The background of the slide is a mosaic of small, colorful tiles in shades of blue, green, and brown. In the center, there is a faint, circular mosaic portrait of Galileo Galilei, showing his face and a dark hat.

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Marco M. Massai
Dipartimento di Fisica 'E.Fermi'
Università di Pisa

Corso di Cultura e Metodo Scientifico
a.a. 2012/2013
La Limonaia, 2 ottobre 2012





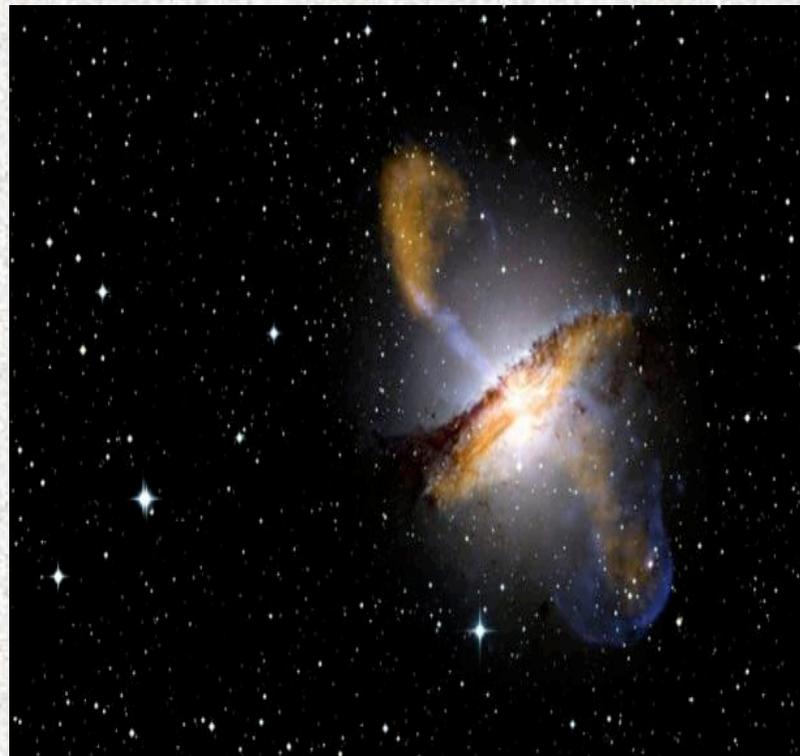


1609



1889

1910



oggi

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Galileo ed i cambiamenti di paradigma

Galileo, agli inizi del '600 aveva già segnato il suo tempo con le scoperte fatte in astronomia, mediante il suo nuovo strumento, il telescopio

Innanzitutto, il mutamento sul piano metodologico legato all'uso di uno strumento, **il cannocchiale**, che ha permesso di sondare distanze inimmaginate prima e vedere ben oltre le possibilità naturali dei sensi.

Quindi, **la luna** che appare profondamente diversa dal modello aristotelico di materia perfetta, anzi la sua somiglianza con la Terra trasferisce a questa una proprietà invece connaturata solo con la luna, il suo perenne moto nello spazio.

E poi con la scoperta della natura della Via Lattea e delle **Nebulae**, che insieme alla rivelazione di altre innumerevoli stelle, non visibili prima non solo perché deboli, ma anche perché lontane.

Vengono a **moltiplicarsi** le possibili **dimensioni** dell'Universo.

E quindi **i pianeti medicei** che rappresentano la prova che è necessario abbandonare un cosmo con un unico centro per immaginarne uno policentrico.

Le fasi venere sono una formidabile sostegno al **modello eliocentrico**.



Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Lo sviluppo della Scienza moderna

E' di fatto impossibile, ma sarebbe anche sbagliato, porre degli spartiacque nello sviluppo delle umane vicende, siano esse storiche, politiche, economiche, letterarie, anche là dove è facile identificare una data, una rivoluzione, la morte di uno statista, la nascita di un poeta.

Ma lo è ancora di più se si tratta di tracciare il percorso fatto dall'Uomo nel progresso scientifico.

Tuttavia, forse proprio con l'opera, l'esempio, le scoperte ed invenzioni di Galileo, si può dire che si compie quel processo di cambiamento che era iniziato nel Rinascimento e che alla fine del '500 aveva cominciato a scuotere il mondo dei Filosofi.



Perché proprio di questo si tratta: **dalla Filosofia nasce la Scienza moderna**. Galileo che è levatore di questa nascita, non ne è ancora del tutto consapevole; e tuttavia, agisce nel modo migliore, lasciando ai posteri un insegnamento che solo con Newton potrà essere pienamente compreso.

E quindi, come si è compiuto un percorso, con Galileo la scienza ne inizia un altro, che ancora non si è concluso.

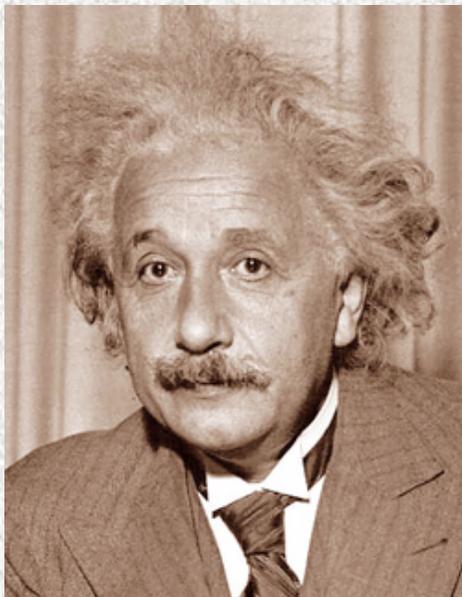
Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Introduzione:

- molte domande sulla Scienza
- e alcune risposte.

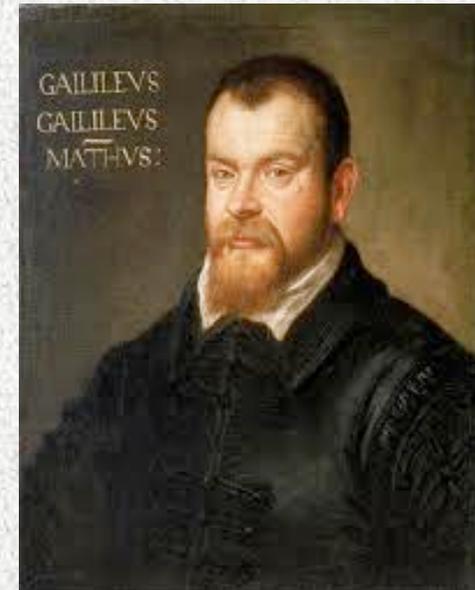
Galileo e gli altri:

- prima di Galileo: Copernico, Keplero
- ...e dopo: Cartesio, Newton
- il '700
- ...ma nell'antica Grecia?



Seconda parte

Prima parte



Il trionfo della Scienza

- il successo della matematica
- ...e la sua crisi
- i trionfi della Fisica

In pratica...

- come nasce una legge di Natura
- ...dalla misura al modello
- e dal modello alla verifica
- l'importanza della matematica
- ...e della teoria della probabilità
- ma forse non è tutto...

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Prima parte

Dall'insegnamento di Galileo:

*...tra le sicure maniere di conseguire la verita'
e' l'anteporre l'esperienza a qualsivoglia
discorso, non sendo possibile che una sensata
esperienza sia contraria al vero...*

Galileo Galilei

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

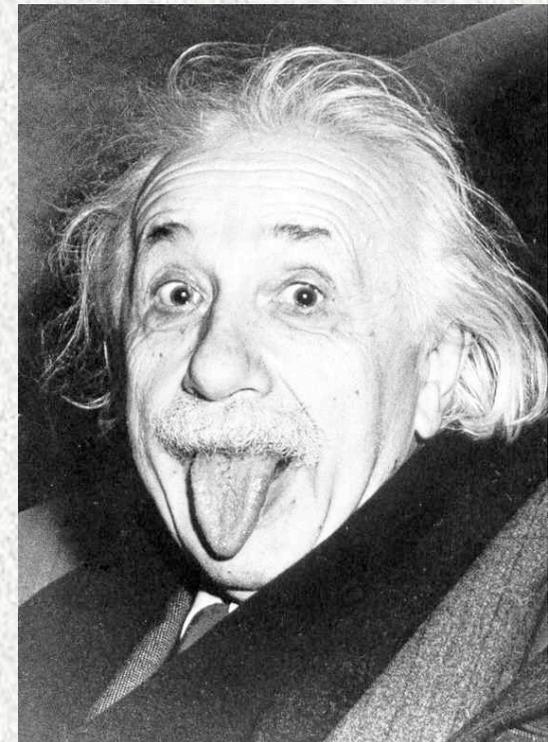
Prima parte

Dall'insegnamento di Galileo:

*...tra le sicure maniere di conseguire la verità
e' l'anteporre l'esperienza a qualsivoglia
discorso, non sendo possibile che una sensata
esperienza sia contraria al vero...*

Galileo Galilei

...nasce la Scienza moderna



Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Qualche dettaglio

Vediamo alcune tappe lungo le quali si è sviluppata quella scienza che oggi chiamiamo 'moderna'.

- Prima di Galileo: Copernico e Keplero
- Galileo all'opera
- La sintesi di Cartesio
- Isaac Newton
- Il ruolo di Francis Bacon
- La legge scientifica come law (dal diritto)
- La scienza prima della scienza, ovvero il mondo ellenistico

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Vediamo alcune tappe lungo le quali si è sviluppata quella scienza che oggi chiamiamo 'moderna'.

- Prima di Galileo: Copernico e Keplero
- Galileo all'opera
- La sintesi di Cartesio
- Isaac Newton
- Il ruolo di Francis Bacon
- La legge scientifica come law (dal diritto)
- La scienza prima della scienza, ovvero il mondo ellenistico

Qualche dettaglio

- L'efficacia della matematica
- Un superparadigma: la scienza come metodo assoluto
- Asimov e la Psicostoriografia
- Von Neuman: "la scienza crea modelli..."
- Matematica e biologia: Vito Volterra
- Matematica ed economia: John Nash
- Matematica, geometria e relatività...
- Un caso speciale: Federico Enriques
- Da una crisi insormontabile, Kurt Goedel...
- ...ad un trionfo: la Relatività Generale

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Lo sviluppo della Scienza moderna

Scienza e Metodo Sperimentale sono strettamente legati.
Forse possiamo dire che nascono contemporaneamente.

Ma quando? E dove? E cosa c'era prima della Scienza? Forse, la matematica?
Ed allora, la matematica non è Scienza? E se non lo è, che cosa rappresenta nel pensiero dell'uomo?

Se vogliamo considerare un periodo nel quale non si è mai interrotto lo sviluppo della Scienza, allora non vi è dubbio che essa nasce in Europa, tra '500 e '600, con il contributo decisivo di Francis Bacon, Galileo Galilei, Renato Cartesio, Isaac Newton.

Ma se andiamo a cercare nel passato, possiamo trovare altre civiltà, altri periodi storici nei quali si può oggi riscontrare un'attività scientifica organizzata, basata su un metodo sperimentale consolidato, e non solamente sporadico.

Ad esempio, se si guarda al periodo ellenistico durante il quale si sviluppa nel bacino del Mediterraneo (ma non solo) una serie incredibile di innovazioni tecniche, scientifiche e culturali, possiamo riconoscere tutte le caratteristiche che ritroviamo in Occidente quasi due millenni dopo.



Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Lo sviluppo della Scienza moderna

Alcune **domande** che vengono in mente quando si parla di Scienza...



La Scienza è un sistema di leggi che spiegano i dati osservativi e che prevedono l'evolversi...

