

GALILEO

Gianluca Introzzi
Università di Pavia

Corso di Fondamenti della Fisica
Anno accademico 2017/18

Si legge spesso che Galileo morì nello stesso anno di nascita di Newton (1642)

L'informazione è corretta, ma solo perché nel caso di Galileo (**8 gennaio 1642**) si usa il calendario gregoriano adottato in Toscana; per Newton (**25 dicembre 1642**) quello giuliano utilizzato in Inghilterra fino al 1752

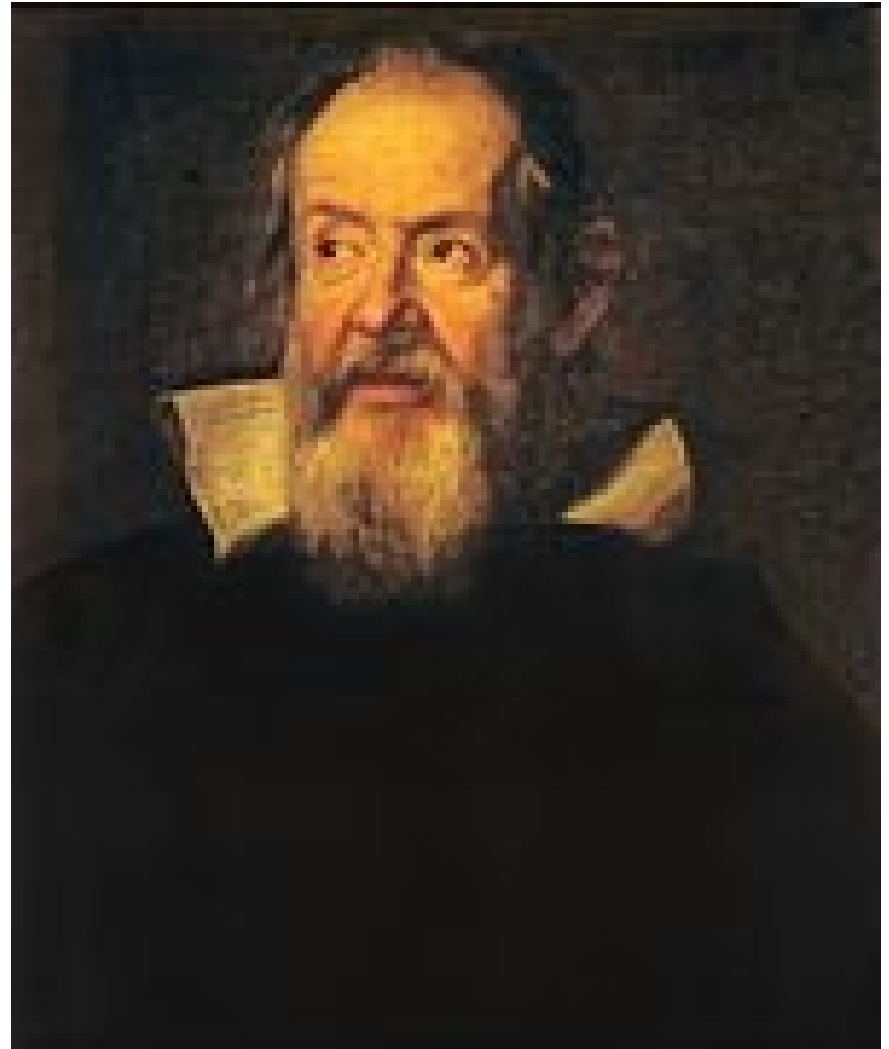
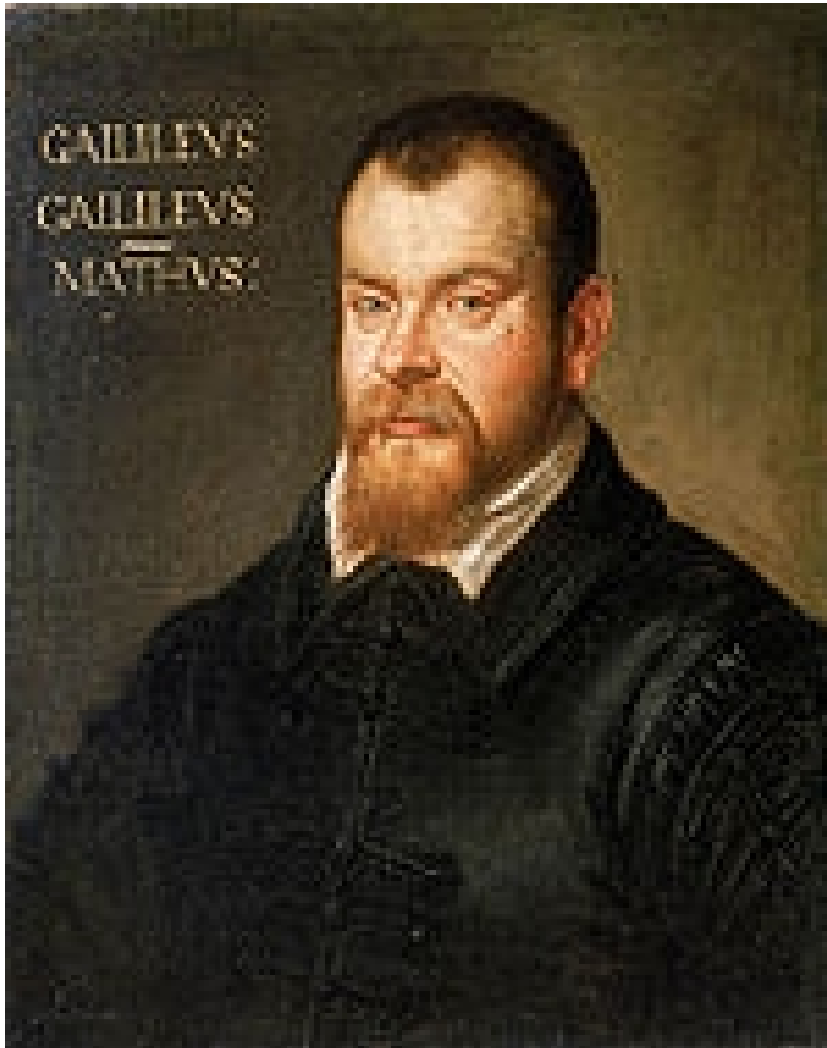
Altrimenti, secondo il calendario gregoriano, la data di nascita di Newton sarebbe l'anno dopo: il 4 gennaio 1643

Perché parlare di Galileo ?

- Il caso scientifico, intellettuale ed umano sollevato dalla sua difesa del sistema copernicano resta ancora esemplare per capire i complessi meccanismi logici, epistemologici, retorici e sociali che determinano l'affermarsi d'una teoria scientifica. Un caso storico, studiato e analizzato da generazioni di studiosi, ci aiuta a capire
 - non solo per il passato ma anche nel presente
 - i meccanismi della scienza
- L'analisi del “caso Galileo” aiuta a comprendere come, nella storia, torti e ragioni non si dividano mai in modo netto e definitivo, tra bianco e nero: si hanno invece molte sfumature di grigio...

Galileo Galilei

Tintoretto - Sustermans



Autoritratto con amici

Rubens



Interpretazioni di Galileo

- **Moderno intellettuale poliedrico, scienziato e umanista:** ingegnere militare, matematico, filosofo naturale e metodologo della scienza, astronomo e astrologo, letterato, musicista, intenditore di pittura e di disegno, critico delle arti
- **Secondo la storiografia ottocentesca, eroe-martire per il trionfo del metodo scientifico**
- Per l'epistemologia del Novecento (**Koyré, Kuhn**), portatore di una **visione scientifica del mondo** consona allo **spirito dei tempi** moderni, alternativa e antitetica (ma **non** per questo necessariamente migliore) a quella aristotelica del mondo medievale

Libri di **Alexandre Koyré**: ***Dal mondo del pressapoco all'universo della precisione - Dal mondo chiuso all'universo infinito***

- Scontro frontale tra due visioni del mondo (*ideologie*) incompatibili. Sopravvivenza di quella che risulta adattarsi ai mutamenti storici, economici e sociali (dalla società contadina medievale a quella mercantile rinascimentale)
- Cambiamento di *paradigma* (**Thomas Kuhn - *La struttura delle rivoluzioni scientifiche***); della visione del mondo (*Weltanschauung*); dello spirito dell'epoca (*Zeitgeist*)

Una diversa scuola filosofica

- Tradizione **platonico/pitagorica**, contrapposta all'aristotelismo della scolastica medievale:
“un Archimede toscano” (**John L. Heilbron – Galileo - Scienziato e umanista**)
- La **conoscenza matematica** è intensivamente uguale a quella divina anche se, essendo umana, risulta **estensivamente limitata**
- “Nella compattezza solida, luminosa, misurabile della strategia conoscitiva di Galileo, persiste un'insidia che sembra turbare e incrinare il giudizio critico ... con propensioni individuali soggettive” (**Erwin Panofsky – Galileo critico delle arti**)

«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**)

BIOGRAFIA

1564 – Nasce a Pisa, il 15 febbraio

1581 – Si iscrive a Medicina, Università di Pisa

1589 – Lettore di matematiche a Pisa

1592 – Professore di matematica a Padova

1597 – Lettera “copernicana” a **Keplero**

1604 – Osservazioni sulla “stella nova”

1610 – Telescopio – ***Sidereus Nuncius***

– Primo filosofo e matematico di **Cosimo II**

1611 – Visita trionfale a papa Paolo V e Roma

- 1613 – *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari* pubblicato dai Lincei
 - *Lettera a Benedetto Castelli*
- 1614 – Predica di padre Caccini contro Galileo
- 1615 – Padre Lorini denuncia Galileo
 - *Lettera a Cristina di Lorena*
 - Galileo a Roma – Teoria delle maree
- 1616 – Condanna del copernicanesimo e ammonizione (?) da parte del cardinal Bellarmino
- 1619 – Mario Guiducci *Discorso sulle comete* –
Orazio Grassi *Libra astronomica ac phil.*
- 1623 – *Il Saggiatore* pubblicato dai Lincei
 - Maffeo Barberini diventa papa Urbano VIII

- 1624 – Visita di Galileo al nuovo papa; sei udienze pontificie, ma senza nessuna concessione
- 1625 – Inizia a scrivere il *Dialogo*
- 1630 – Termina la stesura del *Dialogo*
- 1632 – Pubblicazione a Firenze del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*
- 1633 – Processo, abiura e condanna a Roma
- 1637 – Diventa cieco
- 1638 – *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*
- 1642 – 8 gennaio: muore ad Arcetri (Firenze)

Vita privata di Galileo

- Marina Gamba (1570 ca - 1632), veneziana, fu negli anni padovani amante di Galileo. Da lui ebbe tre figli: Virginia (1600-1634), Livia (1601-1659) e Vincenzo (1606-1649)
- Solo il maschio venne riconosciuto, nel 1619, dal padre. Le femmine rimasero all'anagrafe “figlie di Marina Gamba e della concupiscenza”
- Trasferendosi da Padova a Firenze nel 1610, Galileo abbandonò l'amante e il figlio a Padova, affidando invece le figlie alla nonna paterna

- Nel 1613 Galileo fece entrare le figlie nel convento di San Matteo ad Arcetri (Firenze), forzandole a prendere i voti per non provvedere alla dote nuziale: Virginia assunse il nome di suor Maria Celeste, Livia quello di suor Arcangela
- Mentre la prima si rassegnò alla sua condizione e rimase in costante contatto epistolare col padre, Livia non accettò mai l'imposizione paterna
- Nel 1630 Galileo, ormai 66enne, incontrò Alessandra Bocchineri, di 33 anni, in occasione del matrimonio della di lei sorella, Sestilia, col figlio di Galileo, Vincenzio. Tra i due s'avviò una corrispondenza con scambio di numerosi inviti per incontrarsi. L'incontro non avverrà mai

Matematica, Astronomia, Astrologia

- **Contiguità tra i saperi:** Matematica, Astronomia, Astrologia, Alchimia, Cabala, Esoterismo, Magia
- Insegnamento di **Matematica/Astronomia ad anni alterni** in molte Università (Studio di Padova)
- Matematica frequentata soprattutto da **studenti di Medicina** per poter fare **oroscopi prognostici** !
- **Sisto V** nel **1586**, con la bolla ***Coeli et Terrae creator*** condanna l'**astrologia giudiziaria** e qualunque genere di divinazione, sortilegio, superstizione, stregoneria o incanto

Dichiara che “nell'inquisizione e antivedimento” delle cose future vi è senza dubbio un intervento diabolico. Viene fatta eccezione solo per l'astrologia pratica (agricoltura, navigazione, medicina)

- Nel 1630 Filippo III di Spagna invia a Roma i propri cardinali, sulla base di un oroscopo che predice la morte imminente di Urbano VIII. Francesi e tedeschi s'affrettano a fare lo stesso
- Risultato: l'ira del papa e l'emanazione l'anno dopo della bolla *Inscrutabilis* che proibisce tra l'altro oroscopi di principi e regnanti, “sul pontefice romano in carica e su suoi consanguinei fino al terzo grado compreso”

Urbano VIII

(Maffeo Barberini)



