

GALILEO GALILEI

Galilei nasce a Pisa il 15 febbraio 1564. Dopo essersi trasferito a Firenze con tutta la famiglia, fa ritorno nel 1581 a Pisa per studiare medicina. Ma i suoi interessi sono altri: è soprattutto la matematica ad affascinarlo, grazie soprattutto alle lezioni di Ostilio Ricci. E così cambia facoltà, iscrivendosi a Matematica e conseguendo prima la laurea e poi la libera docenza. Nel 1592 si trasferisce a Padova, per insegnare nella locale università, roccaforte dell'aristotelismo. Nella città patavina il giovane scienziato rimarrà per diciotto anni, un periodo fecondissimo per le sue ricerche. Il suo piccolo studio si trasforma subito in un vero e proprio laboratorio sperimentale, dove vengono messi a punto anche apparecchi e strumenti di precisione. Nei primi mesi del 1609 egli viene a conoscenza di uno strumento di osservazione realizzato attraverso una combinazione di lenti, tale da avvicinare gli oggetti lontani: il cannocchiale. E tuttavia le notizie, che provengono dalle Fiandre, sono frammentarie. Ciononostante Galilei decide di mettersi al lavoro per costruirne uno. Una volta realizzato, lo presenta al Consiglio della Repubblica di Venezia. Il successo è enorme. Inizia così una straordinaria carriera per lo studioso pisano, in grado di portarlo in pochi anni ai vertici della comunità scientifica europea. E tuttavia la svolta che segnerà la sua esistenza, nel bene e nel male, arriva solamente in una splendida notte d'autunno, quando Galilei decide di puntare il suo cannocchiale verso il cielo, trasformandolo in uno strumento tutto nuovo: il telescopio. È difficile credere che nessuno abbia tentato di farlo prima eppure e così, quanto meno in Europa negli ultimi secoli. In fondo c'era poco da scoprire di un universo spiegato sin nei minimi dettagli da Aristotele e Tolomeo e sostenuto dalle gerarchie religiose. Volere violare i suoi "segreti" poteva significare sconfinare nell'eresia. Al cielo guardano i fedeli, non gli scienziati. Ma Galileo, scienziato e fedelissimo alla chiesa di Roma, non può mettere un freno alla sua curiosità, fedele al principio che sia proprio questa la molla della conoscenza, come sosteneva proprio Aristotele. E quella notte l'universo gli appare molto diverso da come lo aveva letto sui libri della scienza tradizionale: decisamente più grande, con tanti astri mai visti prima. Inizia così la scoperta dello spazio, che Galilei decide di rendere pubblica con l'opera *Sidereus Nuncius*, pubblicato sempre nel 1610. E alla fine di questo straordinario anno Galilei torna a Firenze, per assumere l'incarico di "matematico primario dello Studio di Pisa e filosofo del granduca". Nella città toscana lo scienziato pisano prosegue le sue ricerche, facendo altre sensazionali scoperte, sia in campo astronomico sia in quello fisico. Scienziati e studiosi di tutta Europa fanno letteralmente a gara per incontrarlo, per assistere alle sue lezioni, per avere un colloquio privato con lui. E non solo loro: anche la Chiesa cattolica si mostra particolarmente interessata agli studi dello scienziato. E così nel 1611 Galilei viene invitato dal Collegio romano per illustrare le sue scoperte di fronte ai matematici gesuiti, tutti aristotelici. È un altro trionfo. Eppure non sfugge ai presenti la portata rivoluzionaria delle scoperte dello scienziato toscano, in grado di determinare una sostanziale demolizione di tutta la scienza aristotelica e con essa, almeno per quanto riguarda il cosmo, anche la visione biblica dell'universo. E tuttavia in questo periodo la Chiesa non ha ancora preso una chiara posizione sull'argomento, lasciando in tal modo sostanzialmente liberi gli scienziati di indagare. Certo, pesa ancora il rogo di Bruno, come anche le migliaia di processi che i tribunali della Santa Inquisizione sparsi in tutta Europa continuano ad imbastire contro i liberi pensatori. E tuttavia il copernicanesimo non è ancora una eresia per la chiesa di Roma. In questo periodo, cioè, le gerarchie cattoliche mostrano interesse per le nuove ipotesi sull'universo, purché si continui a trattarle come tali. E tuttavia non tutti sono d'accordo, come dimostra l'ostilità che le ricerche galileiane incontrano presso i suoi ex colleghi dell'università di Padova, per non parlare dei domenicani di Firenze, che lo accusano senza mezzi termini di essere un eretico. Ma Galilei si mostra tranquillo. Egli non è un infedele, non critica la chiesa cattolica, anzi la sostiene palesemente e può anche contare sull'amicizia che lo lega a papa Urbano VIII, appartenente ad una ricca e influente famiglia fiorentina, i Barberini. Ed è proprio il papa ha incoraggiarlo personalmente a proseguire nei suoi studi. Forte di tali appoggi, Galilei non esita a chiarire ulteriormente il suo pensiero in alcune lettere inviate ad amici e conoscenti sull'argomento tra il 1613 e il 1615 e successivamente pubblicate con il titolo di *Lettere copernicane*. In una di queste, indirizzata a Giuliano de' Medici il 1 gennaio 1611, lo scienziato si dichiara apertamente copernicano. In un'altra, inviata a Federico Cesi, uno studioso appartenente alle gerarchie cattoliche, parla della impossibilità di mantenere "l'immutabilità dei cieli", ovvero di abbattere il sistema aristotelico-tolemaico. Naturalmente Galilei è cosciente del fatto che simili posizioni entrino in conflitto con quanto scritto nelle Sacre Scritture e non vuole certo nascondere il problema. In una lettera scritta il 21 dicembre 1613 all'amico e discepolo Benedetto Castelli scrive: "se bene la Scrittura non può errare, potrebbe nondimeno talvolta errare alcuno de' suoi interpreti ed espositori". Insomma, a suo parere il copernicanesimo non entrerebbe tanto in conflitto con le Scritture quanto con i suoi "interpreti ed espositori". A parere di Galilei, cioè, la Bibbia ha dovuto tenere conto del livello culturale dell'epoca in cui è stata scritta, di quelli che definisce "popoli rozzi. Come dire che, se venisse scritta oggi, accetterebbe l'idea che la Terra e gli altri pianeti girino intorno al Sole.

