



PONTIFICIA UNIVERSITAS LATERANENSIS

Ridimensionamento della filosofia della natura newtoniana

E nascita di nuovi paradigmi

Gianfranco Basti

basti@pul.it

Facoltà di Filosofia

www.stoqatpul.org

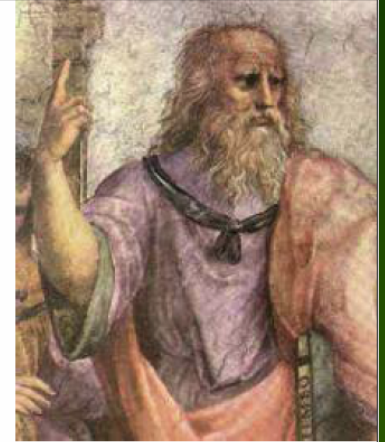


Prima Parte

UN PO' DI STORIA

Inizi Greci della Cosmologia

Nella Grecia sono nati i primi modelli di descrizione dei moti dei corpi celesti, partendo dall'affermazione di **Platone** che «il Demiurgo ha posto la Terra al centro del Cosmo e le ha fatto ruotare intorno i corpi celesti con **moto circolare e uniforme**»!

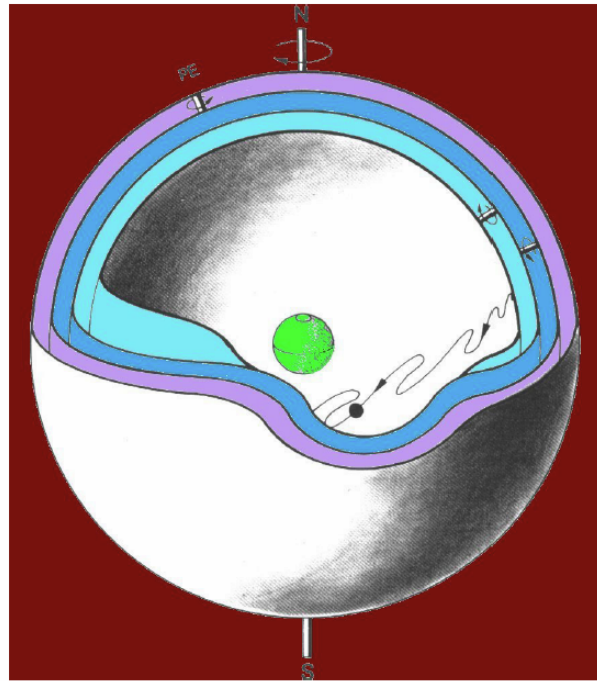


Aristotele ha poi dato una giustificazione **fisica** a quei moti, sostenendo che fossero dovuti alla materia incorruttibile di cui erano costituiti: la **quintessenza**.



L'ipotesi geocentrica matematica di Eudosso

Eudosso c.408-355



Il sistema di Eudosso comprendeva 4 sfere per ogni pianeta, 3 per Sole e Luna e 1 per le stelle fisse
TOTALE = 27 sfere

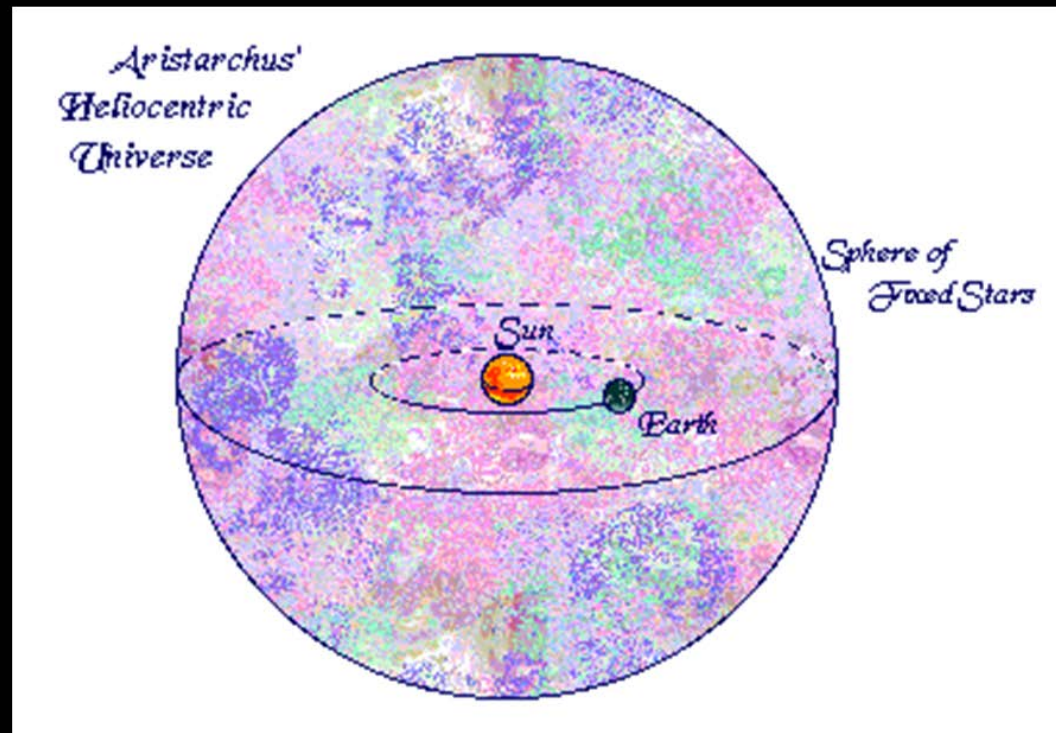
Le sfere di Eudosso erano sfere matematiche, non materiali e rappresentavano una descrizione matematica dei moti celesti, NON UN MODELLO FISICO



L'ipotesi eliocentrica matematica di Aristarco



Il sistema eliocentrico



Aristarco di Samo (310-230 a.C.)

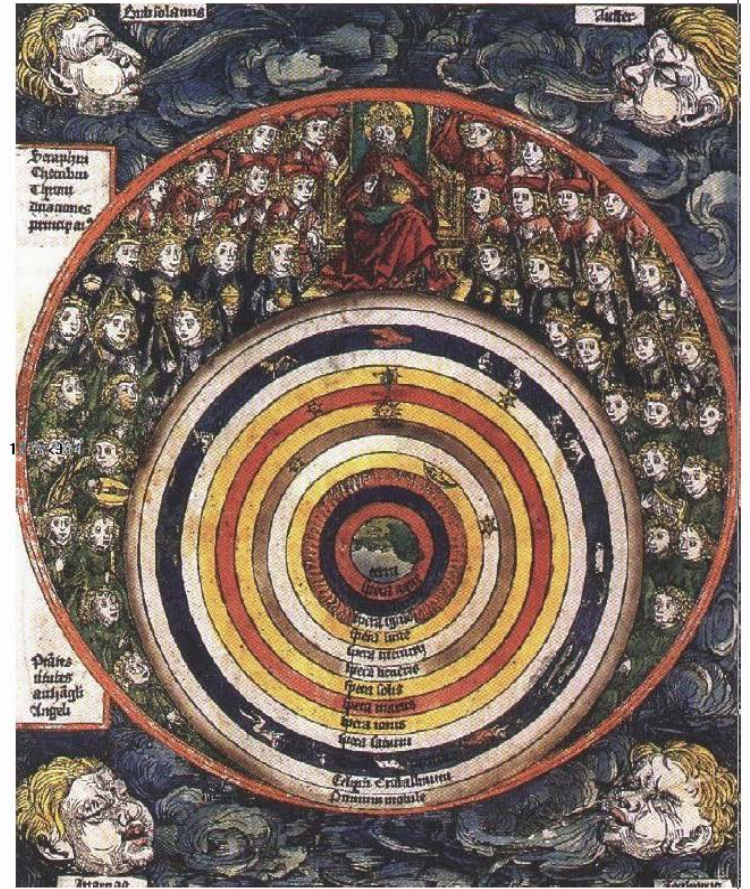
L'uso scolastico di Aristotele

A partire dal XIII sec., con
ALBERTO MAGNO e
TOMMASO D'AQUINO,

l'Occidente adatta la
cosmologia aristotelica alle
Sacre Scritture

Cambiare il modello
cosmologico (o affermare
il 'principio di inerzia')
avrebbe interferito con la

