

La scienza moderna non nasce con Galileo e Newton. Le sue origini vanno retrodatate di almeno duemila anni, alla fine del IV secolo a.C., ai tempi di Euclide, Archimede, Eratostene, Aristarco di Samo e di tanti altri raffinati scienziati. Il pensiero scientifico greco trova in questa ricostruzione di Lucio Russo il riscatto storico che gli è dovuto, attraverso l'analisi dei risultati ottenuti nell'ottica, nella geografia, nella meccanica, nell'astronomia e nella tecnologia. In primo luogo, lo studio della "rivoluzione scientifica", cioè della nascita del metodo scientifico, è indispensabile per la comprensione della "civiltà classica". In secondo luogo, l'esame del ruolo svolto dalla scienza nella civiltà ellenistica è essenziale per la valutazione di alcune questioni cruciali per la storiografia, dal ruolo di Roma alla decadenza tecnologica medioevale alla "Rinascita scientifica" moderna. Infine, una più approfondita conoscenza della scienza classica e dei suoi rapporti con la scienza moderna può far luce sulla struttura interna della scienza stessa, sui suoi rapporti con la tecnologia e gli altri aspetti della civiltà, sull'origine e il possibile superamento dell'attuale frattura tra cultura umanistica e cultura scientifica. Con un'originale prospettiva, Russo guarda alla civiltà e alla storia dell'ellenismo a partire dalla sua scienza radicalmente rivalutata.

**LUCIO RUSSO** (Venezia, 1944) insegna all'Università Tor Vergata di Roma. Ha anche pubblicato con Feltrinelli *Segmenti e bastoncini. Dove sta andando la scuola?* (1998, 2000), *Flussi e riflussi* (2003, premio Giovanni Maria Pace) e *Ingegni minuti. Una storia della scienza in Italia*, con Emanuela Santoni (2010).

**NUOVA EDIZIONE ACCRESCIUTA**

Art Director: **REDMI NOTE 8T** Cristiano Guerri.  
Cover Design: **ALQUADICAMERA** Feltrinelli.  
In copertina: *Scenographia systematis*

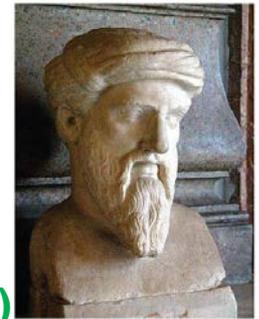
ISBN 978-88-07-10000-0

Alcune note storiche  
Storia della fisica 2019/2020

Cultural background in south Italy was dominated by the most advanced scientific (and not only) paradigm: The Pythagoras (Samo 570 – Metapontum 495 BC) legacy in ancient time



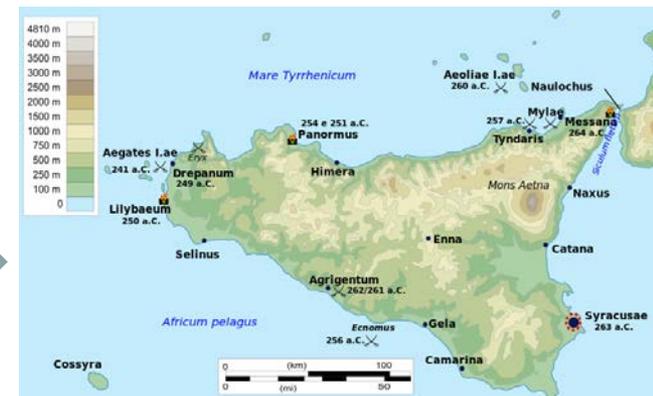
- Geometry
- Mechanics (sounds and Hydrostatics)
- Music
- Politics and Literature (e.g; in CT – Stesicoro (Tisia))
- Graphic arts and sculpture
- Astronomy (e.g, Antikythera)
- Geography (maps, measurements)
- Measurements(mass, length, time,...)



Bust of Pythagoras of Samos in the Capitoline Museums, Rome.



Many of these items are milestones for ever.



# Large Expansion from early (monarchy-Republic ) to the Roman empire



117 AD

# La catastrofe ambientale (inizia con l'impero Romano):

**Antonio Brancati e Girolamo Olivati** in *Il mondo antico* (Firenze, Casa editrice La Nuova Italia, 1970),

**Vittoria Calvani e Andrea Giardina**, in *Le vie della storia*, Bari, Editori Laterza, 1986:

**Fernand Braudel**, *La Méditerranée: L'espace et l'histoire; 2: Les hommes et l'héritage*, Paris, 1977, 1986; traduzione di Giuliano Soggi, Roma, Newton & Compton, 2002

**Dionigi d'Alicarnasso, o Dionisio (60 a.C. circa – 7 a.C.)**, è stato uno storico e insegnante di retorica greco antico, vissuto durante il principato di Augusto. La sua opera principale è *Antichità romane*.

LE  
ANTICHITÀ ROMANE  
DI  
DIONIGI  
D'ALICARNASSO  
VOLGARIZZATE  
DALL' AB. MARCO MASTROFINI  
GIÀ PROFESSORE DI MATEMATICA E DI FILOSOFIA  
NEL SEMINARIO DI FRASCATI  
EDIZIONE POPOLARE ANNOTATA COL TITOLO DEL MANUSCRITTO

TOMO PRIMO

MILANO  
DALLA TIPOGRAFIA DE' FRATELLI SONZOGNO  
1823.

# Cosa E' REALE?

PRE SOCRATICI

Diogene Laerzio (III BC)

ITALICI

Epoca: 700-200 BC

IONICI

PITAGORA, Democrito,  
ARCHIMEDE,...

TALETE, Anassimandro, Eraclito...  
.....ARISTOTELE

**Razionalisti più in vista**

**Galileo**

**Newton**

**D'Alembert-Laplace**

**Boltzmann**

**Maxwell**

RAZIONALISMO(MATERIALISMO)

**MECCANICA CLASSICA**

**Galileiana-Newtoniana**

**Poincaré**

**Russell**

**Einstein**

**Termodinamica**

**Relatività generale  
speciale**

**QUANTISTICA**

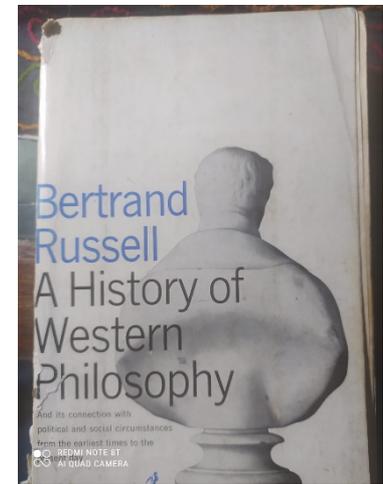
**Empiristi più in vista**

**Mach**

**W. Ostwald**

EMPIRISMO(IDEALISMO)

