

Galileo e la nascita del metodo scientifico moderno

Vita

- Nel 1564 nasce a **Pisa**, , dove studia e poi insegna matematica. Si trasferisce successivamente a Padova, dove apprezza il sereno rispetto della Repubblica veneta per la libertà di pensiero
- Si trasferisce a **Firenze**, su invito del granduca Cosimo II
- 1616: viene chiamato a Roma e **ammonito** dal Cardinale Bellarmino del Sant'Uffizio perché ha sostenuto nella *lettera a Cristina di Lorena* la teoria di Copernico e la distinzione tra mondo della teologia e mondo della scienza
- 1632: incoraggiato dall'elezione di Urbano VIII, Galilei **pubblica il *Dialogo sopra i due massimi sistemi*** ricorrendo allo stratagemma – che però non funzionerà – di esporre in maniera obiettiva i due grandi sistemi del mondo e di presentare il copernicanesimo come semplice ipotesi matematica non corrispondente alla realtà (nella prefazione scrive: “*ho preso nel discorso la parte Copernicana, procedendo in pura ipotesi matematica cercando per ogni strada artificiosa di rappresentarla superiore*”).
- 1632: viene chiamato una seconda volta a Roma perché, nonostante l'ammonizione precedente, ha pubblicato il *Dialogo sopra i due massimi sistemi*. Viene **processato e condannato** al carcere a vita. Lo stesso giorno Galilei pronuncia la sua abiura del copernicanesimo.
- Il carcere a vita viene tramutato nel **confino**, che si svolgerà in vari luoghi. In uno di questi, Arcetri, vicino a Firenze, Galilei scrive il suo capolavoro scientifico, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze, attinenti alla meccanica e i movimenti locali*.

Opere

- **Lettere** (importanti in particolare due: quella *A don Benedetto Castelli*, 1613, e quella *A Madama Cristina di Lorena*, 1615, entrambe sul problema del rapporto scienza-fede).
- ***Sidereus nuncius***, ovvero *l'Annuncio stellare*, del 1610, con cui viene data notizia della scoperta dei satelliti di Giove.
- ***Il Saggiatore*** (1623), sul problema delle comete, scritto in polemica con la *Libra astronomica ac philosophica* del gesuita Sarsi (pseudonimo di Orazio Grassi). Il titolo è metaforico e polemico: Sarsi aveva soppesato e attaccato le idee filosofiche di Galilei circa le comete con la sua “bilancia astronomica”, Galileo risponde con il suo “saggiatore”, ovvero con una bilancia ancora più precisa, visto che il saggiatore è il bilancino degli orafi; è un’opera di grande importanza per cogliere le novità del metodo scientifico di Galilei.
- ***Dialogo dei due massimi sistemi dell’universo, tolemaico e copernicano*** (1632), opera chiave della battaglia per l’affermazione del copernicanesimo.
- ***Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze, attinenti alla meccanica e i movimenti locali***. (1638). Le due nuove scienze corrispondono ai due rami dell’odierna meccanica: la statica e la dinamica. Quest’opera, che è il vero capolavoro di Galilei, è concepita sempre come un dialogo fra i tre personaggi del dialogo precedente, e si svolge essa pure in quattro giornate; nelle prime due ha luogo un vero e proprio dialogo, mentre nelle ultime due si immagina che Salviati legga un’opera di Galilei (che non viene esplicitamente citato, ma definito il suo amico Accademico) e che gli altri due interlocutori intervengano per chiedere chiarimenti e commentarla. I Discorsi vennero composti nel periodo del confino e pubblicati in Olanda.



DIALOGO

DI
GALILEO GALILEI LINCEO
MATEMATICO SOPRAORDINARIO

DELLO STUDIO DI PISA.

E Filosofo, e Matematico primario del
SERENISSIMO

GR.DVCA DI TOSCANA.

Due ne i congressi di quattro giornate si discorre
sopra i due

MASSIMI SISTEMI DEL MONDO
TOLEMAICO, E COPERNICANO;

*Proponendo indeterminatamente le ragioni Filosofiche, e Naturali
tanto per l'una, quanto per l'altra parte.*



CON PRI

VILEGI.

IN FIRENZA, Per Gio:Batista Landini MDCXXXII.

CON LICENZA DE' SUPERIORI.



DIALOGVS
 DE SYSTEMATE MVNDI,
 Autore
 GALILÆO GALILÆI LYNCEO,
 SERENISSIMO
 FERDINANDO II. HETRVR MAGNO-DVCI
 dicatus.

ARISTOTELIS
 PTOLEMÆ
 COPERNICVS

Anno 5. Augusta Treboe.
 Impensis BONAVENTURÆ et ABRAHAMI ELZEVIRI
 Bibliopolar Leydeni.



Le scoperte di Galilei che contraddicono le concezioni aristotelico-tolemaiche

a) scoperte che mettono in crisi la concezione aristotelica del movimento:

- Intuizione teorica del **principio d'inerzia** (Primo principio della dinamica), che contraddiceva la teoria aristotelica
- Studio del moto di **caduta dei gravi**: tutti i corpi cadono nel vuoto con la stessa velocità (piano inclinato)
- **Principio di relatività galileiano**, che anticipa il principio di relatività di Einstein.

b) scoperte che mettono in crisi la concezione aristotelico-tolemaica dell'universo (rifiuto del geocentrismo e rifiuto della diversità di struttura tra cielo e terra):

- Scoperta delle **macchie lunari**
- Scoperta delle **macchie solari**
- Scoperta dei **satelliti di Giove**
- Scoperta delle **fasi di Venere** (se Venere ha delle fasi, non può trovarsi nella posizione in cui si trova nel sistema tolemaico)

