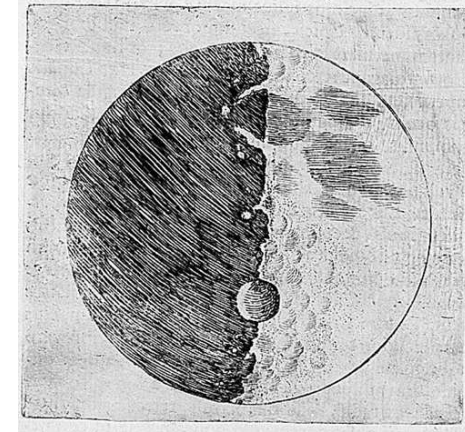


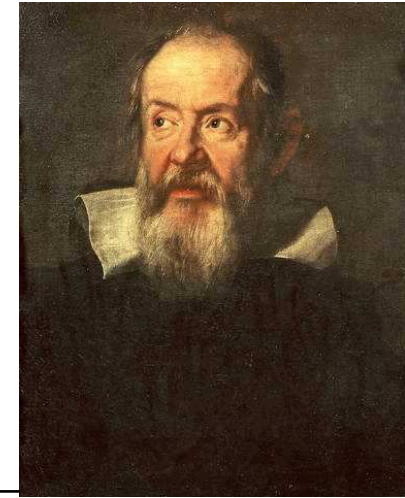
# Liceo "Quadri Corso di cultura 2009



*Dalle ore 18.00 alle ore 20.00*

- |                    |   |
|--------------------|---|
| Giov. 16 aprile 09 | <b>Paolo Vidali:</b> Galilei e la nascita della scienza moderna                           |
| Mart. 21 aprile 09 | <b>Giorgio Tesaro:</b> Galilei matematico   |
| Giov. 23 aprile 09 | <b>Giuseppe Fera:</b> Galilei fisico  |
| Mart. 28 aprile 09 | <b>Gabriella De Guio:</b> Galilei nella letteratura italiana                              |
| Giov. 30 aprile 09 | <b>Giuliano Cisco:</b> Galilei scienziato e credente:<br>l'ermeneutica biblica galileiana |

# GALILEI: L'UOMO, LO SCIENZIATO, IL FILOSOSOFO



**Paolo Vidali**  
Galilei e la nascita della  
scienza moderna



Liceo "Quadri  
Corso di cultura 2009



# Alle origini della scienza moderna

---

Il problema della conoscenza in ambito moderno è strettamente collegato alla più significativa novità di quest'epoca: la nascita della scienza moderna, caratterizzata dalla matematizzazione della fisica e dalla trasformazione in senso quantitativo dell'indagine sui fenomeni naturali.

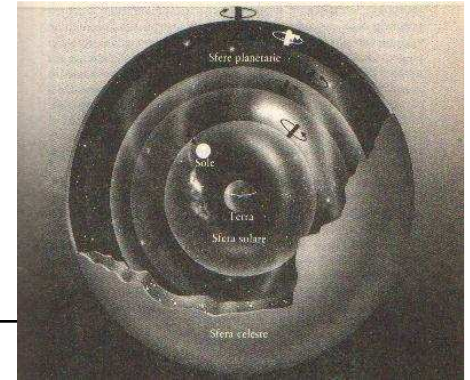
Da quando si comincia a ritenere che anche della fisica terrestre sia possibile una scienza matematicamente impostata, nascono alcuni interrogativi sui quali la filosofia moderna rifletterà a fondo.

Come è possibile conoscere con precisione matematica un fenomeno naturale, per esempio la caduta di un grave?

Che tipo di conoscenza è quella matematica e perché è possibile, come ha fatto Galilei, applicarla con successo all'analisi della realtà naturale?

Rispondere a questa domanda comporta una profonda revisione dell'idea di natura e un completo ripensamento del soggetto della conoscenza umana.

# Il mondo scolastico



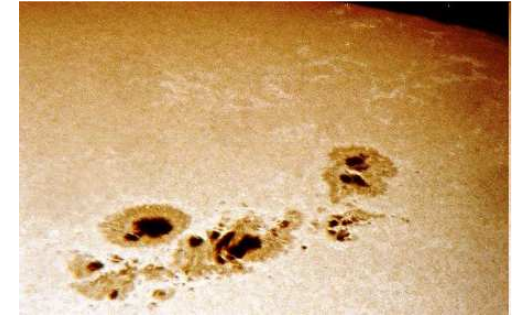
- La fisica dipendeva dalla natura dei corpi, in cui prevaleva un tipo di elemento (terra, acqua, aria, fuoco) naturalmente tendente al proprio luogo naturale: i corpi solidi venivano classificati in “leggeri” o “gravi” a seconda della loro naturale tendenza verso l’alto (il vapore, il fumo) oppure verso il basso.
- Lo stato di moto di un corpo è determinato dalla presenza di una forza che vi agisce; esaurito l’effetto di tale “forza” si perviene in breve tempo alla quiete, la quale compete alla natura dell’oggetto stesso.
- La concezione dei cieli adottata era quella geocentrica fornita dall’astronomo alessandrino Tolomeo (ca 100-170) nell’Almagesto e consentiva di effettuare dei calcoli sufficientemente precisi come la predizione delle eclissi e le posizioni dei pianeti;
- La terra veniva posta al centro dell’universo ma era vista come un oggetto assai poco nobile; essa è infatti popolata da creature mortali ed è corruttibile per sua natura in contrasto con il perfetto meccanismo dei cieli immutabili ed incorruttibili
- Attorno alla terra venivano messi in rotazione i pianeti incastonati in tante sfere cristalline le quali si pensava che scorressero perpetuamente una dentro l’altra come un complesso meccanismo ad orologeria senza attrito, caratterizzato dal tipo di elemento che le costituiva, l’etere.

# Un esempio di indagine



- Perché dal mosto nascono migliaia di moscerini? Ecco un esempio di risposta tutta interna alla teoria aristotelica delle forme sostanziali:
- « Ed al proposito di moscioni, la materia loro propinqua è il fumo del mosto, la quale ha però, nel suo modo, forma (tal qual si sia) informe o imperfetta di quella fumosità; questo fumo ha del terreo sottile, ed il calore che trae di sua natura dal mosto è anco umido grandemente, le quali disposizioni sono attissime alla formazione di questi imperfetti animaletti: la terrestreità gli serve per sussistenza stabile; l'umidità per impastargli, a punto come l'acqua nella farina per fare il pane, il caldo per dargli principio di vita e di operazione; la rarità leggiera aerea, per somministrargli spiriti agili al movimento. Tali sono le disposizioni, ma però con qualche difetto, onde da gli agenti, per mezzo delle qualità contrarie, devono ridursi all'ultima intiera perfezione. Il terrestre, dunque, che nel fumo è raro e dissoluto, deve dall'umido connettersi con l'attività del caldo operativo, nel modo che si stringe o rapprende il latte col fuoco; e così alla terra, secca e fredda, si oppongono in questa azione i contrari, cioè il caldo e l'umido. La superfluità dell'umido, ripugnante alla solidezza e consistenza, a proporzione da temperato terreo secco coll'aiuto del calore si asciuga e si agiusta; il caldo inordinato da freddo acqueo si riduce a docuta temperie, e l'agilità aerea di semplice naturalezza prende indifferenza per il montò animale. Or il fumo, fatto denso, temperato, mobile, indifferente, non più fumo, ha persa la sua forma, ed in questa maniera dal suo distruggersi si è generata la natura de' moscioni» A. Rocco, *Esercitazioni filosofiche*, un testo annotato da Galilei e ora pubblicato con le postille in Galilei, *Opere*, 1890-1909, vol. VII p. 611

