

STORIA DELL'ASTRONOMIA 4

Galileo Galilei osserva i fenomeni con l'utilizzo di strumenti scientifici.

PADRE DELLA SCIENZA MODERNA
Galileo Galilei, fisico, filosofo, astronomo e matematico italiano, è considerato il **padre della scienza moderna**.

Il suo nome è associato a importanti contributi in *dinamica* e in *astronomia* e all'introduzione del metodo scientifico (detto spesso **metodo galileiano** o **metodo scientifico sperimentale**). Di primaria importanza furono il suo ruolo nella rivoluzione astronomica e il suo sostegno al *sistema eliocentrico* e alla *teoria copernicana*.

GALILEO COPERNICANO

A Pisa, pur studiando medicina, Galileo fu attratto dalla matematica intesa come una disciplina che servisse a risolvere i problemi pratici legati alla meccanica e alle tecniche ingegneristiche. Ciò lo portò alla sua prima scoperta: *l'isocronismo delle oscillazioni del pendolo*.

Poi andò a Firenze, dove approfondì i suoi nuovi interessi scientifici, occupandosi di meccanica e di idraulica.

Dal 1592 al 1610 Galileo insegnò matematica e meccanica a Padova, in un ambiente dinamico garantito dalla tolleranza religiosa della *Repubblica veneziana*. Attrezzò il suo *Studio* con una piccola officina nella quale eseguiva esperimenti e fabbricava strumenti che vendeva per arrotondare lo stipendio.

Il fenomeno della *nuova stella* studiata da **Keplero** nel 1604 (oggi nota come *Supernova di Keplero*) fu interpretato da Galileo come prova della mutabilità dei cieli.

Non sembra che in questi anni si fosse già pubblicamente pronunciato a favore della **teoria copernicana**: riteneva di non disporre ancora di prove sufficientemente forti da ottenere invincibilmente l'assenso della universalità degli studiosi. Aveva, tuttavia, espresso privatamente la propria adesione al *copernicanesimo* già nel 1597: in quell'anno, infatti, a *Keplero* scriveva di essere *copernicano* da molti anni e di aver prove (che però non espone) a sostegno di *Copernico*.

IL CANNOCCHIALE

Le prove a sostegno della *teoria copernicana* potevano essere offerte solo dopo meticolose osservazioni e lo **strumento** che le avrebbe rese possibili era appena stato inventato.

Di ottica si erano occupati *Giovanni Battista Della Porta* e *Giovanni Keplero*: dalle loro opere era possibile pervenire alla costruzione del **cannocchiale**. Lo strumento fu costruito per la prima volta dall'artigiano *Hans Lippershey*, un ottico tedesco naturalizzato olandese.

Galileo ne ebbe notizia e forse anche un esemplare nella primavera del 1609.

Ricostruito e potenziato empiricamente, il 21 agosto lo presentò come propria invenzione al *governo veneziano* che gli raddoppiò lo stipendio e gli offrì un contratto vitalizio d'insegnamento.

IL SISTEMA SOLARE VISTO COL TELESCOPIO DA GALILEO

Dopo averlo adattato per l'osservazione dei corpi celesti (**telescopio galileiano**), Galileo lo puntò verso il cielo: le sue osservazioni rivelarono un **universo** mai visto prima.

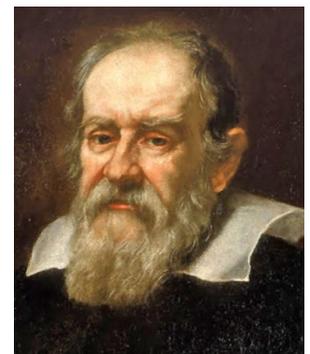
Ecco le sue scoperte principali.

- La **Luna**, fino ad allora ritenuta completamente liscia e composta di materia celeste incorruttibile, aveva una superficie scabrosa con montagne e crateri; inoltre, osservando le luci e le ombre proiettate dalla **Terra** sulla **Luna**, capì il movimento relativo fra i due **corpi celesti**.
- Il pianeta **Giove** era circondato da quattro satelliti (**Io**, **Europa**, **Ganimede** e **Callisto**) che gli ruotavano intorno, battezzati da Galileo in un primo tempo **Cosmica Sidera** e successivamente **Medicea Sidera** (**planeti medicei**), oggi chiamati anche **planeti galileiani**; inoltre, correlando la natura di tali satelliti a quella della **Luna**, stabilì che **Giove** era un pianeta simile alla **Terra** fra altri **planeti simili**.
- La **Via Lattea** era composta da **milioni di stelle**; la identificò come un enorme ammasso di stelle e corpi celesti raggruppati.
- Il pianeta **Saturno** mostrava uno strano aspetto: non riuscì a risolvere completamente la figura del pianeta circondato dai suoi anelli. Inizialmente il pianeta gli apparve accompagnato da altri due corpi sui lati, e pertanto lo definì "tricorporeo"; con le osservazioni successive e l'uso di strumenti più sofisticati la variazione dell'angolo visuale degli anelli gli mostrò via via aspetti diversi, che lo spinsero a chiamare bizzarro il pianeta: nei suoi schizzi ipotizzò varie soluzioni per la forma di **Saturno**, fra cui anche possibili **anelli**.
- Il pianeta **Venere** aveva le fasi come la **Luna**, dimostrando la correttezza della teoria eliocentrica di *Copernico*, che sosteneva che **Venere** era posto tra la **Terra** e il **Sole** e ruotava attorno a quest'ultimo. A maggior sostegno della teoria c'era anche l'osservazione di Galileo del diametro apparente di **Venere** durante le sue diverse fasi, a seconda della sua distanza dalla **Terra**. Tuttavia, per non venir accusato di eresia dall'inquisizione per contraddire la teoria tolemaica, Galileo coprì la sua scoperta in una frase criptica in latino: *Mater Amorum aemulatur Cinthyaefiguras*, che vuol dire *La madre degli amori (Venere) imita le forme di Cinzia (la Luna)*.

