

Galileo Galilei e la Nuova Scienza

prof. Valerio Curcio

08/10/2006

Abstract

Con questo breve lavoro ho tentato di inquadrare il vissuto da scienziato del Galilei in un'ottica prevalentemente storica, riferendomi a quegli episodi notevoli per importanza storico-scientifica che con molta probabilità hanno influito in modo determinante sul Galilei uomo e scienziato.

1 Riferimenti storici

Il primo evento storico di riferimento è, senza ombra di dubbio, la caduta di Costantinopoli, avvenuta il 29 maggio dell'anno 1453 per mano dell'esercito Turco-Ottomano, sotto il comando di Maometto II. Questo episodio segna la fine dell'Impero Romano d'Oriente e, contestualmente, l'inizio del Rinascimento Umanistico e Scientifico Europeo.

In seguito a questo episodio, grazie della fuga dei monaci dall'oriente per paura di ritorsioni da parte dei Turchi, l'Europa scopre, per la prima volta, un'enormità di volumi originali della tradizione classica greca, per secoli custoditi nelle enormi biblioteche dell'Impero Romano d'Oriente.

L'interesse degli umanisti per queste nuove opere e la lentezza dei monaci copisti, impegnati nella traduzione e duplicazione degli stessi (si pensi che in quel periodo pochi erano in grado di leggere e comprendere il greco antico e l'attività di copisteria e traduzione era prerogativa dei monaci copisti), fecero sì che appena un anno dopo la caduta di Costantinopoli, nel 1454, il tedesco Johan Gutenberg, in collaborazione con il banchiere Johan Fust e l'incisore Peter Schöffer, dessero vita all'invenzione della stampa a caratteri mobili.

Nel 1454 viene stampato il primo libro con questa nuova tecnica: si tratta di una Bibbia composta a 42 linee, venduta a Francoforte sul Meno nel 1455.

Via via che gli umanisti del XV e XVI secolo si innamorarono sempre più profondamente dei tesori della scienza e dell'arte greca recentemente scoperti, la loro stima e conoscenza delle conquiste scientifiche delle culture araba e latina immediatamente precedenti andarono declinando.

Questi, in breve, sono gli episodi che caratterizzano l'inizio del Rinascimento, che nel suo interno contempla anche la figura del Galilei, come precursore dell'era moderna per le Scienze.

2 Riferimenti scientifici

Sono diversi i riferimenti matematico-scientifici che hanno esercitato una fortissima influenza su quella che è stata la vita scientifica del Galilei.

Cercherò di suddividere le diverse influenze in base alla tradizione arabo-ispánica e, infine, citerò gli scienziati contemporanei al Galilei e coi quali lo stesso si intratteneva tramite corrispondenze epistolari.

Tradizione arabo-ispánica:

Gli autori che seguono, al tempo del Galilei, sono disponibili solo come traduzione latina dall'arabo. Infatti, è attraverso la Spagna e l'Italia meridionale che gli arabi portano in Europa questi preziosi testi, che, a loro volta, vengono tradotti in latino corrente grazie all'opera paziente dei monaci copisti.

Aristotele (384 a.C. - 322 a.C.)

Ipparco da Nicea (~ 190 a.C.)

Tolomeo (~ 121÷131 d.C.)

contemporanei:

Nicolò Copernico (1473 - 1543)

Copernico non è contemporaneo del Galilei ma, come si vedrà più avanti, lo è la sua opera pubblicata postuma. Sarà forte e determinante la sua influenza sul pensiero galileiano.

William Gilbert (1544 - 1603), Tycho Brahe (1546 - 1601), Johann Kepler (1571 - 1630), Bonaventura Cavalieri (1598 - 1647), Henry Briggs (1561 - 1639), Thomas Harriot (1560 - 1621), William Oughtred (1574 - 1660), Simon Stevin (1548 - 1620), Albert Girard (1590 - 1633), John Napier (1550 - 1617), Jobst Bürgi (1552 - 1632).

3 La fisica di Aristotele

Aristotele chiama *moto* qualsiasi forma di mutamento, mentre il movimento fisico viene descritto come *moto locale*.

Il moto locale, a sua volta, viene diviso in *moto naturale* e *moto violento*. Il primo si riferisce al movimento spontaneo, ad esempio dei gravi verso il basso oppure il movimento di risalita dei corpi più leggeri. Il moto violento o artificiale invece si riferisce ai moti prodotti da agenti esterni (per esempio causato da una fionda o dal lancio di un corpo con la mano). Dobbiamo sottolineare che Aristotele ignora il *principio d'inerzia*, che sarà citato, per la prima volta, proprio dal Galilei.