Ma il 24 febbraio 1616 il contesto muta radicalmente: il Sant'Uffizio condanna ufficialmente come *assurda* la proposizione che il Sole sia immobile “al centro del mondo” e come *eretica* la proposizione che la Terra giri intorno al Sole. Di conseguenza, finisce all'indice dei libri proibiti il *De revolutionibus* di Copernico. E Galilei? Lo scienziato toscano riceve solamente un “ammonimento” a firma del cardinale Bellarmino, che è un suo estimatore, a “non difendere e insegnare in alcun modo” quella teoria. Ma Galilei continua a mostrarsi tranquillo. Un ammonimento non è una scomunica e comunque il papa, anche dopo la condanna del copernicanesimo, continua ad incoraggiarlo, finanziando le sue ricerche. Di più: sembra che lo stesso Urbano VIII lo convinca a scrivere un'opera dedicata proprio alla diatriba tra geocentrismo ed eliocentrismo. La stesura del libro dura diversi anni, segno che Galilei intende muoversi con estrema cautela. Nel 1632 l'opera è finalmente terminata, con il titolo di *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano*. Non rimane che pubblicarla. Galilei si rivolge all'Inquisizione di Roma per i necessari permessi, i quali vengono concessi a condizione che l'opera venga stampata a Roma ma non prima di essere accuratamente studiata da una apposita commissione, di cui fa parte anche Federico Cesi. Ma quest'ultimo improvvisamente muore. A questo punto Galilei, forse temendo un'ulteriore dilatazione dei tempi della pubblicazione o forse perché timoroso di avere perso uno dei suoi estimatori all'interno della commissione, decide di rivolgersi alla Inquisizione di Firenze, la quale concede il permesso di stampare l'opera nella città toscana. Ma a questo punto interviene l'Inquisizione di Roma, che blocca la stampa, invitando lo scienziato a comparire davanti al suo tribunale per rispondere all'accusa di eresia. Si apre in tal modo il processo contro Galilei, che durerà alcuni anni. Ma come è possibile che la Chiesa cattolica muti radicalmente la propria posizione nei confronti del filosofo toscano in così poco tempo? Come è possibile passare dagli incoraggiamenti e i finanziamenti alla tremenda accusa di essere un eretico? Sono domande ancora oggi senza risposte precise.

Quello che si può affermare è che il *Dialogo* non è un trattato scientifico, ma una “finzione letteraria”. In una opera letteraria esistono sempre dei personaggi, più o meno reali, con delle precise caratteristiche, che possono suscitare nel lettore approvazione o disapprovazione, ancor più in un dialogo serrato come quello messo in scena da Galilei, una vera e propria guerra tra due posizioni assolutamente inconciliabili. E tuttavia un ottimo scrittore come lui avrebbe potuto trovare il modo di presentare tale diatriba in maniera più o meno imparziale, se avesse voluto. Ma non accadde. I protagonisti dell'opera sono, infatti, da una parte Filippo Salviati, un nobile e colto scienziato fiorentino nonché amico dell'autore, al quale l'autore affida il compito di farsi portatore delle idee copernicane, e dall'altra, quella geocentrica, un uomo dal nome sin troppo esaustivo, Simplicio, del tutto inventato per l'occasione. Ebbene quest'ultimo esce letteralmente con le ossa rotte dal confronto con Salviati. Esiste anche un terzo personaggio, che avrebbe il ruolo di moderare la discussione, Giovan Francesco Sagredo, un nobile patrizio veneziano, anch'egli, come Salviati, realmente esistito, che tuttavia non fa mistero di propendere per l'eliocentrismo. Insomma, l'opera a conti fatti sembra effettivamente contravvenire l'ammonimento di Bellarmino. Ma poteva essere altrimenti? Non erano forse note le posizioni di Galileo sull'argomento? Non le aveva ulteriormente chiarite nelle *Lettere*? Eppure lo si è continuato ad incoraggiare. Perché allora condannarlo?