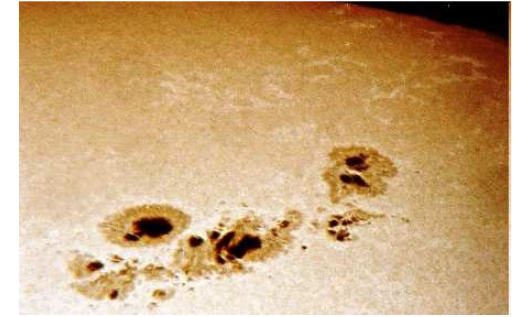
# Galilei e la scelta di campo: indagare «alcune affezioni»



«O noi vogliamo specolando tentar di penetrare l'essenza vera ed intrinseca delle sustanze naturali; o noi vogliamo contentarci di venir in notizia di alcune loro affezioni. Il tentar l'essenza, l'ho per impresa non meno impossibile e per fatica non men vana nelle prossime sustanze elementari che nelle remorissime e celesti: e a me par essere ugualmente ignaro della sustanza della Terra che della Luna, delle nubi elementari che delle macchie del Sole; né veggo che nell'intender queste sostanze vicine aviamo altro vantaggio che la copia de' particolari, ma tutti egualmente ignoti, per i quali andiamo vagando, trapassando con pochissimo o niuno acquisto dall'uno all'altro. E se, domandando io qual sia la sustanza delle nugole, mi sarà detto che è un vapore umido, io di nuovo desidererò sapere che cosa sia il vapore; mi sarà per avventura insegnato esser acqua, per virtù del caldo attenuata, ed in quello resoluta; ma io, egualmente dubbioso di ciò che sia l'acqua, ricercandolo, intenderò finalmente, esser quel corpo fluido che scorre per i fiumi e che noi continuamente maneggiamo e trattiamo: ma tal notizia dell'acqua è solamente più vicina e dipendente da più sensi, ma non più intrinseca di quella che io avevo per avanti delle nugole. E nell'istesso modo non più intendo della vera essenza della terra o del fuoco, che della Luna o del Sole; e questa è quella cognizione che ci vien riservata da intendersi nello stato di beatitudine, e non prima. Ma se vorremmo fermarci nell'apprensione di alcune affezioni, non mi par che sia da desperar di poter conseguirle anco ne i corpi lontanissimi da noi, non meno che nei prossimi, anzi tal una per avventura più esattamente in quelli che in questi. E chi non intende meglio i periodi de i movimenti de i pianeti, che quelli dell'acque di diversi mari? chi non sa che molto prima e più speditamente fu compresa la figura sferica nel corpo lunare che nel terrestre? e non è egli ancora controverso se l'istessa Terra resti immobile o pur vadia vagado, mentre che noi siamo certissimi de i movimenti di non poche stelle? Voglio per tanto inferire, che se bene indarno si tenterebbe l'investigazione della sustanza delle macchie solari, non resta però che alcune loro affezioni, come il luogo, il moto, la figura, la grandezza, l'opacità, la mutabilità, la produzione ed il dissolvimento, non possino da noi esser apprese, ed esserci poi mezi a poter meglio filosofare intorno ad altre più controverse condizioni delle sustanze naturali; le quali poi finalmente sollevandoci all'ultimo scopo delle nostre fatiche, cioè all'amore del divino Artefice, ci conservino la speranza di poter apprendere in Lui, fonte di luce e di verità, ogn'altro vero» (Galilei, 1613, *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari*, pp. 187-8).



# Galilei e la scelta di campo: indagare «alcune affezioni»

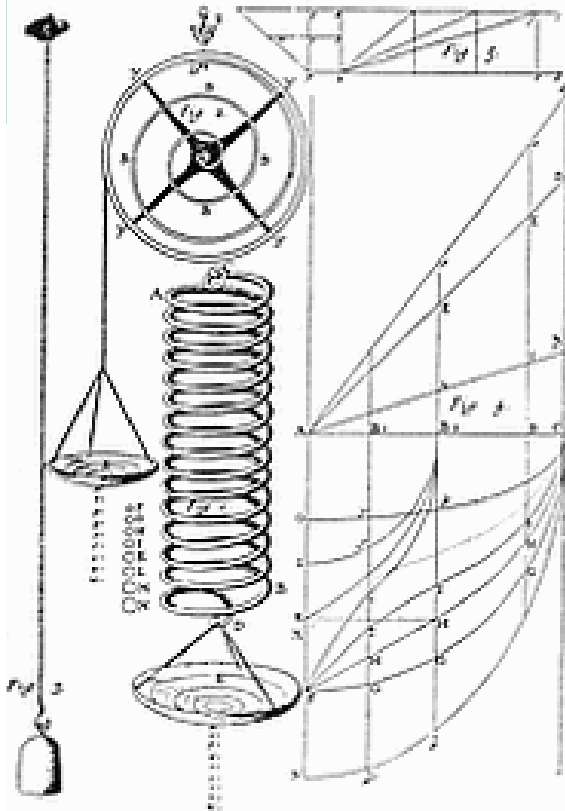


- C'è una precisa scelta di campo in questo spostamento dell'oggetto conoscitivo: dalla forma sostanziale, sterile perché ignota o riconducibile a una percezione estrinseca, si passa a un'«**affezione**» che tuttavia presenta delle particolarità non trascurabili.
- Sono infatti affezioni indipendenti dalla prossimità o dalla distanza dell'oggetto considerato. La loro determinazione non dipende quindi dalla «copia de' particolari», ma dalla **stabilità** con cui si presentano.
- Infatti si tratta di affezioni **indipendenti dall'osservatore**, cioè stabili conoscitivamente perché costanti rispetto alla qualità e alla quantità dell'osservazione. E' nata, con poche righe ma con una grande consapevolezza, quella distinzione tra qualità primarie e qualità secondarie dei corpi, così chiamata da Boyle e ripresa poi come distinzione tra qualità oggettive e soggettive da Locke nel suo *Saggio sull'intelletto umano*.