Ma che cos'è la legge scientifica?

Quando nasce l'idea di Scienza nel senso che intendiamo oggi?

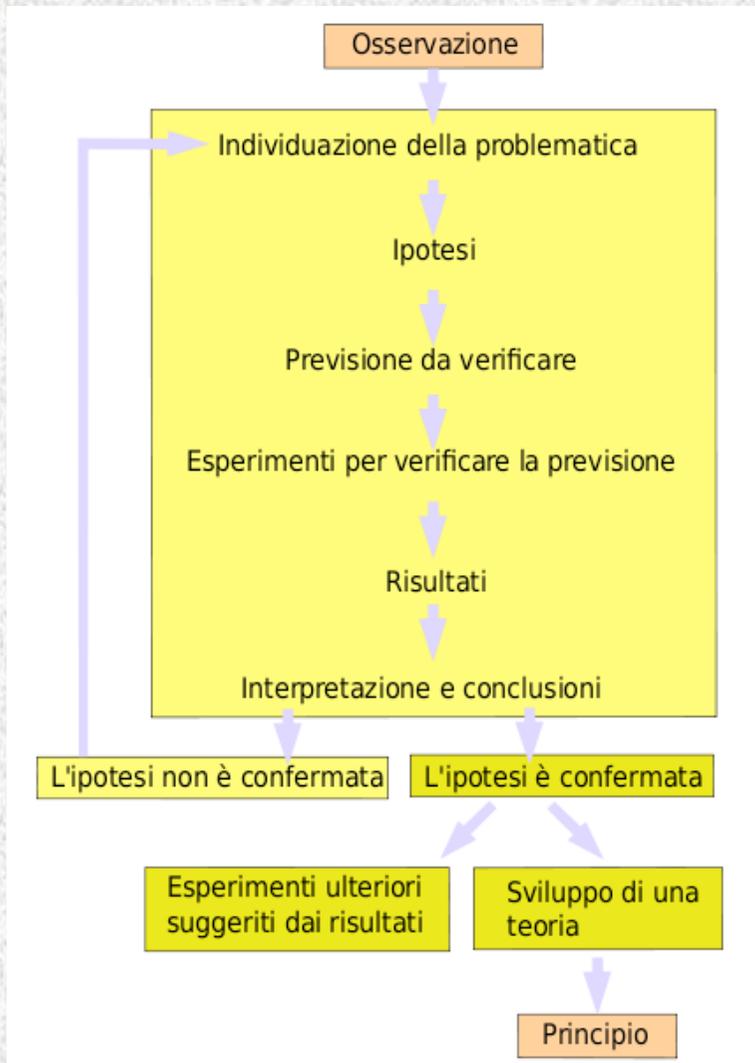
Cosa voleva dire Cartesio: "Dio crea il mondo e se ne ritira, se ne allontana lasciandolo all'indagine dell'uomo"?

Che relazione c'è tra l'idea di legge scientifica e la formalizzazione dei comportamenti umani (*law* nel diritto)?

Quale era l'idea di Scienza nella Grecia antica?

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Proviamo a dare alcune risposte...



Una rappresentazione del metodo scientifico

Che cos'è la legge scientifica?

Oggi chiamiamo 'legge scientifica' una relazione tra grandezze (fisiche, chimiche), o tra proprietà in un sistema biologico (naturale), codificata spesso dalla **matematica**, che descrive un comportamento nel quale è possibile verificare una certa **regolarità**.

Questa dà luogo alla possibilità di far **previsioni** sul sistema.

Spesso, per riconoscere una regolarità nel comportamento di un sistema, è utile (e/o necessario) fare delle **semplificazioni**, che a loro volta permettono di arrivare all'**astrazione** più facilmente, forse unica forma di conoscenza integralmente esportabile e **comunicabile**.

Forse una nuova **metafisica**?

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Proviamo a dare alcune risposte...

Quando nasce l'idea di scienza?

Sembra evidente che un inizio si è avuto con il lavoro e l'insegnamento di **Galileo, Cartesio e Newton**. Ma forse l'idea di Scienza moderna non era ancora emersa in modo netto; tuttavia essi hanno osservato il mondo naturale in modo **nuovo**, ed hanno speculato su le **astrazioni** da esso ricavate con gli occhi di chi cercava di disfarsi degli schemi interpretativi esistenti. Certo, non sempre, non su tutto.

Forse però questi inizi si potrebbero cercare ancora più lontano nella storia dell'Uomo (mondo greco-ellenistico, Cina antica, Mesopotamia).

Nihil est in intellectu quid prius non fuerit in sensu
Galileo? Bacone? Cartesio?
No, è una massima della Scolastica!

Analizzando diversi periodi storici, appare chiaro che l'attività dello scienziato isolato non è sufficiente a **garantire** ad una rivoluzione scientifica di portare cambiamenti **stabili** anche nel mondo al suo esterno. Anzi, si osserva in alcuni casi un repentino regresso persino in conoscenze che sembravano consolidate.

Invece, è solamente con il lento succedersi di nuovi sviluppi, legami, interconnessioni, che nuove idee si sedimentano prima nella mente degli uomini di Scienza, quindi in quelli di potere. Forse, dopo, anche nella cultura di base.



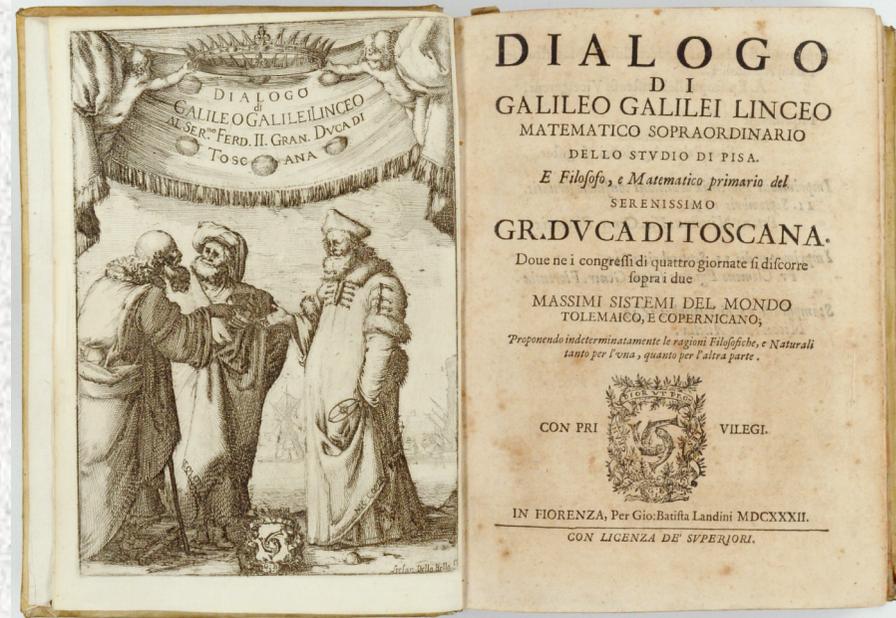
Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico



Cominciamo con una novella, dal *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo...*

Riserratevi con qualche amico nella maggiore stanza che sia sotto coverta di alcun gran navilio, e quivi fate d'aver mosche, farfalle e simili animalletti volanti; siavi anco un gran vaso d'acqua, e dentrovi de' pescetti; sospendasi 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 animalletti volanti con par 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 più 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. Osservate che avrete diligentemente tutte queste cose, benchè niun dubbio ci sia che mentre il vassello sta fermo non debbano succeder così, fate muover la nave con quanta si voglia velocità; chè (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, nè da alcuno di quelli potrete comprender se la nave camminao pure sta ferma: voi saltando passerete nel tavolato i medesimi spazii che prima, nè, perchè la nave si muova velocissimamente, farete maggior salti verso la poppa che verso la prua, benchè, 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 fuste situati per l'opposito; le goccioline cadranno come prima nel vaso inferiore, senza caderne pur una verso poppa, benchè, 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...

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico



...e finalmente le farfalle e le mosche continueranno i lor voli indifferentemente verso tutte le parti, nè mai accaderà che si riduchino verso la parete che riguarda la poppa, quasi che fussero 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 nugioletta 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; chè 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, perchè 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 eggiamo 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 gocciole cadenti pochissima sarebbe la differenza, e ne i salti e ne i proietti gravi, del tutto impercettibile.

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Ma prima di Galileo, altri, astronomi, filosofi, pensatori, dentro e fuori della Chiesa, avevano portato il loro contributo all'evoluzione dei contenuti ed ai metodi di quella che ancora non possiamo chiamare Scienza; ma che sta fondando le proprie basi, senza che ancora non si possa intravedere l'orizzonte che si sta per dischiudere al progresso dell'Uomo.

Nicolò Copernico, Giordano Bruno, Giovanni Keplero, Francis Bacon, ...

Vedremo in dettaglio solo alcuni esempi, cercando di mettere in evidenza le analogie, ma soprattutto le differenze, rispetto al contributo di Galileo.

E dopo, Cartesio e Newton completeranno questo complesso processo di trasformazione.

In seguito, sarà un continuo fiorire di nuovi geni, nuovi scienziati (ormai possiamo chiamarli così...) che sempre più in stretto contatto con la società, porteranno la Scienza ad una piena autonomia sul piano metodologico dalle altre attività dell'Uomo, anche se rimarranno, anzi cresceranno, le aspettative, le richieste, i condizionamenti che la società tutta cercherà, spesso con successo, di esercitare sul mondo scientifico. E questo, ormai, è l'Oggi.

Da Galileo in poi...



Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Nicolò Copernico (1473 - 1543)

Mikolaj Kopernik Circa nel 1495 Copernico venne in Italia, dove studiò diritto presso l'Università di Bologna (diritto civile e diritto canonico,)

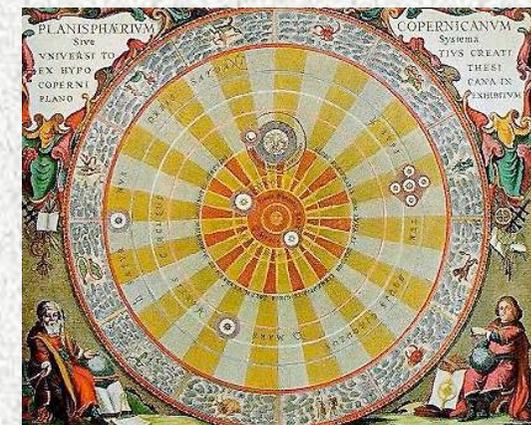
Qui incontrò Domenico Maria Novara da Ferrara, già celebre astronomo, che ne fece il suo allievo ed uno dei suoi più stretti collaboratori. Con lui, mentre studiava diritto civile a Ferrara, Copernico fece le prime osservazioni nel 1497, così come ricorda nel **De revolutionibus orbium caelestium**.



Qui si laureò nel 1503 in diritto canonico, e qui si suppone abbia letto scritti di Platone e di Cicerone circa le opinioni degli Antichi sul movimento della Terra. Qui, dunque, si ipotizza che possa avere avuto le prime intuizioni per lo sviluppo delle sue idee successive.

Nel 1504 cominciò a raccogliere infatti le sue osservazioni e le sue riflessioni che entreranno nella composizione della sua teoria.

Anche se un modello eliocentrico era stato proposto già in Grecia, con Eudosso di Cnido, Eraclito Pontico e in particolare Aristarco di Samo. Tuttavia, l'idea di Copernico non si affermò che molto lentamente nel corso del secolo successivo.