**Positivismo ( Popper)**



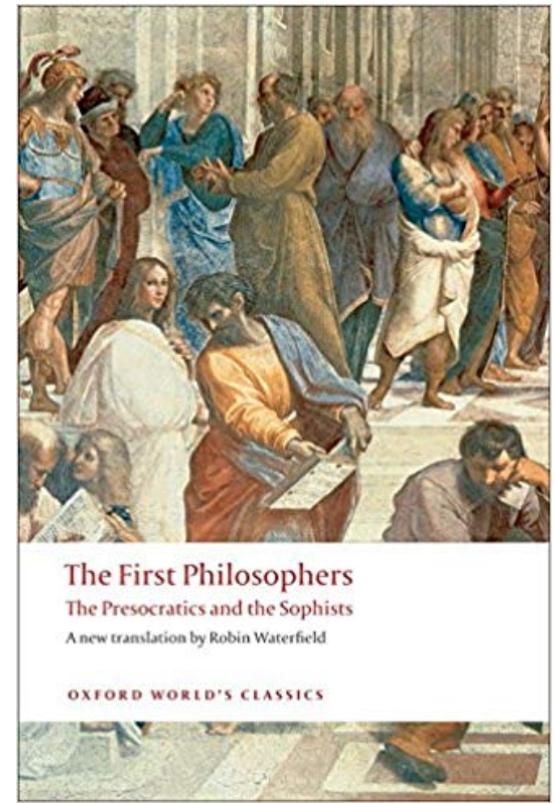
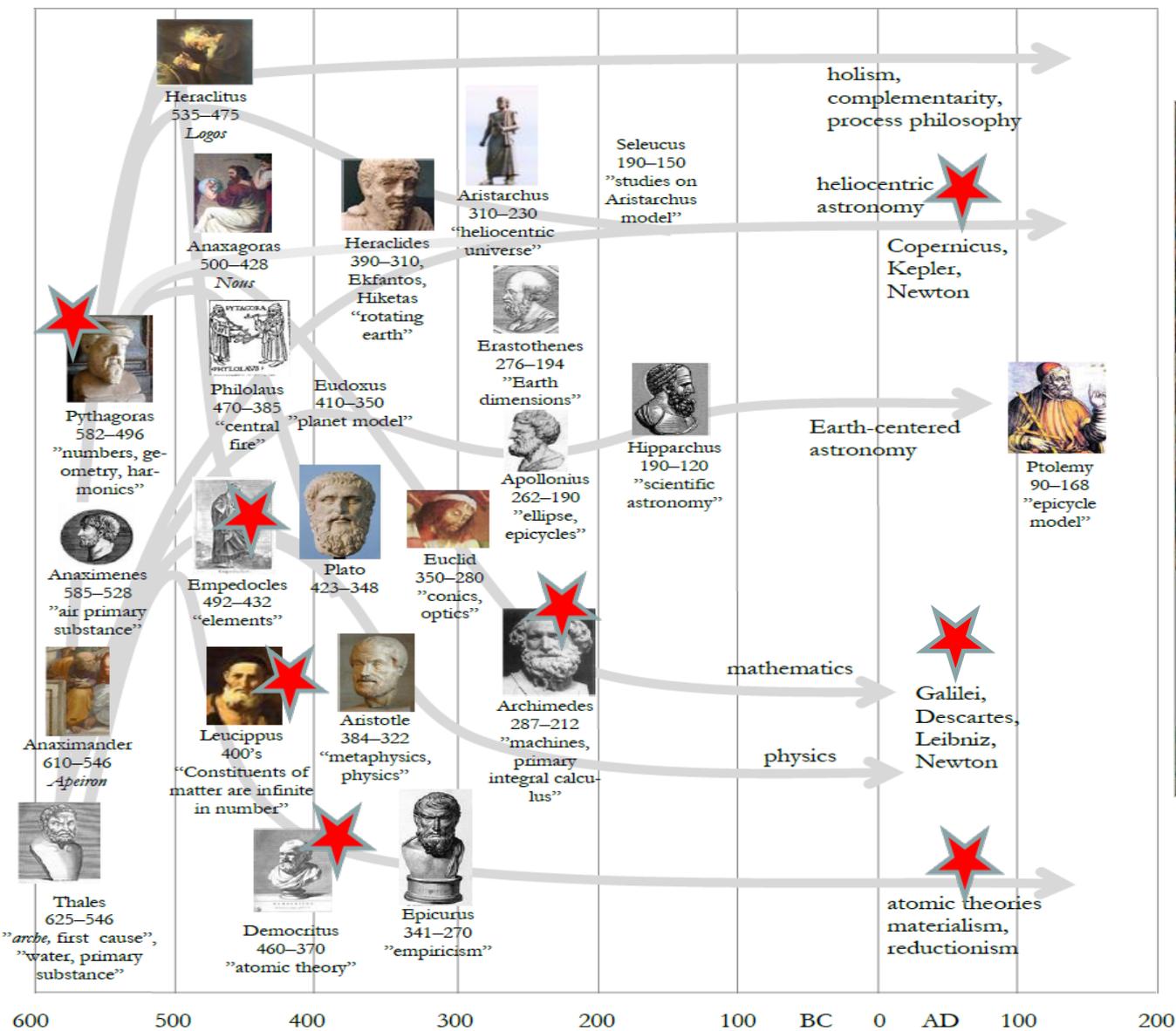
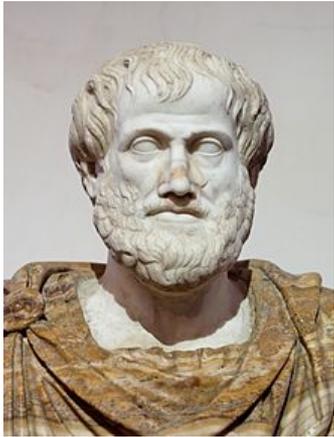


Figure 1-1. Antique philosophers and scientists, and the paths to the diversification of natural sciences.

# POSIZIONE EPISTEMOLOGICA dei Razionalisti:



**ARISTOTELE** (Ἀριστοτέλης). - Filosofo greco nato a Stagira nel 384 a. C., morto a Calcide nel 322. Gli scrittori antichi ricordano l'espressione ironica, il corpo gracile, gli occhi piccoli, la calvizie del filosofo (Aelian., *Var. hist.*, iii, 19; Diog. Laert., v, 1; Thimotheos, *Anthol.*, 552). I ritratti di A. erano molto diffusi nel mondo antico: uno di essi opera di Gryllion, fu ordinato dal filosofo stesso nel proprio testamento (Diog. Laert., v, 15).

(leggiamo da Aristotele: ) si afferma che vi sono due modi di conoscenza, cioè mediante i sensi e mediante l'intelletto: e chiama genuina la conoscenza mediante intelletto, riconoscendo a questa (sola) la credibilità nel giudicare il vero, mentre all'altra dà il nome di oscura, negandole la sicurezza nel conoscere il vero

E stabilisce tre "criteri di giudizio":

- i) I dati fenomenici, per la comprensione delle cose invisibili
- ii) Il concetto, per la ricerca scientifica
- iii) Le Passioni, per quel che si deve desiderare o fuggire



**Democrito** (in [greco antico](#): Δημόκριτος, *Dēmókritos*, "giudice del popolo"<sup>[1]</sup>; [Abdera](#), [460 a.C.](#) – [370 a.C.](#) circa) è stato un [filosofo greco antico](#). Allievo di [Leucippo](#), fu cofondatore dell'[atomismo](#). È praticamente impossibile distinguere le idee attribuibili a Democrito da quelle del suo maestro. Democrito fu il più prolifico scrittore tra i [presocratici](#), considerato uno di loro anche se, effettivamente, nacque dopo [Socrate](#), per morire, forse centenario<sup>[2]</sup>, durante la vita di [Platone](#) e [Aristotele](#). Tra gli allievi di Democrito vi fu [Nausifane](#), maestro di [Epicuro](#).

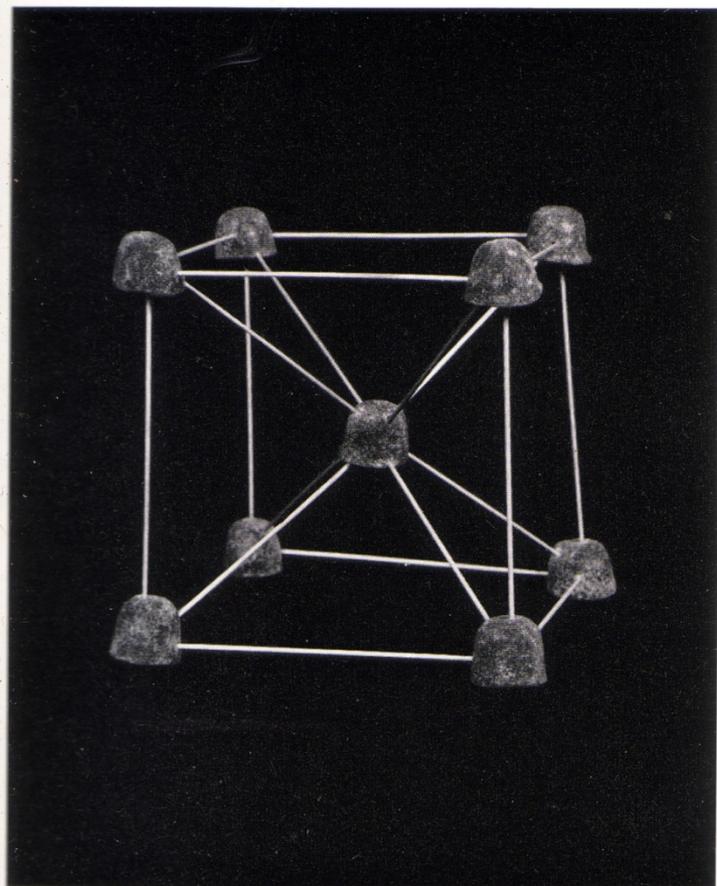
***Secondo Democrito in natura non esiste affatto il colore, giacchè gli elementi sono privi di qualità, sia i corpuscoli solidi che il vuoto; e nei composti da essi risultanti il colore deriverebbe dal contatto reciproco, dalla misura, dalla direzione, che corrispondono rispettivamente a ordine, figura, posizione: all'infuori di queste differenze fondamentali, non vi sono che apparenze.***

***Questa Posizione epistemologia la ritroviamo in GALILEO***



## Modello atomico

*Democrito ritiene che la materia di ciò che è indistruttibile consiste in piccole sostanze(enti o Atomi), infinite in numero; suppone che queste siano contenute in altro spazio, infinito in grandezza; chiama lo spazio con il nome di vuoto.... Agli enti dà anche il nome di solidi. Egli reputa gli enti così piccoli da sfuggire ai nostri sensi..... da questi enti, che giudica elementari, fa derivare per aggregazione e combinazione i volumi percettibili che chiamiamo corpi. Gli enti si muovono nel vuoto incessantemente e, nel muoversi si incontrano e si legano. A causa della loro disequaglianza e delle altre differenze ricordate, nel muoversi si incontrano e si legano in un collegamento tale che li obbliga a venire in contatto e a restare contigui, ma non produce però con essi una natura unica. Del fatto che gli enti rimangano in contatto tra di loro per un certo tempo, egli dà la causa ai collegamenti e alle capacità di adesione degli atomi: alcuni di questi, infatti sono irregolari, altri uncinati, altri concavi, altri convessi, altri differenti in innumerevoli altri modi.....”*