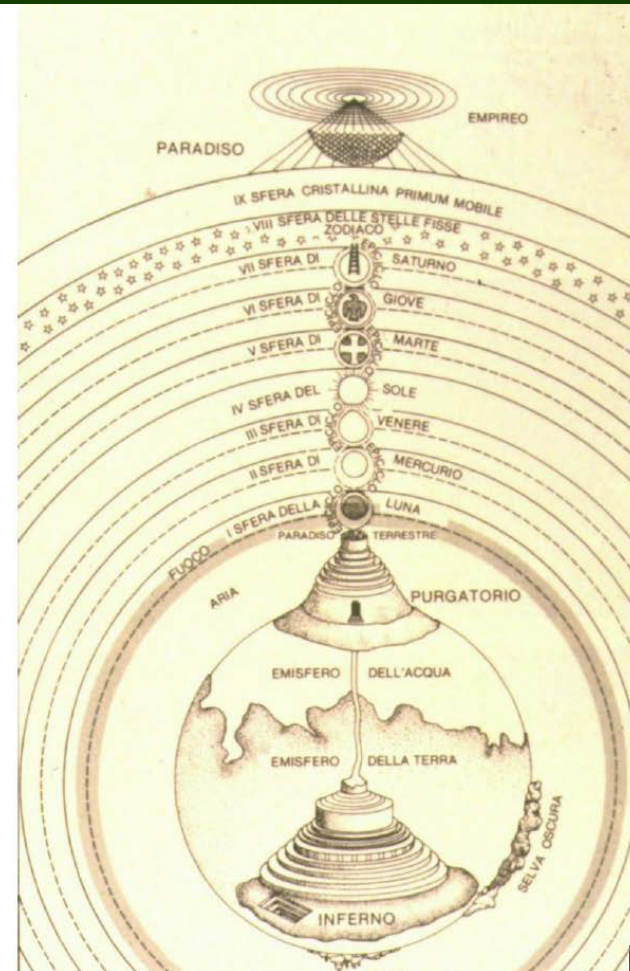
TEOLOGIA !!



La Divina Commedia...

... quel Cosmo che
ritroveremo,
perfettamente 'aristotelico',

nella *Divina Commedia*,
significativo esempio
delle idee cosmologiche
dell'epoca.



Ipotesi astronomica di Tolomeo (III sec. d.C.)

Gli astronomi greci fondarono un falso modello di Universo:

Sole, Stelle e Pianeti in orbita intorno a una Terra fissa, immobile.

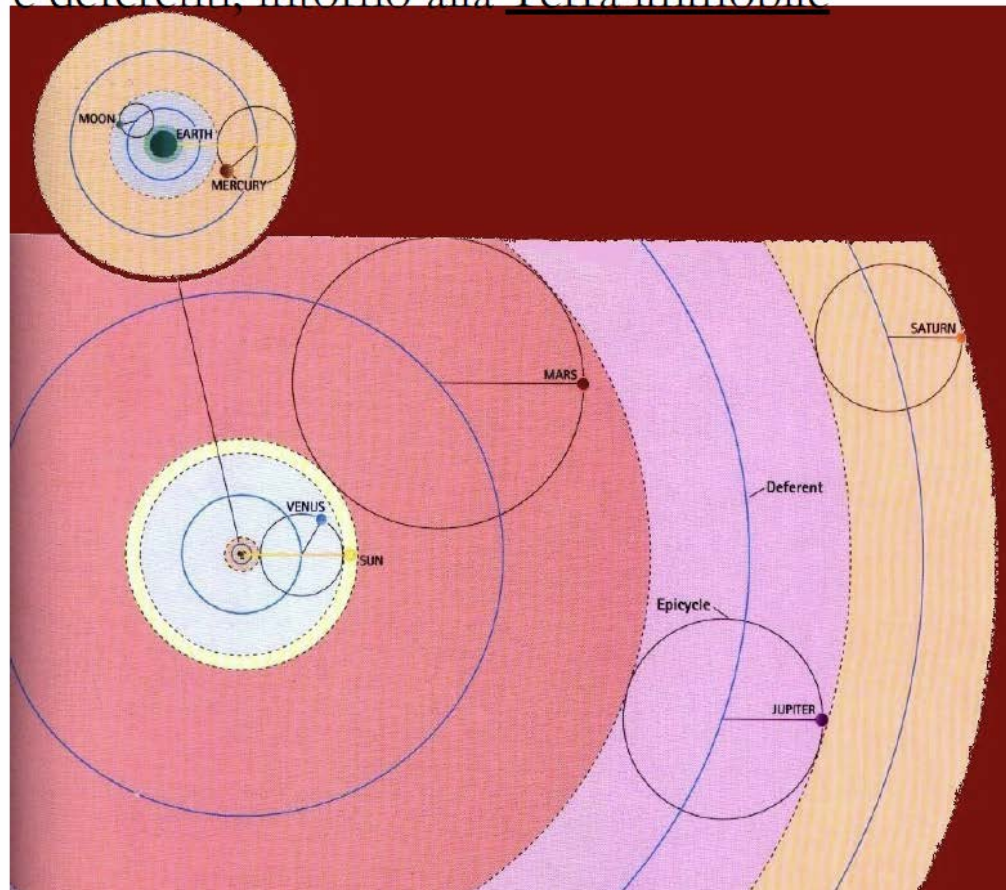
Modello "Geocentrico"

Correzioni al modello imperfetto furono introdotte da Tolomeo (gli epicicli) per spiegare i moti retrogradi dei pianeti.