Galileo e l'Astrologia

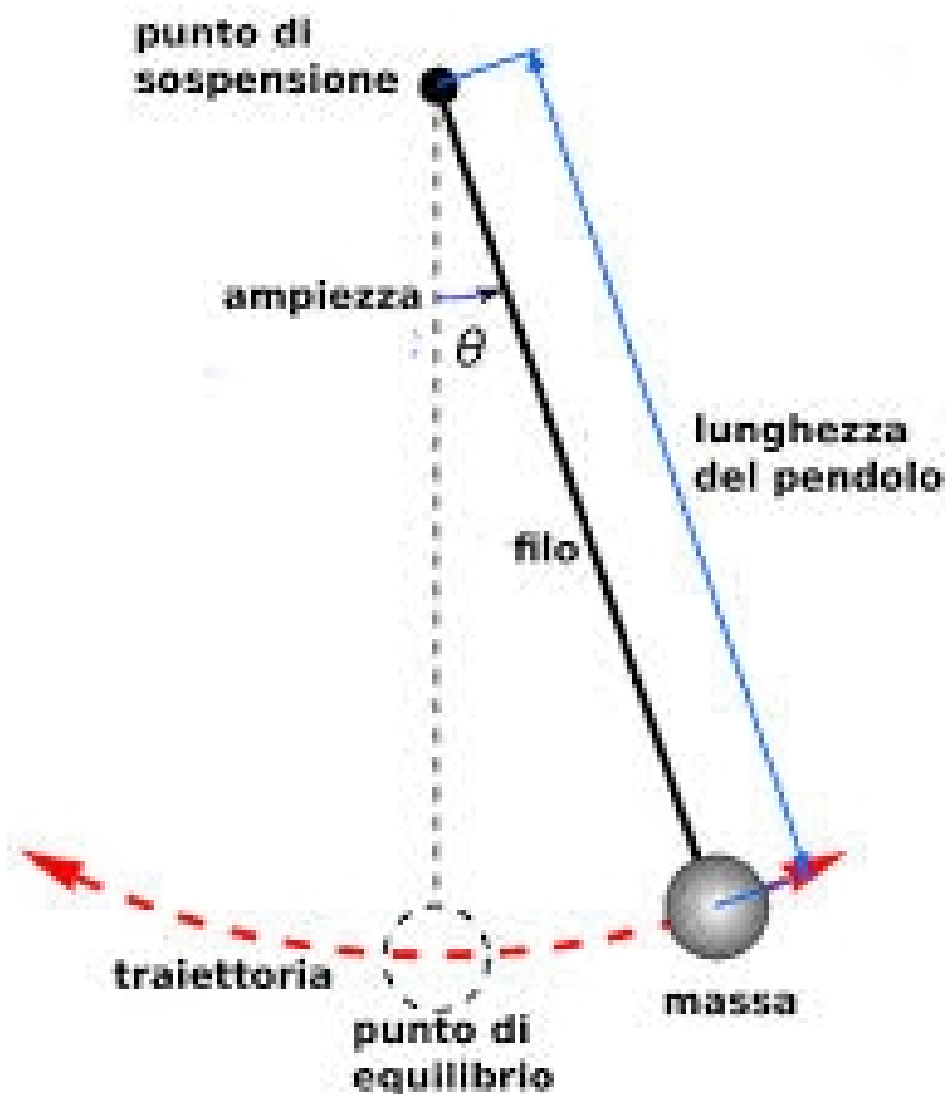
- Mentre era professore a Padova, Galileo non disdegnò d'elaborare oroscopi personali su commissione, **dietro lauto compenso**
- Nella **1604** fu indagato dall'Inquisizione di Padova a seguito di una denuncia, accusato d'aver **effettuato oroscopi** e di aver **sostenuto che gli astri determinano le scelte umane**
- Il procedimento fu bloccato dal Senato della **Repubblica veneta**, e il dossier dell'istruttoria venne insabbiato; esso **non giunse mai all'Inquisizione romana**, ossia al Sant'Uffizio

- Tra i **temi natali** calcolati e interpretati da Galileo figurano quelli delle sue due figlie, Virginia e Livia, e il suo proprio, calcolato tre volte: «Il fatto che Galileo si dedicasse a questa attività anche quando non era pagato per farlo suggerisce che egli vi attribuisse un qualche valore»
(**J.L.Heilbron**, ***Galileo - Scienziato e umanista***)
- Nel gennaio **1609** **Cristina di Lorena** chiede a Galileo l'oroscopo del marito, Granduca **Ferdinando I** de' Medici. Il motivo: **non si sa quale sia la sua data di nascita (sic !!)** tra il **19 luglio 1548** o il **30 luglio 1549**. Galileo risponde che la prima è molto più probabile, e augura ogni bene.
Il Granduca morirà 3 settimane dopo...

- Dopo la scoperta dei satelliti di Giove, s'accende una discussione sull'influsso astrologico dei nuovi corpi celesti. Galileo risponde cautamente, ma fa rilevare che **non si tratta di fatti**, decidibili in base ai sensi e all'esperienza, **ma di “discorsi et imaginazioni”**
- Nel marzo **1614** si rifiuta d'inviare a **Tommaso Campanella il proprio tema natale**, per averne un oroscopo prognostico sulle proprie malattie
- Nel set **1633** l'arcivescovo di Siena **Piccolomini** scrive al fratello: **“che il Sr. Galileo Astrologo ... di tanto nome ... se ne ride interamete, e se ne burla come di professione fondata sopra incertissimi se non falsi fondamenti”**

- Via Sant'Antonino a Firenze era nota come “**via dei Cartelloni**”, a causa di due cartigli lapidei che ornano i lati dell'abitazione di **Vincenzo Viviani**, matematico allievo di Galileo. Scolpiti nel **1690** in stile barocco, celebravano le scoperte del maestro.
In uno di essi **Viviani**, con lo stile retorico tipico dell'epoca, definisce Galileo “**Inanis artis gene-thliacae perpetuus insectator**”, ovvero “**strenuo persecutore della vana arte degli oroscopi**”.
Forse non del tutto vero, ma ben pensato !
- Dopo Galileo, l'Astrologia subì un **rapido, progressivo ed inarrestabile declino** come sapere rispettato da scienziati ed intellettuali

Il pendolo di Galileo



Vedere con occhi diversi

«Un lampadario oscilla nel duomo di Pisa. Un giovane barbuto – siamo negli ultimi anni del Cinquecento – segue distrattamente la funzione religiosa. Il lampadario attira la sua attenzione. Piano piano le oscillazioni si smorzano, l'ampiezza si riduce gradatamente finché il movimento diventa impercettibile. Chiunque avrebbe visto il fenomeno come una conferma della dottrina aristotelica: nel **moto naturale** ogni corpo tende a raggiungere il punto più basso [...] e il lampadario deve, prima o poi, ridursi in quiete.

Questo è il “fatto” importante; le fasi di risalita sono soltanto conseguenze accidentali del violento allontanamento iniziale del corpo dal suo **luogo naturale**.

Ma il giovane vede lo stesso fenomeno **con occhi diversi**. Sono le oscillazioni il “fatto” importante. Esse rivelano che [...] il moto verso il basso e quello verso l'alto sono ugualmente naturali, perché reversibili tra loro. **Soltanto in quest'ottica acquisita significato** domandarsi quanto tempo ci vuole perché il pendolo compia **un'oscillazione completa**: se discesa e risalita sono moti qualitativamente differenti [fisica aristotelica] il problema non esiste, perché non esiste un'oscillazione completa.

Soltanto la **decisione di unificare i due moti considerati fino ad allora diversi** permette al giovane di constatare – la leggenda dice che abbia utilizzato il battito del polso per averne conferma – che questo tempo è praticamente costante tanto per le oscillazioni più ampie che per quelle più limitate. E' la “legge dell'isocronismo delle oscillazioni del pendolo” che Galileo ancora studente avrebbe trovato in questo modo.»

(Marcello Cini – *Un paradiso perduto*)

- Il pendolo di Galileo è un esempio lampante del fatto che in Fisica **non vi sono “evidenze osservative”**. E' “**evidente**” solo quello che **siamo metafisicamente pronti** a vedere e interpretare come tale

L'atomismo di Galileo

- Spiegazione corpuscolare e meccanica del calore: un corpo che noi riteniamo caldo è in realtà soltanto «una moltitudine di corpicelli minimi, in tale e tal modo figurati, mossi con tanta e tanta velocità.»
- Nel 1611 portò a Roma un minerale, solfuro di bario, allora noto come “spongia solis”. Se esposto al Sole e poi portato al buio, il BaS emette una luce fredda. Galileo suggerì che la luce venga prodotta quando una sostanza è ridotta ad atomi indivisibili

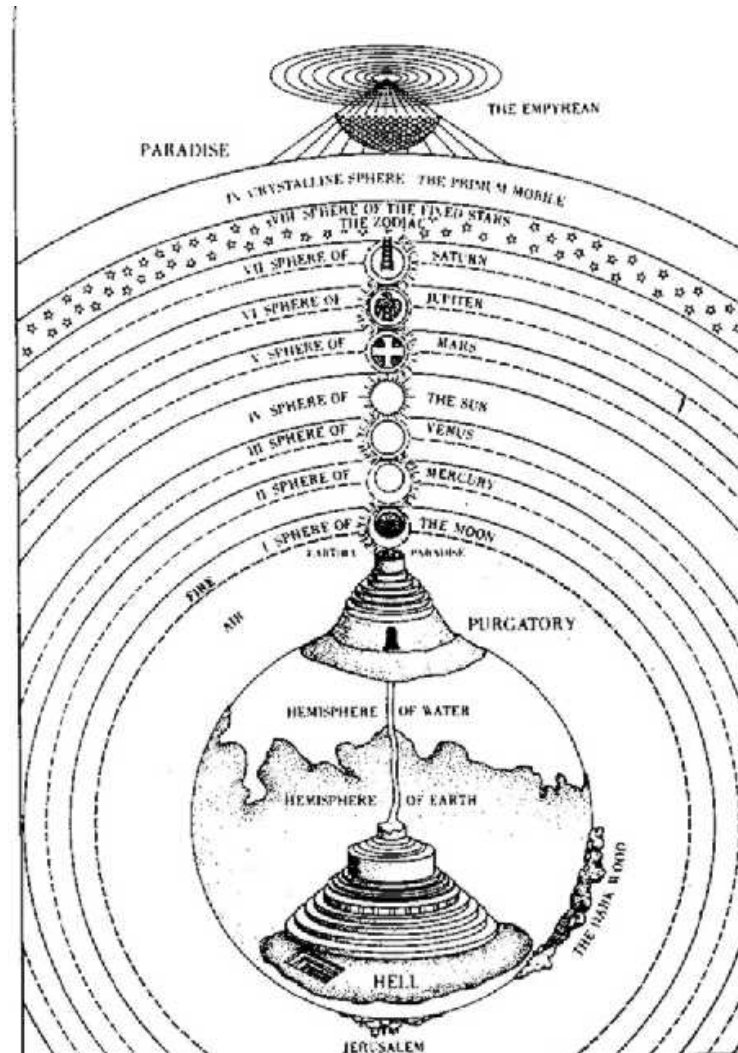
- Dalla Via Lattea (da poco osservata col cannocchiale) al più piccolo atomo di luce, **ogni cosa è materiale e, di conseguenza, suscettibile d'indagine scientifica**
- Distinzione tra **qualità primarie (oggettive)** e **secondarie (soggettive)**, che dipendono solo dalla percezione e non possono costituire conoscenza:
«stimo che tolti via gli orecchi, le lingue e i nasi restino bene le figure, i numeri e i moti, ma non già gli odori né i sapori né i suoni, li quali fuor dall'animal vivente non credo che siano altro che nomi.» **(Galileo Galilei – *Il Saggiatore*)**

- Nell'opera ***Dianoia astronomica, ottica, fisica*** del **1611** l'astronomo **Francesco Sizi** scrisse che l'atomismo galileiano e la distinzione tra qualità primarie e secondarie inficivano la validità del rito eucaristico, negando la possibilità della **transustanziazione** delle specie eucaristiche, **sancita dal Concilio di Trento**
- Nel libro ***Galileo eretico*** (**1983, 2004**) **Pietro Redondi** riprende la questione, sostenendo che Galileo è stato condannato dalla Chiesa **non** in quanto copernicano, ma per le sue tesi sull'atomismo e le loro implicazioni teologiche