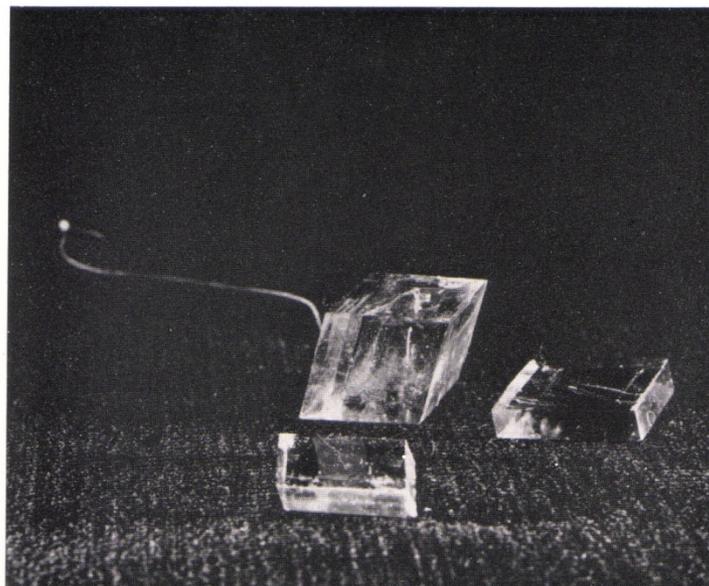


Tav. X. La struttura cubica a corpo centrato, già illustrata nella figura 55. Modelli di questo genere si possono fare con stecchini e gocce di gomma arabica. Questi modelli aiutano a capire strutture difficili da raffigurare con l'immaginazione come quelle del diamante (fig. 57).

Tratto da :

La struttura dei cristalli

A.Holden,P.Singer Zanichelli, BMS,1963



Tav. XI. La sfaldatura dei cristalli di nitrato di sodio avviene nelle tre famiglie dei piani paralleli alle facce naturali dei cristalli romboedrici. È spesso utile per eliminare le parti offuscate prima di adoperare i cristalli in esperimenti ottici. La fotografia mostra due lamine di sfaldature ottenute secondo due delle tre famiglie di piani del cristallo.

Tav. XII. Un geminato di fosfato primario di ammonio, formatosi per caso in laboratorio.



Le diversità dei corpi sono praticamente infinite ed emergono secondo tre livelli di diversità dei costituenti:

Diversità di numero di atomi

Diversità di grandezza o di forma degli atomi

Diversità di ordine o disposizione

In generale possono essere individuate due tipi di necessità (forze): per contatto (urto) e per azione a distanza diretta sempre verso un centro (quindi di carattere binario)

Gli elementi (solidi) vengono composti secondo legami di contatto oppure legami per l'azione di forze centripete come quelle di tipo gravitazionale ”

*Essi sono dunque convinti che esiste il pesante e che esso è sempre portato verso il centro ”*

Modello Cosmologico:

“Suppose(Democrito) l’universo infinito perché esso non è stato prodotto dall’opera di alcun artefice; e lo dice immutabile (cioè isotropo ed omogeneo);

<< Le cause dei corpi che attualmente nascono e si dissolvono non hanno avuto alcun principio, ma via via da tempo infinito tutte assolutamente le cose passate presenti e future sono governate dalla necessità. ....Le distanze tra i mondi sono disuguali, sicché in una parte ci sono più mondi, in un’altra meno, alcuni sono in via di accrescimento, altri al culmine del loro sviluppo, altri ancora in via di disfacimento, e in una parte nascono mondi, in un’altra ne scompaiono. ....alcuni mondi sono privi di esseri viventi e di piante e di ogni umidità.....

.....**Un mondo si sviluppa sino a quando non può ricevere nessun incremento dall’esterno.>>**

Collegamento con il secondo principio della termodinamica

# Telescopio spaziale Hubble

---

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

Lo **Hubble Space Telescope (HST)** è un telescopio spaziale che venne lanciato in orbita terrestre bassa nel 1990 ed è attualmente operativo. Nonostante esso non sia stato il primo telescopio spaziale, lo Hubble è uno dei più grandi e versatili, ed è ben conosciuto come strumento di ricerca di estrema importanza oltre che vessillo delle scienze astronomiche nell'immaginazione collettiva. L'HST è stato chiamato in onore dell'astronomo Edwin Hubble, ed è uno dei Grandi Osservatori della NASA, assieme al Compton Gamma Ray Observatory, il Chandra X-ray Observatory e lo Spitzer Space Telescope.<sup>[1]</sup>

Con uno specchio di 2,4 metri di diametro, i 5 strumenti principali dell'Hubble osservano nel vicino ultravioletto, nel visibile e nel vicino infrarosso. L'orbita esterna del telescopio, al di fuori dalla distorsione dell'atmosfera terrestre, gli permette di ottenere immagini a risoluzione estremamente elevata, con un disturbo contestuale sostanzialmente inferiore rispetto a quello che affligge i telescopi a Terra. L'Hubble ha registrato alcune delle più dettagliate immagini nella luce visibile, permettendo una visuale profonda nello spazio e nel tempo. Molte osservazioni dell'HST ebbero dei riscontri in astrofisica, per esempio determinando accuratamente il tasso di espansione dell'Universo.

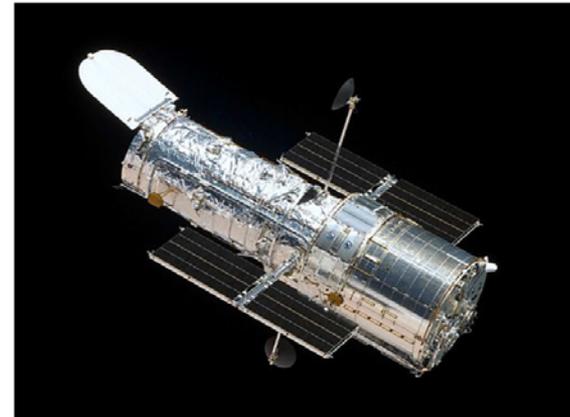
Lo Hubble venne costruito dalla NASA, con contributi da parte dell'ESA. Lo Space Telescope Science Institute (STScI) seleziona

## Hubble Space Telescope

### Emblema missione



### Immagine del veicolo



Il telescopio spaziale Hubble visto dallo Space Shuttle Atlantis, durante la missione di servizio 4 (STS-125), la sesta e ultima



Fig. 10.1. The southern Milky Way in the region of the constellations Centaurus and Crux; this picture was taken by H. M. Wisniewski, European Southern Observatory (ESO). At the top right is the Southern Cross, and to its left the "Coal Sack", a dark cloud which is relatively near to us, with an angular size of  $5^\circ \cdot 8''$  at a distance of 170 pc. The bright star to the

right near the Coal Sack is  $\alpha$  Cru; the two bright stars in the left half of the picture are  $\alpha$  Cen (*left*) and  $\beta$  Cen. The galactic equator is a horizontal line near the center of the picture, passing somewhat to the north of  $\alpha$  Cen and  $\alpha$  Cru, and through the center of the Coal Sack. (With the kind permission of the European Southern Observatory)

Universo:

I più grandi telescopi esistenti possono osservare oggetti posti a distanze di qualche miliardo di anni luce. Questi lontani oggetti sono galassie, e cioè agglomerati di miliardi di stelle e gas interstellare, simili alla nostra stessa Galassia. Si osservano circa 10 miliardi di galassie singole, ciascuna delle quali contiene dalle  $10^9$  alle  $10^{11}$  stelle. Malgrado l'enorme numero di

stelle e galassie osservabili l'universo è essenzialmente vuoto. Una stella ha in media un diametro di  $10^9$ m, ma la separazione fra una stella e l'altra è dell'ordine di 10 anni luce e cioè  $10^{17}$ m. Una galassia ha un diametro da 10 000 a 100 000 anni luce, ma la separazione media fra una galassia e l'altra è da 1 a 10 milioni di anni luce. La densità media dell'universo osservabile è di  $10^{-30}$ - $30$ g/cm<sup>3</sup>.

L'ammontare di materia condensata in stelle contenuta in una galassia rappresenta, grosso modo i 2/3 o più della massa totale., il resto è sotto forma di nubi di gas interstellari. Malgrado la bassa densità del gas interstellare (nella nostra galassia si trova in media un atomo al cm<sup>-3</sup> sul piano galattico e molta meno nell'alone), gli atomi collidono fra loro a intervalli di giorni o settimane.

Le stelle invece occupano un volume così piccolo rispetto al volume totale della galassia che la loro probabilità di collisione è estremamente piccola.