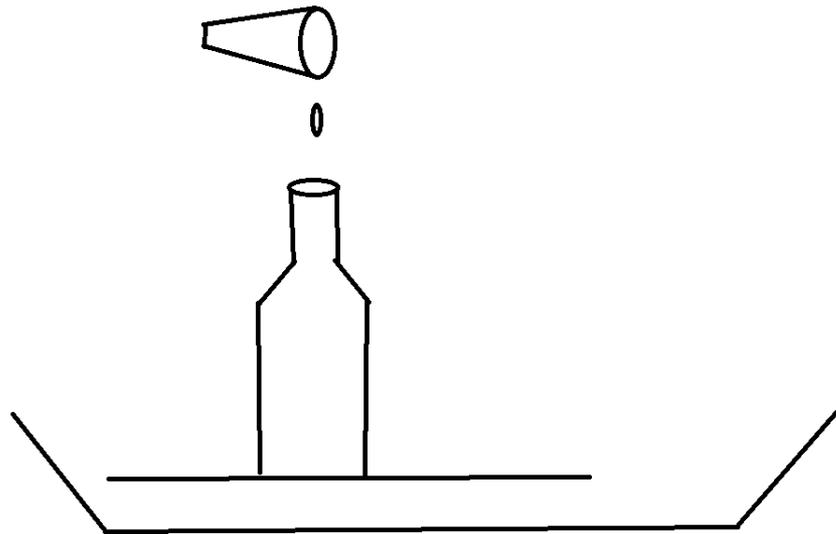
– **VIDEO – Il principio d'inerzia** https://www.youtube.com/watch?v=DgKzeUwPMiE&ab_channel=TerzaDscienze

– **VIDEO – La piuma e il martello sulla luna** https://www.youtube.com/watch?v=xF8hEUKjauY&ab_channel=FaberDecio -

2 agosto 1971, missione Apollo 15: l'astronauta David Scott effettua l'esperimento della caduta della piuma e del martello.

Relatività galileiana

I fenomeni che accadono su una nave ferma accadono allo stesso modo se la stessa nave si muove a velocità costante e senza scosse.



I satelliti di Giove (gennaio 1610)

Callisto ed Europa transitano di
fronte a Giove, ripresi dalla
navicella Cassini.



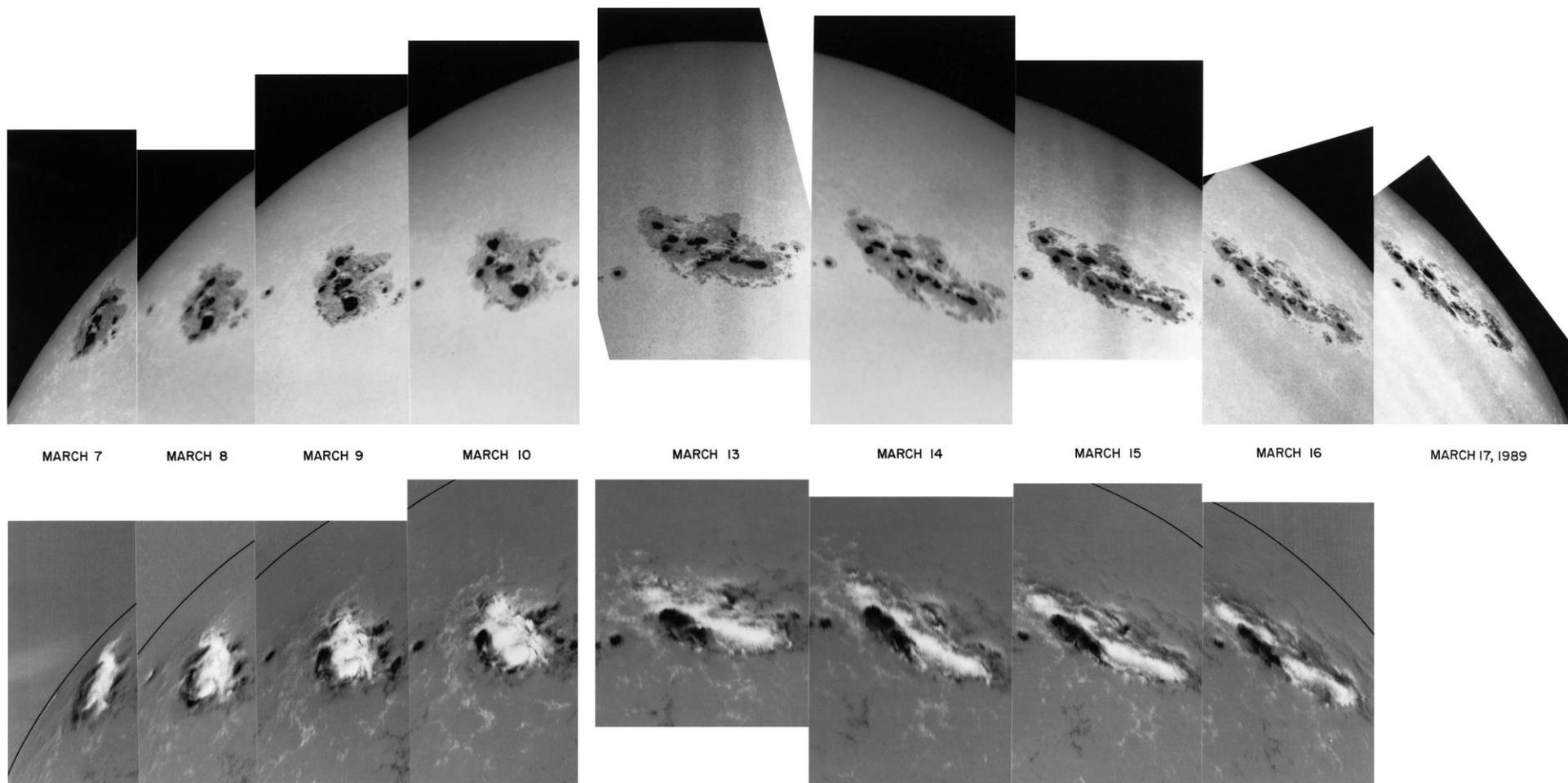
Le fasi di Venere.