di **Marsilio Parolini**

VITA DI GALILEI

Galileo Galilei nacque il 15 febbraio 1564 a Pisa, primogenito di sette figli. Avviato dal padre a medicina nell'Università di Pisa, si interessò ben presto di matematica e fisica. Nel 1585 andò a Firenze senza aver terminato medicina, ma già famoso tra i maggiori studiosi dell'epoca: ciò gli consentì di ottenere nel 1589 una cattedra di matematica a Pisa dove cominciò a studiare l'astronomia. Nel 1592 ebbe una cattedra di matematica a Padova dove continuò gli studi di meccanica e si occupò della caduta dei gravi. Presso la sua casa costruì numerosi strumenti matematici tra cui il regolo calcolatore, le calamite e un termometro. Ma la sua elaborazione più importante fu quella del cannocchiale che utilizzò per le osservazioni astronomiche. La crescente ostilità degli ambienti religiosi contro la *teoria copernicana* portò il *Sant'Uffizio*, nel 1616, a convocare Galileo a Roma per giustificare le sue posizioni e *diffidato*. Nel 1623 pubblicò *Il sagggiatore* e nel 1632 il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Queste due opere lo portarono nel 1633 al processo del *Sant'Uffizio* e costretto ad *abiurare*. Continuò i suoi studi fino alla morte che avvenne a Firenze nel 1642. Negli ultimi anni ebbe vicino molti allievi tra cui **Evangelista Torricelli**.



Ritratto di Galileo Galilei
Justus Sustermans, Olio su tela,
National Maritime Museum, Greenwich

IL PENDOLO

Galileo scoprì nel 1583 l'**isocronismo delle piccole oscillazioni di un pendolo**. L'**isocronismo** (dal greco *isos uguale e chronos tempo*) è la caratteristica di un fenomeno che si svolge in un tempo costante. Nel caso del pendolo, si osserva che le oscillazioni di piccola ampiezza si svolgono tutte nello stesso tempo, a prescindere dalla loro ampiezza. Secondo la leggenda, l'idea gli sarebbe venuta mentre osservava le oscillazioni di una lampada allora sospesa nella navata centrale del Duomo di Pisa, oggi custodita nel vicino Camposanto Monumentale, nella Cappella Aulla. Vedendo il lampadario che oscillava dopo un intervento di accensione o spegnimento delle candele, ne misurò il tempo utilizzando il battito del polso. Galileo osservò che il tempo di oscillazione di un pendolo è indipendente dalla massa del grave e anche dall'ampiezza dell'oscillazione, se questa è piccola. Scoprì anche che il periodo di oscillazione T dipende solo dalla lunghezza del filo l :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

dove g è l'accelerazione di gravità.

In pratica, il periodo di oscillazione cresce con la radice quadrata della lunghezza del pendolo: dunque, un pendolo lungo oscilla più lentamente di uno corto.



GALILEO E LA CHIESA

Queste nuove scoperte furono pubblicate nel 1610 nel **Sidereus Nuncius** che si potrebbe tradurre in italiano con **Annunciatore** (o **Messaggero**) **Celeste**.

La **teoria copernicana** venne però dichiarata incompatibile con la **fede cattolica** e il **Sidereus Nuncius** venne messo **all'indice** dalla **Chiesa Cattolica**.

Per interpretare questo fatto, è necessario calarsi nel clima culturale del tempo. Galileo, citando brani della **Scrittura** e confrontandoli con i risultati delle **osservazioni scientifiche**, sosteneva che la **Scrittura** avrebbe dovuto essere considerata sbagliata qualora fosse risultata in contrasto con quanto provato dalla scienza.

Questa ipotesi strideva fortemente con le competenze del **Magistero della Chiesa**, il cui compito di interpretare le **Scritture** veniva difeso dal **Sant'Uffizio**. Tutto ciò avveniva in un clima culturale fortemente esposto all'**eresia protestante**, secondo la quale la **Scrittura** sarebbe addirittura l'unica fonte per la fede e dunque il ruolo del **Magistero** sarebbe nullo.

