BOLLETTINO UNIONE MATEMATICA ITALIANA

Sezione A – La Matematica nella Società e nella Cultura

ALESSANDRA FIOCCA

Archimede: alle radici della scienza moderna, di Pier Daniele Napolitani, I grandi della scienza (Le Scienze), Anno IV, n. 22, ottobre 2001

Bollettino dell'Unione Matematica Italiana, Serie 8, Vol. **5-A**—*La Matematica nella Società e nella Cultura* (2002), n.3, p. 541–548.

Unione Matematica Italiana

<http://www.bdim.eu/item?id=BUMI_2002_8_5A_3_541_0>

Bollettino dell'Unione Matematica Italiana, Unione Matematica Italiana, 2002.

Bollettino U. M. I.
La Matematica nella Società e nella Cultura
Serie VIII, Vol. V-A, Dicembre 2002, 541-548

RECENSIONI

Archimede: alle radici della scienza moderna, di Pier Daniele NAPOLITANI della collana *I grandi della scienza*, curata dalla rivista *Le Scienze*, Anno IV, n. 22, ottobre 2001, € 6,2.

Recensione di ALESSANDRA FIOCCA

Il numero di ottobre 2001 della collana *I grandi della scienza*, edita da «*Le Scienze*», a cura di Pier Daniele Napolitani, è dedicato ad *Archimede*, uno dei grandi geni della matematica di tutti i tempi e un caposaldo del rinnovamento della matematica nel secolo XVI.

Il volume si articola in quindici capitoli; alla Presentazione seguono nell'ordine: L'opera e il mito; Archimede di Siracusa; La matematica greca ai tempi di Archimede; L'opera matematica; L'Archimede che oggi abbiamo; La geometria di misura; Le opere «meccaniche»; Il Metodo; Problemi aperti e studi in corso; Secoli bui; Umanisti; Archimede nel primo Cinquecento; La riappropriazione: Maurolico e Commandino; Oltre Archimede; Alle radici della scienza moderna; il lavoro si chiude con un ampio elenco a tema di letture consigliate.

Attraverso questa affascinante lettura si viaggia nello spazio e nel tempo; il viaggio ha inizio a Siracusa nel 287 a.C., ma si visitano, oltre alla Magna Grecia, anche altri paesi che si affacciano sul Mediterraneo che furono la culla del pensiero matematico, in cui fu concepito il metodo ipotetico-deduttivo proprio degli *Elementi* di Euclide, ma fu anche coltivato con successo lo studio della meccanica e furono costruite macchine belliche, macchine per usi civili, i primi «automi» o macchine semoventi che creavano meraviglia, perché «il motore» era nascosto alla vista, che si trattasse di molle, contrappesi, o anche aria compressa. Non manca in questo viaggio una visita, seppure fugace, al mondo arabo, la cui cultura fu il veicolo principe di trasmissione all'Occidente della scienza e della filosofia greca, per approdare alla corte papale di Viterbo, centro di cultura e di scienza, dove nella seconda metà del XIII secolo, un domenicano fiammingo, Guglielmo di Moerbeke, si accostò ad Archimede dando la prima traduzione latina di gran parte delle opere del matematico di Siracusa, sulla base di due codici greci. Si resta in Italia per visitare le grandi collezioni rinascimentali di codici di Roma, Venezia, Firenze, Urbino, raccolte con un lavoro infaticabile di ricerca nelle biblioteche del mondo bizantino, da umanisti come Francesco Filelfo, Giovanni Aurispa, il cardinale Bessarione, Rinuccio da Castiglione, ecc. per rivivere una nuova riscoperta delle opere di Archimede e per conoscere due matematici, Francesco Maurolico e Federico Commandino, che in diversa misura e con approccio diverso, hanno contribuito alla riappropriazione dei testi matematici archimedei, che diventarono all'inizio del Seicento, strumento di rinnovamento delle matematiche attraverso figure come Luca Valerio e Galileo Galilei, ultime tappe di questo affascinante viaggio.

Come per molta parte della storia antica, anche per Archimede è difficile distinguere tra realtà e leggenda; la figura di Archimede entrò prestissimo nel mito, grazie ai resoconti degli storici antichi che ne raccontano le imprese e il ruolo assunto nella direzione delle opere di difesa di Siracusa durante l'assedio ad opera del generale romano Marco Claudio Marcello; sono così diventate mitiche le macchine da guerra attribuite ad Archimede in questa occasione, gru girevoli per lanciare sassi, la famosa «manus ferrea» una sorta di artiglio per afferrare le navi nemiche, gli specchi ustori con cui sarebbero state bruciate le navi romane; anche le vicende della morte di Archimede, avvenuta nel 212 a. C. durante l'assedio di Siracusa ad opera di un soldato romano, all'età di 75 anni secondo una testimonianza molto più tarda risalente al XII secolo, ha contribuito ad alimentarne il mito.

