

Prima del novecento

Si deve ai popoli dell'antichità (babilonesi, caldei, egizi, sumeri, fenici, ecc..) la nascita della nostra civiltà.

Il mondo ellenistico fece una sintesi delle loro conoscenze e diede origine alla scienza classica.

Talete importò nel mondo greco la matematica e la fisica di egizi e babilonesi. **Pitagora** riteneva la Terra sferica. **Aristarco** e **Eratostene** fecero le prime misure sul sistema solare (ritenuto eliocentrico). **Aristotele** definì gli elementi fondamentali di natura (terra, acqua, aria, e fuoco) e le forze che agiscono tra loro. **Democrito**, **Epicuro** e **Lucrezio** formularono la teoria atomistica. **Tolomeo** e **Ipparco** introdussero l'astronomia e la cosmologia. Le nuove idee: **Bruno** (1548, 17/2/1600) e **Campanella**.



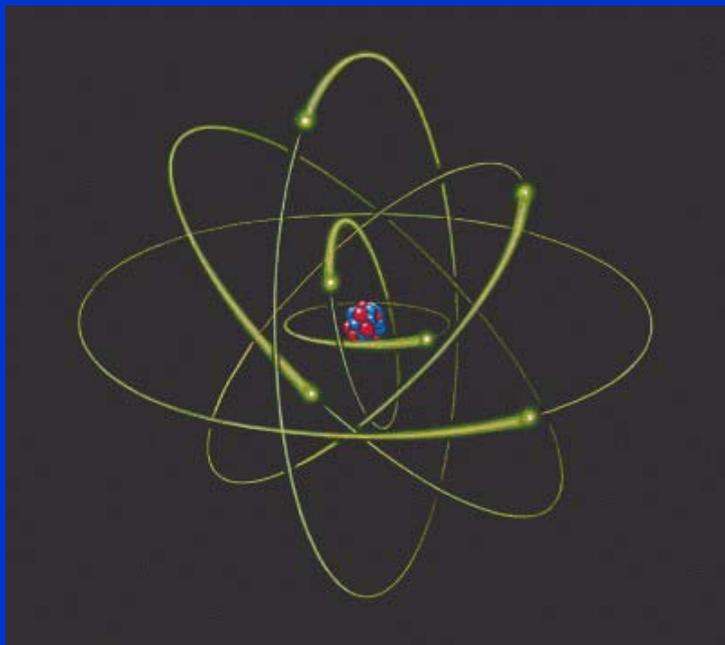


La prima rivoluzione scientifica: **Copernico, Galileo, Keplero, Cartesio, Newton, Boyle, Laplace.**

La seconda rivoluzione scientifica e la nascita della scienza moderna. Teorie, esperimenti e osservazioni.

Einstein e la relatività. **Planck** e la meccanica quantistica.

L'atomo di **Bohr** e la nascita della fisica atomica. La fisica nucleare, la radioattività, fissione e fusione nucleare.



- Particelle elementari: **quark** e **leptoni** (stringhe?)
- Astrofisica: evoluzione stellare
- Cosmologia: il **Big Bang**
- Radiazione cosmica
- Fisica astroparticellare.



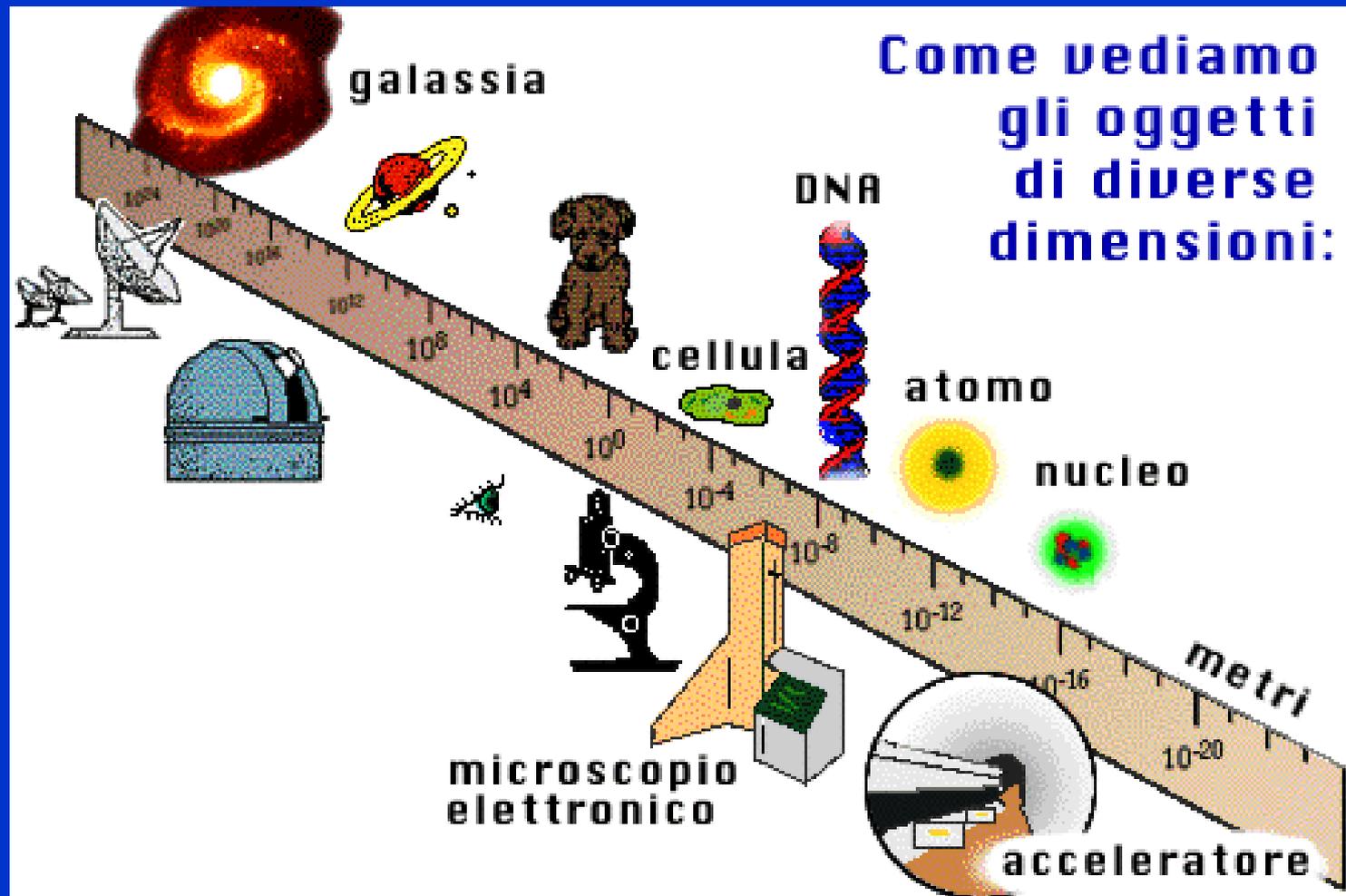
Nell' antichità

Periodic Table of the Elements

A simplified periodic table of elements represented by a grid of yellow squares. The table is organized into rows and columns, with the first row having 2 squares, the second row having 8 squares, the third row having 8 squares, the fourth row having 18 squares, and the fifth row having 18 squares. There is a gap between the fourth and fifth rows, and a separate row of 10 squares is positioned below the main grid.

Nel XIX secolo

La fisica classica studia fenomeni su **scala umana**. La fisica moderna studia anche l'**infinitamente piccolo** e l'**infinitamente grande**.



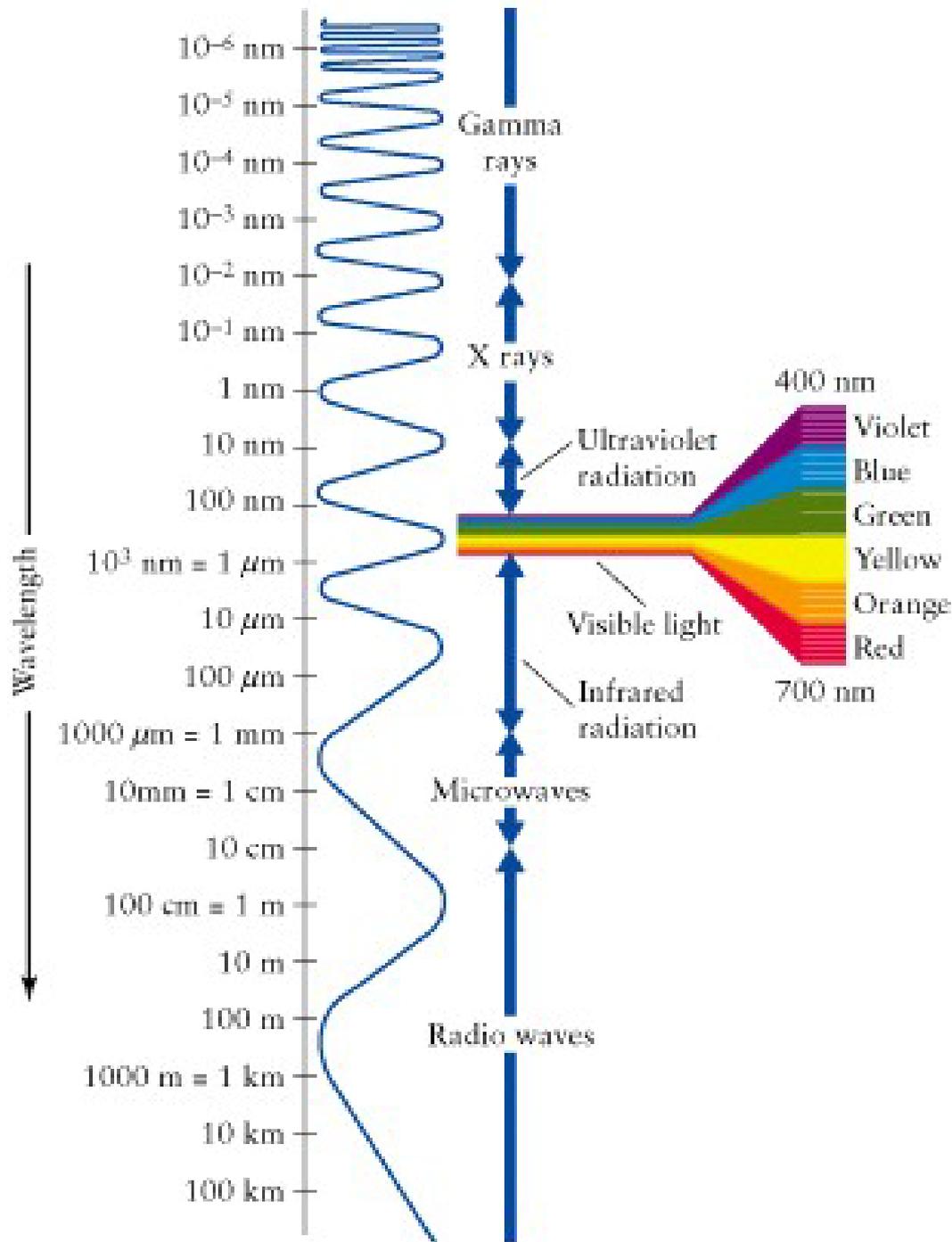
SULLA NATURA DELLA LUCE

Ippocrate e **Aristotele** pensavano che l'occhio emettesse raggi per mezzo dei quali potesse “sentire” gli oggetti
Secondo **Galeno** (II secolo d.c.), l'occhio proietta uno “spirito visuale” per mezzo del quale il mondo esterno viene percepito

