

La rivoluzione copernicana

Materiali per la classe quarta

Indice

Voci

Niccolò Copernico	1
Sistema eliocentrico	6
Sistema geocentrico	9
De revolutionibus orbium coelestium	11
Galileo Galilei	13
Rivoluzione copernicana	52
Giovanni Keplero	53

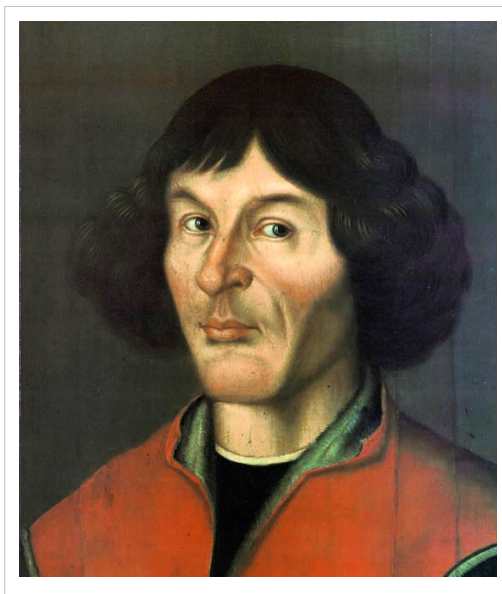
Riferimenti

Fonti e autori del articolo	57
Fonti, licenze e autori delle immagini	58

Licenze della voce

Licenza	60
---------	----

Niccolò Copernico



Niccolò Copernico

Niccolò Copernico (latino: *Nicolaus Copernicus*; polacco: *Mikołaj Kopernik*; Toruń, 19 febbraio 1473 – Frombork, 24 maggio 1543) è stato un astronomo polacco famoso per aver portato all'affermazione della teoria eliocentrica, contribuendo così alla Rivoluzione astronomica.

Fu anche un canonico, un giurista, un governatore, un astrologo ed un medico. Un dibattito storico-geografico, oggi considerato poco serio, si tradusse in un'aspra contesa circa la sua nazionalità. Copernico è in genere considerato un polacco discendente da una famiglia di origini polacche e tedesche.

La sua teoria - che propone il Sole al centro del sistema di orbite dei pianeti componenti il sistema solare - riprende quella greca di Aristarco da Samo dell'eliocentrismo, la teoria opposta al geocentrismo, che voleva invece la Terra al centro del sistema. Merito suo non è dunque l'idea, già espressa dai greci, ma la sua rigorosa dimostrazione tramite procedimenti di carattere matematico.

Biografia



Toruń

Copernico nacque nel 1473 nella città di Toruń, aderente alla Lega Anseatica. Presto orfano di entrambi i genitori, venne adottato insieme ai fratelli dallo zio materno Lucas Watzenrode, che in seguito divenne Vescovo dell'Ermia.

Nel 1491 Copernico entrò all'università di Cracovia e conobbe l'astronomia sotto la guida del suo docente Albert Brudzewski. Di questo periodo, e del suo approccio a questa scienza, ci restano alcune sue entusiastiche descrizioni in testi oggi raccolti nella biblioteca di Uppsala.

Dopo quattro anni, ed un breve soggiorno a Toruń, venne in Italia, dove studiò diritto presso l'Università di Bologna (particolarmente, si dedicò al diritto civile ed al diritto canonico, dato anche il desiderio dello zio vescovo, suo finanziatore, di farne un vescovo a sua volta).

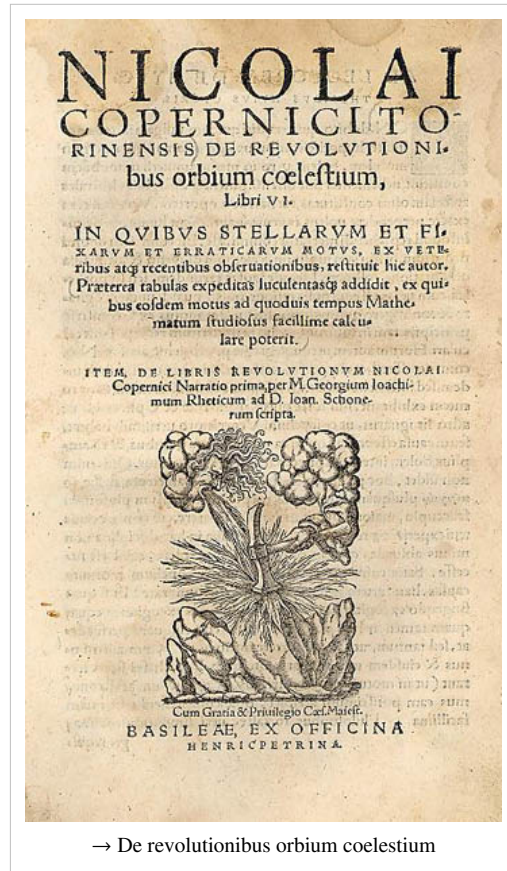
Nella città dotta incontrò Domenico Maria Novara da Ferrara, già celebre astronomo, che ne fece il suo allievo ed uno dei suoi più stretti collaboratori. Con lui, mentre studiava diritto civile a Ferrara (dove si laureò), Copernico fece le prime osservazioni nel 1497, così come ricorda nel *De revolutionibus orbium coelestium*.

Nello stesso anno, lo zio fu nominato vescovo di Ermia e Copernico canonico presso la cattedrale di Frombork o Frauenburg; ma il giovane studioso preferì attendere in Italia l'arrivo dell'ormai prossimo Anno Santo, ed anzi si diresse a Roma, dove osservò una eclissi di luna e dove tenne delle lezioni di astronomia o di matematica (delle quali non ci è pervenuto alcun contenuto). Soltanto nel 1501 sarebbe andato a "prendere servizio" a Frauenburg, ma vi si trattenne per il solo tempo necessario a richiedere, ed ottenere, il permesso di tornare nel Bel Paese per recarsi a completare i suoi studi a Padova (con Fracastoro e Guarico) ed a Ferrara (città del suo maestro, con Bianchini).

Qui si laureò nel 1503 in diritto canonico, e qui si suppone abbia letto scritti di Platone e di Cicerone circa le opinioni degli Antichi sul movimento della Terra. Qui, dunque, si ipotizza che possa avere avuto la prima illuminazione per lo sviluppo delle sue intuizioni. Nel 1504 cominciò a raccogliere infatti le sue osservazioni e le sue riflessioni che stavano per erompere nella composizione della sua teoria.

Lasciata l'Italia, tornò a Frombork e ivi divenne membro del Capitolo di Warmia, interessandosi di riforme del sistema monetario e sviluppò alcuni studi di economia politica che lo portarono ad enunciare in anteprima alcuni principi poi riassunti nella nota Legge di Gresham. Nel 1516 ricevette dal capitolo l'incarico di amministratore delle terre attorno alla città di Olsztyn, e in tale veste si interessò di questioni di catasto, giustizia e fisco. Nel castello di Olsztyn, dove passò quattro o cinque anni, fece alcune osservazioni importanti e scrisse una parte della sua opera principale *De Revolutionibus orbium coelestium*. È proprio in questo castello che si trova tutt'ora l'unica traccia visibile della sua attività scientifica: una tabella che fece alla parete di una loggia che gli serviva per osservare il moto apparente del Sole attorno alla Terra. Copernico fu anche un rappresentante commerciale del capitolo, ed un diplomatico per conto dello zio vescovo.

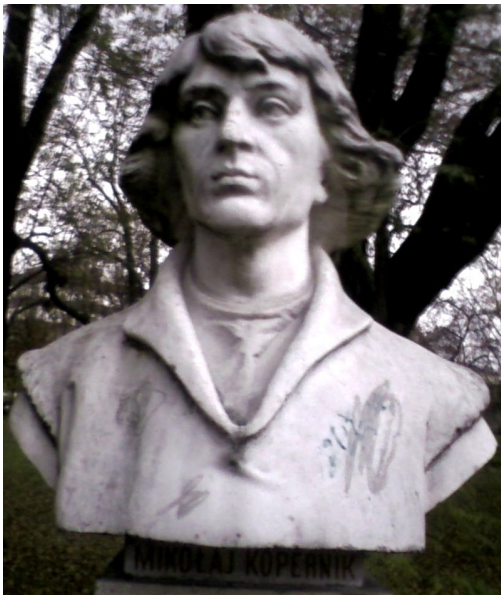
Nel 1514 distribuì ai suoi amici alcune copie del *Commentariolus*.



→ De revolutionibus orbium coelestium



Quadro di Jan Matejko raffigurante Copernico



Cracovia: monumento a Copernico

Occorse di attendere sino al 1536 perché il suo maggior studio potesse essere compreso in un'opera compiuta, e sin dal suo primo apparire l'opera ebbe immediata notorietà negli ambienti accademici di mezza Europa. Da molte parti del Continente gli pervennero infatti pressanti inviti a pubblicare i suoi studi, ma Copernico, non senza ragione, temeva la prevedibile reazione che le sue idee, per certi versi destabilizzanti, avrebbero potuto suscitare. Il cardinale di Capua, Nicola Schonberg gli richiese una copia del manoscritto, il che rese Copernico ancora più profondamente terrorizzato, potendosi leggere in questa richiesta un segno di apprezzabile nervosismo della Chiesa.

Il lavoro, in realtà, era ancora in completamento ed egli ancora non aveva preso la determinazione di inviarlo alle stampe quando, nel 1539, il grande matematico di Wittenberg Giorgio Gioacchino Retico piombò a Frauenburg su sollecitazione di Philipp Melanchthon, il quale aveva alquanto insistentemente allestito un gruppo di lavoro comprendente altri scienziati. Retico stette due anni a contatto di Copernico come suo allievo, e descrisse nel suo testo *Narratio prima* l'essenza degli studi che si andavano sviluppando.

Nel 1542 Retico pubblicò, col nome di

Copernico, un trattato di trigonometria (poi incluso nel secondo libro del *De revolutionibus*) e pressò quello che ormai era divenuto il suo maestro per la pubblicazione del lavoro. A questo finalmente Copernico acconsentì anche per effetto delle reazioni, talune favorevoli, altre negative, ma in genere tutte di grande interesse, ed affidò il testo al suo fraterno amico Tiedemann Giese, vescovo di Chelmino, perché lo consegnasse a Retico, che lo avrebbe stampato a Norimberga.

Vuole la leggenda che Copernico morente ne abbia ricevuta la prima copia il giorno in cui sarebbe morto, e taluno scrisse che avendogliela alcuni amici messa fra le mani, lui incosciente, si sia risvegliato dal coma, abbia guardato il libro e, sorridendo, si sia spento.

Il lavoro di Copernico apparve con una breve prefazione non firmata, scritta da Andrea Osiander, cui il Retico aveva chiesto aiuto per portare a termine la pubblicazione. In tale prefazione, Osiander si preoccupò (mistificando il pensiero di Copernico) di sottolineare come l'autore intendesse il suo modello come una semplice costruzione matematica, utile ai calcoli, ma non necessariamente corrispondente al vero. Essendo la prefazione anonima, fu per lungo tempo intesa essere stata scritta dallo stesso Copernico. Giordano Bruno, uno dei primi difensori e promotori

del sistema copernicano, definì Osiander un "asino ignorante e presuntuoso".

Fu sepolto nella cattedrale di Frombork, in un punto per secoli non più identificabile. Nel 2005 archeologi polacchi iniziarono ricerche al di sotto del pavimento della cattedrale, rinvenendo infine una sepoltura^[1]. Applicando tecniche di medicina legale, tra cui la comparazione del DNA prelevato dai resti umani, con quello rinvenuto in alcuni capelli di Copernico trovati entro suoi libri, nel 2008 i ricercatori hanno potuto affermare in sicurezza di aver rinvenuto il corpo dell'astronomo.^[2]

Il sistema eliostatico

Il nucleo centrale della teoria di Copernico, l'essere il Sole al centro delle orbite degli altri pianeti, e non la Terra, fu pubblicato nel libro → *De revolutionibus orbium coelestium* (Delle rivoluzioni dei corpi celesti) l'anno della sua morte. Il libro è il punto di partenza di una conversione dottrinale dal sistema geocentrico a quello eliocentrico e contiene gli elementi più salienti della teoria astronomica dei nostri tempi, comprese una corretta definizione dell'ordine dei pianeti, della rivoluzione quotidiana della Terra intorno al proprio asse, della precessione degli equinozi.

La teoria di Copernico non era però senza difetti, o almeno senza punti che in seguito si sarebbero rivelati fallaci, come per esempio l'indicazione di orbite circolari, anziché ellittiche - come oggi sappiamo - dei pianeti e degli ep cicli. Questi errori rendevano i risultati concreti degli studi, come per esempio le previsioni delle effemeridi, non più precise di quanto non fosse già possibile ottenere col sistema Tolomaico.

La teoria impressionò grandi scienziati come → Galileo e Keplero, che sul suo modello svilupparono correzioni ed estensioni della teoria. Fu l'osservazione galileiana delle fasi di Venere a fornire il primo riscontro scientifico delle intuizioni copernicane.

Il sistema copernicano può sintetizzarsi in sette assunti, così come dal medesimo autore enunciati in un compendio del *De revolutionibus* ritrovato e pubblicato nel 1878. Steso tra il 1507 e il 1512, nel *De hypothesibus motuum coelestium commentariolus*, Copernico presentò le 7 petitiones che dovevano dare vita ad una nuova astronomia:

1. Non vi è un unico punto centro delle orbite celesti e delle sfere celesti;
2. Il centro della Terra non è il centro dell'Universo, ma solo il centro della massa terrestre;
3. Tutti i pianeti si muovono lungo l'orbite il cui centro è il Sole. Il centro dell'orbita terrestre è il centro dell'Universo (il nostro sistema solare);
4. La distanza fra la Terra ed il Sole, paragonata alla distanza fra la Terra e le stelle del Firmamento, è infinitamente piccola;
5. Il movimento del Sole durante il giorno è solo apparente, e rappresenta l'effetto di una rotazione che la Terra compie intorno al proprio asse durante le 24 ore, rotazione sempre parallela a sé stessa;
6. La Terra (insieme alla Luna, ed esattamente come gli altri pianeti) si muove intorno al Sole ed i movimenti che questo sembra compiere (durante il giorno e nelle diverse stagioni dell'anno, attraverso lo Zodiaco) altro non sono che l'effetto del reale movimento della Terra;



Rappresentazione dell'universo eliocentrico

7. I movimenti della Terra e degli altri pianeti intorno al Sole possono spiegare le stagioni, le stagioni e le altre particolarità dei movimenti planetari.

Queste asserzioni rappresentavano l'esatto opposto di quanto affermava la teoria geocentrica, allora comunemente accettata. Esse mettevano quindi in discussione tutto il sistema di pensiero allora prevalente in filosofia e religione.

Copernico fu molto attento a non assumere atteggiamenti rivoluzionari, né con la sua condotta di vita, né nelle sue opere. Da buon umanista, ricercò nei testi dei filosofi antichi un nuovo metodo di calcolo per risolvere le incertezze degli astronomi. Egli costruì una nuova cosmologia partendo dagli stessi dati dell'astronomia tolemaica e rimanendo ancorato ad alcune tesi fondamentali dell'aristotelismo: 1) perfetta sfericità e perfetta finitezza dell'Universo; 2) immobilità del Sole data dalla sua natura divina; 3) centralità sole dovuta a migliore posizione da cui "può illuminare ogni cosa simultaneamente" (Copernico)

La presunta maggiore semplicità ed armonia del sistema (argomenti con cui Copernico ed il discepolo Georg Joachim Rheticus difendevano la visione copernicana) era però più apparente che reale: per non contraddire le osservazioni, Copernico fu costretto a non far coincidere il centro dell'Universo con il Sole, ma con il centro dell'orbita terrestre; dovette reintrodurre epicicli ed eccentrici, come Tolomeo; dovette attribuire alla Terra un terzo moto di declinazione, oltre a quello di rivoluzione attorno al sole e di rotazione attorno al proprio asse (*declinationis motus*), per rendere conto della invariabilità dell'asse terrestre rispetto alla sfera delle stelle fisse.

Copernico sostituiva Tolomeo e migliorava l'Almagesto sul piano dei calcoli, ricorrendo ad una raffinata matematica pitagorica e conservando il presupposto metafisico della perfetta circolarità dei moti celesti. Non c'è traccia in Copernico di molti degli elementi a fondamento della "rivoluzione astronomica" (eliminazione di epicicli, eccentrici e delle sfere solide, infinità dell'universo), ma il *De revolutionibus*, pur non presentandosi come un testo rivoluzionario, aprì questioni che fecero franare l'intero sistema tolemaico, a causa del suo instabile equilibrio.

Opere di Copernico e traduzioni

- Niccolò Copernico, *Opere : De Revolutionibus*, nella collana "Classici della scienza", Torino Utet, prima edizione 1979

Voci correlate

- Aristarco da Samo
- Democrito
- De Revolutionibus orbium coelestium
- Eliocentrismo
- Geocentrismo
- Rivoluzione astronomica
- Università Niccolò Copernico di Toruń

Bibliografia

- Pierre Gassendi: *Tychonis Brahei, equitis Dani, Astronomorum Coryphaei, vitae Accessit Nicolai Copernici, Georgii Peurbachii, & Joannis Regiomontani, Astronomorum celebrium, Vita*. Hagae Comitum (Den Haag), Vlacq, 1655.
- A. Bertin, *Copernico*, Accademia
- L. Pessina, *Commento e riflessioni intorno alla dedica di Copernico a papa Paolo III, ovvero sulla prefazione al primo libro del «De revolutionibus orbium caelestium» quale...*, Montedit
- G. Goldoni, *Copernicus Decoded, The Mathematical Intelligencer*, vol.27, #3, 2005
- T.S.Kuhn, *La rivoluzione copernicana*, Einaudi
- J.L.E. Dreyer, *Storia dell'astronomia da Talete a Keplero*, Feltrinelli

- Catherine M. Andronik, *Copernicus: Founder of Modern Astronomy*, Enslow Pub Inc
- Alexandre Koyre, *Astronomical Revolution: Copernicus-Kepler-Borelli*, Dover
- *Copernico e lo studio di Ferrara. Università, dottori e studenti*, CLUEB
- Owen Gingerich, *Alla ricerca del libro perduto*, Rizzoli
- Paolo, Rossi, "La nascita della scienza moderna in Europa", 1997

Collegamenti esterni

- (EN) Biografia ^[3] in MacTutor

Altri progetti

- Wikimedia Commons** contiene file multimediali su **Niccolò Copernico**
- Wikiquote** contiene citazioni di o su **Niccolò Copernico**

Riferimenti

[1] Copernicus' Grave Found in Polish Church (http://www.space.com/news/ap_051103_copernicus.html)

[2] Scientists Say Copernicus' Remains Found (<http://www.space.com/news/081120-ap-copernicus-remains.html>)

[3] <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/Biographies/Copernicus.html>

Sistema eliocentrico

L'**eliocentrismo** (dal greco *Helios*, sole, e *kentron*, centro) è una teoria astronomica che postula che il Sole sia fisso al centro dell'Universo e/o del Sistema Solare, e che i pianeti vi girino intorno.

L'eliocentrismo è opposto al geocentrismo, che pone la Terra al centro. (La distinzione fra Sistema Solare ed Universo non è stata chiara fino a tempi recenti, ma estremamente importante per controversie cosmologiche e religiose.)

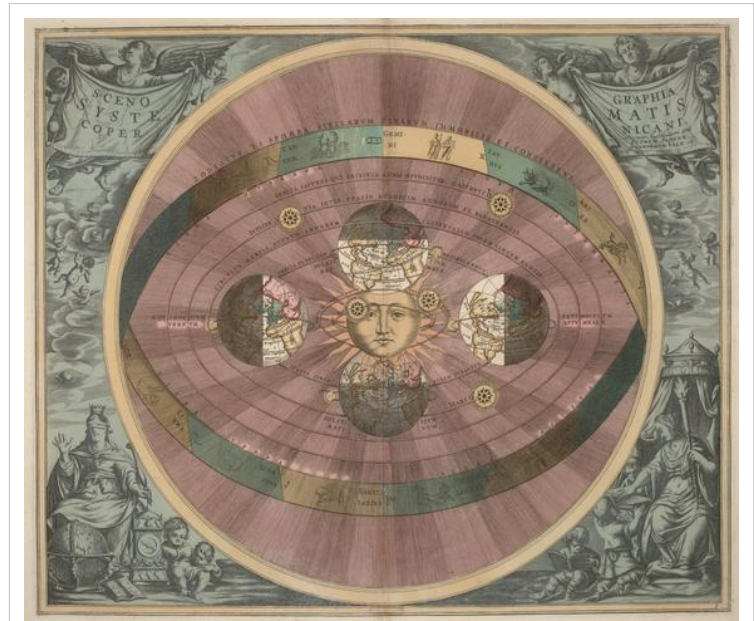
Storia

Primi sistemi pre-copernicani

Già in ambito pitagorico vi furono idee eliocentriche, tuttavia l'astronomia greca fece seri tentativi di uscire dal geocentrismo e dalle sfere omocentriche di Eudosso di Cnido con Eraclide Pontico (385-322 a.C.). Nato ad Eraclea ma trasferitosi ad Atene, dove fu probabilmente discepolo di Aristotele al Liceo, Eraclide, per spiegare il moto diurno dei cieli, pensò ad un moto della terra intorno al proprio asse da occidente ad oriente; probabilmente ipotizzò il movimento di Venere e di Mercurio intorno al Sole.

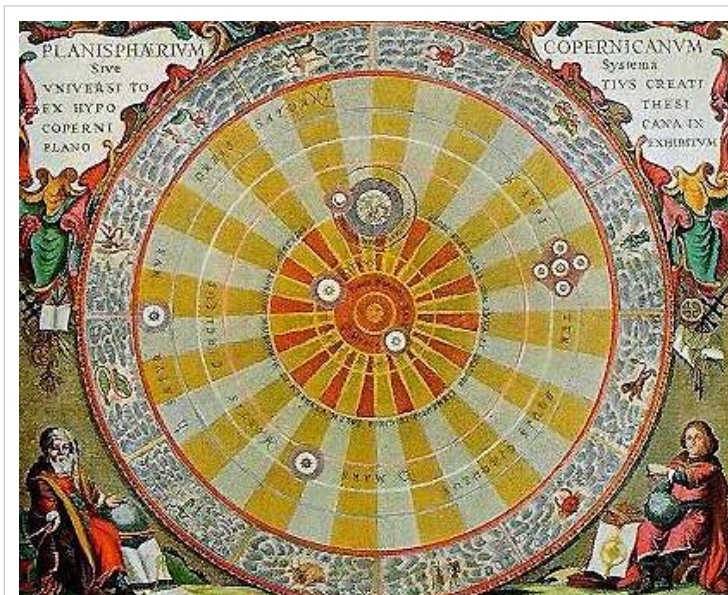
Nella prima metà del III secolo a.C. Aristarco da Samo teorizzò esplicitamente l'eliocentrismo nella sua forma attuale e successivamente, secondo la testimonianza di Plutarco, Seleuco di Seleucia ne dette anche una dimostrazione. La teoria eliocentrica fu però fermamente rifiutata, nel II secolo d.C., da Tolomeo, che era certo della centralità ed immobilità della Terra nell'universo.

Il cristianesimo avallò poi la cosmologia tolemaica in quanto compatibile con le Sacre Scritture (in *Giosuè*, cap. X si legge in effetti il famoso "Fermati, o Sole!").



Sistema eliocentrico in un disegno del 1708

Il sistema di Copernico



Rappresentazione dell'universo eliocentrico copernicano

Nel 1543 l'astronomo → Niccolò Copernico (1473-1543), con il suo *De Revolutionibus orbium coelestium* (*Le rivoluzioni dei mondi celesti*) propone la corretta visione del sistema solare: qui Copernico formula nuovamente una teoria eliocentrica, nata per sostituire totalmente la teoria tolemaica. È dunque il Sole - e non la Terra - ad essere al centro del sistema solare.

L'ipotesi di Copernico era basata essenzialmente su calcoli astronomici e probabilmente su lavori di alcuni studiosi arabi che ripresero le idee dei greci. Copernico impostò la nuova teoria al fine di ridurre la complessità dei calcoli necessari a prevedere le posizioni dei pianeti. Ciononostante, a causa della riforma

astronomica vengono ad aprirsi problemi di ordine fisico, cosmologico e filosofico: la centralità della Terra viene a mancare, sia in senso astronomico che metafisico. L'uomo viene così inserito in un universo infinito, senza né centro né periferia (contrariamente a quanto stabilito dalla fisica aristotelica), omogeneo e soggetto ovunque alle medesime

leggi fisico-matematiche.

Copernico in realtà cominciò a scrivere la sua opera nel 1506 e la finì nel 1530, ma non fu pubblicata fino all'anno della sua morte. Sebbene non avesse problemi formali con la Chiesa, ed anzi avesse dedicato il suo libro al papa Paolo III, la versione a stampa conteneva una prefazione non firmata di Osiander che sosteneva che il sistema descritto da Copernico era semplicemente uno strumento matematico, che non voleva rappresentare la realtà. Forse proprio grazie a tale prefazione, il lavoro dello scienziato non diede adito a grandi discussioni circa la sua possibile eresia nei successivi 60 anni.

Dopo Copernico

La teoria Copernicana fu in seguito rivisitata da → Galileo Galilei. Il Sant'Uffizio inquisì Galileo Galilei perché egli aveva esposto quelle che fino ad allora erano ipotesi come tesi scientifiche (si ricordi che le tesi eliocentriche vennero dimostrate solo in seguito da Newton): per questo fu condannato al carcere a vita, che dovette scontare nella propria villa di Arcetri, ed a recitare preghiere quotidiane, il cui compito egli affidò a sua figlia suora in virtù della parentela in Cristo che lega tutti i Cristiani. Inoltre egli dovette pronunciare un atto di abiura (alla fine del quale la leggenda dice mormorò la celeberrima frase: "Eppur si muove").

Versione moderna

Dopo le correzioni di Keplero, Isaac Newton e la moderna astronomia, ora sappiamo che in realtà nemmeno il sole, il sistema solare e la Via Lattea sono immobili, ma che l'intero Universo si sta espandendo, e sembra in accelerazione. Per cui anche la teoria eliocentrica si dimostrò inesatta.

Voci correlate

- Teoria copernicana
 - → Niccolò Copernico
 - Geocentrismo
 - → Galileo Galilei
 - Isaac Newton
-

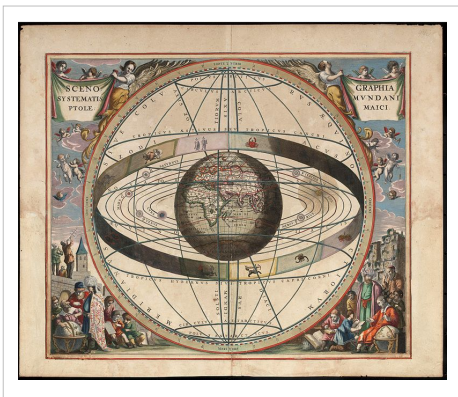
Sistema geocentrico

Il **sistema geocentrico** (detto anche **aristotelico-tolemaico**) è un modello astronomico che pone la Terra al centro dell'Universo, mentre tutti gli altri corpi celesti ruoterebbero attorno ad essa. In Oriente, un universo geocentrico venne già descritto nei testi induisti dei Purana, dove la terra, posta al centro, non era considerato il luogo migliore, ma comunque l'unico dove l'uomo potesse ottenere la "liberazione" (*mokṣa*).^[1] In Occidente invece il sistema geocentrico ebbe ampia diffusione nell'antichità e nel medioevo, soprattutto per ragioni filosofiche e religiose.