**(Aristotele riporta:)**

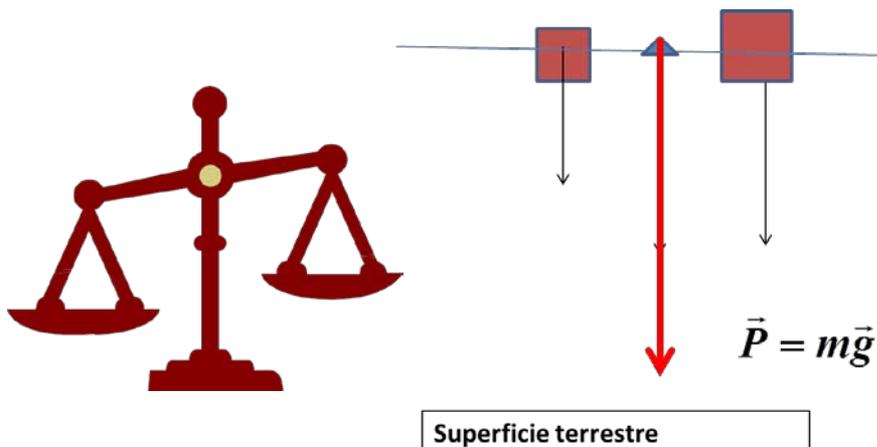
**DETERMINISMO (assoluto):**

**Democrito, lasciate da parte le cause finali, riconduce alla necessità meccanica tutte le operazioni della natura.**

**Tutto avviene per necessità: essa è fato, giustizia, provvidenza e produttrice del mondo.**



**Archimede(287 - 212 a.C.)**  
**“La LEVA che solleva il mondo”**

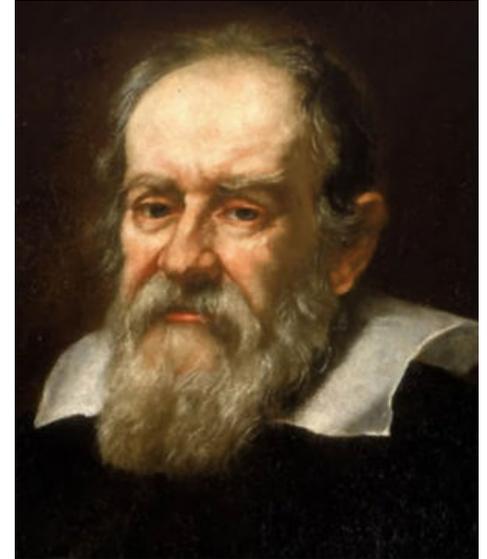


LA BILANCETTA

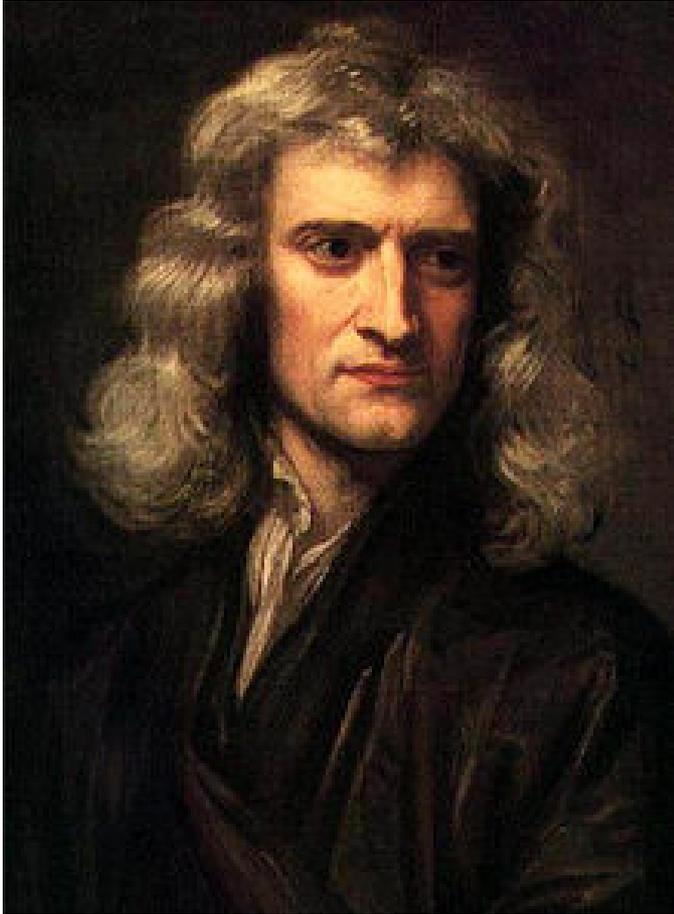
Si come è assai noto a chi di leggere gli antichi scrittori cura si prende, avere Archimede trovato il furto dell'orefice nella corona d'oro di Ierone, così parmi esser stato sin ora ignoto il modo che si grand'uomo usar dovesse in tale ritrovamento: atteso che il credere che procedesse, come da alcuni è scritto, co 'l mettere tal corona dentro a l'acqua, avendovi prima posto altrettanto di oro purissimo e di argento separati, e che dalle differenze del far più o meno ricrescere o traboccare l'acqua venisse in cognizione della mistione dell'oro con l'argento, di che tal corona era composta, par cosa, per così dirla, molto grossa e lontana dall'esquisitezza; e vie più parrà a quelli che le sottilissime invenzioni di sì divino uomo tra le memorie di lui aranno lette ed intese, dalle quali pur troppo chiaramente si comprende, quando tutti gli altri ingegni a quello di Archimede siano inferiori, e quanta poca speranza possa restare a qualsiasi di mai poter ritrovare cose a quelle di esso simiglianti. Ben crederò io che, spargendosi la fama dell'aver Archimede ritrovato tal furto co 'l mezo dell'acqua, fosse poi da qualche scrittore di quei tempi lasciata memoria di tal fatto; e che il medesimo, per aggiugner qualche cosa a quel poco che per fama avea inteso, dicesse Archimede essersi servito dell'acqua nel modo che poi è stato dall'universal creduto. Ma il conoscer io che tal modo era in tutto fallace e privo di quella esattezza che si richiede nelle cose matematiche, mi ha più volte fatto pensare in qual maniera, co 'l mezo

# cosa e' la scienza?

*[...] forse stima che la filosofia (scienza) sia un libro e una fantasia d'un uomo, come l'Iliade e l'Orlando furioso, libri ne' quali la meno importante cosa è che quello che vi è scritto sia vero. Signor Sarsi, la cosa non istà così. La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.*



# Una Nuova era partita



-IsaacNewton-1642-1727

-Principio di inerzia

-Principio della II della dinamica

-Principio dell'azione e della reazione

Leggi ASSOLUTE ( **indipendenti dall'osservatore**)

Come: assoluti sono i concetti

-Spazio

-Tempo

La Gravità NON viene **spiegata** ma **descritta** nei suoi effetti postulando ad hoc (hypotheses non fingo) una legge di **ATTRAZIONE UNIVERSALE** tra masse molto distanti tra loro (puntiformi):

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

EXPOSITION

SYSTEME DU MONDE;

— PAR M. LE MARQUIS DE LAPLACE, *Théorie du monde*

Des Sciences, Grand Officier de la Légion d'Honneur, l'un des quarante de l'Académie Impériale, de l'Académie des Sciences, Membre du Bureau des Longitudes de France, des Sociétés royales de Londres et de Berlin, des Académies de Sciences de Turin, de Bologne, de Padoue, de Vienne, de Naples, de Göttinge, de Halle, etc.

CINQUIÈME ÉDITION.

REVUE ET CORRIGÉE PAR L'AUTEUR.

TOME SECOND.

PARIS,

DEBAILLÉ, Libraire (successeur de M<sup>rs</sup> Et. Courcier), Quai des Augustins, n<sup>o</sup> 58.



THÉORIE  
ANALYTIQUE  
DES PROBABILITÉS;

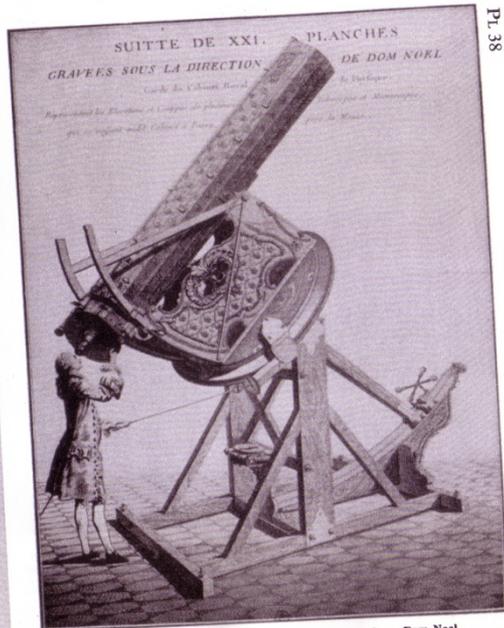
— PAR M. LE COMTE LAPLACE, *Théorie du monde*

Membre de l'Académie Impériale, Grand Officier de la Légion d'Honneur, Membre du Bureau des Longitudes de France, des Sociétés royales de Londres et de Berlin, des Académies de Sciences de Turin, de Bologne, de Padoue, de Vienne, de Naples, de Göttinge, de Halle, etc.

PARIS.

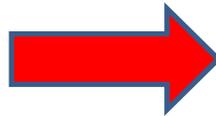
DEBAILLÉ, Libraire (successeur de M<sup>rs</sup> Et. Courcier), Quai des Augustins, n<sup>o</sup> 58.