Keplero e **Cartesio** agli inizi del '600 svilupparono la conoscenza della rifrazione della luce

Newton sviluppò una teoria corpuscolare della radiazione, considerando cioè la luce come formata di particelle

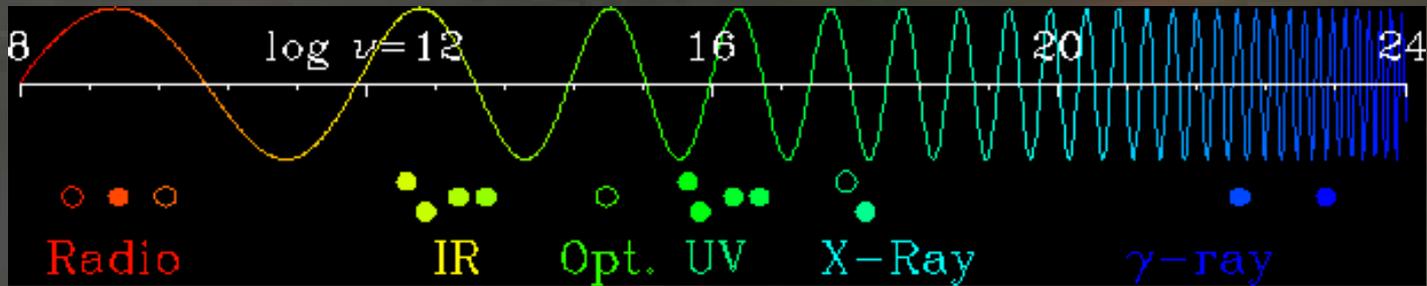
Nello stesso periodo **Huygens** compì una serie di esperimenti che dimostrarono che la luce ha caratteristiche di onda (diffrazione e interferenza)



La luce visibile è solo un tipo di radiazione elettromagnetica emessa dai corpi.

Ogni tipo di radiazione e.m. viaggia alla velocità della luce:

300.000 km/s



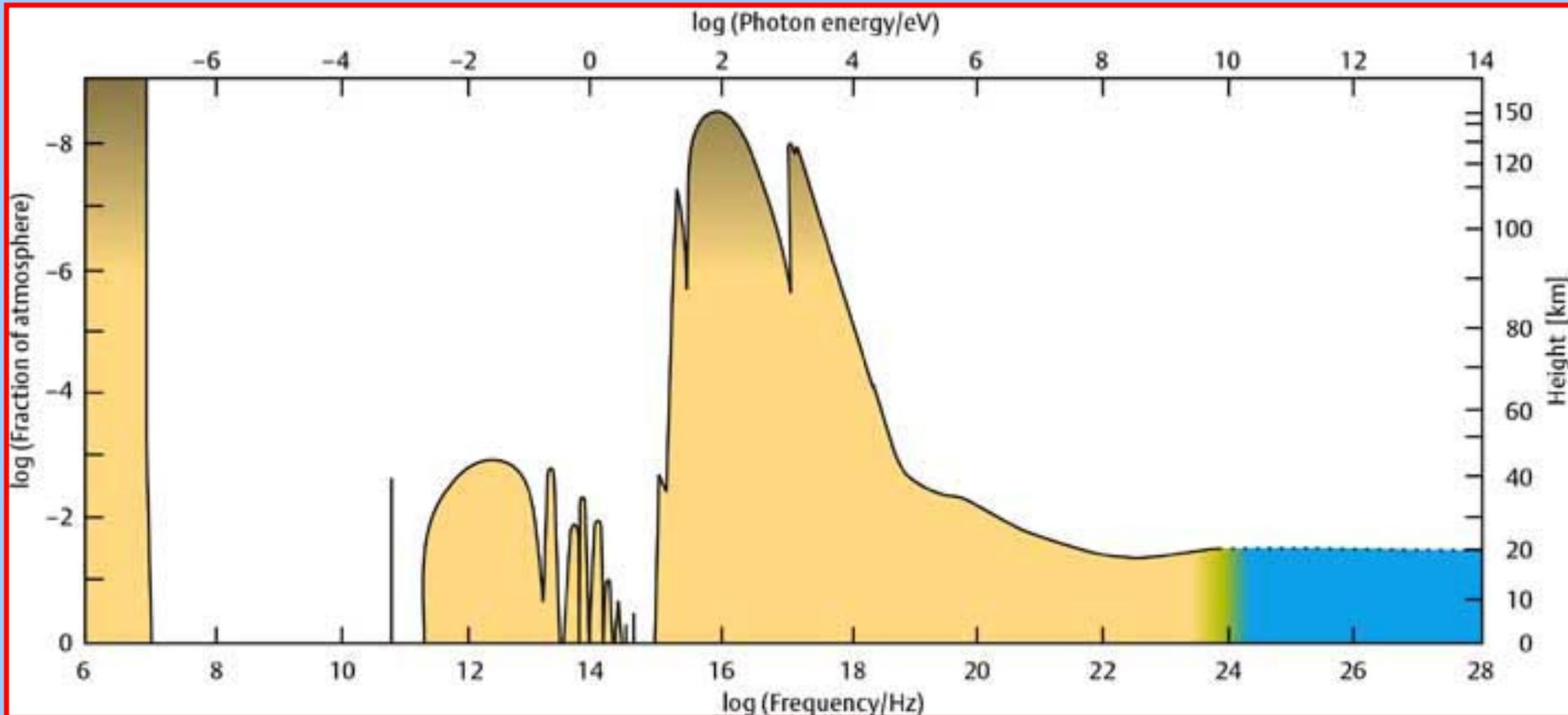
56 Ottave (7 „Piani a coda“)



1 Ottava



Trasparenza dell'atmosfera alla radiazione elettromagnetica



LA NASCITA DELLA FISICA MODERNA

Dalla visione classica ad un nuovo concetto di realta`

FATTI E TEORIE

30 anni che hanno cambiato il mondo:

1896 Becquerel

1897 Michelson e Morley

1900 Planck

1905 Einstein

1905 Herzsprung e Russel

1911 Rutherford

1912 Hess

1913 Bohr

1924 DeBroglie

1925 Compton

1925 Pauli

1927 Heisenberg

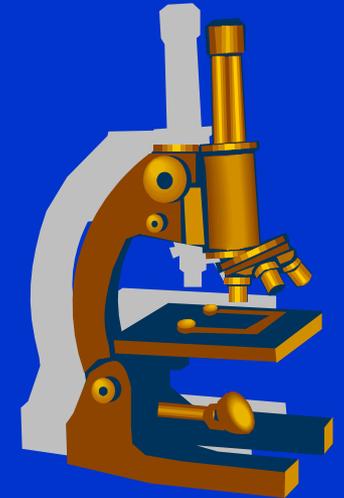
1929 Hubble

RADIOATTIVITA' NATURALE

Nel **1815 W.Prout** suggerì l'esistenza di una relazione tra gli elementi chimici.

Nel **1864 J.Newlands** osservò che le proprietà chimiche si ripetevano ogni otto elementi.

Nel **1869 D.Mendeleev e L.Meyer** formularono la tabella degli elementi chimici (quelli noti nel 1869 erano 65, ora sono 118).



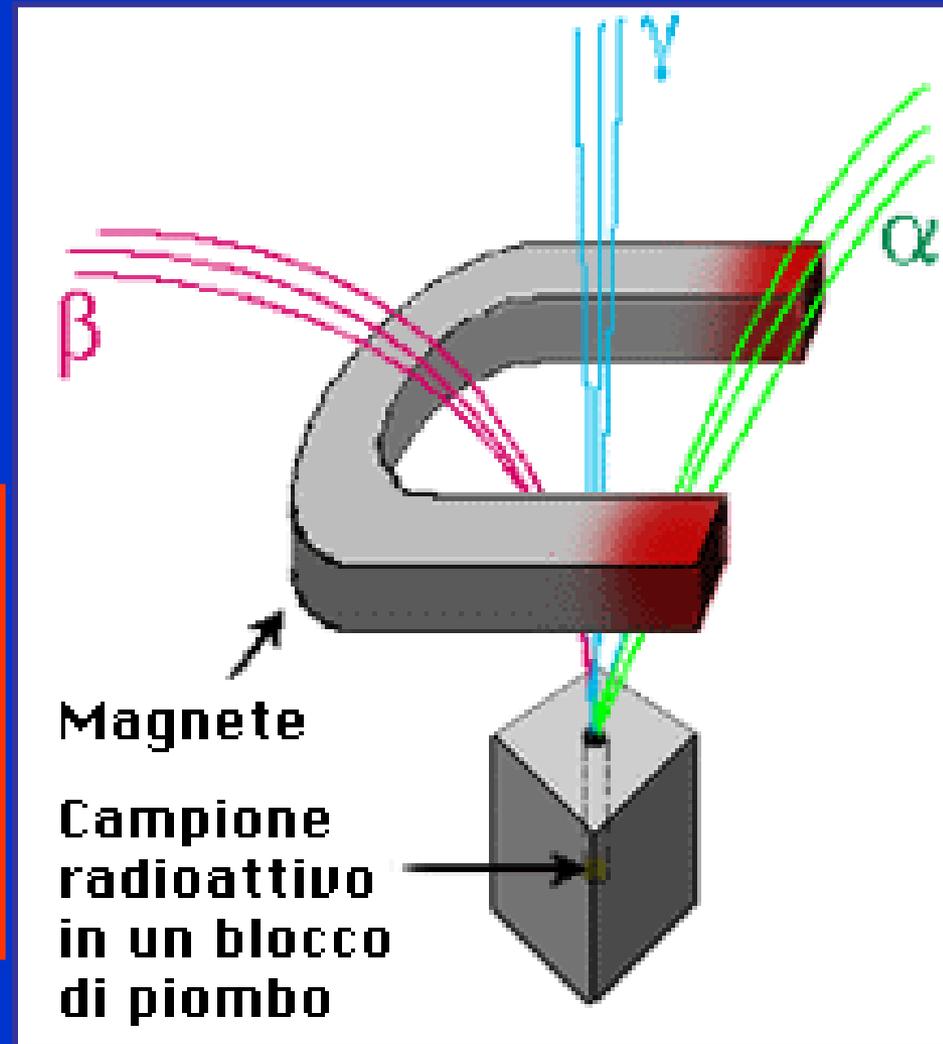
La radioattività`

I decadimenti radioattivi:

