera inscritta in un cilindro, che sarebbe stata scolpita sul sepolcro per desiderio dello scienziato stesso; ne descrive l'aspetto e evidenzia come questa fosse stata ignorata dai siracusani:

"Di lui io, quando ero questore scoprii il suo sepolcro tutto circondato e rivestito di rovi e pruni, di cui i Siracusani ignoravano l'esistenza, anzi escludevano che ci fosse. Ricordavo di alcuni brevi senari che erano stati scritti sulla sua tomba, i quali dicevano che sulla sommità del sepolcro era posta una sfera con un cilindro"

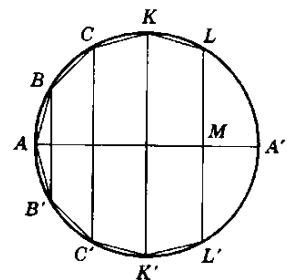
IL CORPUS ARCHIMEDEO

Archimede viene ricordato oggi sia per le sue geniali invenzioni nel campo della meccanica ma soprattutto per le numerose scoperte di ordine matematico-geometrico, per il rigore delle sue dimostrazioni e per l'eccellente combinazione in alcune sue opere di ragionamenti meccanici e infinitesimali.

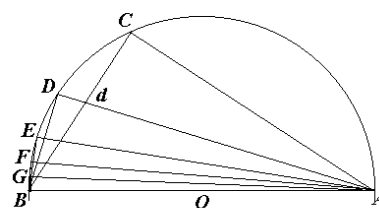
Non ci è purtroppo giunta l'intero corpus archimedeo. Dopo un'analisi accurata dei suoi scritti si è potuto giungere a indicarne due differenti tipologie: quelle geometriche e quelle meccaniche. In queste ultime si propongono modelli geometrici per la descrizione di fenomeni quali il galleggiamento, l'equilibrio o, viceversa, si utilizzano concetti e tecniche di quegli stessi modelli per ricavare risultati di geometria.

I testi originali di Archimede che ci sono pervenuti sono scritti in greco, più precisamente in dialetto siculo-dorico. Alcuni dei suoi furono raggruppati in un Palimpsesto, composto nel X secolo, si pensa a Costantinopoli. Attualmente questo manoscritto si trova a Baltimora, ed è in attesa di restauro. La pergamena che compone il palimpsesto è scritta su entrambi i lati: da una parte rivela un libro di preghiere, dall'altra i testi dello scienziato, che sono:

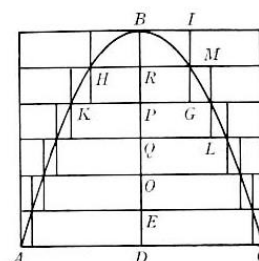
Sulla sfera e il cilindro. È indirizzato a Dositteo, matematico di Alessandria, ed è composto in due Libri: nel primo Archimede dimostra che il volume della sfera è $\frac{2}{3}$ del cilindro a essa circoscritta e che la superficie sferica è uguale a quattro cerchi massimi; nel secondo tratta di problemi risolvibili a partire dalle proprietà dimostrate nel primo Libro, come ad esempio, dividere una sfera in due segmenti che abbiano fra loro un rapporto dato.



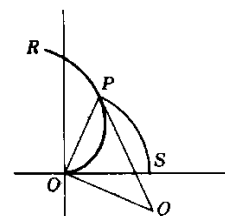
Misura del cerchio. Questo piccolo trattato, che è probabilmente incompleto nella forma in cui ci è pervenuto, comprende solo tre proposizioni. Nella prima Archimede dimostra, mediante il metodo di esaustione, che l'area di un cerchio è uguale a quella di un triangolo rettangolo che ha come lati la circonferenza e il raggio del cerchio stesso. Nella terza proposizione, Archimede calcola in modo approssimato il rapporto tra la lunghezza di una circonferenza e il suo diametro; partendo dall'esagono regolare inscritto e poi circoscritto ad una circonferenza, egli calcola i perimetri dei poligoni ottenuti raddoppiando successivamente il numero dei lati fino a raggiungere novantasei lati. Il risultato dal calcolo archimedeo relativo alla circonferenza costituisce un'approssimazione del valore di π , migliore di quello ottenuto precedentemente dagli egiziani e dai babilonesi. (Va tenuto presente che né Archimede né alcun matematico greco fece mai uso della notazione π per indicare il valore del rapporto tra circonferenza di un cerchio e il suo diametro)



Conoidi e sferoidi. Nell'opera, preceduta da una lettera a Dositeo, Archimede calcola l'area dell'ellisse come l'area di un cerchio avente come raggio la media geometrica dei semiassi dell'ellisse. Inoltre egli determina il volume delle figure che oggi chiamiamo paraboloidi e iperboloidi di rivoluzione (conoidi) ed ellissoidi (sferoidi). Dimostra, in particolare, che il paraboloidi di rivoluzione è $\frac{3}{2}$ del cono avente stessa base e stessa altezza, sfruttando un procedimento analogo a quello che si utilizza nella moderna integrazione.