# Le qualità primarie dei corpi

«Io dico che sento ben tirarmi della necessità, subito che concepisco una materia o sostanza corporea, a concepire insieme ch'ella è **terminata e figurata** di questa o di quella figura, ch'ella **in relazione ad altre è grande o piccola**, ch'ella è **in questo o quel luogo**, in questo o quel **tempo**, ch'ella **si muove o sta ferma**, ch'ella **tocca o non tocca un altro corpo**, ch'ella è **una**, poche o molte, né per veruna immaginazione posso separarla da queste condizioni; ma ch'ella debba essere bianca o rossa, amara o dolce, sonora o muta, di grato o ingrato odore, non sento farmi forza alla mente di doverla apprendere da cotali condizioni necessariamente accompagnata: anzi, se i sensi non ci fossero scorta, forse il discorso o l'immaginazione per se stessa non v'arriverebbe già mai. Per lo che vo io pensando che **questi sapori, odori, colori, etc.**, per la parte del soggetto nel quale ci par che risegganno, **non sieno altro che puri nomi**, ma tengano solamente lor residenza nel corpo sensitivo, sì che **rimosso l'animale, sieno levate ed annichilate tutte queste qualità**; tuttavia però che noi, sì come gli abbiamo imposti nomi particolari e differenti da quelli de gli altri primi e reali accidenti, volessimo credere ch'esse ancora fossero veramente e realmente da quelli diverse» (Galilei, *Il Saggiatore*, 1623, p. 327).

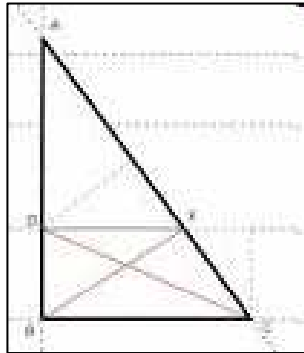


# Verso una fisica matematizzata



«La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico lo universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, a 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*, 1623 p. 295).

# Verso una fisica matematizzata

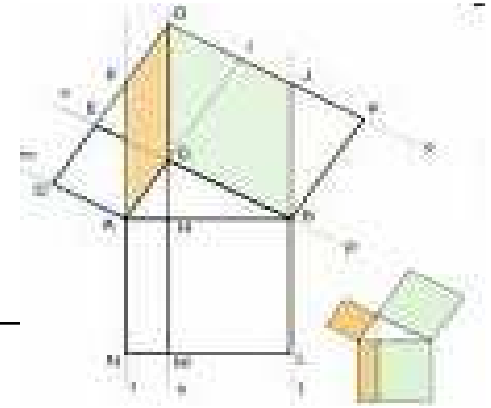


La capacità umana di produrre matematica non deriva dalla sensibilità, non dipende da un'intuizione metafisica, né discende da una rivelazione divina. E' una competenza umana, ma la più divina delle competenze umane.

- «L'intendere si può pigliare in due modi, cioè *intensive*, o vero *extensive*: e che *extensive*, cioè quanto alla moltitudine degli intelligibili, che sono infiniti, l'intender umano è come nullo, quando bene egli intendesse mille proposizioni, perché mille rispetto all'infinità è come un zero; ma pigliando l'intendere *intensive*, in quanto cotal termine importa intensivamente, cioè perfettamente, alcuna proposizione, dico che l'intelletto umano ne intende alcune così perfettamente, e ne così assoluta certezza, quando se n'abbia l'istessa natura; e tali sono le scienze matematiche pure, cioè la geometria e l'aritmetica, delle quali l'intelletto divino ne sa bene infinite proposizioni di più perché le sa tutte, ma di quelle poche intese dall'intelletto umano credo che la cognizione agguagli la divina nella certezza obiettiva, poiché arriva a comprenderne la necessità, sopra la quale non par che possa esser sicurezza maggiore» (Galilei, 1632, p. 127).

# Verso una fisica matematizzata

---



- Galilei è platonico per la sua enfasi sull'importanza conoscitiva della matematica, non certo perché crede che nel mondo reale vi siano "triangoli, cerchi, ed altre figure" nella loro perfezione geometrica. Il mondo, specie quello terrestre, è impreciso
- Ed è proprio questa l'obiezione che gli muove Simplicio, nella prima giornata del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (1632): "ma dirò bene con Aristotile che nelle cose naturali non si deve sempre ricercare una necessità di dimostrazione matematica" (ivi, p. 38).
- Galilei non esista a concordare. Siamo allora in presenza di una contraddizione?
- No. Nel mondo non si devono ricercare "triangoli, cerchi, ed altre figure", ma per "leggerlo" bisogna conoscere queste figure "il voler trattar le quistioni naturali senza geometria è un tentar di fare quello che è impossibile ad essere fatto" (Ivi, p. 229)

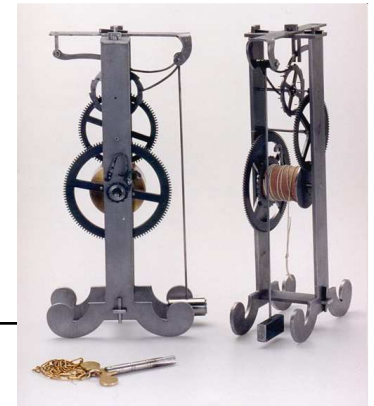


# “Difalcare” gli impedimenti della natura

---

- SALVIATI. [...] Adunque, tuttavolta che in concreto voi [o Simplicio] applicate una sfera materiale a un piano materiale, voi applicate una sfera non perfetta a un piano non perfetto; e questi dite che non si toccano in un punto. Ma io vi dico che anco in astratto una sfera immateriale, che non sia sfera perfetta, può toccare un piano immateriale, che non sia piano perfetto, non in un punto, ma con parte della sua superficie; talché sin qui quello che accade in concreto, accade nell'istesso modo in astratto: e sarebbe ben nuova cosa che i computi e le ragioni fatte in numeri astratti, non rispondessero poi alle monete d'oro e d'argento e alle mercanzie in concreto.
- Ma sapete, signor Simplicio, quel che accade? Si come a voler che i calcoli tornino sopra i zuccheri, le sete e le lane, bisogna che il computista faccia le sue tare di casse, invoglie ed altre bagaglie, così, quando il filosofo geometra vuol riconoscere in concreto gli effetti dimostrati in astratto, bisogna che difalchi gli impedimenti della materia; che se ciò saprà fare, io vi assicuro che le cose si riscontreranno non meno aggiustatamente che i computi aritmetici. Gli errori dunque non consistono né nell'astratto né nel concreto, né nella geometria o nella fisica, ma nel calcolatore, che non sa fare i conti giusti.
- Però, quando voi aveste una sfera ed un piano perfetti, benché materiali, non abbiate dubbio che si toccherebbero in un punto.
- G. Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, 1632, in op. cit., vol. VII, pp. 233-234

# Conseguenze tecnologiche



- La prima innovazione tecnologica è data dalla costruzione di **orologi** che permisero finalmente di misurare con precisione anche il tempo terrestre. Inoltre, avere misurazioni precise del tempo significa anche avere la possibilità di formulare una teoria precisa del moto, essendo il moto indissolubilmente legato al tempo.
- La seconda innovazione tecnologica è quella legata alla costruzione del **telescopio** che permise a Galilei di osservare le asperità della Luna, i satelliti di Giove, le fasi di Venere, le macchie solari.
- Però avere strumenti di misura precisi significa **trattare con numeri**, cioè utilizzare la matematica.
- In tal modo, parafrasando il titolo di un saggio del 1948 di A. Koyré (1892-1964), dal mondo terrestre caratterizzato dal pressappoco si passa all'universo (nelle sue parti celeste e terrestre) caratterizzato dalla **precisione**, cioè si passa da una fisica senza matematica a una fisica matematizzata.