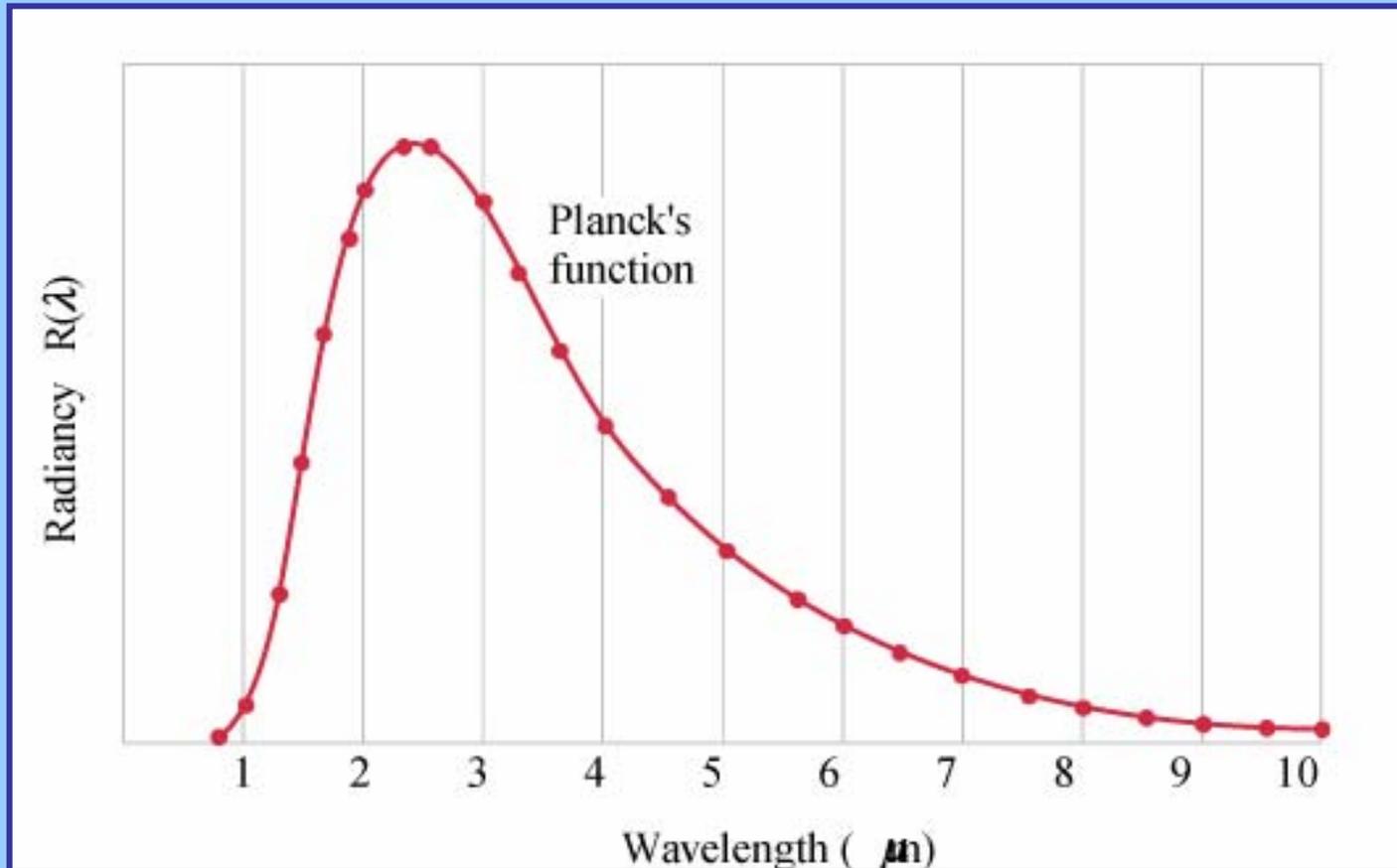
α sono nuclei di He ($Z=+2$)

β sono elettroni ($Z=-1$)

γ sono fotoni ($Z=0$)



Nel 1900 Planck propose che **la radiazione fosse quantizzata**, ossia composta di **quanti di energia multipli di un valore minimo ϵ_0** . Le leggi di **Wien** e di **Stefan** sono due casi particolari della legge di Plank



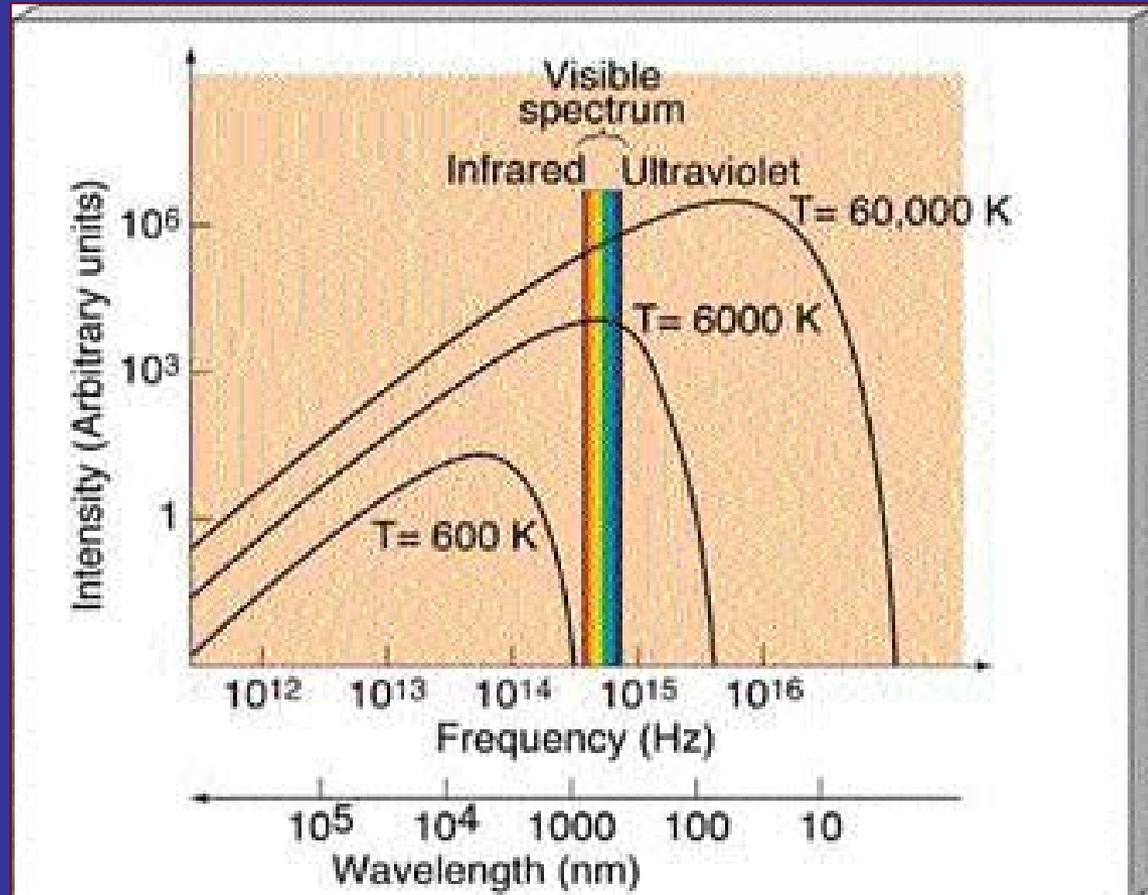
Sorgenti termiche

- Distribuzione della radiazione emessa da un corpo a temperatura T
- Curva di Planck per l'intensità del corpo nero
- Legge di Wien

$$\lambda_{\max} T = \text{costante}$$

- Legge di Stefan

$$I_{\text{tot}} = \sigma T^4$$



$$E = h\nu$$

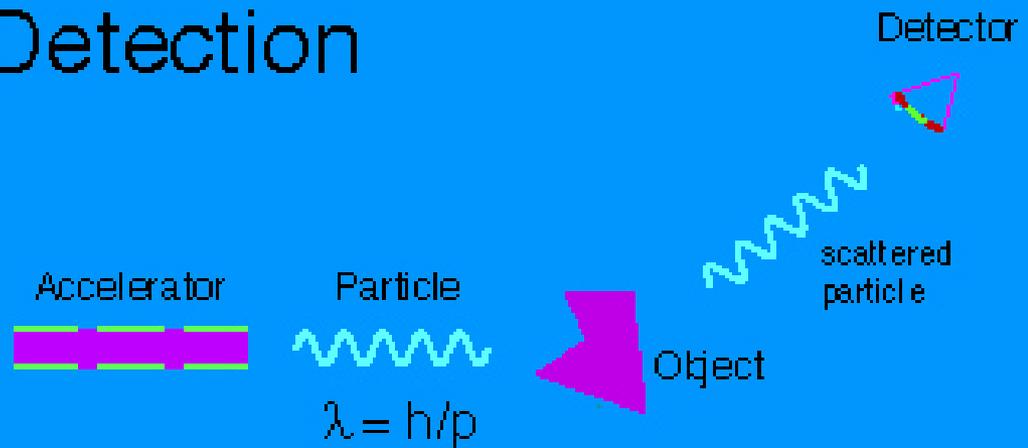
$$\lambda\nu = c$$

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

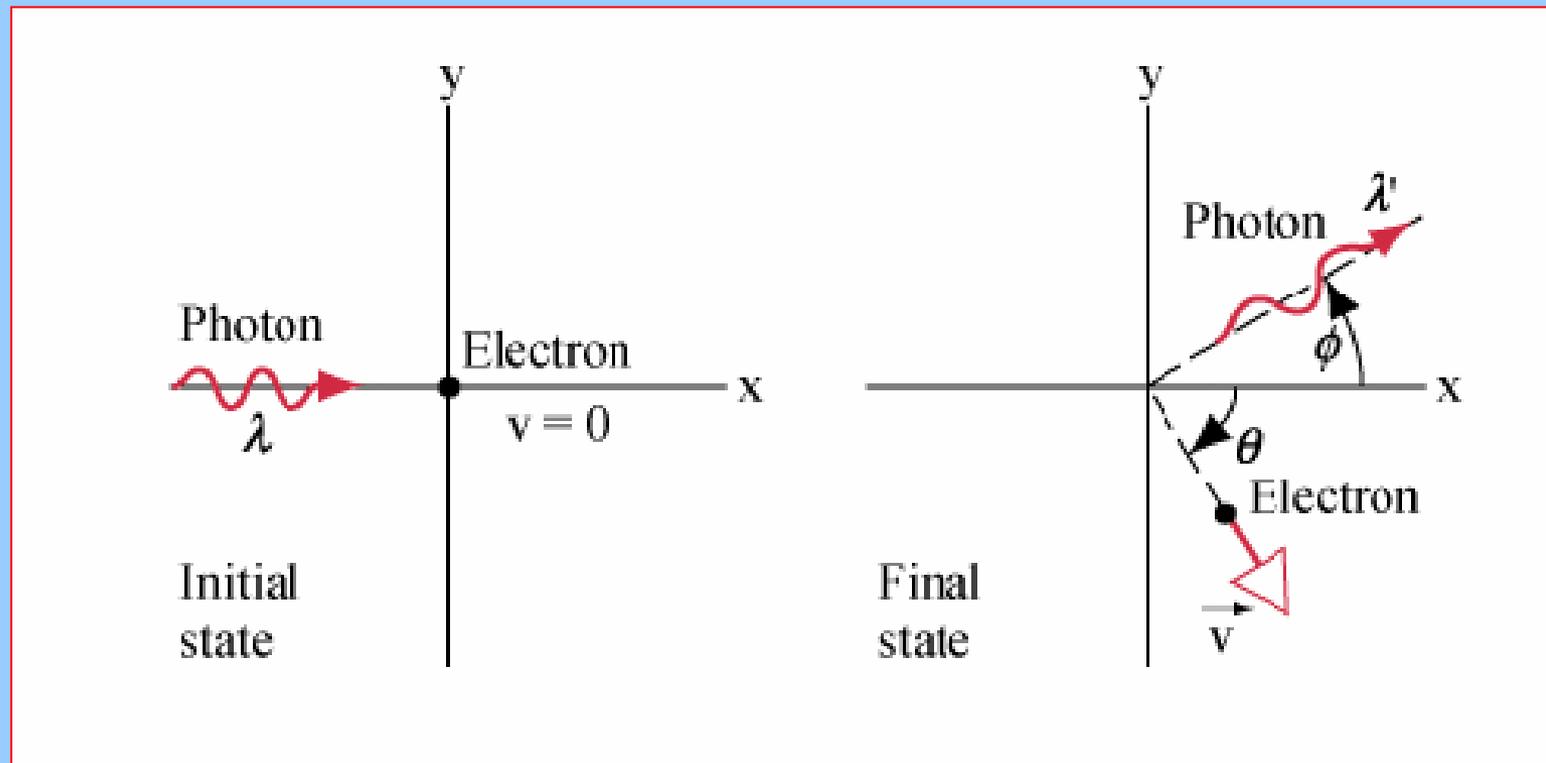
Vision



Detection



Per spiegare l'effetto Compton, nel 1916 Einstein propose di associare al fotone non solo un'energia ma anche un impulso. L'effetto si spiega con la conservazione dell'energia e della quantità di moto