Thomas Kuhn, "La rivoluzione copernicana"

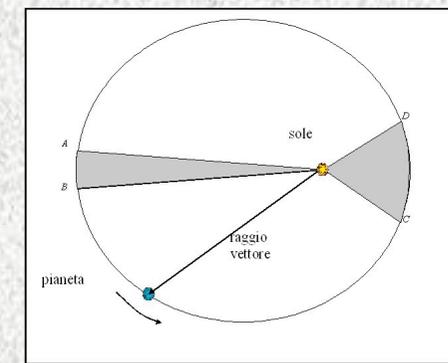
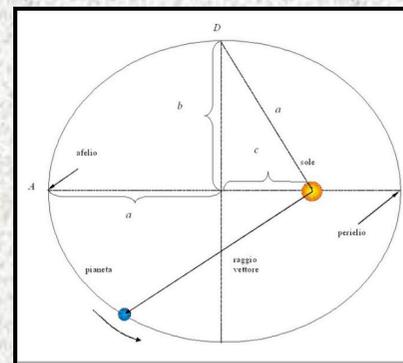
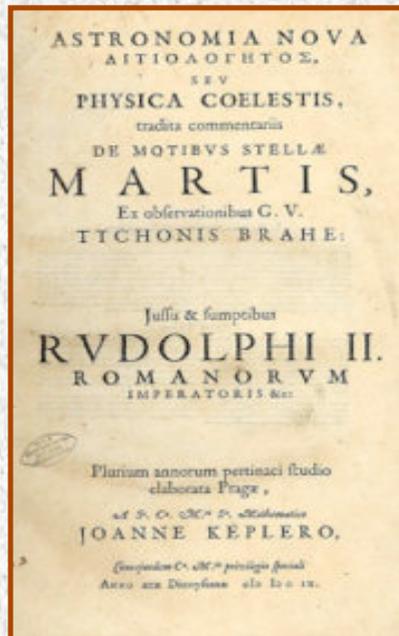
Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Johannes Kepler (1571 - 1630)

Nonostante la scoperta dei satelliti di Giove e l'osservazione sistematica del loro moto fatta da Galileo, non era ancora stato abbandonato il modello tolemaico, il quale forniva ancora delle previsioni sul moto dei pianeti migliori di quelle ottenibili con il modello copernicano. Le orbite dei pianeti sono seppur di poco, ellittiche, e non circolari e se non si tiene conto di questo, le previsioni non possono competere con il secolare lavoro osservativo degli astronomi dell'antichità.



In seguito alle osservazioni e misure sempre più accurate, che decine di oscuri astronomi avevano fatto nell'arco di secoli, **Keplero** formalizzò nelle sue tre leggi, la regolarità (approssimativa) compatibile con le misure, che emergeva nel moto dei Pianeti. (1608, 1609, 1619)



Keplero ereditò da Tycho Brahe una gran quantità dei più precisi dati mai raccolti sulle posizioni dei pianeti. Egli fu capace di dedurre le sue leggi sul moto dei pianeti senza conoscere le loro esatte distanze dal Sole, poiché le sue analisi geometriche richiedevano solo il rapporto tra le rispettive distanze dal centro del moto.

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Le prime due leggi furono enunciate in un libro di astronomia; la terza, invece, fu inserita in un testo che si occupava anche di musica e di astrologia. Keplero sostenne l'idea che la musica e il sistema solare fossero manifestazioni della stessa armonia; quasi come se le posizioni dei vari pianeti, similmente ai tasti di un pianoforte, dovessero corrispondere alle note.

I legge (1608)
Il moto dei pianeti descrive un'ellisse della quale il sole occupa uno dei fuochi

II legge (1609)
il raggio vettore di ogni pianeta spazza area uguali in tempi uguali

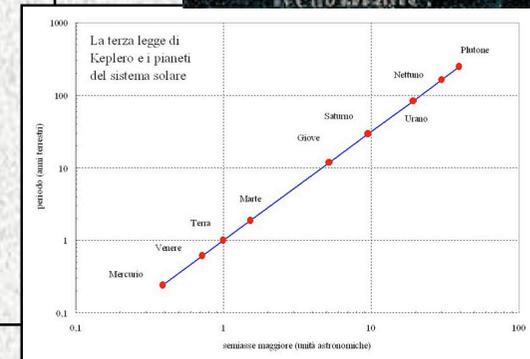
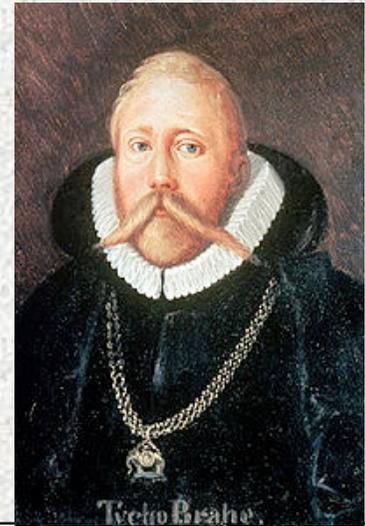
III legge (1619)
il quadrato del periodo di rotazione è proporzionale al cubo dei semiassi maggiori delle orbite

Per la prima volta nella storia della scienza Keplero elimina dall'astronomia le sfere celesti e ipotizza per i pianeti un moto diverso da quello circolare. Inoltre, poiché l'ellisse è una figura piana, i moti dei pianeti avvengono in un piano, detto piano orbitale.

La velocità lungo l'orbita è inversamente proporzionale al modulo del raggio vettore. Questa è una conseguenza della **conservazione del momento angolare**.

La terza legge è la più complessa e più difficilmente deducibile dai dati a disposizione. Ma è anche quella che fornisce l'indicazione implicita della relazione che intercorre tra raggio e periodo. In altre parole, è una **soluzione di un'equazione del moto**, ancora da formalizzare. E' su queste leggi, empiriche, che **Newton** si baserà per dedurre la prima Legge fisica che descriveva il comportamento della Natura in termini matematici (algebrici): la **Legge di Gravitazione Universale**.

Johannes Kepler (1571 - 1630)

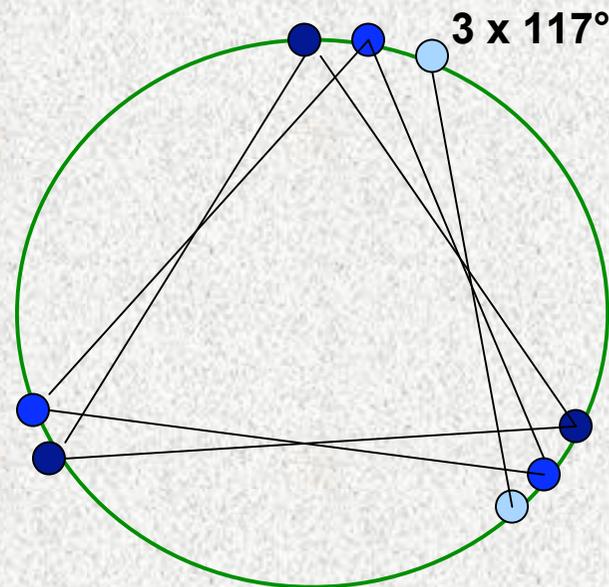


Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Johannes Kepler (1571 - 1630)

Il metodo che ha portato Keplero a formulare le sue leggi (che solo dopo quasi due secoli vennero percepite dalla comunità scientifica come tali...) non aveva niente a che fare con il Metodo Scientifico come oggi lo intendiamo. O almeno le prime due, che egli descrisse nel *Mysterium Cosmographicum*, erano il prodotto di un processo che partiva da un'ipotesi metafisica (-religiosa), fortemente condizionata dalla fede di Keplero in un Dio che egli pensava 'grande matematico'.

Possiamo dire che arrivò alle leggi partendo da un modello (metafisico), cercando per decenni di adattare i dati osservativi a questi modelli. Iniziò immaginando che le orbite dei pianeti dovessero essere le circonferenze circoscritte ed inscritte, costruite a poligoni regolari. E così piazzò Saturno circoscritto ad un triangolo che aveva inscritto l'orbita di Giove, e così via, cambiando ogni volta la scelta del poligono.

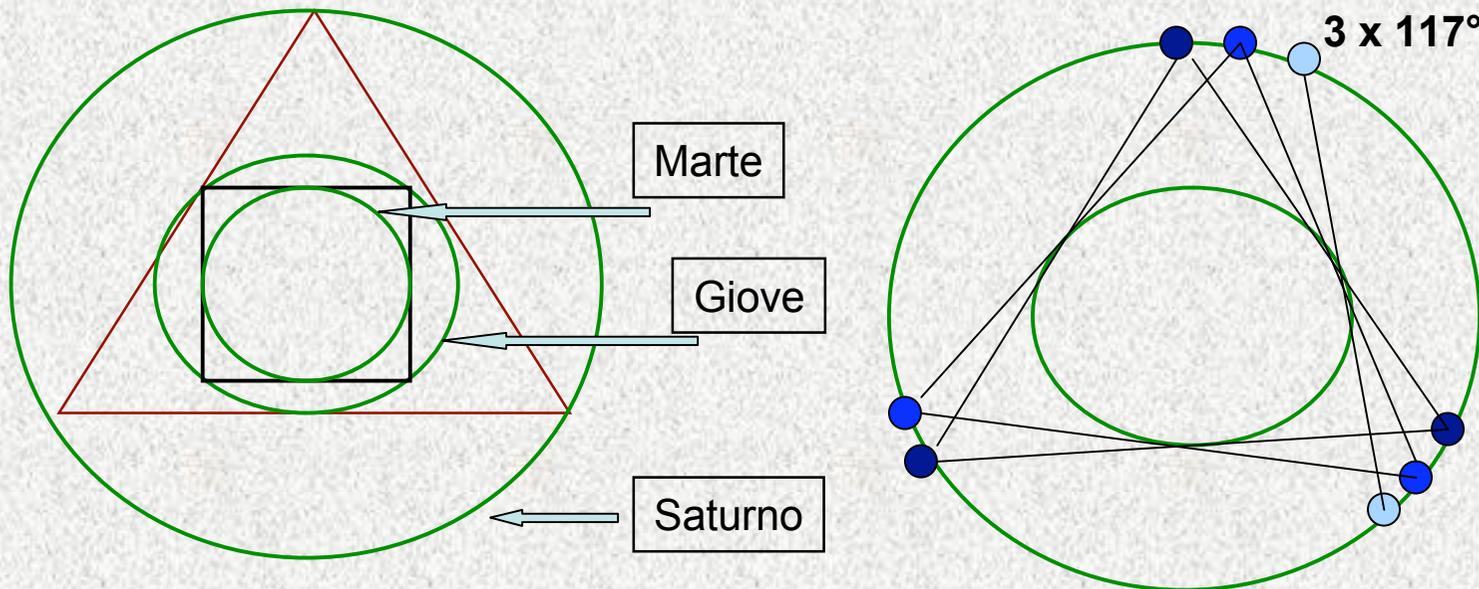


Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Johannes Kepler (1571 - 1630)

Il metodo che ha portato Keplero a formulare le sue leggi (che solo dopo quasi due secoli vennero percepite dalla comunità scientifica come tali...) non aveva niente a che fare con il Metodo Scientifico come oggi lo intendiamo. O almeno le prime due, che egli descrisse nel *Mysterium Cosmographicum*, erano il prodotto di un processo che partiva da un'ipotesi metafisica (-religiosa), fortemente condizionata dalla fede di Keplero in un Dio che egli pensava 'grande matematico'.

Possiamo dire che arrivò alle leggi partendo da un modello (metafisico), cercando per decenni di adattare i dati osservativi a questi modelli. Iniziò immaginando che le orbite dei pianeti dovessero essere le circonferenze circoscritte ed inscritte, costruite a poligoni regolari. E così piazzò Saturno circoscritto ad un triangolo che aveva inscritto l'orbita di Giove, e così via, cambiando ogni volta la scelta del poligono.