Al di là delle questioni riguardanti la pubblicazione, dove Galilei si è indubbiamente mosso con estrema leggerezza, le ragioni vanno ricercate altrove. Il momento fatidico di tutta la questione è la condanna del copernicanesimo da parte della chiesa cattolica, che avviene nel 1616, vale a dire sedici anni prima della pubblicazione del *Dialogo*. Si tratta di una svolta epocale, un punto di non ritorno nei rapporti tra fede cattolica e scienza. Fino ad allora, infatti, erano stati soprattutto i luterani a condannare il copernicanesimo e senza riserva alcuna. Sulla base della dottrina del sacerdozio universale, con la conseguente eliminazione delle gerarchie ecclesiastiche e del ruolo dei sacerdoti come intermediari tra dio e l'uomo, il fedele non ha che un mezzo per ricercare la verità in questo mondo, la lettura delle Scritture. E se le queste propendono per il geocentrismo significa che ogni differente teoria non può che configurarsi come eretica. Il cattolicesimo, al contrario, mantenendo e rafforzando, dopo il Concilio di Trento, il ruolo della chiesa, continua ad affidare ad essa l'interpretazione delle scritture. Dunque, per alcuni anni, la questione relativa ai movimenti astrali rimane aperta, anche se solamente a livello teorico. Il quadro cambia notevolmente nel 1616. Perché?

Da quando si è rotta l'unità dei cristiani nell'Europa occidentale (quella orientale si riconosce quasi interamente nella chiesa ortodossa), le religioni riformate non hanno fatto che guadagnare terreno. La chiesa cattolica si sente ormai sotto assedio. La paura dell'accerchiamento riduce gradualmente i margini di manovra nei confronti della scienza. Non si può apparire meno ortodossi dei luterani in questo campo, ancor meno alla vigilia di una guerra di vastissime proporzioni, che insanguinerà il continente per decenni, la Guerra dei Trent'Anni, che vede le potenze cattoliche combattere contro quelle riformate. In gioco, dunque, c'è la guida del cristianesimo nel Vecchio Continente. La bolla del 1616 con la quale si condanna il copernicanesimo è l'annuncio di questa guerra. Galilei però è devoto alla chiesa cattolica, amico del papa e del cardinale

Bellarmino, che quell'annuncio ha sottoscritto. Dunque merita un altro trattamento, anche perché si tratta dello scienziato più famoso del mondo. Dopo il rogo di Bruno la chiesa cattolica non può permettersi un altro duro colpo alla propria immagine. Stretta tra la necessità di riaffermare l'ortodossia e la volontà di riscattare una immagine negativa che ha contribuito a farle perdere fedeli, la chiesa cattolica esita con Galilei, nella speranza che le sue scoperte non cancellino quanto sostenuto dalle Scritture. Poi l'Europa si incendia e in una guerra la prima cosa a morire è proprio la verità. Difficile rimanere neutrali quando si vive in una trincea ed è quello che Galilei cerca di fare. Ecco allora l'unica "colpa" di Galilei, quella di avere continuato a fare lo scienziato in una epoca in cui bisognava trasformarsi in soldati e scegliere l'una o l'altra parte. La chiamata alle armi del cardinale Bellarmino viene in effetti disattesa da Galilei, in nome di una libertà di ricerca che non può esistere in un campo di battaglia. In guerra valgono gli ordini dei superiori e non ci si può permettere leggerezze come quelle mostrate in occasione della pubblicazione. Insomma, la chiesa cattolica è in guerra e Galilei, che è un fedele, non può sottrarsi alle sue responsabilità. L'autonomia della scienza, fortemente sostenuta dal filosofo, appare dunque come una pericolosa provocazione.

E così, una volta costretto a comparire davanti al tribunale della santa Inquisizione, di cui sono noti i metodi coercitivi e le dure condanne, a Galilei non resta che scegliere tra due vie: la prima, quella della fedeltà alla verità, che lo condurrebbe dritto al rogo o al carcere a vita e la seconda, quella della abiura, che metterebbe la parola fine alla sua professione di scienziato. Galilei opta per la seconda, pentendosi di quanto sostenuto e giurando di combattere le idee copernicane. In cambio ottiene una sorta di arresti domiciliari presso la villa di Arcetri, dove morirà, ormai completamente cieco, nel 1642. La chiesa cattolica continuerà a considerare Galilei un eretico fino in epoca recente. Solamente nel 1992 papa Giovanni Paolo II riabiliterà la figura del filosofo, sebbene senza sconsigliare la sentenza.

Il metodo scientifico

Il metodo adottato da Galilei può apparire sostanzialmente empirico: le sue scoperte, infatti, vengono realizzate mediante specifiche apparecchiature, veri e propri "potenziatori" dei sensi, come il cannocchiale. Ma le cose non stanno proprio così. Quello che Galilei inaugura è un metodo scientifico assolutamente rivoluzionario. Egli è infatti convinto che i sensi siano sì indispensabili alla conoscenza, ma anche non del tutto sufficienti. Prendiamo il caso del movimento della Terra intorno al Sole. I nostri sensi smentiscono tale ipotesi e ai tempi di Galilei nessuno strumento era in grado di dimostrare il contrario. Ha dunque ragione Simplicio a sostenere il geocentrismo? Se si segue l'**induzione**, vale a dire il procedimento che, partendo dalla osservazione di un certo numero di casi particolari, porta alla formulazione di una teoria universale, si può rispondere affermativamente. Ecco perché tale procedimento non è sufficiente. Occorre mettere in campo, oltre ai sensi, anche la nostra capacità di ragionare, per poi eventualmente cercare conferme. È quello che fa la **deduzione**: partire da principi primi, da postulati generali, per giungere, attraverso concatenazioni logiche, ad asserzioni più particolari. Un problema per la verità antico, che già Aristotele aveva studiato a fondo nel suo *Organon*. La differenza tra i due procedimenti, secondo Aristotele, sta tutto nel cosiddetto "termine medio". Nell'induzione, infatti, tale termine è un semplice fatto, mentre nel ragionamento deduttivo funge da "perché sostanziale". Vediamo due esempi. Partiamo dal ragionamento deduttivo:

Tutti gli uomini sono animali,
tutti gli animali sono mortali,
tutti gli uomini sono mortali.