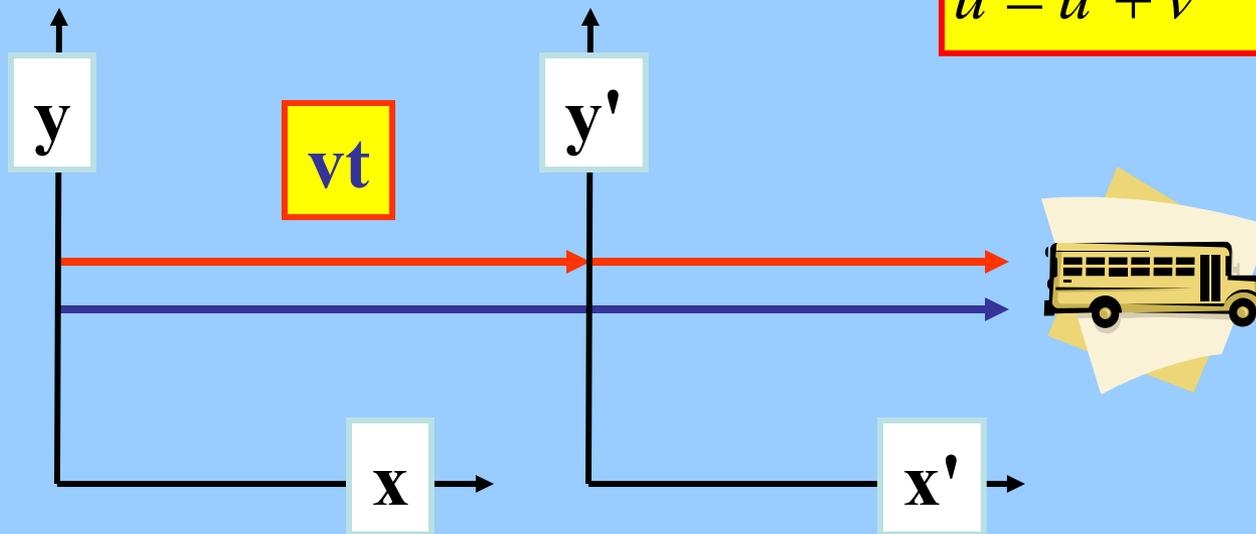
LA RELATIVITA'

La relatività newtoniana
e le trasformazioni
galileiane:

$$x = x' + vt, \quad t' = t$$

comportano

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dx'}{dt} + v$$
$$u = u' + v$$



Una barca si muova alla velocità costante $v = 5 \text{ m/s}$ e percorra un fiume in direzione della corrente (nei 2 versi) o perpendicolare alla corrente. Si ha:

$$v = 5 - 3 = 2 \text{ m/s} \text{ nel verso contro corrente}$$

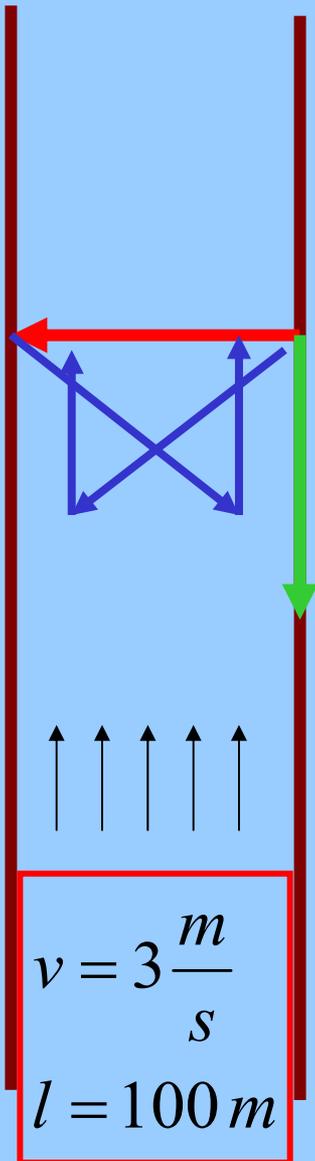
$$v = 5 + 3 = 8 \text{ m/s} \text{ nel verso della corrente}$$

$$v = \sqrt{5^2 - 3^2} = 4 \text{ m/s} \text{ perpendicolare alla corrente}$$

I tempi di percorrenza (A/R) sono:

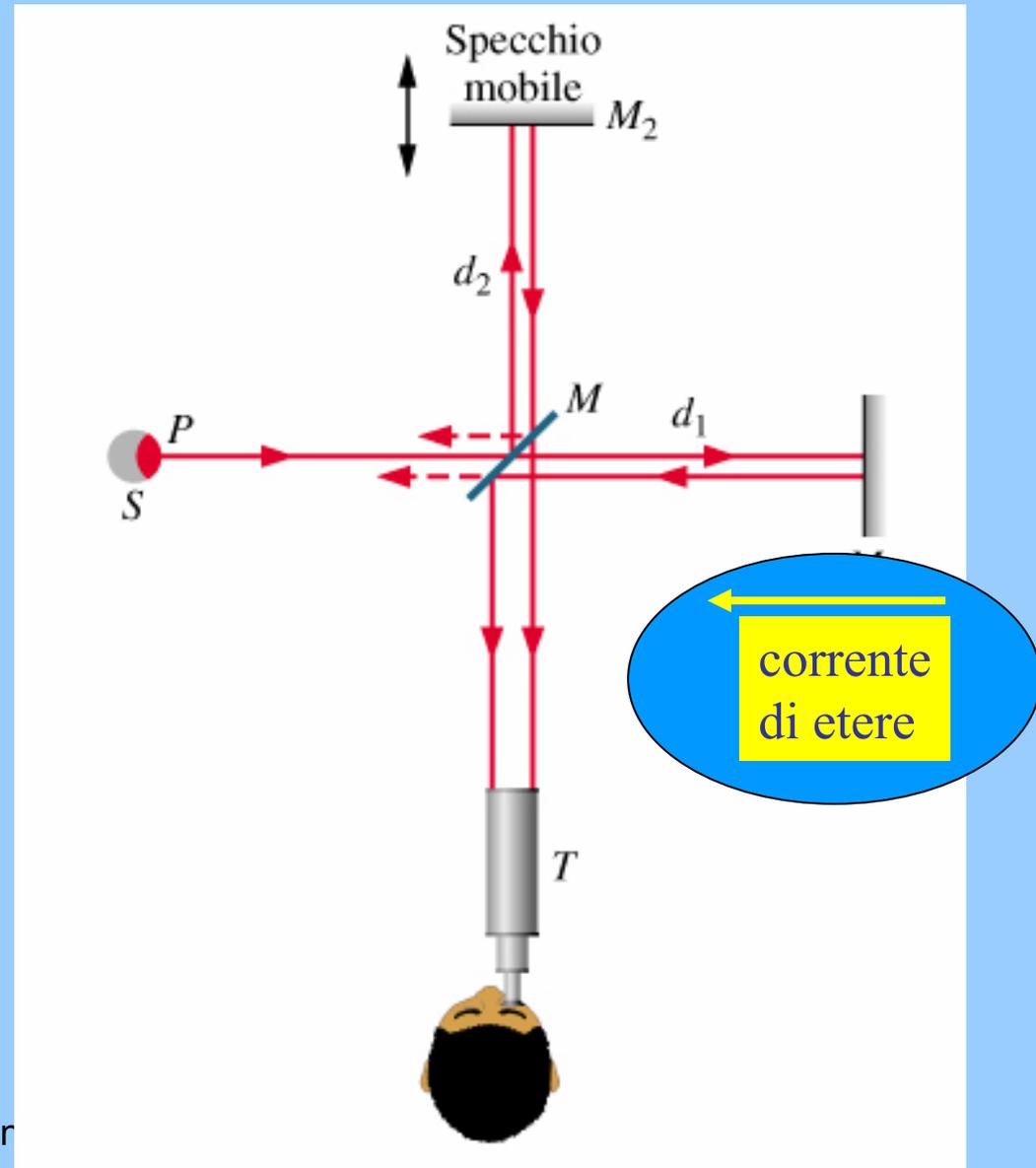
$$\text{tratto verde: } t = \frac{l}{v} = \left(\frac{100}{2} + \frac{100}{8} \right) = 62,5 \text{ s}$$

$$\text{tratto rosso: } t = \frac{l}{v} = \frac{200}{4} = 50 \text{ s}$$

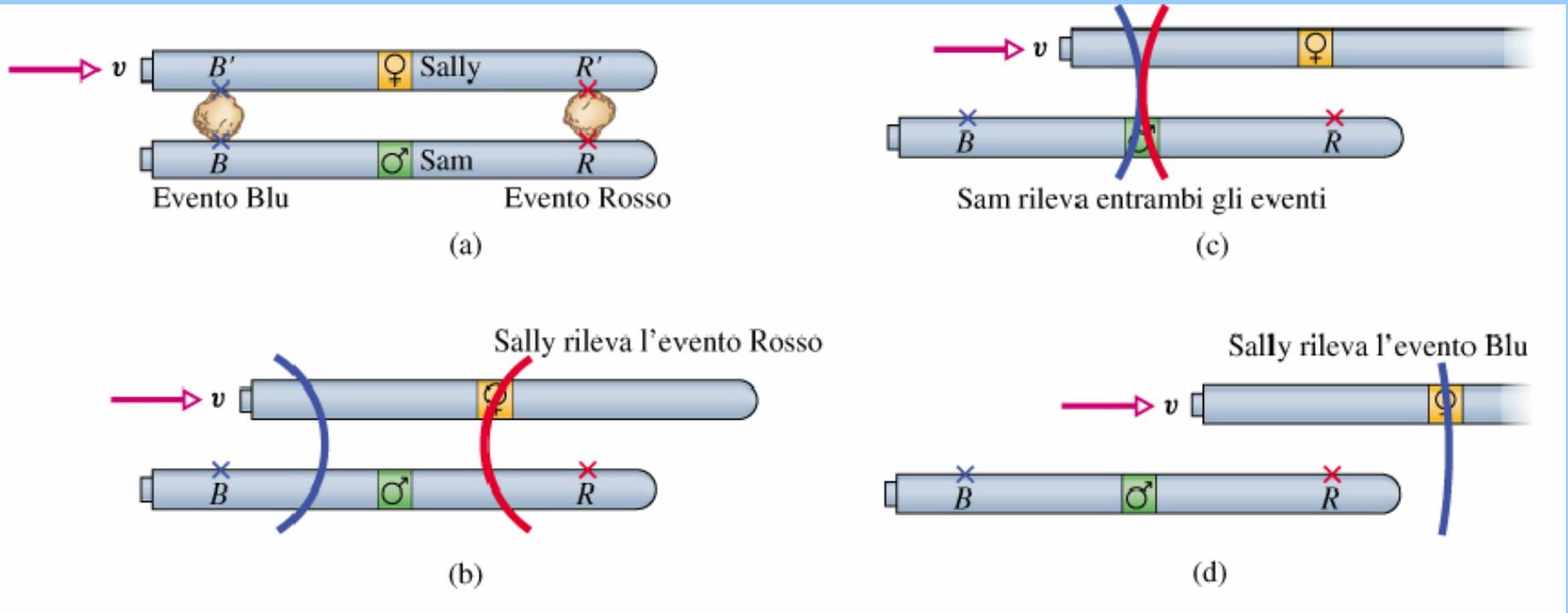


Esperimento di Michelson-Morley

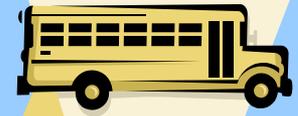
La Terra ruota su se stessa (v circa 1.700 km/h all'equatore), si muove intorno al Sole (v circa 100.000 km/h) e il Sole ruota intorno al centro della Galassia (v circa 900.000 km/h). I risultati mostrano che la velocità della luce rimane costante lungo ogni direzione e vale **$c = 300.000 \text{ km/s}$** .