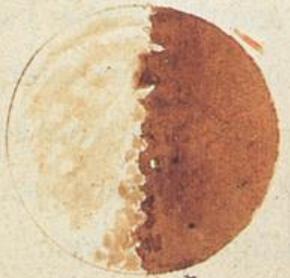
Nel sistema tolemaico, Venere avrebbe dovuto mostrare al più una falce sottile (il centro dell'epiciclo è sempre allineato con il Sole).

Le macchie solari (1611).

La polemica con gli aristotelici e con il gesuita Christoph Scheiner.







1

2

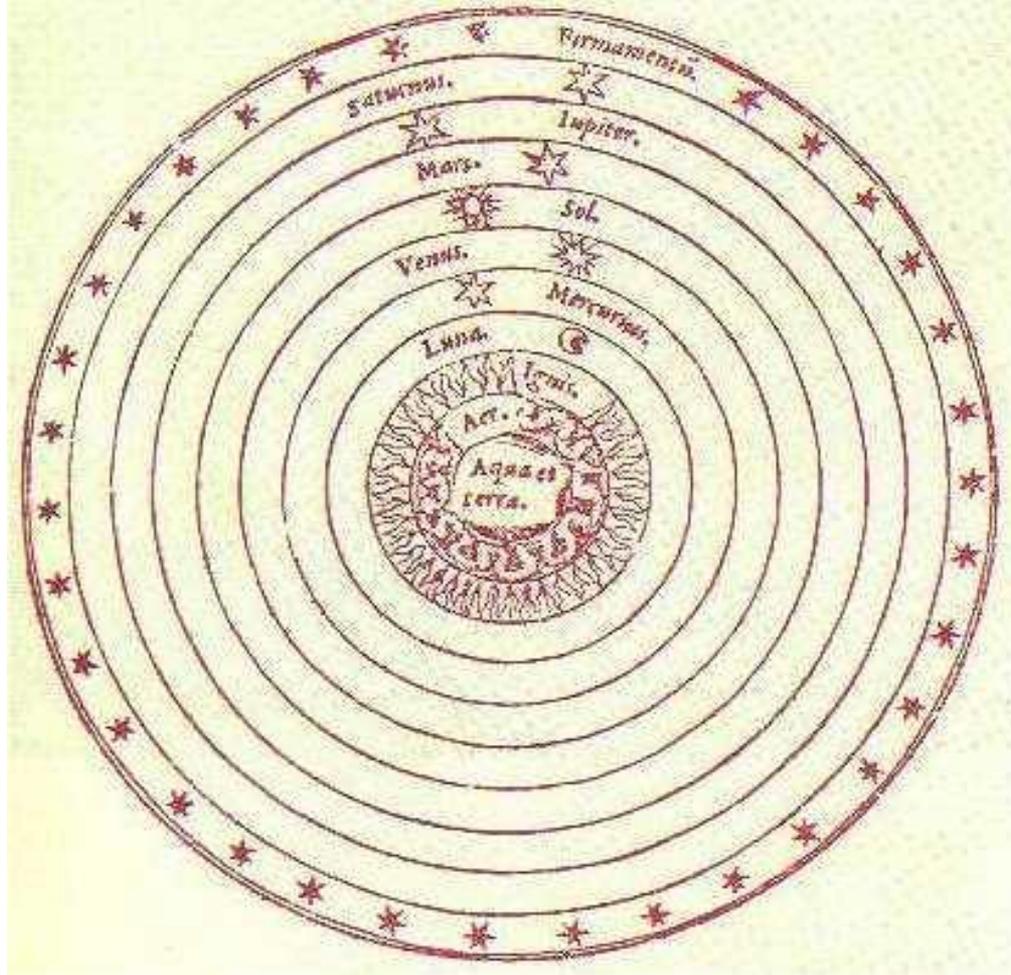
3

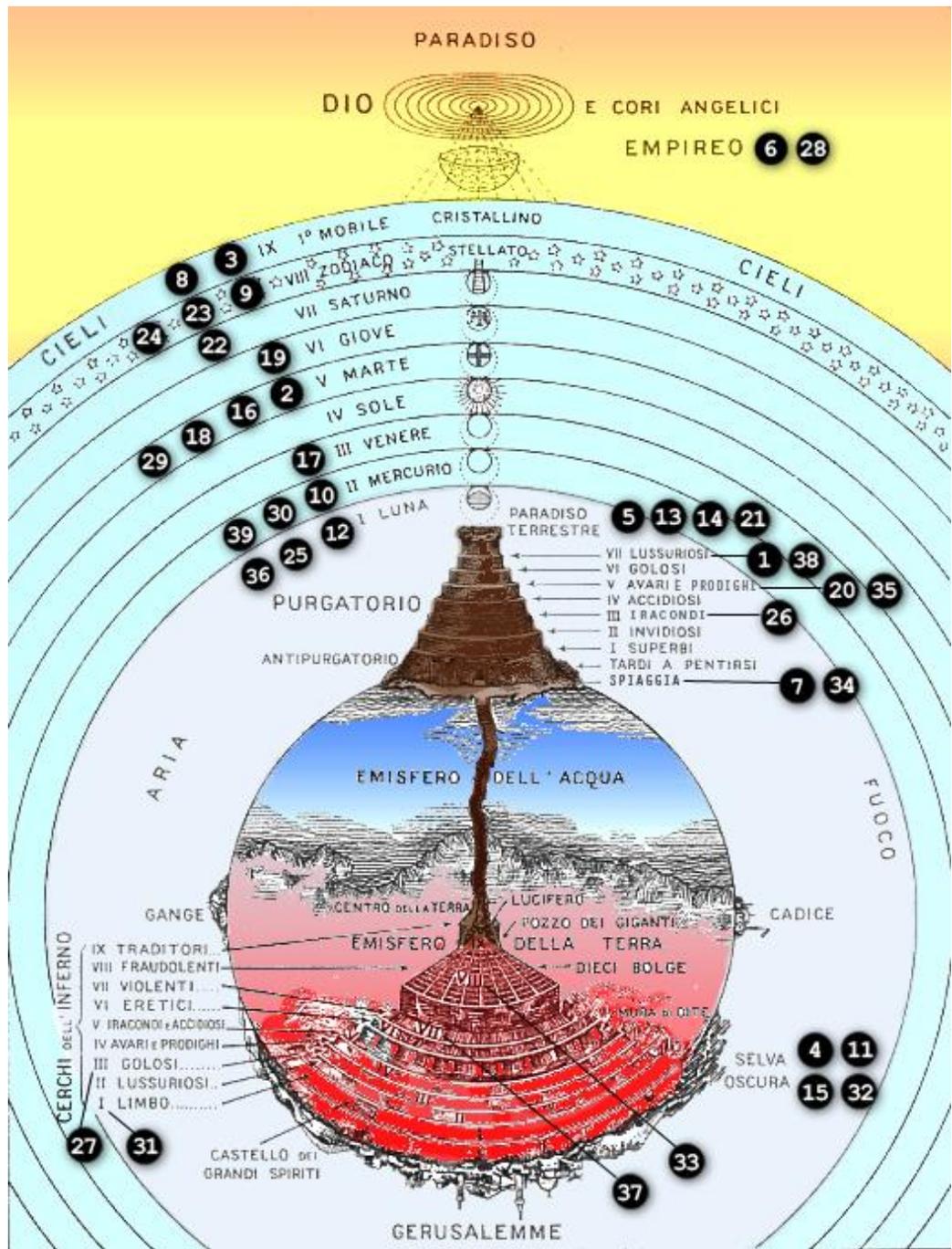
4

La fisica aristotelica e l'universo tolemaico

- Geocentrismo
- Differenza tra mondo sub-lunare e mondo sovra-lunare
- Distinzione tra movimenti perfetti (circolari) e imperfetti
- Collegamento tra questo sistema ed una visione etico-religiosa del destino dell'uomo
→ difficoltà di abbattere questo sistema molto radicato nelle menti

SPHAERAE MVNDI





PARADISO

DIO E CORI ANGELICI
EMPIREO 6 28

CIELI

IX 1° MOBILE CRISTALLINO
VIII ZODIACO STELLATO
VII SATURNO
VI GIOVE
V MARTE
IV SOLE
III VENERE
II MERCURIO
I LUNA

PURGATORIO

ARIA

EMISFERO DELL'ACQUA

FUOCO

GANGE

CENTRO DELLA TERRA

EMISFERO DELLA TERRA

CADICE

CERCHI DELL'INFERNO

IX TRADITORI
VIII FRAUDOLENTI
VII VIOLENTI
VI ERETICI
V IRACONDI e ACCIDIOSI
IV AVARI e PRODIGHI
III GOLOSI
II LUSSURIOSI
I LIMBO

CASTELLO DEI GRANDI SPIRITI

SELVA OSCURA

GERUSALEMME

Una battaglia su due fronti: la Chiesa e gli aristotelici

1) battaglia contro le verità religiose che non si possono contraddire

- in particolare, contro la tesi teologica della verità di ogni affermazione scritturale, Galilei espone nelle lettere copernicane (a Cristina di Lorena e a don Benedetto Castelli) la tesi dei due linguaggi differenti in cui sono scritte la Natura e la Bibbia, entrambe derivanti da Dio e perciò espressione della medesima verità

2) battaglia contro l'aristotelismo dominante nella cultura dell'epoca