Il termine medio è "animale" e rappresenta la connessione necessaria tra i due estremi, vale a dire le due premesse iniziali. Dunque, il termine medio garantisce la validità di tutto il sillogismo, il solo in grado di portarci ad una conclusione valida sempre.

Veniamo al ragionamento induttivo:

L'uomo, il cavallo e il mulo sono longevi,
l'uomo, il cavallo e il mulo sono animali senza fiele,
dunque gli animali senza fiele sono longevi.

Il termine medio è "essere senza fiele" ed è evidente che non connette nulla. Si tratta cioè di un fatto, di una affermazione "a posteriori", cioè realizzata dopo una osservazione, al contrario della precedente, che era "a

priori”, cioè a prescindere dall’osservazione. Se il procedimento deduttivo è sempre valido, quello induttivo lo è solamente nella totalità dei casi in cui si riscontra la sua effettiva validità.

Ancora oggi il confronto tra i due procedimenti è serrato. Nel secolo appena trascorso, per esempio, il matematico Bertrand Russell ha mostrato tutta la debolezza del processo induttivo con un esempio divertente, quello del cosiddetto “tacchino induttivista”. La storia è ambientata negli Usa, dove un tacchino vive in una fattoria ricevendo quotidianamente e sempre alla stessa ora il cibo dal contadino. Continuando tale consuetudine, il tacchino si convince che così dovrà essere sempre. L’osservazione di un certo numero di casi particolari, dunque, lo porta ad affermare induttivamente che “ogni giorno e sempre alla solita ora, il contadino mi porta da mangiare”. E in effetti tutto sembra procedere in tal modo, fino a quando, però, non giunge il “giorno del ringraziamento”, che negli Usa si festeggia portando nelle case degli americani milioni di tacchini ingrassati a dovere. Naturalmente questo il tacchino induttivista non lo sa. E così, quando arriva il contadino, egli è tranquillo, convinto che sia giunta l’ora del pranzo. Ma invece di *mangiare* finirà *mangiato* da una famiglia americana. La debolezza del metodo induttivo appare in tutta la sua evidenza: non ci saranno mai sufficienti casi per affermare con assoluta certezza che un fenomeno segue un ben determinata legge. Prima di Russell gli esempi volti alla confutazione del metodo induttivo erano altri. Il più noto è quello relativo ai cigni. Dato che non si erano osservati che cigni bianchi, l’asserzione “tutti i cigni sono bianchi” veniva considerata valida e universale. Ma una volta scoperta l’Australia il panorama cambia completamente. Lì, infatti, esistono cigni neri e dunque quella affermazione non è più valida. Ma questo significa forse che il metodo deduttivo è l’unico in grado di fornire conoscenze universali? Non proprio. Se infatti prendiamo in considerazione il sillogismo aristotelico e seguiamo la regola che le premesse devono essere sempre valide, come si fa a stabilire che lo sono realmente? Che cosa garantisce, nell’esempio aristotelico, che gli uomini siano realmente tutti “animali” e che gli animali siano realmente tutti “mortalità” se non proprio mediante un processo induttivo, basato cioè sull’osservazione di un numero pressoché illimitato di casi?