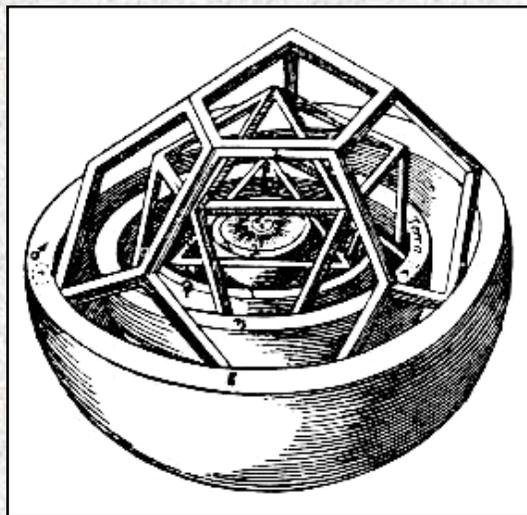
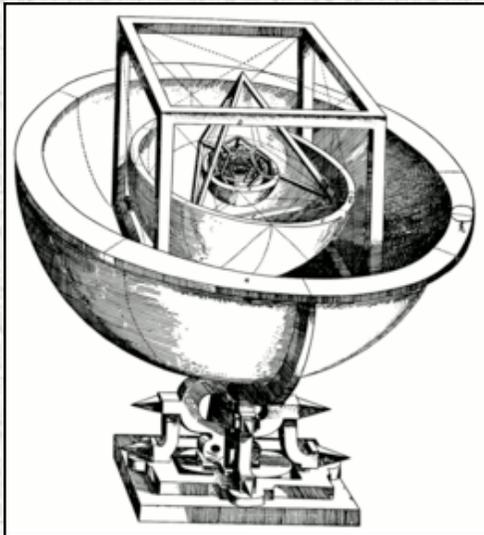
Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Ma purtroppo (per i suoi decennali sforzi) il rapporto tra le orbite dei pianeti, così costruite, non avevano alcuna relazione con i dati osservativi. Keplero allora considerando che il moto dei pianeti avviene nello spazio, e non nel piano, e che gli unici poliedri regolari sono 5, guarda caso proprio gli interspazi utili, e necessari, per collegare un'orbita a quella successiva.

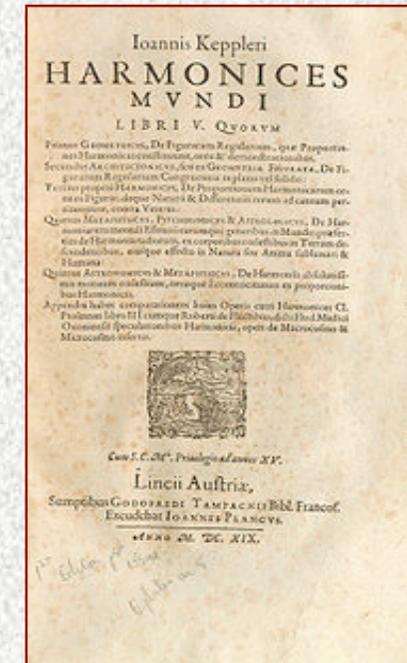
Solidi platonici e pianeti orbitanti intorno al Sole:

Saturno, cubo, Giove, tetraedro, Marte-dodecaedro-Terra-icosaedro-Venere-ottaedro.

Su questa ipotesi, Keplero lavorò ancora molti anni; ma anche qui, i rapporti tra i diametri delle orbite non corrispondevano in alcun modo ai rapporti previsti dal modello kepleriano. Solamente quando Keplero abbandonò la geometria come strumento per interpretare il 'linguaggio di Dio' e utilizzò l'algebra, cioè i rapporti tra quadrati e cubi dei rapporti tra raggi delle orbite e periodi orbitali.



Johannes Kepler (1571 - 1630)



Questo risultato verrà utilizzato da Newton e porterà solo da allora gloria al nome di Keplero, che invece non raccolse né da Galileo né da Francis Bacon il riconoscimento al suo vittorioso sforzo di trovare una relazione universale per descrivere il moto dei pianeti mediante la matematica.

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Galileo all'opera

Quello che possiamo imparare da questa storia è che spesso nella scienza, nell'indagine del mondo naturale, per estendere la conoscenza, per immaginare nuovi modelli, per vedere 'oltre', sovente non è sufficiente migliorare sempre di più i metodi acquisiti o perfezionare gli strumenti già inventati. A volte è necessario cambiare completamente il 'punto di vista'. E questa è un'operazione che solo i Grandi riescono a fare.

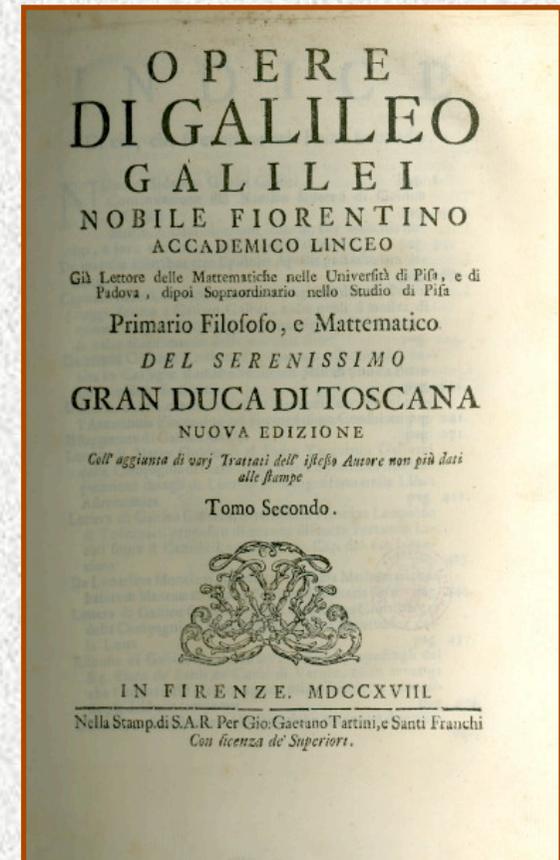
Nel 1610 Galileo comunicò al mondo le scoperte che aveva fatto osservando il cielo, per la prima volta, con un nuovo strumento che lui stesso aveva costruito per primo, partendo da quello che, inventato da tre ottici olandesi, altro non era che un giocattolo.

Ma la sua fama è legata soprattutto allo studio delle leggi del moto, ed alle soluzioni che dette al problema del moto.

In particolare.

- 1) Le osservazioni del moto del pendolo;
- 2) Il rotolamento di una sfera su di un piano inclinato;
- 3) La caduta di un grave;
- 4) La percezione della relatività del moto;
- 5) L'enunciazione del principio di inerzia.

Nel 1604 Galileo rende pubblica la scoperta della legge di caduta dei gravi. Il processo per il quale vi è arrivato è complesso e passa attraverso semplificazioni, analogie e generalizzazioni, comunque sempre supportate da misure. Ma trova la conclusione nella dimostrazione geometrica.



Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Galileo all'opera



Il piano inclinato è stato usato da Galileo per studiare il moto naturalmente accelerato, rallentando quindi il moto per poter eseguire con maggiore precisione le misure necessarie, dati gli strumenti del tempo. Ma anche per studiare la relazione tra come varia la velocità ed il tempo nel quale questo cambiamento avviene...

Un'altra importante osservazione che si può dedurre, mediante il ragionamento, dalle osservazioni che Galileo ha tratto dal comportamento di più masse diverse sul piano inclinato, è data dal fatto che nella relazione che Galileo ha sperimentalmente ricostruito, non compare mai la massa. Anche questo indice che la natura del moto non sta negli oggetti, ma solo nel loro 'comportamento'.

Pare, quindi, che la legge che determina il moto di caduta di un grave, sia lungo un piano inclinato, sia in caduta libera (notiamo che quest'ultimo caso è dedotto *ex necessitate*, da Galileo, cioè solamente con la deduzione logica) non preveda la dipendenza da quanto è grande o piccola la massa in gioco. Galileo non si dimentica certo di notare che, per poter eseguire misure precise, è necessario semplificare il problema, trascurando l'attrito con l'aria, e perciò va a considerare solo masse costituite da ferro o piombo.

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Galileo all'opera

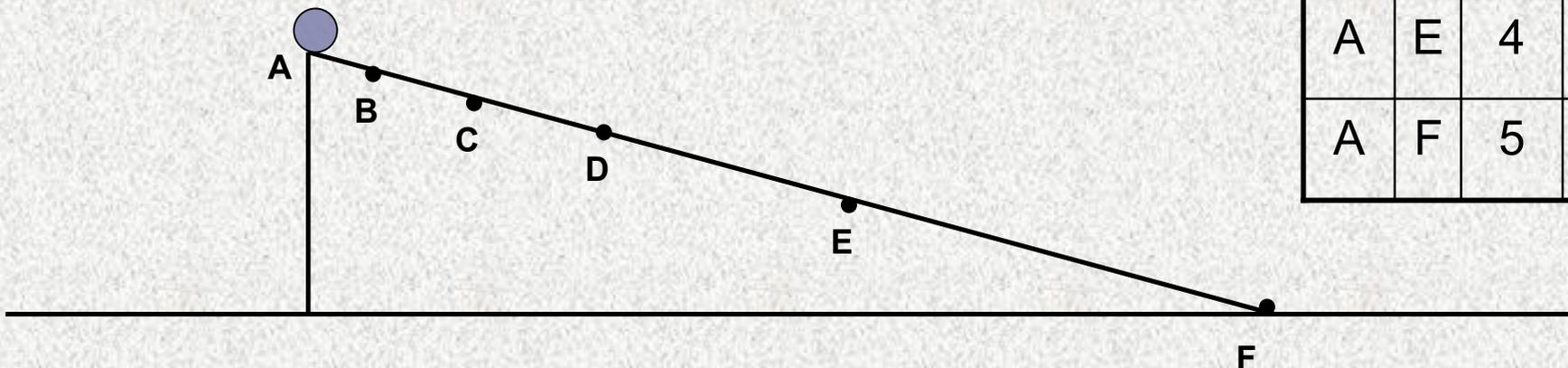
Rotolamento di una sfera su un piano inclinato

Prima di tutto Galileo ha posto i traguardi A,B,C,D,E,F in modo da rendere uguali gli intervalli temporali di transito tra due punti consecutivi. Quindi ne ha misurato le distanze: con sorpresa, ottenne la serie di numeri dispari! A questo punto notò che lo spazio percorso era proporzionale al quadrato del tempo necessario a percorrerlo.

Aveva scoperto in modo empirico la legge di caduta dei gravi. Aveva bisogno tuttavia di generalizzare alla caduta verticale. Ma una volta verificato che questa legge vale per ogni angolo di inclinazione, allora è immediato (?) l'estensione all'angolo retto, cioè caduta libera.

da	a	t	d
A	B	1	1
B	C	1	3
C	D	1	5
D	E	1	7
E	F	1	9

da	a	Σt	Σd
A	B	1	1
A	C	2	4
A	D	3	9
A	E	4	16
A	F	5	25



Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Galileo all'opera

L'osservazione, quasi ovvia, che tanto maggiore è il peso dei corpi, tanto maggiore è la velocità con la quale raggiungono il suolo, è frutto dell'esperienza comune, e viene proprio dalle 'sensate esperienze'.

E' anche contro questa esperienza che è necessario adottare 'certe dimostrazioni'; in altre parole, usare la **matematica** per eliminare ogni dubbio.