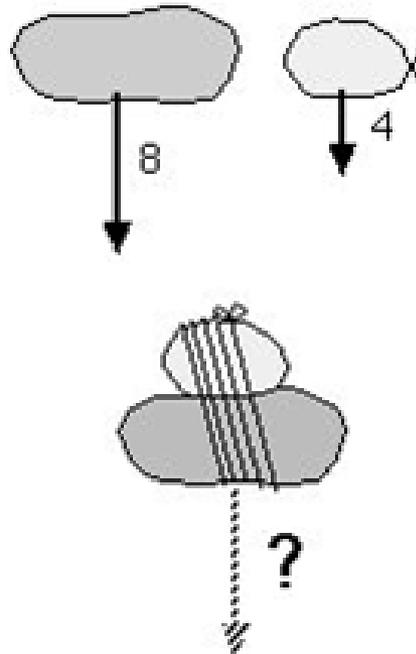
- Bisogna distinguere tra Aristotele e gli aristotelici stima per Aristotele e disprezzo per gli aristotelici che vivono in un mondo di carta; se Aristotele visse ora, non sarebbe aristotelico, ma accoglierebbe Galilei tra i suoi seguaci
- polemica contro il dogmatismo degli aristotelici, contro l'**ipse dixit**. Vedi l'episodio della dissezione del cadavere narrato nel Dialogo:

I nervi partono dal cervello e non dal cuore

Sagredo. Mi trovai un giorno in casa [di] un medico molto stimato in Venezia, dove alcuni per loro studio, ed altri per curiosità, convenivano tal volta a veder qualche taglio di notomia per mano di uno veramente non men dotto che diligente e pratico notomista. Ed accadde quel giorno, che si andava ricercando l'origine e nascimento de i nervi, sopra di che è famosa controversia tra i medici galenisti ed i peripatetici; e mostrando il notomista come, partendosi dal cervello e passando per la nuca, il grandissimo ceppo de i nervi si andava poi distendendo per la spinale e diramandosi per tutto il corpo, e che solo un filo sottilissimo come il refe arrivava al cuore, voltosi ad un gentil uomo ch'egli conosceva per filosofo peripatetico, e per la presenza del quale egli aveva con straordinaria diligenza scoperto e mostrato il tutto, gli domandò s'ei restava ben pago e sicuro, l'origine de i nervi venir dal cervello e non dal cuore; al quale il filosofo, dopo essere stato alquanto sopra di sé, rispose: "Voi mi avete fatto veder questa cosa talmente aperta e sensata, che quando il testo d'Aristotile non fusse in contrario, che apertamente dice, i nervi nascer dal cuore, bisognerebbe per forza confessarla per vera".