Nella fisica di Aristotele non ci sono spazi ma *luoghi*; ciascun corpo ha il suo luogo naturale (*Legge dei Luoghi Naturali*).

La fisica di Aristotele si divide in due parti: la *fisica dei corpi sublunari* e la *fisica celeste*. La fisica dei corpi sublunari è caratterizzata dai quattro elementi che compongono i corpi materiali. Questi sono l'*aria*, il *fuoco*, l'*acqua* e la *terra*, e ciascun corpo materiale è composto da questi quattro elementi in mescolanza, con parti variabili per effetto del caldo e del freddo. La possibilità di variare le mescolanze per effetto del caldo e del freddo rende possibile la corruttibilità dei corpi sublunari (si pensi, ad esempio, alla liquefazione di un metallo alla presenza di un'appropriata fonte di calore).

Il moto naturale dei corpi sublunari è di tipo *lineare* e tende a farli portare nel loro luogo naturale dove si dispongono nello stato di quiete. Per la legge dei luoghi naturali, i corpi *vogliono* raggiungere il proprio *fine* che corrisponde al posizionamento nel proprio luogo naturale. Infatti, ciascuno dei quattro elementi ha il proprio luogo naturale, con il fuoco che tende verso l'alto più di ogni altro elemento, seguito dall'aria che pure tende verso l'alto. L'acqua invece

tende *spontaneamente* verso il basso, ma in misura diversa rispetto alla terra che ha nel basso il suo luogo naturale. Quando il corpo arriva nel suo luogo naturale cessa la *causa* del moto, perché si è raggiunto il *fine*, e quindi i corpi si fermano.

Questa impostazione finalistica diventa problematica quando si affronta la questione dei moti violenti o artificiali. Una volta che una freccia è scoccata dall'arco, essa non cade immediatamente verso il basso (come dovrebbe essere per la legge dei luoghi naturali), ma continua il suo moto nella direzione impressale dall'arco. Per risolvere questa grave incongruenza Aristotele è costretto a ricorrere all'*horror vacui* (paura del vuoto). Aristotele è convinto che in alcun punto dell'universo intero esista il *vuoto*; in questo era confortato anche dal fallimento dei vari tentativi degli scienziati greci di produrre il vuoto.

Grazie a questa teoria Aristotele riesce a risolvere l'eccezione dei moti violenti alla legge dei luoghi naturali. Ogni oggetto che si muove di moto violento provoca dietro di sé un vuoto che la natura, per via dell'*horror vacui*, provvede immediatamente a riempire con l'aria, spingendo in avanti l'oggetto, che quindi tende a mantenere il moto impressogli.

Aristotele grazie all'*horror vacui* spiega anche il perché l'acqua riesce attraverso una cannula se aspirata.

La fisica dei corpi celesti è invece molto differente. I corpi celesti sono *puri, sferici, incorruttibili* e fatti di una sostanza non presente nel mondo sublunare, la *quintessenza*.

Essi si muovono di moto circolare uniforme attraverso un sistema di 55 sfere concentriche, il cui centro è proprio la Terra. Siccome sono incorruttibili (e non formati in mescolanza dei quattro elementi sublunari), i corpi celesti non seguono la legge dei luoghi naturali, quindi si muovono di moto circolare uniforme, non potendo né scendere né salire. Le sfere sono materiali, ovvero composti da quintessenza. La sfera più esterna, il *primum mobile* trascina con sé, per attrito, tutte le altre sfere ed è mossa a sua volta da un *motore immobile*.

4 Il Sistema Tolemaico

L'immagine dell'universo aristotelico ha una suggestione poetica che la rende molto seducente, ma gli astronomi alessandrini si posero il problema di sviluppare una *ipotesi astronomica*, cioè la formulazione di un modello matematico-geometrico di come si possa descrivere il movimento dei corpi celesti.

La Terra viene pensata immobile al centro dell'universo; l'universo, a sua volta, viene pensato chiuso da una sfera cristallina pressoché immateriale che ruota da oriente ad occidente attorno ad un asse avente per centro la Terra, e che si caratterizza come l'asse dell'universo. Questa sfera esterna è la sfera delle *stelle fisse*, ed internamente ad essa ruotano tutte le altre sfere celesti, i cui assi di rotazione non devono coincidere necessariamente con l'asse dell'universo, sebbene il centro di ognuna di queste sfere celesti corrisponda alla posizione della Terra. Ogni pianeta ha la sua sfera cristallina a cui è agganciato e di conseguenza ne viene trascinato nel loro moto di rotazione, ma non tutte le sfere celesti hanno un loro pianeta. I *moti apparenti* dei pianeti venivano generati dal trascinamento delle sfere interne ad opera di quelle più esterne, per cui il moto risultante dei pianeti non era più circolare, ma una combinazione di moti circolari.

