

# **LA RIVOLUZIONE DIMENTICATA**

## **Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna**

### **di Lucio Russo**

**(Feltrinelli, Milano 1996, terza edizione 2006)**

**- Prospettiva Marxista -**

Se si pensa alla nascita del metodo scientifico si corre subito con il pensiero all'Europa del Rinascimento, alla rivoluzione copernicana e soprattutto agli esperimenti di Galileo e ai *Principia* di Newton.

Il libro *La rivoluzione dimenticata* di Lucio Russo – matematico, storico della scienza, nonché profondo conoscitore della lingua e dei classici greci – è un'opera non tralasciabile sull'importante questione della nascita del metodo scientifico, non solo per la grande ricchezza di fonti utilizzate (vengono citati circa 450 testi), ma soprattutto per il radicale cambio di visuale apportato rispetto alle comuni credenze sull'argomento.

Nella prefazione al testo Marcello Cini paragona infatti questo libro a una «*sensazionale scoperta archeologica e a una importante teoria scientifica*», per cui la nascita della scienza non si ritiene avvenga con Galileo e Newton, ma è da collocare nel IV secolo a.C., in epoca ellenistica. La prima rivoluzione scientifica è insomma da retrodatare di quasi duemila anni rispetto a quello che generalmente si crede. Perciò in epoca moderna è più corretto parlare di rinascimento anche dal punto di vista scientifico.

Nota Russo che le due più grandi figure di questa “rivoluzione dimenticata”, Euclide ed Archimede, sono state anch'esse oggetto di rimozioni e riduzioni: il primo è un personaggio quasi a-storico, mentre il secondo è famoso per l'aneddotica e le mirabolanti invenzioni.

La difficoltà di tenere nel giusto conto la fase alessandrina è dovuta storicamente, oltre ad un'azione di certa propaganda illuminista tesa a esaltare i moderni contro gli antichi, anche al fatto che molti degli scritti di quel periodo sono andati perduti, pochi trattati sono stati conservati dai bizantini e dagli arabi, per nulla dai pensatori europei, che se ne riappropriano per lo più solo dopo la caduta di Bisanzio. Addirittura il fondamentale lavoro di Archimede dal titolo *Sul metodo* fu scoperto per un colpo di fortuna nel 1906, poi andato perso e ritrovato nel 1998.

Gli storici collocano per convenzione la nascita dell'ellenismo nel 323 a.C., data della morte di Alessandro Magno. Il suo vasto impero venne allora diviso in tre parti: lo Stato degli Antigonidi (comprendente la Macedonia e alcune città greche), quello dei Seleucidi (che includeva Siria, Asia Minore, Mesopotamia, Iran e dopo il 200 a.C. la Fenicia e la Palestina) e quello d'Egitto, con capitale Alessandria (fondata da Alessandro, da cui il nome, nel 331 a.C.).

La dinastia dei Tolomei fece di Alessandria d'Egitto, nel corso del III secolo a.C., il centro della scienza greca, per l'appunto poi definita alessandrina. Ad Alessandria nacque l'idea stessa della conservazione del sapere, con la creazione della Biblioteca, andata poi più volte distrutta. Con la formazione del Museo, l'istituto dedicato alle Muse, protettrici delle arti e delle scienze, Tolomeo I foraggiò e favorì l'accentramento di artisti e scienziati, dediti alla ricerca e all'insegnamento. In quella fase inoltre, argomenta Russo, la cultura si elevò definitivamente dalla tradizione orale per diventare scritta, fatto che faciliterà la trasmissione e l'avanzamento del sapere.

Alessandria divenne in breve tempo il centro più popoloso del mondo e, soprattutto, una metropoli cosmopolita con la presenza di greci, egizi ed ebrei (ma anche di minoranze etniche quali siriani, romani, persiani, libici, cilici, etiopi, arabi, sciti, battriani e indiani). Lo storico Strabone (60 a.C.-20 d.C.) descrive Alessandria come una città con parchi, teatri, palestre, un grande ippodromo, templi per varie religioni, uno splendido ginnasio, due strade maggiori

larghe trenta metri costeggiate da portici illuminati anche di notte, una rete di canali sotterranea che distribuiva l'acqua del Nilo e ovviamente l'imponente faro, una delle sette meraviglie del mondo antico.