In Occidente esso fu soppiantato fra il XVI ed il XVII secolo dal → sistema eliocentrico, che poneva invece il Sole al centro dell'Universo. Questo passaggio, noto come → rivoluzione copernicana segnò l'affermazione del metodo scientifico e la nascita della scienza moderna.

Sviluppo e caratteristiche

Il modello geocentrico è molto intuitivo ed è stato concepito da varie civiltà e culture che precedettero l'attuale civiltà scientifica.



Nell'antica Grecia esso si fuse con le concezioni filosofiche di chi (ad esempio Platone ed Aristotele) basava il proprio sistema su armonie matematiche e geometriche. I pianeti^[2] si trovavano nell'iperuranio (lo spazio "oltre il cielo", cioè sovrallunare) ed erano perfetti, quindi dovevano avere orbite perfette. Poiché il cerchio era considerato la forma perfetta, i movimenti dei corpi celesti dovevano essere circolari ed il cosmo doveva essere suddiviso in una serie di *sfe*re concentriche.

La sfera centrale (detta anche *sublunare*) era occupata dalla Terra e dalla sua atmosfera; essa era l'unica parte "imperfetta" del cosmo, sia perché entro di essa i moti erano rettilinei, sia perché mutevole. Al di fuori di questa sfera ve ne erano altre otto, le prime corrispondenti ai sette pianeti (nell'ordine: Luna, Mercurio, Venere, Sole, Marte, Giove e Saturno) e l'ultima alle stelle fisse. Ogni oggetto celeste sarebbe stato "incastonato" nella propria sfera e ne avrebbe quindi condiviso il moto circolare uniforme (perfetto, immutabile ed eterno) attorno alla Terra.

Il sistema geocentrico fu perfezionato nel II secolo a.C. dal massimo astronomo dell'antichità, Ipparco. Per spiegare le "irregolarità" del movimento dei pianeti^[3] egli suppose che essi percorressero con moto uniforme delle circonferenze di raggio relativamente piccolo (gli *epicicli*), i cui centri a loro volta si muovevano uniformemente su circonferenze di raggio molto maggiore (*deferenti*) il cui centro era nelle vicinanze della Terra.

Poiché nessuna delle opere di Ipparco è giunta fino a noi, i dettagli di questo sistema ci sono noti attraverso l'opera dell'ultimo grande astronomo dell'antichità, Tolomeo (II secolo d.C.), che riprese e perfezionò l'opera di Ipparco. Il sistema è quindi spesso indicato come *tolemaico*.

Esso aveva raggiunto una discreta precisione (tanto da essere indubbiamente superiore, dal punto di vista sperimentale, al → sistema eliocentrico proposto da Aristarco da Samo), ma al prezzo di una grande complessità. Tuttavia le prove apportate nella tarda antichità e nel medioevo per sostenere il sistema geocentrico erano basate



soprattutto su deduzioni da precetti teoretici e da testi sacri. Infatti questo sistema si adattava perfettamente alla dottrina della Chiesa cattolica (ed anche di diverse altre religioni^[4]), che quindi fece propri molti di questi concetti: una posizione privilegiata della Terra al centro dell'universo rendeva naturale considerare l'uomo come apice e fine della creazione.

Crisi e superamento



Per approfondire, vedi la voce **Rivoluzione astronomica**.

Il sistema geocentrico fu accettato per quasi due millenni, ma alla fine esso fu sostituito a causa della rinascita dell'osservazione empirica (ad es. con Tycho Brahe) e dell'adozione del metodo scientifico. Le orbite dei pianeti non potevano essere adeguatamente spiegate ricorrendo a puri cerchi (nonostante il metodo degli epicicli di Ipparco e Tolomeo). Esso fu superato non solo con l'adozione del → sistema eliocentrico, ma anche con l'abbandono delle orbite circolari a favore di quelle ellittiche (leggi di Keplero).

Questo processo non fu privo di vittime: la Chiesa cattolica difese strenuamente il sistema geocentrico, giungendo nel 1600 alla condanna al rogo come eretico del filosofo Giordano Bruno (reo di aver sostenuto che lo spazio fosse infinito, che ogni stella fosse in realtà simile al Sole e che vita potesse esistere al di fuori del sistema solare) e, a distanza di qualche decennio, costringendo → Galileo Galilei ad abiurare le proprie opere. Teologicamente la Chiesa basò la difesa del sistema geocentrico soprattutto sull'autorità di versetti biblici dell'Antico Testamento^[5], ma contestarono a Galileo anche aspetti scientifici indimostrabili della sua teoria, e il fatto che il Pisano aveva rifiutato di confrontarsi nel *Dialogo sopra i massimi sistemi* anche col modello Ticoniano. Infatti gli astronomi gesuiti avevano elaborato un sistema astronomico basato sul modello Ticoniano che rispondeva alle osservazioni e alle predizioni possibili con gli strumenti dell'epoca. Galileo invece non poteva spiegare con la sua teoria né risolvere con il suo cannocchiale il problema della parallasse stellare.

Questa questione determinante per la scelta fra sistema ticoniano e sistema copernicano, trovò soluzione grazie ad un astronomo pontificio, Eustachio Manfredi. Manfredi nella Specola pontificia di Bologna, nel 1729, diede la prima dimostrazione empirica del moto di rivoluzione della Terra attorno al Sole, già postulata teoricamente dall'inglese James Bradley nel 1728^[6]. In seguito a questa scoperta, la Chiesa ammise la scientificità del sistema galileiano e rimosse dall'indice molte opere di Galileo.

Sul sistema geocentrico è tuttora basata gran parte dell'astrologia.

Bibliografia

- Klaus K. Klostermeier, *Piccola enciclopedia dell'induismo*, Edizioni Arkeios, 2001. ISBN 978-88-86495-59-2

Voci correlate

- Rivoluzione copernicana
- Sistema eliocentrico

Riferimenti

[1] Klostermeier 2001, pag.191.

[2] All'epoca erano considerati pianeti i corpi celesti la cui posizione mutava rispetto a quella delle "stelle fisse". Essi comprendevano quindi la Luna ed il Sole, ma non la Terra. Inoltre Urano, Nettuno, Plutone e tutti gli altri corpi del Sistema Solare non erano noti, o (nel caso delle comete) erano considerati fenomeni atmosferici.

[3] Ad esempio i moti retrogradi di Marte, Giove e Saturno, ovvero il fatto che circa una volta l'anno ognuno di questi pianeti sembra invertire la direzione del proprio moto sulla volta celeste, per riprendere a muoversi nella direzione consueta dopo un breve periodo. I moti di Venere e Mercurio sono ancor più complicati.

[4] Ad esempio, l'eliocentrismo di Aristarco da Samo fu considerato *empio* dai sacerdoti pagani greci.

- [5] Giosuè 10:12 (*Allora Giosuè parlò al Signore, il giorno che il Signore diede gli Amorei in mano ai figli d'Israele, e disse in presenza d'Israele: «Sole, fermati su Gabaon, e tu, luna, sulla valle d'Aialon!»*): l'intimazione al Sole di fermarsi implica che esso sia in moto e che la Terra sia ferma.
- [6] Eustachio Manfredi e la prima conferma osservativa della teoria dell'aberrazione annua della luce di A. Gualandi e F. Bonoli, Dipartimento di Astronomia, Università degli Studi di Bologna (<http://www.brera.unimi.it/sisfa/atti/2002/031-GUALANDI.pdf>). URL consultato il 29.

De revolutionibus orbium coelestium



Nicolai Copernici Torinensis *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, Libri VI (frontespizio della 2. edizione, Basel, 1566)

(LA)

« In medio vero omnium residet Sol »

(IT)

« E in mezzo a tutto sta il Sole »

(→ N. Copernico, *De revolutionibus*, libro I, cap X)

Il *De revolutionibus orbium coelestium* (in italiano *Le Rivoluzioni dei corpi celesti*) è il celeberrimo trattato astronomico di → Niccolò Copernico, pubblicato per la prima volta a Norimberga nel 1543, per la precisione il 24 maggio giorno in cui curiosamente morì l'autore.

In questo testo Copernico descrive il frutto dei suoi studi parlando del movimento degli oggetti del cielo e l'opera si configura quindi come l'esposizione del → sistema eliocentrico copernicano. Le innovazioni rispetto al → sistema geocentrico tolemaico sono oggettivamente poche, ma erano comunque importanti punti di arrivo.

Contenuto

Il libro è dedicato al Papa Paolo III ed è diviso in 6 libri:

- Il primo libro contiene una visione generale della teoria eliocentrica.
- Il secondo libro è per lo più teoretico e descrive i principi dell'astronomia delle sfere ed una lista di stelle, come basi per gli argomenti sviluppati nelle parti seguenti.
- Il terzo libro è dedicato ai movimenti apparenti del Sole ed ai fenomeni ad essi correlati.
- Il quarto libro contiene una descrizione della Luna e dei suoi movimenti orbitali.
- Il quinto ed il sesto libro contengono la concreta esposizione del nuovo sistema.

Il primo libro è molto più semplice e meno tecnico degli altri cinque, che contengono tavole e formule matematiche molto complicate e poco accessibili ai non astronomi. Questo aspetto, che a prima vista può indurre a pensare che abbia rallentato la diffusione del copernicanesimo, fu invece un importante fattore che contribuì a "salvare" l'opera e la → teoria eliocentrica. Infatti dai profani l'ipotesi della Terra come pianeta fu sempre allontanata e bollata come ridicola e, a partire dal secolo XVII quando la Chiesa cattolica la condannò, come eretica.

Tra gli studiosi invece l'accoglienza fu meno aspra, anche se in pochi vi aderirono nei primi tempi. Nondimeno il *De Revolutionibus* divenne subito un testo fondamentale per gli astronomi indipendentemente dalla concezione cosmologica di questi. Infatti i suoi calcoli, i suoi dati, i suoi diagrammi furono davvero innovativi e completi tanto che Copernico fu definito «secondo Tolomeo» o «l'eminente artefice della nostra epoca». In effetti il *De Revolutionibus* è davvero la prima opera della modernità che possa essere paragonata all'*Almagesto* di Tolomeo per profondità, completezza e coerenza.

Copernico, nonostante la portata rivoluzionaria che ebbe quest'opera, era essenzialmente un conservatore e l'unica grande novità rispetto al sistema tolemaico è la concezione della terra come pianeta. L'universo di Copernico, escluso questo aspetto, chiaramente non secondario, era identico a quello aristotelico-tolomeico. Si differenziava per le dimensioni - era infatti quasi 30 volte più grande -, ma non eliminava gli epicicli, deferenti, eccentrici che lo avevano spinto a mettere in discussione il → sistema geocentrico. Scrive a questo proposito Copernico nella prefazione:

« [Mi pare di] aver raggiunto la consapevolezza che i matematici non hanno idee chiare attorno a questi moti[...], essi non usano né gli stessi principi e ipotesi né le stesse dimostrazioni. Così alcuni usano soltanto cerchi omocentrici, altri eccentrici ed epicicli, e tuttavia con questi mezzi non raggiungono integralmente i loro scopi[...]. Né furono in grado di scoprire oppure di dedurre da tali mezzi la cosa più importante: vale a dire la forma dell'universo e l'immutabile simmetria delle sue parti. »

Il sistema copernicano completo non era né più semplice né più preciso o accurato del sistema tolemaico, tuttavia ciò che convinceva Copernico della validità del suo nuovo universo è proprio «l'immutabile simmetria delle sue parti», l'armonia sottesa al mondo che egli individuava nell'applicazione più semplice e ridotta. Questo era probabilmente il fattore d'attrazione più importante della nuova teoria, quando le prove inizialmente a favore erano minori di quelle contro, e molti, tra cui → Galileo, non restarono indifferenti a questo fascino.

Importante da questo punto di vista è sicuramente l'influenza che esercitò sull'astronomo polacco il Neoplatonismo, che si sviluppava proprio nella seconda metà del secolo XVI. Questa corrente filosofica recuperò l'antica religione solare egizia e attribuiva al Sole grandissima importanza. Scrive Copernico alla fine del Capitolo X del primo libro, giustificando la posizione del Sole nell'universo:

« E in mezzo a tutto sta il Sole. Chi infatti, in tale splendido tempio [l'universo], disporrebbe questa lampada in un altro posto o in un posto migliore, da cui poter illuminare contemporaneamente ogni cosa? Non a sproposito quindi taluni lo chiamano lucerna del mondo, altri mente, altri regolatore. Trismegisto lo definisce il dio visibile, l'Elettra di Sofocle colui che vede tutte le cose. Così il Sole, sedendo in verità come su un trono regale, governa la famiglia degli astri che gli fa da corona. »

Eredità

Le conclusioni di questo trattato non furono molto prese in considerazione dalla società del tempo ma piuttosto osteggiate. Per aggirare parzialmente l'ostacolo, Andreas Osiander, un teologo luterano, premise all'opera una sua personale introduzione anonima dichiarando che il contenuto del lavoro era una pura ipotesi matematica, cosa che comunque andava contro il pensiero di Copernico, ma che forse permise al testo di "sopravvivere". Fu Keplero (nel 1609) a rendere nota l'identità dell'autore.

Questa opera ha continuato ad essere un riferimento per gli eliocentristi e possiamo dire che, in questo senso, è stata una pietra miliare nella storia della scienza modernamente intesa.


Voci correlate

- → Niccolò Copernico
- Rivoluzione astronomica
- Sistema solare
- → Sistema eliocentrico

Bibliografia

- Ciuffoletti Zeffiro, *Breve storia sociale della comunicazione*, Roma, Carocci, 2005, p. 28. ISBN 8843034227.

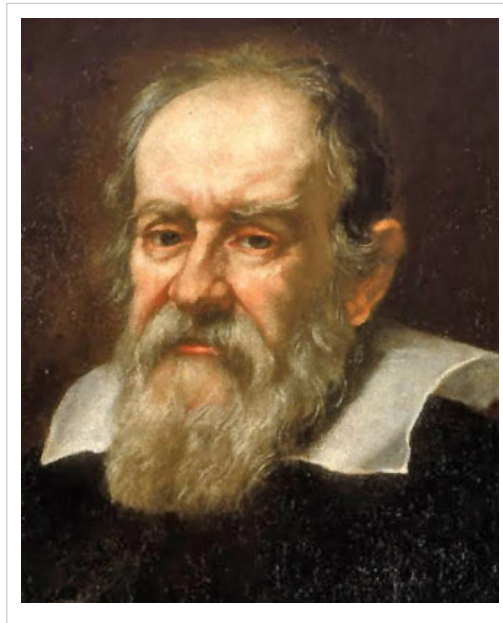
Altri progetti

-  Wikisource contiene opere originali di o su **De revolutionibus orbium coelestium**

Galileo Galilei

« 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 laberinto. »

(Galileo Galilei, *Il Saggiatore*, Cap. VI)



Galileo Galilei

Galileo Galilei (Pisa, 15 febbraio 1564 – Arcetri, 8 gennaio 1642) è stato un fisico, filosofo, astronomo e matematico italiano, padre della scienza moderna.

Il suo nome è associato ad importanti contributi in dinamica^[1] e in astronomia - fra cui il perfezionamento del telescopio, che gli permise importanti osservazioni astronomiche^[2] - e all'introduzione del metodo scientifico (detto spesso *metodo galileiano*).

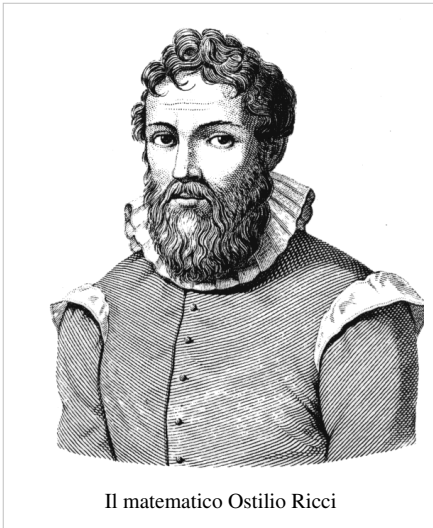
Di primaria importanza furono il suo ruolo nella rivoluzione astronomica e il suo sostegno al → sistema eliocentrico e alle teorie copernicane. Accusato di voler sovvertire la filosofia naturale aristotelica e le Sacre Scritture, Galileo fu per questo condannato come eretico dalla Chiesa cattolica e costretto, il 22 giugno 1633, all'abiura delle sue concezioni astronomiche, nonché a trascorrere il resto della sua vita in isolamento.

Biografia

La giovinezza (1564-1588)

Galileo nacque il 15 febbraio 1564 a Pisa,^[3] primogenito dei sette figli di Vincenzio Galilei e di Giulia Ammannati.^[4] Gli Ammannati, originari delle terre di Pistoia e di Pescia, vantavano origini prestigiose: un Tommaso Ammannati (ca 1345 - 1396), fu fatto cardinale da Clemente VII nel 1385, mentre il fratello Bonifazio (ca 1350 - 1399) ottenne la porpora nel 1397 da uno dei successori di Clemente, l'antipapa Benedetto XIII; quanto a Giacomo Ammannati Piccolomini (1422 - 1479), cardinale dal 1477, fu umanista, continuatore dei *Commentarii* di Pio II e autore di una *Vita dei papi* che è andata perduta.

Si comprende come Giulia Ammannati non mancasse di far rilevare la disparità di origini a Vincenzio, per quanto gli antenati del marito fossero appartenuti alla buona borghesia fiorentina: si ricorda un Tommaso Bonaiuti, che fece parte del governo di Firenze dopo la cacciata del Duca di Atene nel 1343, e un Galileo de' Galilei (1370 - ca 1450), medico noto al suo tempo e gonfaloniere di giustizia, il cui sepolcro nella chiesa di Santa Croce divenne la tomba dei suoi discendenti. Però Vincenzio era nato a Santa Maria a Monte nel 1520, quando ormai la sua famiglia era decaduta ed egli, musicista di valore, dovette trasferirsi a Pisa unendo, per necessità di maggiori guadagni, all'esercizio dell'arte della musica la professione del commercio. Il 9 luglio 1563 Vincenzio prende in locazione una casa in via dei Mercanti a Pisa da Giuseppe Bocca mentre, tra coloro con cui era in affari, spicca il nome del patrizio pisano Iacopo della Seta,^[5] membro dell'Accademia degli Svegliati.



Il matematico Ostilio Ricci

Liutista, insegnante e teorico musicale - aveva fatto parte della Camerata fiorentina dei Bardi - era entrato in conflitto con la tradizione classica sostenuta dal suo maestro Zarlino, che attribuiva la consonanza tra tutti i suoni al controllo delle proporzioni numeriche e, con il suo *Discorso intorno all'Opera di Messer Gioseffo Zarlino da Chioggia* e il *Dialogo della musica antica e della moderna*, aveva proposto di ritornare alla melodia monodica contro l'imperante polifonia contrappuntistica.

Degli altri sei figli di Vincenzio e di Giulia, sono rimaste alcune notizie di Pietro Paolo, di Virginia, nata nel 1573, di Michelangelo, nato nel 1575, e di Livia, nata nel 1578, come il fratello Michelangelo, a Firenze, dove la famiglia Galilei si era trasferita fin dal 1574. Il giovane Galileo fece i suoi primi studi a Pisa sotto Muzio Tedaldi, doganiere della città, e a Firenze, prima col padre, poi con un maestro di dialettica e infine nella scuola del convento di Santa Maria di Vallombrosa, dove vestì l'abito di

novizio fino all'età di quattordici anni. ^[6]

Vincenzio, il 5 settembre 1581, iscrisse il figlio all'Università di Pisa con l'intenzione di fargli studiare medicina, come a volere che Galileo ripercorresse la tradizione del suo glorioso antenato e soprattutto intraprendesse una carriera che poteva riservare lucrosi guadagni; nonostante il suo interesse per i progressi sperimentali di quegli anni, l'attenzione di Galileo fu presto attratta dalla matematica, che cominciò a studiare dall'estate del 1583, sfruttando l'occasione della conoscenza fatta a Firenze di Ostilio Ricci da Fermo, un seguace della scuola matematica di Niccolò Tartaglia. Caratteristica del Ricci era l'impostazione che egli dava all'insegnamento della matematica: non di una scienza astratta, ma di una scienza che servisse a risolvere i problemi pratici legati alla meccanica e alle tecniche ingegneristiche. È probabile che a Pisa Galileo abbia seguito anche i corsi di fisica tenuti dall'aristotelico Francesco Bonamico: lo testimonierebbe la coincidenza di argomentazioni esistente tra gli *Juvenilia*, gli appunti di fisica abbozzati da Galileo in questo periodo, e i dieci libri del *De motu* del Bonamico.

Durante la sua permanenza a Pisa, protrattasi fino al 1585, Galileo arrivò alla sua prima, personale scoperta, l'isocronismo delle oscillazioni del pendolo: per quanto la paternità della scoperta vada assegnata a Ibn Junis (950 - 1009), è certo che l'attività di quell'astronomo arabo era ancora del tutto sconosciuta in Europa.

Fu così che, dopo quattro anni, il giovane Galileo rinunciò a proseguire gli studi di medicina a Pisa e ritornò a Firenze, dove approfondì i suoi nuovi interessi scientifici, occupandosi di meccanica e di idraulica; nel 1586 inventò uno strumento per la determinazione idrostatica del peso specifico dei corpi: ne descrive i dettagli nel breve trattato *La bilancetta*, circolato prima fra i suoi conoscenti e pubblicato postumo nel 1644. L'influsso di Archimede e dell'insegnamento del Ricci si rileva anche nei suoi studi sul centro di gravità dei solidi, espressi nel *Theoremata circa centrum gravitatis solidorum*, pubblicato solo nel 1638 in appendice ai *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, e trovò una soluzione al *problema della corona* di Erone.

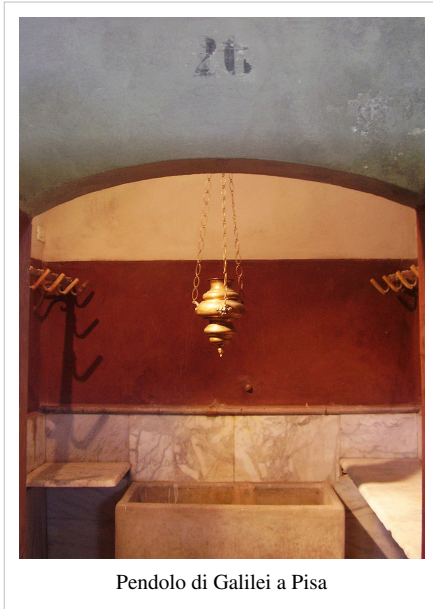
Galileo cercava intanto una regolare sistemazione economica: oltre a impartire lezioni private di matematica a Firenze e a Siena, nel 1587 andò a Roma a richiedere una raccomandazione per entrare nello Studio di Bologna al famoso matematico Christoph Clavius, ^[7] ma inutilmente, perché a Bologna gli preferirono alla cattedra di



Facciata della Scuola Normale Superiore di Pisa

matematica il padovano Giovanni Antonio Magini. Su invito dell'Accademia Fiorentina tenne nel 1588 due *Lezioni circa la figura, sito e grandezza dell'Inferno di Dante*, difendendo le ipotesi già formulate da Antonio Manetti sulla topografia dell'Inferno immaginato da Dante finché, nel 1589, raccomandato dal cardinale Francesco Maria Del Monte, fratello del matematico Guidobaldo, ottenne dal granduca Ferdinando I un contratto triennale per tenere la cattedra di matematica nello Studio di Pisa.

L'insegnamento a Pisa (1589-1592)



Pendolo di Galilei a Pisa

Frutto dell'insegnamento pisano è il manoscritto *De motu antiquiora*, che raccoglie una serie di lezioni nelle quali egli cerca di dar conto del problema del movimento. Base delle sue ricerche è il trattato, pubblicato a Torino nel 1585, *Diversarum speculationum mathematicarum liber* di Giovanni Battista Benedetti, uno dei fisici sostenitori della teoria dell'«impeto» come causa del «moto violento». Benché non si sapesse definire la natura di un tale impeto impresso ai corpi, questa teoria, elaborata per la prima volta nel VI secolo da Giovanni Filopono e poi sostenuta dai fisici parigini, pur non essendo in grado di risolvere il problema, si opponeva alla tradizionale spiegazione aristotelica del movimento come prodotto del mezzo nel quale i corpi stessi si muovono.

A Pisa Galileo non si limitò alle sole occupazioni scientifiche: risalgono infatti a questo periodo le sue *Considerazioni sul Tasso* che avranno un seguito con le *Postille all'Ariosto*: si tratta di note sparse su fogli e annotazioni a margine nelle pagine dei suoi volumi della *Gerusalemme* e dell'*Orlando furioso* dove, mentre rimprovera al Tasso «la scarsità della

fantasia e la monotonia lenta dell'immagine e del verso, ciò che ama nell'Ariosto non è solo lo svariare dei bei sogni, il mutar rapido delle situazioni, la viva elasticità del ritmo, ma l'equilibrio armonico di questo, la coerenza dell'immagine l'unità organica - pur nella varietà - del fantasma poetico». ^[8]

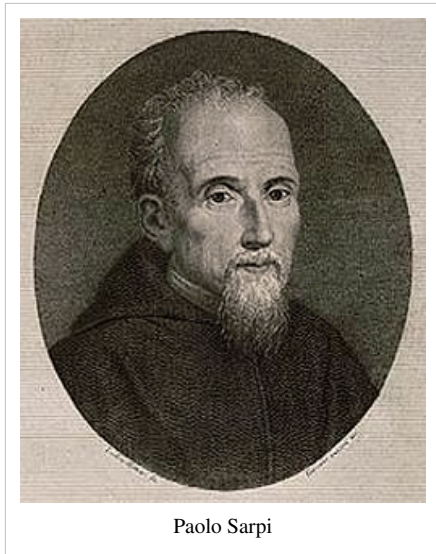
Nell'estate del 1591 il padre Vincenzo morì, lasciando a Galileo l'onere di prendersi cura del mantenimento di tutta la famiglia: per il matrimonio della sorella Virginia, sposatasi quello stesso anno ^[9], Galileo dovette provvedere alla dote, contraendo dei debiti, così come dovrà fare per le nozze della sorella Livia nel 1601 ^[10] e altri denari dovrà spendere per soccorrere le necessità della numerosa famiglia del fratello Michelangelo ^[11]. Non bastando il modesto stipendio di sessanta scudi all'anno, e nell'imminenza della scadenza del suo contratto, Galileo si rivolse nuovamente all'influente amico Guidobaldo Del Monte che lo raccomandò al prestigioso Studio di Padova, dove era ancora vacante la cattedra di matematica dopo la morte, nel 1588, del professore Giuseppe Moletti.