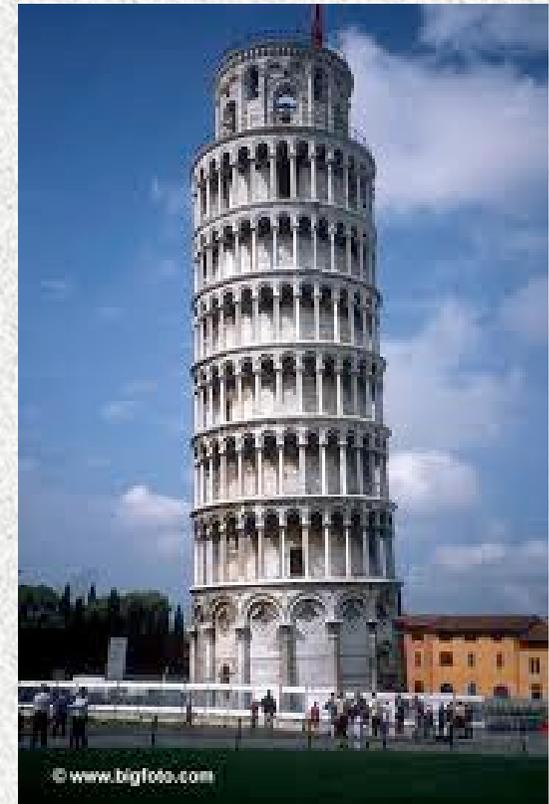
In questo caso, cercare le leggi di natura in un mondo che è frutto dell'astrazione dello scienziato, non limitato dalla semplice esperienza empirica.

Questo è uno dei motivi per il quale Galileo fu accusato di essere neoplatonico.

Ma è necessario distinguere, ad esempio, il caso di Keplero e quello di Galileo.

Per Keplero la matematica (geometria) è necessaria in quanto 'linguaggio di Dio', ed è quindi 'a priori' lo schema che l'uomo deve 'a posteriori' ricostruire per interpretare l'opera di Dio.

Per Galileo, la matematica è lo strumento interpretativo della Natura ed è l'unico che permetta all'uomo di capirla, conoscerla ed apprezzarla. Che questo possa essere un modo di essere più vicini a Dio, è un'altra questione.



Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Galileo all'opera

Ritorniamo al moto lungo un piano inclinato, e consideriamo nella tabella $t = \Delta t$ e $s = \Delta s$
 Dunque, Galileo ha bisogno di **dimosrazioni matematiche certe**.

Ma $\Delta s / \Delta t$ non è altro che v_m , la velocità media; e $v_m = (v_f + v_i) / 2$; quindi, moltiplicando la velocità per il tempo si ottiene proprio (o quasi...) lo spazio percorso... E questo chiamasi **'calcolo integrale'**, più o meno...

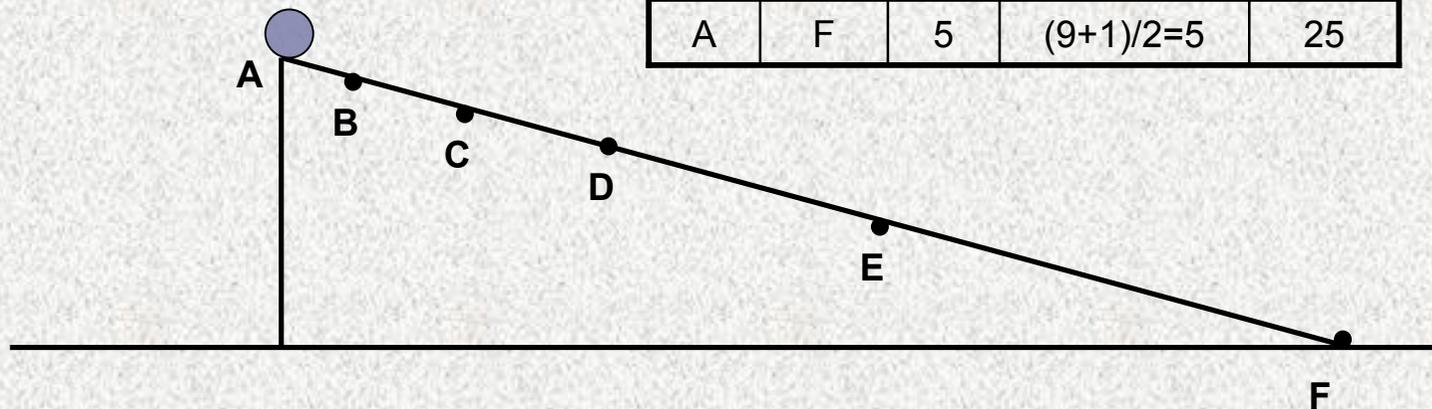
da	a	Δt	Δs
A	B	1	1
B	C	1	3
C	D	1	5
D	E	1	7
E	F	1	9

$\Delta s / \Delta t$
1
3
5
7
9

da	a	t	v_m	$v_m * t$
A	B	1	c.a. 1	1
A	C	2	$(3+1)/2=2$	4
A	D	3	$(5+1)/2=3$	9
A	E	4	$(7+1)/2=4$	16
A	F	5	$(9+1)/2=5$	25

$$S(t) = k t^2$$

da	a	t	s
A	B	1	1
A	C	2	4
A	D	3	9
A	E	4	16
A	F	5	25



Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

L'incommensurabile
... contributo di Cartesio

René Descartes (Cartesio) che nasce alla fine del '500 e che nella prima metà del '600 rappresenta il pensatore che idealmente accoglie il messaggio innovativo di Galileo, lo formalizza in una serie di regole (Metodo) che rappresenta il primo modello **epistemologico** ben definito; e passa idealmente il testimone a Newton che rappresenterà la sintesi tra osservazione sperimentale e formalizzazione matematica.

La **geometria analitica** alla quale è legato il suo nome diventa lo strumento decisivo che permette alla Scienza di affrancarsi dalla Filosofia e di iniziare il suo ruolo di motore del Progresso per l'Umanità.

Cartesio: *Dio crea il mondo e se ne ritira, se ne allontana lasciandolo all'indagine dell'uomo.*

Forse questa posizione è finalizzata a rendere **libero** il campo della speculazione, della osservazione, della misura. Solo così Cartesio ha la possibilità di **conciliare** una posizione di rispetto dei principi della Chiesa con la necessità di indagare le nuove frontiere della conoscenza che si andavano delineando: astronomia, ottica, matematica, fisica.

*“Al di sopra di tutto mi piacevano le **scienze matematiche** per la certezza e l'evidenza delle loro ragioni; ma non riuscivo a coglierne il vero uso, pensando che esse servissero solo alle arti meccaniche, mi meravigliavo del fatto che, essendo i loro fondamenti così stabili e solidi, non si fosse costruito su di essi niente di più elevato”*

Discorso sul Metodo, 1637

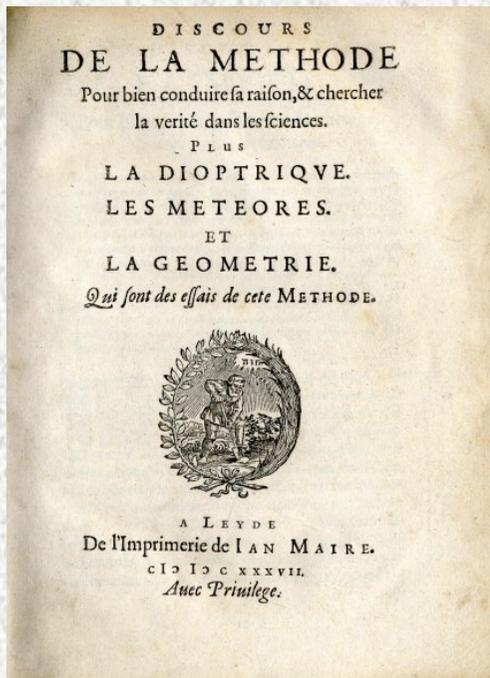


Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

L'incommensurabile
... contributo di Cartesio

Cosa voleva dire Cartesio, parlando di Metodo in matematica?

*“Volendo seriamente ricercare la verità delle cose, non si deve scegliere una scienza particolare, infatti esse sono tutte **connesse tra loro** e dipendenti l'una dall'altra.”*



Le regole del Metodo, secondo Cartesio:

L'evidenza: «Il primo era di non prendere mai niente per vero, se non ciò che io avessi chiaramente riconosciuto come tale; ovvero, evitare accuratamente la fretta e il pregiudizio.

L'analisi: «Il secondo, di dividere ognuna delle difficoltà sotto esame nel maggior numero di parti possibile, e per quanto fosse necessario per un'adeguata soluzione».

La sintesi: «Il terzo, di condurre i miei pensieri in un ordine tale che, cominciando con oggetti semplici e facili da conoscere, potessi salire poco alla volta, e come per gradini, alla conoscenza di oggetti più complessi; assegnando nel pensiero un certo ordine”

L'enumerazione (controllo dell'analisi) e **la revisione** (controllo della sintesi): «E per ultimo, di fare in ogni caso delle enumerazioni così complete, e delle sintesi così generali, da poter essere sicuro di non aver tralasciato nulla.»

Allora è proprio questo *l'inventum mirabile*, la scoperta meravigliosa, che cioè siamo di fronte a un processo di **unificazione** della scienza e questa scienza unica sembrerebbe essere **la matematica**.

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

L'incommensurabile
... contributo di Cartesio

Il dubbio metodico come ricerca esasperata dell'evidenza mette in discussione la conoscenza comune. Io posso dubitare anche della realtà pensando che stia sognando; ma se sogno, allora vuol dire che esisto. Il dubbio rivela il mio essere:

Je pense, donc je suis, penso dunque sono, *cogito ergo sum*.



Ma leggiamo le parole di Cartesio, nella quarta parte del *Discours de la Methode*

...considerando che tutti gli stessi pensieri che abbiamo da svegli possono venirci anche quando dormiamo senza che ce ne sia uno solo, allora, che sia vero, presi la decisione di fingere che tutte le cose che da sempre si erano introdotte nel mio animo non fossero più vere delle illusioni dei miei sogni. Ma subito dopo mi accorsi che mentre volevo pensare, così, che tutto è falso, bisognava necessariamente che io, che lo pensavo, fossi qualcosa. E osservando che questa verità: penso, dunque sono, era così ferma e sicura, che tutte le supposizioni più stravaganti degli scettici non avrebbero potuto smuoverla, giudicai che potevo accoglierla senza timore come il primo principio della filosofia che cercavo.

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Cartesio, all'inizio della sesta parte, ricorda senza nominarlo, Galileo come colui che pur scrivendo cose giuste sulla natura, era incorso nella reazione delle alte cariche ecclesiastiche, tre anni prima nel '33.

Parte sesta: Le cose richieste per andare più avanti nello studio della natura

Sono passati tre anni da quando, arrivato alla fine del trattato che contiene tutte queste cose, e mentre mi accingevo a rivederlo per metterlo nelle mani di un tipografo, venni a sapere che persone alle quali mi inchino e la cui autorità non ha sulle mie azioni un peso minore di quello che la mia ragione ha sui miei pensieri, avevano disapprovato un'opinione di fisica pubblicata qualche tempo prima da un altro e dalla quale non dirò che la condividessi, ma solo che non vi avevo trovato nulla, prima della loro censura, che potessi immaginare pregiudizievole alla religione o allo Stato, e dunque nulla che mi avrebbe impedito di sostenerla, se la ragione me ne avesse convinto;

L'incommensurabile
... contributo di Cartesio



Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Si narra che Cartesio abbia avuto la prima idea della Geometria Analitica osservando il muoversi di una **mosca** sulla parete di casa. La posizione della mosca ad ogni suo avanzamento era identificabile con la **distanza** dal pavimento e dal muro laterale; e **l'insieme dei punti** rappresentava la **traiettoria** della mosca.