Galileo naturalmente era ben consapevole che la **teoria copernicana** non si accordava con la tradizione della **Bibbia** e dei **Padri della Chiesa**, che attestavano invece una **concezione geocentrica dell'Universo**. Poiché la **Chiesa** considerava le **Sacre Scritture** ispirate dallo **Spirito Santo**, la **teoria eliocentrica** non poteva essere accettata.

Galileo difese il **modello copernicano** sostenendo che esistono **due verità** non necessariamente in contraddizione o in conflitto fra loro: la **Bibbia** è certamente un testo sacro di ispirazione divina, ma comunque scritto in un **preciso momento storico** con lo scopo di orientare il lettore verso la comprensione della **vera religione**. Per questa ragione molti fatti della **Bibbia** possono essere stati descritti in modo tale da poter **essere compresi dalla gente comune e di quel tempo**. Secondo Galileo, la scienza può dimostrare un certo fatto o fenomeno, se questo non si accorda immediatamente con le parole dei **testi sacri**, allora sono questi che **devono essere reinterpretati alla luce dei nuovi progressi e delle nuove scoperte**.

Nel 1633 Galileo subì un secondo processo, in seguito alla pubblicazione del **Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo**.

In questo processo ricevette la seguente condanna: l'**abiura della teoria copernicana** come teoria certa, la **recita dei salmi penitenziali** una volta a settimana per tre anni e un **periodo di carcere** poi commutato in 5 mesi di **esilio** a Siena.

Dal **punto di vista teologico**, la condanna non aveva nulla a che fare con la **teoria copernicana** in sé: secondo il punto di vista moderno, ribadito anche dalla Chiesa, fu un **errore di metodo** condannare la teoria scientifica per difendere quella teologica. La **censura alle opere di Galileo** venne rimossa nel 1757, anno in cui la **Chiesa** riconobbe come vera la **dottrina di Copernico**.

Ma fu solo nel 1992 che la **Chiesa** chiarì la sua interpretazione sulla **questione teologica scientifica galileiana** riconoscendo che la **condanna di Galileo Galilei** fu dovuta **alla sua ostinazione nel non voler accogliere l'invito della Chiesa a considerare le sue scoperte come semplici ipotesi non comprovate e, d'altra parte, alla «mancanza di perspicacia», ovvero di intelligenza e lungimiranza, dei teologi che lo condannarono**. Dal **punto di vista scientifico**, negli scritti di Galileo, la **teoria copernicana** non veniva provata. Sicuramente il **sistema tolemaico** risultava non adeguato ed obsoleto, tuttavia non esistevano prove sperimentali collegabili direttamente alla **teoria copernicana**. Per molti anni diversi scienziati non la considerarono attendibile. L'evidenza scientifica del **moto della Terra attorno al Sole** dovrà aspettare diversi anni di sviluppo sia tecnologico che matematico. Resta però indiscutibile che **Galileo aveva ragione**.

ALTRE OPERE DI GALILEO

Oltre al **Sidereus Nuncius** di cui abbiamo ampiamente parlato, l'altro libro importante fu il **Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo**. Scritto sotto la forma di dialogo fra tre personaggi come una confutazione del sistema tolemaico-aristotelico a favore di un sistema copernicano, si presenta come una grande opera filosofica, conciliando linguaggio e semplicità divulgative. Il nuovo **metodo scientifico**, o **metodo galileiano**, nascerà da questa sua pubblicazione. Ma la più importante opera galileiana sulla scienza moderna, che illustra e dimostra i principi scientifici della fisica, della dinamica dei movimenti, e della scienza delle costruzioni è i **Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla meccanica e ai moti locali**. Il trattato, chiamato più semplicemente **Due nuove scienze**, si sviluppa come un **dialogo** fra tre personaggi che dibattono fra loro temi scientifici e rappresentano diversi punti di vista.

Di grande rilevanza nella fondazione del moderno concetto di scienza e, dal punto di vista letterario, l'opera più elegante ed effervescente di Galileo, fu il **Saggiatore** che nacque da una disputa tra Galileo e Orazio Grassi sull'**origine delle comete**.

Il titolo dell'opuscolo deriva dalla bilancia di precisione, il **saggiatore** appunto, con la quale gli orefici pesano l'oro, in contrapposizione alla grossolana **libbra (stadera)** con la quale il Grassi pesa le opinioni, che esse siano proprie o altrui. L'ipotesi di Galileo che le comete fossero delle apparenze dovute ai raggi solari era sbagliata, mentre il Grassi, correttamente, affermava che esse erano corpi celesti. Ma Galileo aveva ragione nel sostenere che non era la scienza libresco del Grassi quella giusta, in quanto non fondata sulle esperienze, bensì sui **libri degli antichi** e sull'**astrazione**. Galileo invece si basava sul suo nuovo **metodo scientifico**, basato sull'**osservazione** e la **sperimentazione**.