La notizia che Archimede abbia compiuto i suoi studi ad Alessandria, appare credibile considerato che gli interlocutori citati nelle sue opere sono tutti alessandrini, Conone, Dositeo, Eratostene e che Alessandria era la capitale culturale del mondo ellenistico, dove giunse a maturazione lo sviluppo della matematica greca. Ciò che distingue la matematica sviluppata in seno alla cultura greca da quella di altre culture precedenti, babilonese, egizia, indiana, ecc. è il carattere dimostrativo della disciplina, il metodo con cui viene sviluppata la conoscenza matematica: anche le verità aritmetiche e geometriche apparentemente più ovvie devono essere ricondotte a principi semplicissimi (assiomi, postulati, definizioni) e dedotte da questi attraverso una catena di ragionamenti; il punto più alto raggiunto in questo processo di creazione della matematica come disciplina ipotetico-deduttiva è rappresentato dagli *Elementi* di Euclide che costituiscono il fondamento teorico della geometria e la porta da varcare per accedere alla conoscenza geometrica.

Archimede diede importanti contributi sia alla geometria di misura, che con la sua opera raggiunse il suo punto più alto nel contesto del mondo antico, sia alla geometria di posizione, o geometria delle curve, in particolare delle sezioni del cono.

Il corpus archimedeo che, tra varie vicissitudini, ci è pervenuto, si compone di 12 titoli, che tuttavia non esauriscono tutto ciò che Archimede scrisse, e che si possono suddividere in «opere geometriche» e «opere meccaniche», anche se, osserva Napolitani, tale classificazione è alquanto arbitraria, dato che i due aspetti sono intimamente connessi nelle metodologie utilizzate da Archimede. Le opere inerenti alla geometria di misura sono *Sulla sfera e il cilindro, Misura del cerchio, Sui conoidi e sferoidi, Sulle spirali, Quadratura della parabola, Libro dei lemmi*; nelle opere inerenti alle «meccaniche», *Sull'equilibrio dei piani, Sui galleggianti, Quadratura della parabola*, sono proposti modelli geometrici per la descrizione di fenomeni quali il galleggiamento e l'equilibrio, o viceversa si utilizzano concetti e tecniche di quegli stessi modelli per ricavare risultati di geometria. Un posto a parte va riservato al *Metodo Meccanico*, un'opera rimasta sconosciuta fino all'inizio del Novecento quando fu rinvenuta a Costantinopoli dal filologo danese Heiberg in un antico palinsesto e dallo stesso in gran parte letta; in quest'opera Archimede illustra il suo metodo euristico, che si avvale di concetti di statica (legge della leva e centri di gravità), per scoprire a priori gli enunciati della maggior parte dei teoremi che sono dimostrati rigorosamente nelle sue opere col metodo cosiddetto di esaustione, consistente in una doppia riduzione all'assurdo. Completano il corpus archimedeo i tre testi, *Arenario*, *Stomachion* e *Il problema dei buoi*, che riguardano i grandi numeri e un particolare problema geometrico.

Il saggio riserva particolare attenzione al tema del recupero del corpus archimedeo da parte del mondo occidentale; si tratta di una storia affascinante, in cui il ruolo della cultura araba non è stato così determinante come nella trasmissione di altre opere della matematica e in genere della scienza greca. Le traduzioni in lingua latina delle opere di Archimede sono state, per la maggior parte, realizzate direttamente da originali greci.

Ciascuna opera di Archimede ha avuto una propria trasmissione; più che le opere nella loro completezza, furono i risultati matematici i primi ad essere conosciuti e a diffondersi; è il caso dei risultati sulla misura del cerchio e sulla sfera e sul cilindro che circolarono tra i maestri d'abaco, privi dei metodi e delle relative dimostrazioni matematiche. Gerardo da Cremona (1147-1187) e il padre domenicano Guglielmo di Moerbeke (1215/35, 1286c.), cappellano di papa Clemente IV alla corte di Viterbo, realizzarono le prime traduzioni latine di opere di Archimede. Il primo tradusse la *Misura del cerchio*, il secondo quasi tutto il corpus archimedeo usando due codici greci noti come il codice A, eseguito a Costantinopoli, tra il IX e il X secolo, di cui si persero le tracce nel secolo XVI, e il codice B, di cui si persero le tracce dopo il 1311, l'unico allora conosciuto contenente l'opera sui *Galleggianti*. Nonostante che alla fine del XIII secolo tutto il corpus archimedeo, tranne il *Metodo* e l'*Arenario*, fosse disponibile in lingua latina, la diffusione fu scarsa per tutto il Trecento, certamente anche per le difficoltà intrinseche alla matematica archimedea.