Forse proprio perché consapevole delle potenzialità ma anche dei limiti di entrambi i procedimenti che Galilei opta per un metodo che li comprenda entrambi, come due momenti di un unico procedimento. Un momento induttivo, che lo scienziato chiama **sensate esperienze**, ed uno deduttivo, le **necessarie dimostrazioni**. Il luogo in cui avviene l’incontro tra i due procedimenti è il **laboratorio**. Si tratta di un luogo molto particolare, poiché qui si cerca di ripetere quanto avviene nella natura, eliminando tuttavia tutte le possibili perturbazioni che ne inficiano il risultato. Si tratta, in buona sostanza, di trovare una legge valida in ogni dove ed in ogni tempo, in grado cioè di eliminare le particolarità di un ben determinato contesto. È quanto accade, per esempio, con la **Legge di caduta dei gravi**. La leggenda vuole che Galilei abbia fatto cadere dalla Torre pendente di Pisa due sfere, una di ferro e l’altra di legno, cronometrando i tempi di caduta. La medesima leggenda vuole anche che Galilei, rivolgendosi ai curiosi che affollavano la piazza, li abbia convinti che i due gravi fossero caduti quasi contemporaneamente al suolo. Naturalmente questo non è possibile. Chiunque faccia un esperimento del genere noterà che la sfera di ferro cade molto più velocemente di quella di legno, giungendo in tal modo per prima al suolo. Ma l’esperimento empirico, cioè induttivo, mostra anche che, cronometro alla mano, come fa appunto Galilei, non sussiste alcuna proporzionalità tra il peso degli oggetti e la loro velocità di caduta, come invece sosteneva la fisica classica, sempre di stampo aristotelico. Dunque, è proprio il metodo induttivo, se correttamente applicato, a smentire una teoria basata sull’osservazione. Ma se questo è vero allora significa che i gravi in caduta libera obbediscono ad un’altra legge. Quale? Qui Galileo mette in pratica il procedimento opposto, quello deduttivo, ipotizzando che, in mancanza di fattori perturbanti, le due sfere debbano cadere con la medesima velocità, raggiungendo il suolo allo stesso momento. Una ipotesi ardita, completamente smentita dai fatti, ma che l’osservazione precedente rende plausibile (dunque non si tratta di una fantasia, ma di una *ipotesi di lavoro*). Ma che cosa perturba l’esperimento dei gravi in caduta libera? Galilei è convinto si tratti dell’attrito dell’aria. Per capire se questo è vero occorrerebbe effettuare l’esperimento in un luogo privo di tale attrito. Ma questo ai tempi di Galilei non era possibile. Sarà un suo allievo, infatti, a realizzare una pompa in grado di aspirare tutta l’aria e quindi di realizzare uno spazio assolutamente privo di attrito. E tuttavia Galilei non si perde d’animo. Se non è possibile eliminare del tutto l’attrito dell’aria, è sempre possibile dimostrare che è il mezzo attraverso il quale transitano i gravi a determinare la differenza di caduta, realizzando l’esperimento in un contesto in cui vi sia più resistenza che nell’aria, come in acqua per esempio. Qui la distanza temporale di caduta tra la sfera di legno e quella di ferro si accentua: quest’ultima raggiungerà il fondo molto prima dell’altra. Insomma, nell’uno e nell’altro caso, aria e acqua, viene smentita l’ipotesi di partenza, cioè che sia il peso a determinare la velocità di caduta. Ma è davvero impossibile realizzare un esperimento “puro”, vale a dire privo di perturbazioni? Galilei è convinto di no. Ovviamente, in mancanza della tecnologia necessaria, si tratterà di ricorrere ad un altro tipo di esperimenti, quelli che lo scienziato chiama **esperimenti mentali**, vale a dire la creazione di un vero e proprio laboratorio “ideale”, in grado di offrire allo scienziato le condizioni per

validare finalmente la sua ipotesi. Non si tratta naturalmente di dare sfogo alle proprie fantasie, quanto di ricorrere al solo strumento in grado di leggere quanto accade nella natura: la **matematica**. Qui sta la vera rivoluzione del metodo galileiano: fare della matematica uno strumento della fisica e della scienza più in generale, poiché la matematica è il linguaggio della natura e noi siamo strutturati in maniera tale da poterla comprendere:

La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'Universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua e conoscer i caratteri ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto.

Queste splendide parole del *Saggiatore* rappresentano il sunto di tutto il pensiero galileiano: la natura (“questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi”) ha un proprio linguaggio, che è matematico. Ma matematico è anche il procedere della nostra ragione, sebbene si faccia sempre una certa fatica a comprenderlo. Dunque, la matematica è un linguaggio universale. Ecco perché quando l'uomo ha deciso di mettere al corrente eventuali intelligenze non terrestri, lanciando nello spazio la navicella Voyager nell'ormai lontano 1979, l'ha dotata di tutta una serie di informazioni matematiche. Naturalmente non di numeri e lettere, che sono convenzioni, ma di punti, linee, figure geometriche e via dicendo.

Con Galilei si avvia una radicale ma tematizzazione della scienza, che la rende – come mostra il caso del povero Simplicio – sempre meno fruibile dal grande pubblico, sempre più una disciplina per addetti ai lavori per così dire. Ecco perché non è affatto scontato che Simplicio debba necessariamente apparire ridicolo. Ancora oggi, di fronte alle complesse spiegazioni matematiche di Salviati, infatti, non si può non provare una certa simpatia per quel personaggio e questo accade perché è un uomo “semplice”, che base le sue convinzioni sul “senso comune”, l'antica *doxa*. D'altro canto, senza le immagini dallo spazio, molti di noi non sarebbero in grado di convincere il simplicio di turno della validità del geocentrismo. Solo la matematica, con i suoi calcoli e i suoi ragionamenti logici, può consentire all'uomo di realizzare viaggi al di fuori del proprio sistema di riferimento, nella speranza che un giorno possa realizzarli concretamente.

Le scoperte astronomiche e i “funerali della scienza aristotelica

Le macchie lunari

La visione aristotelico-tolemaica del cosmo era profondamente dualistica: la teoria dei luoghi naturali affermava che sulla Terra esistevano solamente due tipi di movimento verticali e finiti, dall'alto verso il basso e dal basso verso l'alto. Movimenti ai quali sono soggetti gli elementi costitutivi di questo mondo, fuoco, aria, acqua, terra, rigidamente ordinati secondo il peso. Nel mondo sopralunare, invece, esisteva un solo elemento, l'etere, che si muoveva in maniera circolare, cioè in eterno. Ecco allora spiegato il dualismo: in questo mondo tutto è soggetto a corruzione e dunque necessariamente imperfetto, mentre nello spazio tutto è eterno e quindi perfetto.