(dal *Dialogo dei massimi sistemi...*, inizio della *Seconda giornata*)

Un esempio (lo studio del moto uniformemente accelerato) per capire come pensava Galilei, cioè il suo metodo



1. Mostrare i lati deboli della teoria avversaria

Anzitutto viene mostrata l'infondatezza delle teorie aristoteliche che riconducono l'accelerazione alla massa e al peso dei corpi: se Aristotele avesse ragione allora si potrebbero dedurre dalla sua teoria conseguenze contraddittorie. Galileo introduce il celebre esperimento mentale delle due pietre di grandezza differente che cadono legate con un filo:

SALVIATI: "Quando dunque noi avessimo due mobili, le naturali velocità de i quali fossero ineguali, è manifesto che se noi coniugassimo il più tardo con il più veloce, questo dal più tardo sarebbe ritardato in parte, ed il tardo in parte velocitato dall'altro più veloce. Non concorrete voi meco in quest'opinione?"

SIMPLICIO: "Parmi che così debba indubitamente seguire"

SALVIATI:

"Ma se questo è, ed è insieme vero che una pietra grande si muove, per esempio, con otto gradi di velocità, ed una minore con quattro, adunque congiungendole ambedue insieme, il composto di loro si muoverà con velocità minore di otto gradi: ma le due pietre, congiunte insieme, fanno una pietra maggiore che quella prima, che si muoveva con otto gradi di velocità; adunque questa maggiore si muove meno velocemente che la minore; che è contro vostra supposizione."

(da *Discorsi e dimostrazioni...*)

2. Utilizzare “il rasoio di Occam”:

bisogna sempre cercare la spiegazione più semplice

- Si passa poi alla ricerca di un'altra spiegazione, che secondo le convinzioni di Galileo va trovata tra quelle più semplici che si possano formulare, senza ricorrere a ipotesi troppo astruse, come invece era nello stile di studiosi che avevano affrontato i problemi del moto nel passato.
- E' questa una ripresa del cosiddetto “rasoio di Occam” (Occam era un filosofo medievale), che Galilei riformula esattamente così:; *“La natura non opera con molte cose quello che può operare con poche”* (si ricordino alcune delle formulazioni più famose di questo principio date da Occam stesso: *“Inutile fare con più ciò che si può fare con meno”* o anche *“A parità di fattori, la spiegazione più semplice tende ad essere quella esatta”*).

“Infine a studiare il moto naturalmente accelerato siamo stati condotti quasi per mano dall'osservazione della consuetudine e della regola seguite dalla natura medesima in tutte le altre sue opere, nella cui attuazione suole far uso dei mezzi più immediati, più semplici, più facili. Ritengo infatti che non vi sia nessuno, il quale creda che si possa praticare il nuoto o il volo in una maniera più semplice e più facile di quella usata, per istinto naturale, dai pesci e dagli uccelli.”

“Quando, dunque, osservo che una pietra, che discende dall’alto a partire dalla quiete, acquista via via nuovi incrementi di velocità, perché non dovrei credere che tali aumenti avvengano secondo la più semplice e più ovvia proporzione? Ora, se consideriamo attentamente la cosa, non troveremo nessun aumento o incremento più semplice di quello che aumenta sempre nel medesimo modo... Possiamo quindi ammettere la seguente definizione del moto di cui tratteremo: *Moto equabilmente, ossia uniformemente accelerato, dico quello che, a partire dalla quiete, in tempi eguali acquista eguali momenti di velocità.*”

(da *Discorsi e dimostrazioni...*)

3. Rifiutare il finalismo

cercare il *come* e non il *perchè*

- Altra differenza rispetto al metodo degli antichi: a Galileo non interessa trovare la causa del fenomeno ma descrivere nel modo più chiaro possibile il suo andamento: **non vuole cercare il *perché* ma il *come*.**
- Rispetto alla vecchia scienza che cercava di individuare **le quattro cause aristoteliche** (formale, materiale, efficiente e finale) egli si dichiara soddisfatto se riuscirà a individuare solo quella efficiente, che dà conto del come avviene il fenomeno ed è anche la più certa da controllare e verificare.
- In effetti, alcune delle quattro cause erano veramente oscure e difficili da individuare o comunque opinabili e contestabili. Si veda ad es. la causa finale, dalla cui ricerca sarebbero potute scaturire domande come queste: perché (cioè a che fine) ci sono i pianeti nell'universo? Perché c'è una certa forza nell'universo e non un'altra (ad es. la gravità)? E così via. E' ovvio che a domande di questo genere si può rispondere in molti modi, a seconda delle proprie convinzioni religiose, della propria visione del mondo, ecc.; e tutte queste risposte sono discutibili, cioè non mettono necessariamente d'accordo tutti.

Sagredo: Da questo discorso mi par che si potrebbe cavare una assai congrua ragione della quistione agitata tra i filosofi, qual sia la causa dell'accelerazione del moto naturale de i gravi...