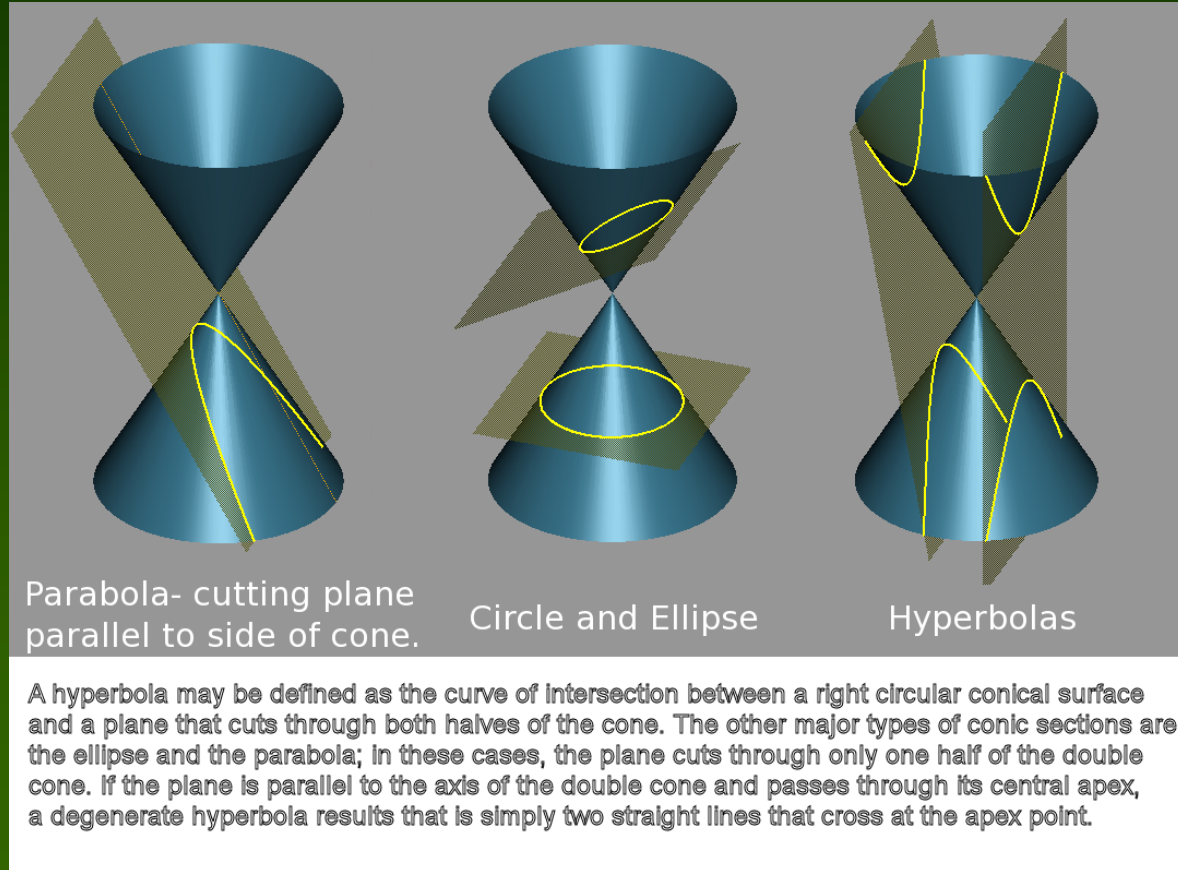


Il modello a epicicli di Tolomeo

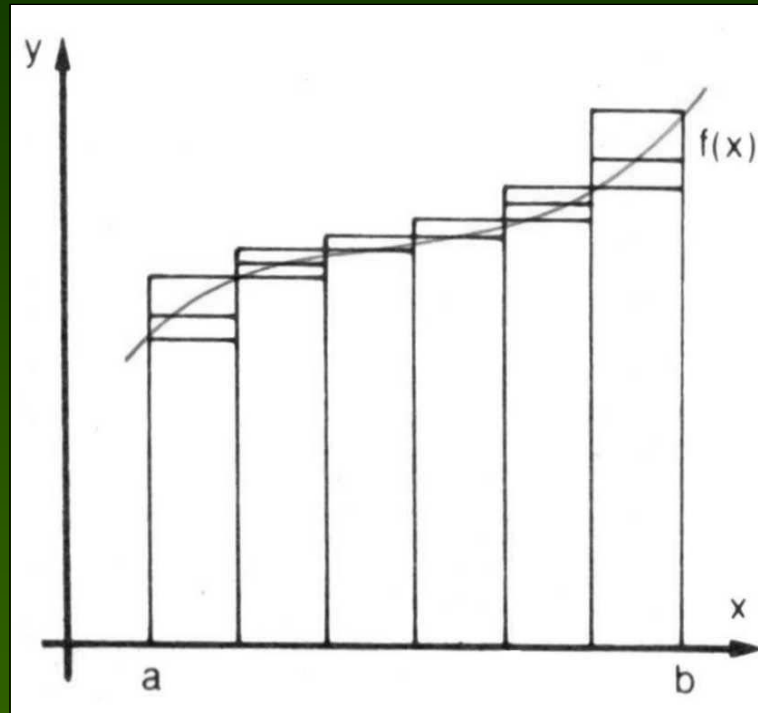
Sole, Luna e pianeti ruotano con moto circolare e uniforme su epicicli e deferenti, intorno alla Terra immobile



Limiti del calcolo nella matematica greca



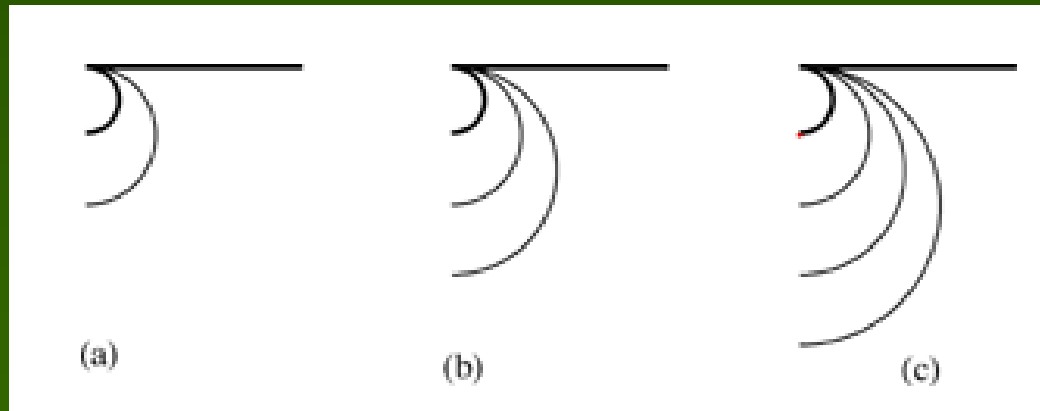
Il problema di Archimede, la sua soluzione “meccanica”...



Il problema della quadratura delle curve

...il paradosso dell'angolo di contingenza

- *Elementi III, 16*: «...e l'angolo del semicerchio è maggiore, e quello che rimane [fra la retta e la circonferenza] minore, di ogni angolo acuto rettilineo»



Ripresa dell'ipotesi di Aristarco da parte di Copernico

Nel XVI secolo **Copernico** costruì un modello di Universo nel quale Terra, Stelle e Pianeti ruotano intorno al Sole; modello “Eliocentrico”
Era semplice e abbastanza accurato ma fu ignorato perché:

Copernico era praticamente sconosciuto

Il modello Eliocentrico sfidava il buon senso

Era un po' meno accurato del modello Geocentrico

L'ortodossia religiosa e scientifica diffidava delle idee nuove



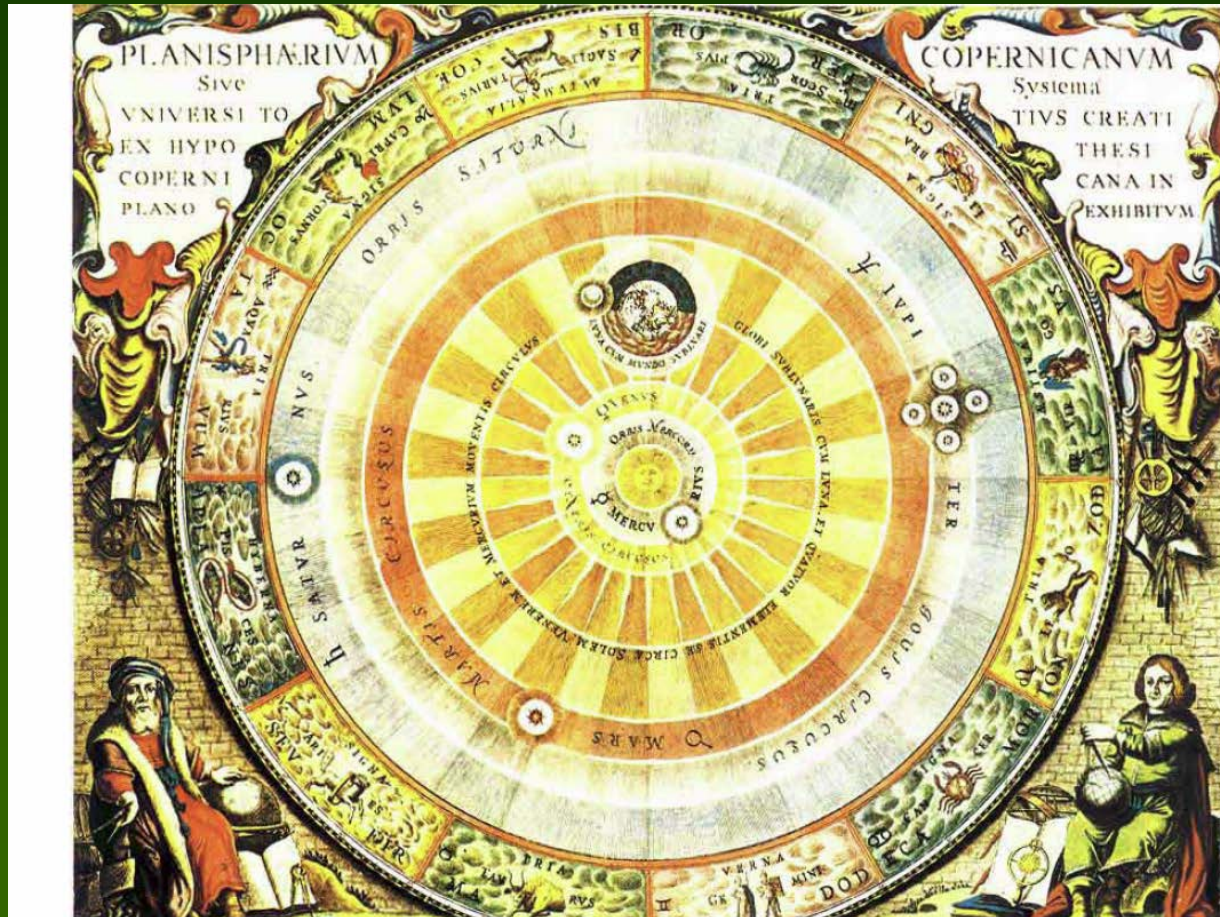
Background non scientifico di una teoria scientifica

... una teoria scientifica nasce in un contesto di convinzioni, credenze e valutazioni che non sono meramente scientifiche, bensì metafisiche, religiose, estetiche ... ed investono tutta la cultura di un'epoca ...