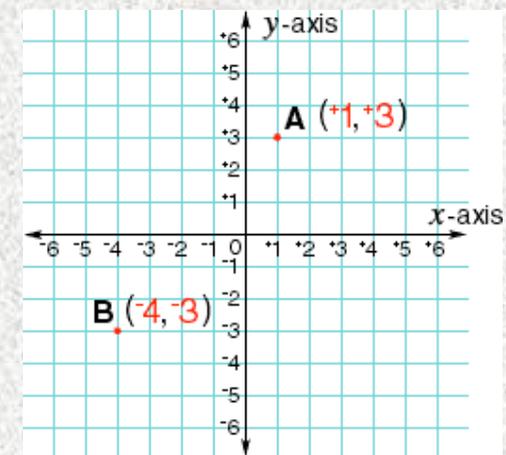
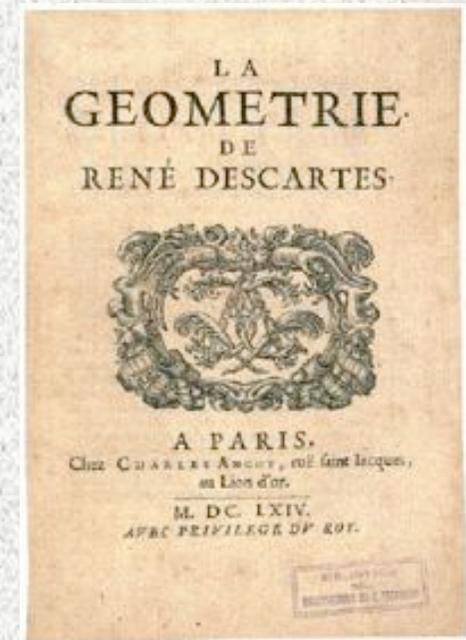
Quindi, un insieme di coppie di numeri rappresentava una curva e la **relazione** tra le coordinate era proprio un'**equazione algebrica**.

La nascita della geometria analitica come risoluzione geometrica di problemi algebrici, e viceversa, è dovuta a matematici francesi: oltre a Cartesio, a Pierre Fermat, i quali vi lavorarono contemporaneamente ma separatamente. A Cartesio la geometria del suo tempo sembrava un'arte confusa e oscura, anche per l'uso di simboli inadeguati, dei quali talora non si intendeva a pieno il significato.

Si propose quindi di dare ad essa una struttura perfettamente razionale, che facesse uso solo di **verità chiare ed evidenti**. Per attuare la propria riforma della geometria, aveva bisogno di un'unità di misura, che consenta di interpretare un numero come una distanza, e di una coppia di linee di riferimento, che oggi chiamiamo appunto assi cartesiani.

In questo modo, punti, rette, curve possono essere individuati univocamente nello spazio, in relazione agli assi, attraverso relazioni algebriche.

L'incommensurabile
... contributo di Cartesio



Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

È nella sua opera **La Geometrie** che Cartesio tradusse le operazioni algebriche nel linguaggio della geometria, mostrando che le quattro operazioni aritmetiche corrispondono a semplici costruzioni effettuate con riga e compasso e applicando di conseguenza termini aritmetici alla geometria. A Descartes va anche il merito di aver introdotto nuove notazioni algebriche simili a quella ancora in uso. Per esempio è cartesiano l'uso delle prime lettere dell'alfabeto, a , b , c , per indicare parametri e delle ultime, x , y , z , per esprimere le incognite.

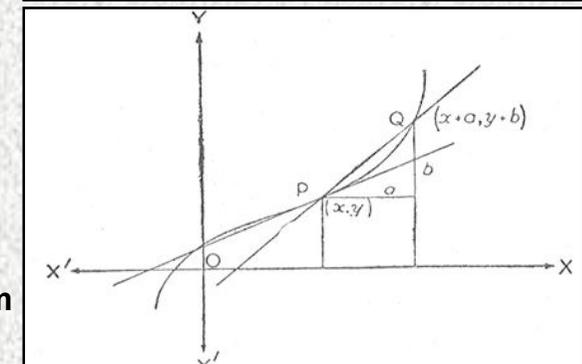
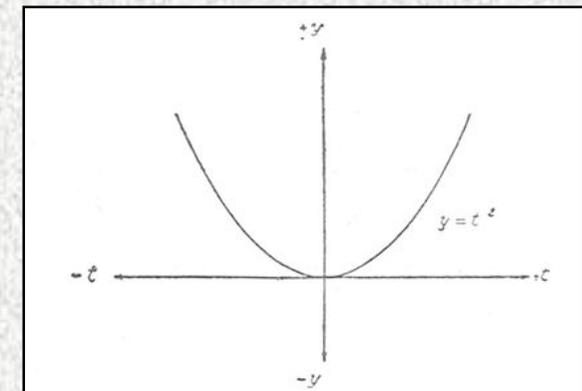
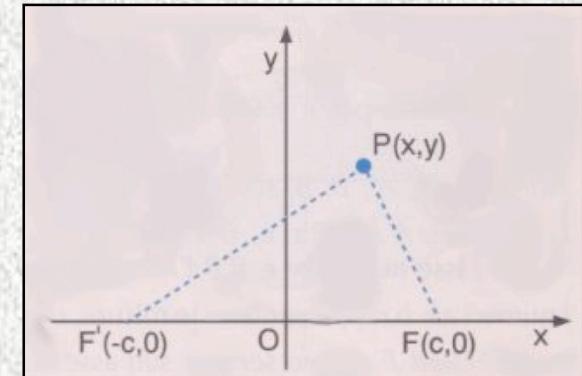
La geometria cartesiana mostrò subito i suoi vantaggi, non solo perché consentiva uno studio più sistematico delle coniche, ma anche perché forniva chiara definizione delle curve di ordine superiore. Mentre infatti possiamo agevolmente immaginare e disegnare le curve corrispondenti ad equazioni di secondo grado (intersecando un cono con un piano a differenti inclinazioni, rispetto alla base del cono), per le curve di ordine superiore ci si doveva affidare a metodi più complessi nei quali la nostra capacità di immaginazione spesso viene meno, cosa che rendeva restii i matematici a trattarli come enti geometrici.

Con ciò si allargava enormemente il campo della geometria e il procedere episodico e disorganizzato degli antichi lasciava posto ad una trattazione organica e unitaria.

In parte tratto da:

<http://areeweb.polito.it/didattica/polymath/html/info/Antologia/EricTempleBell/EricTempleBell.htm>

L'incommensurabile ... contributo di Cartesio



Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Isaac Newton (1642 - 1727)

Isaac Newton è considerato il fondatore della Scienza nella sua accezione moderna. Difficile negarlo, anche se dovrebbe condividere questo importante ruolo con altri suoi colleghi. A cominciare da Galileo, Hooke, Halley, Descartes...

Si occupò di tutte le discipline che rappresentavano i confini della Scienza a quel tempo: **fisica**, **astronomia**, **ottica**. Ma fu anche **astrologo**, **alchimista** e **magico**. E fu il **matematico** che cambiò lo scenario della matematica, costruendo il **calcolo infinitesimale**.



[13]

AXIOMATA SIVE LEGES MOTUS

Lex. I.

Corpus cuius perforata in flum. seu quocumque sol. motu non auferatur in obliquum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur flum. alio motu.

Projectilia perforata in motibus suis: nisi quatenus a resisten-
tia aeris retardantur & vi gravitatis impelluntur deorsum.
Trochili, cuius partes colentes per se perpetuo retrahunt seip-
sa in motibus rectis, non collat rotari alii quatenus ab aere re-
tardantur. Ma iura iuncta Planetarum & Cometarum corpora motu
suis fieri & progressibus & circuitibus in spatio missis retinentibus
fictis consistunt distanti.

Lex. II.

*Motusque omnes proportionales esse vi motui impressae, & fieri se-
cundum leges rationis que via ille demonstratur.*

Si vis aliqua motum quatuor generes, duplo duplum, triplo tri-
plum generat, (sive simul & simul, sive gradum & succedive in-
gressu fiat). Et hic motus quatuor in eodem tempore plures
cum vi generat: hoc demonstratur, si corpus aere movetur, mo-
tus eius vel confitenti adhibet, vel contrariis subducit, vel obli-
quo oblique adhibet, & cum eo secundum utriusque determinationem
compositur.

Lex. III.

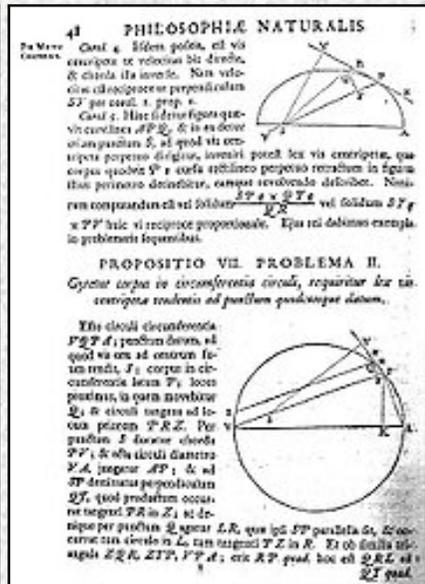
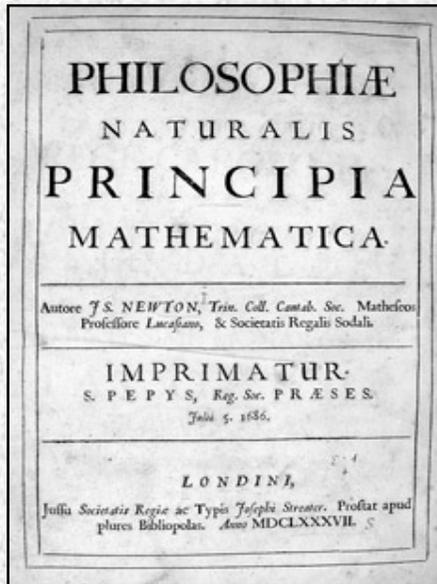
Isaac Newton era di carattere chiuso, anche perché ebbe un'infanzia difficile. Passò gli anni della Grande Peste di Londra chiuso nella sua tenuta per paura di contrarre il morbo.

Si dice che abbia riso una sola volta in vita sua: quando uno studente gli chiese se valesse la pena di studiare gli Elementi di Euclide.

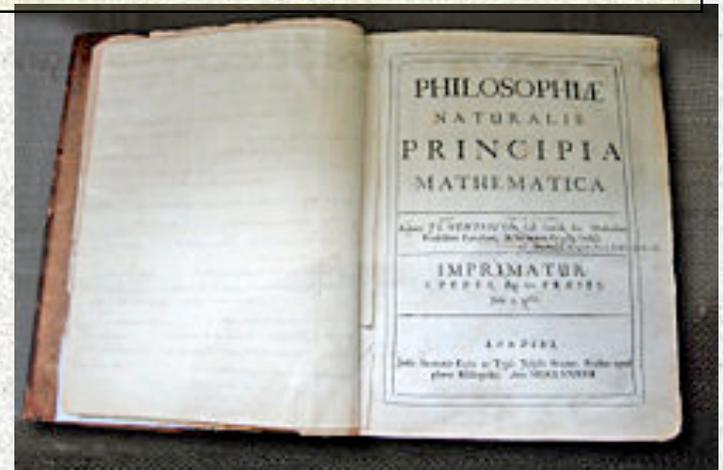
Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Isaac Newton (1642 - 1727)

Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica (I principi matematici della filosofia naturale) è un'opera in tre volumi di Isaac Newton, pubblicata il 5 luglio 1687. È unanimemente considerata una delle più importanti opere del pensiero scientifico. In essa Newton enunciò **le leggi della dinamica e la legge di Gravitazione Universale**.