La simultaneità è relativa



Dilatazione dei tempi e contrazione delle lunghezze



La simultaneità è relativa

$$\Delta t_0 = \frac{2d}{c}$$

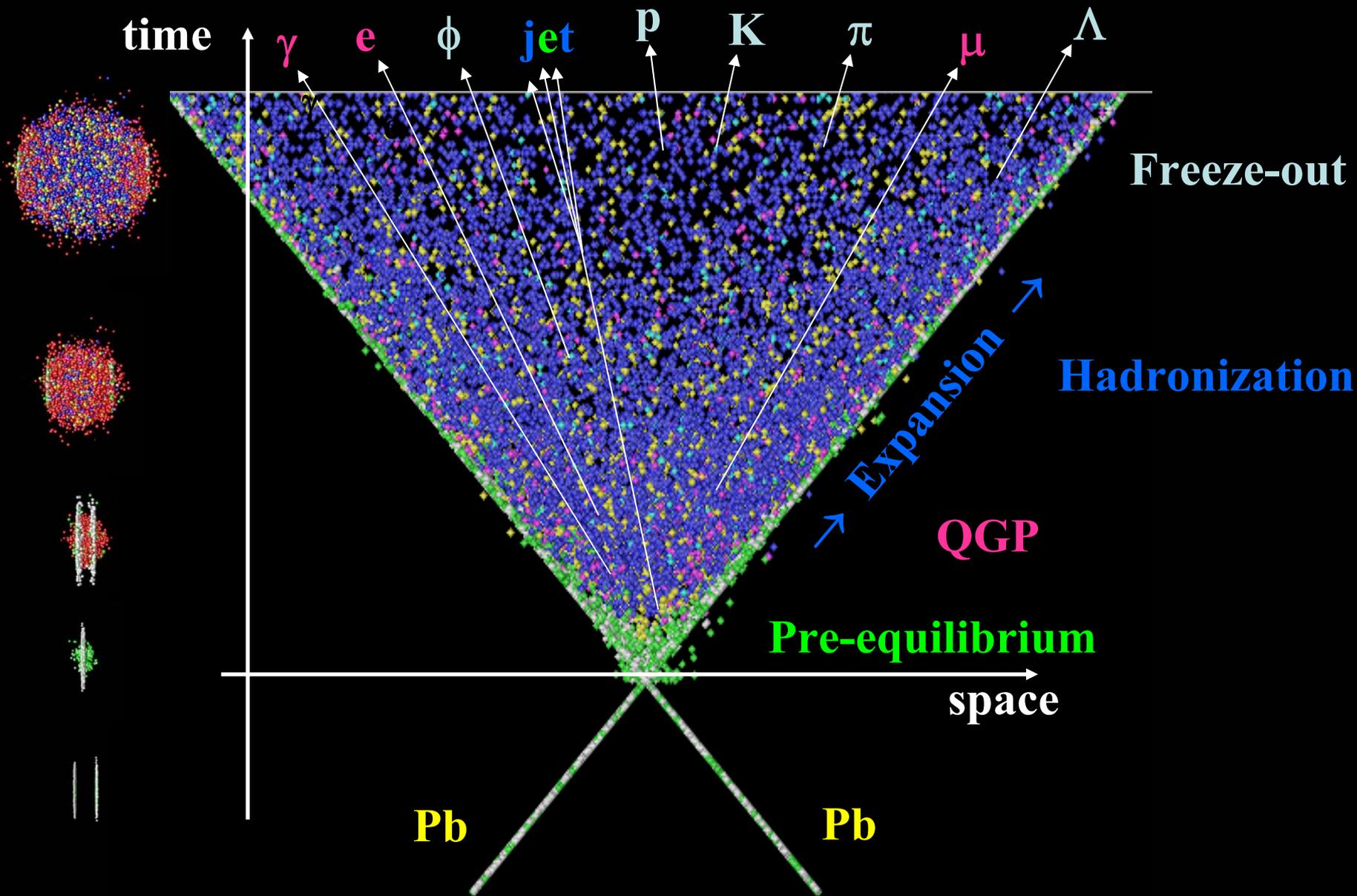
d

$$\Delta t = \frac{2l}{c}$$

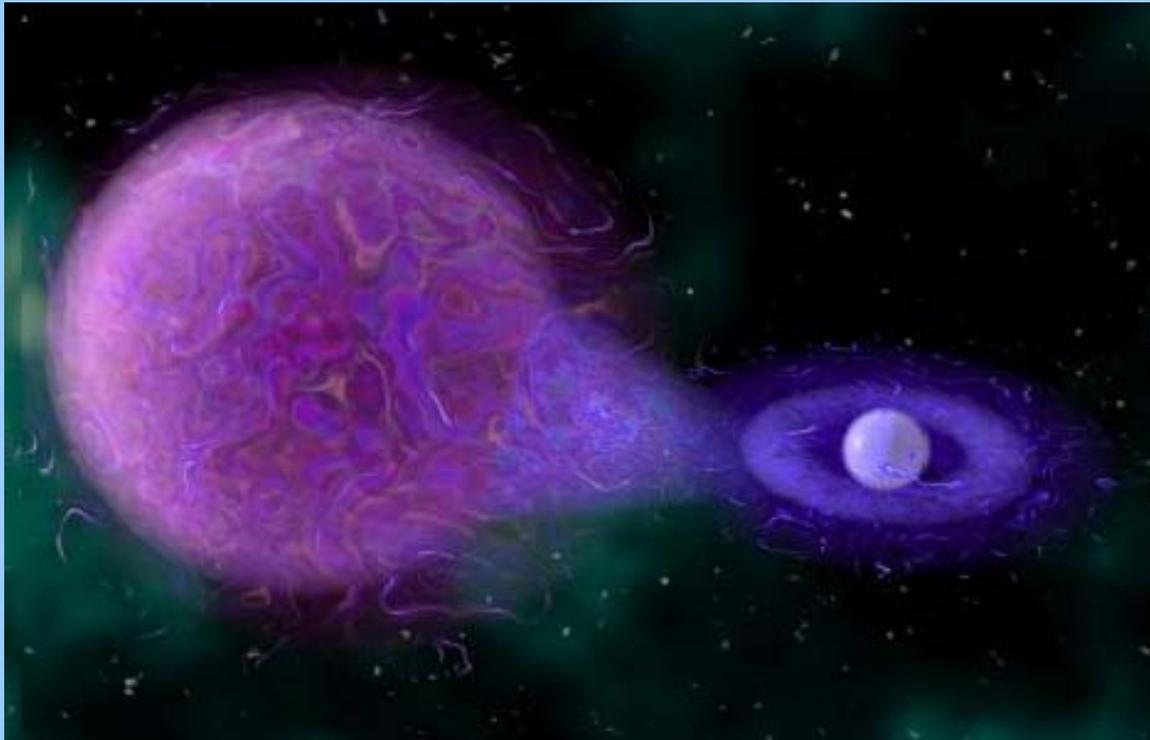
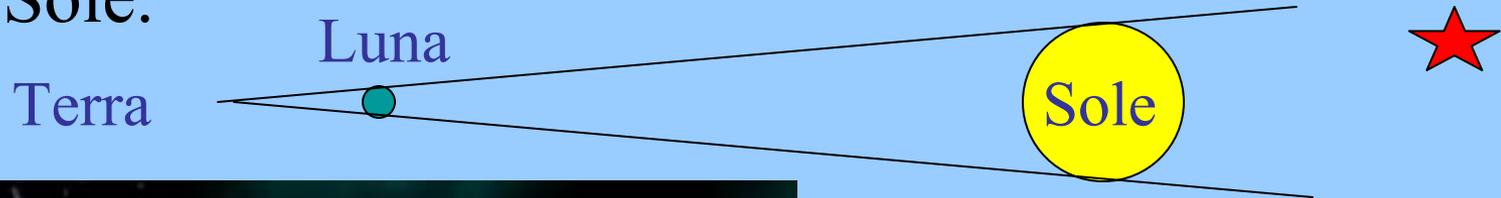
$$l = \sqrt{\left(\frac{1}{2} v \Delta t\right)^2 + \left(\frac{1}{2} c \Delta t_0\right)^2}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \gamma \Delta t_0$$

Space-time Evolution of Collisions



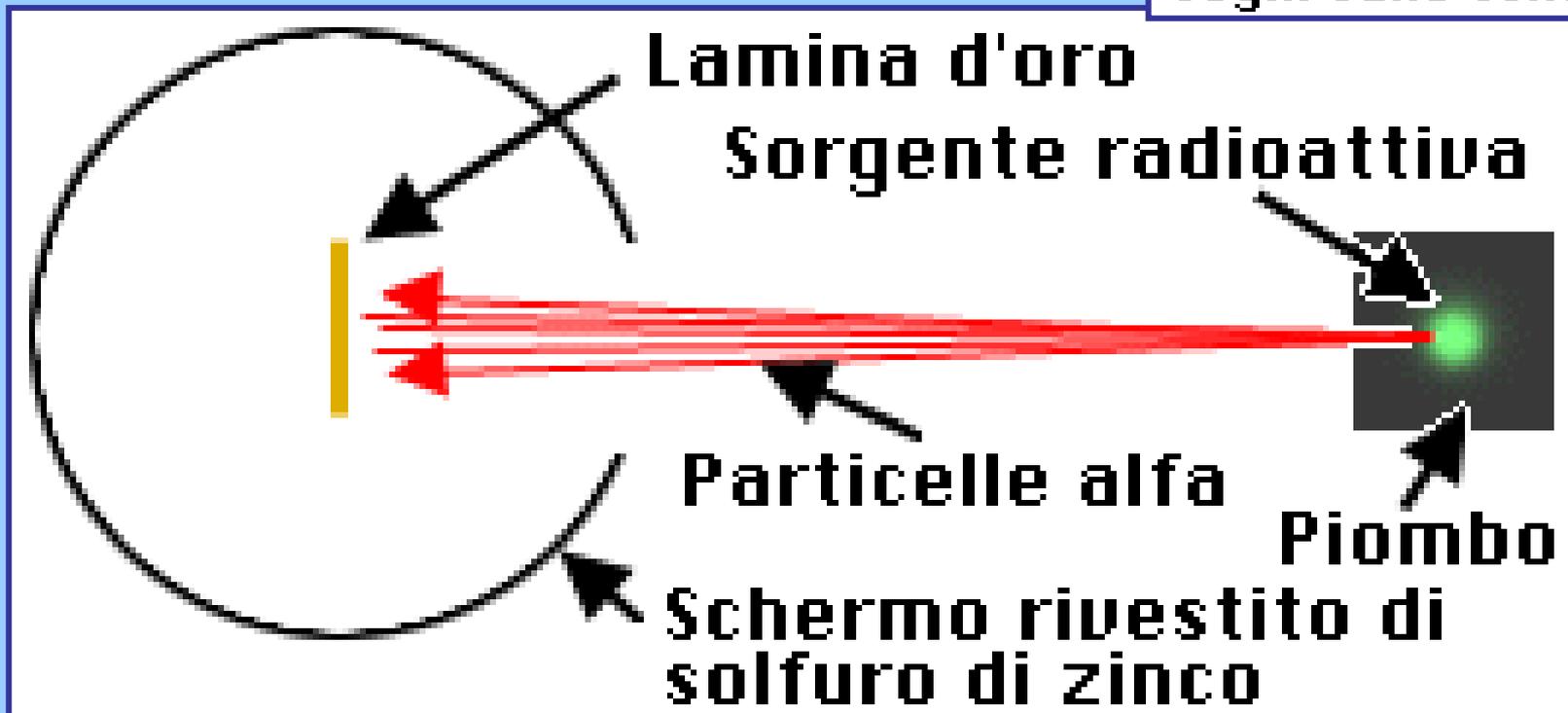
Durante l'eclisse solare del 29 Maggio 1919 (e confermato in seguito) Eddington ha verificato che la luce (energia) di una stella viene deviata dall'effetto gravitazionale della massa del Sole.