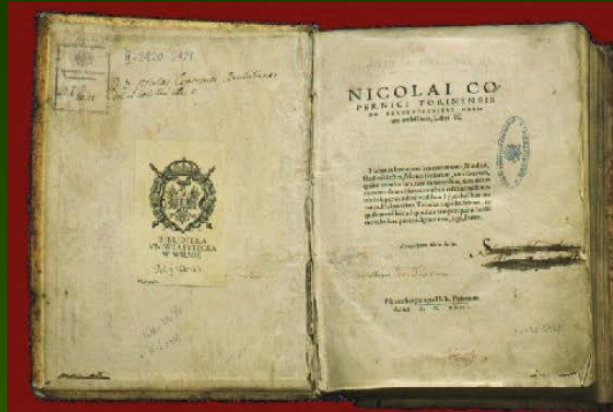
... e questo è anche il caso di Copernico e della 'rivoluzione copernicana'



Ipotesi copernicana



L'inizio della rivoluzione scientifica copernicana



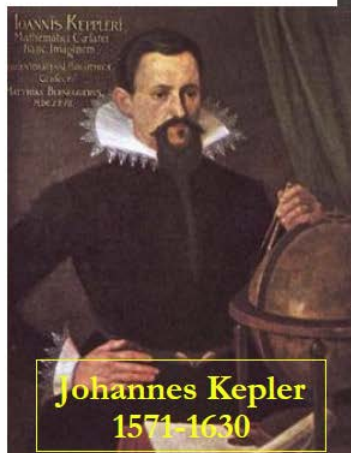
muore nel 1543
dando alla luce il

*De Revolutionibus
Orbium Coelestium
libri VI*

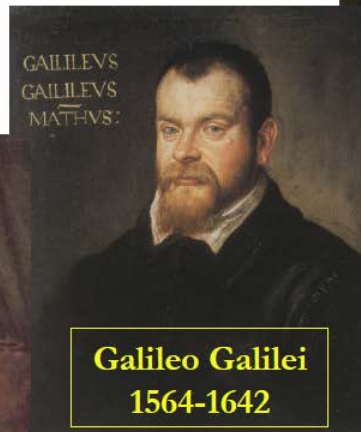


E il suo completamento

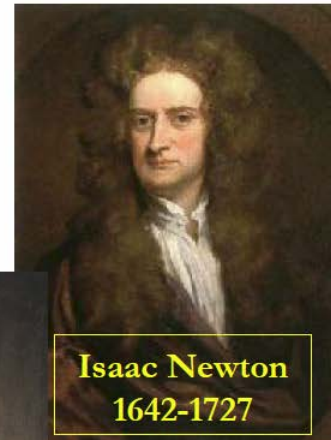
per portare a compimento
la “**RIVOLUZIONE**”
iniziata da Copernico



Johannes Kepler
1571-1630



Galileo Galilei
1564-1642



si deve attendere il
nuovo secolo e la
comparsa sulla scena
di tre nuovi
personaggi ...

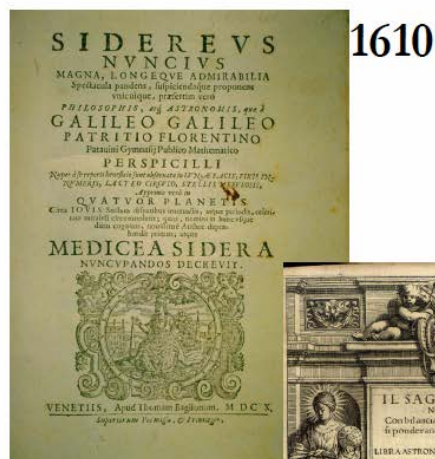
La correzione kepleriana...



L'apporto decisivo di Galilei e del suo canocchiale...



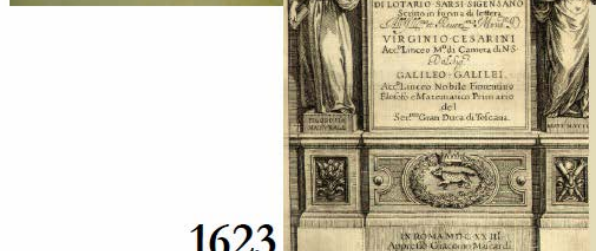
Risultati pubblicati in quattro famosi saggi...



1610



1638



1623

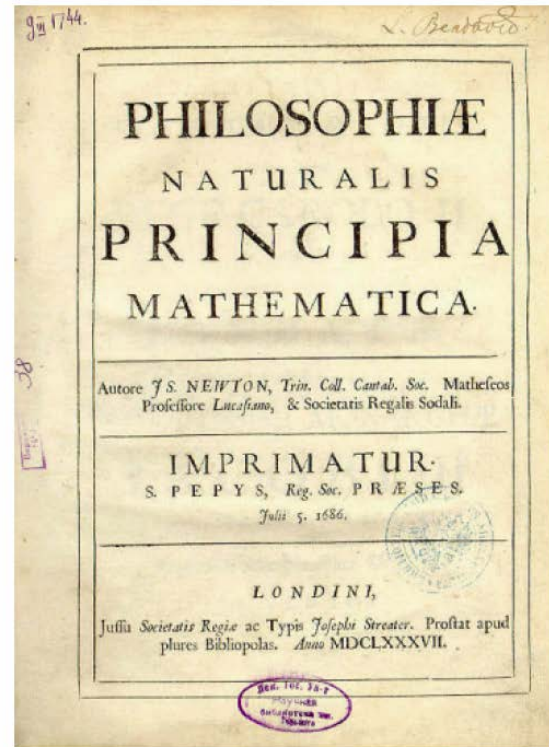
1632



Completamento della rivoluzione copernicana ad opera di Newton.

... infine, la nuova fisica, enunciata nel 1687 da Newton nei *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, consentì di fornire una solida base alla realtà di un sistema eliocentrico:

L'Universo diventa uno solo e la scienza può studiarlo nella sua interezza ...





Parte Seconda

QUESTIONE GALILEIANA: CERTEZZA SCIENTIFICA VS. CERTEZZA METAFISICO-TEOLOGICA

L'apporto di Galilei alla rivoluzione copernicana



- Fino a Galilei, due ipotesi matematiche di Eudosso-Aristotele-Tolomeo e Aristarco-Copernico-Keplero perfettamente compatibili con l'osservazione "a occhio nudo" del cielo → **due modelli astronomici** alternativi geocentrico ed eliocentrico.
- Scoperta di Galilei mediante **canocchiale** della variabilità dei corpi celesti:
 - Pianeti di Giove
 - Macchie solari
 - Natura desertica del suolo lunare
 - Fasi di Venere
- = Altrettanti *experimentum crucis* che **falsificano ipotesi e modello geocentrico**
- → Fine dell'ideale **contemplativo** della scienza classica: la natura va **interrogata con le nostre ipotesi matematiche** controllate empiricamente non mediante senso comune, ma **operazioni di misura**.
- → **Errore di Galilei**: assegnare un valore **apodittico e non ipotetico** al nuovo **metodo scientifico moderno**.

Ragionamento apodittico

- Distinzione in logica fra:
 - **Validità** (= correttezza formale)
 - **Fondatezza** (= verità, adeguazione all'oggetto)

dei ragionamenti.

- Ragionamento apodittico: *valido solo se fondato*, se premesse supposte **sempre vere** (→ certezza **assoluta**).

- *P.es.:*

Tutti gli uomini sono mortali
Tutti i Greci sono uomini

Tutti i Greci sono mortali

- Il modo di ragionare della metafisica e della teologia è **apodittico**, vero **in tutti i contesti** (mondi possibili), anche nelle situazioni in cui gli enti (p.es. gli uomini) cui si fa riferimento (p.es., l'universo dieci milioni di anni fa') eventualmente non esistessero e addirittura non potessero esistere (la mortalità corporea o "animale" è infatti una proprietà essenziale, "naturale" degli uomini).



Ragionamento ipotetico

- Ragionamento ipotetico: *valido anche se le premesse non fondate (vere).*
- *P.es.:* “Se è giorno, c’è il sole, ma è giorno, dunque c’è sole” = valido sempre, ma:
 - Di giorno (Modello 1): anche fondato
 - Di notte (Modello 2): infondato
- Il modo di ragionare delle scienze fisiche e matematiche è **ipotetico**, sempre valido, ma fondato solo per determinati modelli (mondi possibili) → certezze **non-assolute**, ma **relative** all’ambito **limitato** in cui risultano fondate (vere).



Verità ipotetiche vs. apodittiche

- → Verità (adeguazione della teoria all'essere, alla realtà):
 - **Ipotetica delle scienze naturali**, in quanto empiricamente fondata, non può che riguardare **l'essere dell'esistenza** ed è quindi relativa agli ambiti limitati in cui gli enti effettivamente esistono.
 - **Apodittica: delle discipline metafisiche (e teologiche)** è assoluta in quanto riguarda innanzitutto **l'essere dell'essenza** degli enti, anche di quelli esistenzialmente contingenti → non esistenti in determinati contesti → non empiricamente rilevabili né direttamente né indirettamente.



La questione galileiana I

- Motivi teoretici della questione:
 - Il problema *dell'eliocentrismo*
 - Il carattere *apodittico* attribuito originariamente da Galilei alla nuova scienza
 - Pretesa per siffatta apoditticità di fornire in tal modo una *diversa via di accesso* al pensiero di Dio oltre la rivelazione → inaccettabilità per la teologia per il rischio di gnosticismo (Cfr. “la fede rifugio degli ignoranti” di Spinoza e la conseguente equivalenza Dio-Natura *Deus sive natura*).



La questione galileiana II

- Soluzione della questione nei secc. XIX-XX:
 - *Galilei-scientziato suggerisce ai teologi* la retta interpretazione del valore epistemologico della Rivelazione: la sua verità – per il credente – riguarda soltanto questioni morali inerenti alla salvezza (*Dei Verbum* 5) → rivalutazione Galilei da parte di Giovanni Paolo II
 - *Bellarmino-teologo suggerisce allo scienziato* Galilei la retta interpretazione del valore epistemologico della scienza: *valore ipotetico* delle sue dimostrazioni, come accettato universalmente nella scienza a partire dal secolo XIX. → Salvezza di Galilei da una condanna ben più grave.