Nel secolo XV con l'umanesimo si determinò un nuovo interesse per le opere di Archimede; intorno alla metà del secolo il papa Nicola V, l'umanista Tommaso Parentucelli, creatore della Biblioteca Vaticana, commissionò a Jacobus Cremonensis una traduzione del codice A, prima della sua scomparsa definitiva. Una copia del codice A, oggi nota come codice E, era presente anche nella biblioteca di codici greci del cardinale Bessarione (oggi a Venezia, nella Biblioteca Marciana) che possedeva anche una copia della traduzione latina del

Cremonensis; su questi codici lavorò l'astronomo di Königsberg, Johannes Müller, più noto come Regiomontano, il cui progetto editoriale di dare alle stampe la traduzione latina del Cremonensis corretta e commentata, fu interrotto da una morte prematura; le fatiche di Regiomontano non andarono perdute e nel 1544 uscì alle stampe a cura di Thomas Geschauff, noto come Venatorius, l'editio princeps del testo greco con la traduzione di Jacobus Cremonensis rivista dal Regiomontano.

La prima edizione a stampa di opere di Archimede fu curata da Luca Gaurico e uscì a Venezia nel 1503; contiene la *Quadratura della parabola* e la *Misura del cerchio*. Niccolò Tartaglia pubblicò a Venezia nel 1543 una raccolta di opere di Archimede comprendente la *Quadratura della parabola*, i due libri sull'*Equilibrio dei piani*, uno dei due libri sui *Galleggianti* (il primo perché il secondo era incomprensibile nella traduzione di Moerbeke), la *Misura del cerchio*.

Altri due matematici del secolo XVI, Federico Commandino e Francesco Maurolico, contribuirono in diversa misura e maniera, alla completa assimilazione dell'opera archimedea, il primo con delle traduzioni filologicamente e matematicamente corrette (1558; 1565), il secondo con traduzioni di opere archimedee ma anche esposizioni personali e originali come l'opera *De momentis aequalibus*, pubblicata sotto il nome di Archimede «ex traditione Francisci Maurolyci», in cui si trova la prima modellizzazione matematica del concetto di momento meccanico.

I risultati e i metodi archimedei sono presentati nei tre capitoli centrali, rispettivamente dedicati alla geometria di misura, alle opere meccaniche, e all'opera sul *Metodo*.

Nella *Quadratura della parabola* Archimede dimostra che l'area del segmento di parabola è 4/3 dell'area del triangolo di uguale base e uguale altezza, assumendo il famoso postulato di Eudosso-Archimede che viene così enunciato: «date due superfici disuguali, l'eccesso per cui la maggiore supera la minore possa essere sommato con se stesso fino a risultare più grande di qualsiasi superficie assegnata»; prima di Archimede il suddetto postulato era stato utilizzato per dimostrare che due cerchi (sfere) stanno tra loro come i quadrati (cubi) dei rispettivi diametri, che la piramide e il cono sono 1/3 rispettivamente del prisma e del cilindro di uguale base e uguale altezza. Nella *Misura del cerchio* viene dimostrato che il cerchio equivale a un triangolo rettangolo aventi come cateti la circonferenza rettificata e il raggio. La *Sfera e il cilindro* è un'opera complessa ma i risultati ottenuti sono semplici da enunciare: il volume (ma anche la superficie) della sfera è 2/3 del volume (della superficie totale) del cilindro ad essa circoscritto; l'area della superficie sferica è 4 volte l'area del cerchio massimo della sfera; il volume della sfera è 4 volte il volume del cono avente per altezza il raggio e per base il cerchio massimo della sfera. I due principali risultati ottenuti ne le *Spirali* riguardano il problema della rettificazione della circonferenza che viene ricondotto a tracciare la retta tangente alla spirale, e l'area della superficie compresa tra la prima rivoluzione della spirale e la retta ruotante, che risulta pari a 1/3 dell'area del primo cerchio. Le ricerche galileiane sulla descrizione matematica del moto trassero ispirazione da quest'opera sottolinea Napolitani; la spirale è descritta, infatti, da Archimede in termini cinematici e le prime proposizioni, che trattano del moto uniforme, rappresentano uno dei primi tentativi di costruire un modello matematico per descrivere il moto, applicando la teoria delle proporzioni alle grandezze che sono gli spazi e i tempi. Una delle opere più mature di Archimede è rappresentata da I *Conoidi e sferoidi* in cui viene investigato il rapporto tra il cono inscritto in un segmento di paraboloide o di iperboloide di rotazione (conoidi), o in un segmento di ellissoide (sferoide), e il segmento stesso. L'opera su *l'Equilibrio dei piani*, in due libri, tratta dei fondamenti della statica geometrica; la legge della leva viene ricavata sulla base di una serie di postulati riguardanti la bilancia a bracci uguali, quindi vengono determinati i baricentri del parallelogramma, del triangolo, del trapezio, del segmento di parabola, e del tronco di segmento di parabola, una sorta di trapezio parabolico. Nel capitolo dedicato alle opere meccaniche si accenna anche alla discussione originata dalla critica di Ernst Mach alla dimostrazione archimedea della legge della leva, accusata di paralogismo, riportando la differente posizione espressa da Dijksterhuis. Nei *Galleggianti* Archimede dimostra il famoso principio (l'apparente perdita di peso di un corpo immerso totalmente o parzialmente in un liquido, è uguale al peso del liquido spostato) e determina le condizioni di equilibrio di un segmento sferico e di un segmento di paraboloide, galleggianti. Nella tradizione risalente alla traduzione di Moerbeke, il testo dei *Galleggianti* si presentava molto corrotto e lacunoso in ampie sue parti, ponendo seri problemi di comprensione del pensiero archimedeo (d'altra parte questa restò l'unica tradizione esistente, per quanto riguarda i *Galleggianti*, fino ai primi anni del XX secolo, cioè fino alla scoperta di Heiberg); per dare un'idea dei problemi che la tradizione testuale di Archimede ha posto e pone, Napolitani pone a confronto alcune proposizioni dei *Galleggianti* nelle due tradizioni, quella di Moerbeke e quella recente di Heiberg, rimarcando il differente significato che assumono i due testi.