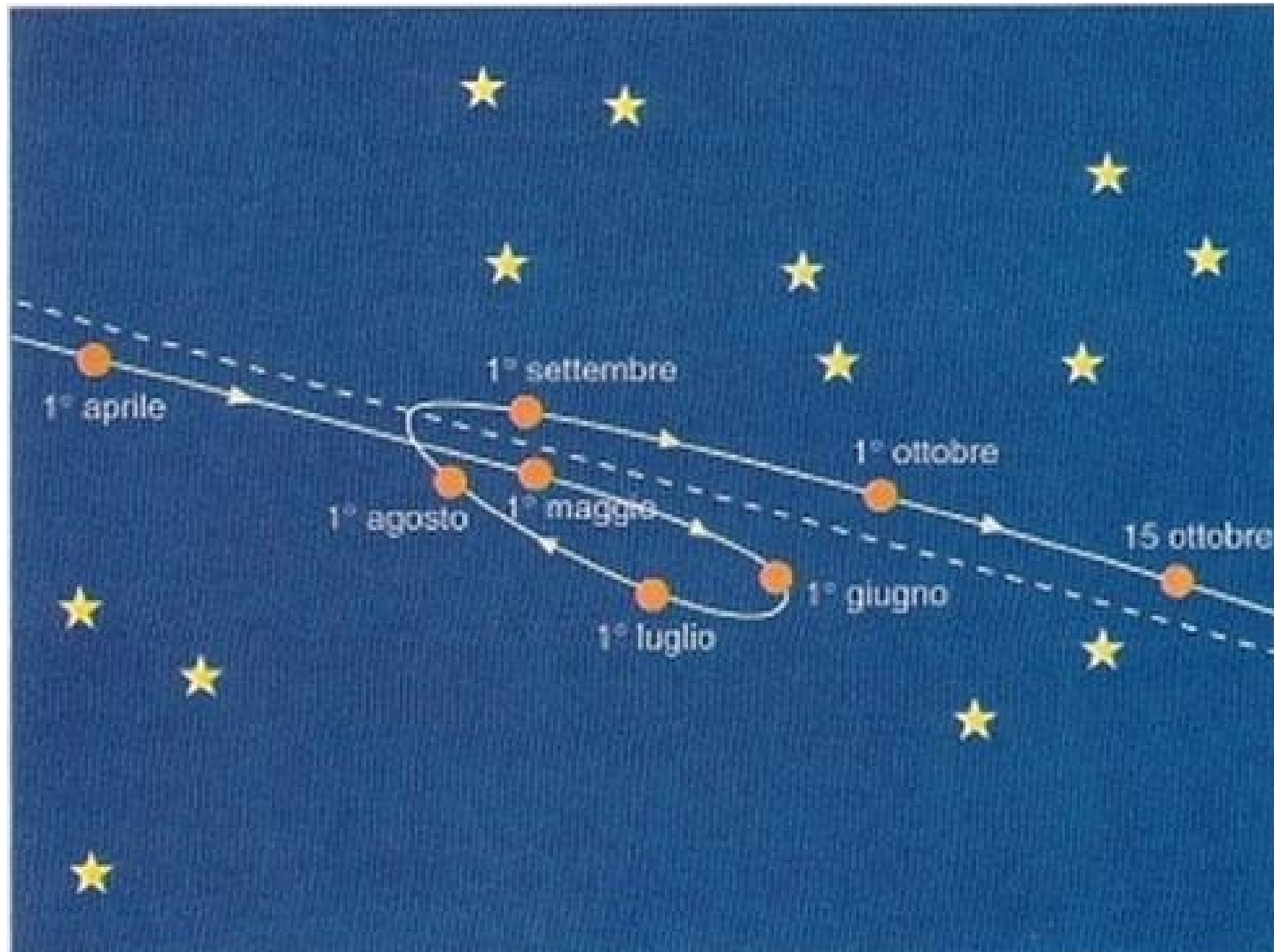
Astronomia

Lo stato dell'arte

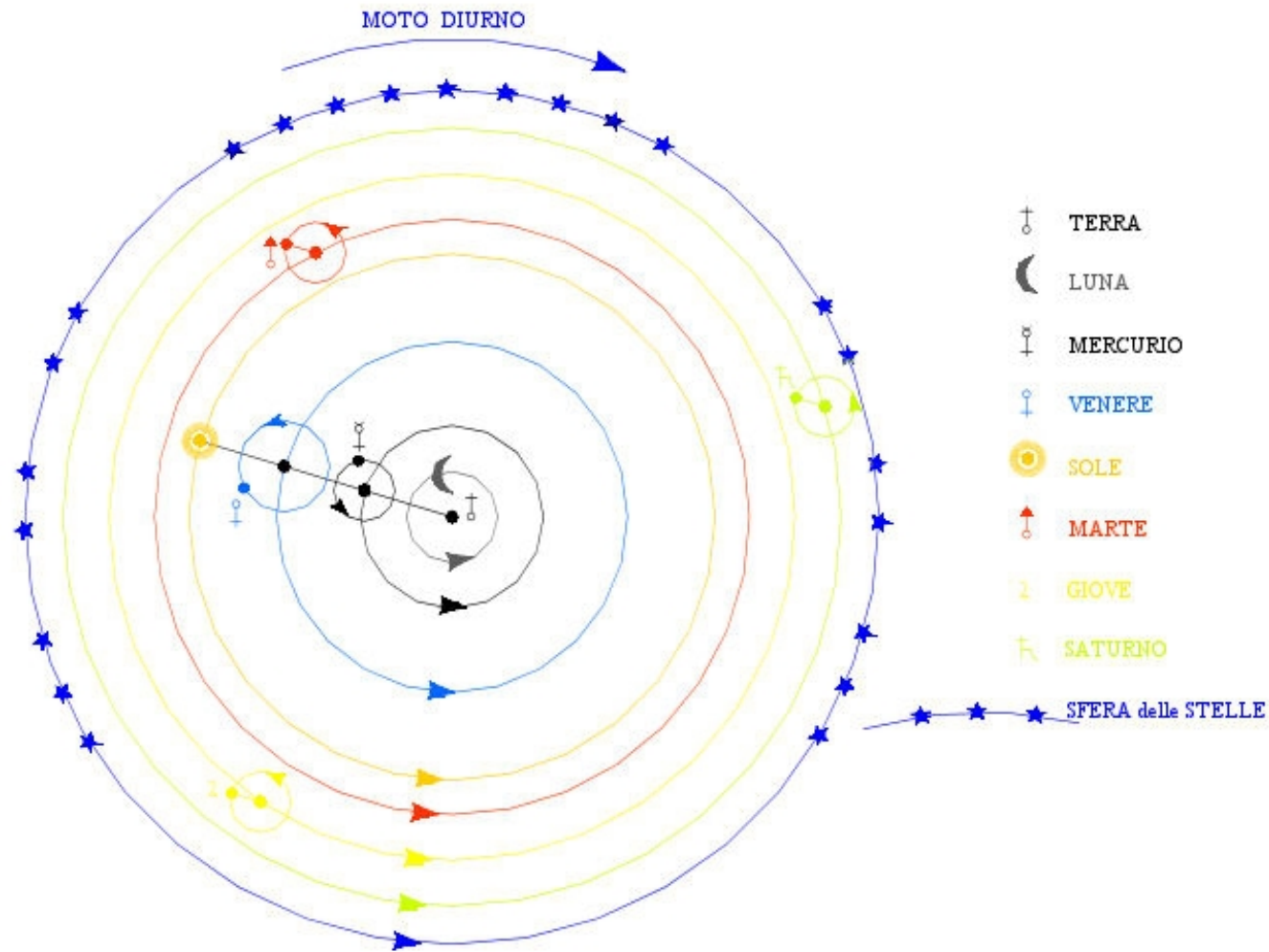
La cosmologia aristotelica (geocentrica e omocentrica)



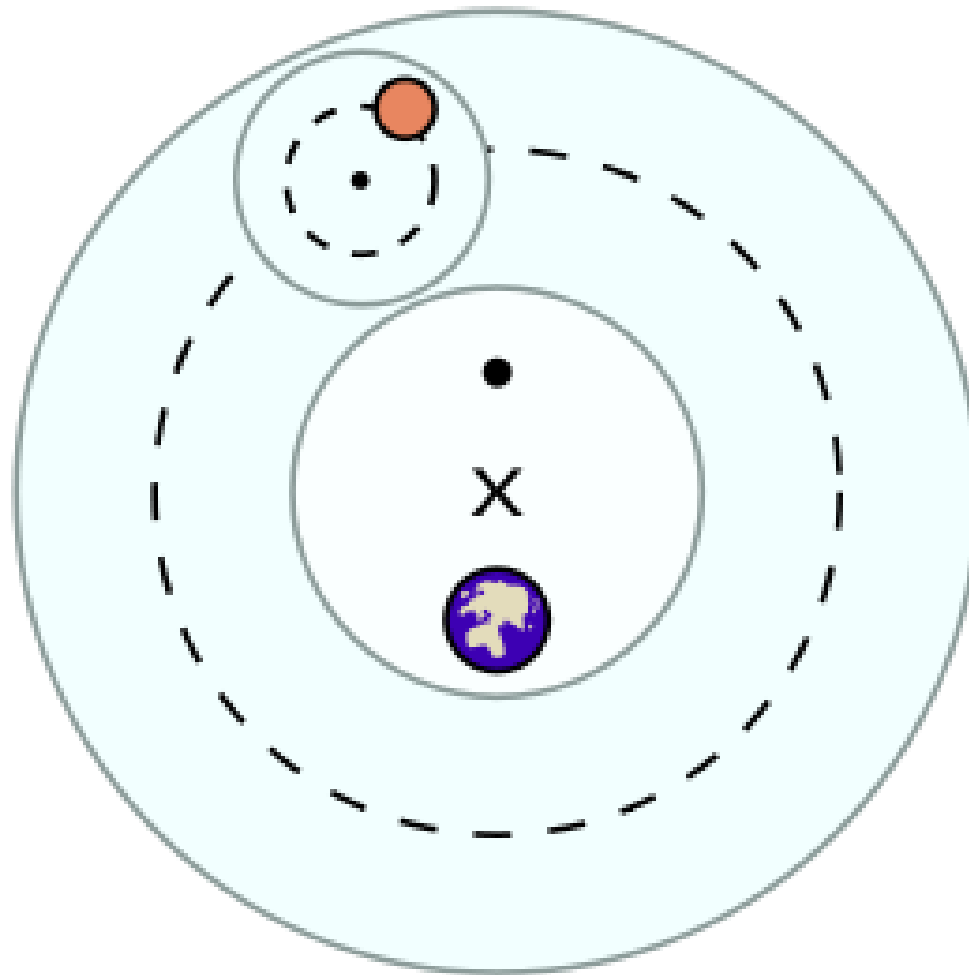
Moto retrogrado apparente dei pianeti (dal greco, “erranti”)



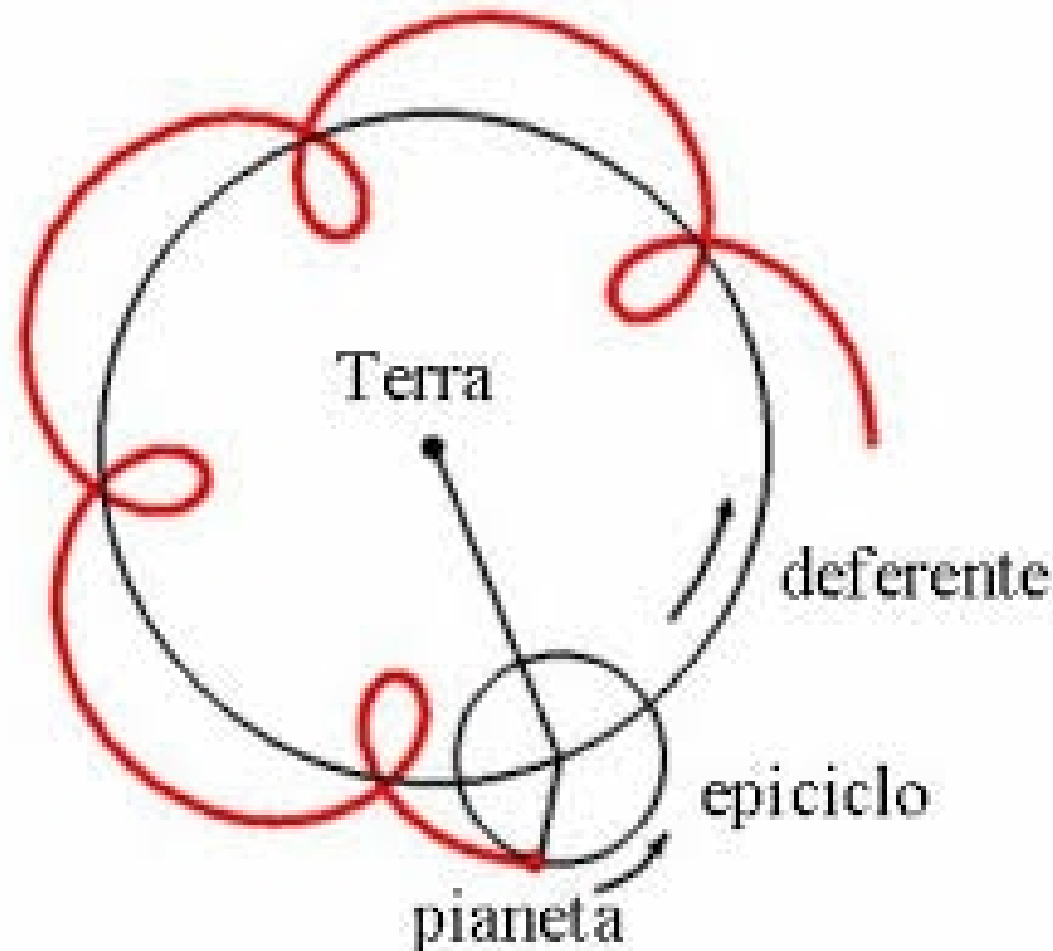
L'astronomia tolemaica (geostatica con epicicli)



Deferente - Epiciclo Eccentrico - Equante



Sistema tolemaico: spiegazione del moto retrogrado apparente



Il sistema copernicano (eliostatico con epicicli)



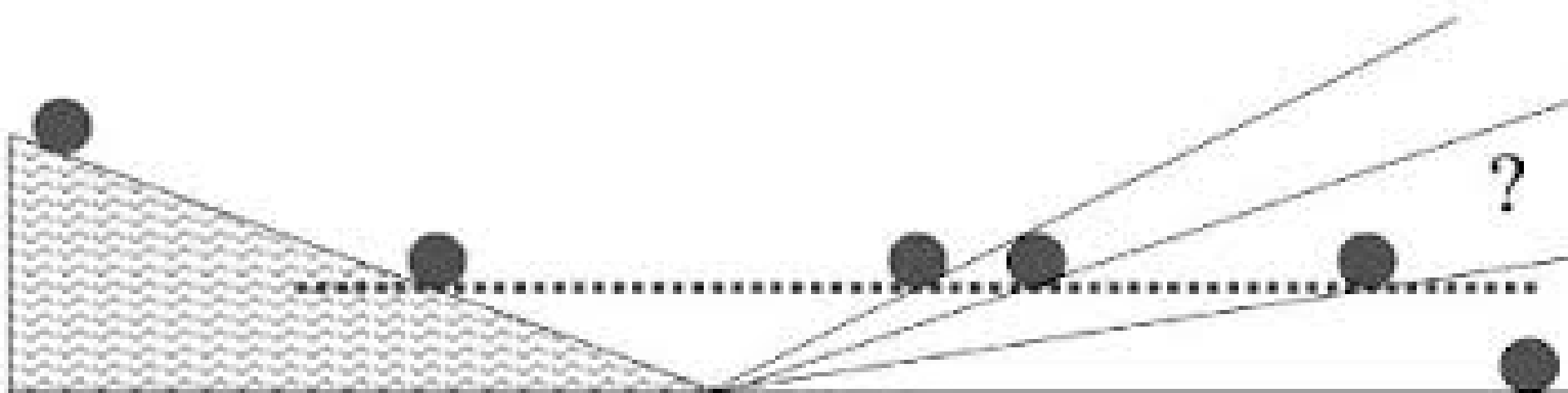
La difesa del sistema copernicano

- Il modello eliostatico copernicano **non** era predittivamente superiore a quello geostatico tolemaico. E' vero il contrario: deferenti ed epicicli di Tolomeo descrivono i moti apparenti dei pianeti nel cielo **meglio** delle orbite circolari circa attorno al Sole di Copernico e di Galileo
- E' solo con l'introduzione delle orbite ellittiche di Keplero (che Galileo si rifiuterà sempre di prendere in considerazione), che il sistema eliocentrico supera quello tolemaico nella predizione dei moti planetari

Un errore di Galileo

- Perché Galileo rifiuta l'idea delle orbite ellittiche di Keplero ? Per una serie di pregiudizi !
- Partendo da due premesse false, Galileo arriva ad una **conclusione falsa**, che tuttavia non muterà per ben 23 anni (G. Keplero, *Astronomia Nova* (1609) – Galileo Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (1632))
 - 1) Tutti i moti inerziali sono moti circolari;
 - 2) I moti planetari sono moti inerziali;
 - 3) Quindi i moti planetari sono moti circolari.