Since the ancients (as we are told by Pappas), made great account of the science of mechanics in the investigation of natural things; and the moderns, lying aside substantial forms and occult qualities, have endeavoured to subject the phenomena of nature to the laws of mathematics, I have in this treatise cultivated mathematics so far as it regards philosophy.



I principi della Dinamica

An impressed force is an action exerted upon a body, in order to change its state, either of rest, or of moving uniformly forward in a right line.

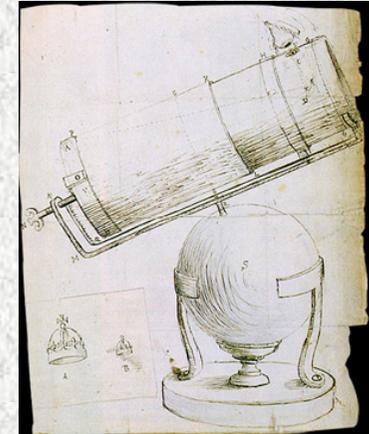
Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Isaac Newton (1642 - 1727)

Basandosi sui dati esistenti, molto precisi, Newton osservò che il rapporto tra le accelerazioni sulla Terra, g , e della Luna nella sua orbita, $a_r = v^2/r$, era circa uguale al quadrato del rapporto tra la distanza Terra-Luna ed il raggio terrestre.

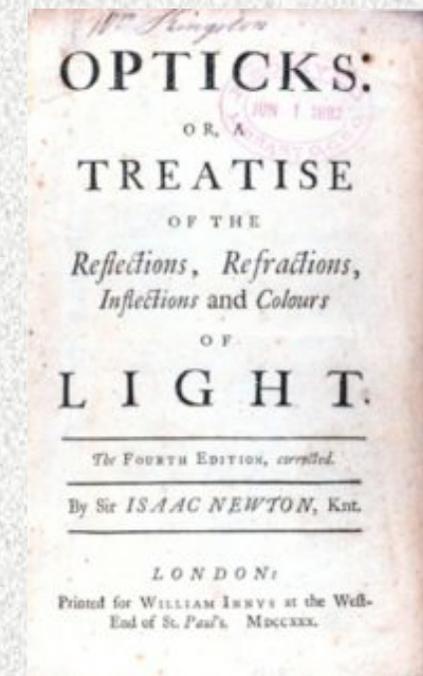
$$a_r/a_R = (R/r)^2$$

Grazie alle sue profonde conoscenze di matematica, Newton aveva introdotto idee importanti ed innovative, come il calcolo infinitesimale. Ormai la nuova matematica diventava un potente strumento per formalizzare le nuove leggi della Fisica.



$$F = G \frac{M \times m}{r^2}$$

M, m = masse dei pianeti
 r = distanza tra i centri
 G = costante (?)



L'ipotesi più innovativa, di rottura con il passato fu che la natura della forza che attirava i corpi sulla terra (come la famosa mela), era la stessa di quella che permetteva alla luna di orbitare intorno alla terra.

Ma prima ancora, Newton aveva ipotizzato che il moto verso il basso non fosse naturale, intrinseco ai corpi 'pesanti', ma dovuto ad una causa esterna, la forza.

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Da Newton a Cavendish, 1798

Dal punto di vista filosofico (e teologico), con l'assunzione che Cielo e Terra sono governati dalle stesse leggi, e che queste leggi non sono 'rivelate' ma 'scoperte', Newton introduce una cesura definitiva con il passato.

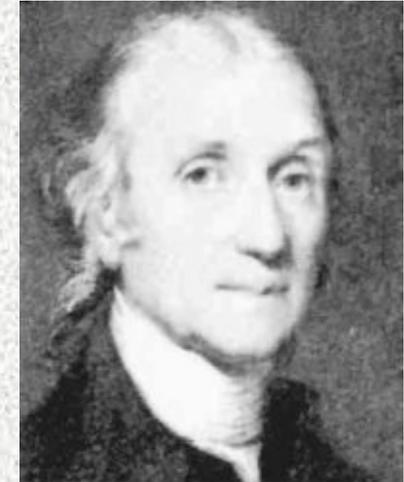
Da qui la Scienza si può sviluppare in modo autonomo.

E lo studio del Cielo non è più lo studio di cose vicine a Dio, ma un luogo che, seppur ancora misterioso, è un Universo da scoprire e da spiegare.

Newton oltre al cambiamento improvviso di paradigma citato, compie, forse in maniera più silenziosa, un'altra rottura con il passato:

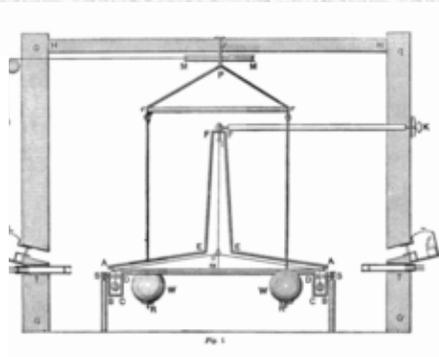
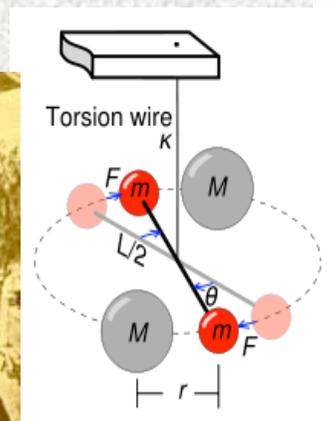
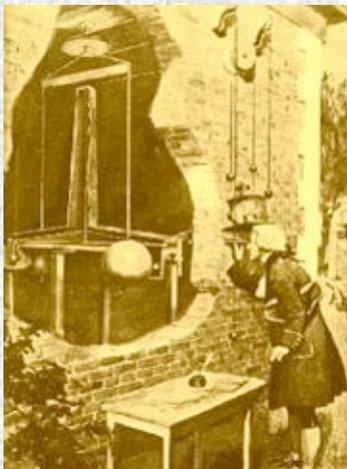
Introduce nello studio della Scienza l'uso della **Matematica** come strumento interno e discriminante: solo ciò che si può descrivere in termini matematici può essere considerato 'di scienza'.

E questa è già Scienza moderna.



Ma fino alla verifica sperimentale che la legge di gravità aveva il valore e l'andamento previsto da Newton, il suo rimaneva pur sempre solo un bellissimo modello che spiegava 'empiricamente' le leggi di Keplero.

Fu **Cavendish** solo nel **1798** che fece la prima misura diretta della forza di gravitazione universale; in pratica pesò la Terra!



Oggi tuttavia, si pone in dubbio che la Legge di GU debba valere anche a piccole distanze, inferiori a qualche micron.

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

La legge scientifica come *law* nel Diritto

L'idea di **legge di natura** (o scientifica) nasce molto tardi; inizia a formarsi con **Galileo e Cartesio**, come si è detto, eppure con **Newton** non è ancora compiuta; egli, infatti, crede ancora nella astrologia e nella magia e considera la legge scientifica come una **mera descrizione** delle **regolarità** che appaiono nell'osservazione del mondo. Non pensa ad una implicazione **deterministica** delle sue conseguenze. Infatti, ad esempio, non si preoccupa della impossibilità di dimostrarla. Infatti, la Legge di Gravitazione Universale viene dimostrata solamente nel 1798, da **Cavendish**, che misurò direttamente la forza di attrazione tra due masse note, a distanza nota, potendo ricavare finalmente il valore di G ; e di misurare la densità media della Terra.



L'idea di legge scientifica nasce anche dalla traslazione nel campo scientifico della formalizzazione dei comportamenti umani (**law** nel diritto), come sviluppo delle idee proprie dell'empirismo.

E cosa c'è di **meno necessario** e più **mutabile** di una legge fatta dall'Uomo? E invece, usualmente si pensa ad una legge di Natura come ad un insieme di disposizioni tassative ed ineluttabili; queste sono alcune delle caratteristiche che devono avere le leggi che vengono di volta in volta scoperte, se vogliamo usarle per...costruire ponti, ad esempio!

Ma, in fondo, le leggi di natura, vengono scoperte o vengono inventate - costruite dagli scienziati?

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Un ultimo sguardo indietro:
Francis Bacon (1561 - 1626)

Prima di proseguire l'indagine di come la Scienza che nasce con Galileo si vada formando sotto le spinte delle nuove idee di Cartesio ed in nuovi successi di Newton che ne definiscono in maniera irreversibile i fini e le modalità di crescita, vediamo un altro contributo che risulterà fondamentale: Francis Bacon.



Contemporaneo di Galileo, ma diversissimo per formazione e per ruolo, Bacone mosse inizialmente la sua critica alla filosofia antica che individuò soprattutto in Aristotele; ma a tutti i filosofi che lo avevano preceduto, B. guardò con ostilità accusandoli di impedire all'uomo di costruirsi il futuro in base alle nuove scoperte ed invenzioni che andavano ad accumularsi alla fine del '500.

Bacone nutriva fiducia nella capacità delle arti meccaniche di forgiare una nuova società, ma sapeva che senza rimuovere i cardini del pensiero costituitisi nei secoli, non ci sarebbe stato progresso.



Non risulta che ci siano stati rapporti epistolari tra Galileo e Bacone, ma è indubbio che la scienza alla quale egli pensa assomiglia più a quella di Galileo che a quella di chi lo aveva preceduto.

Ma il contributo di Bacon va identificato nel mettere la scienza, all'interno della classe dominante inglese, al centro del processo di sviluppo. E di lì a pochi anni sarà a Londra che si formerà una delle prime, ma presto la più attiva, delle Società scientifiche di Europa. E probabilmente il fatto che l'Inghilterra sarà la prima nazione a conoscere la Rivoluzione Industriale, potrebbe essere legato anche a questo.

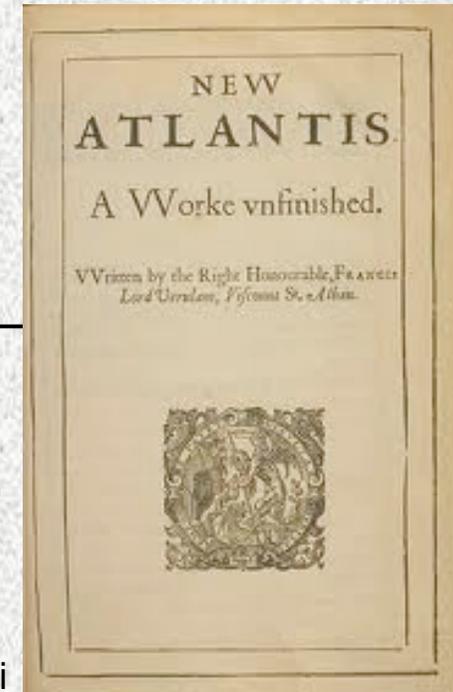
Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Un ultimo sguardo indietro:
Francis Bacon (1561 - 1626)

Bacone prima di Descartes, compara la conoscenza ad un albero di cui filosofia sarebbe il tronco. Il percorso di Bacon per ripulire il pensiero dai falsi costrutti dei filosofi è meno radicale di quello di Cartesio, ma altrettanto deciso. Catarsi? La scienza naturale si divide in fisica ed in metafisica, questa intesa in un senso nuovo: vi si studiano i principi primi o assiomi comuni da cui dipendono a loro volta diverse scienze. Il valore della matematica è riferito sia al suo sviluppo puramente astratto, di tipo pitagorico, che alle sue applicazioni.