PL 36



PL 38

CERTEZZA



INCERTEZZA

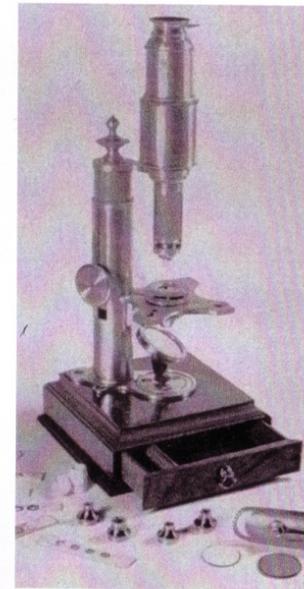


FIG. 86. — Microscope de John Gilbert à pillier cylindrique, 1760 environ (Oxford)

FIG. 90. — Télescope du type Cassegrain, construit par Dom Noel au cabinet d'optique de La Muette, vers 1772.



<< .... La regolarità che l'astronomia ci mostra nel movimento delle comete si ha, senza dubbio, in tutti i fenomeni. La curva descritta da una semplice molecola di aria o vapore è regolata in modo certo quanto le orbite planetarie: non vi sono differenze tra loro rispetto a quelle che la nostra ignoranza ci mette dentro. ..... Dobbiamo quindi considerare lo stato attuale dell'universo come l'effetto del suo stato precedente e come la causa di quello che seguirà. Un'intelligenza che, per un dato istante, conoscesse tutte le forze la cui natura è animata e la rispettiva posizione degli esseri che la compongono, se, inoltre, fosse abbastanza vasta da sottoporre questi dati all'analisi, abbraccerebbe nella stessa formula i movimenti dei più grandi corpi nell'universo e quelli dell'atomo più leggero: nulla sarebbe incerto per lei, e il futuro come il passato le sarebbe presente>>,

*S.P.Laplace [Essai Philosophique sur les probabilités](#), 1819*

S.P.Laplace Essai Philosophique sur les probabilités, 1819

<<..... à parler en rigueur, presque toutes nos connaissances ne sont que probables ; et dans le petit nombre des choses que nous pouvons savoir avec certitude, dans les science mathématiques elles-mêmes, les principaux moyens de parvenir à la vérité, l'induction et l'analogie, se fondent sur les probabilités ; en sorte que le système entier des connaissances humaines se rattache à la théorie exposée dans cet essai.....>>, S.P.Laplace op.cit. 1891,

[per una versione recente in Italiano, si veda :Saggio filosofico sulle probabilità, Opere di Pierre Simon Laplace, UTET, 1967, p. 241 e sg. ]

# Maxwell: Elettricità, Magnetismo, Luce, una sola famiglia

Elenchiamo ora le 4 equazioni ,valide nel vuoto, (forma integrale) scritte in forma integrale per poi descriverle nel loro significato fisico ad una ad una:

I eq.-Teorema di Gauss per l'elettricità:

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = q$$

II eq.-Teorema di Gauss per il magnetismo:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$$

III eq.-Legge dell'induzione di Faraday:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi_B}{dt}$$

IV eq.-Teorema di Ampere:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$$

Le equazioni scritte nella forma I,II,III,IV rappresentano un compendio di tutti I risultati noti dagli esperimenti di elettricità e magnetismo in cui il mezzo è il vuoto. A saperle leggere vi si trova contenuta tutta la fisica classica delle interazioni elettromagnetiche.



1831 (Edimburgo) 1879 (Cambridge)

Treatise on Electricity and Magnetism 1873

An Elementary Treatise on Electricity (1881) postumo

$$S_A = k \ln \Omega_A + S_0$$

L'entropia (Clausius) è una funzione di stato A (cioè dipende unicamente dalle coordinate termodinamiche del sistema). Boltzmann dà l'espressione in funzione della probabilità (termodinamica)  $\Omega_A$  relativa allo stato A. Determinata a meno di una costante (arbitraria)  $S_0$

Un esempio istruttivo: (dovuto a Boltzmann)

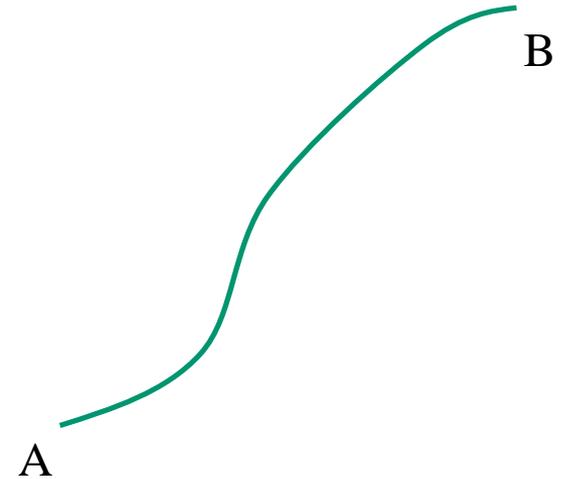
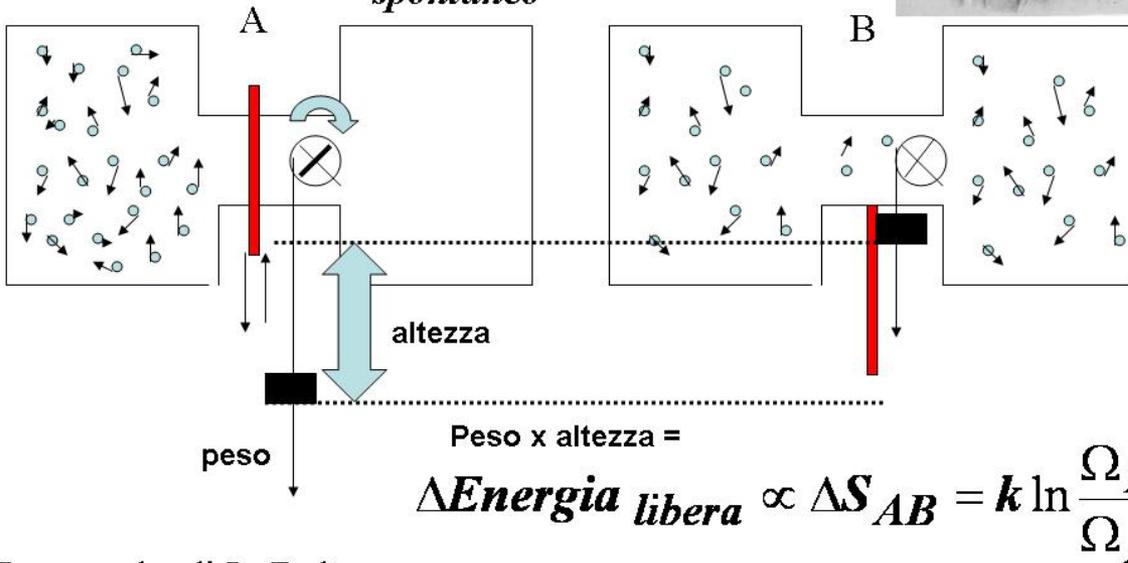
# Entropia S

L. Boltzmann



Clausius

*εν*, "dentro", e da *τροπή*, "cambiamento",  
*moto delle mosche*  
*spontaneo* →

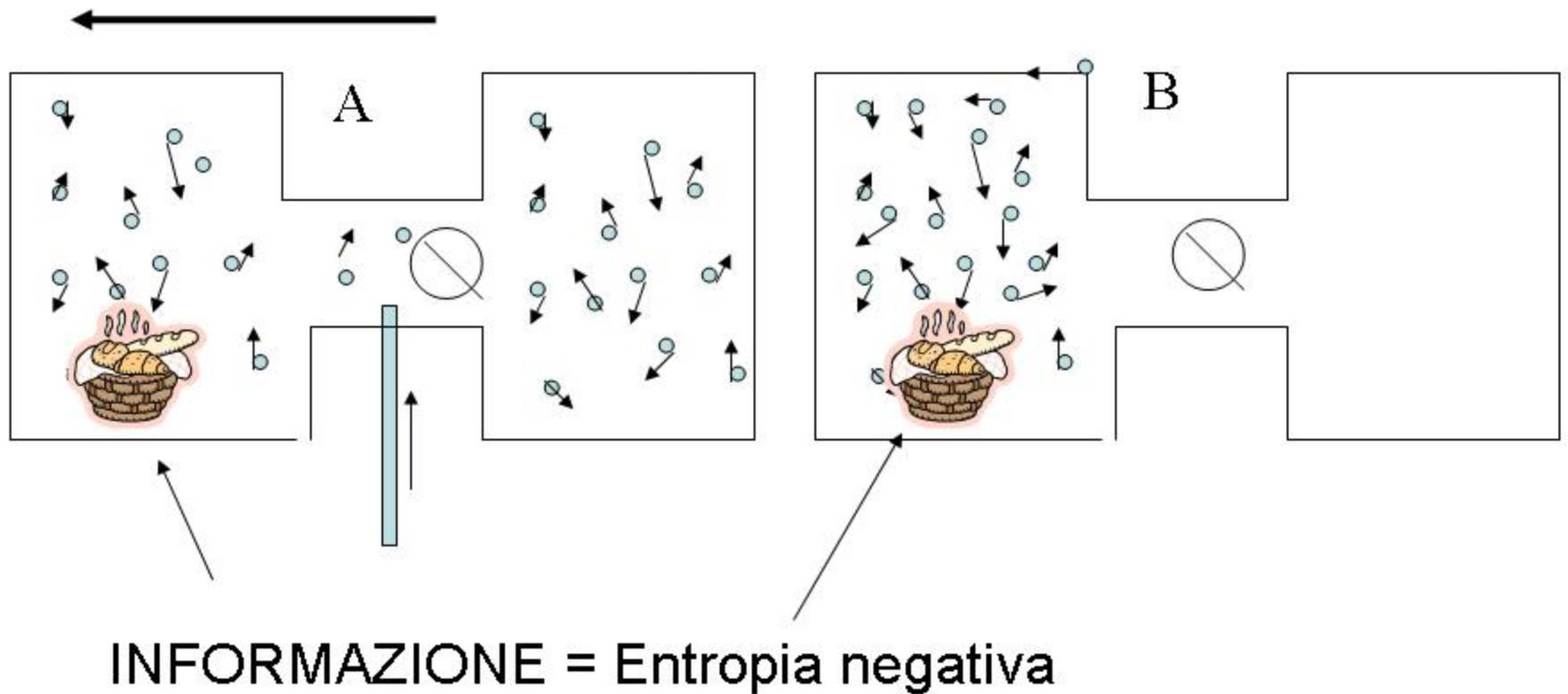


$$\Delta S_{A \rightarrow B} = \left\{ \int_A^B \frac{dQ}{T} \right\}_{reversibile}$$