Tolomeo, ispirandosi agli studi di Ipparco da Nicea, produsse degli scritti sistem-

atici che furono poi raccolti nel suo *Almagesto*, che ha rappresentato la bibbia per gli astronomi dell'antichità. Presenta un modello matematico-geometrico molto contorto del movimento dei corpi celesti. Compilò un catalogo che confrontò con misure catalogate in antichi documenti babilonesi, arrivando ad intuire il fenomeno della *precessione degli equinozi*. E' in questo periodo storico che nasce la *trigonometria*, essenziale per lo sviluppo dell'*astronomia*, con la catalogazione delle tavole delle *corde*, poi esposte in modo sistematico da Tolomeo nell'*Almagesto*.

Come ho scritto in precedenza, il modello matematico-geometrico introdotto da Tolomeo è molto complicato e contorto. Per spiegare alcuni fenomeni celesti osservati, quali l'apparente cammino retrogrado dei pianeti in alcuni particolari momenti dell'anno, ricorre a veri e propri accorgimenti che sembrano essere creati *ad hoc*. Introduce quindi il *circolo eccentrico*, l'*epiciclo*, il *deferente* e l'*equante*, ma per ovvi motivi di pesantezza contenutistica ne omette le descrizioni matematiche. Si dice che il re di Spagna, Alfonso X di Castiglia (1221 - 1264), quando volle apprendere il modello di Tolomeo, esclamò che se il Signore Onnipotente lo avesse consultato prima di intraprendere la Creazione, egli, il re di Spagna, sarebbe stato in grado di suggerirgli qualcosa di meglio da fare. Questo bizzarro episodio mette in luce come la filosofia di Aristotele, e le associate opere della scienza greco-alessandrina, riscoperte in Europa attraverso la paziente traduzione dall'arabo al latino, produsse un profondo effetto sulla cultura scientifica medioevale. Ecco allora che grazie all'opera di grandi filosofi-teologi quali san Tommaso d'Aquino (1226 - 1274), la filosofia del pagano Aristotele fu sdoganata per il suo contributo alla grande sintesi fra Cristianesimo e Ragione, che si affermò in Europa verso il XII secolo. Il Motore Immobile dell'universo aristotelico si identificò col Dio della dottrina cristiana, e il Primum Mobile con il paradiso del mondo cristiano, mentre la posizione centrale che occupava la Terra nella filosofia aristotelica ben si accordava con l'attenzione che il Dio cristiano riversava nell'Umanità.

Da questo connubio le idee della filosofia aristotelica assunsero la caratteristica del *dogma* religioso: sfidare tale visione dell'universo non rappresentava più una semplice controversia scientifica, ma significava sfidare soprattutto il potere della Chiesa, e i dissenzienti sarebbero stati inevitabilmente sottoposti al giudizio dei poteri della Chiesa del tempo.

5 Il Sistema Copernicano

Siamo nel XVI secolo d.C. e sono passati pochi anni dalla caduta di Costantinopoli. Come ho già detto, in questi anni compare la nuova tecnica di stampa a caratteri mobili, ma ciò non ha ancora tolto dalle mani dei monaci copisti il primato del copiare e tradurre i nuovi testi classici che sono comparsi dallo sfaldamento dell'Impero Romano d'Oriente.

E' in questo periodo che il mite abate polacco Nicolò Copernico (1473 - 1543), si ritrova nella biblioteca della propria abbazia alcuni volumi di scuola pitagorica trattanti modelli astronomici *eliocentrici*, quindi alternativi al sistema *geocentrico* tolemaico. Aristarco da Samo, eminente matematico di un circolo pitagorico, aveva in particolare già formulato nel 250 a.C. l'ipotesi eliocentrica. Probabilmente per paura della *Santa Inquisizione* l'opera di Copernico *De revolutionibus orbium coelestium* fu pubblicata il 24 maggio del 1543, lo stesso giorno

in cui morì, ad opera di un teologo luterano (quindi esente dall'inquisizione in quanto non cattolico) Andrea Osiander, che, appunto, si assunse il compito di pubblicarla per conto di Copernico.