Questione moderna (secc. XVI-XVIII): l'antefatto

- L'errore di Simplicio (VI sec.): interpretare le “verità ipotetiche” delle scienze matematico-naturali come *fantasticherie*, *finzioni* perché solo la metafisica che tratta di essenze ha a che fare con la realtà



Il commento di Gemino, che è ispirato alle idee di Aristotele, è il seguente (...). L'astronomia spiega unicamente le cose che può stabilire per mezzo dell'aritmetica e della geometria. In molti casi l'astronomo da una parte e il fisico (cioè il filosofo naturale, nell'accezione aristotelica del termine, *N.d.R.*) dall'altra si proporranno di provare lo stesso punto, per esempio che il Sole è molto grande o che la terra è sferica; ma non procederanno per la medesima strada. Il fisico dimostrerà ogni fatto con considerazioni di essenza o sostanza, di forza, di come sia bene che le cose siano così come sono, o di generazione e di cambiamento.

L'astronomo dimostrerà le cose in base alle proprietà delle figure o delle grandezze o attraverso la quantità del movimento e del tempo ad esso appropriato. In molti casi, un fisico può giungere inoltre alla causa, osservando la forza creativa; ma l'astronomo, quando dimostra fatti da condizioni esterne, non è qualificato a giudicare della causa, come quando per esempio afferma che la Terra o le stelle sono sferiche. E talvolta egli non desidera nemmeno accertare la causa, come quando ragiona di un'eclissi, e altre volte inventa, *per via d'ipotesi* e afferma certi espedienti postulando i quali *i fenomeni saranno salvati* (Corsi miei).

Questione moderna (secc. XVI-XVIII): L'errore della Chiesa

- Interpretazione ideologica delle ipotesi scientifiche come *finzioni per salvare i fenomeni* (assurdo per Aristotele e Grande Scolastica), ripresa dall'integralismo teologico e da alcuni esponenti dell'Inquisizione:
 - → Solo la metafisica e la teologia che trattano le *nature (essenze)* sono vere.
 - → Leggi della fisica *deducibili* dalla metafisica



Questione moderna (secc. XVI-XVIII): La reazione della scienza

- Falsità e inaccettabilità della posizione integralista teologica → 2 strade:
 - **Essenzialismo:** rivendicare il *realismo* della scienza fisico-matematica affermando l'essenza matematica della natura (Galilei, Leibniz, Spinoza) → Scienza = nuova metafisica della natura
 - **Fenomenismo:** rivendicare il *carattere apodittico* della scienza fisico-matematica a patto di limitarsi ai fenomeni fondando verità sull'*evidenza* (Descartes) e non sull'essere (*hypotheses non fingo: Newton*) → Negazione della metafisica naturale ridotta a "ipotesi" (noumeno di Kant) e "fantasticheria" (scientismo)
- → Contrapposizione delle **due culture:**
Modernità = età delle ideologie



Questione moderna: il contributo di Newton



- Con Newton e la sua invenzione del calcolo infatti, la scienza naturale, ed innanzitutto la fisica, hanno cessato definitivamente di interessarsi delle diverse **nature** degli enti (corpi (sostanze fisiche) ed eventi (accidenti)) fisici e delle **cause** delle loro **proprietà** e del loro **divenire** (= moto locale e modificazioni intensive ed estensive di certe loro grandezze caratteristiche, p.es., temperatura, dimensioni, etc.) per diventare una scienza che si interessava unicamente della **rappresentazione fenomenica** di questi enti, mediante misurazioni rigorose sulle grandezze che le caratterizzano e della **predicibilità** sotto forma di calcolo analitico (funzionale) delle **variazioni** di queste grandezze.
- "Spiegare" per la scienza moderna significa dunque **riportare ad una legge universale** di tipo matematico un particolare evento/processo fisico in quanto caratterizzato da certe **grandezze misurabili**.
- Impostazione newtoniana risulterà quella vincente nella storia della filosofia moderna → studio delle **essenze** o **nature** degli enti fisici e conseguentemente delle loro **cause** è competenza della filosofia della natura o metafisica naturale, non della scienza.

L'invenzione del calcolo e la soluzione del problema di Archimede



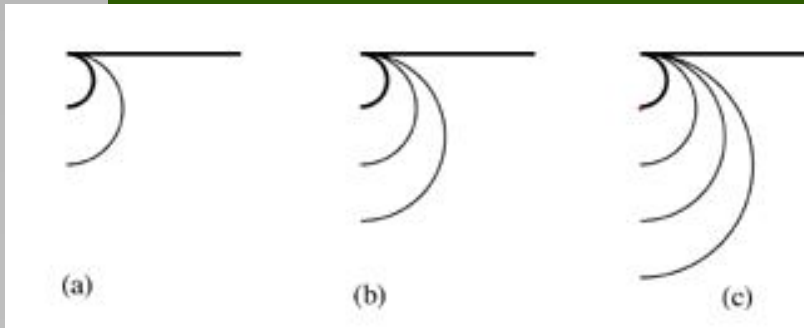
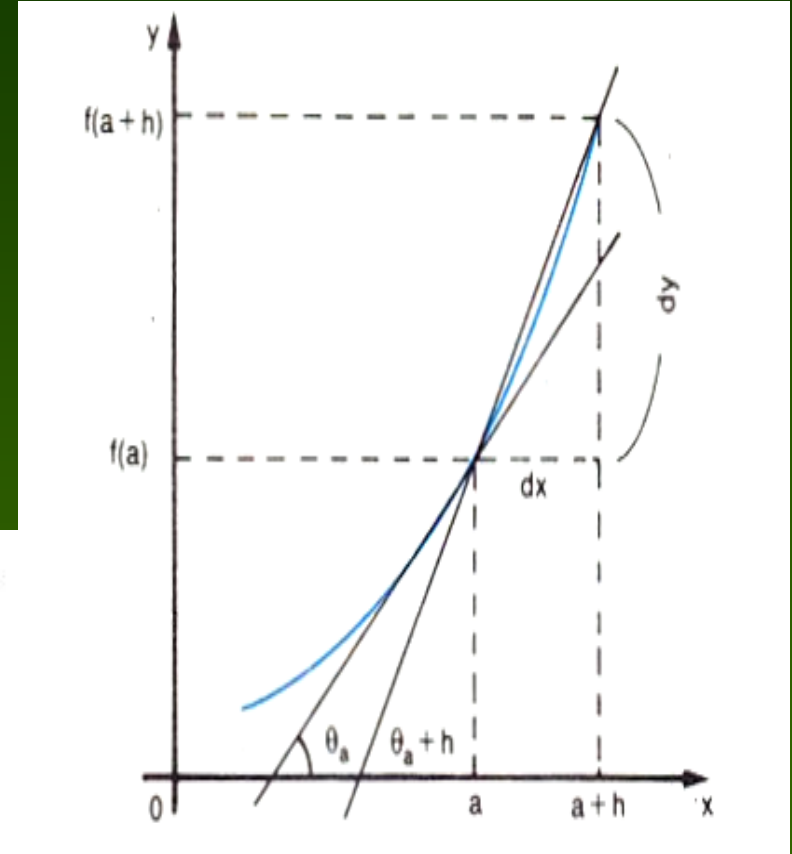
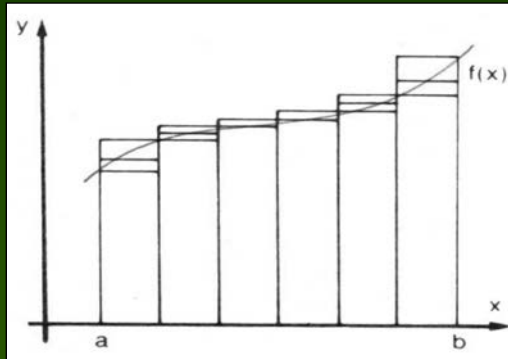
- La scienza moderna si limita allo studio dei **fenomeni misurabili** e le sue spiegazioni non consistono nella ricerca delle cause di questi fenomeni, ma delle **leggi matematiche** che consentono di **pre-dire** o **retro-dire** la modificazione nel tempo delle quantità variabili misurate →
- Concetto di **funzione** ($y=f(x)$) come **legge** che regola la relazione fra **variabile(i) dipendente(i)** e **variabile indipendente**.
- Carattere puramente **soggettivo** del tempo (Kant) perché la legge fisica in quanto legge matematica rende possibile la perfetta pre-dicibilità, come la perfetta retro-dicibilità dei fenomeni naturali → assoluto **determinismo** atemporale (tutto è predeterminato da sempre) dei fenomeni fisici.
- Questa impostazione è legata al **carattere lineare** (= polinomi di 1. grado, senza termini elevati a potenza) delle leggi della meccanica newtoniana e alla loro stretta dipendenza dal **calcolo integrale** inventato da Newton stesso.
- Sinteticamente, il problema consiste nella definizione della **forma integrale** (generalmente una curva) dell'evoluzione temporale di una determinata funzione (=grandezza **variabile, dipendente** da un'altra grandezza) anche quando non si conoscesse la relazione che lega le due (e dunque l'equazione algebrica eguagliata a zero che la esprime).