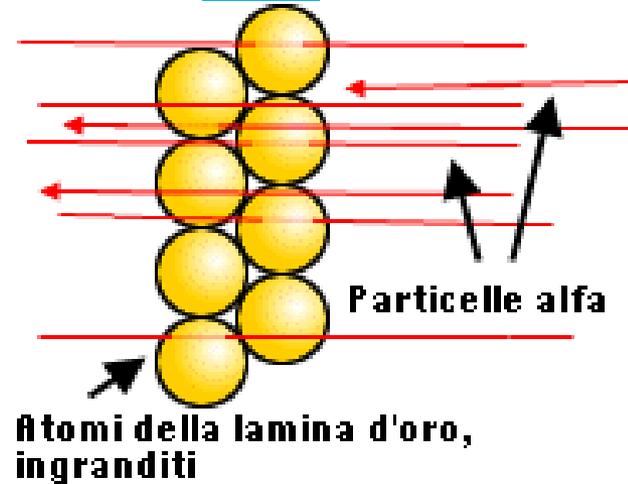
Essendo la massa una forma di energia, in natura si conserva la **massa-energia**, che si può trasformare l'una nell'altra.

La **struttura dell'atomo** e la scoperta del **nucleo atomico** è stata ottenuta da **Rutherford** in un classico esperimento del 1911.

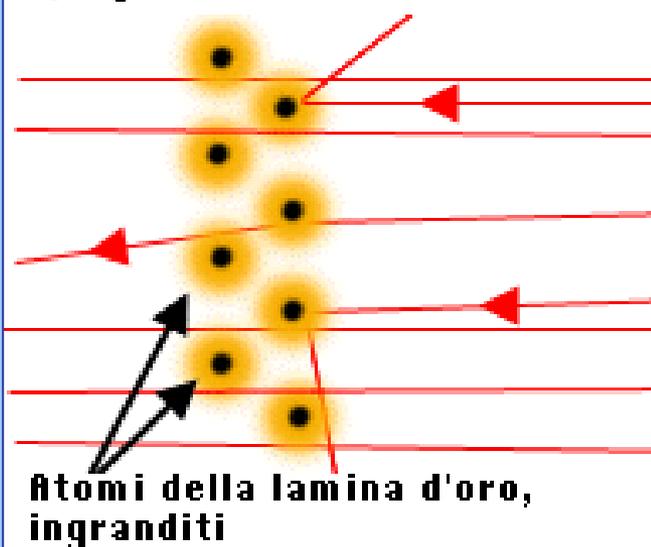
Il risultato



Dettaglio della lamina d'oro secondo il vecchio modello atomico

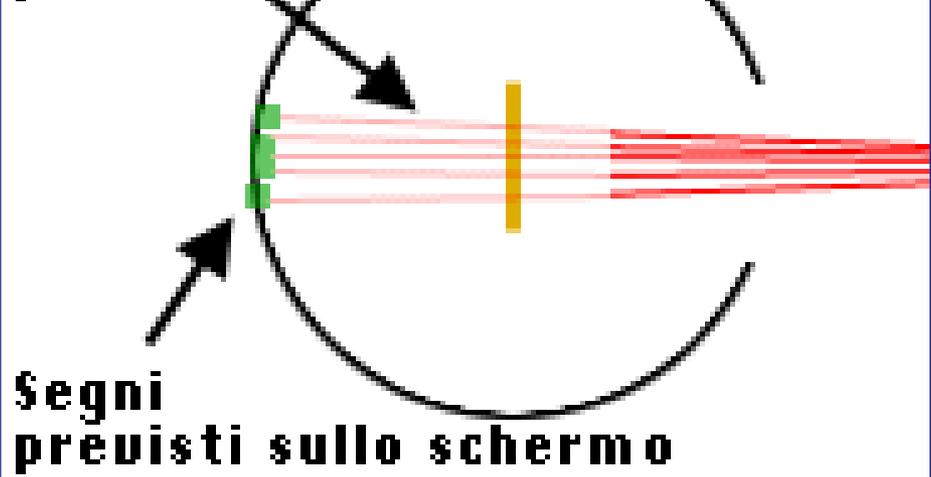


La teoria di un nucleo positivo spiega la deviazione delle alfa

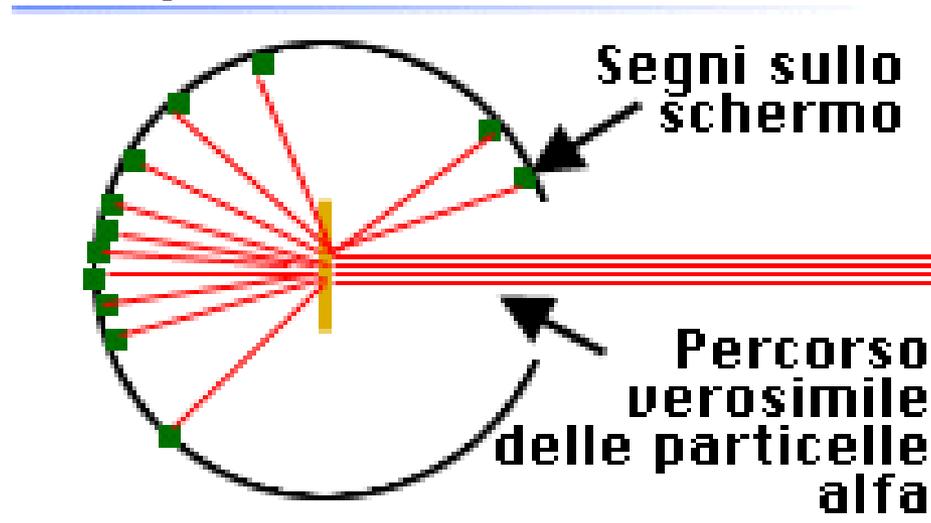


Il risultato atteso:

Percorso previsto



Interpretazione del risultato



... i raggi cosmici ...

1912

Il fisico austriaco Victor Hess compie dei voli in pallone a quota 5000 metri con degli elettroscopi per scoprire l'origine delle misteriose particelle che sembravano pervadere l'atmosfera e che si ipotizzava provenissero dalla Terra.



Scopre invece che più si sale di quota e più queste particelle aumentano e ne deduce che le particelle devono arrivare dallo Spazio, oltre il Sole.

... nasce la fisica delle particelle elementari ...

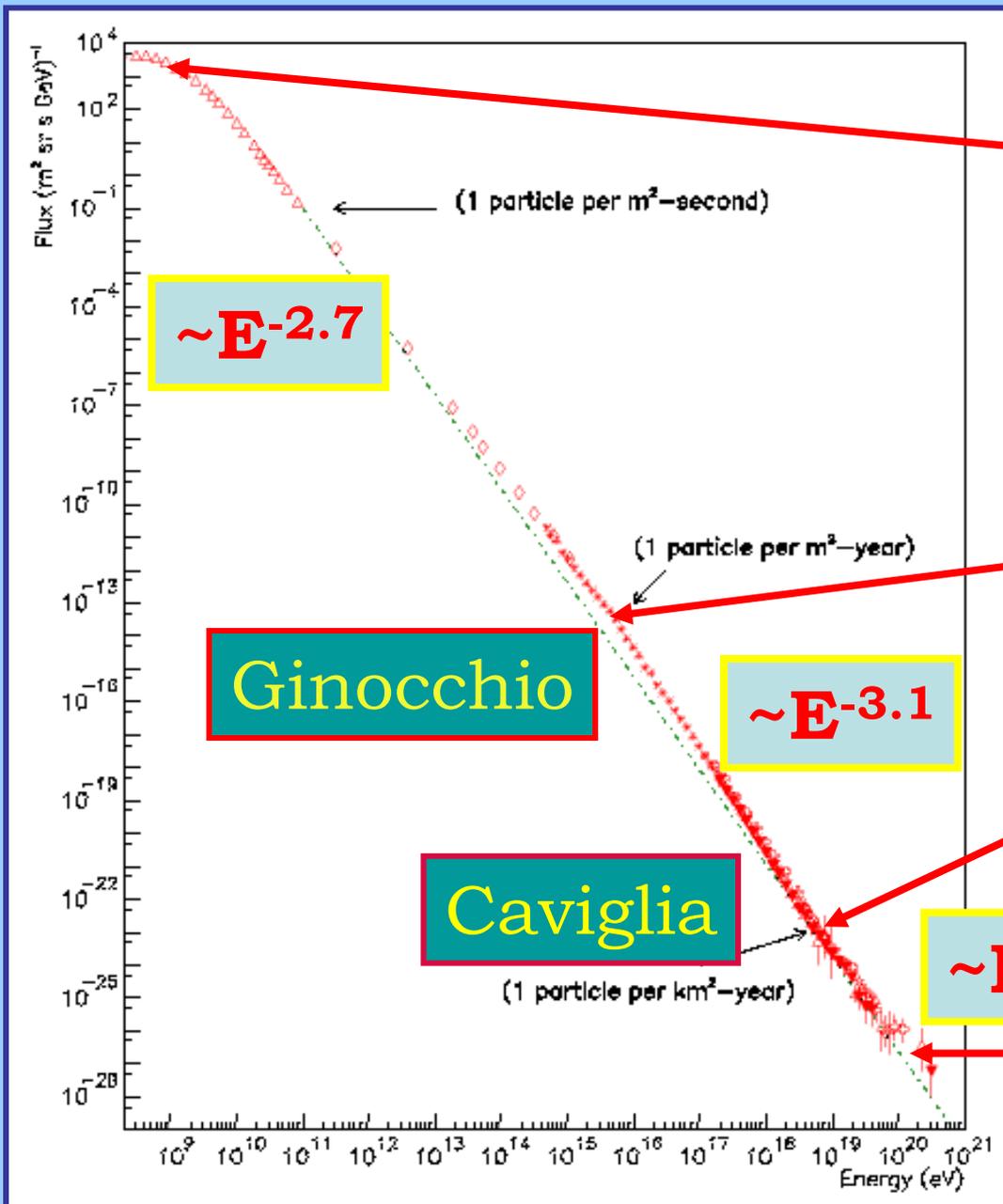
Cosa sono i raggi cosmici (CR) ?