Il principio d'inerzia di Galileo



Se si diminuisce progressivamente l'inclinazione del piano inclinato **DX**, la biglia farà sempre più cammino, **per tornare comunque alla quota iniziale sul piano inclinato S**. Se piano **DX** scompare (**piano orizzontale**), la biglia proseguirà all'infinito nel suo moto **per cercare di risalire**.

Il moto inerziale diventa circolare



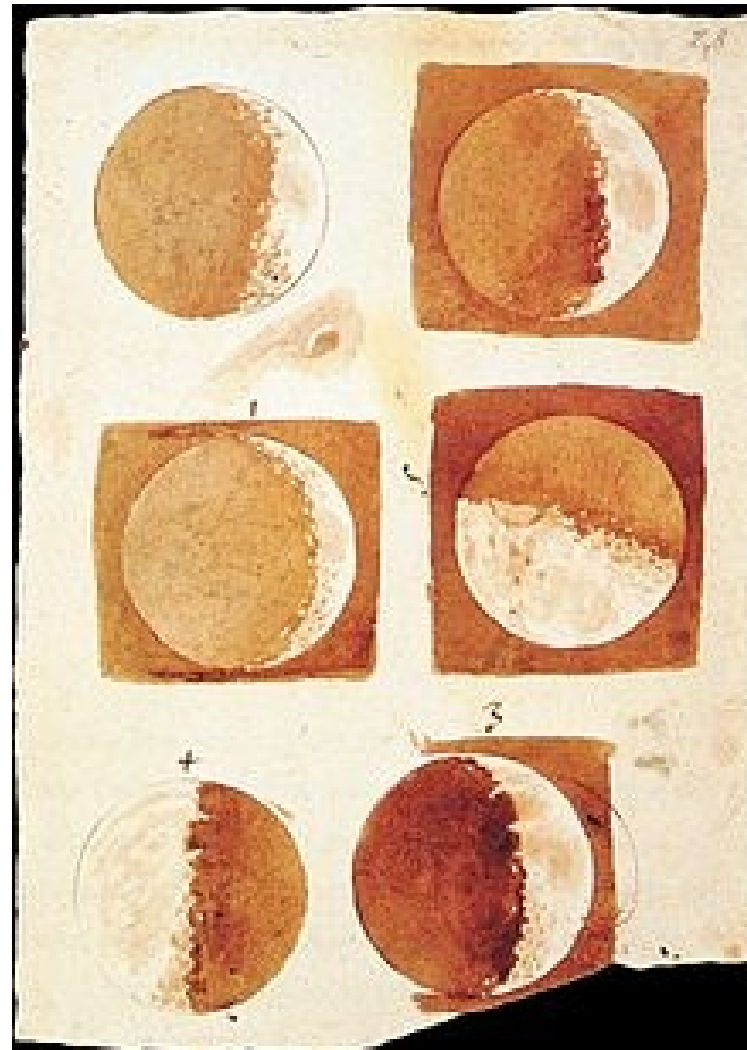
Astronomia

La grande innovazione

Galileo e il cannocchiale

- Nell'agosto 1609 presenta al governo veneziano un cannocchiale, come propria invenzione. Ottiene il raddoppio dello stipendio, e l'offerta di un contratto vitalizio d'insegnamento
- Vede la Via Lattea come composta da miriadi di stelle, studia la superficie della Luna e scopre 4 nuovi “pianeti” (in realtà, satelliti di Giove, come correttamente li classificherà Keplero)
- Nel marzo 1610 pubblica il *Sidereus Nuncius* con le sue scoperte, e chiama Medicea Sidera i nuovi satelliti, dedicandoli alla famiglia Medici

Fasi di Luna disegnate da Galileo



I “pianeti medicei”: satelliti di Giove (Io, Europa, Ganimede, Callisto)



I “pianeti medicei”: satelliti di Giove (Io, Europa, Ganimede, Callisto)



La Via Lattea al telescopio



La sua struttura a doppia spirale



Cosa è davvero importante

- Anche nel caso del **cannocchiale**, come per il pendolo, la decisione rilevante è stata **cambiare il punto di vista**

«...i discorsi nostri hanno a essere **intorno al mondo sensibile**, e non sopra un mondo di carta.» (**Galileo Galilei - *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo***)

«Non basta guardare, **occorre guardare con occhi che vogliono vedere, che credono in quello che vedono**» (**Galileo Galilei**)

- **GALILEO** (più “tolemaico” di Keplero)
 - Sì – Orbite circolari dei pianeti (moto inerziale)
 - Sì – Velocità angolari costanti (moto inerziale)
 - No – Immutabilità del cielo (lune di Giove)
 - No – Universo finito e chiuso (infinità di dio)
- **KEPLERO** (astronomo più moderno di Galileo)
 - No – Orbite circolari dei pianeti (1° legge)
 - No – Velocità angolari costanti (2° legge)
 - No – Immutabilità del cielo (Nova di Keplero)
 - Sì – Universo finito e chiuso (immagine Trinità)

L'attacco al sistema tolemaico

- L'osservazione di nuovi corpi celesti (**satelliti di Giove**) di natura **astrale** costituiva di per sé un attacco al sistema tolemaico, che prevedeva:
 - 1) Orbite circolari dei pianeti e della Luna
 - 2) Velocità angolare costante per ogni astro
 - 3) **Immutabilità della volta celeste**
 - 4) Dimensioni finite dell'universo
- C'era già stata l'osservazione di **2 SuperNovae**: **SN 1572 (Tycho)** e **SN 1604 (Keplero)** vista anche da Galileo, ma di discussa interpretazione

Esplosione di SuperNova (immagine artistica)



SuperNova di Keplero

(ottobre 1604 - marzo 1606)



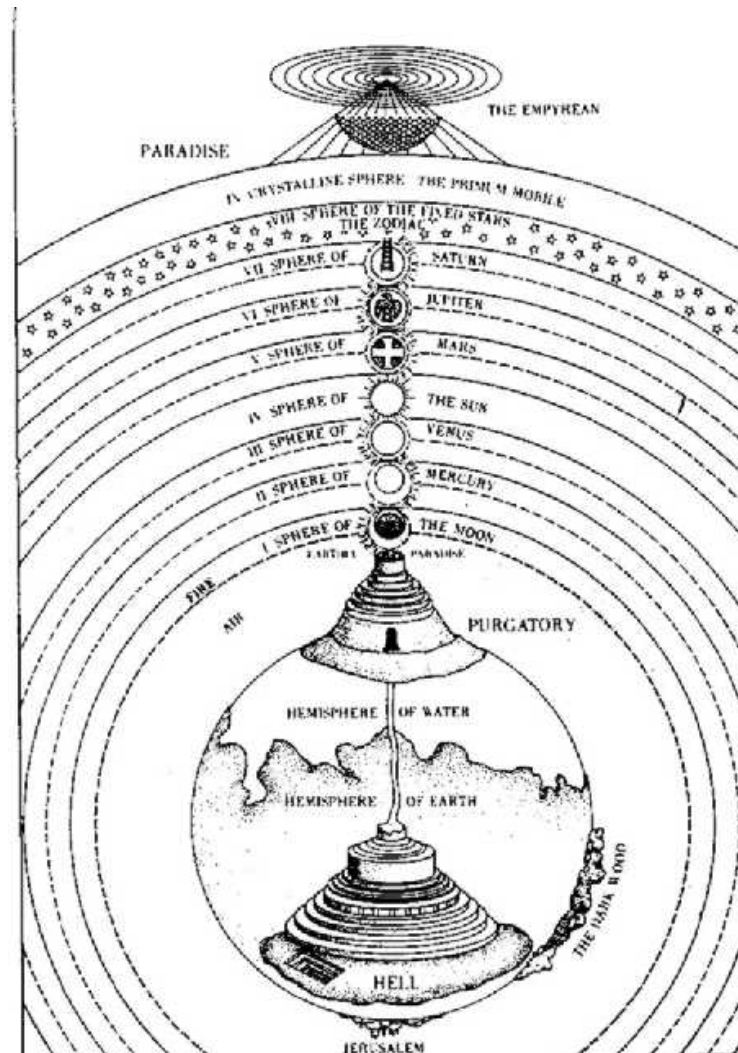
Venere cruciale

Tra settembre e dicembre 1610 Galileo studia il pianeta Venere con l'uso del cannocchiale.

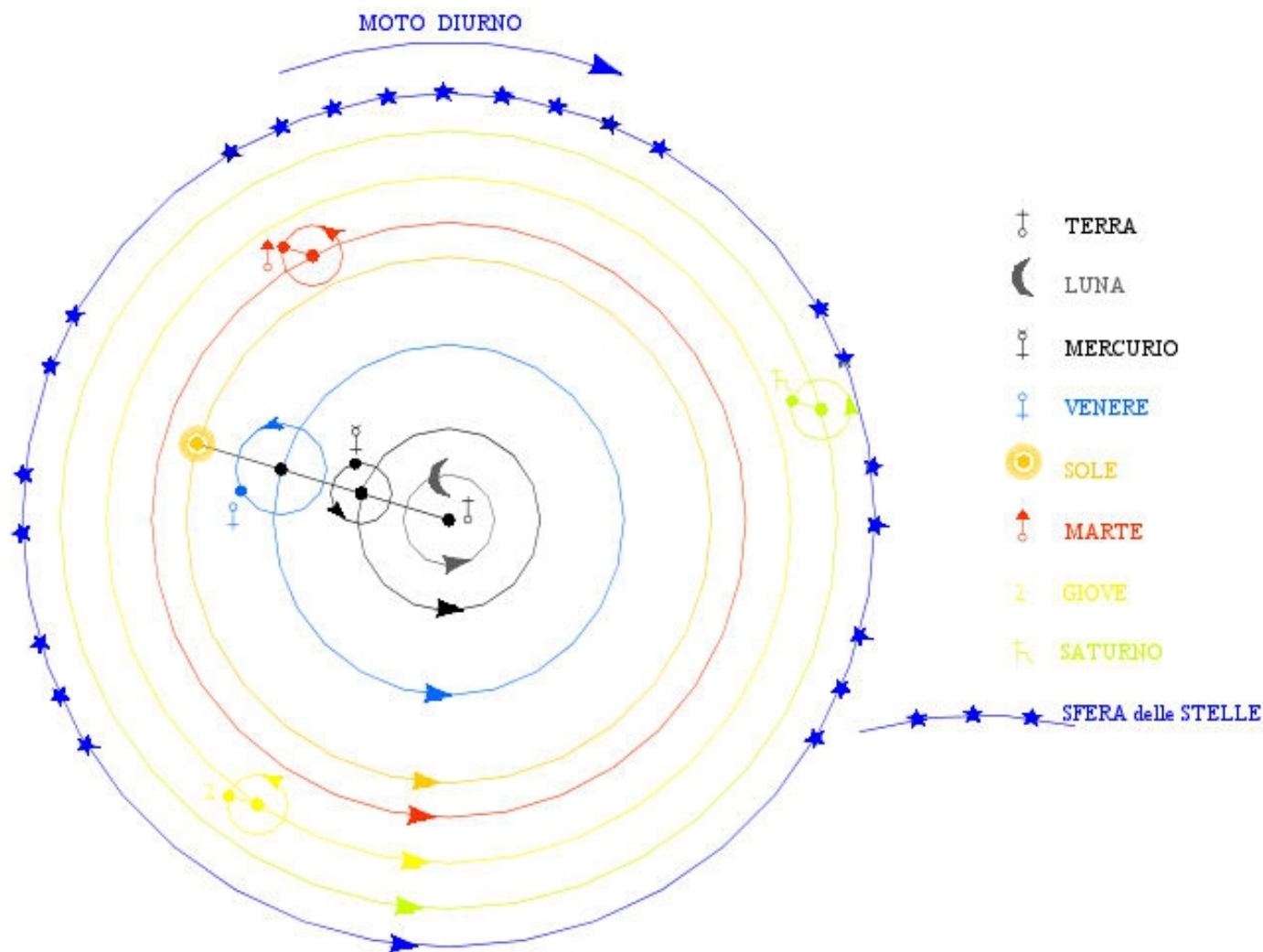
Osserva due fatti:

A - La variazione apparente ($1/6$) delle dimensioni di Venere, che indica una variazione della distanza di quel pianeta dalla Terra. Questa osservazione falsificava il sistema geocentrico ed omocentrico di Aristotele (descritto nella Divina Commedia), ma era compatibile col sistema a epicicli di Tolomeo