Angolo di contingenza e cosmologia aristotelica

- Non solvibilità del problema della quadratura immaginando di sovrapporre la diagonale del rettangolo-differenza all'arco di curva sotteso, per la scoperta del cosiddetto **angolo di contingenza** nel XIII sec. Ad opera di Giordano Nemorario, discepolo di Alberto Magno insieme con Tommaso d'Aquino.
- Un angolo di contingenza, cioè formato da un arco di curva e dalla tangente alla curva in un punto dato, non può essere reso equivalente a nessun **angolo rettilineo** che gli si voglia sovrapporre mantenendo l'origine in comune: appartengono a **due ordini di infinitesimo** incommensurabili.
- Il contributo di Newton fu la dimostrazione che questo antichissimo problema, almeno nella sua forma più elementare, che è la cosiddetta **quadratura** (= definizione della forma funzionale di un integrale definito) è il reciproco del problema del **calcolo della tangente** (= calcolo della derivata o dell'incremento della funzione per unità di variabile) ad una data curva (= funzione) in un punto definito, mediante cui si possa determinare il carattere **crescente o decrescente** della funzione in quel punto.



La geniale soluzione newtoniana...

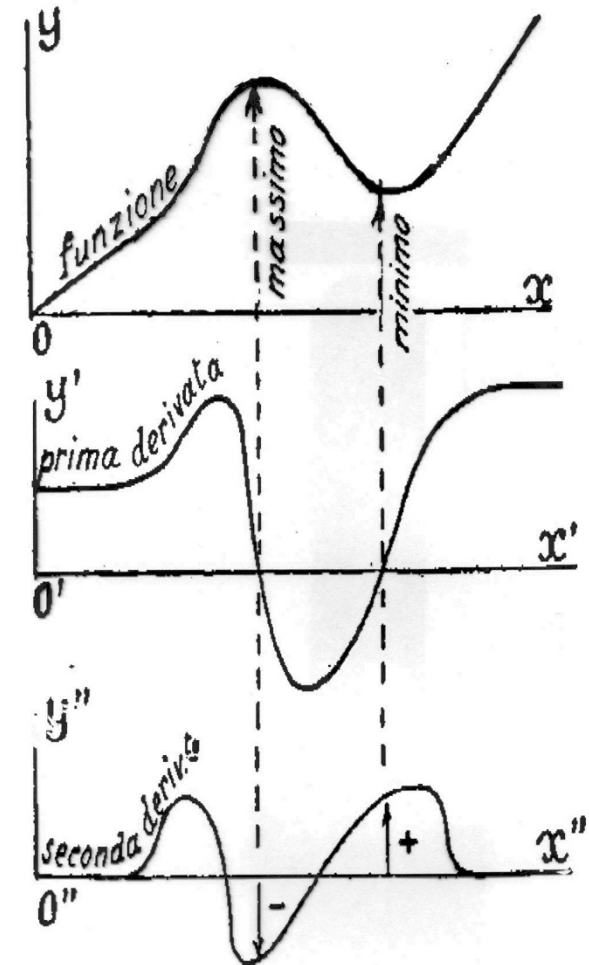
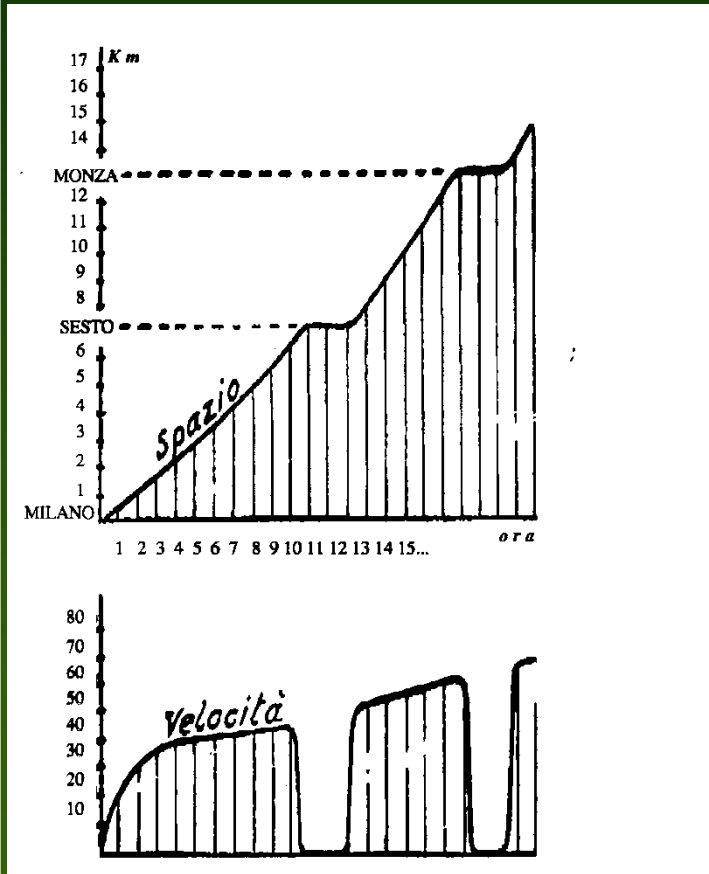


...e il principio d'inerzia

- Il problema di stabilire se un **punto di flesso** della funzione originaria, dove la prima derivata (= velocità) va a zero, corrisponda a un punto di **massimo** o di **minimo** della funzione originaria stessa è risolto dall'informazione che si può ottenere dalla **seconda derivata** (=accelerazione). Quando l'andamento di questo è **decrescente**, il punto di flesso della funzione originaria corrisponde a un **massimo**, quando è **crescente** a un **minimo** di quella.



La nozione di derivata



Nozione di sistema inerziale...



- Purché l'accelerazione non vari a sua volta, dunque, è sempre possibile grazie alle due prime derivate di una funzione ricostruire la forma integrale della funzione originaria. Ecco la grande scoperta di Newton alla base, sia della sua **analisi matematica**, sia delle **tre leggi della meccanica** come illustreremo subito (vedi figure).
- Il grande vantaggio di una simile scoperta era la possibilità di usare quello che diventerà il **metodo operativo** (=sperimentale + formale) della scienza moderna. Infatti:
- La possibilità di ottenere un calcolo esatto su **quantità piccole a piacere** (=calcolo della derivata prima e seconda) e dunque **misurabili** sperimentalmente con una **precisione incrementabile a piacere**; e
- La possibilità di estendere macroscopicamente con assoluto rigore formale il calcolo e la misurazione esatte (=calcolo della forma integrale)
- costituiscono il nucleo del "sogno" newtoniano di una **scienza fisica** rigorosamente **quantitativa, deduttiva e formale** come la geometria analitica scoperta da Descartes.
- Le **tre fondamentali leggi della dinamica** formalizzate da Newton:
 1. Principio d' inerzia,
 2. Principio fondamentale della dinamica $F=ma$,
 3. Principio di azione reazione
- sono infatti diretta conseguenza della scoperta del calcolo.

Continua...



- Dato il **secondo principio** della proporzionalità fra **forza** e **variazione della quantità di moto** (=accelerazione), è chiaro che tutto si riduce in dinamica a far sì che l' accelerazione non subisca variazioni a sua volta (=le equazioni fondamentali della fisica moderna sono tutte alle derivate seconde) che cioè il sistema fisico sia isolato, come richiede il **primo principio** (principio d'inerzia).
- Ovvero, tutto si riduce a trovare quelle condizioni di **simmetria nelle interazioni dinamiche** (= **terzo principio** o principio di azione-reazione) che rendano a sua volta costante la **forza** e dunque integrabile il sistema, perché in tal caso si è trovato il modo di rappresentare il sistema stesso come **sistema inerziale**.
- Questa rappresentazione, che rende **perfettamente equivalenti ai fini del calcolo** stato di quiete e stato di moto, permette di rappresentare l' evoluzione del sistema in forma rigidamente **deduttiva**. Date le tre leggi della dinamica (essenzialmente la seconda) e la posizione e quantità di moto delle particelle all' inizio del processo è possibile **predire univocamente** posizione e quantità di moto a qualsiasi istante.