Il 26 settembre 1592 le autorità della Repubblica di Venezia emanarono il decreto di nomina, con un contratto, prorogabile, di quattro anni e con uno stipendio di 180 fiorini l'anno. Il 7 dicembre Galileo tenne a Padova il discorso introduttivo e dopo pochi giorni iniziò un corso destinato ad avere un grande seguito presso gli studenti. Vi resterà per 18 anni, che definirà «li diciotto anni migliori di tutta la mia età». ^[12]

Il periodo padovano (1592-1610)

Nell'aperto ambiente dell'Università padovana - risultato del clima di relativa tolleranza garantito dalla Repubblica veneziana - Galileo poté intrattenere rapporti cordiali anche con personalità di formazione culturale lontana dalla sua, come il professor Cesare Cremonini, filosofo averroista inquisito dall'autorità romana ma difeso da Venezia, città frequentata dal nostro scienziato, ove conobbe il nobile Giovanfrancesco Sagredo, che Galileo renderà protagonista del suo *Dialogo sopra i massimi sistemi*, e Paolo Sarpi, teologo ed esperto altresì di matematica e di astronomia. È contenuta proprio nella lettera indirizzata il 16 ottobre 1604 al frate servita la formulazione della legge sulla caduta

dei gravi:



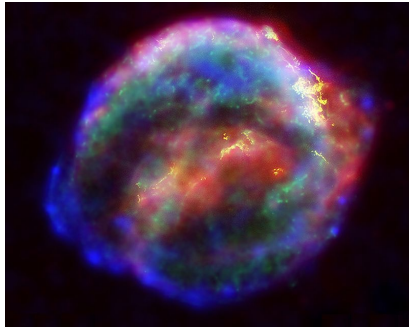
Paolo Sarpi

« gli spazii passati dal moto naturale ^[13] esser in proportion doppia dei tempi, e per conseguenza gli spazii passati in tempi eguali esser come *ab unitate*, et le altre cose. Et il principio è questo: che il mobile naturale vadia crescendo di velocità con quella proportion che si discosta dal principio del suo moto; come v. g., cadendo il grave dal termine *a* per la linea *abcd*, suppongo che il grado di velocità che ha in *c* al grado di velocità che ebbe in *b* esser come la distanza *ca* alla distanza *ba*, e così conseguentemente in *d* aver grado di velocità maggiore che in *c* secondo che la distanza *da* è maggiore della *ca*. ^[14] »

Galileo aveva tenuto a Padova lezioni di meccanica dal 1598: il suo *Trattato di meccaniche*, stampato a Parigi nel 1634, dovrebbe essere il risultato dei suoi corsi, che avevano avuto origine dalle *Questioni meccaniche* di Aristotele. Diversamente dal filosofo greco, per il quale esistono due moti «naturali», cioè spontanei, dipendenti dalla sostanza dei corpi, uno diretto verso il basso, tipico dei corpi di terra e d'acqua, e uno verso l'alto, tipico dei corpi d'aria e di fuoco, per Galileo qualunque corpo tende a cadere verso il basso, nella direzione del centro della Terra. Se vi sono corpi che salgono verso l'alto è perché il mezzo nel quale si trovano, avendo un peso specifico maggiore, li spinge in alto, secondo il noto principio già espresso da Archimede: la legge sulla caduta dei gravi di Galileo, prescindendo dal mezzo, è pertanto valida per tutti i corpi, qualunque sia la loro natura.

Nello Studio di Padova Galileo attrezzò, con l'aiuto di Marcantonio Mazzoleni, un artigiano che abitava nella sua stessa casa, una piccola officina nella quale eseguiva esperimenti e fabbricava strumenti che vendeva per arrotondare lo stipendio. È del 1593 la macchina per portare l'acqua a livelli più alti, per la quale ottenne dal Senato veneto un brevetto ventennale per la sua utilizzazione pubblica. Dava anche lezioni private - suoi allievi furono, tra gli altri, Vincenzo Gonzaga, il principe d'Alsazia Giovanni Federico, i futuri cardinali Guido Bentivoglio e Federico Cornaro - e ottenne aumenti di stipendio: dai 320 fiorini percepiti annualmente nel 1598, passò ai 1.000 ottenuti nel 1609.

Verso il 1594 compose due trattati sulle opere di fortificazione, la *Breve introduzione all'architettura militare* e il *Trattato di fortificazione*; intorno al 1597 Galileo fabbricò un compasso, che descrisse nell'opuscolo *Le operazioni del compasso geometrico et militare*, pubblicato a Padova nel 1606 e dedicato a Cosimo II. Il compasso era strumento già noto e, in forme e per usi diversi, già utilizzato, né Galileo pretese di attribuirsi particolari meriti per la sua invenzione: ma il milanese Baldassarre Capra (ca 1580 - 1626), allievo di Simon Mayr, nel suo scritto *Usus et fabrica circini cuiusdam proportionis*, lo accusò di aver plagiato una sua precedente invenzione. Il 9 aprile 1607 Galileo ribaltò le accuse del Capra, ottenendone la condanna dai Riformatori dello Studio padovano e pubblicò a sua volta una *Difesa contro alle calunnie et imposture di Baldassar Capra*.



La Supernova di Keplero

Il Capra aveva già polemizzato con Galileo nel 1604 a proposito di una "nuova stella", vista tra i primi il 9 ottobre dall'astronomo fra' Ilario Altobelli, il quale ne informò Galileo.^[15] Luminosissima, fu osservata il 17 ottobre anche da Keplero, che ne fece oggetto di uno studio, il *De Stella nova in pede Serpentarii*, così che quella stella è oggi nota come *Supernova di Keplero*.

Su quel fenomeno astronomico Galileo tenne tre lezioni, il cui testo non ci è noto, ma contro le sue argomentazioni scrisse l'aristotelico Antonio Lorenzini e contro entrambi intervenne anche il Capra. Da loro sappiamo che Galileo interpretò il fenomeno come prova della validità dell'interpretazione cosmologica di Copernico ma egli non rispose alla

polemica e non sappiamo quali argomenti allora portasse a favore della teoria copernicana: si ritiene^[16] che egli, pur intimamente convinto copernicano, non avesse ancora prove sufficientemente convincenti da portare di fronte alla comunità scientifica. Già nel 1597, infatti, a Keplero che aveva recentemente pubblicato il suo *Prodromus dissertationum cosmographicarum*, scriveva di essere copernicano da molti anni e di aver prove - che però non espose - a sostegno di Copernico, «praeceptoris nostri».^[17]

L'apparizione della supernova creò grande sconcerto nella società e Galileo non disdegnò di approfittare del momento per elaborare, su commissione, oroscopi personali al prezzo di 60 lire venete. In tale circostanza fu inquisito dalle autorità della Serenissima Repubblica di Venezia per "aver sostenuto che gli astri determinano le scelte dell'uomo e per aver effettuato oroscopi". All'epoca del processo romano, il carteggio dell'istruttoria venne insabbiato dal senato accademico padovano, affinché non giungesse nelle mani de Sant'Uffizio.^[18]

Il cannocchiale

Prove di tal genere potevano essere offerte solo dopo meticolose osservazioni e lo strumento che le avrebbe rese possibili era stato appena inventato. Di ottica si erano occupati Giovanni Battista Della Porta^[19] nella sua *Magia naturalis* (1589) e nella *De refractione* (1593), e Keplero nei *Ad Vitellionem paralipomena*, del 1604, opere dalle quali era possibile pervenire alla costruzione del cannocchiale: ma lo strumento fu costruito per la prima volta, indipendentemente da quegli studi nei primi anni del XVII secolo dall'artigiano Hans Lippershey, noto anche come Johann Lippershey o Lipperhey (Wesel, 1570 – Middelburg, settembre 1619), un ottico tedesco naturalizzato olandese. Galileo ne ebbe notizia - e forse anche un esemplare - nella primavera del 1609 e, ricostruito e potenziato empiricamente,^[20] il 21 agosto lo presentò come propria invenzione al governo veneziano che, apprezzando l'«invenzione», gli raddoppiò lo stipendio e gli offrì un contratto vitalizio d'insegnamento^[21].

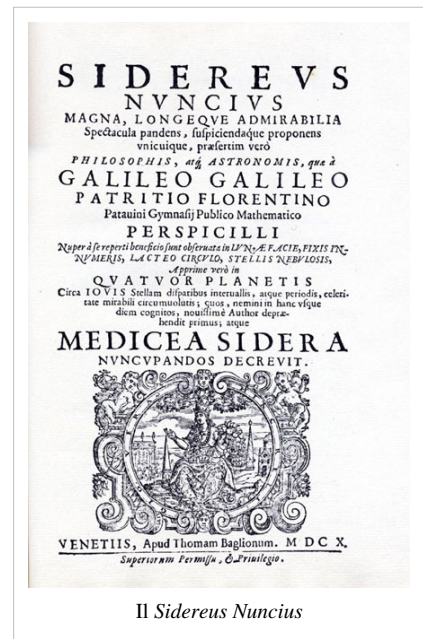
Per tutto il resto di quell'anno Galileo s'impegnò nelle osservazioni astronomiche: acquisì informazioni più precise sui monti lunari, sulla composizione della Via Lattea e scoprì quattro dei sessantatré satelliti di Giove. Le nuove scoperte furono pubblicate il 12 marzo del 1610 nel *Sidereus Nuncius*, una copia del quale Galileo inviò al granduca fiorentino Cosimo II, già suo allievo, insieme con un esemplare del suo cannocchiale e la dedica dei quattro satelliti, battezzati da Galileo in un primo tempo *Cosmica Sidera* e successivamente *Medicea Sidera* («pianeti medicei»). È evidente l'intenzione di Galileo di guadagnarsi la gratitudine della Casa medicea, ma molto probabilmente non soltanto per fini economici, ma anche per ottenere una influente protezione in vista della presentazione, di fronte alla comunità scientifica, di quelle novità che non avrebbero mancato di sollevare polemiche.

Il 5 giugno 1610 il governo fiorentino comunicava allo scienziato l'avvenuta assunzione come «Matematico primario dello Studio di Pisa e Filosofo del Ser.mo Gran Duca senz'obbligo di leggere e di risiedere né nello Studio né nella città di Pisa, et con lo stipendio di mille scudi l'anno, moneta fiorentina». Galileo firmò il contratto il 10 luglio e in settembre raggiunse Firenze.

Qui giunto si premurò di regalare a Ferdinando II, figlio del granduca Cosimo, la migliore lente ottica^[22] che aveva realizzato nel suo laboratorio organizzato quando era a Padova dove, con l'aiuto dei mastri vetrai di Murano^[23] confezionava «occhialetti» sempre più perfetti e in tale quantità da esportarli, come fece con il cannocchiale mandato all'elettore di Colonia il quale a sua volta lo prestò a Keplero che ne fece buon uso e che, grato, concluse la sua opera *Narratio de observatis a se quattuor Jovis satellibus erroneis* del 1611, così scrivendo: «*Vicisti Galilaeae*»^[24], riconoscendo la verità delle scoperte di Galilei.

Il giovane Ferdinando o qualcun altro ruppe la lente ed allora Galilei gli regalò qualcosa di meno fragile: una calamita "armata", cioè fasciata da una lamina di ferro, opportunamente posizionata, che ne aumentava la forza d'attrazione in modo tale che, pur pesando solo sei onces il magnete «sollevava quindici libbre di ferro lavorato in forma di sepolcro»^[25]

In occasione del trasferimento a Firenze Galilei lasciò la sua convivente, la veneziana Marina Gamba (1570-1612) conosciuta a Padova, dalla quale aveva avuto tre figli: Virginia (1600-1634) e Livia (1601-1659), mai legittimate, e Vincenzio, che riconobbe nel 1619. Galileo affidò a Firenze la figlia Livia alla nonna, con la quale già conviveva l'altra figlia Virginia, e lasciò il figlio Vincenzio a Padova alle cure della madre e poi, dopo la morte di questa, a una tale Marina Bartoluzzi.^[26] In seguito, resasi difficile la convivenza delle due bambine con Giulia Ammannati, Galileo fece entrare le figlie nel convento di San Matteo, ad Arcetri (Firenze), nel 1613, costringendole a prendere i voti non appena compiuti i rituali sedici anni: Virginia assunse il nome di suor Maria Celeste, e Livia quello di suor Arcangela, e mentre la prima si rassegnò alla sua condizione e rimase in costante contatto epistolare con il padre, Livia non accettò mai l'imposizione paterna.^[27]



A Firenze



La casa fiorentina di Galileo

La pubblicazione del *Sidereus Nuncius* suscitò apprezzamenti ma anche diverse polemiche. Oltre all'accusa di essersi impossessato, con il cannocchiale, di una scoperta che non gli apparteneva, furono messe in dubbio anche la realtà delle sue scoperte. L'aristotelico Cremonini si rifiutò persino di guardare attraverso il cannocchiale, ^[28] mentre il matematico bolognese Antonio Magini - che sarebbe l'ispiratore del libello antigalileiano *Brevissima peregrinatio contra Nuncium Sidereum* scritto da Martin Hotky - senza negare l'utilità dello strumento, sostenne l'inesistenza di quelle vantate scoperte e Galileo in persona, in un primo tempo, cercò inutilmente di dissuaderlo.

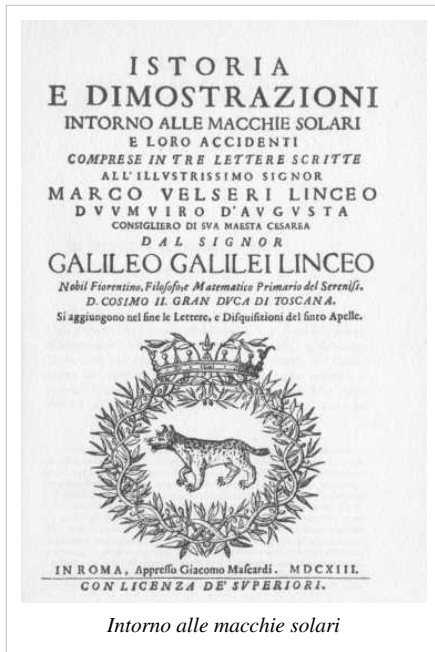
Più tardi il Magini si ricredette e con lui anche l'astronomo vaticano Christoph Clavius, che inizialmente aveva ritenuto le scoperte soltanto un'illusione prodotta dalle lenti. Era, quest'ultima, un'obiezione allora non facilmente confutabile, legata all'opinione che le lenti potessero bensì potenziare la visione ma anche deformarla. Un appoggio molto importante fu dato a Galileo da Keplero, che verificò l'esistenza effettiva dei satelliti di Giove, pubblicando a Francoforte nel 1611 l'apposita *Narratio de observatis a se quattuor Jovis satellibus erronibus*.

Poiché i matematici del Collegio romano erano considerati le maggiori autorità del tempo, il 29 marzo del 1611 Galileo si recò a Roma per presentare le sue scoperte: fu accolto con tutti gli onori dallo stesso papa Paolo V, dai cardinali Francesco Maria Del Monte e Maffeo Barberini e dal principe Federico Cesi, che lo iscrisse nell'Accademia dei Lincei, da lui stesso fondata otto anni prima. Il 1° aprile Galileo poteva già scrivere al segretario ducale Belisario Vinta che i gesuiti «avendo finalmente conosciuta la verità dei nuovi Pianeti Medicei, ne hanno fatte da due mesi in qua continue osservazioni, le quali vanno proseguendo; e le aviamo riscontrate con le mie, e si rispondano giustissime».

Galileo non sapeva però che già il 19 aprile il cardinale Roberto Bellarmino aveva incaricato i matematici vaticani di approntargli una relazione sulle nuove scoperte fatte da «un valente matematico per mezzo d'un istrumento chiamato *cannone* ovvero *ochiale*» e che la Congregazione del Santo Uffizio, il seguente 16 maggio, aveva deciso di indagare sui rapporti esistenti tra Galileo e il filosofo Cesare Cremonini, da tempo sospettato di eresia dall'Inquisizione padovana. Evidentemente, nella Chiesa erano ben presenti le conseguenze che «avrebbero potuto avere questi singolari sviluppi della scienza sulla concezione generale del mondo e quindi, indirettamente, sui sacri principi della teologia tradizionale». ^[29]



Cesare Cremonini



Intorno alle macchie solari

Nel 1612 Galileo scrisse il *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua, o che in quella si muovono* - nel quale appoggiandosi alla teoria di Archimede dimostrava, contro quella di Aristotele, che i corpi galleggiano o affondano nell'acqua a seconda del loro peso specifico non della loro forma - provocando la polemica risposta del *Discorso apologetico d'intorno al Discorso di Galileo Galilei* del letterato e aristotelico fiorentino Ludovico delle Colombe. Il 2 ottobre, a Palazzo Pitti, presenti il granduca e la granduchessa Cristina, e il cardinale Maffeo Barberini, allora suo grande ammiratore, diede una pubblica dimostrazione sperimentale dell'assunto, confutando definitivamente il delle Colombe.

Nel suo *Discorso* Galileo accennava anche alle macchie solari, che egli sosteneva di aver già osservate a Padova nel 1610, senza però darne notizia: scrisse ancora, l'anno seguente, l' *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti*, pubblicata a Roma dall'Accademia dei Lincei, in risposta a tre lettere del gesuita Christoph Scheiner che, indirizzate alla fine del 1611 a Mark Welser, annunciavano la sua

scoperta delle macchie solari. ^[30] A parte la questione della priorità della scoperta, ^[31] lo Scheiner sosteneva erroneamente che le macchie consistevano in sciami di astri rotanti intorno al Sole, mentre Galileo le considerava materia fluida appartenente alla superficie stessa del Sole e ruotante intorno ad esso proprio a causa della rotazione della stella.

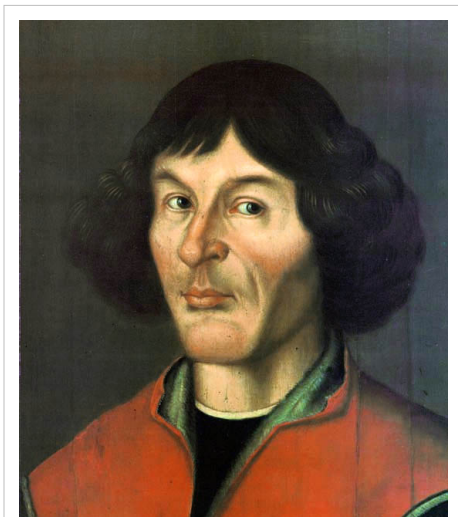
Nel marzo 1614 compì studi sul metodo per determinare il peso dell'aria, calcolando il suo minimo peso, diverso tuttavia da zero. L'aria è infatti circa 760 volte più leggera dell'acqua: gli studiosi dell'epoca, al contrario pensavano, senza alcun supporto sperimentale, che l'aria non avesse alcun peso.

Le lettere copernicane

Le scoperte astronomiche avvaloravano la teoria eliocentrica: l'esistenza delle fasi di Venere – e anche quelle di Mercurio, parimenti osservate da Galileo - dimostrava che quei pianeti ruotavano intorno al Sole. Galileo, scrivendo a Giuliano de' Medici il 1° gennaio 1611, affermava che «Venere necessarissimamente si volge intorno al sole, come anco Mercurio e tutti li altri pianeti, cosa ben creduta da tutti i Pittagorici, Copernico, Keplero e me, ma non sensatamente ^[32] provata, come ora in Venere e in Mercurio».

Il 12 maggio del 1612 ribadiva a Federico Cesi la sua visione copernicana scrivendo come il Sole si rivolgesse «in sé stesso in un mese lunare con rivoluzione simile all'altre de i pianeti, cioè da ponente verso levante intorno a i poli dell'eclittica: la quale novità dubito che voglia essere il funerale o più tosto l'estremo e ultimo giudizio della pseudofilosofia, essendosi già veduti segni nelle stelle, nella luna e nel sole; e sto aspettando di veder scaturire gran cose dal Peripato per mantenimento della immutabilità de i cieli, la quale non so dove potrà esser salvata e celata».

Convinto della correttezza della cosmologia copernicana, Galileo naturalmente era ben consapevole che questa non si accordava con diverse affermazioni della Bibbia e di Padri della Chiesa, che attestavano invece una concezione geocentrica dell'Universo. E poiché la Chiesa considerava le Sacre Scritture ispirate dallo Spirito Santo, la teoria



Copernico

eliocentrica poteva essere accettata, al più, soltanto come un semplice modello matematico senza alcuna attinenza con la reale posizione dei corpi celesti. ^[33] Proprio sotto questa condizione, il libro del Copernico - il *De revolutionibus orbium coelestium* - non era stato ancora condannato dalle autorità ecclesiastiche.

Galileo, scienziato cattolico, crede di poter risolvere il problema rovesciando la soluzione allora corrente: la teoria copernicana è vera, sono le Scritture a essere state scritte - quando era il caso - senza corrispondenza con la realtà, utilizzando un linguaggio che esprime un modello utile e comprensibile all'uomo. Il 21 dicembre 1613 scrisse infatti all'allievo e amico benedettino Benedetto Castelli - matematico copernicano allora lettore a Pisa - che «se bene la Scrittura non può errare, potrebbe nondimeno talvolta errare alcuno de' suoi interpreti ed espositori, in vari modi: tra i quali uno sarebbe gravissimo e frequentissimo, quando volessero fermarsi sempre nel puro significato delle parole, perché così vi apparirebbono non solo diverse contradizioni, ma gravi eresie e bestemmie ancora; poi che sarebbe necessario dare a Iddio e piedi e mani e occhi, e non meno affetti corporali e umani, come d'ira, di pentimento, d'odio, e anco talvolta l'obblivione delle cose passate e l'ignoranza delle future»



Gustave Doré: *Giosuè ferma il Sole*

Dev'essere allora che molte proposizioni della Bibbia sono accomodate per poter essere comprese dai semplici illetterati: tra questi accomodamenti deve rientrare anche il noto episodio della richiesta di Giosuè a Dio di fermare il Sole per prolungare il giorno: «io dico che questo luogo ci mostra manifestamente la falsità e impossibilità del mondano sistema Aristotelico e Tolemaico, e all'incontro benissimo s'accomoda co 'l Copernicano».

E spiega Galileo che se s'interpretasse alla lettera il passo biblico, ne verrebbe che secondo il sistema tolemaico, fermando il Sole, il giorno non si sarebbe prolungato ma, al contrario, accorciato: «Essendo, dunque, assolutamente impossibile nella costituzion di Tolomeo e d'Aristotile fermare il moto del Sole e allungare il giorno, sì come afferma

la Scrittura esser accaduto, adunque o bisogna che i movimenti non sieno ordinati come vuol Tolomeo, o bisogna alterar il senso delle parole, e dire che quando la Scrittura dice che Iddio fermò il Sole, voleva dire che fermò 'l primo mobile, ma che, per accomodarsi alla capacità di quei che sono a fatica idonei a intender il nascere e 'l tramontar del Sole, ella dicesse al contrario di quel che avrebbe detto parlando a uomini sensati». Al contrario, adottando l'interpretazione eliocentrica dell'Universo, per prolungare «lo spazio e 'l tempo della diurna illuminazione, bastò che fosse fermato il Sole, com'appunto suonan le parole del sacro testo».

Analoghe considerazioni Galileo svolse in lettere indirizzate al monsignore fiorentino Piero Dini e alla granduchessa Cristina di Lorena, le quali destarono preoccupazione negli ambienti conservatori per le idee innovative e per il carattere polemico e l'ardimento con cui lo scienziato consigliò che alcuni passi delle Sacre Scritture venissero reinterpretati alla luce del sistema copernicano.

La disputa con la Chiesa



Per approfondire, vedi la voce *Il processo a Galileo Galilei*.

La denuncia del domenicano Tommaso Caccini

Nella Chiesa, due erano i maggiori Ordini tutelari della cultura scientifica e teologica: l'Ordine dei gesuiti, che vantava nelle sue fila numerosi matematici e fisici, e quello domenicano, fedele all'insegnamento dottrinario di san Tommaso, e pertanto sospettoso di ogni novità che a quella metafisica potesse in qualunque modo opporsi. Mentre i gesuiti, in un primo tempo, si mostrarono aperti di fronte alle nuove scoperte astronomiche, furono i domenicani i più decisi oppositori di Galileo, denunciando i pericoli che le teorie galileiane potevano apportare alla tradizionale dottrina della Chiesa. Tuttavia l'atteggiamento dei due Ordini nei confronti di Galileo si rovescerà due decenni dopo: nel 1633 saranno i gesuiti a denunciare il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, coinvolgendo nelle accuse anche i domenicani che avevano autorizzato la pubblicazione dell'opera.



Banti: *Galileo davanti all'inquisizione*

Il 1° novembre 1612 il domenicano Niccolò Lorini denunciò in una predica tenuta nel convento di San Matteo a Firenze le teorie di Copernico - del quale nemmeno conosceva bene il nome - salvo scusarsi il 5 novembre con una lettera a Galileo, nella quale scriveva di non aver voluto accusare lo scienziato - protetto dal Granduca - ma «per non parere uno ceppo morto, sendo da altri cominciato il ragionamento, ho detto due parole per esser vivo, e detto, come dico, che quella opinione di quell'Ipernico, o come si chiami, apparisce che osti alla Divina Scrittura».

Due anni dopo, il 21 dicembre 1614, dal pulpito di Santa Maria Novella a Firenze il frate domenicano Tommaso Caccini (1574 - 1648) lanciava contro certi matematici moderni, e in particolare contro Galileo, l'accusa di contraddire le Sacre Scritture con le loro concezioni astronomiche ispirate alle teorie copernicane. La sua predica si concludeva con un indovinato gioco di parole, tratto dagli Atti degli Apostoli: «Viri Galilaei, quid statis aspicientes in coelum?». ^[34] A questa si aggiunse ancora il Lorini, con l'invio al cardinale Paolo Emilio Sfondrati, prefetto della Congregazione dell'Indice a Roma, il 7 febbraio 1615, a nome di tutta la comunità del convento di San Marco di Firenze, di una copia della lettera di Galilei al Castelli. Il Lorini rilevava che quella lettera, che sosteneva essergli «capitata per caso nelle mani» e definiva «una scrittura, corrente qua nelle mani di tutti, fatta da questi che domandano *Galileisti*», conteneva «molte proposizioni che ci paiono o sospette o temerarie». ^[35]



La Lettera del Foscarini

Tommaso Caccini giunse a Roma, il 20 marzo 1615, e nel palazzo del Santo Uffizio, di fronte ai cardinali Bellarmino, Galamini, Millini, Sfondrati, Taverna, Verallo e Zapata, denunciò Galileo in quanto sostenitore del moto della Terra intorno al Sole, e anche perché il confratello Ferdinando Ximenes aveva sentito dire da alcuni discepoli di Galileo che «Iddio non è altrimenti sustanza, ma accidente; Iddio è sensitivo, perché in lui son sensi divinali; veramente che i miracoli che si dicono esser fatti da' Santi, non sono veri miracoli». ^[36] Richiesto della fede cattolica di Galileo, il Caccini rispondeva maliziosamente che egli «da molti è tenuto buon cattolico; da altri è tenuto per sospetto nelle cose della fede, perché dicono sii molto intimo di quel fra Paolo servita, tanto famoso in Venetia per le sue impietà, et dicono che anco di presente passino lettere tra di loro». ^[37]

Intanto a Napoli era stato pubblicato il libro del teologo carmelitano Paolo Antonio Foscarini (1565-1616), la *Lettera sopra l'opinione de' Pittagorici e del Copernico*, dedicata a Galileo, a Keplero e a tutti gli

accademici dei Lincei, che intendeva accordare i passi biblici con la teoria copernicana interpretandoli «in modo tale che non gli contradicano affatto». ^[38] Ma che si potesse accordare Bibbia e Copernico non credeva il cardinale Roberto Bellarmino, già giudice, come lo Sfondrati e il Taverna, nel processo di Bruno, il quale il 12 aprile scriveva al Foscarini che

«Primo, dico che V. P. et il Sig.^r Galileo facciano prudentemente a contentarsi di parlare *ex suppositione* e non assolutamente, come io ho sempre creduto che habbia parlato il Copernico. Perché il dire, che supposto che la Terra si muova e il Sole sia fermo si salvano tutte le apparenze meglio che con porre gli eccentrici et epicicli, è benissimo detto, e non ha pericolo nessuno; e questo basta al mathematico: ma volere affermare che *realmente* il Sole stia nel centro del mondo e solo si rivolti in sé stesso senza correre dall'oriente all'occidente, e che la Terra stia nel 3° cielo e giri con somma velocità intorno al Sole, è cosa molto pericolosa non solo d'irritare i filosofi e theologici scolastici, ma anco di nuocere alla Santa Fede con rendere false le Scritture Sante [...]