I **raggi cosmici** sono particelle subatomiche cariche molto energetiche che bombardano continuamente la Terra.

Lo **spettro energetico** inizia da circa 10^9 eV e sembra non avere un limite superiore.



L'atmosfera terrestre assorbe la maggior parte dei raggi cosmici.



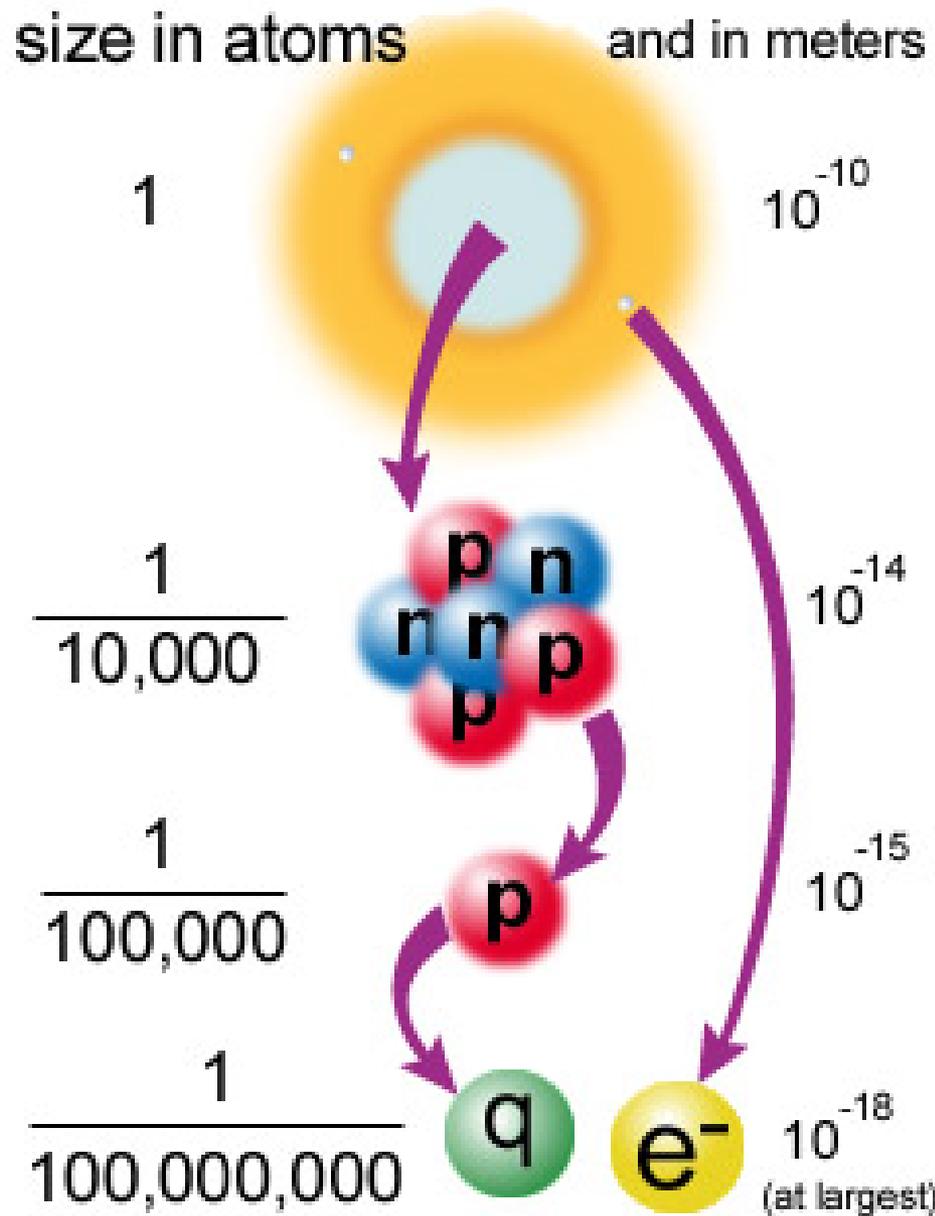
$\sim 10^2 / \text{m}^2 / \text{secondo}$

$\sim 1 / \text{m}^2 / \text{anno}$

$\sim 1 / \text{km}^2 / \text{anno}$

$\sim 1 / \text{km}^2 / \text{secolo}$

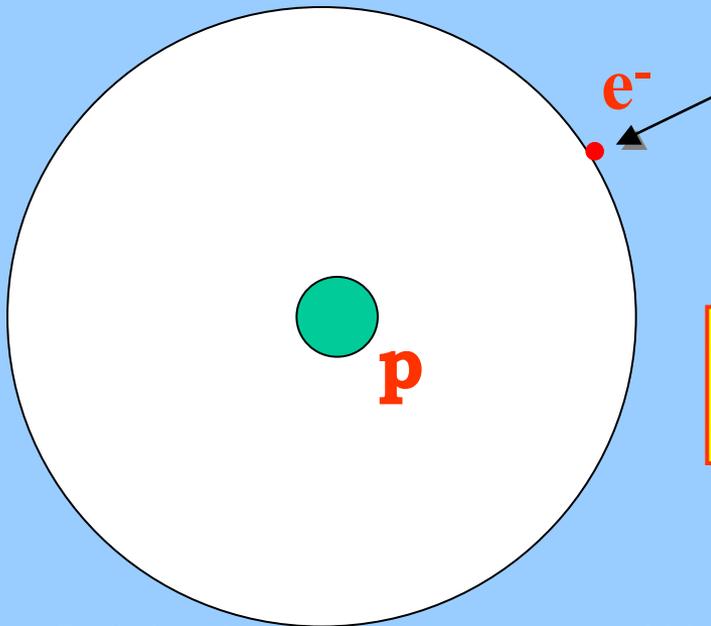
Le dimensioni in gioco



orbita dell'elettrone $\sim 10^{-10}$ m
dimensione del nucleo $\sim 10^{-15}$ m

$$\frac{10^{-10} \text{ m}}{10^{-15} \text{ m}} = 10^5$$

Se il nucleo avesse dimensioni di 1 cm



**L'orbita dell'elettrone
sarebbe a 10^5 cm = 1 km**

Lo spazio è vuoto



1900

L' atomo



Oggi

Ma l'atomo è fondamentale?

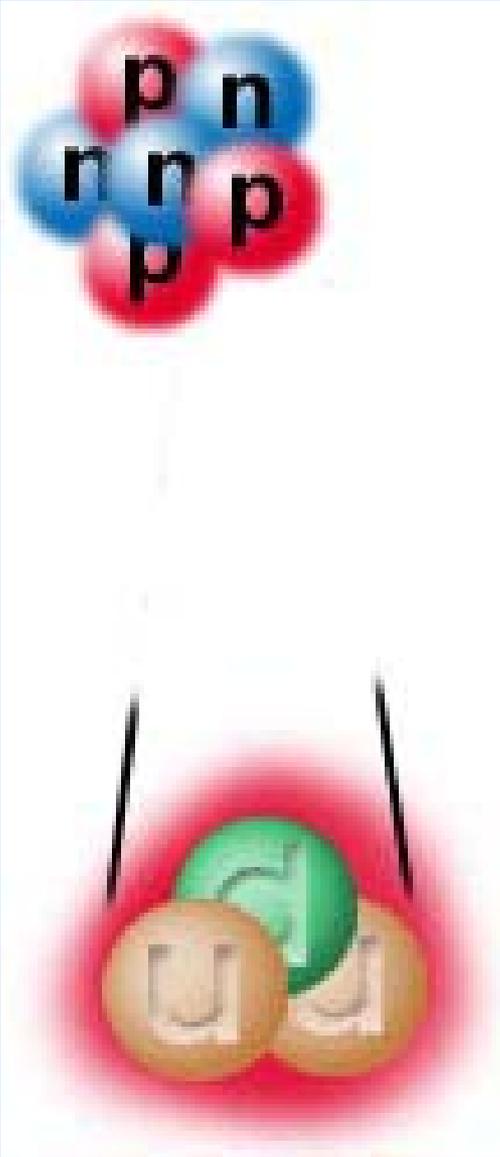
No !!

Il nucleo è fondamentale?

No !!