Salviati: Non mi par tempo opportuno d'entrare al presente nell'investigazione della causa dell'accelerazione del moto naturale, intorno alla quale da varii filosofi varie sentenze sono state prodotte, riducendola alcuni all'avvicinamento al centro, altri al restar successivamente manco parti del mezo da fendersi, altri a una certa estrusione del mezo ambiente, il quale, nel ricongiungersi a tergo del mobile, lo va premendo e continuamente scacciando; le quali fantasie, con altre appresso, converrebbe andare esaminando e con poco guadagno risolvendo. Per ora basta al nostro Autore che noi intendiamo che egli vuole investigare e dimostrare alcune passioni di un moto accelerato (qualunque si sia la causa della sua accelerazione)...

(da *Discorsi e dimostrazioni...*)

L'Autore cui si fa riferimento è lo stesso Galilei poiché nei *Discorsi* si ricorre alla finzione letteraria di far leggere a Salviati un dialogo in latino composto dal suo amico Accademico (cioè Galilei). Di tanto in tanto la lettura viene interrotta dagli altri due interlocutori che chiedono chiarimenti.

La scienza nasce da un atto di limitazione delle pretese conoscitive

Galilei non esclude che si possano formulare domande su certi aspetti delle questioni indagate, ma rinuncia a porsele perché non è possibile rispondervi con la stessa esattezza con cui si può rispondere ad altre.

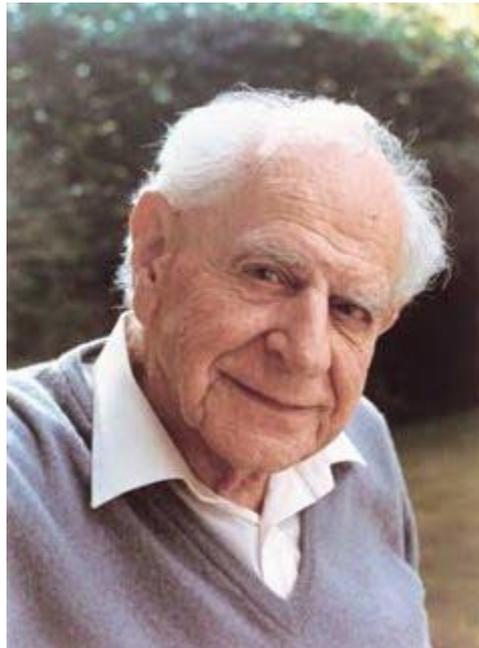
→ Limitarsi alle sole questioni risolubili con precisione.

4. Attenersi al criterio della verificabilità

Galilei anticipa il principio di verifica:
un'affermazione non è scientifica se non è verificabile

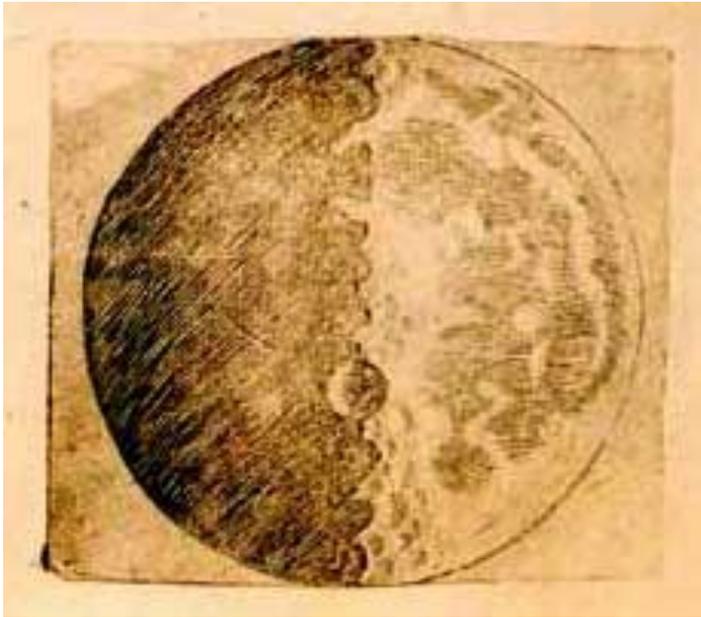
- **Nella scienza hanno diritto di cittadinanza solo le affermazioni verificabili (disinteresse per quelle non verificabili).** Al rifiuto del finalismo (inteso come spiegazione che non può essere verificata scientificamente) possiamo collegare l'idea galileiana che emerge nella disputa con il gesuita padre Clavio dovuta alla presenza di montuosità sulla luna che negavano il presupposto aristotelico della perfezione e sfericità dei corpi celesti.
- A padre Clavio, che – attraverso un'ingegnosa spiegazione – sostiene che in realtà le montuosità e gli avvallamenti ci sono ma non compromettono la perfezione della superficie lunare perché questa è ricoperta di una sostanza cristallina, che noi non possiamo vedere, ma che la rende perfettamente liscia e levigata, Galilei risponde così: *“veramente l'immaginazione è bella... solo gli manca il non esser né dimostrata né dimostrabile”* (Geymonat, p. 69-70).
- In questa risposta si può vedere un'anticipazione della formulazione del **principio di verifica** (elaborato dal Circolo di Vienna nel '900, poi ripreso e criticato dal filosofo Popper con la sua teoria del **principio di falsificazione**): **è scientifico solo ciò che di fatto, o almeno in linea di principio, è verificabile**; un'affermazione né dimostrata né dimostrabile non ha diritto di cittadinanza nella scienza.

Le affermazioni metodologiche di Galileo nel dibattito con padre Clavio sono di grande modernità perché espellono dalla scienza tutte le fantasie pseudoscientifiche che risultano non verificabili



Il filosofo della scienza Karl Popper (1902-1994)

La disputa sulla perfetta sfericità della superficie lunare tra Galileo e padre Clavio



5. verificare attraverso gli esperimenti

- Non basta intuire e formulare ipotesi ma occorre dimostrare e per dimostrare ci vogliono strumenti precisi e inattaccabili (uso della matematica).
- Dopo aver intuito l'idea che il moto avvenga in modo uniformemente accelerato, Galileo cerca anche di offrirne una descrizione e dimostrazione **rigorosa e precisa** che non sia basata su semplici impressioni e supposizioni.