Secondo, dico che, come lei sa, il Concilio proibisce le scritture contra il commune consenso de' Santi Padri; e se la P. V. vorrà leggere non dico solo li Santi Padri, ma li commentarii moderni sopra il Genesi, sopra li Salmi, sopra l'Ecclesiaste, sopra Giosuè, troverà che tutti convengono in esporre *ad literam* ch'il Sole è nel cielo e gira intorno alla Terra con somma velocità, e che la Terra è lontanissima dal cielo e sta nel centro del mondo, immobile. Consideri hora lei, con la sua prudenza, se la Chiesa possa sopportare che si dia alle Scritture un senso contrario alli Santi Padri et a tutti li espositori greci e latini [...]

Terzo, dico che quando ci fusse vera demonstratione che il sole stia nel centro del mondo e la terra nel terzo cielo, e che il sole non circonda la terra, ma la terra circonda il sole allhora bisogneria andar con molta consideratione in esplicare le Scritture che paiono contrarie, e più tosto dire che non l'intendiamo che dire che sia falso quello che si dimostra. Ma io non crederò che ci sia tal demonstratione, fin che non mi sia mostrata: né è l'istesso dimostrare che supposto ch'il sole stia nel centro e la terra nel cielo, si salvino le apparenze, e dimostrare che in verità il sole stia nel centro e la terra nel cielo; perché la prima demonstratione credo che ci possa essere, ma della seconda ho grandissimo dubbio, et in caso di dubbio non si dee lasciare la Scrittura Santa esposta da' Santi Padri»



Il cardinale Bellarmino

E infatti il Foscarini verrà, per breve tempo, incarcerato l'anno dopo e la sua *Lettera* proibita. Intanto il Sant'Uffizio stabilì, il 25 novembre 1615, di procedere all'esame delle *Lettere sulle macchie solari* e Galileo decise di venire a Roma per difendersi personalmente, appoggiato dal granduca Cosimo: «Viene a Roma il Galileo matematico» - scriveva Cosimo II al cardinale Scipione Borghese - «et viene spontaneamente per dar conto di sé di alcune imputazioni, o più tosto calunnie, che gli sono state apposte da' suoi emuli».

Galilei a Roma

L'ambasciatore della Corte medicea, Piero Guicciardini, ottimo conoscitore dell'ambiente romano, era ben consapevole dei pericoli incombenti sullo scienziato: «so bene che alcuni *frati di San Domenico*, che hanno gran parte nel *Santo Offizio*, et altri, gli hanno male animo addosso; e questo non è paese da venire a disputare sulla luna, né da volere, nel secolo che corre, sostenere né portarci dottrine nuove». ^[39]

Il 24 febbraio 1616, richiesti dal Sant'Uffizio, i teologi risposero unanimemente che la proposizione «il sole è il centro del mondo e del tutto immobile di moto locale», era «stolta e assurda in filosofia, e formalmente eretica», in quanto contraddiceva molti passi delle Sacre Scritture e le opinioni dei Padri della Chiesa; che la proposizione «la Terra non è il centro del mondo, né immobile, ma da sé si muove anche di moto diurno», era «censurabile in filosofia; riguardo alla verità teologica, almeno erronea nella fede». Di conseguenza, il 25 febbraio il papa ordinò al cardinale Bellarmino di «convocare Galileo e di ammonirlo di abbandonare la suddetta opinione; e se si fosse rifiutato di obbedire, il Padre Commissario, davanti a un notaio e a testimoni, di fargli precetto di abbandonare del tutto quella dottrina e di non insegnarla, non difenderla e non trattarla». Un documento datato 26 febbraio attesterebbe l'avvenuto precetto del Bellarmino e l'obbedienza di Galileo ^[40] mentre il 5 marzo era reso pubblico il decreto della Congregazione dell'Indice che proibiva e sospendeva «rispettivamente gli scritti di Nicola Copernico *De revolutionibus orbium coelestium*, di Didaco Stunica su Giobbe e di Paolo Antonio Foscarini, frate carmelitano».

A cospetto di tale sconfitta dei seguaci delle teorie copernicane, appare ingiustificata la soddisfazione mostrata da Galilei, scrivendo al Picchena, il 6 marzo, che la denuncia del Caccini «non ha trovato corrispondenza in S.ta Chiesa [...] onde solo restano proibiti quei libri li quali *ex professo* hanno voluto sostenere che ella non discordi dalla Scrittura [...] All'opera del Copernico stesso si leveranno 10 versi della prefazione a Paolo terzo, dove accenna non gli parer che tal dottrina repugni alle Scritture; e, per quanto intendo, si potrebbe levare una parola in qua e in là, dove egli chiama, 2 o 3 volte, la terra *sidus* [...] Io, come dalla natura stessa del negozio si scorge, non ci ho interesse alcuno, né punto mi ci sarei occupato, se, come ho detto, i miei nimici non mi ci havessero intromesso [...] un santo non l'haverebbe trattato né con maggior reverenza né con maggior zelo verso S.ta Chiesa: il che forse non hanno fatto i miei nimici, che non hanno perdonato a machine, a calunnie et ad ogni diabolica suggestione [...] conoscerà V. S. con quanta flemma e temperanza io mi sia governato».



Villa Medici, ambasciata fiorentina a Roma

Invece l'ambasciatore Guicciardini non lo trovava né flemmatico né temperato, se già il 4 marzo scriveva a Cosimo II che Galilei «s'infuoca nelle sue openioni, ci ha estrema passione dentro, et poca fortezza et prudenza a saperla vincere» e profeticamente comprendeva che Galileo «non scorge et non vede quello bisognerebbe, sì che, come ha fatto sin a hora, ci resterà dentro ingannato, et porterà sé in pericolo».

Galilei rimase ancora a Roma per tre mesi, a discutere e a cercare di convincere delle sue opinioni, così che Guicciardini il 13 maggio scriveva al Picchena, che Galilei «ha un umore fisso di scaponire i frati et combattere con chi egli non può se non perdere [...] lo stare absente da questo paese li sarebbe di gran beneficio et servizio».

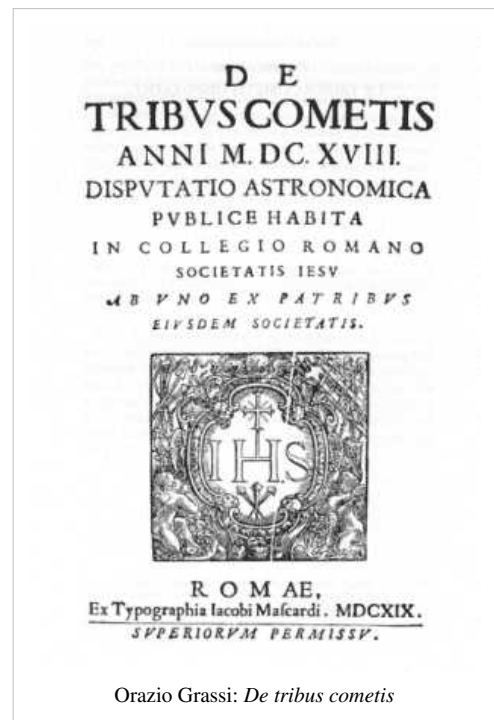
Avvenne così che si diffusero voci che Galilei avesse abiurato le sue opinioni copernicane, tanto che lo scienziato, prima di ritornare finalmente a Firenze, sentì la necessità di richiedere, il 26 maggio 1616, una dichiarazione autografa del cardinale Bellarmino così concepita: «Noi Roberto cardinale Bellarmino, havendo inteso che il sig. Galileo Galilei sia calunniato o imputato di havere abiurato in mano nostra, et anco di essere stato per ciò penitenziato di penitenzie salutari, et essendo ricercati della verità, diciamo che il suddetto sig. Galileo non ha abiurato in mano nostra né di altri qua in Roma, né meno in altro luogo che noi sappiamo, alcuna sua opinione o dottrina, né manco ha ricevuto penitenzie salutari né d'altra sorte, ma solo gli è stata denunziata la dichiarazione fatta da Nostro Signore [Paolo V] pubblicata dalla Sacra Congregazione dell'Indice, nella quale si contiene che la dottrina attribuita al Copernico, che la terra si muova intorno al sole e che il sole stia nel centro del mondo senza muoversi da oriente ad occidente, sia contraria alle Sacre Scritture, e però non si possa difendere né tenere. Et in fede di ciò habbiamo scritta e sottoscritta la presente di nostra propria mano, questo dì 26 di maggio 1616. Il medesimo di sopra, Roberto cardinale Bellarmino».

Il cardinale ribadiva così la proibizione di sostenere le tesi copernicane: forse gli onori e le cortesie ricevute malgrado tutto, fecero cadere Galileo nell'illusione che a lui fosse permesso quello che ad altri era vietato: «nelle contraddizioni e distinzioni e compromessi nati durante il primo processo è l'origine delle future complicazioni del secondo processo di Galileo». ^[41]

La polemica sulle comete

Tuttavia Galileo non rispose alla *De situ et quiete Terrae contra Copernici systema disputatio* che il segretario della Congregazione di Propaganda Fide Francesco Ingoli gli aveva inviato il gennaio precedente a confutazione dell'eliocentrismo, basata sul «moderno» modello di Tycho Brahe: segno che la censura del Sant'Offizio aveva avuto effetto e consigliato Galileo alla prudenza, dalla quale desisterà però otto anni dopo, quando riterrà erroneamente che il clima culturale fosse mutato.

Nel novembre del 1618 comparvero nel cielo tre comete, fatto che attirò l'attenzione e stimolò gli studi degli astronomi di tutta Europa. Fra essi il gesuita Orazio Grassi, matematico del Collegio Romano, tenne con successo una lezione che ebbe vasta eco, la *Disputatio astronomica de tribus cometis anni MDCXVIII*: con essa, sulla base di alcune osservazioni dirette e di un procedimento logico-scolastico, egli sosteneva l'ipotesi che le comete fossero corpi situati oltre al «cielo della Luna» e la utilizzava per avvalorare il modello di Tycho Brahe, secondo il quale la Terra è posta al centro dell'universo, con gli altri pianeti in orbita invece intorno al Sole, contro l'ipotesi eliocentrica.



Galilei: *Discorso delle comete*

Galilei decise di replicare per difendere la validità del modello copernicano. Rispose in modo indiretto, attraverso lo scritto *Discorso delle comete* di un suo amico e discepolo, Mario Guiducci, ma in cui la mano del maestro era certamente presente. Nella sua replica Galilei sosteneva erroneamente che le comete non erano oggetti celesti, ma puri effetti ottici prodotti dalla luce solare su vapori elevatisi dalla Terra, ma indicava anche le contraddizioni del ragionamento di Grassi e le sue erronee deduzioni dalle osservazioni delle comete con il cannocchiale. Il gesuita rispose con uno scritto intitolato *Libra astronomica ac philosophica*, firmato con lo pseudonimo anagrammatico di Lotario Sarsi, attaccava direttamente Galilei e il copernicanesimo.

Galilei si sentì così in dovere di rispondere direttamente: solo nel 1622 fu pronto il trattato *Il Saggiatore*. Scritto in forma di lettera, fu inviato nell'ottobre del 1622 all'esame degli accademici dei Lincei, che lo approvarono: dedicato da Galileo all'accademico e maestro di Camera del papa Virginio Cesarini, dopo aver avuto l'*imprimatur* dal teologo

domenicano Niccolò Riccardi, fu stampato nel maggio del 1623 a Roma. Il 6 agosto, dopo la morte di papa Gregorio XV, con il nome di Urbano VIII saliva al soglio pontificio Maffeo Barberini, da anni amico ed estimatore di Galileo. Sembrava che tempi nuovi e promettenti si aprissero: «risorge la speranza, quella speranza che era ormai quasi del tutto sepolta. Siamo sul punto di assistere al ritorno del prezioso sapere dal lungo esilio a cui era stato costretto», scrisse Galileo al nipote del papa Francesco Barberini. Ma s'ingannava.

Il Saggiatore

Contro la *Libra astronomica*, titolo mal scelto dal Grassi, perché da lui derivato dall'erronea opinione che le comete fossero apparse nella costellazione della Bilancia, quando in realtà erano state osservate in quella dello Scorpione, Galileo esercitò brillantemente la sua ironia intitolando la sua risposta, per sottolineare la propria accuratezza rispetto alla grossolanità delle argomentazioni del Grassi, *Il Saggiatore, nel quale con bilancia squisita e giusta si ponderano le cose contenute nella Libbra*, volendo anche far intendere che le osservazioni empiriche vanno misurate con uno strumento di precisione come il saggiatore, che serve appunto per misurare il peso della polvere d'oro e non con la libbra, l'imprecisa e rozza stadera.

Nella sua opera il sedicente Lotario Sarsi argomentava le sue dimostrazioni tirando in ballo uova, fionde, Babilonesi, argomenti su i quali Galilei così si esprimeva rivendicando la superiorità delle osservazioni empiriche sulle argomentazioni non dimostrate: «Se il Sarsi vuole che io creda che i Babilonii cocesser l'uova col girarle velocemente nella fionda, io lo crederò, ma a noi questo non succede [...] Ora a noi non mancano uova né fionde, né uomini robusti che le girino, e pur non si cuocono [...]. E poiché non ci manca altro che esser di babilonia, adunque l'esser Babilonii è causa dell'indurirsi delle uova, e non l'attrizione dell'aria».

Il Saggiatore resta però un'opera sbagliata, perché sviluppa una teoria delle comete senza fondamento. In positivo, vi sono accenni a corrette soluzioni scientifiche, come la dimostrazione che il calore non è sviluppato dal puro e semplice movimento dei corpi, ma dall'attrito del mezzo, o come le considerazioni sull'aderenza dell'aria e dell'acqua

Galilei: *Il Saggiatore*

sui corpi, o come la polemica sull'improprio uso del linguaggio comune - *grande, piccolo, vicino, lontano* - in un ambito che dovrebbe essere rigorosamente scientifico.

Di particolare importanza, nel libro, è l'affermazione - polemica nei confronti del Grassi che si richiamava all'autorità dei maestri del passato per l'accertamento della verità nelle questioni naturali - secondo la quale «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 laberinto». ^[42]

La Lettera a Francesco Ingoli

Il 23 aprile 1624 Galilei giunse a Roma per rendere omaggio al papa e strappargli la concessione della tolleranza della Chiesa nei confronti del sistema copernicano, ma nelle sei udienze concessegli da Urbano VIII non ottenne da questi alcun impegno preciso in tal senso: come scrisse l'8 giugno a Federico Cesi, il cardinale Hohenzollern aveva parlato della teoria copernicana con il papa che gli aveva risposto «come gli eretici son tutti della sua opinione e l'hanno per certissima e che perciò è da andar molto circospetto nel venire a determinazione alcuna». In ogni caso, la Chiesa non «l'aveva dannata né era per dannarla per eretica, ma solo per temeraria».



Pietro da Cortona: Urbano VIII

Senza nessuna assicurazione ma con il vago incoraggiamento che gli veniva dall'esser stato onorato da papa Urbano - che concesse una pensione al figlio Vincenzio - Galileo ritenne di poter rispondere finalmente, nel settembre del 1624, alla *Disputatio* di Francesco Ingoli. Galileo sa di non potersi permettere, con il potente segretario della Congregazione di Propaganda Fide e per i suoi trascorsi, alcuna aperta ironia: prudentemente, premette perciò di non voler sostenere «quella posizione che già è stata dichiarata per sospetta e repugnante» alla dottrina della Chiesa e aggiunge che «a confusione degli eretici, tra i quali sento quelli di maggior grido esser tutti dell'opinione di Copernico», intende dimostrare a loro che «noi Cattolici non per difetto di discorso naturale [...] restiamo nell'antica certezza insegnataci da' sacri autori, ma per la reverenza che portiamo alle scritture». Questa riverenza, secondo Galileo, non deve però impedire a un cattolico di intendere ed esporre correttamente i problemi delle scienze astronomiche e naturali così che quegli eretici copernicani «potranno tassarci per uomini costanti nella nostra oppenione, ma non già per ciechi o per ignoranti dell'umane discipline». ^[43]

Reso formale omaggio all'ortodossia cattolica, nella sua risposta Galileo dovrà confutare le argomentazioni anticopernicane dell'Ingoli senza proporre quel modello astronomico, né rispondere alle argomentazioni teologiche: ^[44] così, all'argomento che il centro dell'universo è il luogo «più inferiore» e dev'essere occupato dalla Terra perché questa è il corpo «più crasso» di ogni altro corpo celeste, Galileo obietta che non esiste nell'universo un unico luogo inferiore, ma tanti quanti sono i centri di ogni singolo corpo: «noi aremo nell'università del mondo tanti centri e tanti luoghi inferiori e superiori, quanti sono i globi mondani e gli orbi che intorno a diversi punti si raggiano». ^[45] Quanto poi all'idea che la Terra sia il più «crasso» dei corpi celesti, «né io né voi sappiamo, né possiamo sicuramente sapere», ^[46] poiché nessuna esperienza lo dimostra.

Le affermazioni sulla molteplicità dei centri e il noto passo: «è ancora indeciso (e credo che sarà sempre tra le scienze umane) se l'universo sia finito o pure infinito [...] la mente mia non si saaccomodare a concepirlo né finito né infinito», ^[47] ha fatto dibattere gli studiosi sulla reale opinione avuta da Galileo. È possibile che Galileo, ben conoscendo la sorte subita da Bruno pochi decenni prima e quella del *De revolutionibus* copernicano - oltre,

naturalmente, la sua stessa vicenda, più tardi, nel 1633 - sia stato spinto «a praticare la virtù della prudenza. Giordano Bruno non viene da lui mai menzionato, né negli scritti né nelle lettere. È però anche possibile che questo problema, come in generale quelli di cosmologia e anche di meccanica celeste, non avesse per lui un grande interesse». ^[48]

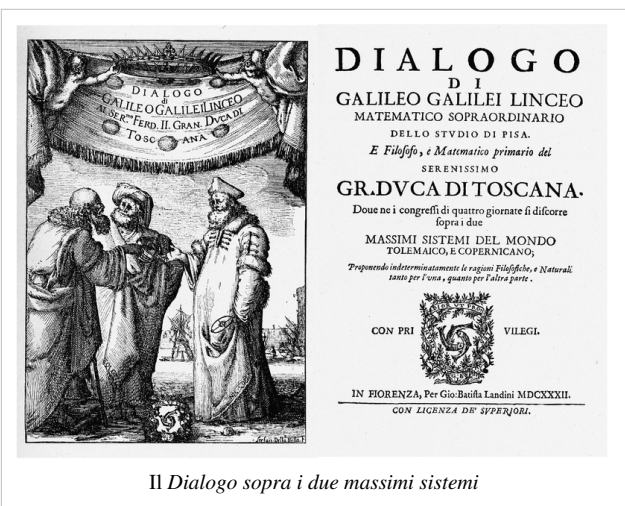
Nella *Lettera* Galileo enuncia per la prima volta quello che sarà chiamato il *principio della relatività galileiana*: alla comune obiezione portata dai sostenitori della immobilità della Terra, consistente nell'osservazione che i gravi cadono perpendicolarmente sulla superficie terrestre, anziché obliquamente, come apparentemente dovrebbe avvenire se la Terra si muovesse, Galileo risponde portando l'esperienza della nave nella quale, sia essa in movimento uniforme o sia ferma, i fenomeni di caduta o, in generale, dei moti dei corpi in essa contenuti, si verificano esattamente nello stesso modo, perché «il moto universale della nave, essendo comunicato all'aria ed a tutte quelle cose che in essa vengono contenute, e non essendo contrario alla naturale inclinazione di quelle, in loro indelebilmente si conserva». ^[49]

Il Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo



Per approfondire, vedi la voce *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*.

In quello stesso 1624 Galileo iniziò il suo nuovo lavoro, un *Dialogo* che, confrontando le diverse opinioni degli interlocutori, gli avrebbe consentito di esporre le varie teorie correnti sulla cosmologia - e dunque anche quella copernicana - senza mostrare di impegnarsi personalmente a favore di nessuna di esse. Ragioni di salute e familiari polungarono la stesura dell'opera: dovette prendersi cura della numerosa famiglia del fratello Michelangelo, mentre il figlio Vincenzo, laureatosi in legge a Pisa nel 1628, si sposò l'anno dopo con Sestilia Bocchineri, sorella di Geri Bocchineri, uno dei segretari del duca Ferdinando, e di Alessandra, che avrà una qualche parte negli ultimi anni della vita del Nostro. Per esaudire il desiderio della figlia Maria Celeste, monaca ad Arcetri, di averlo più vicino, affittò vicino al convento il villino «Il gioiello».



Il Dialogo sopra i due massimi sistemi

Era previsto che il dialogo, il cui titolo avrebbe dovuto essere *Del flusso e riflusso*, fosse pubblicato a Roma a cura dell'Accademia dei Lincei e Galileo, completata l'opera nel gennaio 1630, vi si recò in marzo per ottenere l'imprimatur ecclesiastico. Ripartì da Roma il 26 giugno, con le assicurazioni degli esaminatori, i domenicani Niccolò Riccardi e Raffaello Visconti, dell'autorizzazione alla stampa con poche modifiche non sostanziali.

Il 1° agosto moriva però Federico Cesi, il patrono dell'Accademia dei Lincei, e questa rinunciò a pubblicare l'opera, così che Galileo decise di pubblicarla a Firenze: qui ottenne rapidamente l'autorizzazione dal domenicano Giacinto Stefani, ma occorreva anche l'autorizzazione da Roma, che tardava a venire. Finalmente, nel luglio del 1631, padre Riccardi inviò all'inquisitore di Firenze l'autorizzazione alla stampa, una bozza di prefazione e l'ordine di mutare il previsto titolo *Sul flusso e riflusso*: questo titolo, che richiamava quella che Galileo considerava la prova della correttezza del sistema copernicano, fu mutato in *Dialogo di Galileo Galilei Linceo, dove ne i congressi di quattro giornate, si discorre sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano*, e l'opera poté essere pubblicata a Firenze il 21 febbraio 1632.



Tolomeo

I due massimi sistemi sono il tolemaico e il copernicano - Galileo esclude così dalla discussione l'ipotesi recente di Tycho Brahe - e tre sono i protagonisti del *Dialogo*: due sono personaggi reali, amici di Galileo, e all'epoca già defunti, il fiorentino Filippo Salviati (1583-1614) e il veneziano Gianfrancesco Sagredo (1571-1620), nella cui casa si fingono tenute le conversazioni, mentre il terzo, Simplicio, richiama nel nome un noto, antico commentatore di Aristotele, oltre a sottintendere il suo semplicismo scientifico. Egli è il sostenitore del sistema tolemaico, mentre l'opposizione copernicana è sostenuta dal Salviati, svolgendo una funzione più neutrale il Sagredo, che finisce però per simpatizzare per l'ipotesi copernicana.

Il *Dialogo* si svolge in quattro giornate: nella prima, vengono criticate le vecchie tesi della fisica aristotelica, non fondate o insufficientemente fondate sull'osservazione e sulla verifica sperimentale e prive di un rigoroso supporto matematico: certamente, l'intelletto umano non può

lontanamente eguagliare la somma infinita delle conoscenze divine, ma le pur poche conoscenze umane di matematica e di geometria eguagliano la conoscenza divina in quanto raggiungono la «certezza obiettiva».

Nella seconda e terza giornata si confutano le obiezioni contro il moto di rotazione e di rivoluzione terrestre: «qui è forza esclamare un'altra volta ed esaltare l'ammirabil perspicuità del Copernico ed insieme compiangere la sua disavventura, poiché egli non vive nel nostro tempo quando, per tor via l'apparente assurdità del movimento in conserva della Terra e della Luna, vediamo Giove, quasi un'altra Terra, non in conserva di una Luna, ma accompagnato da quattro Lune, andar intorno al Sole in 12 anni». ^[50]

Nella quarta giornata si espone l'argomento delle maree, quale prova del moto terrestre: prova erronea, tanto più che nel *Dialogo* viene criticata la giusta intuizione di Keplero e di altri astronomi che fosse l'attrazione lunare la causa del fenomeno delle maree. Quasi a conclusione vengono le parole di Simplicio: «il vostro pensiero parermi bene più ingegnoso di quanti altri io me n'abbia sentiti, ma non però lo stimo verace e concludente: anzi, ritenendo sempre avanti a gli occhi della mente una saldissima dottrina, che già da persona dottissima ed eminentissima appresi ed alla quale è forza quietarsi [...] Iddio con la Sua infinita potenza e sapienza poteva conferire all'elemento dell'acqua il reciproco movimento [...] in molti modi ed anco dall'intelletto nostro inescogitabili [...] soverchia arditezza sarebbe se altri volesse limitare e coartare la divina potenza e sapienza ad una sua fantasia particolare». ^[51]

Era, questa, l'esposizione dell'«argomento del fine» o «argomento di Urbano VIII», così detto perché da lui portato, ancora cardinale, a Galileo: Dio, «nella sua infinita potenza, può tutto ciò che non implica contraddizione [...] e se Dio poteva e sapeva disporre queste cose altrimenti da come è stato escogitato [...] non dobbiamo vincolare a questo modo la divina potenza e scienza». ^[52] In questo modo la scienza è concepita non già nel suo valore di spiegazione dei fenomeni in base a un principio assoluto, ma come descrittiva di apparenze sensibili fatte risalire a principi ipotetici, senza pretendere di conseguire l'autentica conoscenza della realtà fisica.

Certamente Galileo non condivise mai una tale posizione, ma si pensò che quelle parole fatte dire da Simplicio intendessero essere una presa in giro del papa: in realtà, Galileo ritenne necessario che, proprio a conclusione del *Dialogo*, fosse riportata la posizione di Urbano VIII e, dei tre protagonisti,



Raffaello: Aristotele

logicamente solo il non-copernicano Simplicio, messo alle strette dai suoi interlocutori, poteva esporla, volendo Galileo - secondo il dettato del decreto del 1616 - smentire o almeno attenuare la sensazione che il sistema copernicano fosse da lui inteso essere l'unico fondamento di ogni corretta interpretazione cosmologica.

Il processo, l'abiura e la condanna

 Per approfondire, vedi le voci **Il processo a Galileo Galilei** e **Sentenza di condanna di Galileo Galilei**.



L'opera ricevette molti elogi, tra i quali quelli di Benedetto Castelli, di Fulgenzio Micanzio, collaboratore e biografo di Paolo Sarpi, e di Tommaso Campanella, ma già ad agosto si diffusero le voci di una proibizione del libro: il Maestro del Sacro Palazzo Niccolò Riccardi aveva scritto il 25 luglio all'inquisitore di Firenze Clemente Egidi che per ordine del papa il libro non doveva più essere diffuso; il 7 agosto gli chiedeva di rintracciare le copie già vendute e di sequestrarle.