Sistema aristotelico: falsificato dalle variazioni di Venere



Modello tolemaico: compatibile con le variazioni di Venere



Sistema copernicano: compatibile con le variazioni di Venere



Una scoperta epocale

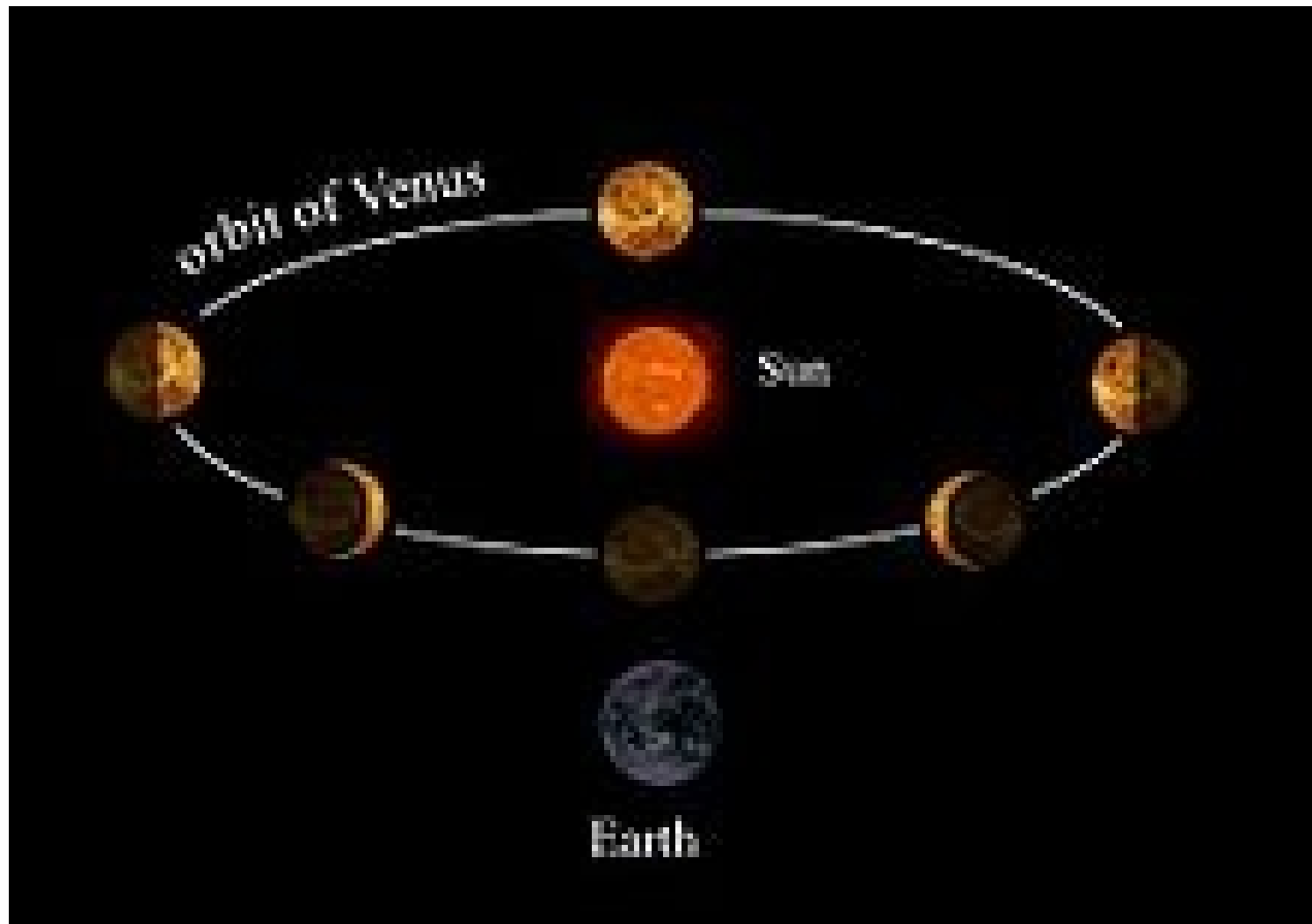
- Oggi a noi potrebbe sembrare che la **falsificazione del sistema cosmologico d'Aristotele** sia un risultato ovvio, conseguente dalle nuove evidenze e di modesta rilevanza generale
- Al contrario, fu una **rivoluzione concettuale traumatica** per il sapere dell'epoca. Dimostrare erroneo un capitolo dell'enciclopedia aristotelica **metteva in dubbio l'intera struttura della conoscenza medievale**: teologia, filosofia, cosmologia, fisica, biologia...
- **Rompeva un'alleanza millenaria: cosmologia fisica aristotelica e astronomia matematica tolemaica**

Venere sempre più cruciale

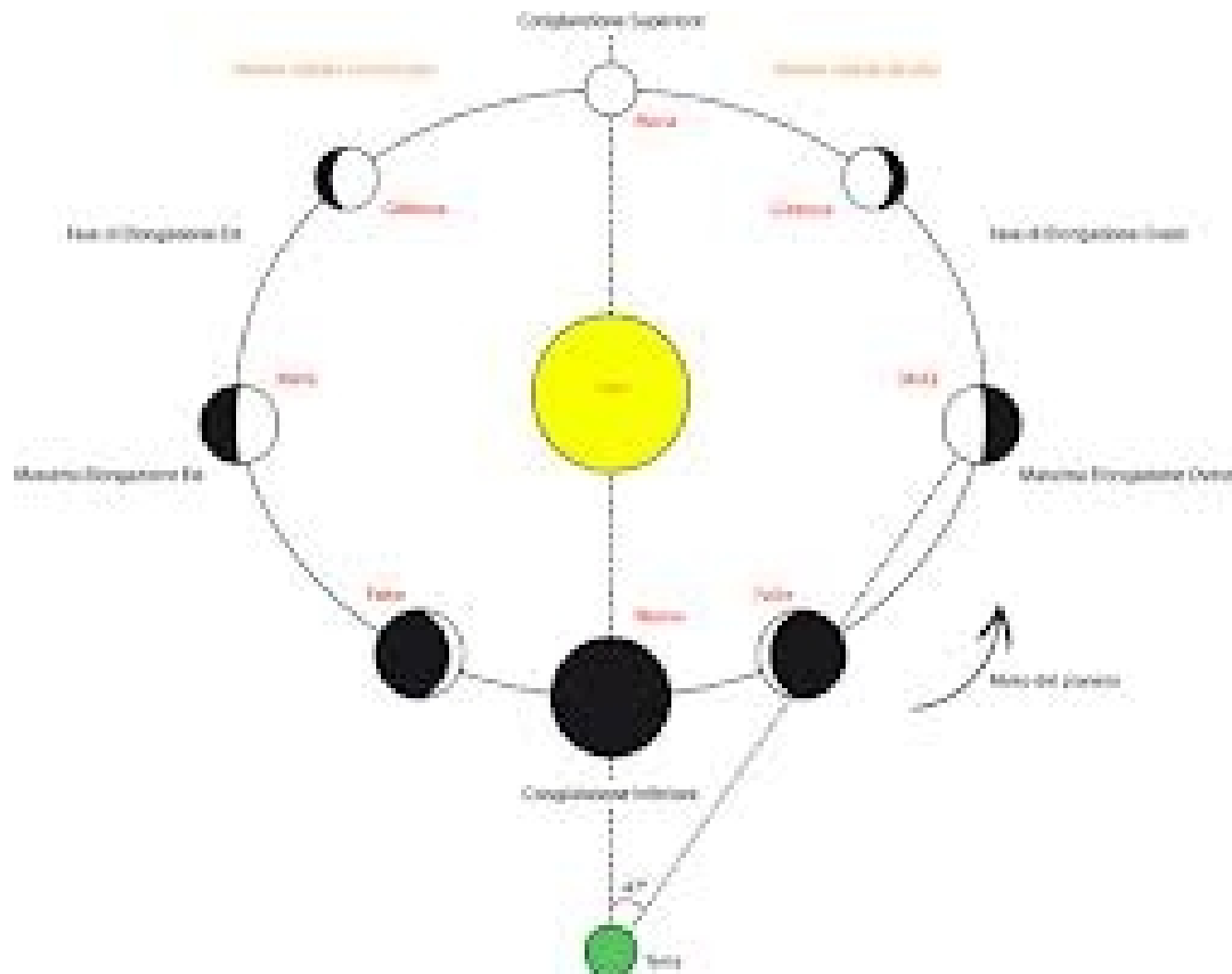
B - Le fasi di Venere, analoghe a quelle della Luna. Questa osservazione è incompatibile col sistema tolemaico: le fasi si spiegano solo se Venere ruota attorno al Sole. E' un caso tipico di scoperta cruciale: la nuova osservazione risulta compatibile con una teoria (copernicana), ma inspiegabile per la teoria rivale (tolemaica). **E' la fine del modello tolemaico**

Il cardinal Bellarmino, informato da Galileo, scrive preoccupato al Collegio romano per avere un parere sulla scoperta. Gli astronomi gesuiti gli rispondono che anche loro, da mesi, osservano le fasi di Venere. **Ma la cosa non li preoccupa affatto !!** Come mai ?

Le fasi di Venere



Dimensioni apparenti e fasi di Venere



Gli astronomi del Collegio romano avevano già abbandonato il sistema tolemaico e adottato il **sistema tychoniano**, proposto da **Tycho Brahe** negli anni 1587/88. Esso, **senza contrastare alcuna osservazione astronomica o il testo biblico di Giosuè: “Sole, fermati su Gabaon !”,** rappresentava un accettabile compromesso che **salvava il geocentrismo e le recenti osservazioni astronomiche:**

- 1) la Terra resta immobile al centro dell'universo e intorno ad essa ruotano la Luna e Sole;
- 2) quest'ultimo, a sua volta, diviene il centro di rotazione degli altri 5 pianeti noti e delle stelle;
- 3) il cielo delle stelle fisse costituisce la volta celeste, in rotazione diurna con periodo di 24 ore.

Tycho Brahe

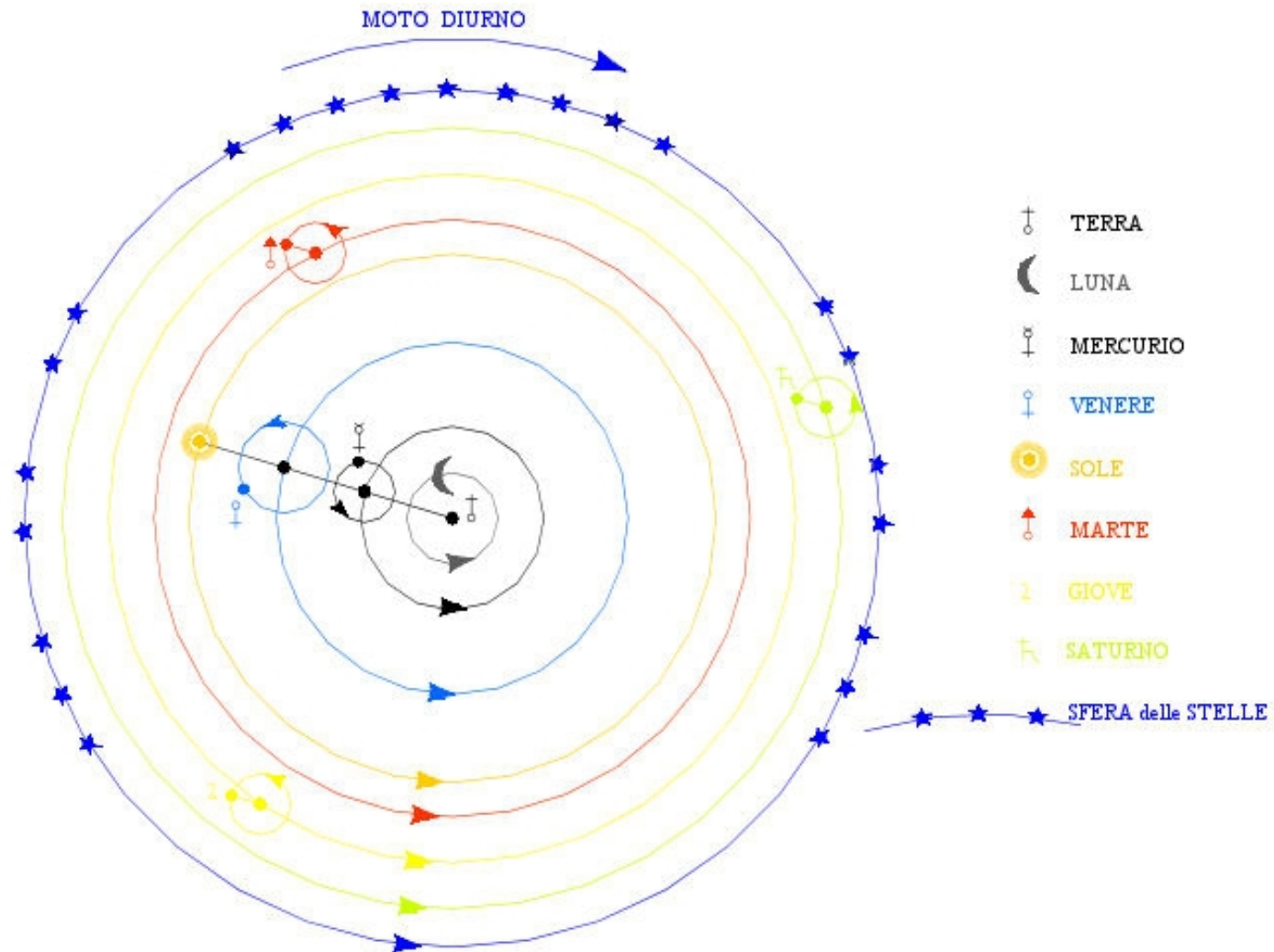
(1546 - 1601)



Il sistema tychoniano (geocentrico ed eliocentrico)



Modello tolemaico: falsificato dalle fasi di Venere



Sistema copernicano: compatibile con le fasi Venere



Sistema tychoniano: compatibile
con le fasi Venere



Galileo interprete della Bibbia: la dottrina delle due verità

- «modo speditissimo e sicurissimo per provare che la posizion copernicana non è contraria alla Scrittura, **sarebbe il mostrar con mille prove che ella è vera**, e che la contraria non può in alcun modo sussistere; onde **non potendo due verità contrariarsi**, è necessario che quella e le scritture sieno concordissime»

(Lettera a Monsignor Piero Dini - 1615)

- Nella *Lettera a Cristina di Lorena* Galileo fornisce l'interpretazione, secondo lui autentica, di “Sole, fermati su Gabaon !” (**Giosuè, 10**)

Il sistema tolemaico è inadeguato perché, per fermare la rotazione diurna del Sole, **andrebbe fermato il Primum Mobile** che trascina tutto il cosmo in una rotazione completa in 24 ore, **non il Sole !** (dal cui moto dipende invece la sua rivoluzione annuale attorno alla Terra).

Secondo Galileo, nel sistema eliocentrico la **rotazione del Sole** sul suo asse **causa tutti i movimenti dei pianeti**. Quindi **non solo** quello di rivoluzione della Terra, come sosteneva pure **Keplero**, ma anche la **rotazione terrestre diurna sull'asse** (ipotesi entrambe errate). Quindi dio, **fermando la rotazione del Sole** secondo la richiesta di Giosuè, **avrebbe fermato anche quella diurna della Terra**, allungando la durata del giorno.