# Le sensate esperienze

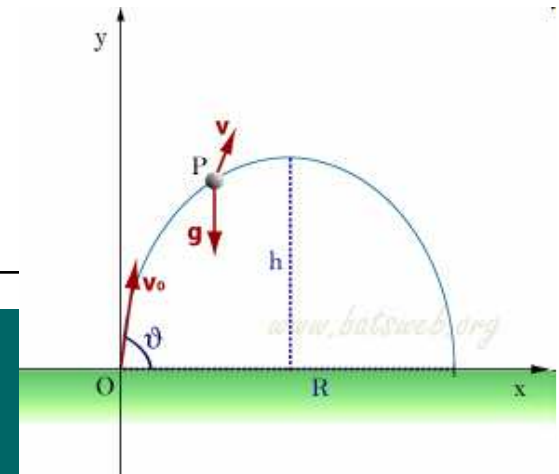
- Diventa più comprensibile, allora, la dialettica galileiana tra «esperienza» e «discorso»: la prima è la constatazione sensibile del dato, l'osservazione naturale, anche se potenziata da strumenti che la ampliano e la precisano.
- Il «discorso» è invece la concatenazione tra asserti, il passaggio da verità date ad altre che si mostrano a queste necessariamente connesse.
- Non si tratta di due ambiti separati, poiché anche il semplice percorso fin qui fatto mostra come la matematica funga da modello per entrambi, pur se da punti di vista diversi. **L'aver reso omogenee le affezioni quantitative come oggetto d'esperienza e le dimostrazioni come modello di conoscenza teorica permette a Galileo di saldare la conoscenza empirica alla teorizzazione matematicamente espressa**, il che appare chiaro in un altro famoso passo dei *Discorsi*.



# Le sensate esperienze

«SAGREDO. Piena di meraviglia e di diletto insieme è la forza delle dimostrazioni necessarie, quali sono le sole matematiche. Già sapevo io, per fede prestata alle relazioni di più bombardieri, che di tutti i tiri di volata dell'artiglieria, o del mortaro, il massimo, cioè quello che in maggior lontananza caccia la palla, era il fatto all'elevazione di mezo angolo retto, che essi dicono del sesto punto della squadra; ma l'intender la cagione onde ciò avvenga, supera d'infinito intervallo la semplice notizia hauta dalle altrui attestazioni, ed anco da molte replicate esperienze.

SALVIATI. V.S. molto veridicamente discorre: e la cognizione d'un solo effetto acquistata per le sue cause ci apre l'intelletto a 'ntendere ed assicurarci d'altri effetti senza bisogno di ricorrere alle esperienze, come appunto avviene nel presente caso; dove, guadagnata per il discorso dimostrativo la certezza dell'essere il massimo di tutti i tiri di volata quello dell'elevazione dell'angolo semiretto, ci dimostra l'Autore cioè Galileo stesso n.d.r. quello che forse per l'esperienza non è stato osservato: e questo è, che de gli altri tiri, quelli sono tra di loro eguali, le elevazioni de i quali superano o mancano per angoli eguali dalla semiretta» (Galilei, 1638, p. 11).



# Le sensate esperienze

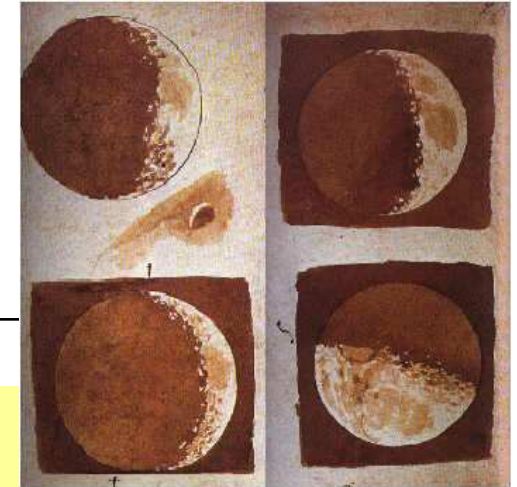
Da un lato l'esperienza per Galileo è sempre "**pensata**", cioè acquisita sapendo di doverla intrecciare con una razionalizzazione matematica impegnativa. Da qui la tendenza a ridurre e semplificare la variopinta ricchezza del dato empirico: Galileo, non solo quando costruisce il piano inclinato, ma ogniqualvolta accenna a un'esperienza, in realtà si riferisce a un esperimento, che come tale comporta sempre un'idealizzazione.

D'altro canto per Galileo le «sensate esperienze» **non possono mai essere false**. In realtà, esse possono sembrarci errate perché è ingannevole il discorso che viene fatto su di esse. Tanto è vero che sia nel *Dialogo* che nei *Discorsi*, l'aristotelico Simplicio ricorre all'esperienza per far trionfare le sue tesi, ma i suoi interlocutori gli dimostrano ogni volta che quanto da lui riportato è inficiato da un discorso ingannevole.

«Sensate esperienze» e «certe dimostrazioni» vivono quindi una **correlazione dinamica**, costantemente sottoposte le une al vaglio delle altre e in questo equilibrio geniale si costruiscono le condizioni per la genesi di un nuovo modello di conoscenza scientifica.