Gli ultimi due capitoli sono dedicati all'eredità archimedea e al suo superamento all'inizio del Seicento, in particolare a Luca Valerio che introdusse nella tradizione archimedea punti di vista nuovi, giungendo a un risultato generale relativo al centro di gravità per una classe intera di solidi, da lui chiamati digradanti intorno a un asse; toccherà tuttavia a Galilei, inventore di strumenti — la bilancia idrostatica, il compasso di proporzione, orologi ad acqua, macchine per alzare l'acqua — vicino all'Archimede della coclea e delle macchine da guerra, raccogliere la complessità archimedea per fondare su di essa una nuova scienza, partendo dalla critica ad Aristotele iniziata fin dagli anni pisani. Nell'operetta *De matu antiquora*, il giovane Galilei rifiutava la concezione aristotelica secondo la quale i corpi si dividono in leggeri e pesanti e spiegava l'ascesa verso l'alto dei corpi leggeri ricorrendo al principio di Archimede.

I prerequisiti per affrontare con profitto la lettura del fascicolo su Archimede sono gli *Elementi* di Euclide e le sezioni coniche, cosicché la lettura è consigliata a un vasto pubblico, tra cui includerei studenti delle scuole medie superiori che possono trovare spunti interdisciplinari per un percorso di approfondimento di classe e studenti universitari, particolarmente quelli di discipline scientifiche.

La collana *I grandi della scienza*, edita da «*Le Scienze*» ha lo scopo di avvicinare anche i non specialisti ai protagonisti della scienza di tutti i tempi; è dunque particolarmente curato l'aspetto iconografico e anche i riquadri a tema nella pagina servono a rendere più agile la lettura. Il primo numero della Collana, dedicato a Galilei a cura di E. Bellone, è uscito in febbraio del 1998 e complessivamente fino ad oggi sono usciti 27 fascicoli, dedicati, oltre a Galilei e Archimede, a Newton (a cura di N. Guicciardini), Lavoisier (M. Beretta), Darwin (B. Continenza), Maxwell (G. Peruzzi), Einstein (S. Bergia), Poincaré (U. Bottazzini), Fermi (M. De Maria), Leonardo (D. Laurenza), Lorenz (G. Celli), Volta (L. Fregonese), Freud (R. Speziale Bagliacca), Keplero (A.M. Lombardi), Riemann (R. Tazzioli), Von Braun (V. Marchis), Cartesio (E. Lojacono), Heisenberg (M. Cattaneo), Lamarck (P. Corsi), Gödel (G. Guerriero), Copernico (W. Shea), Pasteur (P. Dri), Borh (G. Peruzzi), Fermat (G. Giorello, C. Sinigaglia), I Curie (P. Radvanyi), von Neumann (G. Israel, A. Millán Gasca), Majorana (L. Bonolis). Sono inoltre in preparazione i fascicoli dedicati a Gauss (R. Tazzioli), Bacone (P. Rossi), e Leibniz (M. Mugnai).

Alessandra Fiocca, Dipertimento di Matematica, Università di Ferrara,
a.fiocca@unife.it