I primi attacchi contro Galileo

- La teoria eliocentrica sembrava contrastare vari passi della Bibbia, che fanno riferimento alla Terra immobile al centro dell'universo (Giosuè).
- A peggiorare le cose, c'era l'interpretazione biblica di Galileo a favore del sistema copernicano.
- A Firenze, nel dicembre 1614, predica del frate domenicano Tommaso Caccini contro Galileo: “Viri Galilaei, quid statis aspicientes in coelum ?”
- L'anno dopo un altro domenicano, Niccolò Lorini, invia alla Congregazione dell'Indice la *Lettera a Benedetto Castelli* di Galileo del 1613

Il monito del cardinal Bellarmino

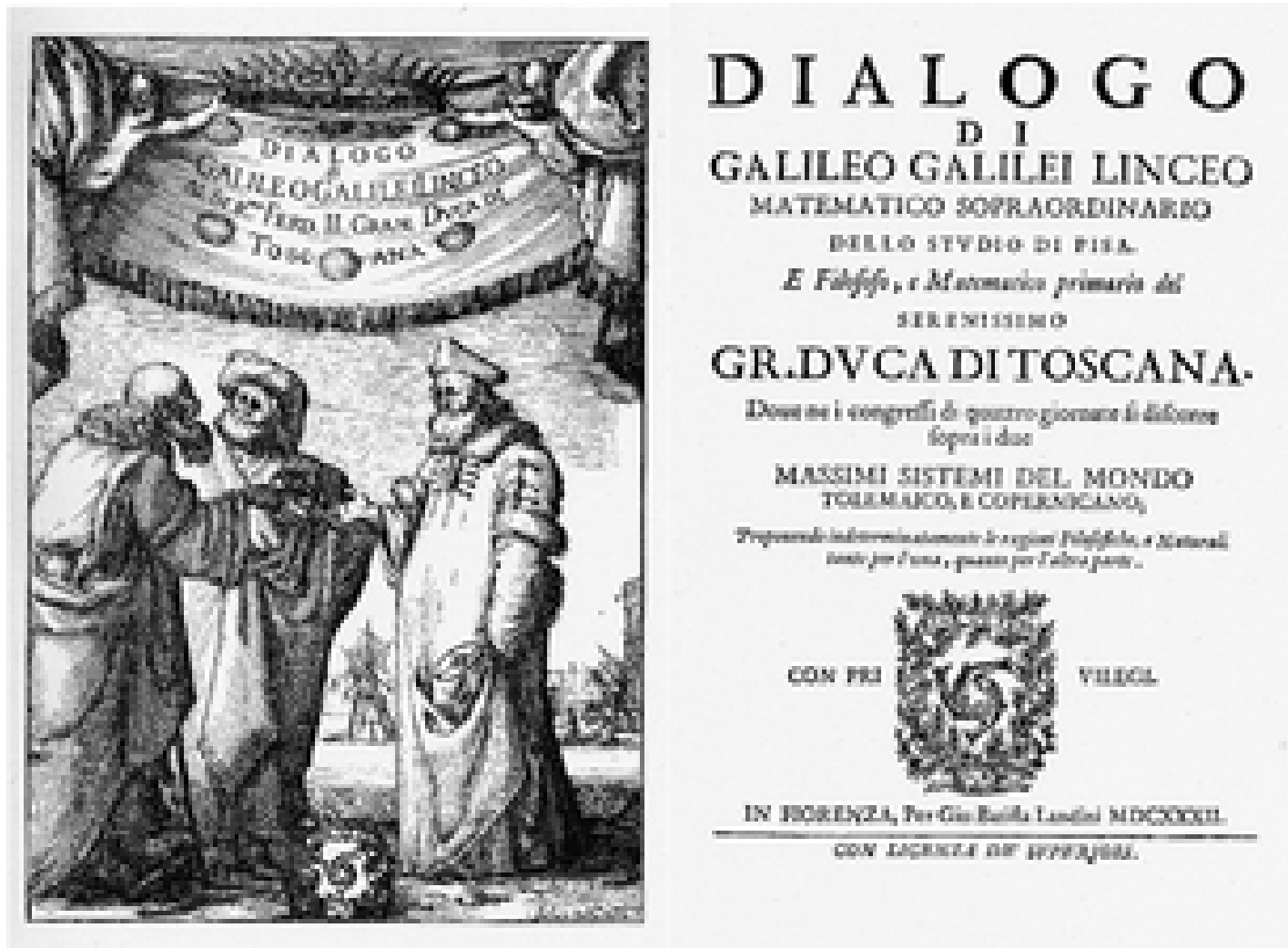
«Dico che **quando ci fusse vera dimostrazione** che il sole stia nel centro del mondo e la terra nel terzo cielo, e che il sole non circonda la terra, ma la terra circonda il sole, **allhora bisognaria andar con molta consideratione in esplicare le Scritture che paiono contrarie**, e più tosto dire che non l'intendiamo, che dire che sia falso quello che si dimostra. **Ma io non crederò che ci sia tal dimostrazione, fin che non mi sia mostrata.**»

(Lettera del 12 aprile 1615 dal cardinal Roberto Bellarmino a padre Foscarini)

- Su ordine di papa **Paolo V**, ostile agli intellettuali, **Bellarmino** il **18 febbraio 1616** sottopone ai "qualificatori" (teologi autorevoli) della Congregazione del Santo Uffizio l'esame di due proposizioni che, secondo la deposizione fatta dal Caccini davanti all'Inquisizione, erano professate da Galileo e i suoi seguaci :
 - 1) **che il Sole sia centro del mondo, et per conseguenza immobile di moto locale;**
 - 2) **che la Terra non è centro del mondo né immobile, ma si muove secondo sé tutta etiam di moto diurno.**
- I qualificatori rispondono (documento del **24 febbraio**) affermando che:

- 1) la prima proposizione è "stultam et absurdam in philosophia" e "formaliter hereticam";
 - 2) la seconda è invece da censurare in filosofia e rispetto alla verità teologica al minimo erronea nella fede.
- Il 25 feb 1616 il papa ordina al card. Bellarmino di “convocare Galileo e [...] di fargli precetto di abbandonare del tutto quella dottrina e di non insegnarla, non difenderla e non trattarla.”
 - Nel corso del processo del 1633, Galileo mostrerà una lettera di Bellarmino, che lo informava della condanna del copernicanesimo, e solamente del divieto di difenderlo e sostenerlo.

Dialogo di Galileo Galilei linceo..



Le condizioni dell'inquisitore

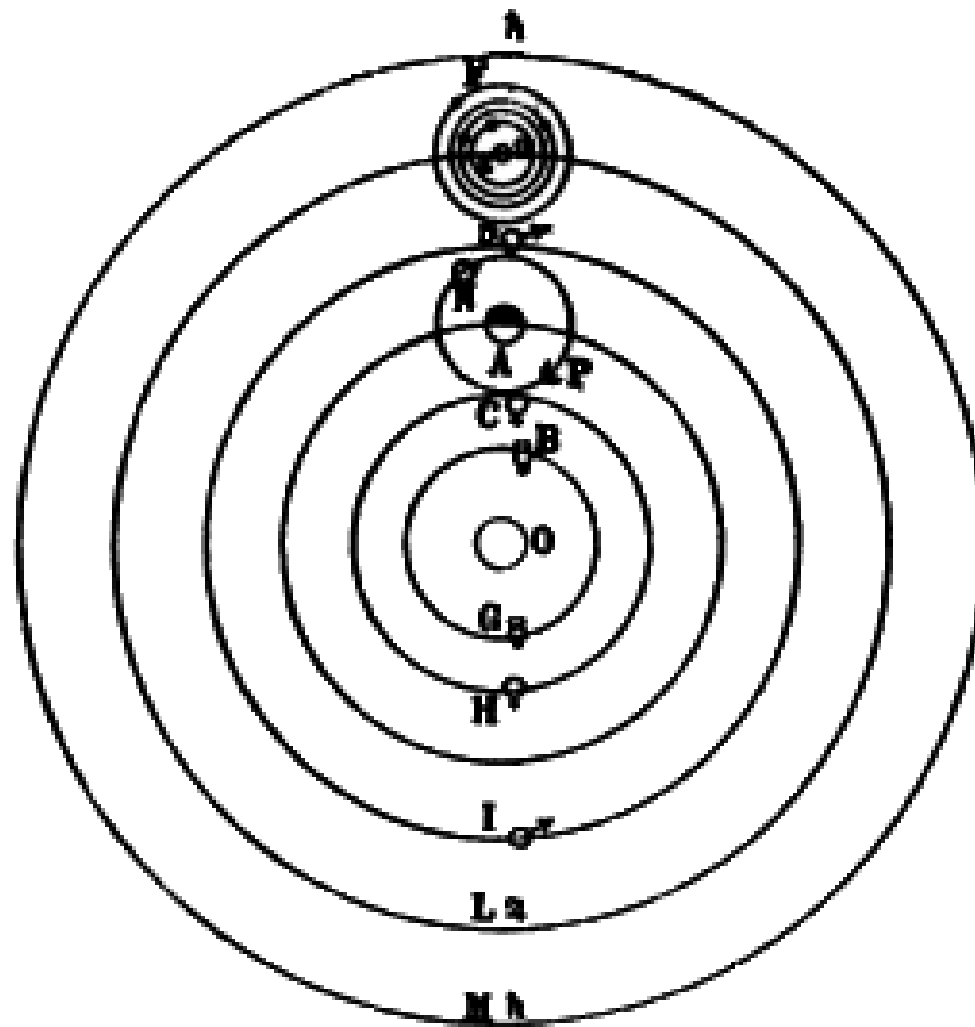
Condizioni poste dall'inquisitore di Firenze per concedere l'*imprimatur* al manoscritto del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (titolo suggerito da papa Urbano VIII; Galileo voleva *Dialogo sul flusso e riflusso delle maree*):

- 1) astenersi rigorosamente dall'interpretare le sacre scritture (*Lettera a Cristina di Lorena*);
- 2) limitarsi a proporre un'ipotesi astronomica, senza affermare la realtà dell'eliocentrismo (monito del cardinal Bellarmino);
- 3) inserire al termine del libro l'argomento dell'onnipotenza divina (tesi di Urbano VIII).

...sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano

- Nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (1632), Galileo **non** contrappone quello tolemaico (già falsificato nel 1610) a quello copernicano ma – **nonostante il titolo** – quello copernicano a quello **tychoniano**. Obiettivo polemico è il modello geocentrico difeso dai Gesuiti, che restava unico rivale di quello eliocentrico.
- **Salviati** convince **Simplicio** a disegnare, passo dopo passo, la struttura del sistema solare col corretto ordine dei pianeti: da Mercurio a Saturno, col Sole al centro (**III giornata – 350/353**)

Il sistema solare del Dialogo



- A 5 pianeti su 6 vengono necessariamente assegnati moti di rivoluzione attorno al Sole
- La quiete, il moto annuo e quello diurno devono essere distribuiti tra il Sole, la Terra e le stelle
- Se la Terra ruotasse attorno al Sole in quiete, si avrebbe il sistema eliocentrico copernicano
- Se il Sole ruotasse attorno alla Terra in quiete, si avrebbe il sistema geocentrico tychoniano
- Il sistema geostatico tolemaico (che Galileo non considera) si otterrebbe invece a partire da quello eliocentrico copernicano scambiando le posizioni di Terra e Sole, e tenendo in quiete l'astro al centro; in moto quello sulla 3° orbita.

- Salviati dichiara sembrerebbe ovvio attribuire:
 - 1) la quiete alla Terra;
 - 2) il moto di rivoluzione annua al Sole;
 - 3) la rotazione diurna alle stelle fisse.

Ovvero che l'esperienza quotidiana sembra indicare come più plausibile il **sistema geocentrico tychoniano**.

- Ma «essendo vero che tutti gli orbi de' pianeti, dico di Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno, si muovono intorno al Sole, come centro loro, **di esso Sole par tanto più ragionevole che sia la quiete che della Terra, quanto di sfere mobili è più ragionevole che il centro stia fermo, che alcun altro luogo da esso centro remoto**»

- «**alla Terra**, dunque, la qual resta costituita in mezzo a parti mobili, dico tra Venere e Marte, che l'una fa la sua rivoluzione in nove mesi e l'altro in due anni, **molto acconciamente si può attribuire il movimento d'un anno, lasciando la quiete al Sole**».
- «**segue per necessaria conseguenza** che anco **il moto diurno sia della Terra**: se, stando fermo il Sole, la Terra non si rivolgesse in se stessa [...] il nostro anno non sarebbe altro che [...] sei mesi di giorno e sei mesi di notte»
- «**acconciamente vien levato all'universo il precipitosissimo moto delle 24 ore, e [...] le stelle fisse, che sono tanti Soli, conforme al nostro Sole godono una perpetua quiete**».