Copernico attaccò in particolare il sistema tolemaico per gli artifici a cui doveva ricorrere per spiegare i dati astronomici, artifici che evidentemente lasciano insoddisfatta la ragione. Copernico propose perciò di mettere in moto la Terra, piuttosto che la totalità dei corpi celesti, rompendo con la tradizione astronomica classica e medioevale.

Il sistema eliocentrico copernicano non pretende di essere più vero di quello tolemaico, ma soltanto offre un procedimento di calcolo che si adatta meglio alle osservazioni, in altre parole, si presenta molto meno complicato di quello tolemaico.

La teoria copernicana si può condensare nei seguenti punti:

1. L'universo astronomico è sferico, finito, delimitato dalle stelle fisse.
2. Il Sole è immobile al centro dell'universo.
3. I pianeti e con essi la Terra girano attorno al Sole di moto circolare uniforme.
4. La Terra si muove dei seguenti moti:
 - di rivoluzione attorno al Sole, descrivendo una circonferenza completa in un anno;
 - di rotazione diurna, descrivendo un giro in 24 ore, con asse di rotazione obliquo rispetto al piano dell'eclittica;
 - di *precessione degli equinozi* o di librazione dell'asse di rotazione sul piano dell'eclittica.

I vantaggi di questo sistema sono enormi: innanzitutto a ciascun pianeta basta attribuire un raggio orbitale di rivoluzione e una velocità di rivoluzione, mentre nel caso del sistema geocentrico ad ogni pianeta corrispondono almeno cinque parametri: raggio e velocità della sfera deferente, raggio e velocità angolare del circolo dell'epiciclo, nonché la distanza dall'eccentrico! E questi non è l'unico vantaggio, ma per semplicità e brevità ometto gli altri.

Ai tempi di Copernico non esiste ancora un metodo per dimostrare che la Terra si muove o che resta ferma, perciò i due sistemi sono comunque assolutamente equivalenti, resta pertanto la relativa facilità di calcolo del sistema eliocentrico rispetto a quello geocentrico.

Ciò che in fin dei conti è importante non è tanto il sistema eliocentrico in sé, ma il fatto che Nicolò Copernico con la sua opera mise in moto un processo che portò alla più grande rivoluzione nel pensiero scientifico e filosofico occidentale, rivoluzione che vede nel Galilei il grande Padre e Maestro.

6 Riferimenti biografici del Galilei

Galileo Galilei nasce a Pisa il 19 Febbraio del 1563 da Vincenzo di Michelangelo Galilei (eminentissimo musicista e autore di trattati sulle sincronie musicali) e Giulia Ammannati. E' il primo dei figli maschi. Nello stesso anno nasce William Shakespeare, mentre si spegne Michelangelo.

La famiglia Galilei, nella Firenze del tempo, si presenta nobile e rispettata, ma economicamente in declino.

Galileo viene indirizzato, in giovane età, allo studio delle materie umanistiche e musicali; impara anche a leggere e scrivere in greco antico (Galileo è un uomo del suo tempo che, come molti umanisti rinascimentali, riscopre l'amore verso i classici greci a discapito di quelli provenienti dalla cultura arabo-latina).

Per risollevarle le sorti della famiglia, il padre lo indirizza agli studi di medicina presso l'Università di Pisa, studi che il Galileo amante della matematica e della geometria non terminò mai, infatti non si laureò. Ma è proprio durante la sua vita da studente che cresce in lui l'amore spassionato verso la matematica ed i volumi degli *elementi* di Euclide; l'incontro con questi volumi probabilmente cambieranno la vita del Galilei.

Appassionatosi agli studi di Archimede sulle densità dei corpi, nel 1585 pubblica il *theoremata circa centrum gravitatis solidorum* e, nel 1586, *la bilancetta*, ispirandosi ad un racconto presente in un testo di Archimede.

I volumi di Archimede vedono la luce in Europa occidentale solo nel XV secolo, all'indomani della caduta di Costantinopoli avvenuta nel 1453. Tramite questi volumi Galileo scopre il modo di procedere per *abduzione*, cioè per indizi (questo modo di procedere sarà parte integrante del *metodo scientifico* introdotto proprio dal Galilei).

Galileo ha ormai abbandonato definitivamente gli studi di medicina e nel 1589 è docente di Matematica presso l'Università di Pisa. In questo stesso anno inizia la composizione del *de motu*, a lungo rimasto inedito¹. Con questo testo Galileo dà il via alle aspre polemiche con l'aristotelismo ed i suoi difensori. Gli appunti di questo libro sono stati ritrovati solo dopo la morte di Galileo in maniera del tutto casuale. Erano infatti nascosti in una buca per il fieno e, una volta ritrovati da un giovane contadino analfabeta, vennero utilizzati da un noto macellaio fiorentino per incartare le fette di mortadella. Un nobile fiorentino, accorgendosi dell'importanza degli scritti (aveva acquistato delle fette di mortadella), si adoperò per recuperare tutti quei fogli preziosi, anche se l'opera non venne mai pubblicata.