Quando Galilei decide di puntare il suo cannocchiale verso il cielo non può che indirizzarlo verso l'astro più vicino, il più luminoso, che da sempre (o quasi) fa compagnia al pianeta Terra: la Luna. Stando alla teoria aristotelica, il nostro satellite avrebbe dovuto essere perfettamente sferico, con una superficie liscia e levigata, insomma un pianeta perfetto, come tutto il mondo sopralunare d'altro canto. Ma allora che cosa sono quelle macchie che si notano anche ad occhio nudo? La risposta della scienza classica era stata sempre la stessa: si tratta della proiezione delle imperfezioni terrestri, vale a dire soprattutto delle montagne, determinati dalla luce solare che colpisce il nostro pianeta: i raggi del sole colpiscono la superficie terrestre facendo “rimbalzare” le proprie imperfezioni sulla liscia superficie lunare, come accade quando un proiettore trasferisce le proprie immagini su un telone bianco. Ma il cannocchiale di Galilei mostra molto chiaramente come quelle macchie siano invece ombre di montagne ben visibili sulla superficie lunare, e che accanto ad esse sono presenti enormi crateri, e che, di conseguenza, la Luna sia molto più simile alla Terra, anzi a ben vedere anche meno perfetta, di quanto non si sia mai creduto. Questo significa che anche la Luna, come la Terra, è soggetta a corruzione. Di fronte all'evidenza dei fatti, non resta ai conservatori di condannare il telescopio come strumento del demonio, facendo apparire Galilei come una sorta di stregone, tutto intento ad ingannare la gente con i suoi diabolici strumenti ottici. Ma quando il telescopio verrà prodotto in serie, anche da aziende fedeli a Santa Romana

Chiesa, si capirà come quelle macchie siano effettivamente imperfezioni della superficie lunare e che, di conseguenza, non ha più alcun senso parlare di un mondo sopralunare e di un mondo sublunare.

La scoperta dei satelliti di Giove

La teoria dei luoghi naturali aveva dimostrato come alla Terra spettasse un luogo privilegiato nel cosmo, quello centrale. Collocando gli elementi dal più pesante al più leggero si ottiene questa gerarchia: terra, acqua, aria e fuoco. Questo è il sistema terrestre, attorno al quale ruotano, grazie al movimento circolare dell'etere, tutti gli altri astri. La scoperta della reale natura delle macchie lunari aveva già imposto una, sebbene parziale, revisione di questa visione. E tuttavia la Luna sembra effettivamente girare intorno alla Terra. Insomma, il nostro pianeta sarebbe l'unico *centro* di moti astrali dell'intero universo. Di conseguenza, un corpo in movimento nello spazio lo è solamente in funzione della Terra e non può costituire, a sua volta, centro di altri moti astrali. Ma a Galilei queste spiegazioni convincono poco. E non perché "intuisce", come Bruno e Cusano prima di lui, che l'universo è infinito, e dunque privo di centri, ma perché la stessa matematica mostra come un simile universo presenti non poche contraddizioni. Non resta allora che dimostrarle, ancora una volta con il cannocchiale. Puntandolo molto lontano dalla Terra, Galilei scopre alcuni piccoli pianeti che sembrano ruotare attorno a Giove, e che lo scienziato chiamerà "medicei", in onore della famiglia dei Medici di Firenze. È il secondo durissimo colpo alla teoria aristotelico-tolemaica, quella che spalanca letteralmente la porta all'affermarsi dell'eliocentrismo. Se è vero, come appare evidente, che alcuni pianeti girano intorno a Giove, allora nel cosmo esistono almeno due centri di moti astrali, la Terra e Giove. Certo, è ancora possibile continuare a credere che Giove, insieme ai suoi satelliti, giri intorno alla Terra, ma è evidente che nel sistema aristotelico-tolemaico si addensino altre pericolose contraddizioni, destinate a diventare insanabili.

Le macchie solari

La presenza di "macchie" sulla Luna viene presto accettata. In fondo si tratta di un satellite della Terra e, come tale, non può certo vantare una composizione materiale migliore del pianeta intorno al quale gira. E si può anche accettare che pure altri pianeti non sono perfetti: d'altro canto spetta alla Terra il privilegio di essere abitata dagli uomini, che sono stati pur sempre creati ad immagine e somiglianza di Dio. Ma non il sole, su quello non si può discutere. La stessa teoria copernicana aveva ulteriormente accresciuto, per così dire, il prestigio di quella stella, collocandola al centro dell'universo, come una sorta di motore immobile, alla maniera di Aristotele. Antiche teorie filosofiche e religiose, d'altro canto, avevano affermato come la vita nasca dalla luce e dal calore del sole e man mano che ci si allontana da essa trionfano le tenebre e il male. Insomma, il copernicanesimo potrebbe anche accordarsi con la visione ebraico-cristiana. Insomma, a ben vedere, il dualismo cosmico è forse la credenza più radicata, negli uomini di fede come in quelli di scienza. Parlare di un Sole soggetto a corruzione appare proprio una assurdità.