Nuova Atlantide. Testo inglese a fronte, Bulzoni
La nuova Atlantide. Di lord Francesco Verulamio, visconte di St. Albous,
Nuovo organo. Testo latino a fronte, Bompiani
Dei principi e delle origini. Testo latino a fronte, Bompiani
Uomo e natura. Scritti filosofici, Laterza
Sapienza degli antichi. Testo latino a fronte, Bompiani
De senectute, UTET



Occorre privilegiare le esperienze che “danno luogo a conseguenze” e permettono di ideare esperienze nuove. È essenziale distinguere bene la sperimentazione dall’induzione pericolosa e dalle deduzioni arbitrarie che danno luogo a sillogismi sterili. Così saranno scoperte le cose stesse ed i legami che esistono tra esse. Nell’induzione ordinaria, si passa di primo acchito dall’osservazione ai principi più generali, mentre, nell’induzione sperimentale, si deve avanzare passo per passo, con una marcia graduata, non verso nozioni generali, ma verso dei principi che “aderiscono alla natura delle cose”. La sperimentazione deve anche rettificare l’errore inevitabile commesso dai sensi, ma ha bisogno, per ciò, di una purificazione preliminare.

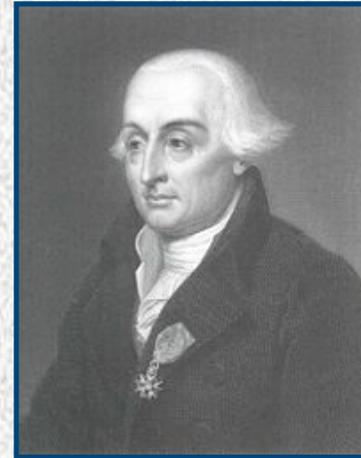
Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

Tornando a seguire lo sviluppo della Scienza alimentato dal continuo progresso nel campo della Matematica.

Con l'eccezionale sviluppo del calcolo differenziale dovuto a **Euler, Laplace** (ma anche a **Lagrange**, nato a Torino), alla fine del '700, applicando le nuove tecniche allo studio dei corpi celesti, si era in grado di calcolare con il moto di un qualunque pianeta, data una certa distribuzione degli altri corpi celesti.

Con una precisione estrema, e senza l'aiuto dei calcolatori (ma delle tavole dei logaritmi sì!).

Settecento e Ottocento:



Ma anche lo sviluppo degli strumenti non era da meno di quello della matematica.

Contemporaneamente, la precisione nelle osservazioni e nelle misure dei passaggi dei vari pianeti era stata grandemente migliorata sia dalla costruzione di **orologi molto precisi**, sia dalla costruzione e installazione di **nuovi, potenti telescopi**. E ben presto, un altro strumento rivoluzionò la tecnica di 'visione': la **lastra fotografica**, che permise man mano che ne veniva perfezionata la chimica, tempi di esposizione (osservazione) sempre più lunghi.

E quindi, maggiore sensibilità agli oggetti celesti più deboli (e lontani).



Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

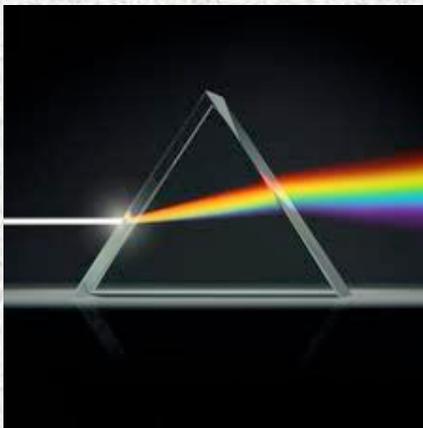
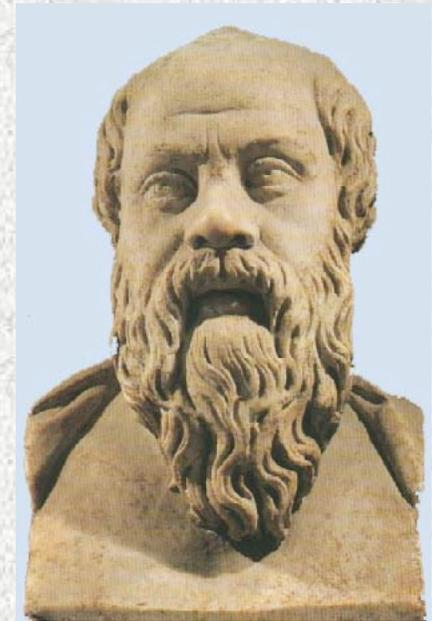
Fu vera Scienza in Grecia?

In Grecia non c'è traccia dell'idea di **Legge di Natura**. Non esiste quindi il concetto di **oggettività della legge di N.**

Inoltre, ancora la maggior parte dei fenomeni naturali è avvolta nel mistero, e quindi la magia, con la sua forza di spiegazioni sempre disponibili e non discutibili, rappresenta costantemente una tentazione a fuggire dai percorsi complessi e spesso incerti, della Scienza.

Questi fatti sono alla base della difficoltà di interpretare la scienza antica secondo alcuni paradigmi moderni.

Ma attenzione, ne ***La Rivoluzione dimenticata***, Lucio Russo sostiene che nel periodo ellenistico si sia sviluppata una complessa articolazione di discipline, di conoscenze, di tecniche che hanno raggiunto la struttura di Scienza, anche nel senso moderno. Ma dopo quattro secoli di continui progressi, nulla rimane, dopo la rapida caduta di tutta l'impalcatura.



Se è così, allora la Scienza non appare come una conquista stabile.

Si è visto che in alcuni periodi, in alcune civiltà, essa si ritrae dal palcoscenico della Storia, e scompare.

La **Scienza** può sopravvivere solamente grazie ad un **continuo** e sempre più intenso lavoro **di insegnamento**, sia dei **contenuti** disciplinari, sia dei **metodi**. Quindi si rende necessario porre maggiore attenzione, e rispetto, nel lavoro di chi è deputato ad insegnare; ed anche a chi è deputato (costretto, talvolta...) ad imparare.

Galileo Galilei: la nascita del Metodo Scientifico

...per Lucio Russo, sì

Lucio Russo, fisico teorico, Professore di Metodi Matematici a Roma, recentemente si è posto il problema della valutazione del contenuto di Scienza che è riscontrabile nel panorama delle conoscenze, tecniche e scientifiche, del mondo greco, e greco-ellenistico in particolare.

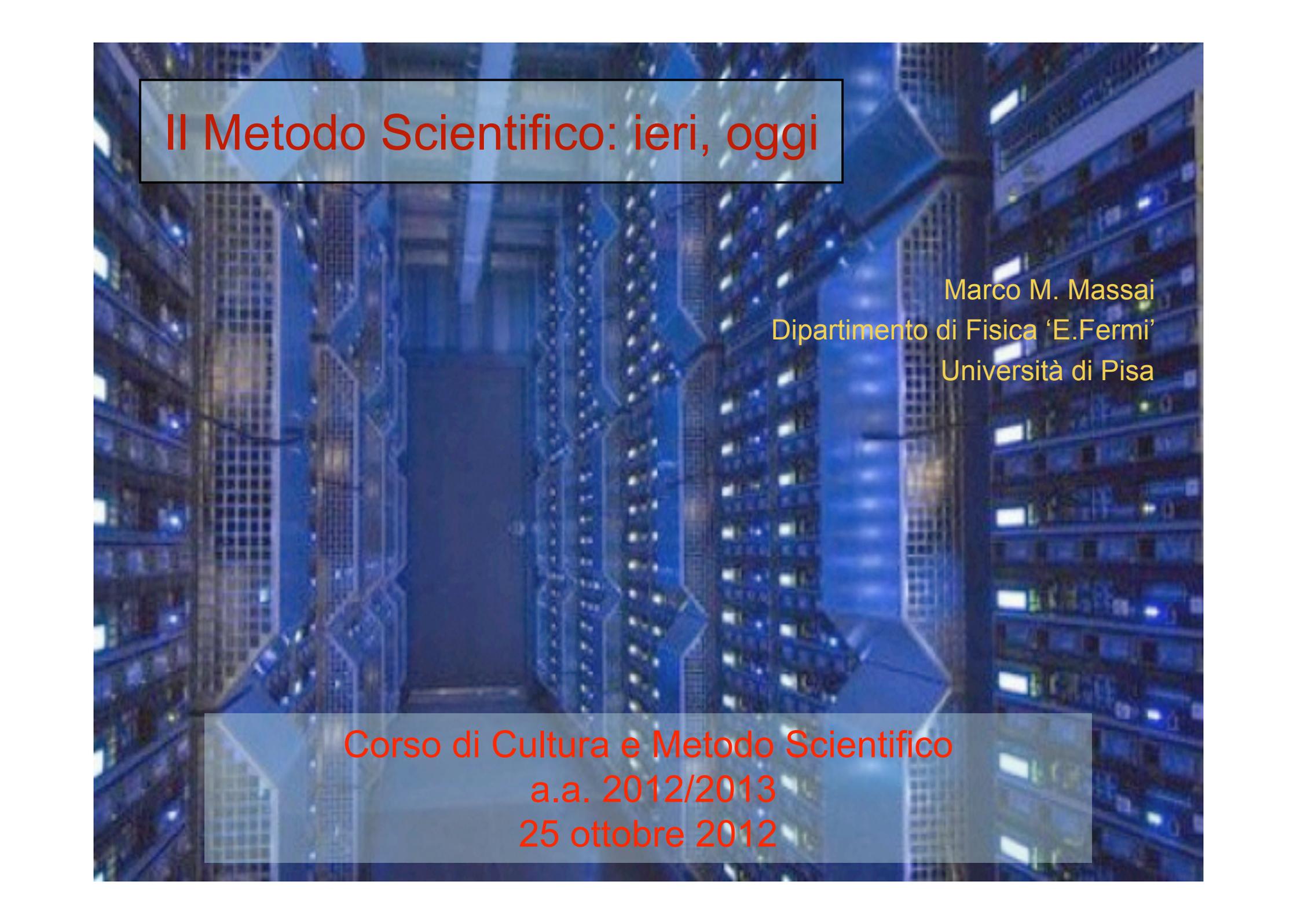
Nel volume “**La Rivoluzione dimenticata**” sviluppa l’idea che sulle sponde del Mediterraneo, a partire dal IV secolo a.c., si sia sviluppata una civiltà di gran lunga superiore, dal punto di vista della Scienza e della Tecnica, di quanto ci si possa aspettare in relazione al ricordo che ne è stato tramandato.

Questo quasi duemila anni prima che la Scienza, come la intendiamo noi, (ri)fiorisse in Europa, in Italia, con Galileo, in Inghilterra, con Newton, Hook, Halley, in Francia, con Descartes e Mersenne, ed in Germania.



Russo si pone l’obiettivo di ‘controllare’ se le caratteristiche dell’insieme di conoscenze del mondo greco-ellenistico possano essere interpretate come un sistema scientifico che abbia caratteristiche ben definite a priori; e ne trae una risposta largamente positiva.

- 1) Capacità di estrarre e costruire dai fatti concreti concetti astratti
- 2) Organizzare questi concetti secondo schemi logici dai quali si possano dedurre nuove conoscenze attraverso regole certe.
- 3) Saper condurre sistematicamente il confronto dei risultati raggiunti mediante le deduzioni logico-matematiche con la verifica sperimentale.



Il Metodo Scientifico: ieri, oggi

Marco M. Massai
Dipartimento di Fisica 'E.Fermi'
Università di Pisa

Corso di Cultura e Metodo Scientifico
a.a. 2012/2013
25 ottobre 2012