Tra il 1592 ed il 1610 Galileo ottiene la cattedra di Matematica presso l'Università di Padova, alla facoltà di medicina. Allo scopo di accattivarsi la simpatia del Doge di Venezia e per poter ottenere un cospicuo aumento dello stipendio, pubblica diverse opere a scopo militare: *Trattato di fortificazione*, *Breve istruzione dell'architettura militare*, *Le meccaniche*, *Trattato della sfera ovvero cosmografia*, *le operazioni del compasso geometrico militare*.

Il compasso geometrico militare era, in realtà, non una sua invenzione. Il matematico Bürgi aveva costruito prima di lui un dispositivo analogo, ma Galileo possedeva un più accentuato senso imprenditoriale che lo poneva in una posizione vantaggiosa. Scopo di questo strumento era quello di eseguire rapidamente diversi calcoli senza carta e senza abaco (gli ingegneri militari mostrarono grande interesse per questa nuova invenzione).

I trattati sulle curve meccaniche e sulla sfera sono invece di chiara ispirazione archimedea.

Nel 1609 un mercante veneziano mostra a Galileo un nuovo strumento, il cannocchiale, costruito da alcuni artigiani danesi. Galileo, pur non sapendo alcunché di

¹Il motivo della non pubblicazione di questo volume è nella paura di Galileo nello sfidare il Santo Uffizio dopo aver preso visione degli strumenti di tortura.

ottica, modifica e potenzia questo strumento "giocando" con la disposizione di più lenti consecutive. Riesce dunque a costruire un nuovo cannocchiale capace di ingrandire ben nove volte, anche se non perfettamente a fuoco. Ma non si ferma qui, infatti, aggiunge al cannocchiale una griglia micrometrica per stimare le distanze degli oggetti ingranditi attraverso le proporzioni².

Basandosi su alcune osservazioni astronomiche fatte ad occhio nudo da Tycho Brahe, decide di puntare il suo nuovo strumento verso il cielo (ed in questo fu il primo) scoprendo una gran quantità di stelle non visibili ad occhio nudo, nonché quattro satelliti di Giove che Galileo non esita a chiamare *medicei*³. Grazie alla griglia micrometrica riesce anche a calcolare la distanza dei satelliti da Giove e a stimarne la velocità di rivoluzione (è da notare come questi valori, con un minimo di approssimazione, siano ancora attuali).

Spinto dalla curiosità suscitata dalla lettura del *De Magnete* di William Gilbert⁴, decide di puntare il cannocchiale verso la Luna, osservando le macchie lunari già descritte da Gilbert e dimostrando, ancora una volta, la falsità delle tesi aristoteliche che vedono gli astri dell'universo ultralunare perfetti, lisci ed incorruttibili. Nel 1610 Galileo compendia tutte le osservazioni astronomiche fatte col cannocchiale nel *sidereus nuncius*.

Il 1623 è per Galileo un anno che vede rinascere il suo entusiasmo per la ricerca scientifica, dopo i primi ammonimenti del Santo Uffizio. In questo periodo Tycho Brahe osserva tre nuove comete e dimostra, attraverso complicati ma precisi calcoli matematici⁵, che esse transitano oltre il cielo della Luna, confermando la non immutabilità dell'universo, sostenuta dall'aristotelismo. Su queste notevoli osservazioni Galileo pubblica *Il Saggiatore*, opera con la quale entra in aperto contrasto col gesuita e aristotelico Orazio Grassi, fiero e fermo difensore della dottrina aristotelica. L'opera ebbe enorme fortuna in Europa e le copie in stampa furono oltre mille (un vero record per quel periodo).

Col successo di divulgazione del saggiatore e con le nuove osservazioni di Tycho Brahe, Galileo spera in un ammorbidimento delle posizioni estremiste della Chiesa del tempo e, sull'onda dell'entusiasmo ritrovato, pubblica nel 1624 una delle sue più grandi opere: *Dialogo sopra i due massimi sistemi*. Attraverso quest'opera Galileo intende esporre in modo semplice e coerente il nuovo sis-

²Galileo fu anche precursore della prospettiva nella pittura, dopotutto il suo sogno era di diventare pittore.