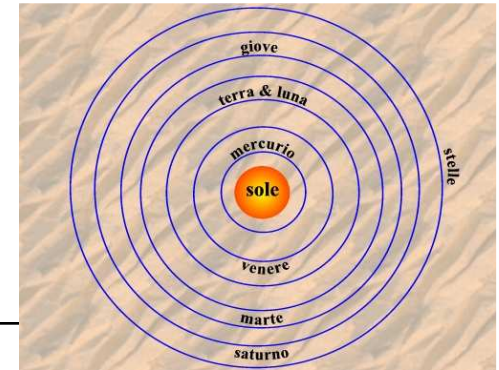
# Prove copernicane



Galilei, grazie al telescopio e come si legge nel *Sidereus nuncius* del 1610, vede che

- la Luna presenta asperità analoghe a quelle che ci sono sulla Terra e cioè che anche la Luna ha monti e valli. E ciò va contro l'idea che gli astri celesti siano sfere perfette e va a favore dell'idea che i fenomeni terrestri e i fenomeni celesti debbano essere interpretati alla luce di una teoria unitaria.
- Esiste una moltitudine di stelle che formano la Via Lattea e le nebulose
- la Terra non è l'unico pianeta con un satellite, ma che anche Giove è tale. Osserva infatti che esso ha ben quattro satelliti (Europa, Io, Ganimede e Callisto), gli "astri medicei" come li chiama in onore di Cosimo II de' Medici (1590-1621), Granduca di Toscana e figlio di Madama Cristina di Lorena. Galilei quindi utilizza queste osservazioni collocandole entro un argomento per analogia, volto a mostrare come tra Terra e sistema celeste vi siano più affinità di quelle normalmente considerata.
- Tuttavia, l'osservazione astronomica maggiormente importante ai fini del nostro discorso fu quella che nel 1611 lo portò a formulare l'idea che anche Venere avesse la fasi. L'importanza di questa conclusione è legata al fatto che molti critici all'eliocentrismo obiettavano che se fosse stato vero che i pianeti ruotavano attorno al Sole, allora anch'essi avrebbero dovuto esibire delle fasi come le esibiva la Luna. E Galilei fu appunto in grado di mostrarle.

# Una nuova fisica



- Accanto agli argomenti empirici a favore della tesi eliocentrica, Galilei si preoccupò anche di controargomentare a sfavore di coloro che sostenevano l'impossibilità del moto della Terra.
- Ed è a questo proposito che egli è costretto a elaborare una nuova fisica, in particolare una nuova cinematica, che gli permetterà di sconfiggere coloro che sulla base della fisica aristotelica sostenevano il geostaticismo.
- Le controargomentazioni galileiane sono contenute soprattutto nella 'Giornata seconda' del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* del 1632.
- La tesi dei tolemaici era estremamente intuitiva, come d'altronde lo era la fisica aristotelica: se la Terra si fosse mossa, allora un grave lasciato cadere dall'alto di una torre non sarebbe caduto ai suoi piedi ma un po' più distante perché, durante il tempo di caduta, la torre, solidale con la Terra, si sarebbe mossa; ma mai nessuno aveva osservato un fatto del genere e quindi la Terra non si muoveva affatto.
- Galilei confuta questo argomento mostrando, come diremmo oggi, l'invarianza delle leggi della fisica rispetto ai sistemi di riferimento inerziali, cioè mostrando l'impossibilità di dirimere con le leggi della meccanica se si è in un sistema di riferimento in quiete o in moto rettilineo uniforme.

# Esperimenti mentali

*Galilei espone con grande abilità letteraria la tesi della relatività dei sistemi inerziali e il fatto che un esperimento di meccanica non può dirimere la questione se si è in un sistema di riferimento in quiete o in moto rettilineo uniforme. Qui Galilei parla di sistemi inerziali che si muovono rispetto alla Terra (la nave) ma lo stesso discorso vale per la Terra che si muove rispetto al Sole.*

○SALVIATI [...] E qui, per ultimo sigillo della nullità di tutte le esperienze addotte, mi par tempo e luogo di mostrar il modo di sperimentarle tutte facilissimamente. Riserratevi con qualche amico nella maggiore stanza che sia sotto coverta di alcun gran navilio, e quivi fate d'aver mosche, farfalle e simili animaletti volanti; siavi anco un gran vaso d'acqua, e dentrovi de' pescetti; suspendasi anco in alto qualche secchiello, che a goccia a goccia vadia versando dell'acqua in un altro vaso di angusta bocca, che sia posto a basso: e stando ferma la nave, osservate diligentemente come quelli animaletti volanti con pari velocità vanno verso tutte le parti della stanza; i pesci si vedranno andar notando indifferentemente per tutti i versi; le stille cadenti entreranno tutte nel vaso sottoposto; e voi, gettando all'amico alcuna cosa, non piu gagliardamente la dovrete gettare verso quella parte che verso questa, quando le lontananze sieno eguali; e saltando voi, come si dice, a piè giunti, eguali spazii passerete verso tutte le parti.



# Esperimenti mentali

---



○ Osservate che avrete diligentemente tutte queste cose, benché niun dubbio ci sia che mentre il vascello sta fermo non debbano succeder così, fate muovere la nave con quanta si voglia velocità; che (pur che il moto sia uniforme e non fluttuante in qua e in là) voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti, né da alcuno di quelli potrete comprendere se la nave cammina o pure sta ferma: voi saltando passerete nel tavolato i medesimi spazii che prima, né, perché la nave si muova velocissimamente, farete maggior salti verso la poppa che verso la prua, benché, nel tempo che voi state in aria, il tavolato sottopostovi scorra verso la parte contraria al vostro salto; e gettando alcuna cosa al compagno, non con più forza bisognerà tirarla, per arrivarlo, se egli sarà verso la prua e voi verso poppa, che se voi foste situati per l'opposito; le goccioline cadranno come prima nel vaso inferiore, senza caderne pur una verso poppa, benché, mentre la gocciola è per aria, la nave scorra molti palmi; i pesci nella lor acqua non con più fatica noteranno verso la precedente che verso la susseguente parte del vaso, ma con pari agevolezza verranno al cibo posto su qualsivoglia luogo dell'orlo del vaso; ...

# Esperimenti mentali

○... e finalmente le farfalle e le mosche continueranno i lor voli indifferentemente verso tutte le parti, né mai accaderà che si riduchino verso la parete che riguarda la poppa, quasi che fossero stracche in tener dietro al veloce corso della nave, dalla quale per lungo tempo, trattenendosi per aria, saranno state separate; e se abbruciando alcuna lagrima d'incenso si farà un poco di fumo, vedrassi ascender in alto ed a guisa di nugoletta trattenervisi, e indifferentemente muoversi non più verso questa che quella parte. E di tutta questa corrispondenza d'effetti ne è cagione l'esser il moto della nave comune a tutte le cose contenute in essa ed all'aria ancora, che per ciò dissi io che si stesse sotto coverta; che quando si stesse di sopra e nell'aria aperta e non seguace del corso della nave, differenze più e men notabili si vedrebbero in alcuni de gli effetti nominati: e non è dubbio che il fumo resterebbe in dietro, quanto l'aria stessa; le mosche parimente e le farfalle, impedita dall'aria, non potrebbero seguir il moto della nave, quando da essa per spazio assai notabile si separassero; ma trattenendovisi vicine, perche la nave stessa, come di fabbrica anfrattuosa, porta seco parte dell'aria sua prossima, senza intoppo o fatica seguirebbon la nave, e per simil cagione veggiamo tal volta, nel correr la posta, le mosche importune e i tafani seguir i cavalli, volandogli ora in questa ed ora in quella parte del corpo; ma nelle gocciol cadenti pochissima sarebbe la differenza, e ne i salti e ne i proietti gravi, del tutto impercettibile.