Ma Galilei non si ferma davanti a nulla. E così, ben sapendo di mettere a rischio la propria vista, decide di puntare il cannocchiale verso il Sole e scopre che anche lì sono presenti delle macchie, che si formano e poi scompaiono. Dunque anche il Sole non è perfetto e se non lo è significa che è soggetto a corruzione e che dunque, come è nato, un giorno morirà. La scienza moderna chiarirà la questione: quelle macchie non sono altro che esplosioni atomiche. Dunque il Sole è un pianeta vivo, in continuo mutamento, cioè soggetto a corruzione, esattamente come la Terra e gli altri pianeti. Siamo di fronte ai "funerali della scienza aristotelica", come scrive proprio Galilei. Naturalmente anche in questo caso c'è chi se la prende con lo "strumento del demonio", vale a dire il telescopio, ma non mancano critiche più logiche. Come quella formulata dal padre gesuita Cristoforo Scheiner, il quale sostiene che le macchie sono il frutto della frapposizione di alcuni corpi celesti tra la Terra e il Sole. Galilei valuta con attenzione l'obiezione e dopo altre accurate osservazioni smentisce l'ipotesi del gesuita affermando che le macchie, nel loro apparire e scomparire, risultano intermittenti ed appaiono alquanto difforni tra loro, per cui non possono essere attribuiti a regolari passaggi di astri.

Le fasi di Venere e la scoperta di altre stelle

L'astronomia classica riteneva che solamente la Terra fosse un corpo opaco, illuminato dal Sole e privo di luce propria. Ma il telescopio di Galilei scopre le fasi di Venere, cioè che anche quel pianeta riceve, come la Terra, la luce dal Sole, ma in diverse fasi. Questo significa che Venere non solo non brilla di luce propria (come ancora oggi si è indotti a credere osservandola all'alba come la più luminosa del firmamento) ma che gira

intorno al Sole e intorno al proprio asse. Ma se questo accade per Venere, perché non dovrebbe valere anche per la Terra e per tutti gli altri pianeti di questo sistema, che sempre più appare come un sistema, appunto, solare?

Rimane l'ultimo punto, il più controverso, quello che costò la vita a Bruno: l'infinità dell'universo. Il Telescopio di Galileo non può certo fermarsi allo studio del cosmo descritto da Aristotele e Tolomeo, che presentava dei confini molto netti, quello delle cosiddette stelle fisse. Grazie alle sue lenti, di volta in volta più potenti, Galilei scopre innumerevoli altre stelle, la Via Lattea, dilatando a dismisura i confini dell'universo. E tuttavia Galilei non parlerà mai di un universo infinito, mancandone le prove. Quello che tuttavia queste scoperte dimostrano è che l'universo aristotelico-tolemaico è finito per sempre.

Scienza e Teologia

I primi attacchi alla scienza galileiana non provengono da ambienti ecclesiastici, bensì da quelli accademici, dall'Università di Padova soprattutto, roccaforte dell'aristotelismo. E tuttavia le contestazioni sono comunque di ordine teologico: come è possibile conciliare quanto emerge dalle osservazioni di Galilei con le Sacre Scritture? È lo stesso Galilei a cercare una risposta, avvalendosi dell'aiuto del cardinale Carlo Conti, il quale, dopo avere studiato il problema, afferma che la dottrina aristotelica della incorruttibilità dei cieli può essere tranquillamente avversata senza timore di entrare in contraddizione con la Bibbia o i Padri della Chiesa. Ecco uno dei punti più controversi del caso Galilei: il fatto che, a più riprese, egli riceva da ambienti ecclesiastici rassicurazioni o, come nel caso di papa Urbano VIII, addirittura incoraggiamenti (se non anche finanziamenti) a continuare i suoi studi astronomici. Forte del sostegno ottenuto da un cardinale del calibro di Carlo Conti, Galilei va avanti per la sua strada, convincendosi del fatto che l'errore si celi nella interpretazione della Bibbia e non nella Bibbia stessa. Di conseguenza, il vero contrasto non è tanto quello tra scienza e fede, quanto piuttosto tra Scrittura e Natura, un contrasto tra due linguaggi differenti, i quali, pur essendo originati entrambi dal "Verbo divino", seguono tuttavia modalità espressive differenti: il linguaggio della natura è quello necessario della *matematica*, il linguaggio della Bibbia quello della *storia*, sempre bisognoso di essere interpretato. Le Scritture, cioè, hanno dovuto "accordarsi alla capacità dei popoli rozzi e indisciplinati" ed usare quindi un linguaggio antropomorfo e relativo alle cognizioni del volgo, mentre la Natura e le sue leggi seguono un corso inesorabile ed immutabile, senza doversi piegare alle esigenze umane. Di conseguenza, la Bibbia non contiene principi che riguardano le leggi di natura, ma verità che si riferiscono al destino ultimo dell'uomo. Di qui la nota affermazione galileiana: "la Bibbia deve insegnarci come *si va* in cielo e non come *va* il cielo". In conclusione, le Scritture sono arbitre nel campo etico-religioso, mentre la scienza lo è in quello delle verità naturali. L'errore dei teologi consiste nella pretesa che la Scrittura faccia testo anche riguardo alle conoscenze naturali, dimenticando che in questo campo "ella dovrebbe essere riserbata nell'ultimo luogo". Analogamente, Galilei procede contro l'aristotelismo. Lo scienziato non ha mai attaccato direttamente Aristotele, quanto i suoi discepoli, i quali non fanno altro che consultare i testi delle biblioteche, "vivendo in un astratto mondo di carta", con la convinzione che "il mondo sta come scrisse Aristotele e non come vuole la natura". E tuttavia – continua Galilei – se il filosofo di Stagira tornasse al mondo, egli riconoscerebbe proprio lui come suo genuino discepolo e si mostrerebbe disposto a cambiare le proprie idee in armonia con le nuove scoperte.