³Lo scopo di Galileo è quello di tornare a Firenze, così fa di tutto pur di guadagnarsi la stima e la simpatia del Granduca di Toscana, dedicandogli, come in questo caso, i nomi dei quattro satelliti scoperti. In seguito Galileo "calcolerà" anche l'oroscopo naturalmente propizio del Granduca, contravvenendo così al suo rigore scientifico che ha fatto di lui un fiero oppositore dell'aristotelismo.

⁴Per Gilbert le macchie lunari sono "terre", invece le zone più luminose sono oceani. Il *Mare Imbrium*, la configurazione meglio rappresentata, è chiamata *Regio Magna Orientalis*. A nord di questa formazione disegna una *Insula Borealis* in corrispondenza del *Mare Frigoris*. È sorprendente il fatto che Gilbert metta in comunicazione la parte occidentale della *Regio Magna Orientalis* con la *Regio Magna Occidentalis*, attraverso uno stretto che ha una effettiva corrispondenza nella zona pianeggiante che separa la catena montuosa del Caucaso con gli Appennini, e segna il passaggio da *Mare Imbrium* al *Mare Serenitatis*. La percezione di questa minuscola struttura testimonia la notevole acutezza visiva di Gilbert. Nel complesso, lo schizzo di Gilbert riproduce, con discreta precisione, le macchie del nostro satellite così come si presentano ad occhio nudo.

⁵Il sistema astronomico adottato da Tycho Brahe è misto tra quello geocentrico e quello eliocentrico. Esso presuppone la Terra immobile al centro dell'universo, con gli astri rotanti attorno al Sole che, a sua volta, ruota attorno alla Terra. Questo sistema, per le sue caratteristiche, fu chiamato eliogeocentrico.

tema copernicano eliocentrico, mettendolo in relazione con quello geocentrico, apprezzandone la semplicità dei calcoli.

Dopo una prima parziale approvazione, il Santo Uffizio, per mano del cardinale Bellarmino⁶, proibisce la pubblicazione del Dialogo inserendolo nell'indice dei libri proibiti dalla Chiesa. Galileo viene accusato di eresia⁷ e di antiteismo⁸. Si dice che Galileo abbia acconsentito alle richieste del Santo Uffizio dopo aver preso visione degli strumenti di tortura.

Il processo non si conclude col carcere o la tortura, ma con l'esilio a vita presso la villa di Arcetri, vicino Firenze e sotto l'occhio vigile della Santa Inquisizione. E' proprio qui che Galileo pubblica la sua ultima grande opera dal titolo *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla meccanica ed i movimenti locali*.

Con questo trattato Galileo getta le basi della dinamica moderna, presentando la propria formulazione del principio d'inerzia, che in seguito verrà ripreso dal grande Isaac Newton. In questa l'opera si trova l'ultima asprissima polemica contro la dottrina del moto aristotelica, soprattutto per quanto concerne la caduta libera dei gravi.

Nel 1640 un Galileo ormai stanco e malato, seppur lucido, scrive la *lettera sul candore della Luna*, in cui sono raccolte tutte le osservazioni astronomiche fatte a suo tempo sulla Luna, ispirandosi, come già detto in precedenza, alle descrizioni delle macchie lunari del *De Magnete* di William Gilbert.

Nel 1643 Galileo muore⁹ in esilio ad Arcetri e, come naturale continuazione di questo enorme sconvolgimento scientifico messo in atto dalle sue opere, nello stesso anno nasce oltremarica Isaac Newton.

I *Dialoghi* di Galileo furono rimossi dall'indice dei libri proibiti solo nel 1835. La Chiesa Cattolica riabilitò pubblicamente e formalmente il Galilei dall'accusa di eresia nel 1992, trecentocinquanta anni dopo la sua morte, con la nota del Papa Giovanni Paolo II su *"l'intelligenza, testimoniata dalle meravigliose scoperte della scienza e della tecnica, ci porta in ultima analisi, a quel primordiale e trascendente pensiero impresso in tutte le cose"*.

7 La filosofia galileiana

Nell'opera *Il Saggiatore*, nel polemizzare col gesuita aristotelico Orazio Grassi, Galileo si definisce aristotelico puro. Ad oggi questa sua affermazione ha più il sapore di una presa in giro che di altro, almeno tenendo conto delle aspre

⁶Durante un soggiorno a Roma, attraverso un decreto del cardinal Roberto Bellarmino, Galileo viene ammonito ad astenersi, pena il carcere e la tortura, dal professare e dall'insegnare la teoria copernicana, in quanto inconciliabile con la fede cattolica. Il cardinale Bellarmino era il consigliere di Papa Paolo V, e fu l'inquisitore nel processo per eresia a Giordano Bruno, il quale fu condannato al rogo nel 1600. Il cardinale Bellarmino venne canonizzato "San Roberto Bellarmino" sotto il papato di Pio XI, nel 1930.