Ad Alessandria insegnò Euclide alla fine del IV secolo a.C.. Nel secolo successivo vissero lì Ctesibio, il fondatore della pneumatica, Erofilo di Calcedonia, padre dell'anatomia e della fisiologia, ed Aristarco di Samo, il primo ad elaborare la teoria eliocentrica. Eratostene, nella seconda metà del III secolo a.C., oltre ad essere bibliotecario di Alessandria (carica di massimo prestigio) fu il primo a misurare le dimensioni della terra. Archimede (287-212) studiò ad Alessandria, visse poi a Siracusa, ma si sa per certo che rimase in costante contatto epistolare con gli scienziati alessandrini.

Secondo Russo, solo nel contesto della civiltà ellenistica avvenne un salto di qualità metodologico rispetto alla Grecia classica, in cui era presente piuttosto una filosofia della natura, di cui Aristotele era certamente il massimo esponente.

Mancavano però in precedenza teorie ipotetico-deduttive, ciò che «fornisce metodi generali per risolvere un numero indeterminato di problemi». Mancava il metodo sperimentale, un sistema per controllare la validità delle regole di corrispondenza tra le affermazioni della teoria e la realtà. Mancavano infine l'elaborazione di enti teorici, di concetti, con cui opera una teoria scientifica: come ad esempio sono gli angoli o i segmenti nella geometria euclidea. Infine le teorie scientifiche che hanno successo nel descrivere la natura hanno anche la possibilità di auto estendersi con il metodo dimostrativo e, forse ancora più importante, hanno capacità di sviluppo tecnologico. Il fiorire di teorie scientifiche, con l'apertura anche di nuovi campi delle scienze, e l'esplosione di applicazioni tecnologiche avvenne nell'ellenismo e Archimede, sulla base degli *Elementi* di Euclide, fu senza dubbio il più eminente scienziato del tempo.

Un grande vantaggio di cui beneficiò Alessandria fu l'incontro tra la cultura greca, di tutto il suo retroterra filosofico, con le tradizioni millenarie di sviluppo tecnico dell'antico Egitto e della Mesopotamia. Il contatto proficuo con le lente accumulazioni di conoscenze empiriche avevano aiutato del resto anche la nascita della matematica ellenica, infatti è documentato come Talete e Pitagora fossero stati in Egitto (e Pitagora anche in Oriente). Ora però la contaminazione divenne sistematica con gli emigrati greci in terra d'Egitto.

Matematica, astronomia, ingegneria idraulica (per la regolazione delle piene del Nilo) furono i primi terreni di applicazione di quegli ingegni chiamati alla corte di Tolomeo.

Dal punto di vista matematico la fase ellenica può essere considerata una lunga gestazione della scienza matematica, che arriva poi ad un corpus di conoscenze logicamente connesse e coerenti. Eudosso di Cnido fu probabilmente il matematico chiave nella maturazione della matematica, anche se è con l'opera di Euclide che si giunge ad una teoria scientifica con implicazioni logiche che partono da postulati, dimostrazioni, esercizi, regole di corrispondenza e l'elaborazione di elementi teorici che sostituiscono strumenti reali (la riga e il compasso). La potenza degli *Elementi* di Euclide risiede non tanto nei risultati e nei teoremi esposti, ma nel metodo, che permette di estendere la teoria. La scienza moderna ha senza ombra di dubbio tra i suoi pilastri il lavoro di Euclide.

I matematici ellenistici svilupparono poi non solo la geometria, ma anche la trigonometria sferica (le funzioni di seno e coseno arriveranno in Europa dopo il vuoto dei romani e dei barbari attraverso gli Arabi e gli Indiani, ma già i matematici ellenistici usavano la corda, che corrispondeva a  $2\sin$ ) che aveva un interesse strumentale nella geografia matematica e nell'astronomia.

Euclide sviluppò poi anche l'ottica in un trattato specifico (ma non la catottrica che si occupa di rifrazione e riflessione) e Archimede nell'*Arenario* si spinse a misurare la grandezza apparente del Sole (è poco probabile invece che gli specchi ustori sarebbero stati in grado di bruciare le navi romane durante l'assedio di Siracusa). Gli strumenti matematici dell'ottica consentirono i rilevamenti topografici e la realizzazione dell'astrolabio, utile alla navigazione (oltre che scenografie in ambito teatrale e dipinti successivi, come alcuni affreschi di Pompei

ad opera di pittori greci, in cui si trova il punto di fuga per conferire una visione prospettica, sebbene in una prospettiva assiale).