Da parte sua, l'ambasciatore fiorentino Francesco Niccolini il 5 settembre riferiva a corte di aver conferito con il papa che «proruppe in molta collera, e all'improvviso mi disse ch'anche il nostro Galilei aveva ordito d'entrar dove non doveva, e in materie le più gravi e le più pericolose che a questi tempi si potesser suscitare. Io replicai che il S.r Galilei non aveva stampato senza l'approvazione di questi suoi ministri [...] Mi rispose con la medesima escandescenza che egli e il Ciampoli ^[53] l'avevano aggirata [...] che in queste materie del S.to Uffizio non si faceva altro che censurare, e poi

chiamare a disdirsi».

Il 23 settembre l'Inquisizione romana sollecitava quella fiorentina di notificare a Galileo l'ordine di «comparire a Roma entro il mese di ottobre davanti al Commissario generale del Sant'Uffizio». Diversi furono i suoi tentativi di evitare di presentarsi a Roma: il 1° gennaio 1633 il cardinale Antonio Barberini scriveva all'inquisitore fiorentino Clemente Egidi che il Sant'Uffizio non voleva «tolerare queste finzioni, né dissimular la sua venuta qui», minacciando di «pigliarlo et condurlo alle carceri di questo supremo Tribunale, legato anche con ferri». ^[54] Privo della protezione del Granduca di Toscana, che non intese mettersi in urto con la Chiesa, il 13 febbraio 1633 Galilei giunse a Roma.

L'ambasciatore Niccolini ottenne il permesso di ospitare lo scienziato, in attesa che il processo iniziasse, e venne a sapere dal papa stesso che Galileo, «se bene si dichiara di voler trattare ipoteticamente del moto della terra, nondimeno, in riferirne gli argomenti, ne parlava e ne discorreva poi assertivamente e concludentemente; e ch'anche aveva contravenuto all'ordine datoli del 1616 dal S.r Card. Bellarmino». ^[55]

Per la prima volta si viene a conoscenza di un ordine - o *precetto* - che il Bellarmino avrebbe intimato a Galileo in quell'ormai lontano 1616. Galileo non sembrò preoccupato anzi, come scrisse a Geri Bocchineri il 5 marzo, aveva la convinzione che «le imputazioni andarsi diminuendo, e alcune anco esser del tutto svanite per la troppo evidente loro vanità; il che si può credere che arrechi alleggerimento all'altre che sussistono ancora in piede, onde spero che queste ancora siano per terminarsi nel medesimo modo». L'ambasciatore era di avviso contrario ed esortava Galileo a non commettere l'errore di difendere davanti al Tribunale le sue opinioni copernicane, «a fine di finirla più presto». ^[56]

Il processo iniziò il 12 aprile, con il primo interrogatorio di Galileo, al quale il commissario inquisitore, il domenicano Vincenzo Maculano, gli contestò di aver ricevuto, il 26 febbraio 1616, un «precetto»^[57] con il quale il cardinale Bellarmino gli avrebbe intimato di abbandonare la teoria copernicana, di non sostenerla in nessun modo e di non insegnarla.

Quel precetto, se mai fu effettivamente mostrato a Galileo nel febbraio del 1616 e se non si trattò persino di un falso costruito ad arte, non reca alcuna firma, né del Bellarmino, né dei testimoni, né di Galileo

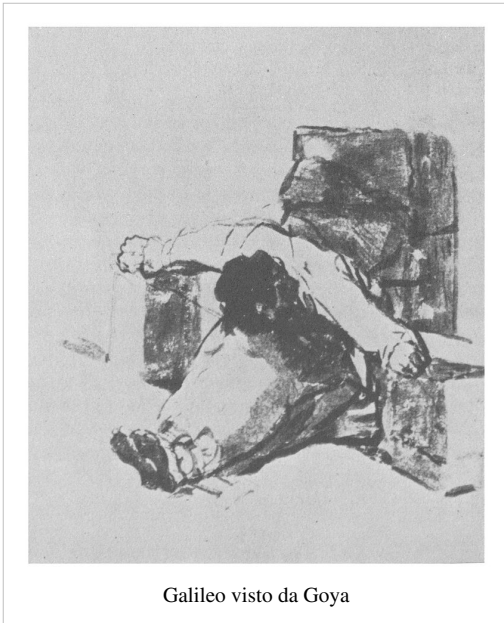


Joseph-Nicolas Robert-Fleury: *Il processo di Galilei*

stesso, il quale negò di averne preso conoscenza, ma di aver soltanto ricevuto a voce dal Bellarmino la notifica della Congregazione secondo la quale l'opinione del moto della Terra «esser ripugnante alle Scritture Sacre e solo ammettersi *ex suppositione*» ed «*ex suppositione* si poteva pigliar e servirsen». Nel maggio successivo aveva ricevuto la nota lettera del Bellarmino nella quale «si contiene che la dottrina attribuita al Copernico, che la terra si muova intorno al sole e che il sole stia nel centro del mondo senza muoversi da oriente ad occidente, sia contraria alle Sacre Scritture, e però non si possa difendere né tenere». Nella lettera non si menziona esplicitamente il divieto di insegnare la dottrina copernicana, pur nei limiti di una semplice ipotesi scientifica e, forte di questa indiretta autorizzazione, oltre che di quella esplicita, ma solo verbale, ricevuta in febbraio, egli aveva scritto il suo *Dialogo sopra i due massimi sistemi*, non a caso ottenendo dall'autorità ecclesiastica il prescritto *imprimatur*.

L'inquisitore però incalzò, chiedendogli se vi fossero stati testimoni presenti al momento della notifica del «precetto» e Galileo, rispondendo di non ricordare, commise l'errore di menzionare la parola *precetto*, sostenendo di «non aver in modo alcuno contravenuto a quel precetto». L'inquisitore, verbalizzando, diede per avvenuta l'intimazione del presunto precetto e gli chiese se ricordava in che modo e da chi gli fosse stato intimato e Galileo: «mi ricordo che il precetto fu ch'io non potessi tenere né difendere, e può esser che vi fusse ancora *né insegnare*».

Per l'inquisitore si trattava ora di stabilire che Galileo, pubblicando il *Dialogo*, aveva aggirato l'ordine di non trattare l'ipotesi copernicana, ingannando i censori ecclesiastici: alla domanda se avesse mostrato il precetto al Maestro del Sacro Palazzo prima di ottenere l' *imprimatur*, Galileo non solo ammise di non avere detto «cosa alcuna del soddetto precetto» dal momento che, arrivò a sostenere, «nel detto libro io mostro il contrario di detta opinione del Copernico, e che le ragioni di esso Copernico sono invalide e non concludenti».^[58]



Galileo visto da Goya

Con questa evidente menzogna, si concluse il primo interrogatorio: Galileo fu trattenuto, «pur sotto strettissima sorveglianza», in tre stanze del palazzo dell'Inquisizione, «con ampia e libera facoltà di passeggiare». ^[59]

La Congregazione del Santo Uffizio, riunitasi il 21 aprile, stabilì che nel *Dialogo* di Galileo «si difenda, e s'insegni l'opinione riprouata, e dannata dalla Chiesa, et però che l'autore si renda sospetto anco di tenerla». ^[60] Galileo, nuovamente interrogato il 30 aprile, dichiarò di aver riletto in quei giorni il suo *Dialogo* «quasi come scrittura nova e di altro autore», ammettendo che un lettore che non conoscesse intimamente l'autore avrebbe avuto l'impressione che egli avesse voluto avvalorare la teoria copernicana. Scusandosi con l'inquisitore per «un errore tanto alieno dalla mia intentione», si offrì di «ripigliar gli argomenti già recati a favore della detta opinione falsa e dannata, e confutargli in quel più efficace modo che da Dio benedetto mi verrà

somministrato». ^[61]

La piena sottomissione e la cattiva salute dello scienziato gli fecero ottenere il permesso di lasciare il palazzo dell'Inquisizione e di tornare nell'ambasciata fiorentina. Nel costituito del successivo 10 maggio spiegò che la lettera del Bellarmino – dove non era prescritto il divieto di insegnare la dottrina copernicana – gli aveva fatto dimenticare il precetto dove invece quel divieto era intimato, e giustificò i «mancamenti» del suo *Dialogo* come dovuti unicamente alla «vana ambizione e compiacimento di comparire arguto oltre al comune de' popolari scrittori, inavertentemente scorsomi dalla penna», dichiarandosi nuovamente pronto a correggere il suo libro.

Per concludere il processo, l'Inquisizione doveva verificare la sincerità dell'affermazione di Galileo di «non tenere la dannata opinione»: a questo scopo, il 16 giugno la Congregazione stabilì che «Galileo fosse interrogato sulla sua intenzione, anche comminandogli la tortura e se l'avesse sostenuta, previa abiura *de vehementi* di fronte alla Congregazione, fosse condannato al carcere ad arbitrio della Santa Congregazione, con l'ingiunzione di non trattare più, né per scritto né verbalmente, sulla mobilità della Terra e sull'immobilità del Sole». ^[62]

Il 21 giugno Galileo fu interrogato per l'ultima volta: alla domanda se tenesse ancora, o avesse tenuto in passato, e per quanto tempo, la teoria della centralità del Sole, Galilei rispose che un tempo aveva ritenuto le opinioni di Tolomeo e di Copernico entrambe «disputabili, perché o l'una o l'altra poteva esser vera in natura», ma dopo la proibizione del 1616, sostenne di tenere, da allora e tuttora, «per verissima e indubitata l'opinione di Tolomeo». Richiesto di spiegare perché mai avesse allora difeso l'opinione di Copernico nel suo *Dialogo*, Galileo rispose di aver voluto soltanto spiegare le ragioni delle due opinioni, convinto che nessuna avesse forza dimostrativa, così che «per procedere con sicurezza si dovessero ricorrere alla determinazione di più sublimi dottrine». All'insistenza dell'inquisitore di dire la verità, altrimenti si sarebbe agito «contro di lui con gli opportuni rimedi di diritto e di fatto», Galileo negò di aver mai sostenuto l'opinione di Copernico: «del resto, son qua nelle loro mani; facciano quello gli piace». All'esplicita minaccia di ricorrere alla tortura, Galileo rispose soltanto: «Io son qua per far l'obediencia, e non ho tenuta questa opinione dopo la determinazione fatta, come ho detto». Il verbale del costituito conclude che, «non potendosi avere niente altro in esecuzione del decreto, avuta la sua sottoscrizione, fu rimandato al suo luogo». ^[63]

Il giorno dopo, 22 giugno, nella sala capitolare del convento domenicano di Santa Maria sopra Minerva, presente e inginocchiato Galileo, fu emessa la sentenza dai cardinali Gaspare Borgia, Felice Centini, Guido Bentivoglio, Desiderio Scaglia, Antonio e Francesco Barberini, Laudivio Zacchia, Berlinghiero Gessi, Fabrizio Verospi e Marzio Ginetti, «inquisitori generali contro l'eretica pravità», nella quale si riassumeva la lunga vicenda del contrasto fra Galileo e la dottrina della Chiesa, iniziata dal 1615 con lo scritto *Delle macchie solari* e con la lettera al Castelli, alle quali i «qualificatori teologi» avevano opposto:



La prigionia di Galileo secondo Jean Laurent

« che il Sole sia centro del mondo e immobile di moto locale, è proposizione assurda e falsa in filosofia, e formalmente eretica, per essere espressamente contraria alla Sacra Scrittura; che la Terra non sia centro del mondo né immobile, ma che si muova eziandio di moto diurno, è parimenti proposizione assurda e falsa nella filosofia, e considerata in teologia *ad minus erronea in fide* »

Nella sentenza si dava poi la versione dell'ammonimento ricevuto nel febbraio 1616: dopo essere stato dal Bellarmino «benignamente avvisato e ammonito, ti fu dal Padre Commissario del Santo Offizio di quel tempo ^[64] fatto precetto, con notaro e testimoni, che omninamente dovessi lasciar la falsa opinione, e che per l'avvenire tu non la potessi tenere, né difendere, né insegnare in qualsivoglia modo, né in voce né in scritto: e avendo tu promesso d'obedire, fosti licenziato».

Ricordato che egli scrisse poi il suo *Dialogo* «senza però significare a quelli che ti diedero simile facoltà, che tu avevi precetto di non tenere, difendere né insegnare in qualsivoglia modo tale dottrina», nella sentenza si sottolinea che il libro insegna la dottrina copernicana; quanto alle personali convinzioni di Galileo, nel processo fu ritenuto «necessario venir contro di te al rigoroso esame, nel quale [...] rispondesti cattolicamente». ^[65] Essendosi reso pertanto «veementemente sospetto d'eresia», Galileo era incorso nelle censure e pene previste «contro simili delinquenti».

Imposta l'abiura «con cuor sincero e fede non finta» e proibito il *Dialogo*, Galilei venne condannato al «carcere formale ad arbitrio nostro» e alla «pena salutare» della recita settimanale dei sette salmi penitenziali per tre anni, ^[66] riservandosi l'Inquisizione di «moderare, mutare o levar in tutto o parte» le pene e le penitenze. ^[67]

I Discorsi e dimostrazioni matematiche

Se la leggenda della frase di Galileo, «eppur si muove», pronunciata appena dopo l'abiura, serve a suggerire la sua intatta convinzione della validità del modello copernicano, la conclusione del processo segnava la sconfitta del suo programma di diffusione della nuova metodologia scientifica, fondata sull'osservazione rigorosa dei fatti e sulla loro verifica sperimentale – contro la vecchia scienza che produce «esperienze come fatte e rispondenti al suo bisogno senza averle mai né fatte né osservate»^[68] - e contro i pregiudizi del senso comune, che spesso induce a ritenere reale qualunque apparenza: un programma di rinnovamento scientifico, che insegnava «a non aver più fiducia nell'autorità, nella tradizione e nel senso comune», che voleva «insegnare a pensare».^[69]

Galilei riuscì ad evitare che i dispositivi più duri della condanna diventassero effettivi. Il carcere fu mutato nel confino all'interno della villa dell'ambasciatore del Granduca di Toscana in Roma, Francesco Niccolini, e di qui, su richiesta di questi, nella casa dell'arcivescovo Ascanio Piccolomini a Siena. Qui, poiché il Piccolomini lo favorì permettendogli di incontrare personalità della città e di dibattere questioni scientifiche, a seguito di una lettera anonima che denunciava l'operato dell'arcivescovo e dello stesso Galileo,^[70] il Sant'Uffizio provvide, accogliendo una stessa richiesta avanzata in precedenza da Galilei, a confinarlo nella isolata villa che lo scienziato possedeva nella campagna di Arcetri.^[71] Nell'ordine del 1° dicembre 1633 si intimava a Galileo di «stare da solo, di non chiamare né di ricevere alcuno, per il tempo ad arbitrio di Sua Santità».^[72] Solo i famigliari potevano fargli visita, dietro preventiva autorizzazione: anche per questo motivo gli fu particolarmente dolorosa la perdita della figlia suor Maria Celeste, l'unica con cui avesse mantenuto legami, avvenuta il 2 aprile 1634.



Poté tuttavia mantenere corrispondenza con amici ed estimatori, anche fuori d'Italia: ad Elia Diodati, a Parigi, scrisse il 7 marzo 1634, consolandosi delle sue sventure che «l'invidia e la malignità mi hanno machinato contro» con la considerazione che «l'infamia ricade sopra i traditori e i costituiti nel più sublime grado dell'ignoranza». Dal Diodati seppe della traduzione in latino che Matthias Bernegger andava facendo a Strasburgo del suo *Dialogo*, che uscì l'anno dopo in Olanda, e gli riferì di «un tal Antonio Rocco [...] purissimo peripatetico, e remotissimo dall'intender nulla né di matematica né d'astronomia» che scriveva a Venezia «mordacità e contumelie» contro di lui.

Questa, e altre lettere, dimostrano quanto poco Galileo avesse rinnegato le proprie convinzioni copernicane, ma ora egli era impegnato alla stesura di una nuova opera, che sarà anche l'ultima e la sua migliore, pubblicata a Leida, in Olanda,^[73] i *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*. È ancora un dialogo che si svolge fra i tre medesimi protagonisti del precedente *Dialogo dei massimi sistemi* - Sagredo, Salviati e Simplicio - ancora in quattro giornate.

Nella prima giornata, Galileo tratta della resistenza dei materiali: la diversa resistenza deve essere legata alla struttura della particolare materia e Galileo, pur senza pretendere di pervenire a una spiegazione del problema, affronta l'interpretazione atomistica di Democrito, considerandola un'ipotesi capace di rendere conto di fenomeni fisici. In particolare, la possibilità dell'esistenza del vuoto - prevista da Democrito - viene ritenuta una seria ipotesi scientifica e nel vuoto - ossia nell'inesistenza di un qualunque mezzo in grado di opporre resistenza - Galileo sostiene giustamente che tutti i corpi «discenderebbero con eguale velocità», in opposizione con la scienza contemporanea che riteneva l'impossibilità del moto nel vuoto.

Dopo aver trattato della statica e della leva nella seconda giornata, nelle due ultime si occupa della dinamica, stabilendo le leggi del moto uniforme, del moto naturalmente accelerato e del moto uniformemente accelerato.

È del 1640 l'apporto decisivo di Galilei che incoraggiò il suo allievo Bonaventura Cavalieri a sviluppare le idee del maestro e di altri sugli indivisibili incorporandole in un metodo geometrico (metodo degli indivisibili), per determinare aree e volumi: questo metodo rappresentò una tappa fondamentale per la futura elaborazione del calcolo infinitesimale.

Con la cecità e l'aggravarsi delle condizioni di salute, nel 1639 fu permessa a Galilei l'assistenza del giovane allievo Vincenzo Viviani e, dall'ottobre 1641, anche di Evangelista Torricelli: ebbe anche una corrispondenza platonicamente sentimentale con la giovane cognata del figlio Vincenzo, Alessandra Bocchineri, che non poté però vedere: al suo invito a raggiungerla a Prato, il vecchio scienziato scriveva il 6 aprile 1641 di non poterla raggiungere «non solo per le molte indisposizioni che mi tengono oppresso in questa mia gravissima età, ma perché son ritenuto ancora in carcere, per quelle cause che benissimo son note». A lei è anche indirizzata l'ultima lettera che Galileo scrisse in vita, il 20 dicembre.

Galileo Galilei si spense la notte dell'8 gennaio 1642 ad Arcetri, assistito da Viviani e Torricelli.

Dopo la morte

Galilei venne tumulato nella basilica di Santa Croce a Firenze insieme agli altri grandi fiorentini come Machiavelli e Michelangelo ma non fu possibile innalzargli l'«augusto e sontuoso deposito» desiderato dai discepoli, perché il 25 gennaio il nipote di Urbano VIII, il cardinale Francesco Barberini, scrisse all'inquisitore di Firenze Giovanni Muzzarelli di «far passare all'orecchie del Gran Duca che non è bene frabricare mausolei al cadavero di colui che è stato penitentiato nel Tribunale della Santa Inquisitione, ed è morto mentre durava la penitenza [...] nell'epitaffio o iscrizione che si porrà nel sepolcro, non si leggano parole tali che possano offendere la riputatione di questo Tribunale. La medesima avvertenza dovrà pur ella avere con chi reciterà l'oratione funebre [...]».

La Chiesa mantenne la sorveglianza anche nei confronti degli allievi di Galileo: quando questi diedero vita all'*Accademia del Cimento*, essa intervenne presso il Granduca e l'Accademia fu sciolta nel 1667.^[74]

Nel 1757 Giuseppe Baretti, in una sua ricostruzione, avrebbe fatto nascere la leggenda di un Galilei che una volta alzatosi in piedi, colpì la terra e mormorò: "E pur si muove!"^[75]. Tale frase non è contenuta in alcun documento contemporaneo, ma nel tempo fu ritenuta veritiera, probabilmente per il suo valore suggestivo, a tal punto che Berthold Brecht la riporta in "Vita di Galileo", opera teatrale dedicata allo scienziato pisano alla quale egli si dedicò a lungo.

Nel corso dei secoli che seguirono la Chiesa modificò la propria posizione nei confronti di Galilei: nel 1734 il Sant'Uffizio concesse l'erezione di un mausoleo in suo onore nella chiesa di Santa Croce in Firenze; Benedetto XIV nel 1757 tolse dall'Indice i libri che insegnavano il moto della Terra, con ciò ufficializzando quanto già di fatto aveva fatto papa Alessandro VII nel 1664 con il ritiro del Decreto del 1616. La definitiva autorizzazione all'insegnamento del moto della Terra e dell'immobilità del Sole arrivò con un decreto della Sacra Congregazione dell'inquisizione approvato da Papa Pio VII il 25 settembre 1822. Nel 1968 papa Paolo VI fece avviare la revisione del processo.

Al di là del giudizio storico, giuridico e morale sulla condanna a Galileo, le questioni di carattere epistemologico e di ermeneutica biblica che furono al centro del processo sono state oggetto di riflessione da parte di innumerevoli pensatori moderni, che spesso hanno citato la vicenda di Galileo per esemplificare - talora in termini volutamente paradossali - il loro pensiero in merito a tali questioni. Ad esempio, il filosofo austriaco Paul Feyerabend, sostenitore di una *teoria anarchica della conoscenza*, ha scritto:

« La Chiesa dell'epoca di Galilei si attenne alla ragione più che lo stesso Galilei, e prese in considerazione anche le conseguenze etiche e sociali della dottrina galileiana. La sua sentenza contro Galilei fu razionale e giusta, e solo per motivi di opportunità politica se ne può legittimare la revisione^[76] »

(P. Feyerabend, *Wider den Methodenzwang*, FrankfurtM/Main 1976, p. 206.)

In senso opposto si è espresso in anni più recenti Giovanni Paolo II:

« Come la maggior parte dei suoi avversari, Galileo non fa distinzione tra quello che è l'approccio scientifico ai fenomeni naturali e la riflessione sulla natura, di ordine filosofico, che esso generalmente richiama. È per questo che egli rifiutò il suggerimento che gli era stato dato di presentare come un'ipotesi il sistema di Copernico, fin tanto che esso non fosse confermato da prove irrefutabili. Era quella, peraltro, un'esigenza del metodo sperimentale di cui egli fu il geniale iniziatore. [...] Il problema che si posero dunque i teologi dell'epoca era quello della compatibilità dell'eliocentrismo e della Scrittura. Così la scienza nuova, con i suoi metodi e la libertà di ricerca che essi suppongono, obbligava i teologi a interrogarsi sui loro criteri di interpretazione della Scrittura. La maggior parte non seppe farlo. Paradossalmente, Galileo, sincero credente, si mostrò su questo punto più perspicace dei suoi avversari teologi. »

(Giovanni Paolo II ai membri della Pontificia Accademia delle Scienze, 31 ottobre 1992^[77])

Galilei e la scienza

La fondamentale importanza che la figura di Galileo riveste riguarda il suo ruolo nel recupero del metodo scientifico sviluppato in epoca ellenistica e successivamente quasi dimenticato, grazie al suo attento studio di alcune opere scientifiche, in particolare quelle di Archimede.

La sua importanza per la rinascita della scienza in generale e della fisica in particolare è riferibile alle scoperte che fece per mezzo di esperimenti, quali, ad esempio, il principio di relatività, la scoperta delle quattro lune principali di Giove, dette appunto satelliti galileiani (Io, Europa, Ganimede e Callisto), il principio di inerzia e che la velocità di caduta dei gravi è la stessa per tutti i corpi, indipendentemente dalla massa o dal materiale (un'idea, quest'ultima, che in realtà risaliva a Giovanni Filopono, ma che era stata apparentemente dimenticata).

Galileo si interessò inoltre del problema della misura della velocità della luce: egli intuì infatti che questa non poteva essere infinita, ma i suoi tentativi per misurarla furono infruttuosi.

Riflettendo sui moti lungo i piani inclinati scoprì il problema del *tempo minimo* nella caduta dei corpi materiali, e studiò varie traiettorie, tra cui la spirale paraboloide e la cicloide.

Nell'ambito delle sue ricerche di matematica scoprì la prima proprietà dell'infinito: una parte è uguale al tutto.

Inoltre indusse un suo allievo, Bonaventura Cavalieri, a studiare gli indivisibili, intuendo le conseguenze del calcolo infinitesimale nello studio del moto.

Sulla questione della matematica come strumento di indagine della natura, scrisse:



Tomba di Galileo a Santa Croce

« ... questo grandissimo libro [*della natura*] che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l'universo), non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri né 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 intendere umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto. »

(Galileo Galilei, *Opere VI*)

Per Galileo la matematica è quindi il supremo strumento nell'indagine della natura. A tal proposito egli distinse fra qualità primarie dei corpi, oggetto appunto dell'indagine scientifica in quanto ad essi è applicabile il calcolo matematico, e qualità secondarie (ad es. odori, sapori, giudizi di gusto etc.), che invece non possono essere studiate in modo scientifico.

Il metodo galileiano si compone di due aspetti principali:

- **sensata esperienza**, ovvero l'esperimento, che può essere compiuto praticamente o solo astrattamente ("esperienze mentali"), ma che deve in ogni caso seguire a una attenta formulazione teorica, ovvero a ipotesi che siano in grado di guidare l'esperienza in modo che essa non fornisca risultati arbitrari;
- **necessaria dimostrazione**, ovvero una analisi matematica e rigorosa dei risultati dell'esperienza, che sia in grado di trarre da questa ogni conseguenza in modo necessario e non opinabile, e che va ulteriormente verificata, con ulteriori esperienze, ovvero il cosiddetto *cimento*, che è l'esperimento concreto con cui va sempre verificato l'esito di ogni formulazione teorica.

Invenzioni fra stelle e corpi in movimento

Nel corso della sua vita, Galileo propose originalmente alcune invenzioni, utili non solo nello studio delle stelle, ma anche dei corpi in movimento:

- il piano inclinato per studiare il moto dei corpi;
- la bilancia idrostatica per misurare la densità dei corpi;
- il termoscopio per misurare le variazioni di densità dell'aria in funzione della temperatura;
- una macchina azionata da energia animale per innalzare acqua dai pozzi profondi;
- il *compasso proporzionale* per risolvere problemi di matematica e geometria;
- il *celatone*, uno strumento per misurare la longitudine in mare usando i satelliti di Giove;
- il giovilabio, uno strumento per calcolare la posizione relativa di Terra e Giove;
- il micrometro;
- l'elioscopio.

Moti parabolici, moti circolari e quadratura del cerchio

Gli studi dei moti parabolici, pendolari e lungo piani inclinati permisero a Galilei di scoprire l'universalità del moto.

Gli studi sul moto delle pietre levigate a sfera lungo i piani inclinati e le misure di come gli oggetti in movimento aumentano e diminuiscono le loro velocità consentirono a Galileo di scoprire che le loro traiettorie erano parabole. Elaborando i dati con un metodo matematico scoprì che, volendo lanciare una palla di cannone il più lontano



Fasi della Luna disegnate da Galileo nel 1616

possibile, l'inclinazione della canna deve essere di 45° . Variando in alto o in basso l'inclinazione, per valori identici, la gittata è la stessa: la traiettoria a 40° e quella a 50° hanno la stessa gittata.

Studiando, ancora, come oscillano le pietre se legate lungo uno spago, o come si muovono cadendo lungo un piano inclinato, Galilei scoprì che si trattava di esempi della stessa quantità fisica: il moto. Nasce, così, il primo esempio di universalità in fisica: tutti i movimenti dei corpi materiali sono riconducibili ad un'unica sorgente. Esso nasce dalla forza che dà vita al moto e dall'attrito che a esso si oppone. Dalla somma di queste due forze nascono velocità e accelerazioni, con quantità rigorosamente conservate come, ad esempio, la quantità di moto lineare.

Il moto rettilineo e quello circolare possono essere composti e scomposti in modi differenti. È poi possibile produrre una gran varietà di movimenti parabolici: tutti esempi di moto. L'universalità del moto, però, metteva in crisi la quadratura del cerchio, un concetto che ha radici lontane.