⁷Durante il processo Galileo tenta più volte di dimostrare le sue verità invitando gli inquisitori a guardare il cielo col cannocchiale. L'opposizione violenta e ferma degli inquisitori si può sintetizzare nell'*ipse dixit*, per cui è lo strumento che risulta essere ingannatore e falso e non la teoria aristotelica.

⁸In realtà Galileo era un fervente cattolico e un fedele credente, ma rivendicava l'indipendenza delle scienze dalla religione.

⁹Le sue spoglie verranno definitivamente deposte nella basilica di Santa Croce a Firenze solamente nel 1736. Ugo Foscolo, nel carne *i sepolcri* loderà la maestà e grandezza di questo insigne ed immortale scienziato.

polemiche avute per gran parte della sua vita contro gli aristotelici.

La sua ispirazione, al contrario, è di chiaro stampo platonico. Galileo, infatti, pensa che l'universo abbia una sua struttura non caotica, ma razionale. *Il mondo è scritto in linguaggio matematico*, dirà Galileo in alcuni suoi scritti da giovane (quando era forte la passione per i libri degli *Elementi* di Euclide), quasi a voler elevare la matematica a *idea perfetta*, proprio come fece Platone della matematica. Ma in questa sua affermazione sulla razionalità dell'universo non può non cogliersi anche uno stampo pitagorico¹⁰.

Ciò che maggiormente conta del pensiero galileiano è l'innovazione e la freschezza scientifica che esso porta in sé. Il suo famoso *metodo scientifico* è sintetizzato nel suo modo di fare, nel suo *scienziare* tipico della fanciullezza¹¹. Il nuovo metodo scientifico altro non è che il modo, lo stile di procedere nella scoperta, proprio di Galileo. Questo entra in netta contraddizione col pensiero aristotelico di una scienza intesa come *aprioristica*, comandata dall'alto da una logica che pretende di generare qualsiasi dimostrazione tramite sillogismi.

Per Galileo è palese l'incapacità della logica di produrre dimostrazioni scientifiche; il problema della caduta dei gravi ne è una chiara dimostrazione (Galileo applica le considerazioni fatte da Aristotele¹² a riguardo giungendo ad una contraddizione).

La scienza non può dunque definirsi aprioristica, ma fare scienza significa essenzialmente scienziare: la teoria solo dopo la dimostrazione di funzionalità pratica¹³. Galileo rivendica l'indipendenza della scienza dalla religione e da ogni tipo di superstizione¹⁴.

¹⁰In realtà i rapporti tra pensiero galileiano e pensiero pitagorico sono molto tesi. Basta pensare alla legge sulla isocronia del pendolo, intuiva dal padre di Galileo e perfezionata da Galileo stesso, in netta contraddizione con la concezione pitagorica della musica vista esclusivamente come rapporti proporzionali di lunghezze

¹¹Scrive di lui il Viviani: *Cominciò questi ne' prim'anni della sua fanciullezza a dar saggio della vivacità del suo ingegno, poiché nell'ore di spasso esercitavasi per lo più in fabbricarsi di propria mano varii strumenti e machinette, con imitare e porre in piccol modello ciò che vedeva d'artifizioso, come di molini, galere, et anco d'ogni altra macchina ben volgare. In difetto di qualche parte necessaria ad alcuno de' suoi fanciulleschi artifizii suppliva con l'invenzione, servendosi di stecche di balena in vece di molli di ferro, o d'altro in altra parte, secondo gli suggeriva il bisogno, adattando alla macchina nuovi pensieri e scherzi di moti, purché non restasse imperfetta e che vedesse operarla.*