Il Dialogo sopra i due massimi sistemi

Nel 1624 Galilei riceve da papa Urbano VIII, suo vecchio amico, il consenso a scrivere un libro che discuta del sistema eliocentrico e di quello geocentrico, a patto che li si presenti come *ipotesi equidistanti*. Così non sarà, come si è visto. Il Dialogo si svolge in quattro giornate e racconta di un serrato confronto tra due personaggi, Filippo Salviati, nobile fiorentino ed amico di Galileo, che deve esporre la dottrina copernicana, e Simplicio, un personaggio irrealista, al quale spetta il compito di difendere la visione dell'universo aristotelico-tolemaico. A fare da moderatore Francesco Sagredo, nobile veneziano decisamente sbilanciato dalla parte di Salviati.

Ogni giorno è dedicato ad un argomento specifico. Nella prima giornata Salviati critica con decisione la visione aristotelica, in modo particolare il dualismo tra mondo sublunare e mondo soprallunare. Qui entrano in gioco le note scoperte, in particolare quella relativa alla natura delle cosiddette macchie lunari.

La seconda è dedicata al movimento di rotazione della Terra attorno al proprio asse. Per provare l'immobilità della Terra, la scienza aristotelica – ed ora, nella finzione letteraria, Simplicio – adduce alcune prove sensibili,

come la caduta del grave lungo una verticale o l'osservazione del moto di un proiettile che risulta identico sia che venga sparato lungo un parallelo verso est, sia verso ovest. È qui che anche il lettore moderno mostra tutta la sua debolezza: le argomentazioni di Simplicio, infatti, appaiono convincenti. Se si sale sulla solita Torre di Pisa e si lancia un oggetto, questo non rimane "indietro", segno che la Terra non si muove. E se sparo un colpo di cannone verso ovest o verso est, il moto risulta identico. Insomma, la quiete sembra effettivamente lo stato del nostro pianeta. La replica di Salviati, invece, è decisamente più complessa. Egli ci costringe, infatti, a ragionare, cioè a distaccarci dai dati sensibili, ad operare astrattamente. Dal pianeta Terra – sostiene – non è possibile vedere alcun movimento. Detto in termini scientifici: un osservatore collocato all'interno di un sistema in movimento è egli stesso partecipe del moto. Fortunatamente si tratta di un'opera letteraria, per cui anche Salviati è costretto ad abbassarsi al livello dei suoi lettori e, nello specifico, del suo interlocutore e perciò ricorre ad un esempio, quello del "Gran Naviglio":

Rinserratevi con qualche amico nella maggiore stanza che sia sotto coverta di alcun gran naviglio, e quivi fate d'aver mosche, farfalle e simili animaletti volanti: siavi anco un gran vaso d'acqua, e dentrovi de' pescetti; suspendasi anco in alto qualche secchiello, che a goccia a goccia vada versando dell'acqua in un altro vaso di angusta bocca che sia posto a basso; e stando ferma la nave, osservate diligentemente come quelli animaletti volanti con pari velocità vanno verso tutte le parti della stanza. [...] Osservate che avrete diligentemente tutte queste cose, benché niun dubbio ci sia mentre il vascello sta fermo non debbano succedere così: fate muovere la nave con quanta si voglia velocità; ché (pur di moto uniforme e non fluttuante in qua e in là) voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti; né da alcuno di quelli potrete comprendere se la nave cammina, o pure sta ferma.

Siamo di fronte al più classico degli *esperimenti mentali* di Galilei, quello in cui viene affermato il noto **principio di relatività**. Il Gran Naviglio è il nostro sistema di riferimento, vale a dire la Terra. Partecipando del moto della chiatta, ipotizzando un moto uniforme, senza accelerazioni o decelerazioni, ed una superficie naturalmente calma, tutto appare in quiete. Ma per chi si trova all'esterno, la chiatta è in movimento. Ed è quello che accade nel nostro sistema: la Terra si muove, ma noi non ce ne accorgiamo, perché partecipiamo del moto del nostro pianeta. E così, come un grave lanciato dalla Torre di Pisa al suolo cade perpendicolarmente ad esso, così un grave lanciato in una auto in corsa compie il medesimo tragitto. Eppure sia l'auto sia la Terra si muovono.

Nella terza giornata si passa a discutere del moto di rivoluzione della Terra intorno al Sole. Salviati dimostra l'impossibilità di stabilire se l'Universo abbia o meno un centro, ma che qualora occorra che vi sia un centro è più plausibile che sia occupato dal Sole piuttosto che dalla Terra.

La quarta giornata è tutta dedicata al fenomeno delle **maree**, che per Galilei sono la conferma del moto terrestre. Se si parte dalla osservazione di un corpo liquido presente in un vaso in movimento, si vedrà che il vaso subisce un improvviso rallentamento, il liquido in esso contenuto si alzerà seguendo il senso del moto e tenderà ad abbassarsi nel verso opposto. Le maree, dunque, sono dovute alla rotazione della Terra intorno al suo asse e alla sua rivoluzione intorno al Sole. Questi due movimenti provocano una combinazione di movimenti diversi e contrari tra loro, in cui si susseguono momenti di accelerazione e momenti di rallentamento. E tuttavia, quella che Galilei presenta come la prova empirica del movimento terrestre, non è corretta. Le maree, infatti, come verrà scoperto in seguito, rispondono a ben altre dinamiche, quelle relative alla attrazione che la pur piccola Luna esercita sulla superficie acquosa della Terra.