- Salviati opta quindi per il **sistema eliocentrico copernicano**. Ma come argomenta tale scelta ? Per **analogia** con delle **sfere mobili**, per le quali è più ragionevole che il centro stia fermo (sic !)
- Si tratterebbe ora di **provare la validità** del sistema copernicano, come il **cardinal Bellarmino** chiedeva già nel **1615**
- La teoria delle maree (“**flussi e riflussi**”), avanzata da Galileo con **l'intento di dimostrare** la correttezza del sistema copernicano, è **fallace: viola il principio d'inerzia** di Galileo !
- Analogamente inconclusivo è l'argomento che utilizza il **moto delle macchie solari**

Le prove mancanti

- La **difesa comparativa** fatta da **Galileo** nel **1632** del sistema copernicano contro quello tychoniano **non** si basa quindi **su fatti empirici, prove fisiche o dati osservativi** (i due sistemi risultano equivalenti per un osservatore situato sulla Terra)
- **Non** è un **confronto tra teorie, ma uno scontro tra ideologie**. Risulta prevalere quella **retoricamente più convincente, non** quella **dimostrata corretta su base scientifica**

- «Se lo scienziato [Galileo] riuscì a confutare gli argomenti contro il sistema copernicano, egli non fu in grado, anche per la inadeguatezza degli strumenti scientifici a disposizione, di dare prove positive dal punto di vista scientifico del moto della terra.» (M. D'Addio – *Considerazioni sui processi a Galileo*)

Prove della rotazione diurna

- Solo nel 1792 sarà possibile dimostrare i moti terrestri di rotazione diurna intorno all'asse, con la caduta non perpendicolare di un grave ($v = w h$): G.B. Guglielmini a Bologna, Torre Asinelli (16 mm/100 m)
- Forza di Coriolis (1835): formaz. di cicloni e uragani
- Pendolo di Foucault (1851): latitudine e giroscopia

Prove della rivoluzione annuale

- ABERRAZIONE STELLARE

Nel 1728 l'astronomo James Bradley misurò l'effetto della composizione della velocità c della luce dalla stella Eltanin, con quella v della Terra ($v/c = 1/10.000$!!). Risulta che tutte le stelle descrivono nel cielo una piccola ellisse, con semi-asse maggiore $20''$ d'arco

- PARALLASSE STELLARE

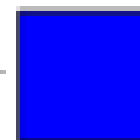
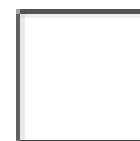
Solo nel 1838 F.W. Bessel riuscirà a misurare, per stimare la distanza delle stelle, l'effetto di parallasse stellare. Per 61 Cygni erano $0,314''$ d'arco, equivalenti a una distanza di 3 parsec o 9,78 anni luce

Effetto di parallasse

Punto di vista A

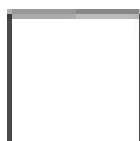


Punto di vista B

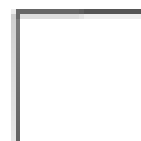
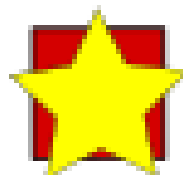


Sfondo

Scena vista da A

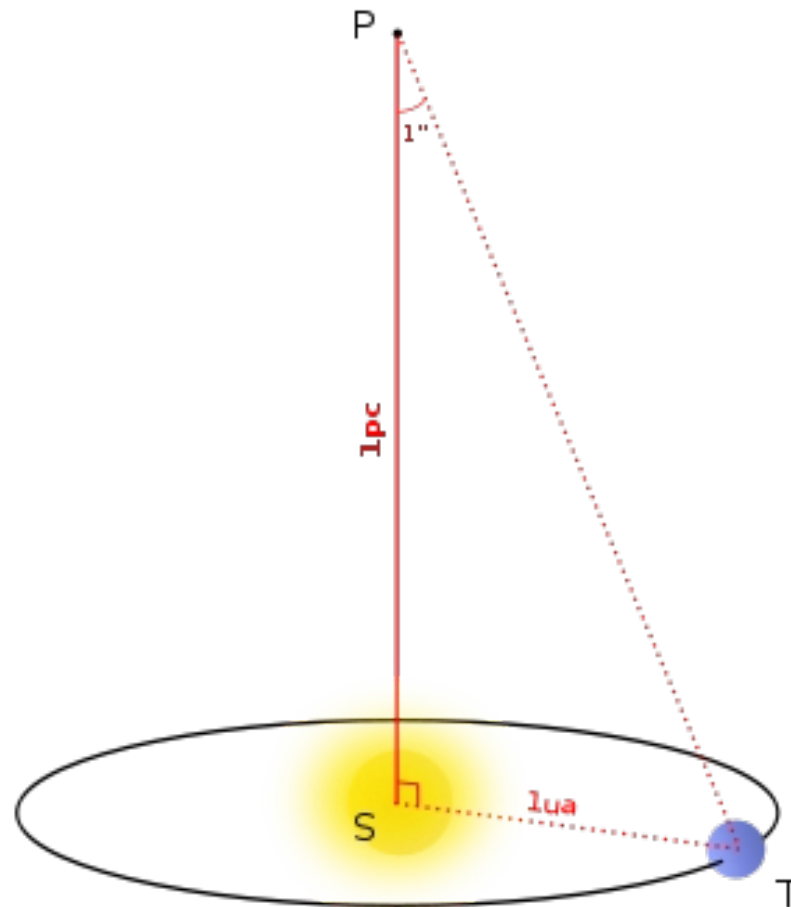


Scena vista da B



Parsec

1 parsec = 3,26156 anni luce
= 206.265 u.a. (Terra-Sole)



Nemico personale di Urbano VIII



Una tesi che lo stesso Urbano VIII aveva esposto a Galileo veniva presentata, nelle ultime righe del *Dialogo* del 1632, da quel Simplicio che in tutto il libro aveva fatto la figura dello sciocco difensore delle tesi aristoteliche, contro l'argutissimo copernicano Salviati. La tesi sosteneva che dio, nella sua infinita potenza, era in grado di causare i fenomeni osservabili in un'infinità di maniere diverse. Quindi l'osservazione dei fenomeni non poteva condurre gli uomini alla conoscenza della vera causa. Al che Salviati rispondeva: “mirabile e veramente angelica dottrina”. Galileo fingeva infine di rinunciare alla ricerca della verità, che per anni aveva tenacemente difeso in ogni occasione.

Urbano VIII si sentì offeso dal testo del *Dialogo* “era talmente irritato che trattava la cosa come un affare personale”, e diceva “con amarezza” che Galileo l'aveva raggirato. C'è da stupirsi se l'affare si concluse col processo, l'abiura, l'umiliazione e la condanna di Galileo ?

La tesi del papa, oltretutto, era legittima e profonda. In termini epistemologici moderni è nota come “sottodeterminazione delle teorie rispetto ai dati osservativi”: i dati non determinano in maniera decisiva e univoca la teoria che corrisponde ad essi; c'è quasi sempre più d'una teoria compatibile con i medesimi dati osservativi (**Van Frassen, Quine**)

Anomalie del processo del 1633

- Secondo l'*iter* processuale del Sant'Uffizio, il **manoscritto con l'imprimatur** avrebbe dovuto essere **confrontato col testo a stampa**. Ma il manoscritto **non** viene mai esibito durante il processo, e non **si sa che fine abbia fatto**
- Il **27 aprile 1633** il giudice inquisitore **Vincenzo Maculano da Fiorenzuola** si reca a colloquio da Galileo senza cancelliere, avvocati o testimoni
- Nell'udienza successiva, il **30 aprile**, Galileo si produce in una clamorosa auto-accusa:

ammette che gli argomenti sulle macchie solari e le maree potrebbero essere intesi come prove a sostegno della teoria copernicana

- «se io havessi a scrivere adesso le medesime ragioni, non è dubbio ch'io le snerverei in maniera ch'elle non potrebbero fare apparente mostra di quella forza della quale essenzialmente e realmente son prive.» (Galileo Galilei)
- Il cardinal inquisitore Borgia si astiene, unico nel collegio formato da 10 giudici, dal firmare la sentenza contro Galileo. Presa di posizione polemica per una condanna troppo mite o contestazione dell'ingerenza papale nel processo ?

I torti di Galileo

- SCIENTIFICI

Essere rimasto a Copernico (**orbite circolari**) ed aver ignorato Keplero (orbite ellittiche) per ben 23 anni (***Astronomia Nova*** 1609 – ***Dialogo*** 1632).

Teorie sulle **comete**, **macchie solari** e **maree**

- METODOLOGICO

Ricorso all'interpretazione biblica a sostegno di una teoria scientifica, contraddicendo sia la tesi che la Bibbia non vada intesa in senso letterale, sia la separazione tra fede e scienza, da lui stesso propugnate

- POLITICO

L'aver attaccato il papa a livello personale, trasformando un prezioso alleato in un nemico

Le ragioni di Galileo

«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»

(Il Saggiatore, cap.VI)

«...quanto alla **verità di che ci danno
cognizione le dimostrazioni matematiche, ella
è l'istessa che conosce la sapienza divina.**»

(Dialogo sopra i due massimi sistemi)

«...i discorsi nostri hanno a essere **intorno al
mondo sensibile**, e non sopra un mondo di
carta.» *(Dialogo sopra i due massimi sistemi)*

«... non più per immaginazione ma per **sensata
esperienza e necessaria dimostrazione ...**»
(Lettera a Gallanzone Gallanzani)

«Provando e riprovando» (rifiutando)

«Diffalcare gli ostacoli»

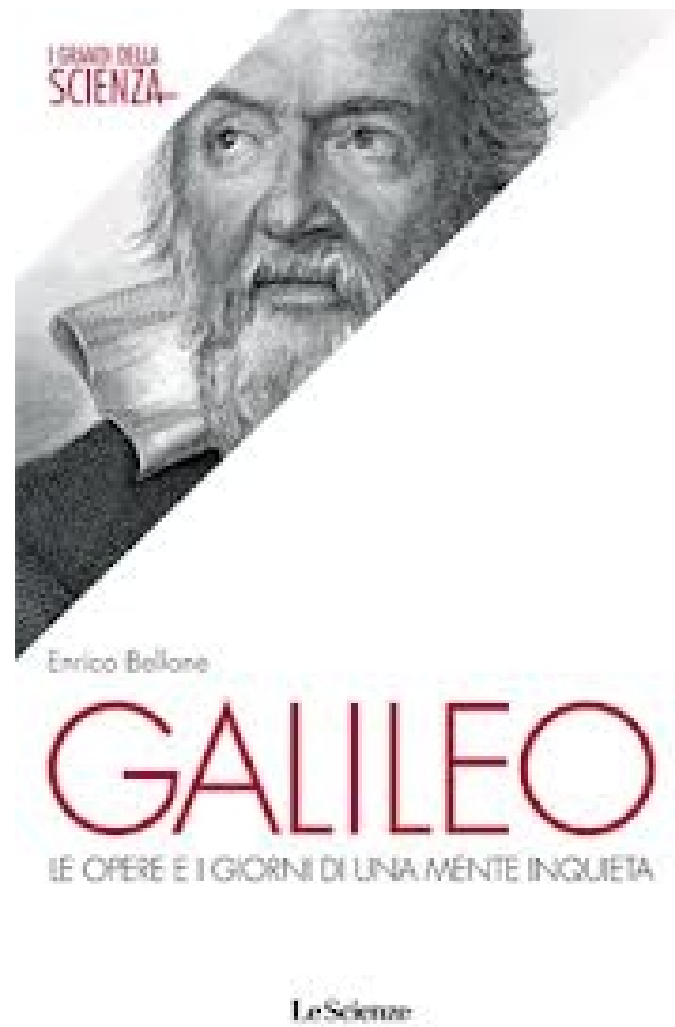
«intesi da persona ecclesiastica costituita in eminentissimo grado, l'intenzione dello Spirito Santo essere d'insegnarci **come si vadia al cielo, e non come vadia il cielo**»
(Lettera a Cristina di Lorena)

- Giovanile adesione al copernicanesimo
- Difesa (in età matura) del copernicanesimo
- Fondazione del metodo scientifico
- Separazione e autonomia tra scienza e fede

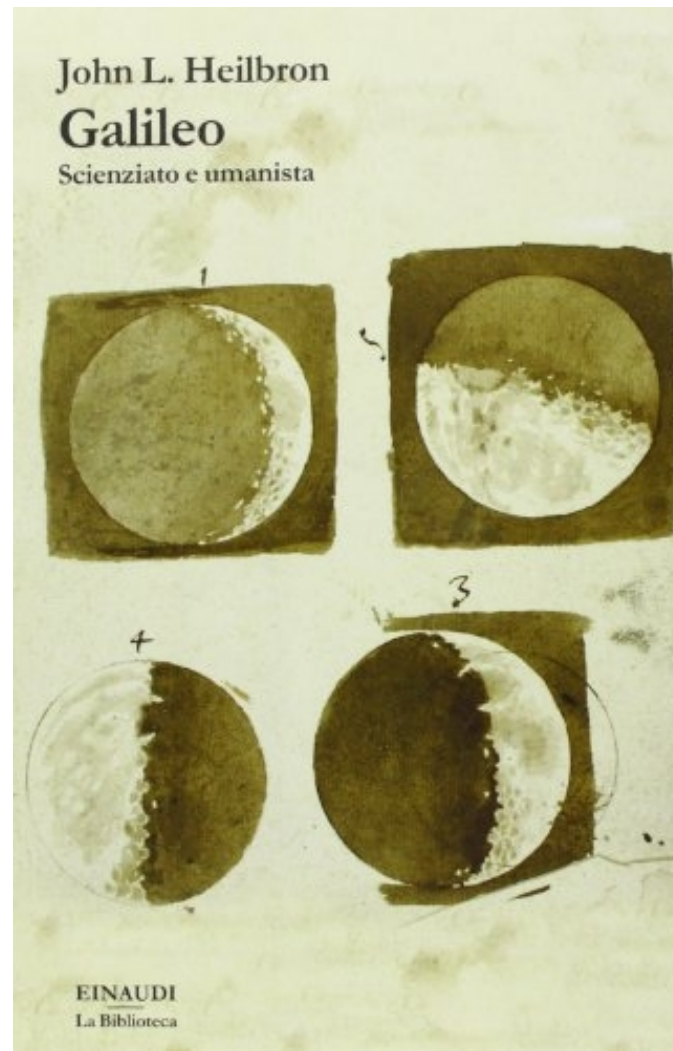
Conclusioni

«...ho cercato di dimostrare che **l'atteggiamento scientifico ha un ruolo preciso nel dialogo tra possibile e reale.** Il XVII secolo ha avuto la saggezza di considerare **la ragione** come uno **strumento necessario** per trattare le cose umane. Il Lumi e il XIX secolo ebbero la **folia di pensare** che ciò **non era solo necessario, ma anche sufficiente** per risolvere ogni problema. Oggi, sarebbe **ancora più folle decidere**, come alcuni vorrebbero, che con la scusa che la ragione non è sufficiente, allora **non è neppure necessaria.**» **(Francois Jacob – *Il gioco dei possibili*)**