Il cerchio è la figura geometrica perfetta e veniva associato al cielo, mentre le linee e quindi la figura geometrica del quadrato al mondo naturale: era quindi ovvio, prima di Galileo, ritenere impossibile ottenere un quadrato da un cerchio e viceversa. Galileo, però, progettò il "compasso proporzionale", la cui realizzazione viene assegnata al suo artigiano di fiducia, Marcantonio Mazzoleni, con il quale è in grado di trasformare una qualsiasi lunghezza di cerchio nei quattro lati di un quadrato. Lo strumento era costituito di due regoli metallici uniti da una cerniera.

La conclusione ovvia era che non c'era nulla di privilegiato nel moto circolare né alcuna differenza rispetto a tutti gli altri tipi di moto; nonostante ciò Galileo era convinto che le orbite planetarie fossero dei cerchi e non delle ellissi, come scoperto da Keplero - *Dio, per fare il mondo, ha scelto per le orbite figure geometriche perfette: e questi sono i cerchi non le ellissi*. I corpi materiali si muovono perché c'è una forza risultante che agisce su di essi. Le velocità e le accelerazioni sono determinate dalla somma delle forze positive e di quelle negative, generalmente gli attriti, che, tenuto conto di tutte le leggi di conservazione, determina il moto osservato.

Il principio di inerzia

Facendo esperimenti col pendolo e col piano inclinato, Galileo arrivò alla scoperta del ruolo degli attriti nel moto dei corpi ed alla formulazione del principio di inerzia, poi codificato da Isaac Newton nel primo principio della dinamica: un corpo in moto rettilineo uniforme permane in tale stato in assenza di attrito; o anche, in un sistema senza attriti, un corpo resterà nel suo stato di moto o di quiete se non ci sono forze esterne che su esso intervengono.

Il pendolo

Un'altra scoperta galileiana attuata nel 1583 è l'isocronismo delle piccole oscillazioni di un pendolo. Su tale argomento vi è anche una leggenda, secondo cui l'idea gli sarebbe venuta in mente osservando le oscillazioni di una lampada sospesa nella navata centrale del Duomo di Pisa. La lampada che comunemente viene indicata come **Lampada di Galileo**, non è però quella vista dal giovane scienziato, in quanto costruita nel 1587 da Vincenzio di Domenico Possenti, quindi pochi anni dopo. La lampada che invece fu vista oscillare, più piccola e spartana, è oggi custodita nel vicino Camposanto Monumentale, nella Cappella Aulla.

Questo strumento è semplicemente composto da una pietra legata ad un filo sottile e inestensibile: se questo ha una lunghezza di un metro, si ottiene un'oscillazione della durata di circa due secondi.

La periodicità nel moto del pendolo non fu l'unica osservazione dello scienziato pisano: notò, infatti, che a parità di lunghezza del filo, e indipendentemente dal peso del sasso, l'oscillazione dura la stessa quantità di tempo al variare dell'ampiezza, a patto che questa non sia eccessiva.

La legge periodica del pendolo, detto *pendolo semplice*, è infatti:

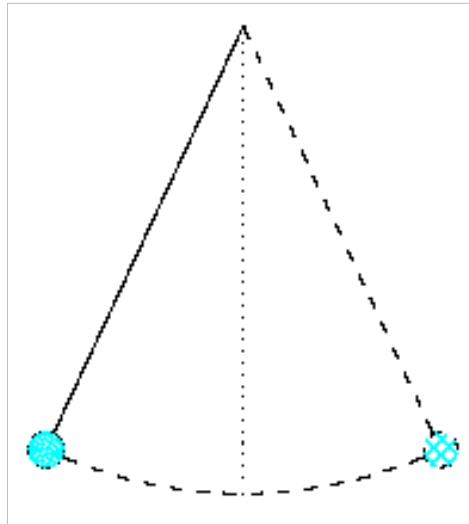
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

dove T è il periodo di oscillazione, l la lunghezza del filo e g l'accelerazione di gravità. Si può notare che la legge di oscillazione è indipendente dalla massa e dall'ampiezza dell'oscillazione stessa, ovvero dall'angolo tra la posizione iniziale e quella centrale di minimo.

Per oscillazione di un pendolo si intende il movimento del pesetto del pendolo dal punto iniziale di oscillazione allo stesso punto di partenza passando per l'altro estremo, quindi il movimento da un estremo all'altro è una mezza oscillazione.



La cosiddetta "Lampada di Galileo" presso il duomo di Pisa, dove intuì la legge del pendolo



La bilancia idrostatica

La Bilancetta fu scritta da Galileo nel 1586, quando era ancora in attesa dell'incarico universitario a Pisa.

Il lavoro, stampato postumo, descrive l'invenzione della bilancia idrostatica:

Per fabricar dunque la bilancia, piglisi un regolo lungo almeno due braccia, e quanto più sarà lungo più sarà esatto l'istrumento; e dividasi nel mezo, dove si ponga il perpendicolo [il fulcro]; poi si aggiustino le braccia che stiano nell'equilibrio, con l'assottigliare quello che pesasse di più; e sopra l'uno delle braccia si notino i termini [dove ritor]nano i contrapesi de i metalli semplici quando saranno pesati nell'acqua, avvertendo di pesare i metalli più puri che si trovino. (Opere I)

Viene anche descritto come si ottiene il peso specifico P_s di un corpo rispetto all'acqua:

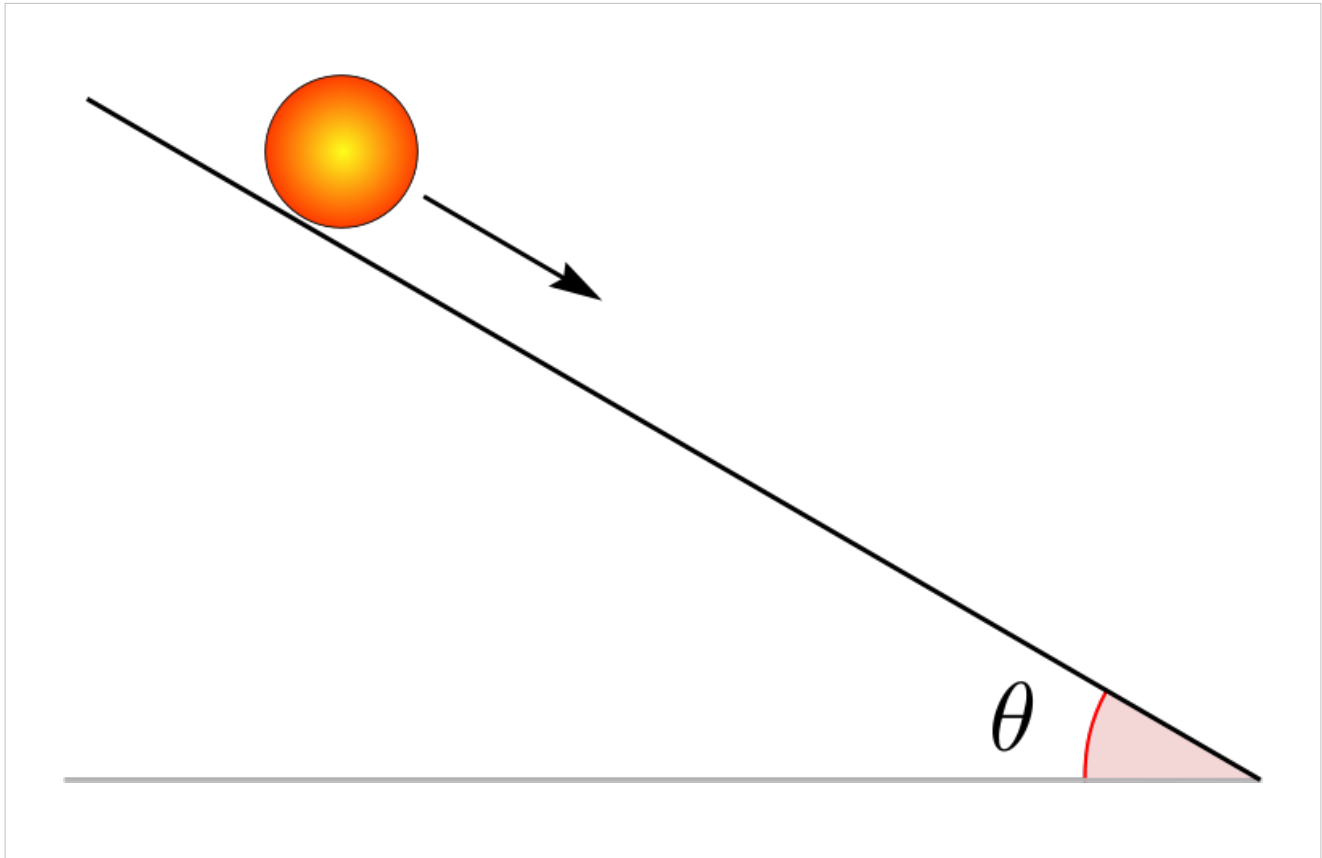
$$P_s = \frac{\text{Peso in Aria}}{\text{Peso in Aria} - \text{Peso in Acqua}}$$

Ne *La Bilancetta* si trovano, poi, ben due tavole che riportano trentanove pesi specifici di metalli preziosi e genuini, da lui determinati sperimentalmente con un rigoroso metodo matematico: le misure sono molto precise e confrontabili con i valori moderni.

Si tratta del primo dettagliato elenco di pesi specifici ricavato analiticamente e sperimentalmente.

Piani inclinati, accelerazioni di gravità e conservazione dell'energia

Galileo riuscì a determinare il valore dell'accelerazione di gravità, cioè della grandezza che regola il moto dei corpi che cadono verso il centro della Terra, studiando la caduta di sfere ben levigate lungo un piano inclinato, anch'esso ben levigato. Poiché il moto della sfera dipende dall'angolo di inclinazione del piano, con semplici misure ad angoli differenti riuscì a ottenere un valore di poco inferiore a quello oggi noto ($9,80665 \text{ m/s}^2$), a causa di errori sistematici dovuti all'attrito, che non poteva essere completamente eliminato.



Detto v il valore della velocità della sfera lungo il piano inclinato, la velocità parallela al piano orizzontale sarà data da

$$v \cos \theta$$

mentre quella perpendicolare, che è poi quella utile alla determinazione della gravità, risulta

$$v \sin \theta$$

Con questi studi, Galileo scopre un fenomeno che è conseguenza diretta della conservazione dell'energia meccanica: ponendo un altro piano inclinato accanto al primo su cui far risalire la sfera, scoprì infatti che questa si fermava alla stessa altezza di partenza. Tuttavia, il concetto di energia non è ancora presente nella fisica del Seicento e solo con lo sviluppo, oltre un secolo più tardi, della meccanica classica di Newton si arriva ad una precisa formulazione di tale concetto.

La velocità della luce

Galileo fu certamente fra i primi ad intuire che la velocità della luce non era infinita, e ideò per primo un esperimento per ottenerne la misura.

La sua idea fu quella di portarsi su una collina con una lanterna coperta da un drappo e quindi alzare il drappo lanciando un segnale ad un amico posto su un'altra collina ad un chilometro e mezzo di distanza. Il suo amico, non appena avesse visto il segnale, avrebbe quindi alzato il suo drappo permettendo a Galileo di registrare l'intervallo di tempo impiegato dalla luce per giungere all'altra collina e tornare indietro. Una misura precisa di questo tempo avrebbe consentito misurare la velocità della luce. Tuttavia, il tentativo fu infruttuoso: si consideri che la luce impiega solamente un centomillesimo di secondo per percorrere una distanza di 3 chilometri.

La prima misura della velocità della luce fu opera, nel 1675, dell'astronomo danese Rømer, basata sulla misura accurata dei ritardi delle eclissi del satellite di Giove, Io.

Il rapporto fra scienza e fede

Galilei, nei primi anni delle sue scoperte astronomiche, non si pose esplicitamente il problema delle conseguenze teologiche delle scoperte fatte con il suo cannocchiale e di come quell'universo immenso, pieno di irregolarità, corruttibile, senza sfere perfette e senza nessun centro potesse essere in conflitto con la visione del mondo difesa dalla Chiesa cattolica. Si noti ad esempio come nel "*Sidereus Nuncius*", in cui tali scoperte vengono comunicate per la prima volta al mondo, il problema fra scienza e fede non viene nemmeno discusso o menzionato.

Tale questione venne posta a Galilei dalle forti reazioni e polemiche che con il passare degli anni furono suscitate dalle sue scoperte e dal suo modo di indagare, basato sulla lettura diretta del *libro della natura*, senza ricorso all'autorità, sia essa aristotelica o teologica. Egli si vide costretto ad intervenire sulla questione del rapporto fra scienza e fede, sul concetto di verità, con lo scopo principale di difendere la propria autonomia di scienziato.

Il primo documento in cui Galilei affronta tale questione è una sua lettera a padre Benedetto Castelli, scritta nel 1613. Egli vi espone la sua concezione di cristiano e scienziato che rivendica l'autonomia della scienza dalla religione. Vi conclude che scienza e fede non interferiscono affatto, dato che lavorano su piani separati: la fede parla ed opera sul piano metafisico del mondo, mentre la scienza sul piano fisico.

Dovette difendersi poiché le sue scoperte contrastavano, apparentemente, con alcuni passi della *Bibbia*: nell'*Antico Testamento* si dice, infatti, che Dio tenne il Sole fermo per circa un giorno per permettere a Giosuè e agli Ebrei di vincere sul nemico, mentre invece Galileo sosteneva che fosse la Terra a girare intorno al Sole. Galilei, tuttavia, obiettò alle accuse, affermando che la *Bibbia* non è un trattato d'astronomia e che:

« [...] le quali proposizioni, sí come, dettante lo Spirito Santo, furono in tal guisa profferite da gli scrittori sacri per accomodarsi alla capacità del vulgo assai rozzo e indisciplinato [...]. »

(Galileo Galilei, "*Lettera a Madama Cristina di Lorena granduchessa di Toscana*")

Cioè, la Scrittura, ispirata dallo Spirito Santo (che dunque non può mentire) parlava agli antichi nel linguaggio d'allora, con delle affermazioni che son tipiche del genere della letteratura guerriera. "Fermare il Sole", visto dalla Terra, ha lo stesso effetto di fermare la Terra per un giorno, ossia vedere sempre il Sole a mezzogiorno per avere una forte luce. Un giorno, ma anche pochi minuti è un tempo impossibile che comprometterebbe la vita sul nostro pianeta: questo e altri passi hanno contenuti apparentemente non scientifici, che portarono Galilei a parlare non solo di questioni di linguaggio, ma a dire che:

« [...] nelle dispute di problemi naturali non si dovrebbe cominciare dalla autorità di luoghi delle Scritture, ma dalle sensate esperienze e dalle dimostrazioni necessarie: perché, procedendo di pari dal Verbo divino la Scrittura Sacra e la natura, quella come dettatura dello Spirito Santo, e questa come osservantissima esecutrice de gli ordini di Dio [...]. »

(Galileo Galilei, "*Lettera a Madama Cristina di Lorena granduchessa di Toscana*")

Dice infine:

« [...] Io crederei che l'autorità delle Sacre scritture avesse avuto solamente la mira a persuader gli uomini a quegli articoli e proposizioni, che son necesarie per la salute loro, e superando ogni umano discorso, non potevo per altra scienza né per altro mezzo farcisi credibili, che per bocca dello stesso Spirito Santo [...]. »

(Galileo Galilei, "*Lettera a padre Benedetto Castelli*")

Nasce così la visione galileiana secondo la quale esistono due "libri", che sono in grado di rivelare la stessa verità, anche se attraverso due diversi campi: uno è la *Bibbia*, che ha essenzialmente valore salvifico e di redenzione dell'anima, scritto in termini scientificamente approssimativi per il *volgo*, l'altro è l'universo (cioè la natura), che, a differenza del primo, va letto in maniera scientifica e quindi, per essere ben interpretato, deve essere studiato oggettivamente.

Secondo Galileo, i due libri, essendo opera di un unico Autore, non potevano contraddirsi. La sua visione della verità

non era dunque, come molti credono, antireligiosa ed atea; al contrario, Galileo fu uno dei primi scienziati a voler conciliare le verità scientifiche con le verità di fede, senza intaccare minimamente né le une né le altre.

La lettera a padre Castelli suscitò però polemiche violentissime e sarcastiche da parte del clero fiorentino, totalmente conservatore, tali che Galilei si vide costretto a fare pubbliche manifestazioni di Cattolicesimo e ad accorrere perfino a Roma, per difendere in ambienti curiali la propria opera di scienziato credente. Dopo decenni di polemiche ed un processo, la Chiesa costrinse Galilei all'abiura, censurò le sue scoperte e condannò all'indice le opere di Copernico e Galileo fino al 1823.

Nel 1757 la Congregazione del Sant'Uffizio riabiliterà la figura di Galileo riconoscendo vere le teorie galileiane. Solo nel 1992 papa Giovanni Paolo II, che aveva chiesto nel 1979 la revisione del "Caso Galilei", ritirò la condanna della Chiesa cattolica allo scienziato; pubblicamente riconobbe la validità e verità scientifica delle teorie di Galileo Galilei e chiese scusa, da parte della Chiesa, per avere ingiustamente condannato non solo il fondatore della scienza moderna ma indiscutibilmente una delle menti più brillanti, geniali e acute dello scorso millennio.

Galilei e l'arte

Ludovico Cardì, detto il Cigoli, fiorentino, fu pittore al tempo di Galileo; ad un certo punto della sua vita, per difendere il suo operato, chiese aiuto al suo amico Galileo: doveva, infatti, difendersi dagli attacchi di quanti ritenevano la scultura superiore alla pittura, in quanto ha il dono della tridimensionalità, a discapito della pittura semplicemente bidimensionale. Galileo rispose con una lettera, datata 26 giugno 1612. Egli, innanzitutto, fornisce una incredibile anticipazione della moderna distinzione tra valori *ottici* e *tattili*: la statua, con le sue tre dimensioni, inganna il senso del tatto, mentre la pittura, in due dimensioni, inganna il senso della vista. Da ciò Galilei attribuisce al pittore una maggiore potenza espressiva che non allo scultore, poiché il primo è in grado di produrre emozioni molto meglio del secondo.



Una vecchia banconota da 2000 lire che raffigura Galileo

« A quello poi che dicono gli scultori, che la natura fa gli uomini di scultura e non di pittura, rispondo che ella gli fa non meno dipinti che scolpiti, perché ella gli scolpe e gli colora, ... »

(Opere XI)

E aggiunge:

« Perciocché quanto più i mezzi, co' quali si imita, son lontani dalle cose da imitarsi, tanto più l'imitazione è maravigliosa. »

(Opere XI)

Nell'arte, come nella poesia e nella musica, disse Galileo, vale la potenza emotiva che si riesce a trasmettere. E questa prescinde dalla descrizione cruda della realtà.

Galilei e la musica

Il padre di Galileo era un musicista (liutista e compositore) e teorico musicale molto noto ai suoi tempi. Indirettamente, Galileo fornì un contributo fondamentale alla comprensione dei fenomeni acustici, avendo per primo compreso l'importanza dei fenomeni oscillatori e del concetto di frequenza.

Nella lettera già citata di Galileo a Lodovico Cardi si trova questa frase:

« Non ammireremmo noi un musico, il quale cantando e rappresentandoci le querele e le passioni d'un amante ci muovesse a compassionarlo, molto più che se piangendo ciò facesse? ... E molto più lo ammireremmo, se tacendo, col solo strumento, con crudezze et accenti patetici musicali, ciò facesse... »

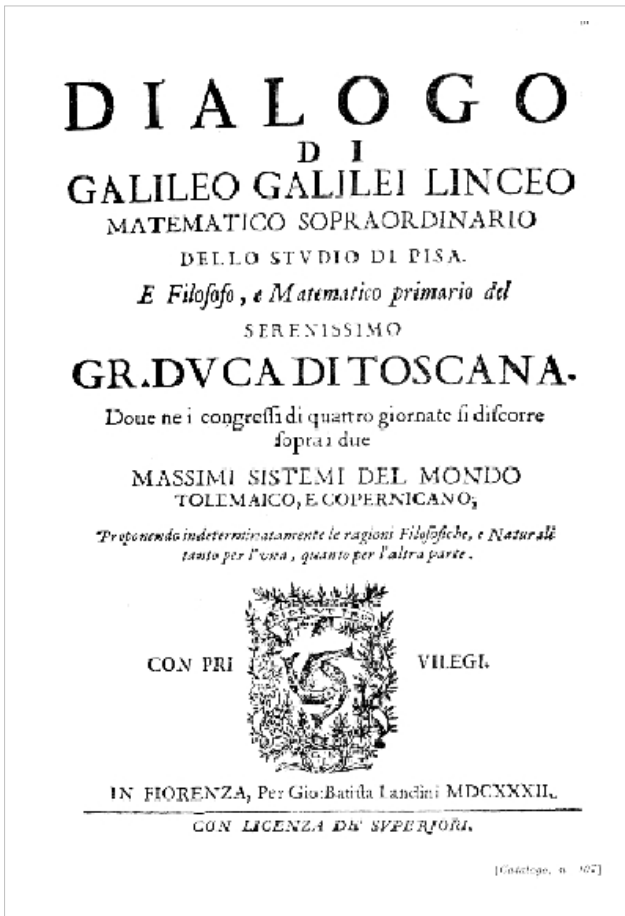
(Opere XI)

Per comprenderne il significato, si deve considerare che verso la fine del XVI secolo si era aperta nell'ambiente musicale italiano una controversia fra i fautori della cosiddetta "*seconda pratica*" o "*nuova pratica*" musicale che avrebbero in seguito dato vita ai generi del melodramma e dell'oratorio e quelli della "*prima pratica*" di cui Palestrina era considerato l'esponente più tipico. Per questi, il rapporto fra musica e testo si concretizzava soprattutto nei cosiddetti *madrigalismi*, effetti onomatopeici o variamente allusivi su parole come "mormorio", "tremare", "discende", "sospiri" e simili. Secondo i musicisti della *seconda pratica*, invece, la musica era di per sé atta a evocare degli *affetti* e dei *moti dell'animo*: ogni intervallo musicale aveva una specifica capacità evocativa, e fra testo e musica doveva sussistere una perfetta corrispondenza di effetti: corrispondenza assai più facile da realizzarsi nella monodia che nella polifonia. La frase di Galileo testimonierebbe quindi la sua adesione alla nuova estetica musicale, secondo cui una melodia (ben composta, ed efficacemente eseguita) è in grado di suscitare nell'ascoltatore vive emozioni perfino in assenza di un testo. Di fatto, questa posizione era sostenuta dalla cerchia di musicisti a cui apparteneva suo padre, Vincenzo Galilei. L'idea che la musica strumentale debba essere altrettanto espressiva della musica vocale fu esposta alcuni anni dopo anche da Girolamo Frescobaldi nell'introduzione al *Primo Libro di Toccate e Partite* (1637).

Si deve osservare, tuttavia, che l'autenticità della lettera a Lodovico Cardi, della quale esiste solo una copia, posteriore di alcuni decenni, non è certa; inoltre l'occasionale riferimento alla musica serve solo come argomento di sostegno alla tesi che la pittura non sia inferiore alla scultura.

Opere

- *"La bilancetta"* (opera giovanile pubblicata postuma nel 1644) su wikisource
- *"Le mecaniche"*, 1599 su wikisource
- *"Le operazioni del compasso geometrico et militare"*, 1606 su wikisource)
- *"Sidereus Nuncius"*, 1610 PDF su LiberLiber ^[78]
- *"Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua"*, 1612 PDF su LiberLiber ^[79]
- *"Historia e dimostrazioni intorno alle Macchie Solari"* (pubblicato dall'Accademia dei Lincei), 1613 PDF sulla Biblioteca Nazionale di Francia ^[80]
- *"Lettera al Padre Benedetto Castelli"*, 1613 su wikisource
- *"Lettera a Madama Cristina di Lorena"*, 1615 su wikisource
- *"Discorso sopra il flusso e il reflusso del mare"*, Roma, 1615
- *"Il Discorso delle Comete"*, 1619
- *Il Saggiatore*, 1623 su wikisource
- *"Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo"*, Firenze, 1632 (su wikisource)
- *"Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica e i movimenti locali"*, Leida, 1638 su wikisource
- *"Lettera al principe Leopoldo di Toscana (sopra il candore lunare)"*, 1640 su wikisource
- *"Trattato della sfera"*, In Roma, 1656
- *"Capitolo Contro il portar la toga" - "Against the Donning of the Gown"* ^[81], L. Tongiorgi Tomasi cur., Edizioni ETS, Pisa 2009



Edizione nazionale

È stata pubblicata una edizione nazionale delle opere di Galileo Galilei:

- *Le Opere di Galileo Galilei, Edizione Nazionale*, ed. Antonio Favaro, Firenze, Barbera, 1890-1909; ristampe: 1929-1939 e 1964-1968.

Letteratura

- *"Vita di Galileo"* è il titolo di una opera teatrale di Berthold Brecht.

Film

- *Galileo* è un film del 1969 di Liliana Cavani, che racconta la vita del grande scienziato. Il film, fatto di inquadrature suggestive, musiche struggenti di Ennio Morricone e personaggi che compaiono chiari e grandiosi nelle loro contraddizioni, è memorabile nel sottolineare il dilemma morale di Galileo, che si vede costretto a scegliere tra fede e scienza, tra fedeltà alle autorità religiose ed una verità che gli appare tanto evidente da non poter essere in alcun modo negata.

- *Galileo* si chiama anche il film di Joseph Losey del 1975 tratto dal dramma *Vita di Galileo* di Bertolt Brecht.