Dalla filosofia della natura alla scienza della natura



- Da questo momento in poi, il senso del termine di **determinismo causale** viene così svuotato di ogni rilevanza ontologica e realistica per divenire sinonimo di **predicibilità logica** dell'evoluzione di un sistema dinamico nel tempo.
- Anche solo da queste elementari evidenze (ma ve ne sono ben altre!), si può comprendere, perché per questo calcolo di tipo rigorosamente **deduttivo**, Newton stesso scelse il nome di **analisi**. Con esso egli intendeva sottolineare come lo stesso rigore che l'algebra classica (o "analisi comune") raggiungeva con equazioni con un numero finito di termini, si poteva ottenere con un numero infinito dei medesimi, *"così da poter determinare esattamente e geometricamente le aree, le lunghezze, etc. delle curve"* [Newton, 1669]
- L'uso di questo approccio **rappresentazionale** geometrico (= l'evoluzione dinamica di un sistema fisico, rappresentata biunivocamente dalla **variazione** di grandezze geometriche e dalle loro relazioni algebriche (funzionali)), che eliminava d'un sol colpo tutto il "qualitativo" dalla fisica fu salutato come una liberazione dalle "oscurità scolastiche". Esso infatti eliminava dalla fisica le **essenze** e le **cause** della filosofia naturale aristotelica, per lasciarvi solo **osservazioni sperimentali**, sviluppate a partire da **regole universali** (=le tre leggi della dinamica), secondo un **formalismo matematico rigorosamente deduttivo** (=calcolo integrale).
- In altri termini, si sostituiva alla **necessità** di tipo **ontologico** delle spiegazioni della vecchia filosofia naturale aristotelica fondata sulle **essenze** (nature) delle cose e delle loro **cause** (relazioni reali), la **necessità** di tipo **logico** delle spiegazioni della nuova scienza fisico matematica. Una necessità fondata sulle **rappresentazioni simboliche** delle grandezze fisiche (fenomeni) e sulle **leggi matematiche** che governano le loro **variazioni**, poste in rapporto di dipendenza (al variare di una posso pre-dire o retro-dire di quanto e come è variata l'(e) altra(e))

Un testo dell'Ottica di Newton: dalle cause (ontologia) alle leggi (matematica/logica)

- I fenomeni della natura ci insegnano che siffatti principi [= le tre leggi della dinamica] **esistono realmente** [esistenza logica→esistenza fisica], anche se la loro **causa** [separazione legge-causa] non è stata ancora investigata. Le **leggi** di cui parliamo sono dunque **evidenti** e soltanto le loro **cause** possono dirsi **oscuri** [verità basata sull'evidenza e non sull'essere]. Gli aristotelici e gli scolastici invece hanno considerato come qualità oscure non già delle proprietà in qualche modo note, ma piuttosto altre che pensavano fossero nascoste nei corpi e costituissero la ragione sconosciuta degli aspetti visibili. Ma a questa categoria tanto la gravitazione quanto la forza elettrica e magnetica apparterebbero soltanto se noi presupponessimo che esse derivano dalla **natura** intima delle cose a noi sconosciuta, cioè da un sostrato impensabile ed insondabile. Siffatte "qualità" sono indubbiamente un ostacolo per il progresso scientifico e sono quindi rifiutate a buon diritto dall'indagine moderna. La **credenza** in **essenze specifiche** delle cose dotate di **specifiche forze nascoste** e quindi adatte a produrre determinati effetti sensibili, è del tutto vuota e priva di significato. Derivare invece dai **fenomeni** [evidenza empirica, dei contenuti "a posteriori"] due o tre principi generali del movimento, e spiegare come poi da essi, quali **presupposti chiari ed evidenti** [evidenza razionale delle forme logiche "a priori"], debbano seguire **tutte** [apoditticità, validità assoluta, dalla logica e metafisica alla matematica e fisica] le proprietà e le manifestazioni di **tutte** [apoditticità, validità assoluta, dalla logica e metafisica alla matematica e fisica] le cose materiali, sarebbe già un importante progresso della conoscenza scientifica, anche se le **cause** di tali principi rimanessero a noi completamente sconosciute [Newton 1704, 326].



Chi di “ipotesi” ferisce...

- In tal modo, la **certezza apodittica** che l’Inquisizione rivendicava per la metafisica e la teologia contro l’ipoteticità della (ri-)nascente fisico-matematica, veniva rivendicata per le certezze delle spiegazioni scientifiche basate sull’**evidenza** matematico-sperimentale, contro l’oscurità delle **ipotesi metafisiche** con la loro pretesa di conoscere le essenze e le cause delle cose.
- Ecco un testo di un oscuro studioso inglese del ‘700 che esemplifica benissimo l’**interpretazione ideologica** anti-metafisica e anti-filosofica che delle geniali scoperte di Newton ha dato l’Illuminismo del secolo XVIII.



... di ipotesi perisce: dalla *Divina Commedia* all'*Amleto* di Shakespeare

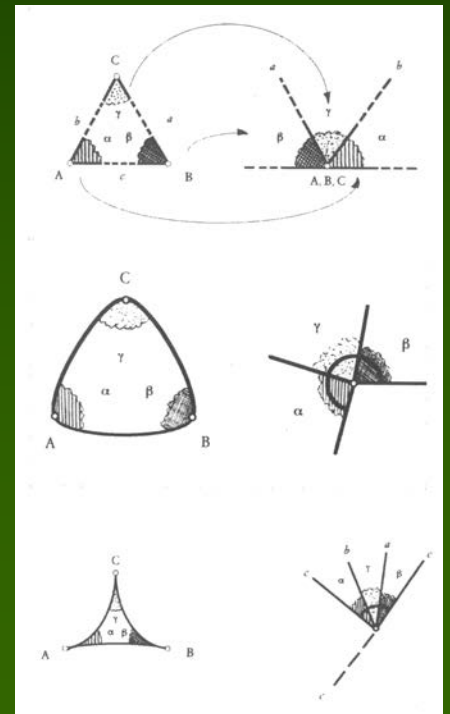
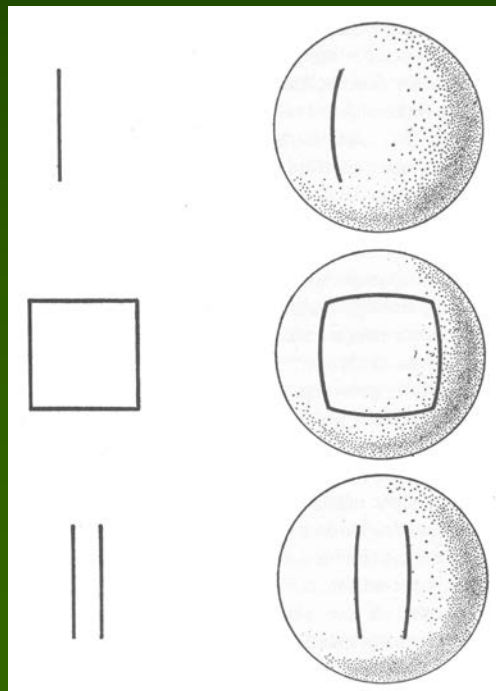
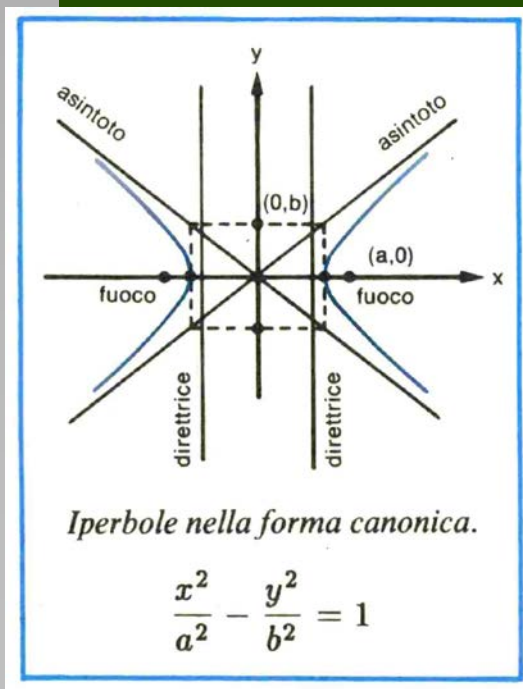
“Ci sono molte più cose in cielo e in terra di quanto la tua filosofia, Simplicio, possa fantasticare” (*Amleto*, Atto V).



La filosofia newtoniana, ossia l'unica vera filosofia che vi sia al mondo, è ugualmente fondata sulla meccanica. (...) Alcuni hanno ignorantemente obbietato che la filosofia newtoniana come tutte le altre che l'hanno preceduta, invecchierà e sarà superata da qualche nuovo sistema (...). Tale obbiezione è del tutto falsa. Nessun filosofo prima di Newton infatti adoperò mai il suo sistema. Mentre i sistemi filosofici non sono altro che ipotesi, opinioni, finzioni, congetture, fantasticherie, inventate a piacimento senza alcun appoggio nella natura delle cose, egli al contrario costituì da sé solo una base del tutto differente. Egli infatti non ammette se non ciò che ottiene attraverso esperimenti ed osservazioni accurate, quanto viene costruito poi in qualsiasi modo su questa base, è dedotto secondo un rigoroso ragionamento matematico (Corsivi nostri).