Le mosche di L. Boltzmann

**Si ricostruisce la condizione iniziale, tramite l'apporto di informazione = nega-entropia = ORDINE**

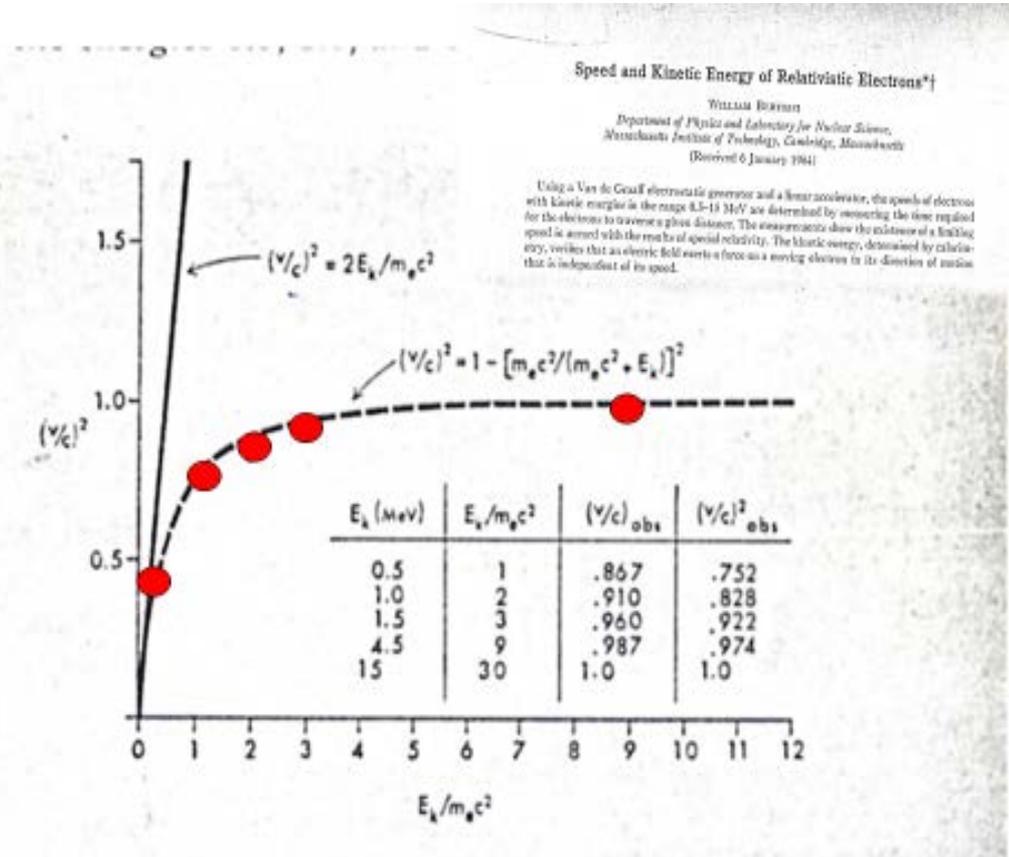
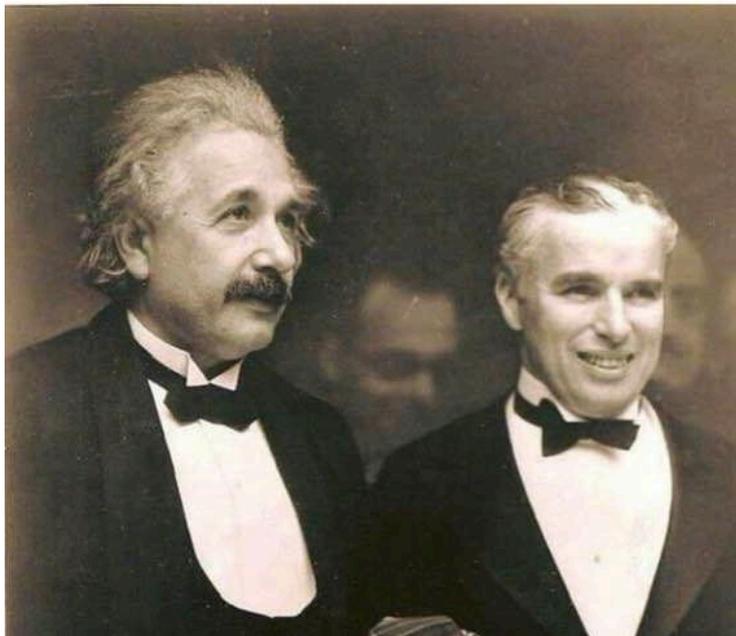
*moto delle mosche  
non spontaneo*



# Relatività

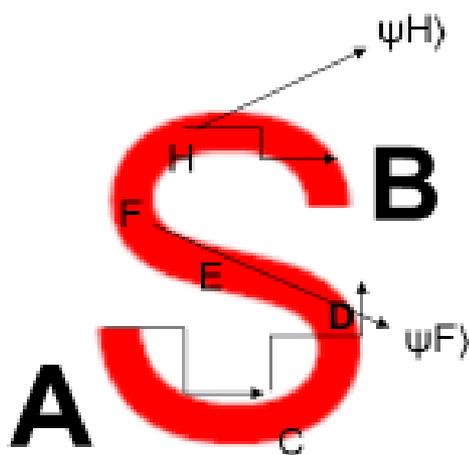
Quando Albert Einstein e Charlie Chaplin si incontrarono nel 1931, Einstein disse a Chaplin: "quello che ammiro di più della tua arte è la sua universalità. Non dici una parola, ma il mondo ti capisce."

"È vero." Rispose Chaplin, "ma tu sei ancora più da ammirare. Il mondo intero ti ammira, ma nessuno ti capisce."



# Quantistica

Nella più usuale interpretazione, come data nella maggior parte dei libri di testo, ad ogni vettore  $\psi$  (\*), eventualmente normalizzato (cioè:  $\langle \psi | \psi \rangle = 1$ ), corrisponde uno stato di un sistema fisico (**S**) e a quest'ultimo viene associato un opportuno spazio di Hilbert ( $\mathfrak{H}$ ). Le variabili dinamiche o, meglio, le osservabili, sono associate ad operatori (lineari) Hermitiani **A** definiti su tale spazio.



$$|\psi\rangle \in \mathfrak{H}$$

$$\mathfrak{H} \xrightarrow{O} \mathfrak{H}$$
$$O(|\psi_1\rangle) = |\psi_2\rangle$$



(Bristol, 8 agosto 1902 – Tallahassee,  
20 ottobre 1984)

(\*) si fa uso qui della notazione di Dirac.