La trigonometria venne invece usata da Aristarco di Samo per misurare la distanza del Sole e della Luna, ma anche da Tolomeo (uno degli ultimi scienziati alessandrini, 100-175 d.C.) nella sua *Geografia* per individuare le coordinate di un punto su una sfera attraverso latitudine e longitudine.

Eratostene attraverso la misurazione dell'angolo dei raggi del Sole ad Alessandria, sapendo che Siene (l'odierna Assuan) era collocata in corrispondenza dello Zenit, e conoscendo la distanza tra le due città, calcolò con precisione incredibile la misura del meridiano terrestre.

La meccanica, letteralmente scienza delle macchine, ha in Archimede ed Erone dei veri campioni (Erone nella sua *Meccanica* descrive l'argano, la leva, la puleggia, il cuneo e la vite). Se gli antichi egizi usarono tenaglie e macchinari vari per costruire le piramidi e i greci di età classica conoscevano il verricello e la puleggia, solo con Archimede si ha per la prima volta la capacità di calcolo teorico del vantaggio meccanico e la conseguente progettazione di macchine. Attraverso la comprensione della legge della leva si poteva ad esempio risolvere il problema di sollevare un dato peso con una forza assegnata.

Con l'opera di Archimede *Sui galleggianti* nasce l'idrostatica e in quell'opera sono affrontati anche problemi di ingegneria navale (con il calcolo di baricentri, dei punti di equilibrio, delle linee di galleggiamento ecc.).

Nel caso della pneumatica si ha un precedente nel presocratico Empedocle che parlava di pressione atmosferica, ma è con Ctesibio di Alessandria che questa branca compie un salto di qualità. Di Ctesibio però non ci restano le due opere dirette, una teorica e una relativa alle applicazioni pratiche. Filone riporta però l'esperimento dimostrativo della combustione di una candela in una campana d'aria posta sott'acqua, mentre Vitruvio riferisce che Ctesibio inventò la pompa premente, e quindi la valvola, che sfruttava le proprietà elastiche dell'aria.

Le ricerche astronomiche furono un fiorire con Eudosso di Cnido, Callippo, Eraclide Pontico, nel IV secolo a.C., Aristarco di Samo, Canone di Samo e Archimede nel III secolo a.C., Apollonio di Perga, Seleuco e Ipparco tra il III e II secolo a.C., dopo i quali le ricerche scientifiche si interruppero. I risultati maggiori furono la teoria eliocentrica e la scoperta della precessione degli equinozi. Ipparco aveva poi ipotizzato che in realtà le stelle fossero solo apparentemente fisse e che si muovessero così lentamente per cui lo spostamento non poteva essere apprezzato nell'arco di una vita umana: le coordinate stellari misurate da Ipparco, inserite nel catalogo di Tolomeo e tramandate ai posteri, consentirono ad Halley nel 1718 di misurare una differenza che dimostrava come l'ipotesi di Ipparco fosse corretta.

Dal punto di vista tecnico, con gli alessandrini vi è l'introduzione e l'utilizzo sistematico della ruota dentata e della vite (ingranaggi demoltiplicatori vengono usati ancora oggi in biciclette e orologi). Vennero poi creati strumenti di misurazione più sofisticati, come la diottra descritta da Erone, e soprattutto gli orologi. Nell'Egitto faraonico si usava la clessidra ad acqua, ma questo sistema aveva due inconvenienti: la velocità dell'acqua cambiava con la pressione e il diametro del foro attraverso cui passava era costante solo per poco tempo (si ostruiva o si corrodeva). Ctesibio risolse questi problemi in maniera geniale aggiungendo un foro alla parete del recipiente in modo che la quantità di acqua rimanesse in esso costante e collocò il foro alla base del recipiente nell'oro o in una gemma per evitare l'usura e le incrostazioni. Inoltre la quantità di acqua che defluiva era raccolta in un secondo recipiente e misurata per mezzo di un galleggiante, che attraverso un ingranaggio e una lancetta puntava su una scala graduata. La svolta è notevole.