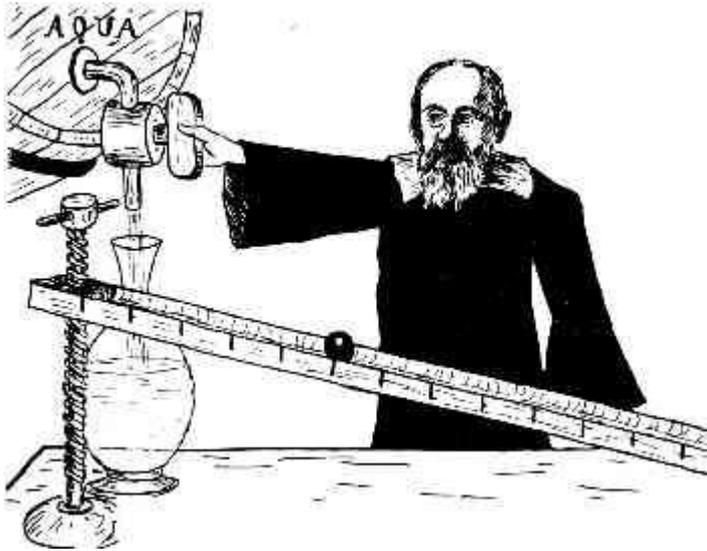
6. privilegiare le qualità primarie rispetto a quelle secondarie

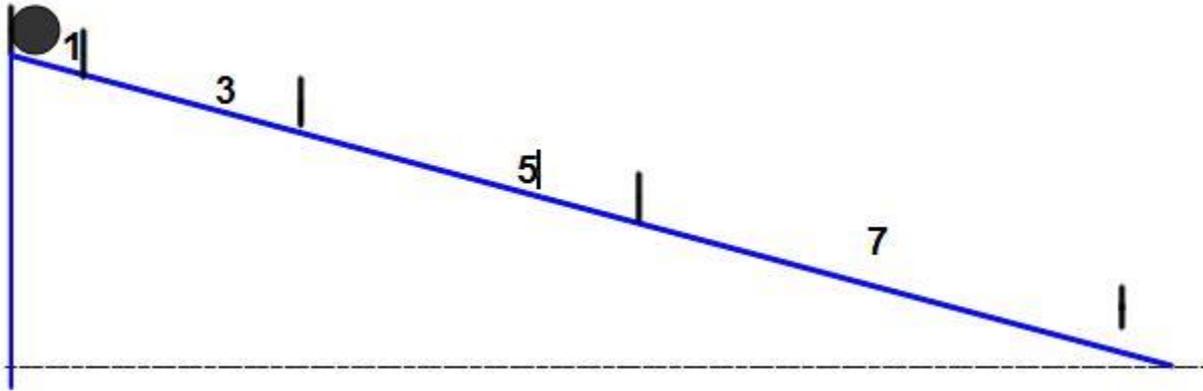
(l'importanza della misurazione e della **precisione**)

- Il ricorso a strumenti di misurazione precisi, ci porta a sottolineare l'importanza del rigore nell'osservazione dei fenomeni. Evidentemente esso non può essere ottenuto attenendosi a impressioni e sensazioni soggettive, ma bisogna rifarsi a elementi oggettivi e misurabili (es. di due persone che entrano in acqua: una dice che è fredda, l'altra che è calda; chi ha ragione? Non si esce dalla disputa se non ricorrendo a un termometro che trasforma le sensazioni soggettive di caldo e freddo in temperatura misurabile attraverso una scala numerica).
- Di qui la scelta di Galileo di privilegiare gli aspetti quantitativi e misurabili rispetto a quelli qualitativi → ripresa della distinzione democritea tra qualità primarie e secondarie; le prime sono oggettive e dunque uguali per tutti e misurabili, le seconde invece dipendono solo dal soggetto senziente e come tali non si prestano ad essere utilizzate come criterio che metta d'accordo tutti (es. galileiano del **solletico**, che risiede nel soggetto e non nella mano che solleticando il corpo lo provoca; questo esempio ricorda quello democriteo del **miele**, che è dolce perché i suoi atomi sono tondi e "accarezzano" le papille invece di sfregarle provocando una sensazione piacevole; il miele non è dolce in sé, ma solo in relazione ad un soggetto che lo sente tale)

Qualità primarie di un oggetto	Qualità secondarie
<ul style="list-style-type: none"> • contorni, forma e figura • essere grande o piccolo in relazione ad altri oggetti • trovarsi in questo o quel luogo • trovarsi in questo o quel tempo • muoversi o stare fermo • toccare o non toccare un altro corpo • essere uno, essere pochi o molti 	<ul style="list-style-type: none"> • essere bianco o rosso • amaro o dolce • sonoro o muto • di odore piacevole o spiacevole
<p>Sono oggettive cioè sono possedute dall'oggetto ed esisterebbero anche se non ci fosse un soggetto che le percepisce.</p> <p>Sono e misurabili (si può misurare la lunghezza di un oggetto, la sua distanza da un altro, il numero di oggetti presenti l'uno accanto all'altro, ecc.)</p>	<p>Sono soggettive cioè non appartengono all'oggetto, ma esistono solo se c'è un soggetto che le percepisce.</p> <p>Non sono misurabili.</p>