P. A. M. Dirac, I principi della Meccanica Quantistica, Boringhieri (1976)

**FORME di Energia**

**cinetiche**

**potenziali**

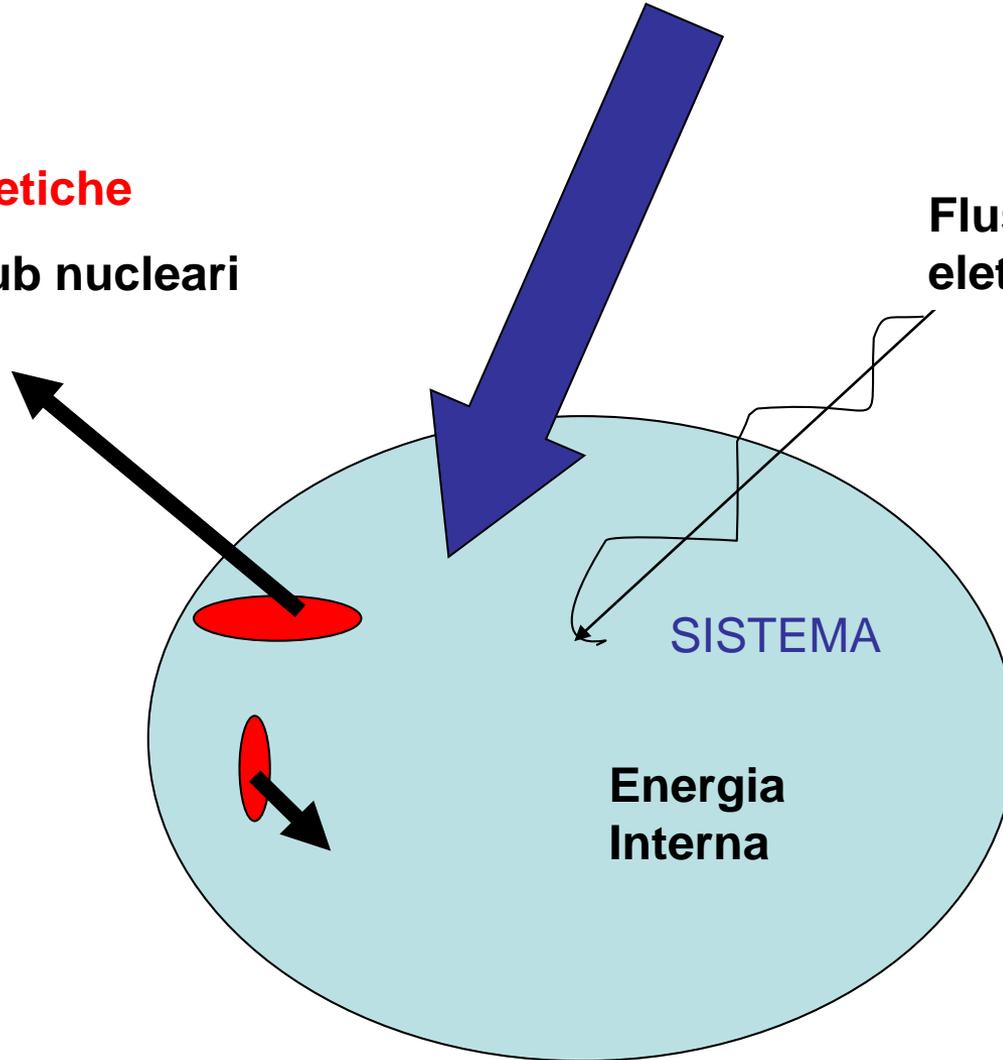
**Elettromagnetiche**

**Nucleari e sub nucleari**

**Flussi di  
particelle**

**Flussi di energia  
elettromagnetica**

**Forze  
esterne**

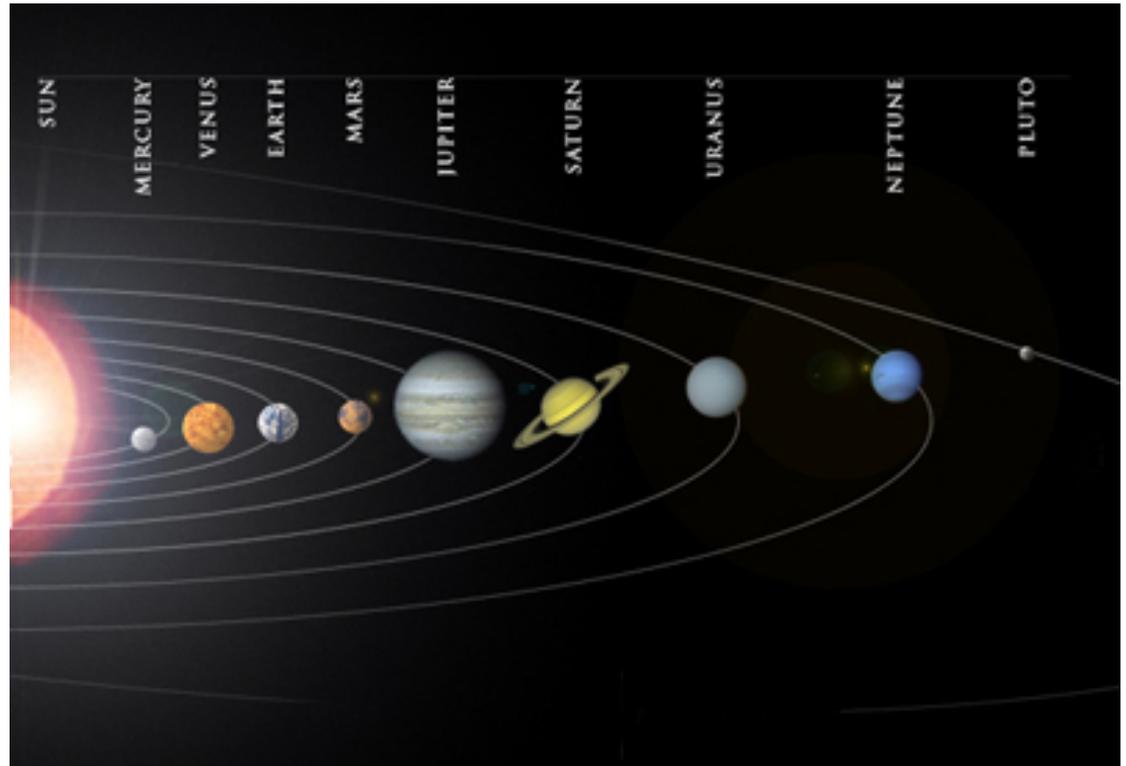


Conveniente schematizzazione:

**-ISOLATI**

**-CHIUSI**

**-APERTI**



## IN UN SISTEMA ISOLATO:

I processi conducono a situazioni in cui:

**L'energia rimane costante perché si conserva (\*)**, ma in cui

$\Delta S \geq 0$  cioè verso stati di equilibrio con maggiore o uguale contenuto di disordine molecolare

Processi in cui  $\Delta S = 0$  REVERSIBILI

Processi in cui  $\Delta S > 0$  IRREVERSIBILI

## IN UN SISTEMA NON ISOLATO

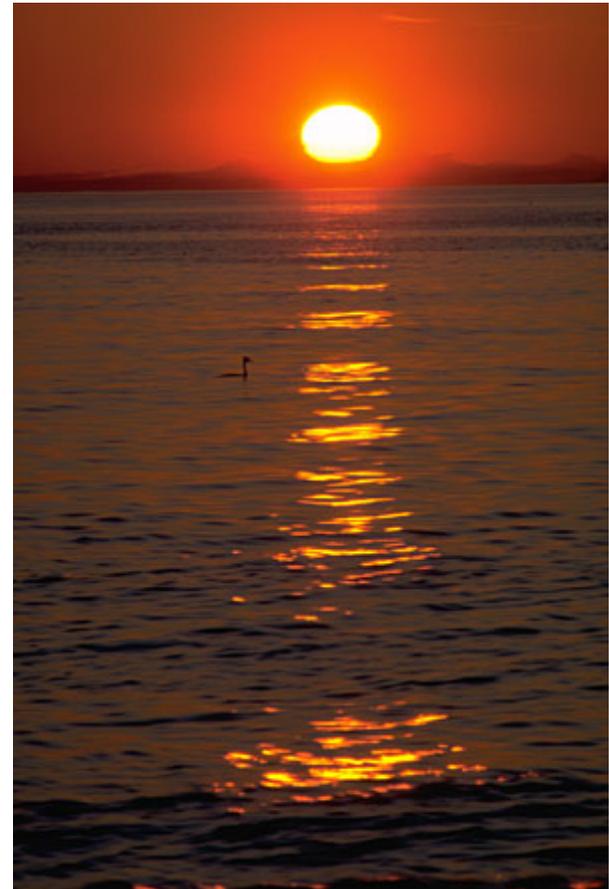
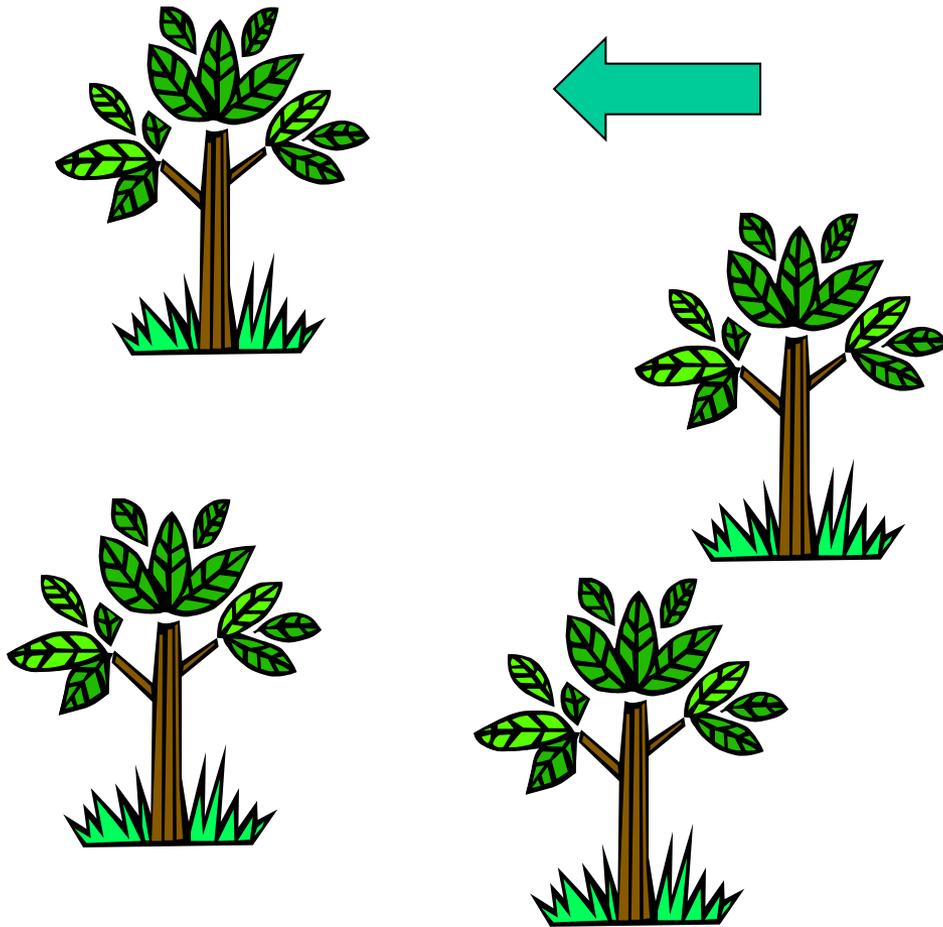
**L'energia può oppure no rimanere costante, ma si ha:**