Nella tecnologia militare Plutarco descrive così le meraviglie delle macchine di Archimede durante l'assedio di Siracusa del 212 a.C.: «alcune delle navi vennero agganciate con artigli di ferro e mediante un contrappeso sollevate e quindi colate a picco [...] spesso si vedeva lo spettacolo pauroso di una nave sollevata in aria». Archimede aveva del resto realizzato una macchina con la quale un solo uomo era stato capace di varare una nave.

Venne poi inventata la catapulte ad elasticità di torsione a seguito della quale cambiarono le tecniche di fortificazione. Secondo Russo i trabucchi del basso medioevo erano ancora molto

meno efficaci delle antiche catapulte alessandrine e bisognerà aspettare le armi da fuoco per vivere uno sconvolgimento tecnico analogo in campo militare. Parlando della costruzione delle catapulte Filone di Bisanzio (280-220 a.C.) riferisce elementi del metodo sperimentale: «*attraverso l'analisi degli errori fatti precedentemente e mediante l'osservazione dei risultati sperimentali, il principio fondamentale della costruzione fu ricondotto ad un elemento costante: il diametro del foro attraverso cui passa la corda di tensione*». Filone poi fornirà dei coefficienti di proporzionalità per cui il diametro del foro risultava proporzionale alla radice cubica del peso. L'estrazione di radici cubiche traeva così la sua origine, spiega Russo, dall'esigenza di calibrare le catapulte.

C'era poi come detto, una costruzione mirabile, il faro di Alessandria, realizzato intorno al 280 a.C. e alto circa 95 metri, che consentiva di essere visto dalle navi a 48 km di distanza (e per la luce, un fuoco, si usarono specchi riflettenti basati sulle teorie delle coniche di Archimede). Nel medioevo si persero la capacità e l'esigenza di costruire fari. Fu Genova nel 1139 a riprenderne la costruzione, ma non al livello di quello alessandrino.

Per il sollevamento dell'acqua fu rivoluzionaria la vite di Archimede, la coclea usata ancora oggi. Erone realizzò poi la prima macchina a vapore della Storia, importante anche perché usava una fonte energetica indipendente dalle particolarità geografiche (non dipendente dai fiumi o dal vento). Egli costruì un contenitore sferico girevole attorno ad un asse, contenente acqua e scaldato alla base da un fuoco che, tramite l'energia del vapore, attraverso tubi di sfiato opportunamente diretti, era in grado di ruotare. Erone utilizzò questo principio per far azionare automaticamente le porte del tempio accendendo un fuoco e generando stupore nei contemporanei. Erone, non a caso studiato poi da Leonardo Da Vinci, fu un inventore incredibile: realizzò anche un distributore automatico di una data quantità di liquidi attraverso l'introduzione di una moneta da cinque dracme e creò delle fontane che producevano stupefacenti zampilli. Ma ci sono anche macchine che non sono giocattoli, specie in ambito militare, ma anche per il rifornimento in città dell'acqua, per la tecnologia navale. È accertato come la ripresa delle opere di Erone contribuì nel 1700 alla rivoluzione industriale.

Anche la medicina matura come scienza. Rispetto ad Ippocrate di Cos (del V secolo a.C.), il cui contributo avviene più su un ambito deontologico e di pratica professionale, con Erofilo ed Erasistrato vide la luce l'anatomia e la fisiologia umana. Erofilo, che dissezionava cadaveri, descrisse il fegato, l'apparato digerente, il cervello, l'apparato circolatorio, il sistema respiratorio e riproduttivo, scoprì i nervi (distinguendoli tra sensori e motori e compiendo esperimenti per determinarne la funzione), individuò le differenze tra arterie e vene. Molti dei termini anatomici derivano direttamente da Erofilo. Introdusse anche uno dei principali strumenti diagnostici: la misurazione della frequenza del battito (che notò variare con la temperatura e l'età). Erasistrato nel II secolo d.C. compì poi un esperimento di fisiologia per dimostrare che gli animali emettono una sostanza non osservabile, confrontando il peso di un animale prima di rinchiuderlo in gabbia e, dopo qualche tempo, il peso dell'animale senza averlo nutrito sommato a quello dei suoi escrementi (esperimenti analoghi si ritroveranno solo nel Seicento). In campo medico Erofilo e Erasistrato non furono nemmeno personalità isolate tanto che vi furono le specializzazioni dei medici ellenistici, come i dentisti e i ginecologi.