E. Bellone – Galileo



J.L. Heilbron – Galileo



A. Koestler – I sonnambuli

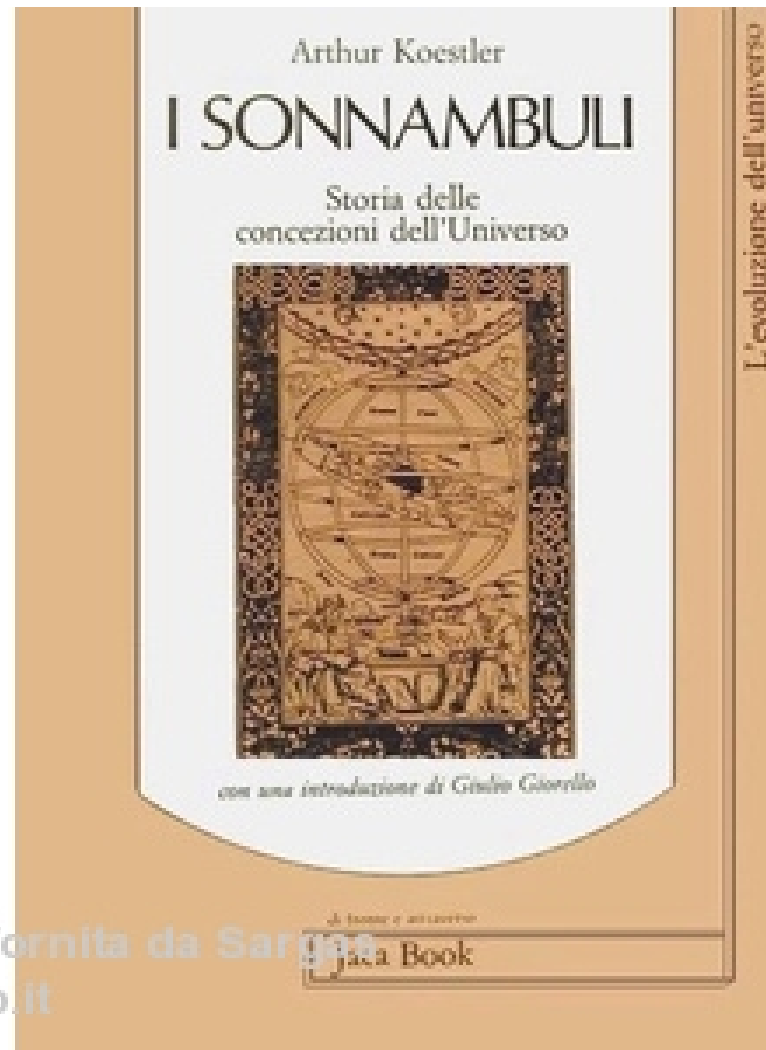
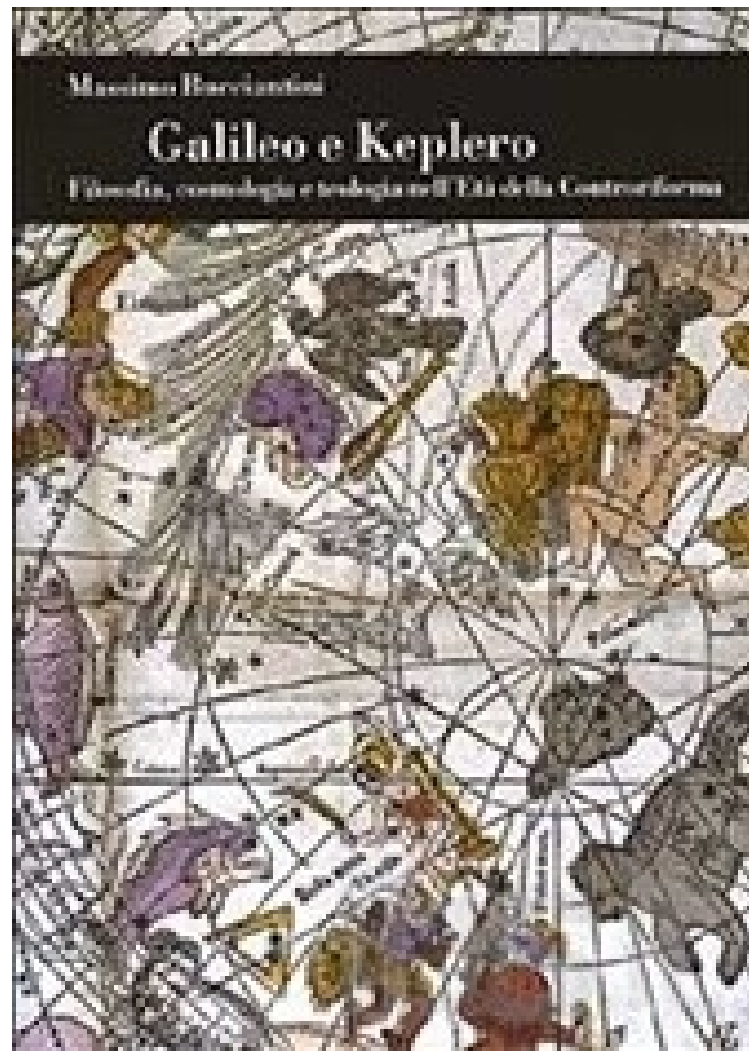
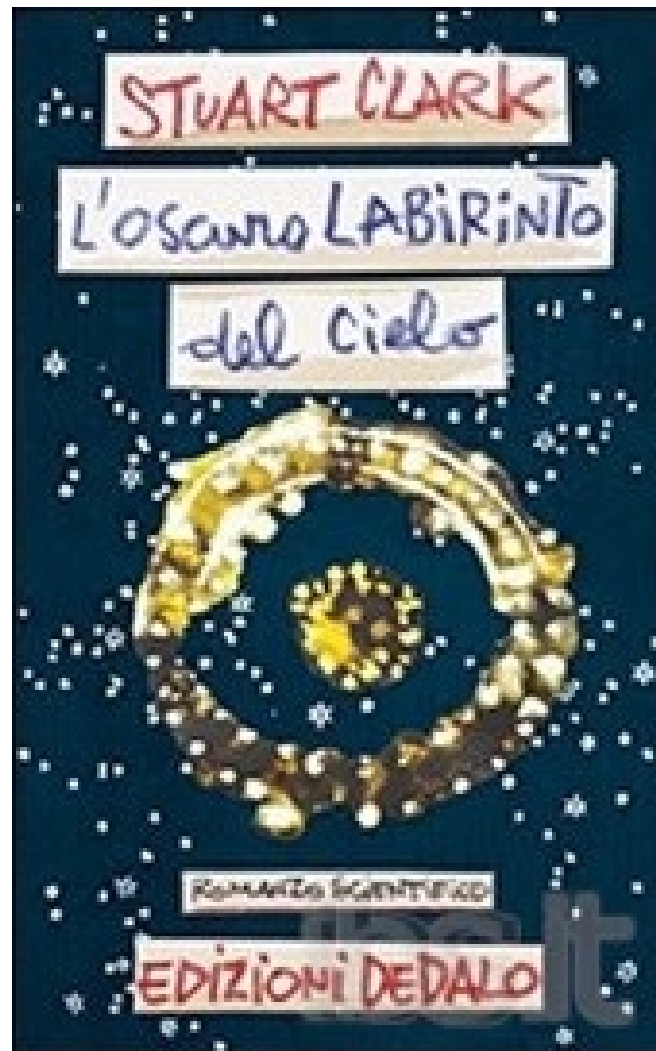


Immagine fornita da Sargos
a www.ciao.it

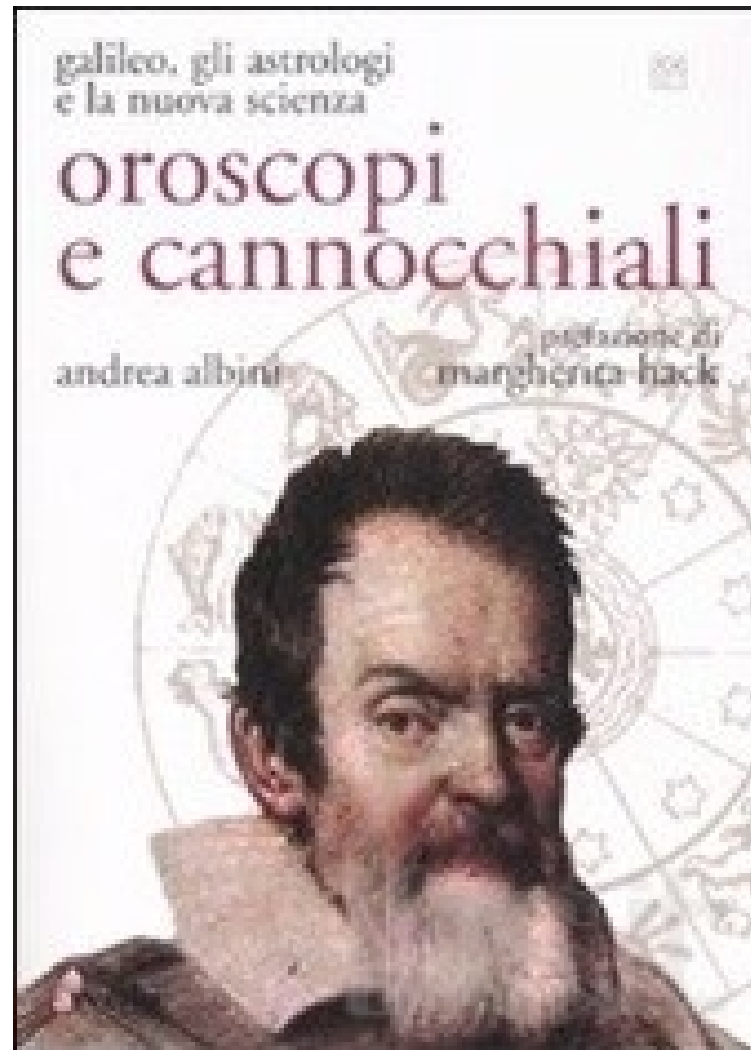
M. Bucciantini – Galileo e Keplero



S.Clark – L'oscuro labirinto del cielo



A. Albini – Oroscopi e cannocchiali



R. Buonanno – La fine dei cieli di cristallo



Wikipedia – Galileo Galilei

Galileo Galilei - Wikipedia - Mozilla Firefox

File Edit View History Bookmarks Tools Help

W Galileo Galilei - Wikipedia X G Niccolò Lorini X W Quadratura del cerchio - Wik... X W Cristoforo Clavio - Wikipedia X immagini sistema tolemaico... X

it.wikipedia.org/wiki/Galileo_Galilei

Most Visited Scientific Linux CERN Distro Home

Pagina principale
Ultime modifiche
Una voce a caso
Vetrina
Aiuto

Comunità
Portale Comunità
Bar
Il Wikipediano
Fai una donazione
Contatti

Stampa/esporta
Crea un libro
Scarica come PDF
Versione stampabile

Strumenti
Puntano qui
Modifiche correlate
Carica su Commons
Pagine speciali
Link permanente
Informazioni sulla pagina
Dati sull'elemento
Cita questa voce

Libera la cultura. Dona il tuo 5 × 1000 a [Wikimedia Italia](#). Scrivi 94039910156

Galileo Galilei

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera. Controllo di autorità VIAF: 2470550 LCCN: n79003254 SBN: IT\ICCU\CFIV\004372

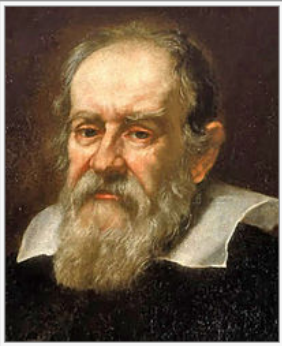
[Disambiguazione](#) - "Galileo Galilei", "Galileo" e "Galilei" rinviano qui. Se cerchi altri significati vedi, rispettivamente, [Galileo Galilei \(disambigua\)](#), [Galileo \(disambigua\)](#) e [Galilei \(disambigua\)](#)

« 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 (Pisa, 15 febbraio 1564 – Arcetri, 8 gennaio 1642) è stato un [fisico](#), [filosofo](#), [astronomo](#) e [matematico](#) italiano, considerato il padre della [scienza moderna](#).

Il suo nome è associato a 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* o *metodo scientifico sperimentale*). Di primaria importanza furono il suo ruolo nella [rivoluzione astronomica](#) e il suo sostegno al [sistema eliocentrico](#) e alla [teoria copernicana](#).

Sospettato di [eresia](#) e accusato di voler sovvertire la [filosofia naturale aristotelica](#) e le [Sacre Scritture](#), Galileo fu [processato](#) e condannato dal [Sant'Uffizio](#),^[3] nonché costretto, il 22 giugno 1633, all'[abiura](#) delle sue concezioni astronomiche e al confino nella propria villa di [Arcetri](#). Solo 359 anni dopo, il 31 ottobre 1992, [papa Giovanni Paolo II](#), alla sessione plenaria della Pontificia Accademia delle scienze, ha dichiarato riconosciuti "gli errori commessi" sancendo la conclusione dei lavori di un'apposita commissione di studio da lui istituita nel 1981.^[4]



Galileo Galilei, ritratto di

Altri progetti

[Mic...] [Out...] [Am...] [An...] [Ma...] [Ma...] [Squ...] [Riv...] [Moz...] [Tutt...] [Mo...] intro... alpine Galil... Pavi...

Applications Places System S Firefox Calculator Task Manager

23 °C Sun May 18, 19:52 introzzi

Lucidi di riserva

«Voi vi meravigliate che così pochi siano seguaci della opinione de' Pitagorici; ed io mi stupisco come si sia mai sin qui trovato alcuno che l'abbia abbracciata e seguita, né posso abbastanza ammirare l'eminenza d'ingegno di quelli che l'hanno ricevuta e stimata vera, ed hanno con la vivacità dell'intelletto loro fatto forza tale ai propri sensi, che abbiano potuto anteporre quello che il discorso gli dettava a quello che le sensate esperienze gli mostravano apertissimamente in contrario [...] non posso trovare termine all'ammirazione mia, come abbia possuto in Aristarco e nel Copernico far la ragione tanta violenza al senso, che contro a questo ella si sia fatta padrona della loro credulità»

«Ora, se la teologia, occupandosi nell'altissime contemplazioni divine e risiedendo per autorità nel trono regio, per lo che ella è fatta di somma autorità, non discende alle più basse e umili speculazioni delle inferiori scienze, anzi, come di sopra si è dichiarato, quelle non cura, come non concernenti alla beatitudine, non dovrebbero i ministri e professori di quella autorità di decretare nelle professioni non esercitate né studiate da loro; perché questo sarebbe come se un principe assoluto, conoscendo di poter liberamente comandare e farsi ubbidire, volesse, non essendo egli né medico né architetto, che si medicasse e fabbricasse a modo suo, con grave pericolo della vita de' miseri infermi, e manifesta rovina degli edifizii» (*Lettera a Cristina di Lorena*)