○ G.Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, 1632, Einaudi, Torino 1984, pp. 227-229.



# La dialettica e la scienza



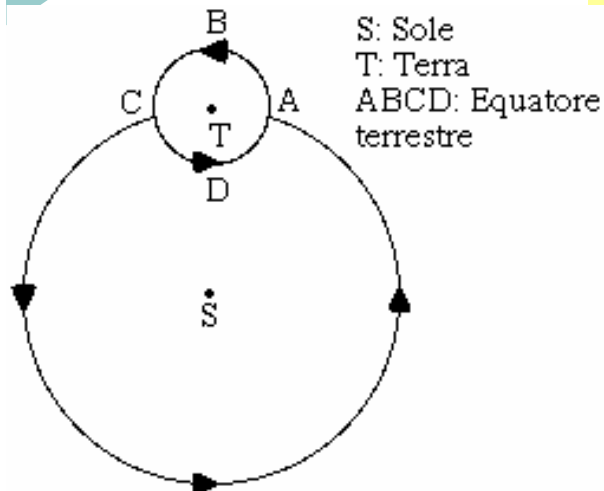
- Quando si apre una competizione tra impostazioni paradigmatiche il loro esito non è deciso attraverso dimostrazioni, ma con un complesso e talvolta lacerante confronto di opposti argomenti razionali.
- Mettere mano ai principi da cui deriva il lessico e la strumentazione teorica fondamentale di una disciplina non può avvenire che per via argomentativa, ma non si tratta di una disputa linguistica, stilistica, puramente “retorica”.
- Siamo in presenza di una strutturata strategia di mosse e contromosse, volte a mettere in difficoltà la posizione avversaria e a far crescere il consenso, spesso inizialmente esiguo, alla propria posizione divergente.
- In questi momenti anche lo scienziato deve saper argomentare bene, perché dal successo in questa disputa dipende la fortuna o l’oblio del proprio progetto di ricerca.

# Le maree: analogia



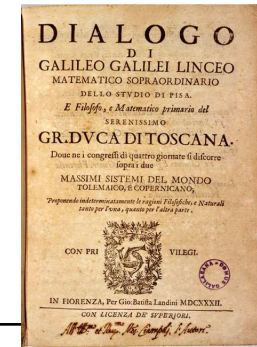
- "Figuriamoci dunque una barca venirsene con mediocre velocità per la Laguna, portando placidamente l'acqua della quale ella sia piena, ma che poi, o per dare in secco o per altro impedimento che le sia opposto, venga notabilmente ritardata; non perciò l'acqua contenuta perderà, al pari della barca, l'impeto già concepito, ma, conservandoselo, scorrerà avanti verso la prua, dove notabilmente si alzerà, abbassandosi dalla poppa; ma se, per l'opposto, all'istessa barca nel mezzo del suo placido corso, verrà con notevole aumento aggiunta nuova velocità, l'acqua contenuta, prima di abituarsene, restando nella sua lentezza, rimarrà indietro, cioè verso la poppa, dove in conseguenza si solleverà, abbassandosi dalla prua".

# Le maree: analogia



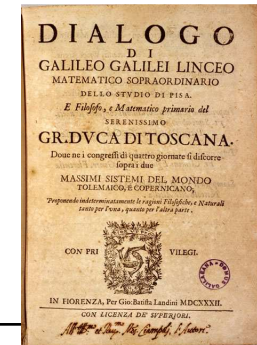
- La dimostrazione dell'assunto è affidata al seguente semplicissimo schema. Sono indicati in figura versi sia del moto della Terra intorno al Sole, che del moto di un punto dell'equatore terrestre, intorno al centro della Terra stessa. Ciascuna delle due velocità è assunta, in prima istanza, uniforme in modulo. Galileo ritiene erroneamente - e qui sta il difetto principale della sua teoria - che la velocità del moto annuo sia circa tre volte quella del moto diurno. Risulta, in realtà circa 64 volte.

# L'osservazione: dilemma



- « SIMP. Io, per dire il vero, non ho fatto né sí lunghe né sí diligenti osservazioni, che mi possano bastare a esser ben padrone del *quod est* di questa materia; ma voglio in ogni modo farle, e poi provarmi io ancora se mi succedesse concordare quel che ci porge l'esperienza con quel che ci dimostra Aristotile, perché chiara cosa è che due veri non si posson contrariare.
- SALV. Tuttavolta che voi vogliate accordar quel che vi mostrerà il senso con le più salde dottrine d'Aristotile, non ci averete una fatica al mondo. E che ciò sia vero, Aristotile non dic'egli che delle cose del cielo, mediante la gran lontananza, non se ne può molto risolutamente trattare?
- SIMP. Dicelo apertamente.
- SALV. Il medesimo non afferm'egli che quello che l'esperienza e il senso ci dimostra, si deve anteporre ad ogni discorso, ancorché ne paresse assai ben fondato? e questo non lo dic'egli risolutamente e senza punto titubare?
- SIMP. Dicelo.
- SALV. Adunque di queste due proposizioni, che sono ambedue dottrina d'Aristotile, questa seconda, che dice che bisogna anteporre il senso al discorso, è dottrina molto più ferma e risoluta che l'altra, che stima il cielo inalterabile, e però più aristotelicamente filosoferete dicendo: «Il cielo è alterabile, perché così mi mostra il senso», che se direte: «Il cielo è inalterabile, perché così persuade il discorso ad Aristotile». Aggiungete che noi possiamo molto meglio di Aristotile discorrer delle cose del cielo, perché, confessando egli cotal cognizione esser a lui difficile per la lontananza da i sensi, viene a concedere che quello a chi i sensi meglio lo potessero rappresentare, con sicurezza maggiore potrebbe intorno ad esso filosofare: ora noi, mercé del telescopio, ce lo siam fatto vicino trenta e quaranta volte più che vicino non era ad Aristotile, sí che possiamo scorgere in esso cento cose che egli non potette vedere, e tra le altre queste macchie nel Sole, che assolutamente ad esso furono invisibili: adunque del cielo e del Sole più sicuramente possiamo noi trattare che Aristotile» (Galilei, 1632, pp. 79-80).

# L'osservazione: dilemma



PM Simplicio, o il cielo è alterabile perché ce lo dicono i sensi e se sei aristotelico devi tenerne conto, o il cielo è inalterabile perché ce lo dice Aristotele, e se sei aristotelico devi tenerne conto.

Pm Ma questo è contraddittorio.

---

C La tua posizione è contraddittoria.

Il Parte (sillogismo ipotetico)

PM Se però tu fossi aristotelico nel primo modo, allora dovresti dar ragione ai sensi, specie se affinati dal telescopio.

Pm I sensi, specie se affinati dal telescopio, dicono che il cielo è alterabile.

---

C Il cielo è alterabile.