Dopo lo sviluppo straordinario del III secolo a.C. la scienza ellenistica entrò in crisi nel secolo successivo. Le guerre tra Roma e gli stati ellenici portarono al saccheggio di Siracusa e all'uccisione di Archimede nel 212 a.C., nel 146 a.C. vennero rase al suolo Corinto e Cartagine, mentre re Tolomeo VIII l'anno successivo attuò una politica spietata contro la comunità greca in Alessandria. Dalla metà del II secolo a.C. in pratica non esistevano più centri di ricerca scientifica. In epoca imperiale vennero recuperate solo alcune conoscenze, ma non aggiunte di nuove. L'ultima commentatrice alessandrina di opere scientifiche fu Ipazia che venne linciata per motivi religiosi nel 415 d.C..

Da parte romana troviamo tentativi di tradurre in latino gli *Elementi* di Euclide non prima del VI secolo d.C., ma la prima traduzione completa è di Abelardo nel 1120 (un inglese che traduceva dall'arabo).

Come avvenne la crisi, il declino e la scomparsa della scienza ellenistica? La domanda è importante e di non facile risposta anche perché, spiega Russo, «*l'organizzazione economica e giuridica degli stati ellenistici è solo parzialmente conosciuta*». Sull'Egitto tolemaico ci sono comunque delle informazioni: sappiamo che alcune istituzioni dell'epoca faraonica vennero conservate (molte terre erano regie, altre sacre e quindi dei sacerdoti), ma esisteva anche la proprietà privata della terra, e i Tolomei concedevano dei terreni, in maniera però revocabile, ai funzionari. La schiavitù esisteva, ma quanto fosse estesa e pregnante è un problema dibattuto, sebbene l'opinione prevalente degli storici è che fosse meno importante rispetto la Grecia classica e Roma. Non sembra fossero impiegate masse di schiavi nelle miniere, nei campi e nemmeno nella marina di guerra, mentre i lavoratori impiegati nei frantoi statali erano liberi. Gli schiavi erano certamente impiegati in ambito domestico, ma anche a fianco di persone libere pagate (ci sono papiri in cui si riporta che l'arpista Satira si lamentava di non ricevere il denaro che gli spettava). In alcuni papiri si menzionano contratti di assunzione di apprendisti salariati e contrattazioni per aumenti di salario. Nell'Egitto tolemaico c'è per la prima volta la documentazione di una banca di Stato, che oltre a impiegare i fondi per le opere pubbliche, prestava a privati. Secondo Russo il tratto sociale dominante era ad ogni modo quello che definisce «*dirigismo statale*», pertanto gli elementi sopra menzionati sarebbero stati secondari o poco sviluppati.

Certo è che, al pari dei cinesi che usarono la polvere da sparo per giochi pirotecnici, così la società in cui operò Erone usò la sua macchina a vapore per motivi religiosi o di intrattenimento. Restano molti interrogativi, ma non è un rimprovero al testo in oggetto il cui tema centrale è un altro, su come fosse effettivamente organizzata e strutturata la società, la città di Alessandria d'Egitto quando era al suo apice scientifico e tecnologico. Come mai venne soggiogata dall'avanzata romana? Cosa mancò per un ulteriore sviluppo delle forze produttive, per una traduzione in forza politica e militare? Sono tutte questioni che rimangono in sospeso.

Il dato storico certo è che la conquista da parte romana, da parte quindi di una società basata sullo schiavismo, ha interrotto bruscamente lo sviluppo scientifico ellenistico. Una società schiavistica non ha interesse ad accogliere il metodo scientifico e il suo portato rivoluzionario di applicazioni tecnologiche, perché la sostituzione del lavoro degli schiavi con le macchine non risolve un problema. La società feudale avrà invece in sé la possibilità di sviluppo di quegli elementi borghesi che nel recupero, nello sviluppo e nell'applicazione della scienza vedono un proprio potenziamento economico, sociale e culturale.

Occorreranno secoli per la grandiosa e tormentata riappropriazione del metodo scientifico, per quello che Russo definisce «*il lentissimo recupero*». Quel recupero di una scienza già giunta a livelli così alti, offrirà alla borghesia europea un vantaggio enorme per la sua rivoluzione. Il libro *La rivoluzione dimenticata* consente di comprendere meglio le radici della rivoluzione scientifica che si intrecciò con l'ascesa della borghesia e del capitalismo.