¹²Secondo Aristotele la velocità di caduta di un corpo dipende dal suo peso, per cui un corpo più pesante in caduta libera avrà più velocità di un corpo più leggero. E' da notare come Aristotele giunga a questa conclusione senza far alcun uso dell'osservazione e, soprattutto, dell'esperimento. Galileo, seguendo il ragionamento fatto da Aristotele, conclude che due corpi di peso diverso, legati tra loro e fatti cadere liberamente, avrebbero al contempo sia una velocità maggiore del corpo più pesante (in quanto il peso dei due corpi uniti è maggiore del peso del corpo più pesante) che una velocità minore del corpo più leggero (perché la velocità minore del corpo più leggero tenderebbe a frenare il moto dei due corpi uniti), e questa è una chiara contraddizione. Galileo, attraverso esperimenti condotti coi piani inclinati, giunge alla conclusione che la velocità di caduta di un corpo non dipende dal suo peso, ma dalla resistenza che il corpo oppone (per superficie e forma) all'aria. Un foglio di carta, se lasciato libero di cadere da una certa altezza, giunge a terra più velocemente se viene accartocciato (superficie di contatto con l'aria minore), piuttosto che se lasciato aperto (superficie di contatto con l'aria maggiore), pur mantenendo costante il proprio peso.

¹³Questa visione galileiana sarà rivista e corretta da Albert Einstein, che darà molto più spazio alla libera intuizione logica, senza l'ausilio dell'esperimento.

¹⁴Galileo soffre il bavaglio imposto dalla Chiesa Cattolica del tempo contro ogni innovazione che contrasti con la dottrina ufficiale e di stampo aristotelico. Durante questi anni bui si assiste alla proliferazione di nuovi scienziati in paesi luterani (il luteranesimo, infatti, si dimostra più aperto a nuove concezioni di natura scientifica), mentre avviene l'inesorabile annichimento di nuovi pensatori di area cattolica (si pensi che per più di quattrocento anni non si avrà traccia

Esiste uno scarto incolmabile tra teoria prescritta (così come l'intendeva Aristotele) e pratica effettiva (basata sul metodo scientifico).

Galileo può essere considerato come anello di giunzione tra il classico ed il moderno. Egli è moderno nel suo modo di procedere (metodo scientifico), ma resta saldamente agganciato alla tradizione classica nel suo modo di pensare prevalentemente ippocratico o, se vogliamo, archimedeo¹⁵.

7.1 Considerazioni finali

Galileo non può essere considerato scienziato a sé stante o isolato da un contesto; la sua figura può essere considerata e compresa fino in fondo solo se inserita in una fitta rete di scienziati e pensatori a lui contemporanei. Egli conosce le opere di Aristotele, di Platone e di Pitagora grazie alle traduzioni dall'arabo. Conosce una versione molto modificata da Nassir Eddin dei libri degli *Elementi* di Euclide. Ma forse è proprio la scoperta dei testi originali degli *Elementi*, all'indomani della caduta di Costantinopoli, che suscita in Galileo il grande amore (tale da spingerlo a lasciare gli studi di medicina) per la matematica e la geometria. Questa non sarà l'unica sua fonte di ispirazione. Il rinascimento umanistico europeo fa sì che vengano alla luce i testi di Archimede, sconosciuti fino al XV secolo, con i connessi trattati sulle coniche e su alcune curve meccaniche, che ispireranno non poco i primi anni di vita scientifica di Galileo.

Altra grandissima fonte di ispirazione è rappresentata dall'opera di Nicolò Copernico, il *De Revolutionibus Orbium Coelestium*. Galileo abbraccia senza alcuna riserva l'ipotesi eliocentrica, che ben si sposa con le sue osservazioni astronomiche e con una propria concezione di scienza non aprioristica: fino a prova contraria ogni ipotesi può considerarsi vera (e forse il suo odio innato contro la dottrina aristotelica è ciò che lo spinge ad abbracciare fedelmente questa nuova ipotesi, rafforzata anche dalle osservazioni astronomiche di Tycho Brahe).

Non si possono non citare i rapporti epistolari con lo stesso Tycho Brahe, Keplero, Stevino (preziosissime le sue ipotesi sulla meccanica dei fluidi per la costruzione della bilancetta), Cavalieri (il primo ad applicare la matematica alla realtà e che permette a Galileo, attraverso la matematizzazione dell'universo, di fare quel passo in avanti rispetto alla sintesi platonica che relega la matematica ad esclusiva idea perfetta, cioè unicamente astratta).

Altro ruolo fondamentale è quello dell'opera *De Magnete* di William Gilbert. Sono le immagini delle macchie lunari presenti in questo testo che spingono Galileo a puntare il suo cannocchiale verso il cielo e, quindi, la Luna.

di scienziati di Spagna e Portogallo, paesi in cui ha governato sovrano il fanatismo religioso cattolico).

¹⁵Il metodo spesso preferito da Galileo, e tipico di ogni inventore, è l'*abduzione*, analisi dei sintomi e degli indizi. Ne è un esempio il problema del galleggiamento dei corpi risolto, attraverso questo metodo, da Archimede.