La costruzione del piano inclinato





- Galileo scopre che gli spazi percorsi dalla pallina nella stessa unità di tempo (misurata con l'orologio ad acqua) sono sempre più lunghi e corrispondono alla serie dei numeri dispari: nel primo intervallo, la pallina percorre lo spazio 1; nel secondo intervallo, nella stessa unità di tempo, lo spazio è di 3 volte più lungo; nel terzo intervallo è di 5 volte più lungo... La conclusione è che l'accelerazione è descrivibile con una formula matematica, in base alla quale **“gli spazi percorsi stanno tra loro come i quadrati dei tempi”**.
- La formula è la seguente (s = spazio; a = accelerazione; t = tempo):

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

Ecco il passo che descrive il piano inclinato:

In un regolo, o vogliàn dir corrente, di legno, lungo circa 12 braccia, e largo per un verso mezo braccio e per l'altro 3 dita, si era in questa minor larghezza incavato un canaletto, poco più largo d'un dito; tiratolo drittissimo, e, per averlo ben pulito e liscio, incollatovi dentro una carta pecora zannata e lustrata al possibile, si faceva in esso scendere una palla di bronzo durissimo, ben rotondata e pulita; costituito che si era il detto regolo pendente, elevando sopra il piano orizzontale una delle sue estremità un braccio o due ad arbitrio, si lasciava (come dico) scendere per il detto canale la palla, notando, nel modo che appresso dirò, il tempo che consumava nello scorrerlo tutto, replicando il medesimo atto molte volte per assicurarsi bene della quantità del tempo, nel quale non si trovava mai differenza né anco della decima parte d'una battuta di polso. Fatta e stabilita precisamente tale operazione, facemmo scender la medesima palla solamente per la quarta parte della lunghezza di esso canale; e misurato il tempo della sua scesa, si trovava sempre puntualissimamente esser la metà dell'altro: e facendo poi l'esperienze di altre parti, esaminando ora il tempo di tutta la lunghezza col tempo della metà, o con quello delli duo terzi o de i $3/4$, o in conclusione con qualunque altra divisione, per esperienze ben cento volte replicate sempre s'incontrava, gli spazii passati esser tra di loro come i quadrati de i tempi, e questo in tutte le inclinazioni del piano...

(da *Discorsi e dimostrazioni...*)

Ed ecco il brano sulle difficoltà incontrate nella misurazione del fenomeno (l'espedito dell'orologio ad acqua):

Quanto poi alla misura del tempo, si teneva una gran secchia piena d'acqua, attaccata in alto, la quale per un sottil cannellino, saldatogli nel fondo, versava un sottil filo d'acqua, che s'andava ricevendo con un piccolo bicchiere per tutto 'l tempo che la palla scendeva nel canale e nelle sue parti: le particelle poi dell'acqua, in tal guisa raccolte, s'andavano di volta in volta con esattissima bilancia pesando, dandoci le differenze e proporzioni de i pesi loro le differenze e proporzioni de i tempi; e questo con tal giustezza, che, come ho detto, tali operazioni, molte e molte volte replicate, già mai non differivano d'un notabil momento.

(da *Discorsi e dimostrazioni...*)

“A studiare il moto naturalmente accelerato siamo stati condotti quasi per mano dall'osservazione della consuetudine e della regola seguite dalla natura medesima in tutte le altre sue opere, nella cui attuazione suole far uso dei mezzi più immediati, più semplici, più facili. Quando, dunque, osservo che una pietra, discendendo dall'alto a partire dalla quiete, acquista via via nuovi incrementi di velocità, perché non dovrei credere che tali aumenti avvengano secondo la più semplice e più ovvia delle proporzioni? Ora, se consideriamo attentamente la cosa, non troveremo nessun aumento o incremento più semplice di quello che aumenta sempre nel medesimo modo”.

“Moto equabilmente, ossia uniformemente accelerato, diciamo quel moto che, a partire dalla quiete, in tempi uguali acquista eguali momenti di velocità”.

Il metodo di Galilei si riassume nella frase:

**“sensate esperienze
e
certe dimostrazioni”**

= **unire all'osservazione sperimentale** (esperienze “sensate” = fatte con i sensi)
il ragionamento matematico (dimostrazioni “certe” = fatte con la matematica)

Sensate esperienze

Esperienze fatte con i sensi.

Le esperienze utilizzate per verificare le ipotesi matematiche consistono nell'osservare i fatti e nel controllare direttamente le cose di cui si parla, evitando, come facevano gli aristotelici, di sottrarsi al confronto con la realtà (es. l'episodio della dissezione anatomica e l'origine delle terminazioni nervose). Nella scienza non ci si deve rifare a testimonianze e ad osservazioni indirette, ma bisogna guardare direttamente come stanno le cose.

Certe dimostrazioni

Bisogna trovare una **formula matematica** che esprima una legge.

Vi è secondo Galilei un accordo generale tra la natura e la matematica, la natura cioè ha una struttura matematica.

→ vd. testo di Galileo

Esempio

Studio del moto uniformemente accelerato mediante l'osservazione sperimentale di ciò che accade sul **piano inclinato**.

Elaborazione di una legge matematica che inquadra il movimento in una **formula**:

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

s = spazio; a = accelerazione; t = tempo

Testo

La filosofia [= la *philosophia naturalis*, cioè la fisica] 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, da *Il Saggiatore*)

Parafrasi

La Fisica è scritta in questo grandissimo libro che ci sta sempre aperto davanti agli occhi cioè l'universo. Ma questo libro non si può capire se prima non s'impara a leggere la lingua e a conoscere i caratteri nei quali è scritto.

Il gran libro dell'universo è scritto in lingua matematica, e i caratteri di questa lingua sono triangoli, cerchi ed altre figure geometriche. Senza conoscere la matematica è dunque impossibile da parte dell'uomo studiare l'universo; senza conoscere la matematica è come aggirarsi inutilmente in un oscuro labirinto.

N.B.:

**Non è dimostrabile che la natura abbia una
struttura matematica.**

E' un'assunzione filosofica.