Bibliografia

- Alemanno Agostini Venerosi della Seta: *Sulla casa ove nacque Galileo Galilei*, Pisa, Tip. Del cav. F. Mariotti, 1893.
- Mariano Artigas, William R. Shea: *Galileo in Rome: The Rise and Fall of a Troublesome Genius*, Oxford University Press, 2004 ISBN 0-19-517758-4, 9780195177589, pp 272
- Mariano Artigas, Melchor Sanchez de Toca: *Galielo e il Vaticano*, Venezia, Marcianum Press, pp. 311, ISBN 978-88-89736-73-9
- Antonio Banfi: *Galileo Galilei*, Il Saggiatore, Milano, 1961.
- Enrico Bellone: *Galileo*, Collana "I grandi delle scienze" curata da *Le Scienze*, 1998.
- Massimo Bucciantini: *Galileo e Keplero. Filosofia, cosmologia e teologia nell'Età della Controriforma*, Einaudi, Torino, 2003. ISBN 88-06-16596-8
- Joël Col: *Entre Galilée et l'Eglise: la Bible. Une mise au point. Etude.*, AutoEdition Méguila, 2003. ISBN 2-9520299-0-3
- Fernand Crombette: *Galilée avait-il tort ou raison?* ; 2 tomes ; Ceshe asbl, Tournai, réf. 2.33 et 2.34 - diverses années.
- Franz Daxecker: *The Physicist and Astronomer Christoph Scheiner: Biography, Letters, Works*. Veröffentlichungen der Universität Innsbruck 246 (2004).
- Giorgio De Santillana: *The crime of Galileo*, The University of Chicago Press, 1955. ISBN 0-226-73481-1
- Stillman Drake: *Discoveries and Opinions of Galileo. (1610 Letter to the Grand Duchess Christina)*, Anchor Books, 1957. ISBN 0-385-09239-3
- Idem: *Galileo at work: his scientific biography*, Chicago, The University of Chicago Press, 1978, tr. it. *Galileo. Una biografia scientifica*, Il Mulino, Bologna, 1998. ISBN 88-15-06311-0
- Idem: *Galileo's Discovery of the Law of Free Fall*. *Scientific American*, 1973, v. 228, n. 5, pp. 84-92.
- Idem: *Galileo Galilei pioniere della scienza*, Muzzio, 2a ed. 2009. ISBN 978-88-96159-11-8
- Natacha Fabbri: *De l'utilité de l'harmonie. Filosofia, scienza e musica in Mersenne, Descartes e Galileo*, Edizioni della Normale, Pisa, 2008. ISBN 978-88-7642-321-5
- Annibale Fantoli: *Galilée. Pour Copernic et pour l'Eglise*, Libreria Editrice Vaticana, Roma, 2001.
- Paul Feyerabend: *Contro il metodo. Abbozzo di una teoria anarchica della conoscenza*, Feltrinelli, Milano, 1979. ISBN 88-07-10027-4
- Maurice A. Finocchiaro: *Galileo and the art of reasoning: Rhetorical foundations of logic and scientific method*, Dordrecht, Boston, Mass., 1980. ISBN 90-277-1094-5
- Idem: *The Galileo Affair. A Documentary History*, Notable Trials Library/Gryphon, New York, 1991.
- Ferdinando Flora: *Il Processo di Galileo*, Rizzoli, Milano, 1954.
- Paolo Frisi: *Elogio del Galileo* (pubblicato dapprima sul giornale Il Caffè e successivamente - 1775 - in volume).
- Andrea Frova e Mariapiera Marenzana: *Parola di Galileo*, RCS-BUR, Milano 1998. ISBN 88-17-11798-6. In inglese: *Thus spoke Galileo*, Oxford University Press, Oxford 2006.
- Ludovico Geymonat: *Galileo Galilei*, Einaudi, Torino, 1957. (3a ed. 1981: ISBN 88-06-04283-1)
- Enrico Giusti: *Euclides reformatus. La teoria delle proporzioni nella scuola galileiana*, Bollati Boringhieri, Torino, 1993. ISBN 88-339-0726-0
- Arthur Koestler: *I sonnambuli. Storia delle concezioni dell'universo*, Jaca Book, 1990. ISBN 88-16-40270-9
- Alexandre Koyré: *Etudes galiléennes*, Paris, 1939, tr. it. *Studi galileiani*, Einaudi, Torino, 1976.
- Sergio M. Pagano: *I documenti del processo di Galileo Galilei*, Archivio Vaticano, Città del Vaticano, 1984.
- Pietro Redondi: *Galileo eretico*, Einaudi, Torino, 1983. ISBN 88-06-56325-4 (2a ed. 2004: ISBN 88-06-16728-6)
- Lucio Russo: *La rivoluzione dimenticata*, Feltrinelli, 2003, pp. 402-410.

- William R. Shea: *Galileo's Intellectual Revolution*, London, Macmillan, 1972, tr. it. *La rivoluzione intellettuale di Galileo*, Sansoni, Firenze, 1974.
- László Vekerdí: *Így élt Galilei*, Budapest, 1988. ISBN 963-7546-82-0
- Vincenzo Viviani: *Vita di Galilei. Con appendice ai testi e documenti*, Moretti & Vitali, 1992.
- Antonino Zichichi: *Galilei divin uomo*, il Saggiatore, 2001.
- Emanuele Zinato: *La scienza dissimulata nel Seicento*, Liguori, Napoli, 2005, pp. 140, ISBN 978-88-207-3704-7

Intitolazioni




A Galileo Galilei sono stati intitolati:

- I satelliti galileiani di Giove
- La Sonda Galileo lanciata dalla NASA per studiare Giove
- La Galileo Regio su Ganimede, satellite di Giove
- Il Cratere Galilaei sulla Luna
- Il Cratere Galilaei su Marte
- L'asteroide 697 Galilea (battezzato in occasione del terzo centenario della scoperta dei satelliti galileiani)
- Il galileo (unità di accelerazione)
- Il Telescopio Nazionale Galileo (TNG), situato sull'isola di La Palma (Spagna)
- L'aeroporto di Pisa
- Il sistema di posizionamento Galileo
- la Rima Galilei

Voci correlate

- Abiura di Galileo Galilei (su Wikisource)
 - Accademia Galileiana di Scienze, Lettere ed Arti
 - Arcetri
 - Casa di Galileo (Firenze)
 - Nicolò Copernico
 - Domus Galilaeana
 - Vincenzo Galilei
 - Virginia Galilei
 - Processo a Galileo Galilei
 - Relatività galileiana
 - Rivoluzione astronomica
 - Sentenza di condanna di Galileo Galilei (su Wikisource)
 - Trasformazioni galileiane
 - Villa Il Gioiello
-

Altri progetti

-  **Wikisource** contiene opere originali di o su **Galileo Galilei**
-  **Wikiquote** contiene citazioni di o su **Galileo Galilei**
-  **Wikimedia Commons** contiene file multimediali su **Galileo Galilei**

Collegamenti esterni

- (EN) Biografia ^[82] in MacTutor - Contiene un'ampia bibliografia
- (EN) Biografia ^[83] in Galileo Project
- (EN) The Galileo Project ^[84]
- (IT, EN) Galileo Galilei e la rivoluzione scientifica ^[85]
- Galileo Galilei ^[86] sul Dizionario Interdisciplinare di Scienza e Fede
- Note biografiche e opere ^[87] in Liberliber
- (IT, EN) L'Istituto e Museo di Storia della Scienza - Firenze, Italia ^[88] Conserva molti degli strumenti scientifici originali di Galileo.
- Podcast ^[89] del suo *Dialogo*
- European Cultural Heritage Online(ECHO) ^[90] (testi di Galileo Galilei)
- Scheda su Galileo Galilei accademico della Crusca sul sito dell'Accademia ^[91] URL consultato il 7 giugno 2009

Riferimenti

- [1] Principio di inerzia, legge della caduta dei gravi e un primo approccio alla relatività
- [2] La scoperta della rotazione della Terra, delle macchie solari, delle montagne della Luna, dei satelliti di Giove, le fasi di Venere, le stelle che compongono la Via Lattea
- [3] Probabilmente nella casa sita al n° 24 dell'attuale via Giusti in Pisa
- [4] Galileo non dovette avere buoni rapporti con la madre se non ricorda mai gli anni della sua infanzia come un periodo felice. Anzi ebbe occasione di scrivere a questo proposito, quasi augurandosene l'ormai imminente dipartita: «di nostra madre intendo con non poca meraviglia che sia ancora così terribile, ma poiché è così discaduta ce ne saranno per poco, sì che finiranno le liti»
- [5] http://www.fondazionegalileogalilei.it/attivita/mostre/22_galileo_pisa/22_present_gal2.html
- [6] Lettera da Pisa di Muzio Tedaldi a Vincenzio Galilei, 16 luglio 1578: «mi è grato di saper che aviate riavuto Galileo e che siate in animo di mandarlo qui a studio [...]»
- [7] Al quale Galileo sottopose una sua insoddisfacente dimostrazione della determinazione del baricentro dei solidi
- [8] A. Banfi, *Galileo Galilei*, Milano, 1949, p. 59
- [9] Con tale Benedetto Landucci che Galilei raccomandò a Cristina di Lorena (1565-1636) riuscendo a fargli ottenere nel 1609 il posto di pesatore al saggio; il lavoro, consistente nel pesare gli argenti che venivano venduti, procurava un guadagno di circa 60 fiorini
- [10] con Taddeo Galletti. Alla dote per la sorella Livia avrebbe dovuto contribuire anche il fratello Michelangelo.
- [11] «Michelangelo.. fu versatissimo nella musica e la esercitò per professione; essendo stato buon liutista non v'è dubbio che fosse allievo egli pure di suo padre Vincenzo. Fra gli anni 1601-1606 visse in Polonia al servizio di un conte palatino; nel 1610 era a Monaco di Baviera ove insegnava musica, e in una lettera datata del 16 agosto di quell'anno, egli pregava il fratello Galileo, di acquistargli grosse corde di Firenze per suo bisogno et dei suoi scolari...» (*Dizionario universale dei musicisti*, Casa Editrice Sonzogno, Milano 1937). Le spese per i viaggi in Polonia e Germania furono sostenute da Galilei. Michelangelo appena sistematosi in Germania volle sposarsi con Anna Chiara Bandinelli e, anziché saldare il debito per la dote che aveva con il cognato Galletti, spese tutto il denaro che aveva in un lussuoso ricevimento nuziale.
- [12] Lettera a Fortunio Liceti, 23 giugno 1640
- [13] Per moto «naturale» s'intende quello di un grave, ossia di un corpo in caduta libera, diversamente dal moto «violento», che è quello di un corpo che sia soggetto ad un «impeto»
- [14] L'esatta formulazione della legge è stata data da Galileo nel successivo *De motu accelerato*: «Motum aequabiliter, seu uniformiter, acceleratum dico illum, qui, a quiete recedens, temporibus aequalibus aequalia celeritatis momenta sibi superaddit», ove l'accelerazione di gravità è indicata essere direttamente proporzionale al tempo e non allo spazio. Cfr. Edizione Nazionale II, p. 261
- [15] Con lettera da Verona del 30 dicembre 1604, l'Altobelli riferiva a Galileo, senza dar credito, che la stella, «quasi un arancio mezzo maturo», sarebbe stata osservata per la prima volta il 27 settembre
- [16] Cfr. L. Geymonat, *Galileo Galilei*, p. 37
- [17] Lettera di Galileo a Keplero, 4 agosto 1597: «in Copernici sententiam multis abhinc annis venerim»
- [18] Giuseppe Antonino Poppi, *La Repubblica*, 25 giugno 1992

- [19] In una lettera del 28 agosto 1609 allo studioso naturalista Federico Cesi, che aveva proposto la nomina di Galilei all'Accademia dei Lincei, a proposito del cannocchiale scriveva «L'ho visto ed è una coglionaria, presa dal mio libro *De refractione*». L'anno seguente confermò al Cesi che l'invenzione era sua ma riconosceva che Galilei «l'have accomodata e ha trovato [...] gran cose che empiscono il mondo di stupore»
- [20] Galileo non possedeva sufficienti nozioni di ottica, diversamente da Keplero che, nel 1611, pubblicò anche la *Diottrica*, nella quale esponeva la teoria del cannocchiale a oculare convesso, molto più efficace di quello a oculare concavo di Galileo
- [21] Google omaggia Galileo Ma sbaglia la data (<http://www.ilgiornale.it/a.pic1?ID=377372>). url visitato l'11 set 2009
- [22] http://archiviostorico.corriere.it/2004/agosto/13/cannocchiale_manoscritti_Milano_tesoro_Galileo_co_9_040813031.shtml
- [23] È stata ritrovata una lista della spesa dove Galilei insieme a ceci, farro, zucchero ecc. ordinava di acquistare pezzi di specchio, ferro da spianare e quanto di utile per il suo laboratorio ottico. (in una nota su una lettera di Ottavio Brenzoni del 23 novembre 1609 conservata nella Biblioteca Centrale di Firenze)
- [24] L'espressione in realtà si racconta fosse stata pronunciata dall'imperatore Giuliano l'Apostata che in punto di morte riconosceva la vittoria del Cristianesimo: «Hai vinto o Galileo» riferendosi a Gesù nativo della Galilea
- [25] Benedetto Castelli, *Discorso sopra la calamita*
- [26] (<http://brunelleschi.imss.fi.it/itinerari/biografia/MarinaGamba.html>)
- [27] Il comportamento di Galileo è stato variamente giudicato: vi è chi sostiene che egli le chiuse in convento perché «doveva pensare a una loro sistemazione definitiva: cosa non facile perché, data la nascita illegittima, non era probabile un futuro matrimonio», cfr., per esempio, Sofia Vanni Rovighi, *Storia della filosofia moderna e contemporanea. Dalla rivoluzione scientifica a Hegel*, Brescia 1976 – come se egli non potesse legittimarle, come fece con il figlio Vincenzo e come se una monacazione coatta fosse preferibile a un matrimonio non prestigioso – mentre altri ritengono che «alla base di tutto stava il desiderio di Galileo di trovare per esse una sistemazione che non rischiasse di procurargli in futuro alcun nuovo carico [...] tutto ciò nascondeva un profondo, sostanziale egoismo»: cfr. Ludovico Geymonat, *Galileo Galilei*, Torino 1983, p. 72
- [28] «quel mirare per quegli occhiali m'imbaldordisce la testa», disse a Paolo Gualdo che gli aveva presentato il cannocchiale perché vi guardasse: cfr. la lettera del Gualdo a Galilei del 29 luglio 1611
- [29] L. Geymonat, cit., p. 63
- [30] Nel settembre 1612 lo Scheiner pubblicò ancora sull'argomento il *De maculis solaribus et stellis circa Iovem errantibus*
- [31] La priorità della scoperta andrebbe all'olandese Johannes Fabricius, che pubblicò a Wittenberg, nel 1611, il *De Maculis in Sole observatis, et apparente earum cum Sole conversione*
- [32] Cioè con i sensi, con l'osservazione diretta
- [33] Ancora nel 1822 padre Filippo Anfossi pubblicava - anonimamente - in Roma un libro in cui le leggi di Keplero e di Newton erano presentate come «cose che non meritano la menoma attenzione» e si chiedeva come mai «tanti uomini santi» ispirati dallo Spirito Santo, «ci han detto ottanta e più volte che il Sole si muove senza dirci una volta sola che è immobile e fermo?»: cfr. Sebastiano Timpanaro, *Scritti di storia e critica della scienza*, Firenze 1952, pp. 95-96
- [34] *Atti* 1, 11: «Uomini di Galilea, perché state osservando il cielo?»
- [35] *Edizione nazionale*, XIX, pp. 297-298
- [36] *I documenti del processo di Galileo Galilei*, a cura di S. M. Pagano, 1984, p. 82
- [37] Ivi, p. 83
- [38] P. A. Foscarini, *Lettera sopra l'opinione de' Pittagorici, e del Copernico, della mobilità della Terra e stabilità del Sole, e del nuovo Pittagorico sistema del mondo*, Napoli, Lazaro Scoriggio, 1615, pp. 7
- [39] Piero Guicciardini, *Lettera a Curzio Picchena*, 5 dicembre 1615
- [40] Quel documento - che avrà una parte molto importante nel processo del 1633 - potrebbe essere un falso
- [41] G. Morpurgo Tagliabue, *I processi di Galileo e l'epistemologia*, «Rivista di Storia della Filosofia», II, 1947
- [42] G. Galilei, *Il Saggiatore*, VI, 232
- [43] G. Galileo, *Lettera a Francesco Ingoli*, in G. Galilei, *Edizione nazionale delle opere*, VI, p. 511
- [44] Diversamente da Keplero, che nel maggio 1618 aveva fatto pervenire a Roma, tramite il fisico Tommaso Mingoni, la sua *I Responsio ad Ingoli disputationem de systemate*
- [45] Ivi, p. 536
- [46] Ivi, p. 540
- [47] Cit., VI, pp. 529-530
- [48] A. Koyré, *Dal mondo chiuso all'universo infinito*, Milano 1974, p. 78
- [49] G. Galilei, *Edizione nazionale*, pp. 547-548
- [50] G. Galilei, *Edizione nazionale*, VII, 367
- [51] Ivi, VII, 488
- [52] L'argomento di Urbano VIII è riportato nel *De Deo uno*, Roma 1629, pp. 194-195, del cardinale Agostino Oregio
- [53] Giovanni Ciampoli, monsignore fiorentino, amico di Galileo, era anche cameriere segreto di Urbano VIII
- [54] *Edizione nazionale*, XX, p. 576
- [55] F. Niccolini, *Lettera ad Andrea Cioli*, 27 febbraio 1633
- [56] Francesco Niccolini ad Andrea Cioli, *Lettera del 9 aprile 1633*
- [57] Il testo del precetto: «In palatio solitae habitationis dicti Ill.mi D. Card.lis Bellarminii et in mansionibus Dominationis Suae Ill.mae, idem Ill.mus D. Card.lis, vocato supradicto Galileo, ipsoque coram D. sua Ill.ma existente, in praesentia admodum R. P. Fratris Michaelis Angeli

- Seghitii de Lauda, ordinis Praedicatorum, Commissarii generalis S.ti Officii, praedictum Galileum monuit de errore supradictae opinionis et ut illam deserat; et successive ac incontinenti, in mei etc. et testium etc., praesente etiam adhuc eodem Ill.mo D.Card.li supradictus P. Commissarius praedicto Galileo adhuc ibidem praesenti et constituto praecepit et ordinavit S.mi D. N. Papae et totius Congregationis S.ti Officii, ut supradictam opinionem, quod sol sit centrum mundi et immobilis et terra moveatur, omnino relinquat, nec eam de caetero, quovis modo, teneat, doceat aut defendat, verbo aut scriptis; alias, cantra ipsum procedetur in S.to Officio. Cui praecepto idem Galileus acquievit et parere promisit. Actum Romae ubi supra, praesentibus ibidem R.do Badino Nores de Nicosia in regno Cypri, et Augustino Mongardo de loco Abbatiae Rosae, dioc. Politianensis, familiaribus dicti Ill.mi D. Cardinalis, testibus»
- [58] Edizione nazionale, cit., XIX, pp. 336-342
- [59] Lettera di Galilei a Geri Bocchineri, 16 aprile 1633
- [60] Lettera di Vincenzo Maculano al cardinale Francesco Barberini, 22 aprile 1633, Archivio della Congregazione per la dottrina della fede, S. Offizio, St. st. N 3-f, primo fascicolo
- [61] Edizione nazionale, cit., XIX, pp. 342-343
- [62] Edizione nazionale, cit., XIX, p. 283
- [63] Edizione nazionale, cit., p. 361
- [64] Michelangelo Seghizzi
- [65] In un saggio del 1865, *Storia ed esame della enciclica e del Sillabo dell'8 dicembre 1864*, Ed. Torino Stamperia dell'Unione Tip. Editrice, 1865, pag. 79 ([http://books.google.it/books?id=IAUzAAAAIAAJ&dq=Storia+ed+esame+della+enciclica+e+del+Sillabo+dell'8+Dicembre+1864"&printsec=frontcover&source=bl&ots=mjQVhZ3NBY&sig=UTvH2H9I7wWvdK1QZZ9PSSSMQv4&hl=it&sa=X&oi=book_result&resnum=1&ct=result#PPA79,M1](http://books.google.it/books?id=IAUzAAAAIAAJ&dq=Storia+ed+esame+della+enciclica+e+del+Sillabo+dell'8+Dicembre+1864)), fortemente polemico contro la gerarchia ecclesiastica, l'abate Antonio Isaia sostenne che la frase «giudicassimo essere necessario venire contro di te al rigoroso esame» debba essere interpretata nel senso che Galileo fu effettivamente torturato, non solo minacciato di tortura; questa tesi è stata ripresa da Italo Mereu, "Storia dell'intolleranza in Europa", 1979 (ed.riv. Bompiani, 2000) ISBN 88-452-4696-5. Viceversa nell'interpretazione odierna prevalente, non essendoci riscontri espliciti con fonti dell'epoca, il verbale del costituito del 22 giugno attesterebbe la sola minaccia, e non l'esecuzione della tortura: secondo Orio Giacchi, professore di diritto ecclesiastico nell'Università Cattolica di Milano, il Tribunale, non comminando la tortura a Galileo, incorse in una «irregolarità»: cfr. O. Giacchi, *Considerazioni giuridiche sui due processi contro Galileo*, Milano 1942
- [66] Salmi che la figlia di Galileo, suor Maria Celeste, s'incaricò di recitare, con il consenso della Chiesa
- [67] Edizione nazionale, cit., p. 402
- [68] *Dialogo sopra i due massimi sistemi*, VI, 545
- [69] Alexandre Koyré, *Etudes galiléennes*, Paris, 1939, p. 203
- [70] G. Galilei, Edizione nazionale delle opere, XIX, 393
- [71] In *Vita di Galileo* del rettore della Pontificia Università Lateranense monsignore Pio Paschini «secondo le norme del Sant'Offizio» questa condizione «era equiparata ad una prigionia per quanto egli facesse per ottenere la liberazione. Si ebbe il timore probabilmente ch'egli riprendesse a fare propaganda delle sue idee e che un perdono potesse significare che il Sant'Offizio si fosse ricreduto a proposito di esse», Alceste Santini, *Galileo Galilei*, l'Unità, 1994, pag. 160.
- [72] «Conceditur habitatio in eius rure, modo tamen ibi in solitudine stet, nec evocet eo aut venientes illuc recipiat ad colloctiones, et hoc per tempus arbitrio Suae Sanctitatis», in Edizione nazionale, cit., XIX, 389
- [73] A Galileo era infatti proibito stampare qualunque opera in un paese cattolico
- [74] L. Geymonat, *Galileo Galilei*, Torino 1983, p. 255
- [75] Giuseppe Baretta, *The Italian Library*, 1757 (http://books.google.it/books?id=kIcCAAAAYAAJ&printsec=frontcover&dq=intitle:Italian+intitle:Library+inauthor:Giuseppe+inauthor:Baretta&lr=&as_brr=0#PPA52,M1)
- [76] Questa frase è stata citata in un intervento di Joseph Ratzinger, "La crisi della fede nella scienza", in *Svolta per l'Europa? Chiesa e modernità nell'Europa dei rivolgimenti*, Paoline, Roma 1992, p. 76-79. Ratzinger aggiunge da parte sua: «Sarebbe assurdo costruire sulla base di queste affermazioni una frettolosa apologetica. La fede non cresce a partire dal risentimento e dal rifiuto della razionalità, ma dalla sua fondamentale affermazione e dalla sua iscrizione in una ragionevolezza più grande. Qui ho voluto ricordare un caso sintomatico che evidenzia fino a che punto il dubbio della modernità su se stessa abbia attinto oggi la scienza e la tecnica.»
- [77] Discorso di Giovanni Paolo II ai partecipanti alla sessione plenaria della Pontificia Accademia delle Scienze, 31 ottobre 1992 (http://www.vatican.va/holy_father/john_paul_ii/speeches/1992/october/documents/hf_jp-ii_spe_19921031_accademia-scienze_it.html)
- [78] http://www.liberliber.it/biblioteca/g/galilei/sidereus_nunciussidere_p.pdf
- [79] http://www.liberliber.it/biblioteca/g/galilei/discorso_intorno_alle_cose_che_stanno_in_su_l_acqua_o_ch_etc/pdf/discor_p.pdf
- [80] <http://gallica.bnf.fr/notice?N=FRBNF37253309>
- [81] <http://www.edizioniets.com/Scheda.asp?N=9788846714183>
- [82] <http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/Biographies/Galileo.html>
- [83] http://galileo.rice.edu/Catalog/NewFiles/galilei_gal.html
- [84] <http://galileo.rice.edu/>
- [85] <http://www.science2life.org/modena/galileo/index.htm>
- [86] <http://www.disf.org/Voci/142.asp>
- [87] <http://www.liberliber.it/biblioteca/g/galilei/index.htm>
- [88] <http://galileo.imss.fi.it>
- [89] <http://web.mac.com/gery/iWeb/Dialogo/Podcast/Podcast.html>

[90] http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/content/scientific_revolution/galilei_texts

[91] http://213.225.214.179/fabitaliano2/globale/accademico.asp?_method=trovaaccademico&pcount=1&p0=chiave%20=%20908

Rivoluzione copernicana

Col termine **rivoluzione copernicana** si intende la nuova visione dell'universo elaborata da → Niccolò Copernico, fautore della teoria eliocentrica, che pone il Sole al centro del sistema di orbite dei pianeti, opposta a quella geocentrica, che prevedeva invece la Terra al centro del sistema solare.



Per approfondire, vedi la voce **Rivoluzione astronomica**.

La teoria di Copernico, che riprendeva quella greca di Aristarco da Samo, fu pubblicata nel libro → *De revolutionibus orbium coelestium* (*Delle rivoluzioni dei mondi celesti*) l'anno della sua morte. Il libro è il punto di partenza di una conversione dottrinale dal sistema geocentrico a quello eliocentrico e contiene gli elementi più salienti della teoria astronomica dei nostri tempi, comprese una corretta definizione dell'ordine dei pianeti, della rivoluzione quotidiana della Terra intorno al proprio asse, della precessione degli equinozi.

La rivoluzione copernicana di Kant

Kant riprese il concetto di **rivoluzione copernicana** per applicarlo al suo ribaltamento della prospettiva filosofica. Contrariamente al senso comune infatti, secondo cui l'uomo doveva adattare i propri schemi mentali agli oggetti da conoscere, Kant si propose di dimostrare che la nostra ragione gioca un ruolo fortemente attivo nel metodo conoscitivo; le proposizioni scientifiche in grado di ampliare il nostro sapere sul mondo, cioè, non si limitano a recepire passivamente dei dati, ma sono di natura critica e deduttiva. Sono i nostri schemi mentali che determinano il modo in cui un oggetto viene percepito.

« Quando Galilei fece rotolare le sue sfere su di un piano inclinato con un peso scelto da lui stesso, e Torricelli fece sopportare all'aria un peso che egli stesso sapeva già uguale a quello di una colonna d'acqua conosciuta [...] fu una rivelazione luminosa per tutti gli investigatori della natura. Essi compresero che la ragione vede solo ciò che lei stessa produce secondo il proprio disegno, e che [...] essa deve costringere la natura a rispondere alle sue domande; e non lasciarsi guidare da lei, per dir così, colle redini; perché altrimenti le nostre osservazioni, fatte a caso e senza un disegno prestabilito, non metterebbero capo a una legge necessaria. »

(Kant, Prefazione alla *Critica della ragion pura* [1787], Laterza, Roma-Bari 2000)

Come Copernico aveva messo il Sole, e non la Terra, al centro dell'universo, così Kant intendeva collocare il soggetto umano al centro del processo conoscitivo.

Voci correlate

- Kant
- Rivoluzione astronomica

Giovanni Keplero



Giovanni Keplero

Giovanni Keplero (tedesco: *Johannes Kepler*; latino: *Ioannes Keplerus*; Weil der Stadt, 27 dicembre 1571 – Ratisbona, 15 novembre 1630) è stato un astronomo e matematico tedesco. Scopri empiricamente le leggi che regolano il movimento dei pianeti e che sono chiamate, appunto, leggi di Keplero.



Mappa mondiale in: "Tabulae Rudolphinae: quibus astronomicae...." di Giovanni Keplero

Biografia



La casa natale di Keplero a Weil der Stadt

Keplero nacque da famiglia luterana. Sua madre gli mostrò la cometa del 1577 e l'eclissi lunare del 1580 svegliando così in Keplero l'interesse per l'astronomia.

Nel 1591 comincia lo studio di teologia a Tubinga, un'università protestante dove si trovavano alcuni seguaci del copernicanesimo, tra cui Michael Maestlin che convinse Keplero della validità delle teorie di → Niccolò Copernico.

Nel 1594 diventa insegnante di matematica a Graz (Austria) e accetta un posto di matematico degli stati di Stiria. Tra le sue mansioni, c'era quella di fare "pronostici" e gli capitò di prevedere un inverno molto rigido, le rivolte contadine e la guerra con i Turchi. Anche negli anni a seguire non si sottrae dalla stesura di oroscopi che si configurano come ritratti dal forte tratto psicologico. Nell'aprile 1597 sposa Barbara Mühleck, la quale gli dà due figli, ma muore già nel 1611. Sempre nel 1597 pubblica l'opera *Mysterium Cosmographicum*, nella quale tenta una prima descrizione dell'ordine dell'Universo. Nel 1599 Tycho Brahe gli offre un posto come suo assistente che copre l'anno dopo.