Statuto epistemologico scienza I

- Metodo ipotetico-deduttivo vs. apodittico
 - P.es.: geometrie non-euclidee (Riemann 1854)



Statuto epistemologico della scienza II

- P.es., nascita nel '900 della “nuova fisica”
 - Termodinamica (livello mesoscopico): irreversibilità delle equazioni
 - Quantistica (livello microscopico): discretezza dello spazio
 - Relatività (livello megaloscopico): relatività dei sistemi di riferimento
- **Non absolutezza** (=ipoteticità) della meccanica newtoniana, limitazione della sua fondatezza al **livello macroscopico**



Statuto epistemologico scienza III

- Carattere logico-costitutivo della ipoteticità del pensiero scientifico:
- Incompletezza delle teorie formalizzate della scienza (Goedel 1931)
 - Non tutte proposizioni valide dimostrabili (decidibili) in una teoria formalizzata → se **coerente** allora **incompleta**.
 - Impossibilità dell'**autoreferenzialità** → sistemi formali aperti → fine dello scientismo.
- Riscoperta metodi induttivi per la costruzione di ipotesi *vere* limitatamente ai contesti (= modelli).
 - Modularità, plasticità, evolutività dei sistemi logici della scienza (Cellucci)



Carattere “duale” della realtà fisica (QFT)

- Fine del paradigma newtoniano del corpo fisico come particella che si muove nel vuoto meccanico:
 1. Nozione di “vuoto quantistico” (Terzo Principio della Termodinamica)
 2. Distinzione energia-informazione (bosoni di gauge *versus* bosoni di Goldman)
- Prigogine: Dal paradigma meccanicista (Democrito) al paradigma ilemorfico (Aristotele)



Informazione: grandezza fisica immateriale

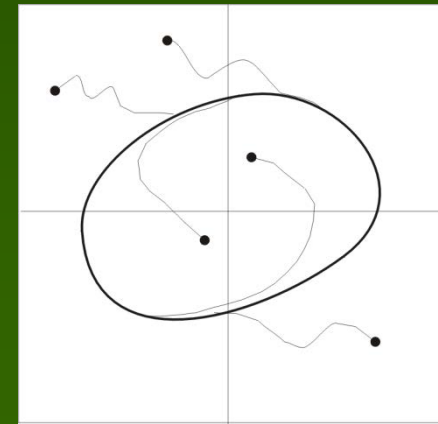
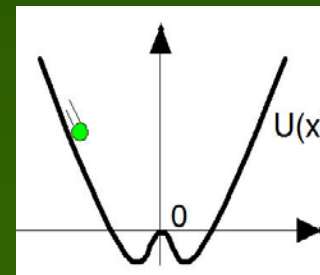
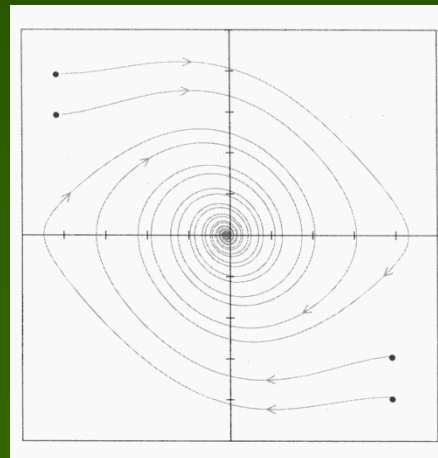
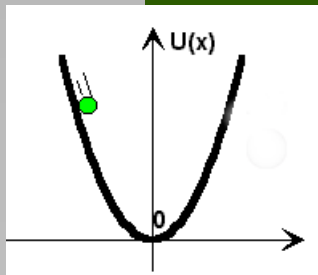
■ Determinismo vs indeterminismo

- → In una scienza determinista non c'è spazio per l'informazione né per un'ontologia duale della forma/materia come costitutivi di ogni corpo/evento fisico (secc. XVI-XIX).
- Ma la fisica (e quindi la scienza moderna) non è più determinista almeno da un secolo (Wheeler: *From It to Bit*), per questo non studia più solo la **materia** (massa/energia: grandezze fisiche materiali) ma anche l'informazione (grandezza fisica immateriale) → **fine dell'armistizio cartesiano** (Zeh, Zurek, Zeilinger...).
- → Disperazione di Platone e di Cartesio vs. l'esultanza di Aristotele e di Tommaso.



Determinismo newtoniano: sistemi stabili all'equilibrio

Le Leggi di Newton: *Ad ogni azione segue una reazione uguale e contraria* → *stabilità all'equilibrio*: **ordine predicibile** dalle condizioni iniziali (= sistemi integrabili, predicibili → *dinamica* \approx *geometria*): il sistema dinamico **non genera informazione**

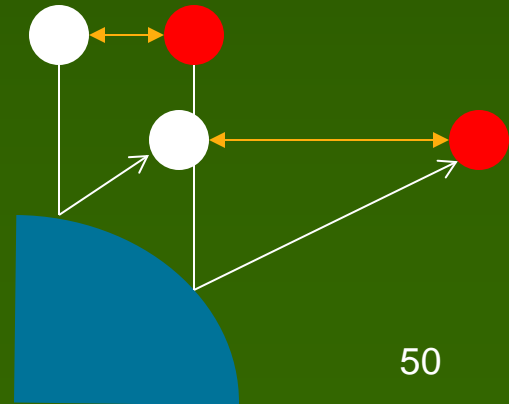
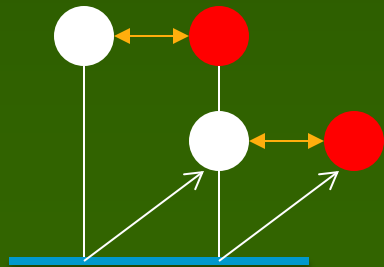


Determinismo vs. indeterminismo

Biliardi vs. Flipper

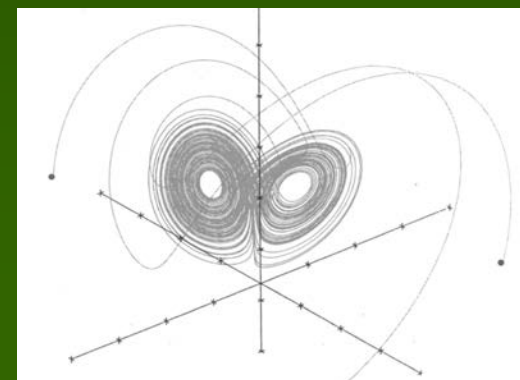
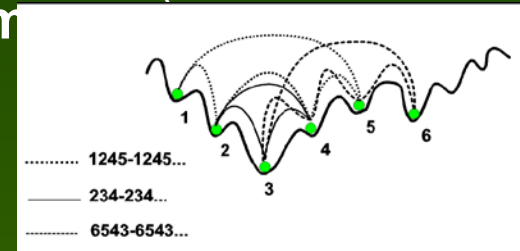
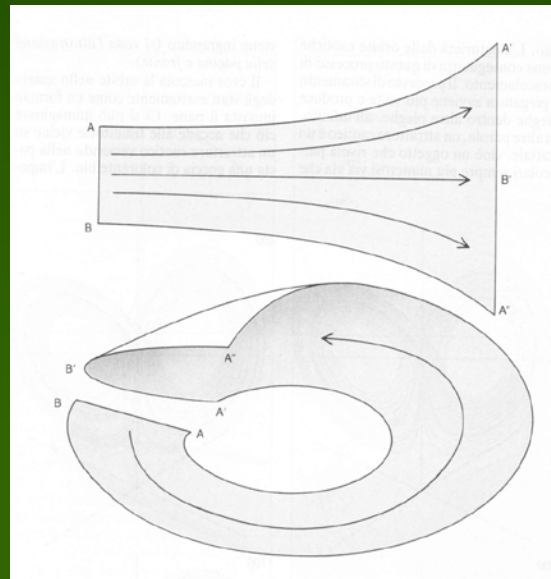


VS.



Caos deterministico: sistemi stabili fuori dall'equilibrio

Dis-organizzazione & Auto-organizzazione: il sistema dinamico non-isolato, dis-organizzandosi e organizzandosi **genera informazione** cioè ordine, stabilità non-predicibili dalle condizioni iniziali (= cambia l'ordinamento delle parti → cambia la sua geometria: sistemi non-integrabili ma **riproducibili al com**



Conclusione: un dialogo rinnovato

- Le difficoltà moderne nel dialogo scienza-fede nascevano dalla falsa convinzione di ambedue di essere depositarie di formulazioni assolute della verità. E due assoluti non possono convivere.
- La consapevolezza post-moderna che razionalità e definitività, coerenza e completezza sono irriducibilmente opposte apre la via alla possibilità di un dialogo rinnovato.