Qui Sagredo compie dapprima una mossa corretta, mettendo in imbarazzo Simplicio mostrandogli che è caduto in una contraddizione. Ma poi compie una mossa scorretta: approfittando dell'imbarazzo di Simplicio, gli fa accettare una delle due possibilità (PM del sillogismo ipotetico) e quindi gli fa accettare la conclusione che il cielo è alterabile.

# Fallacie: ad personam



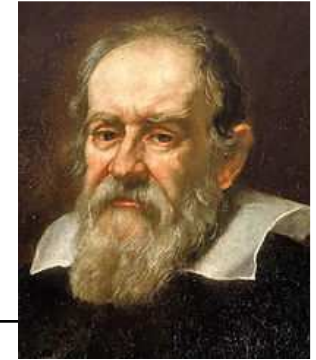
- La fallacia *ad personam* porta sull'interlocutore ciò che dovrebbe appartenere alla sua tesi, nel bene o, come accade per lo più, nel male. Sagredo, nel discorrere di incorruttibilità dei cieli, a un certo punto se ne esce con un'affermazione tra il ridicolo e l'offensivo:
- SAGR. [...] Questi che esaltano tanto l'incorruttibilità, l'inalterabilità, etc., credo che si riduchino a dir queste cose per il desiderio grande di campare assai e per il terrore che hanno della morte; e non considerano che quando gli uomini fossero immortali, a loro non toccava a venire al mondo. Questi meriterebbero d'incontrarsi in un capo di Medusa, che gli trasmutasse in istatue di diaspro o di diamante, per diventar più perfetti che non sono. (*Ivi*, p. 83)
- Nella stessa occasione, con un'azione congiunta Salviati e Sagredo ironizzano sulla incorruttibilità, facendone oggetto di una divertita trasposizione edilizia e accentuando con uno stile salace l'opposizione alla tesi di Simplicio: non è un argomento, ma solo un uso indebito dello stile al di là della sostanza.
- SAGR. Che bella materia sarebbe quella del cielo per fabbricar palazzi, chi ne potesse avere, così dura e tanto trasparente!
- SALV. Anzi pessima, perché sendo, per la somma trasparenza, del tutto invisibile, non si potrebbe, senza gran pericolo di urtar negli stipiti e spezzarsi il capo, camminar per le stanze.

# Fallacie: falsa analogia



- Salviati quando ironizza sull'idea di un cosmo incorruttibile che al proprio centro, la Terra, raccoglie una fisica del corruttibile.
- SALV. È vero che 'l sistema Copernicano mette perturbazione nell'universo d'Aristotile; ma noi trattiamo dell'universo nostro, vero e reale. Quando poi la disparità d'essenza tra la Terra e i corpi celesti la vuol quest'autore inferire dall'incorruttibilità di quelli e corruttibilità di questa in via d'Aristotile, dalla qual disparità e' concluda il moto dover esser del Sole e delle fisse e l'immobilità della Terra, va vagando nel paralogismo, supponendo quel che è in quistione; perché Aristotile inferisce l'incorruttibilità de' corpi celesti dal moto, del quale si disputa se sia loro o della Terra. Della vanità poi di queste retoriche illazioni, se n'è parlato a bastanza. E qual cosa piú insulsa che dire, la Terra e gli elementi esser relegati e separati dalle sfere celesti, e confinati dentro all'orbe lunare? ma non è l'orbe lunare una delle celesti sfere, e, secondo il consenso loro, compresa nel mezo di tutte l'altre? nuova maniera di separare i puri da gl'impuri e gli ammorbatì da' sani, dar a gl'infetti stanza nel cuore della città! io credeva che il lazeretto se le dovesse scostare piú che fusse possibile. (*Ivi*, p. 293).
- L'analogia tra città in rapporto a lazzaretto, e cosmo in rapporto alla Terra recupera quel valore morale che tutto il *Dialogo* cerca di sottrarre all'idea di immobilità o di incorruttibilità. E' una falsa analogia, soprattutto per Salviati, ma la sua efficacia è notevole.

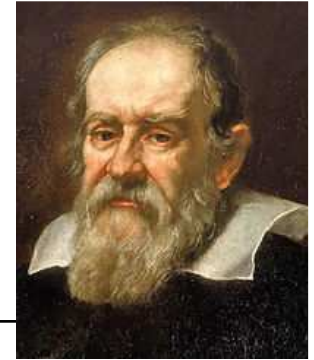
# Il metodo per ipotesi e dimostrazioni



Galilei non ha dedicato una specifica trattazione al tema del metodo, ma l'attenzione che vi ha posto è testimoniata da molti passi in cui illustra il modo di procedere nell'indagine scientifica. Schematizzando, potremmo raccogliere queste indicazioni in sei regole metodologiche.

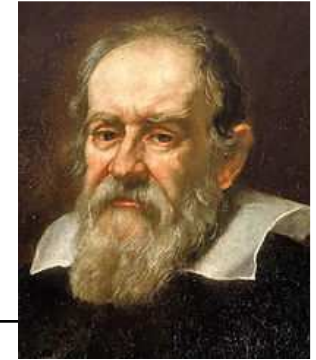
- La prima regola, come abbiamo visto, è **sospendere il principio di autorità**: il richiamo a testi autorevoli serve fino a quando non entra in contrasto con il senso e la ragione.
- La seconda regola è limitare l'indagine ad alcuni ambiti definiti, senza la pretesa di estenderla alle cause ultime o alle essenze. Questo richiamo, forse poco "filosofico", serve in realtà come un **principio di economia della ricerca**: se per spiegare il moto di un corpo non serve ricorrere alla sua tendenza naturale, cioè per esempio alla sua natura terrigna piuttosto che umida, tale indagine va esclusa, per "limitarsi ad alcune affezioni" di cui possiamo avere conoscenza certa. Tali affezioni sono, principalmente, le qualità primarie del corpo e la regolarità del suo comportamento fisico.
- La terza regola consiste nell'avere "**sensata esperienza**" di ciò su cui si indaga. Galilei accentua, in molte occasioni, la necessità di riferirsi a casi e fenomeni sottoponibili ad osservazione e invoca questa esperienza come un criterio per dirimere le contese scientifiche.

# Il metodo per ipotesi e dimostrazioni



- La quarta regola è averne **certa dimostrazione**. I dati osservati devono scaturire dall'ipotesi su cui si sta lavorando, cioè venir dimostrati a partire da essa. La loro misura deve quindi confermare per via empirica quanto la dimostrazione matematica aveva previsto.
- L'ultima regola è piuttosto un invito, quello ad **unire scienza e tecnica**, utilizzando a pieno titolo il potenziamento dell'esperienza operato dagli strumenti. Galilei rompe definitivamente infatti il cosiddetto "tabù del naturale", sostenendo che il potenziamento dei sensi attraverso lo strumento non solo non compromette il risultato dell'osservazione, perché ne altera la naturalità, ma al contrario lo completa e lo potenzia. Anche per questo in Galilei si assiste ad un consapevole passaggio **dall'esperienza all'esperimento**. Esso consiste in osservazione organizzata dalla ragione, che cerca di eliminare quanti più fattori di disturbo possono interferire con la verifica sperimentale dell'ipotesi.