$$\Delta S = \Delta S_{interno} (\geq 0) + \Delta S_{esterno} (\geq 0, < 0)$$

**La Termodinamica dei sistemi non isolati mostra chiaramente invece che il sistema può evolvere verso situazioni di maggior ordine**

(\*) si noti bene che i concetti di **conservazione di una grandezza** con il concetto di **costanza (rispetto al tempo) di una grandezza**, non significano la stessa cosa!!

# I Produttori di ordine:le piante



Vi sono diversi tipi di processi ciclici alcuni molto semplici altri molto complicati.

Tra i più semplici: **il ciclo per la riduzione dell'anidride carbonica in glucosio:**

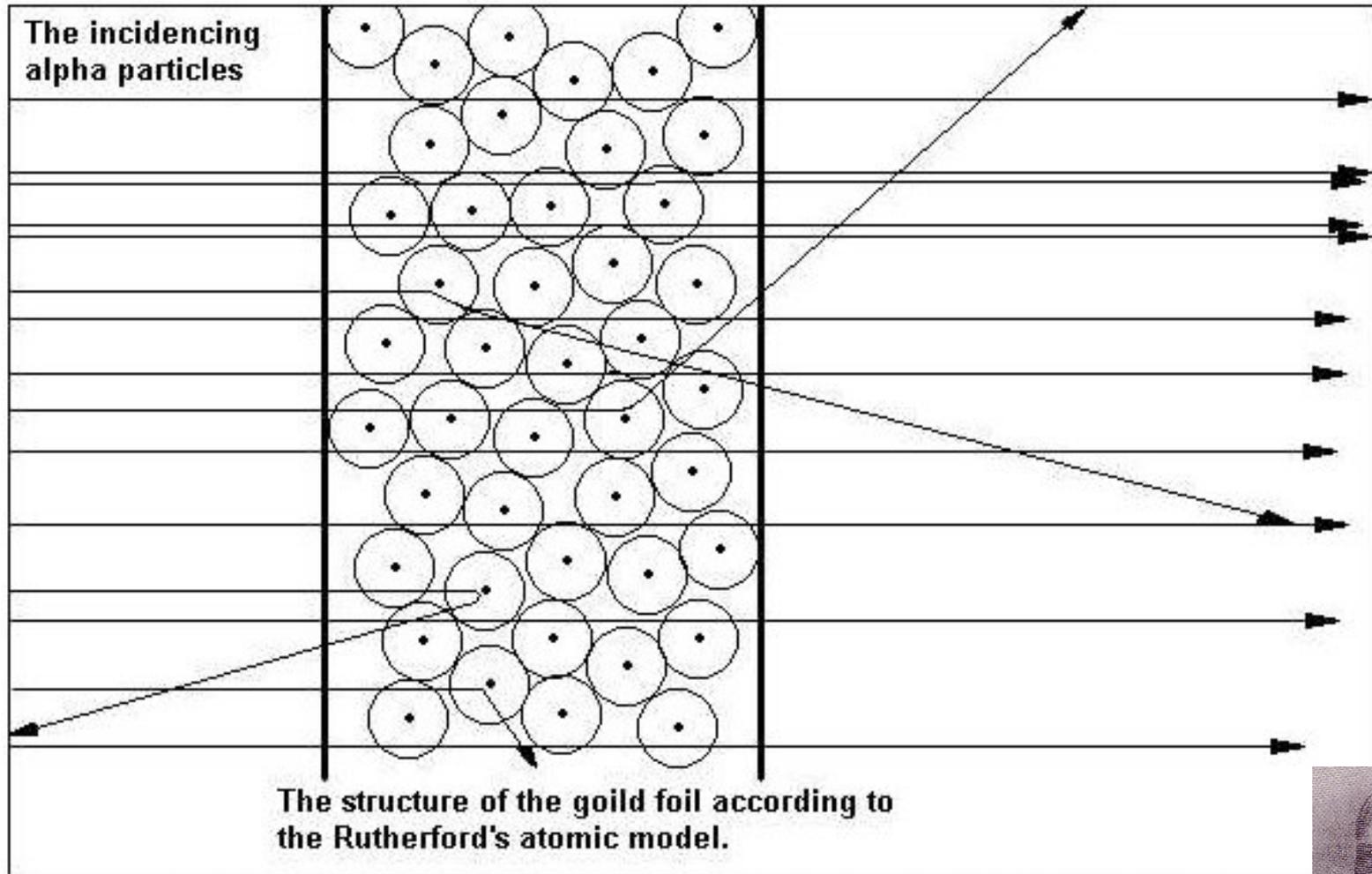
**Respirazione (in animali e piante):**



**Fotosintesi (solo nelle piante):**



**Con il novecento ha inizio la fisica atomica/nucleare**



**The alpha particles propagated on the atomic nucleuses of the gold foil.**

**E.Rutherford, Phil. Mag.21,669 (1911)**



# La scoperta delle particelle sub-nucleari

$$n \rightarrow p + e^{-} + \bar{\nu}$$

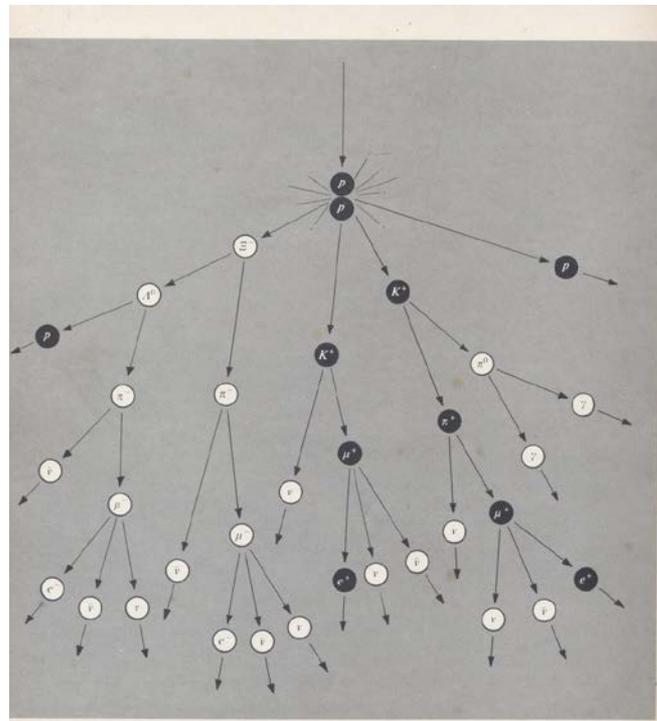
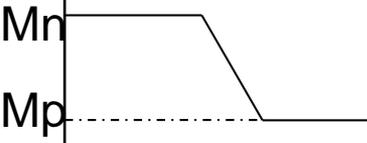


FIGURA 15.10 L'urto di due protoni di alta energia produce uno sciame di particelle. Uno dei protoni originali schizza via inalterato (in alto a destra). L'altro dà luogo a una particella xi, negativa, e a due mesoni K positivi. Queste particelle sono instabili per cui decadono in altre particelle, alcune delle quali decadono a loro volta. Alla fine restano solo particelle stabili: all'incirca una ventina per l'evento qui illustrato. (S. B. TREIMAN, The Weak Interactions, Scientific American 200, 77, Marzo 1959).

## Elementary Particles

Quarks	<i>u</i> up	<i>c</i> charm	<i>t</i> top	Force Carriers
	<i>d</i> down	<i>s</i> strange	<i>b</i> bottom	
Leptons	$\nu_e$ electron neutrino	$\nu_\mu$ muon neutrino	$\nu_\tau$ tau neutrino	<i>Z</i> Z boson
	<i>e</i> electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau	<i>W</i> W boson

I II III  
Three Families of Matter

# Ma non solo Fisica

Il metodo Galileiano ha fortemente influenzato molte altre disciplina