Nel 1601, dopo la morte di Brahe, diventa il suo successore come matematico e astronomo imperiale. Nel 1604 osserva una supernova che verrà conosciuta col nome di Stella di Keplero. Le basi per le sue scoperte astronomiche vengono gettate nel 1609, quando pubblica *Astronomia nova*, in cui formula le sue prime due leggi. Alla morte dell'imperatore (gennaio 1612), Keplero

diventa "matematico paesaggistico" (*Landschaftsmathematiker*) a Linz (Austria).

Il 15 maggio 1618 scopre la terza legge che prende il suo nome, che rende nota l'anno dopo nell'opera "*Harmonice mundi*".

Nell'agosto 1620 la madre di Keplero viene accusata di stregoneria dalla Chiesa protestante e rilasciata solo nell'ottobre 1621 quando non ha ammesso neanche sotto tortura le colpe di stregoneria.

A 58 anni muore a Ratisbona.

Ancora oggi sulla sua lapide si può leggere l'epigrafe da lui stesso composta:

« Il mio spirito ha misurato il cielo,
ora misura la profondità della terra »

Leggi di Keplero

Lo scopo principale del *Mysterium cosmographicum* non è quello di difendere il sistema copernicano, ma piuttosto quello di dimostrare che per la creazione del mondo e la disposizione dei cieli Dio si è ispirato ai cinque solidi regolari che hanno goduto di così grande fama da Pitagora e Platone in poi: il cubo, il tetraedro, il dodecaedro, l'icosaedro, l'ottaedro. Keplero si interroga circa le cause del numero, delle dimensioni e dei moti delle orbite e sostiene che questa ricerca sia fondata sulla corrispondenza tra i tre "corpi" immobili dell'Universo (Sole, Stelle fisse, spazio intermedio) e Padre, Figlio e Spirito Santo (la Santissima Trinità). Le leggi della struttura del cosmo vengono ricavate circoscrivendo ed inscrivendo le orbite dei pianeti nelle varie figure solide, a partire dalla Terra che è l'unità di misura di tutte le orbite.

Nell'Astronomia nova Keplero enuncia due delle tre leggi che portano il suo nome. La terza compare nel "Harmonices mundi libri quinque" del 1619. Le tre leggi di Keplero rappresentano un modello di descrizione del moto dei pianeti del sistema solare:

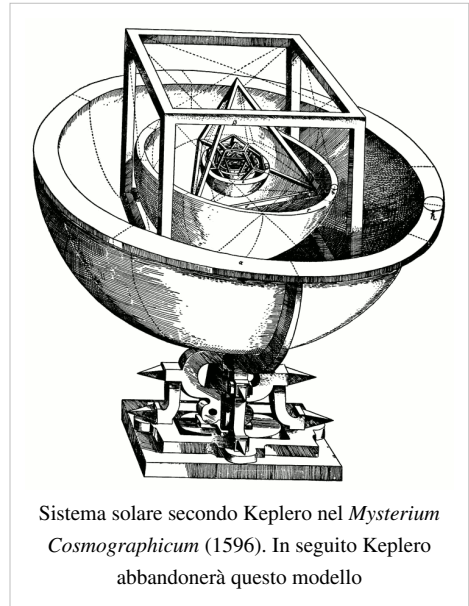
- 1 I pianeti percorrono orbite ellittiche di cui il Sole occupa uno dei fuochi.
- 2 Un raggio vettore spazza aree uguali in tempi uguali. (Koyrè, nel 1966, percorrendo i calcoli tortuosi di Keplero concluse che questa legge derivi da una premessa errata, e cioè che la velocità della Terra sia inversamente proporzionale alla sua distanza dal Sole, e da calcoli errati. Inoltre stabilì che questa legge venne ricavata prima della legge delle orbite ellittiche).
- 3 Il rapporto tra il quadrato del periodo di rivoluzione e il cubo del semiasse maggiore dell'orbita è costante.

Keplero ereditò da Tycho Brahe una gran quantità dei più precisi dati mai raccolti sulle posizioni dei pianeti. Il problema era dare loro un senso. I movimenti orbitali e gli altri pianeti sono visti dal punto vantaggioso della Terra, che orbita a sua volta intorno al Sole. Questo fa sì che i pianeti sembrino muoversi disegnando strane curve. Keplero volle concentrarsi sull'orbita di Marte anche se prima avrebbe dovuto studiare accuratamente l'orbita della Terra. Per far questo ebbe bisogno di una linea di base da topografo. Con un colpo di genio usò come linea di base il Sole e una delle due intersezioni dell'orbita di Marte con il piano dell'eclittica. Marte era particolarmente adatto allo scopo proprio perché la sua orbita ha la massima inclinazione con tale piano. Usando tale base poté calcolare le posizioni della Terra e ricavare poi l'intera orbita di Marte. Egli fu inoltre capace di dedurre le sue leggi sui pianeti senza conoscere le esatte distanze dei pianeti dal Sole, poiché le sue analisi geometriche richiedevano solo il rapporto tra le rispettive distanze dal Sole. Luce, calore, moto, armonia dei moti sono la perfezione del mondo e hanno un analogo nelle facoltà dell'anima. Le stelle fisse funzionano come una "pelle" protettiva che trattiene il calore del Sole. Questi è la causa del moto dei pianeti, poiché ruotando su di sé, trascina gli altri corpi. La potenza vegetativa dell'etere corrisponde alla nutrizione di animali e piante, alla facoltà vitale corrisponde il calore, a quella animale il movimento, alla sensitiva la luce e alla razionale l'armonia.

Keplero, a differenza di Tycho Brahe, appoggiò il → modello eliocentrico del sistema solare e partendo da questo per vent'anni provò a dare un senso ai suoi dati. Alla fine giunse a formulare le sue tre leggi sui movimenti planetari che enunciò nelle tavole rudolfine, così chiamate in onore di Rodolfo II d'Asburgo, Imperatore del Sacro Romano Impero. In tali tavole introdusse anche i logaritmi neperiani per agevolare i calcoli astronomici.

Mentre le prime due leggi furono enunciate in un classico libro di astronomia, la terza, invece, fu inserita in un testo che si occupava anche di musica e di astrologia e che era denso di temi pitagorici. Keplero, convinto che Dio non fosse solo geometra ma anche un musicista, sostenne l'idea che la musica e il sistema solare fossero manifestazioni della stessa armonia; quasi come se le posizioni dei vari pianeti, similmente ai tasti di un pianoforte, dovessero corrispondere alle note.

Keplero è una figura ingombrante collocata tra Galilei e Newton. Fortemente interessato a tematiche mistiche e metafisiche di natura platonica e pitagorica, la sua "modernità" consiste nella ricerca delle variazioni quantitative delle forze che agiscono nello spazio e nel tempo e nel parziale abbandono del punto di vista animistico in favore di un meccanicismo allo stato embrionale. La terza legge permette di stabilire la velocità del corpo celeste una volta stabilita l'orbita e viceversa. Si era scoperta una legge che non regolava semplicemente i moti dei pianeti nelle proprie orbite, ma si stabiliva un rapporto tra la velocità dei corpi che si muovono in orbite differenti. Galilei si congratulò con lui per avere accolto il copernicanesimo ma non si pronunciò sul resto, aggiungendo che alcuni dei suoi pensieri fossero "piuttosto a diminutione della dottrina del Copernico che a stabilimento" (Galilei). Bacone, pur



Sistema solare secondo Keplero nel *Mysterium Cosmographicum* (1596). In seguito Keplero abbandonerà questo modello

essendo molto legato alla tradizione ermetica, lo ignorò e Cartesio lo riconobbe come il suo primo maestro di ottica, non considerando il resto come degno di attenzione. Solo dopo che Newton si servì delle leggi di Keplero, queste vennero accettate dalla comunità scientifica, ma non prima degli anni Sessanta del Seicento.



Bibliografia

- *Bibliographia Kepleriana. Ein Führer durch das gedruckte Schrifttum von (und über) Johannes Kepler.* Im Auftr. der Bayer. Akad. d. Wiss. hrsg. von Max Caspar, München 1936. 2. Aufl. bes. v. Martha List, München 1968. ISBN 3-406-01685-5 u. ISBN 3-4060-1684-7
- *Ergänzungsbd. z. 2. Aufl., bes. von Jürgen Hamel, München 1998.* ISBN 3-406-01687-1 u. ISBN 3-4060-1689-8.
- Volker Bialas: *Johannes Kepler.* München: C. H. Beck, 2004. ISBN 3-406-51085-X
- Max Caspar: *Johannes Kepler*, hrsg. von der Kepler-Gesellschaft, Weil der Stadt. 4. Aufl., erg. um ein vollst. Quellenverz. Stuttgart, GNT-Verlag 1995 (Nachdr. d. 3. Aufl. v. 1958). ISBN 3-928186-28-0
- Chardak (Henriette): *Kepler, le chien des étoiles.* Paris, Séguier, 1989. ISBN 2-87736-046-6.
- Philippe Despondt, Guillemette de Véricourt: *Kepler*, 2005, Ed. du Rouergue, ISBN 2-841-56-688-9
- Günter Doebel: *Johannes Kepler - Er veränderte das Weltbild* . Graz Wien Köln: Styria 1996, ISBN 3-222-11457-9
- Natacha Fabbri: *Cosmologia e armonia in Kepler e Mersenne. Contrappunto a due voci sul tema dell'Harmonice Mundi*, Firenze, Olschki, 2003. ISBN 88-222-5302-7
- Walther Gerlach, Martha List: *Johannes Kepler.* 2. Aufl. München: Piper, 1980. ISBN 3-492-00501-2
- Jürgen Helfricht: *Astronomiegeschichte Dresdens.* Hellerau, Dresden 2001. ISBN 3-910184-76-6
- Johannes Hoppe: *Johannes Kepler.* Leipzig: Teubner 1976
- Arthur Koestler: *Die Schlafwandler.* Bern 1959
- Mechthild Lemcke: *Johannes Kepler.* 2. Aufl. Reinbek: Rowohlt 2002. ISBN 3-499-50529-0
- Anna Maria Lombardi: *Johannes Kepler - Einsichten in die himmlische Harmonie.* Weinheim: Spektrum d. Wissenschaft 2000
- Pauli (Wolfgang): *Le cas Kepler*; introd. par Michel Cazenave. Paris, Albin Michel, 2002. (Sciences d'aujourd'hui). ISBN 2-226-11424-6.
- Rosemarie Schuder: *Der Sohn der Hexe - In der Mühle des Teufels.* Berlin: Rütten & Loening 1968
- Wilhelm und Helga Strube: *Kepler und der General.* Berlin: Neues Leben 1985
- Berthold Sutter: *Der Hexenprozess gegen Katharina Kepler*, 1979
- Johannes Tralow: *Kepler und der Kaiser.* Berlin: Verlag der Nation 1961
- Ernst Peter Fischer, *Aristotele, Einstein e gli altri*, Raffaello Cortina Editore, ISBN 88-7078-455-X
- Paolo Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, 1997

Voci correlate

- Leggi di Keplero
- Poliedri di Keplero-Poinsot
- Congettura di Keplero
- Rivoluzione astronomica

Altri progetti

-  **Wikimedia Commons** contiene file multimediali su **Giovanni Keplero**
-  **Wikiquote** contiene citazioni di o su **Giovanni Keplero**

Fonti e autori del articolo

Niccolò Copernico *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?oldid=27277455> *Contributors:* ,jhc., 5Y, Al Pereira, Alberto da Calvairate, Alec, Alfio, Antiedipo, AnyFile, Archenzo, Aristarcodisamo, Avistacreon, Berto, Beta16, Beta27, Biopresto, Blakwolf, Bramfab, Brunello, Buggia, CLAUDIOPIERINI, Carlo.Ierna, Civvì, Claudia.tox, Codas, Cog, Crisarco, Danilo, Davide, DonPaolo, Duffo, Frieda, Gabrio, Gac, Gianluigi, Giomol, Godzillante, Guam, Gvf, Hashar, Hellis, Ladyjoe, Lingtft, Luisa, Lukius, M7, Marius, Marko86, Matthead, Microsoikos, Mitchan, Mizardellorsa, Moongateclimber, Mr buick, Nevermindfc, NicFer, Paky, Panairjdde, Pequod76, PersOnLine, Phantomas, Philopon, Piotr Karwasz, Quaro75, Rdoch, Renato Caniatti, Retaggio, Riccardo de conciliis, Ripepette, Salvatore Ingala, Sbisolo, Senpai, Sesquipedale, Shaka, Sirabder87, Skywolf, Snowdog, Suisui, Template namespace initialisation script, Triquetra, Twice25, Umbe-x, Webgiorgio, Webkid, Wikiblu, WinstonSmith, Ylebru, Yng, Yuma, ZioNiccò, 76 anonymous edits

Sistema eliocentrico *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?oldid=26635298> *Contributors:* Arres, AttoRenato, Beechs, Bramfab, Cesalpino, Cruccione, Eltharion, Franco3450, Guidomac, Hellis, Lussin, Miao, Microsoikos, Panairjdde, Phantomas, Starmaker, Tener, Tirinto, Umbe-x, Werther W, 27 anonymous edits

Sistema geocentrico *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?oldid=27341127> *Contributors:* Alfio, Bramfab, Carlo.Ierna, Diatarn iv, Emanuele Mastrangelo, Gio9, Henrykus, Hronir, Marcok, Marikogena, Megalexandros, Nihil, Orso della campagna, Renato burri, Rob-ot, Salvatore Ingala, Simone, Starmaker, WinstonSmith, 25 anonymous edits

De revolutionibus orbium coelestium *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?oldid=26539098> *Contributors:* ,jhc., AnjaManix, AttoRenato, Cliophilus, Cog, Francisco83pv, Phantomas, Pipep, Starmaker, Umbe-x, Utente 7, 7 anonymous edits

Galileo Galilei *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?oldid=27360412> *Contributors:* %Pier%, ,anaconda, ,jhc., ,snoopy., 213.21.175.xxx, 62-90-235-244.barak.net.il, AGiannetto, AMeMi, Actam, Adelchi, Agoseta, Airon90, Alberto da Calvairate, Alec, Alessandrofrigeri, Alexamici, Alexander VIII, Alfio, Alien life form, Amarvudol, Ancem, Annatapessima, Antiedipo, Antoninofortunato, Antonio G Colombo, Antony, Archenzo, Ariel, Athanaz9, Attilakk, AttoRenato, Avemundi, B defelici, BMF81, BMonkey, Balabiot, Bart ryker, Basilicofresco, Berry1987, Berto, Bimbohouse, Bizio, Blakwolf, Blueduster, Bramfab, Brisk, Buggia, Buzz lightyear, Calico Jack, Cassis, CavalloRazzo, Cesalpino, Cialz, Civvi, Cla, Cloj, Cochrane, Codas, Cog, Culfild, DarkAp, Davide, Dedda71, Demart81, Demimarc2, Drugonot, Ekaliò, Elborgo, Elwood, Ermy2, Erococo, Estel, F.chiodo, Felyx, Filippo2192, Firegas, Fluctuat, Formica rufa, Fredericks, Freepenguin, Frieda, Frova, Gac, Gacio, Gaetanogambilonghi, Gagio, Gawain78, Geremia, Gian, Giancarlolessi, Gianluigi, Gierre, Giovannigobbin, Giuliano56, Gnubue, Gof, Gregorovius, Gregory Jecht, Grigio60, Guido Magnano, Guidomac, Gvf, Hamed, Hellis, Hronir, IPork, Idris.albadufi, Ilaria578, Incola, Jacklab72, Joel Col, Jollyroger, KS, Kaesar, Kalibos, Kibira, L736E, Lachimera, Lenore, Leonardo25, Lilja, Limonadis, Lingtft, Lonewolf76, Lp, Lucretius, Luctur, Luisa, Lussin, M7, MM, Mammutriflessivoc, MapiVanPelt, Marc Lagrange, Marcel Bergeret, Marcol-it, Marius, Mau db, Mauferis, Mauro742, Meirut, Melos, Miao, MicioGatta, Microsoikos, Mikils, MikyT, Mizardellorsa, Moloch981, Monicaf, Montreal, Moongateclimber, Nalegato, Nemo bis, Nevermindfc, NicFer, Nick, Nicoli, Ntiger, Oct326, Olivetanus, Osk, Paky, Palimmo, Panairjdde, Panarenco, Paola Severi Michelangeli, Pasqui2, Paulatz, PersOnLine, Phantomas, Picoterawatt, Piero, Piero Montesacro, Pietrodn, Pigr8, Pil56, PravoSlav, Progettualita, Puxanto, Quatar, Rael, Rdoch, Renato Caniatti, Restu20, Retaggio, Riccardov, Ricce, Riccioli72, Rifrodo, Ripepette, RI89, Roberto Mura, Roberto82, Robustelli68, Roby69m, Rollopack, Romanesco, Rémi, SCDBob, Sailko, Salvatore Aiola, Salvo da Palermo, Sannita, Sbazzzone, Senpai, Shaka, Simo ubuntu, Simo82, Simone, SimoneMLK, Simscar, Sirabder87, SkedO, Sky, Skywolf, Snowdog, Sophia91, Starmaker, Suisui, Superchilum, Template namespace initialisation script, Terrasque, Tetraktys, Themast, Thorin III, Tia solzago, Timendum, Tirinto, Titian1962, Tomfox, TommasoCampanella, TommasoMoro, Torredibabele, Torsolo, Triph, Trixt, Turdus, Turgon, Turict, Twice25, Ub, Ultramontano, VDM, Vaghestelledellorsa, Vito Calise, Vitomar, Vituzzu, Vmoscarda, Werther W, Whatnwas, Winged Zephro, WinstonSmith, Wiso, Xinstalker, Zanzalo, זרעל ירעל, 479 anonymous edits

Rivoluzione copernicana *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?oldid=26949160> *Contributors:* Atre, 1 anonymous edits

Giovanni Keplero *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?oldid=27353414> *Contributors:* Al Pereira, Alec, Alfio, Alfredo48, BRussell, Buggia, Carlo.Ierna, Carlo.cavaliere, Cesalpino, Claudia.tox, DarkAp, Davide, Dačjo, Derfel74, Filippof, Gemini1980, Ggonnell, Gian-, Giomol, Hashar, Hellis, IlPisano, Jalo, Joe123, Kal-El, Lingtft, Marius, Microsoikos, Nick, Panairjdde, Pietro giacomo, Riccioli72, Ron Paul, Rustik, Sesquipedale, Sevenbreads, Simo82, Sincol, Sir marek, Starmaker, Suisui, Superfranz83, Superzen, Turillazzo, Umbe-x, Webkid, pppfree165-239-bz.aknet.it, 36 anonymous edits

Fonti, licenze e autori delle immagini

Immagine:Nikolaus Kopernikus.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Nikolaus_Kopernikus.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* ?

File:Torun-Rynek-ratusz-2.jpg *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Torun-Rynek-ratusz-2.jpg> *License:* unknown *Contributors:* User:Pko

File:De revolutionibus orbium coelestium.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:De_revolutionibus_orbium_coelestium.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* Akinom, Alex1011, Joonasl, Matthead, Omegatron, Warburg, Wst, 1 anonymous edits

File:Jan Matejko-Astronomer Copernicus-Conversation with God.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Jan_Matejko-Astronomer_Copernicus-Conversation_with_God.jpg *License:* unknown *Contributors:* Alaniaris, Dirk Hünninger, EugeneZelenko, Goldfritha, Ludmila Pilecka, Matthead, Olivier2, Piotrus, Pko, Wames, Wst, 3 anonymous edits

File:Kopernik.JPG *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Kopernik.JPG> *License:* unknown *Contributors:* User:Brandmeister

File:Nicolaus Copernicus - Heliocentric Solar System.JPG *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Nicolaus_Copernicus_-_Heliocentric_Solar_System.JPG *License:* Public Domain *Contributors:* Andreagrossmann, Frank C. Müller, Roomba, Wst

Immagine:Commons-logo.svg *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Commons-logo.svg> *License:* logo *Contributors:* User:3247, User:Grunt

Immagine:Wikiquote-logo.svg *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Wikiquote-logo.svg> *License:* logo *Contributors:* -xfi-, Dbc334, Doodledoo, Elian, Guillom, Jeffq, Maderibeyza, Majorly, Nishkid64, RedCoat, Rei-artur, Rocket000, 11 anonymous edits

File:Heliocentric.jpg *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Heliocentric.jpg> *License:* unknown *Contributors:* Andreas Cellarius

File:Geocentrism.gif *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Geocentrism.gif> *License:* Public Domain *Contributors:* Denniss, Javierme, Origamiemensch, PhilVaz, Wst

File:Cellarius ptolemaic system.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Cellarius_ptolemaic_system.jpg *License:* unknown *Contributors:* Loon, J. van (Johannes), ca. 1611-1686.

Immagine:Exquisite-kfind.png *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Exquisite-kfind.png> *License:* GNU General Public License *Contributors:* Guppetto

Immagine:De revolutionibus orbium coelestium.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:De_revolutionibus_orbium_coelestium.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* Akinom, Alex1011, Joonasl, Matthead, Omegatron, Warburg, Wst, 1 anonymous edits

Immagine:Wikisource-logo.svg *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Wikisource-logo.svg> *License:* logo *Contributors:* Nicholas Moreau

Immagine:Galileo.arp.300pix.jpg *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Galileo.arp.300pix.jpg> *License:* unknown *Contributors:* Alefisisco, Alno, Aushulz, Deadstar, G.dallorto, Gary King, Herbythyme, Liberal Freemason, Michael Bednarek, Phrood, Pérez, Quadell, Ragesoss, Schaengel89, Semnoz, Shakko, Yonatanh, 19 anonymous edits

File:Ostilio Ricci.gif *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Ostilio_Ricci.gif *License:* Public Domain *Contributors:* sconosciuto

File:Pisa.Palazzo dei Cavalieri01.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Pisa.Palazzo_dei_Cavalieri01.jpg *License:* unknown *Contributors:* JoJan, Sailko

File:Pendologal.jpg *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Pendologal.jpg> *License:* unknown *Contributors:* gabriele bartolucci

File:Paolo Sarpi 1.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Paolo_Sarpi_1.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* unknown

File:Keplers supernova.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Keplers_supernova.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* NASA/ESA/JHU/R.Sankrit & W.Blair

File:Sidereus Nuncius 1610.Galileo.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Sidereus_Nuncius_1610.Galileo.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* Chick Bowen, Fastfission, Jan Arkesteijn, Man vyi, Ragesoss, Wricardoh

File:Costa San Giorgio, casa di Galileo.JPG *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Costa_San_Giorgio_casa_di_Galileo.JPG *License:* unknown *Contributors:* Mac9, Sailko, 1 anonymous edits

File:Cesare Cremonini.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Cesare_Cremonini.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* Unknown

File:Galileo Macchie solari.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Galileo_Macchie_solari.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* Galileo Galilei

File:Nikolaus Kopernikus.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Nikolaus_Kopernikus.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* ?

File:Dore joshua sun.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Dore_joshua_sun.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* Duesentrieb, Shakko, Skipjack, Tomisti, Wst

File:Galileo facing the Roman Inquisition.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Galileo_facing_the_Roman_Inquisition.jpg *License:* unknown *Contributors:* Cristiano Banti

File:Foscarini Sopra l'opinione.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Foscarini_Sopra_l'opinione.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* Paolo Antonio Foscarini

File:Bellarmino 3.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Bellarmino_3.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* unknown

File:RomaVillaMedici.JPG *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:RomaVillaMedici.JPG> *License:* Public Domain *Contributors:* G.dallorto, MM

File:Orazio Grassi De tribus cometis.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Orazio_Grassi_De_tribus_cometis.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* Orazio Grassi

File:Discorso delle comete.jpeg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Discorso_delle_comete.jpeg *License:* Public Domain *Contributors:* Mario Guiducci e Galileo Galilei

File:Assayertitle.png *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Assayertitle.png> *License:* unknown *Contributors:* Galileo Galilei

File:Urbano VIII.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Urbano_VIII.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* Ganetto

File:Galileos Dialogue Title Page.png *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Galileos_Dialogue_Title_Page.png *License:* Public Domain *Contributors:* Original uploader was David J Wilson at en.wikipedia

File:Claudius Ptolemaeus.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Claudius_Ptolemaeus.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* ?

File:Aristotle by Raphael.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Aristotle_by_Raphael.jpg *License:* unknown *Contributors:* ALE1, Tomisti

File:Giovanni Ciampoli.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Giovanni_Ciampoli.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* sconosciuto

File:Galileo before the Holy Office.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Galileo_before_the_Holy_Office.jpg *License:* unknown *Contributors:* Jan Arkesteijn, JoJan, Ragesoss, Woudloper, 1 anonymous edits

File:Galileo por Goya.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Galileo_por_Goya.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* Francisco de Goya

File:Laurent Galileo in prigione.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Laurent_Galileo_in_prigione.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* Jean Antoine Laurent

File:Galileo Galilei, Discorsi e Dimostrazioni Matematiche Intorno a Due Nuove Scienze, 1638 (1400x1400).png *Source:* [http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Galileo_Galilei,_Discorsi_e_Dimostrazioni_Matematiche_Intorno_a_Due_Nuove_Scienze,_1638_\(1400x1400\).png](http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Galileo_Galilei,_Discorsi_e_Dimostrazioni_Matematiche_Intorno_a_Due_Nuove_Scienze,_1638_(1400x1400).png) *License:* unknown *Contributors:* Anarkman, Jan Arkesteijn, Luestling, Man vyi, Mdd, QWerk, Ragesoss

File:Galileos tomb.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Galileos_tomb.jpg *License:* unknown *Contributors:* User:Tetraktys

File:Galileo moon phases.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Galileo_moon_phases.jpg *License:* Public Domain *Contributors:* Galileo

File:Pisa.Duomo.dome.Riminaldi01.jpg *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Pisa.Duomo.dome.Riminaldi01.jpg> *License:* unknown *Contributors:* G.dallorto, JoJan, 1 anonymous edits

File:pendolo.gif *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Pendolo.gif> *License:* unknown *Contributors:* Basilicofresco, Ekali0, 1 anonymous edits

File:Piano inclinato.svg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Piano_inclinato.svg *License:* unknown *Contributors:* Utente:Gianluigi

File:Lire 2000 Galileo Galilei.JPG *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Lire_2000_Galileo_Galilei.JPG *License:* unknown *Contributors:* User:OneArmedMan

File:0103.jpg *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:0103.jpg> *License:* Public Domain *Contributors:* Cruccione, Simone3333, Snowdog, Valepert

Immagine:Johannes Kepler 1610.jpg *Source:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Johannes_Kepler_1610.jpg *License:* unknown *Contributors:* ArtMechanic, Samuel Grant, Umherirrender, 1 anonymous edits

Immagine:Kepler-world.jpg *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Kepler-world.jpg> *License:* Public Domain *Contributors:* Alfio, Flamarande, Matthead, Peregrine981, QWerk, Ragesoss, Roke, W1B, 2 anonymous edits

Immagine:Kepler-Geburtshaus.jpg *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Kepler-Geburtshaus.jpg> *License:* GNU Free Documentation License *Contributors:* Original uploader was MarkusHagenlocher at de.wikipedia

Immagine:Kepler-solar-system-1.png *Source:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Kepler-solar-system-1.png> *License:* Public Domain *Contributors:* ArtMechanic, Fastfission, Hellisp, Mdd

Licenza

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>