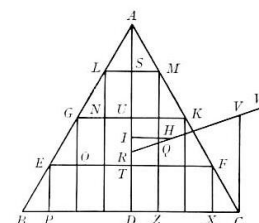


Spirali. Nell'opera, indirizzata a Dositeo, viene definita la «spirale di Archimede», come la curva descritta da un punto che si muove di moto uniforme su una retta che si muove a sua volta di moto circolare uniforme; tale curva è utilizzata poi per ottenere una costruzione della rettificazione della circonferenza.

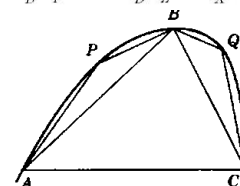


Arenario. Nell'opera, dedicata al re Gelone di Siracusa, Archimede delinea un nuovo modo di calcolare i numeri grandi, raggruppando i numeri in ottadi, ovvero potenze in base 10 il cui esponente è un multiplo di 8. Grazie a questo sistema, egli determina il diametro dell'universo, basandosi sui calcoli dell'amico matematico Eratostene e di Aristarco di Samo, che avevano calcolato la circonferenza della terra e la distanza Terra-Sole.

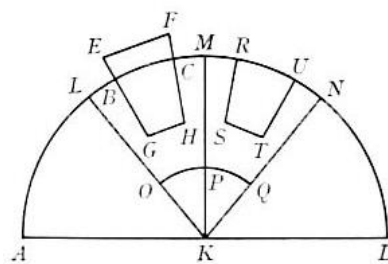
Sull'equilibrio dei piani. L'opera è divisa in due libri. Nel primo libro viene dedotta la legge della leva e viene determinato il centro di gravità di alcune figure piane: parallelogramma, triangolo, trapezio. Il secondo è interamente dedicato alla determinazione del centro di gravità del segmento di parabola.



Quadratura della parabola. Anche quest'opera è preceduta da una lettera indirizzata a Dositeo. Archimede dimostra che l'area di un segmento parabolico è $\frac{4}{3}$ del triangolo avente uguale base e uguale altezza. Il testo è diviso in due parti, la quadratura «meccanica» (in cui si fa ricorso a concetti di statica) e quella «geometrica».

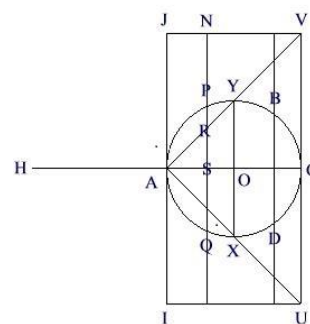


Galleggianti. Il trattato è diviso in due Libri. Nel primo libro si enuncia il famoso «Principio di Archimede»: un corpo immerso in un liquido riceve una spinta verso l'alto pari al peso del volume di liquido spostato; a partire da questo Principio, alla fine del primo Libro vengono determinate le condizioni di equilibrio di un segmento sferico galleggiante. Nel secondo libro, invece, Archimede si dedica allo studio dei fluidi da un punto di vista più generale, trattando argomenti quali le sezioni di parabola immerse in un fluido; questi studi teorici permisero allo scienziato di migliorare gli scafi delle navi.

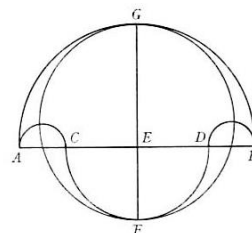


Stomachion. Operetta curiosa, in cui viene descritto una sorta di *tangram*: si tratta di suddividere un quadrato o un rettangolo in quattordici parti che siano fra loro commensurabili.

Metodo di Archimede sui teoremi meccanici. Quest'opera è dedicata a Eratostene. Archimede ci rivela il metodo euristico che utilizzava per ottenere i risultati che qui sopra abbiamo descritto e molti altri ancora. Nel *Metodo* vi sono numerosi esempi della sua applicazione, come nella quadratura della parabola. Nell'opera troviamo inoltre lo studio della cosiddetta «unghia cilindrica» e del solido che si ottiene intersecando due cilindri inscritti in un cubo.



Libro dei lemmi. La maggior parte dei trattati di Archimede rientrano nel campo della matematica superiore; tuttavia il matematico non disdegnava di trattare problemi elementari, legati alle caratteristiche degli oggetti di uso quotidiano. In quest'opera, per esempio, troviamo uno studio del cosiddetto *arbelos* (coltello del calzolaio) o del *salinon* (saliera) e la soluzione archimedeica al noto problema classico della trisezione dell'angolo.



L'opera non ci è pervenuta nel testo originale greco, ma attraverso una traduzione araba, che più tardi venne tradotta in latino col titolo *Liber assumptorum*. Di fatto quest'opera, come ci è pervenuta, non può essere genuinamente archimedeica, perché il nome di Archimede viene citato più volte nel corso del testo. Tuttavia, anche se questo trattato si presenta come la raccolta di una serie di teoremi attribuiti ad Archimede dagli arabi, l'opera, nella sua sostanza, è probabilmente autentica.

Il problema dei buoi. E' un'operetta brevissima in cui Archimede sfida i matematici del suo tempo a risolvere un problema di aritmetica: contare il numero dei buoi - bianchi, pezzati, neri e fulvi - che il dio Sole pascolava nella Trinacria, note certe relazioni fra il numero di buoi di ogni singolo colore. Il problema conduce a un'equazione le cui soluzioni sono numeri decisamente "mostruosi".