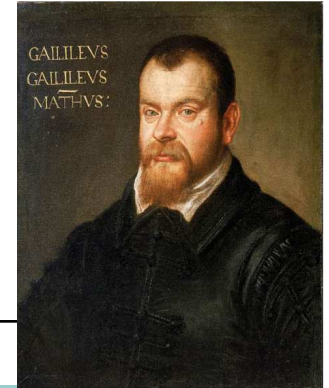
# Il metodo per ipotesi e dimostrazioni



Forse la più chiara esposizione del metodo galileiano si trova in un'operetta giovanile, il *Trattato della sfera* (1597) in cui vengono chiaramente distinti i quattro momenti dell'indagine naturale:

- **l'osservazione** dei fenomeni, da cui prendere le mosse;
  - la formulazione di **un'ipotesi**, cioè di una supposizione generale sulla struttura dei fenomeni;
  - la **dimostrazione geometrica**, cioè la trasformazione dell'ipotesi in un modello matematico in grado di descrivere il processo indagato;
  - infine la **deduzione** di ulteriori proprietà osservabili dal modello costruito sull'ipotesi.
- Per questo si definisce il metodo galileiano come **metodo ipotetico-deduttivo**. Esso consiste in un salire e scendere l'arco della conoscenza. Si parte dal piano dell'osservazione per concentrarsi sulle qualità primarie dei corpi. Da qui è possibile formulare ipotesi generali sulla regolarità dei processi studiati. Da queste ipotesi, infine, è possibile dedurre conseguenze osservabili attraverso la costruzione di un adeguato esperimento.

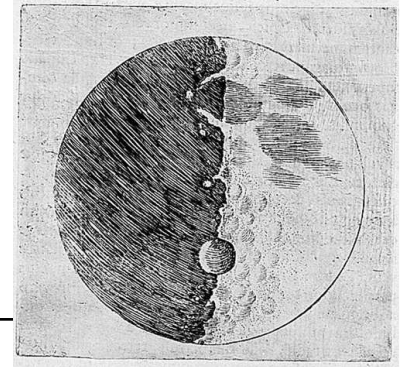
# Il metodo per ipotesi e dimostrazioni



Quanto al metodo, costuma il cosmografo procedere nelle sue speculazioni con *quattro* mezzi: *il primo* de' quali contiene l'apparenze, dette altrimenti fenomeni; e questo altro non sono che l'osservazioni sensate, le quali tutto '1 giorno vediamo, come, per esempio, nascere e tramontare le stelle, oscurarsi ora il sole or la luna, e questa medesima dimostrarsi ora con corna, ora mezza, or tonda ed or del tutto stare ascosa, moversi i pianeti di moti fra loro diversi, e molte altre apparenze. Sono nel *secondo loco* l'ipotesi: e queste altro non sono che alcune supposizioni appartenenti alla struttura de' gli orbi celesti, e tali che rispondino all'apparenze; come sarà quando, scorti da quello che ci apparisce, supporremo il cielo essere sferico, muoversi circolarmente, partecipare di moti diversi; la terra essere stabile, situata nel centro. Seguono poi, nel *terzo luogo*, le dimostrazioni geometriche; con le quali per le proprietà de' cerchi e delle linee rette, si dimostrano i particolari accidenti, che all'ipotesi conseguiscono. E finalmente, quello che per le linee s'è dimostrato, con operazioni aritmetiche *calcolando, si riduce e distribuisce in tavole*, dalle quali senza fatica possiamo poi ad ogni nostro beneplacito ritrovare la disposizione de' corpi celesti ad ogni momento di tempo. (corsivo nostro)

- G. Galilei, *Trattato sulla sfera*, 1597, in *Le opere di Galileo Galilei*, v. II, Barbera, Firenze 1968, pp. 211-212.

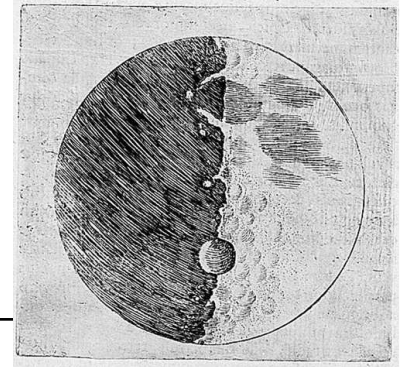
# Problemi aperti



- La combinazione di teoria ed esperienza è possibile perché si sono preventivamente adattate le affezioni scientificamente rilevanti e le modellizzazioni teoriche, entrambe saldate da una comune struttura matematica.
- Ma da chi, come e perché il mondo è scritto in lingua matematica?
- Come e perché il sapere matematico umano non è dissimile da quello del divino artefice?
- Tutto il sistema galileiano si regge su una fiducia assoluta sulla matematica come strumento razionale. Ma su che cosa si basa tale fiducia?
- Perché, anche ammesso che sia vero, la matematica fornisce una conoscenza qualitativamente superiore a quella offerta dalla scienza aristotelica? Non avviene questo a prezzo di una riduzione e forse anche di una semplificazione di ciò che può essere oggetto di conoscenza scientifica?

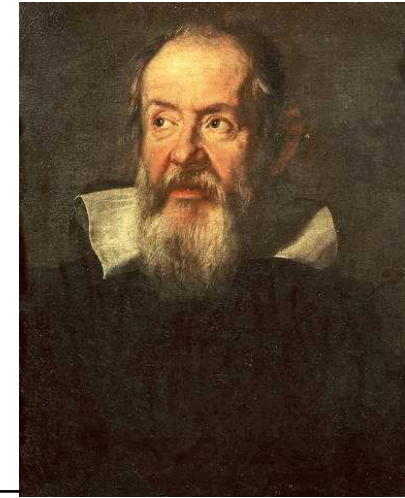
# Problemi aperti

---



- Se l'uomo conosce la realtà naturale scientificamente, cioè significa che essa è regolare, prevedibile, determinata. Ma l'intelletto umano sembra ontologicamente diverso dalla realtà che conosce: è libero, indeterminato, immateriale, talvolta fallace ma anche creativo. Ma allora come può l'intelletto conoscere una realtà naturale ontologicamente diversa da lui? Come può esistere un "ponte" tra materia e intelletto umano, tra soggetto e oggetto della conoscenza?
- Domande di questo tipo mostrano che l'affermazione della nuova scienza richiede una revisione ancora più profonda dei presupposti e delle categorie del pensiero moderno. Accettare questa scienza significa rifondare dalle basi l'edificio della conoscenza umana, e per far questo occorre un laborioso impegno filosofico.

# GALILEI: L'UOMO, LO SCIENZIATO, IL FILOSOFO



**Paolo Vidali**

Galilei e la nascita della  
scienza moderna



Liceo "Quadri  
Corso di cultura 2009