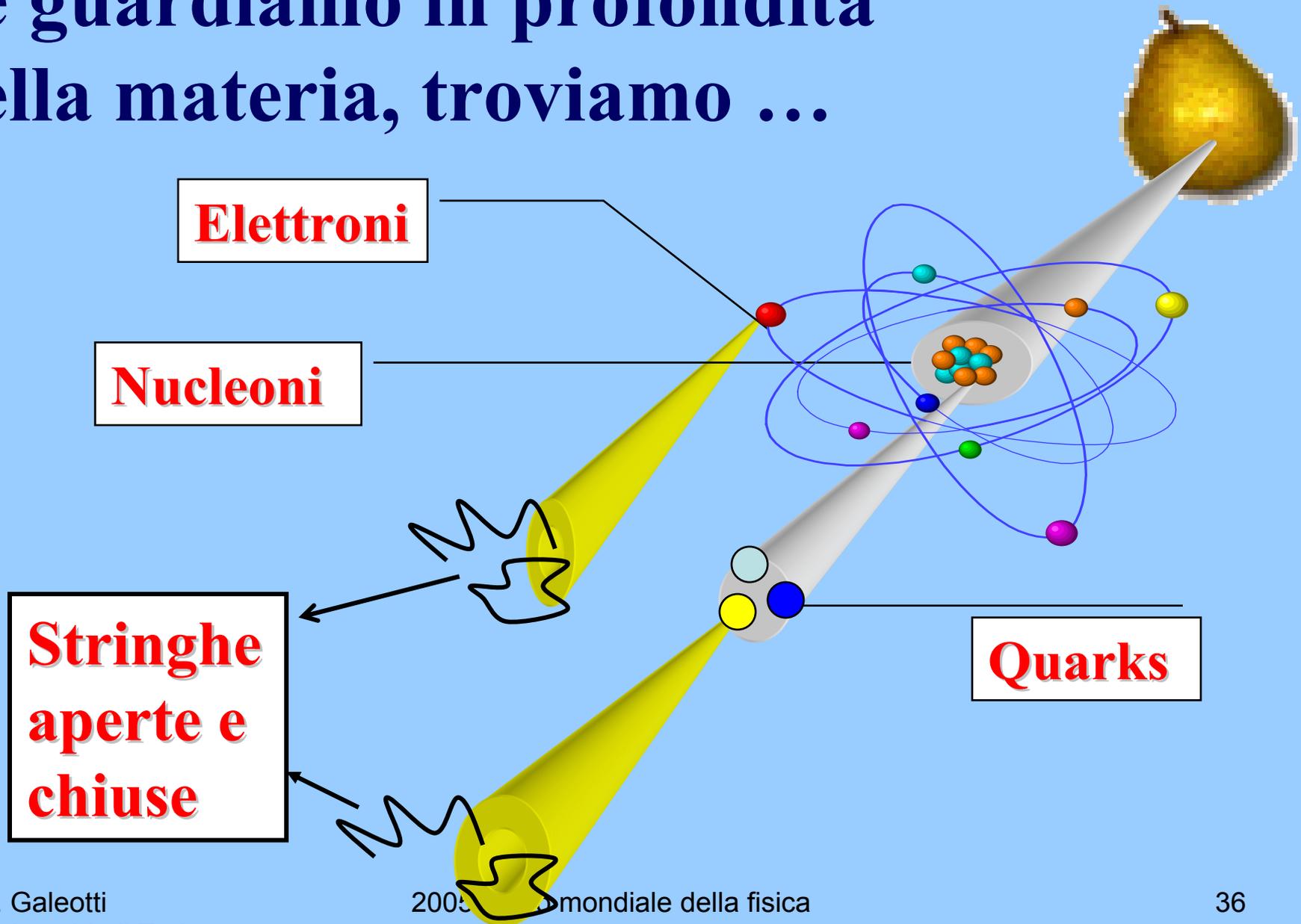


**Esso è formato da
protoni e neutroni**

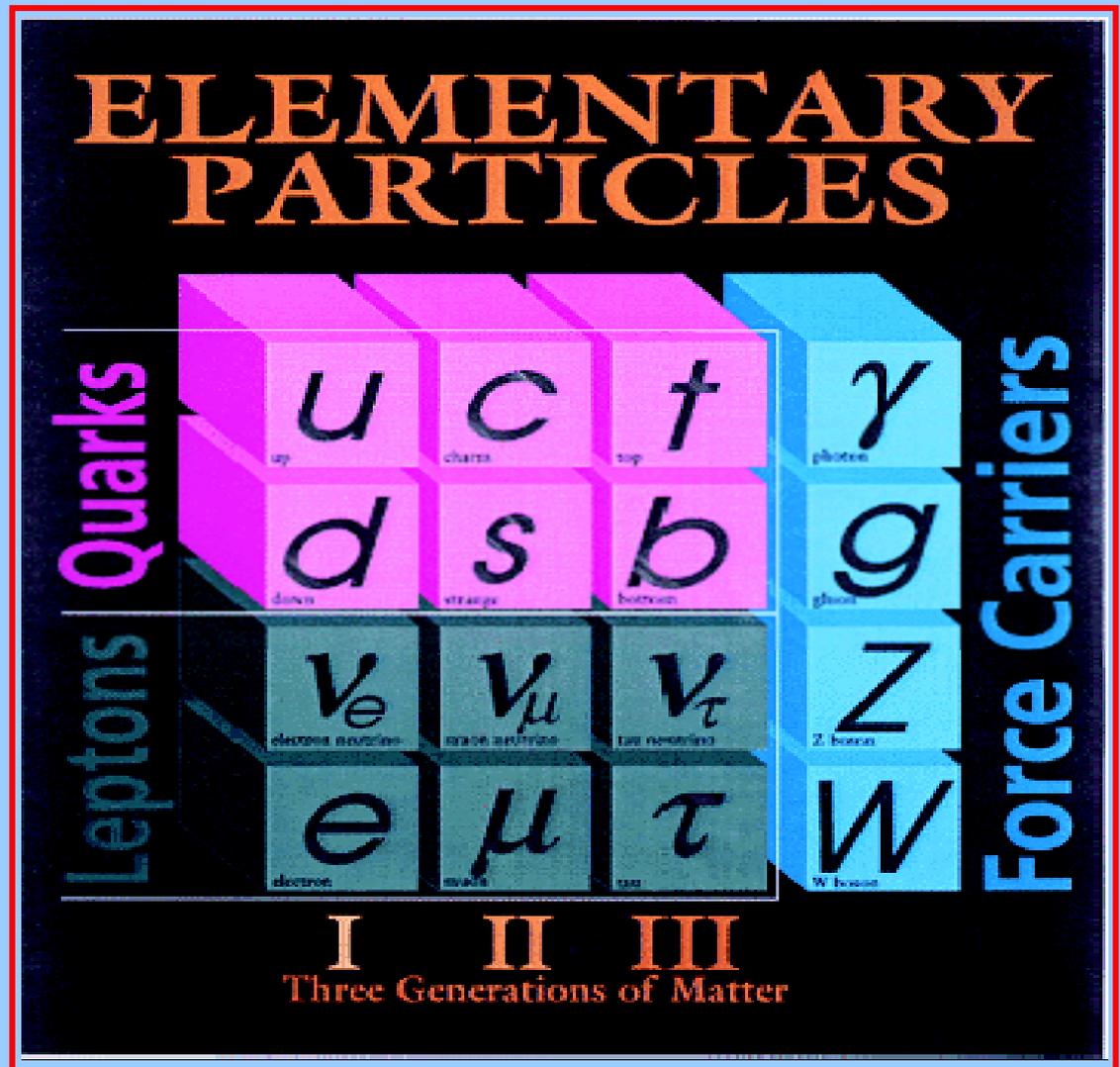
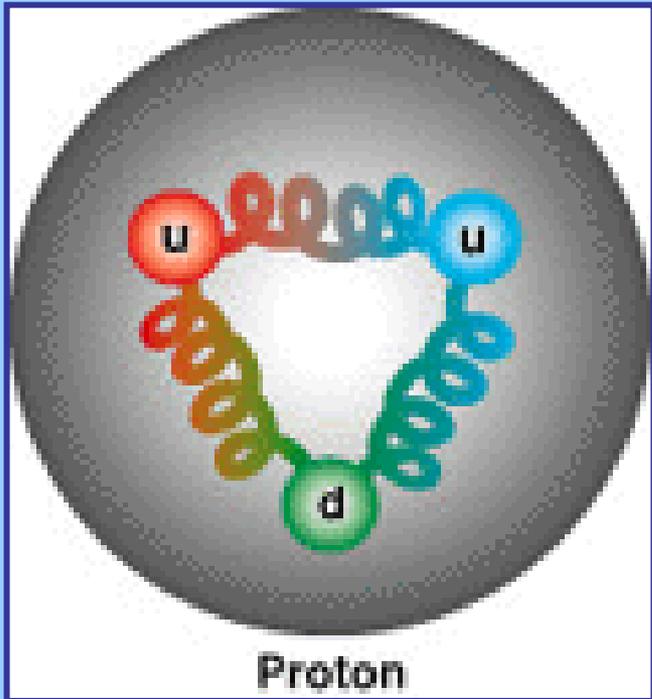


**Protoni e neutroni
sono a loro volta
costituiti da
quarks**

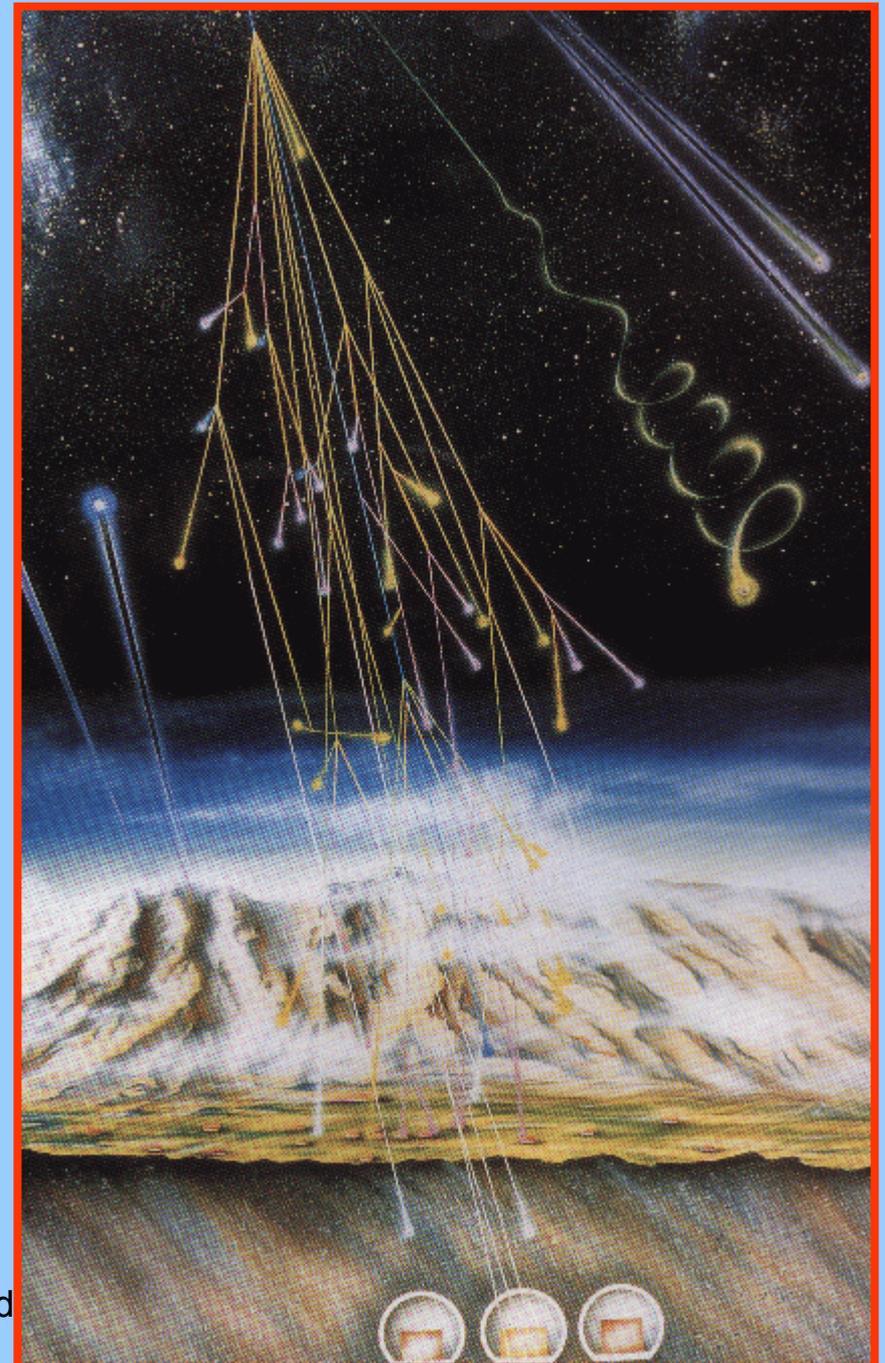
Se guardiamo in profondità nella materia, troviamo ...



Le 3 generazioni della materia e le particelle di scambio



Solo i muoni e i neutrini riescono a penetrare sotto grandi spessori di roccia.



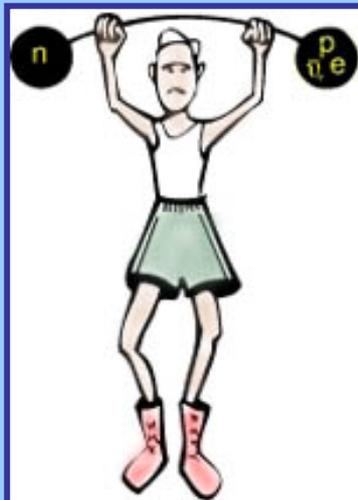
Le interazioni fondamentali



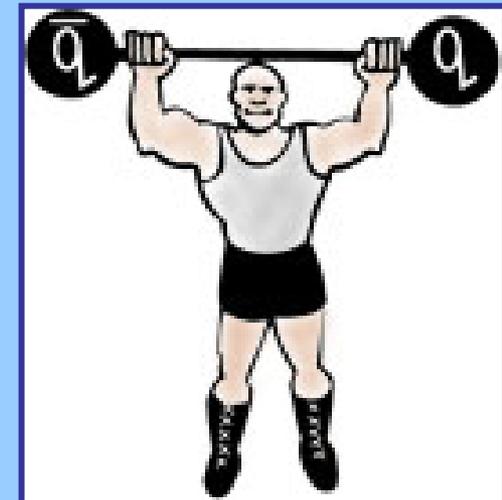
gravità



elettromagnetismo

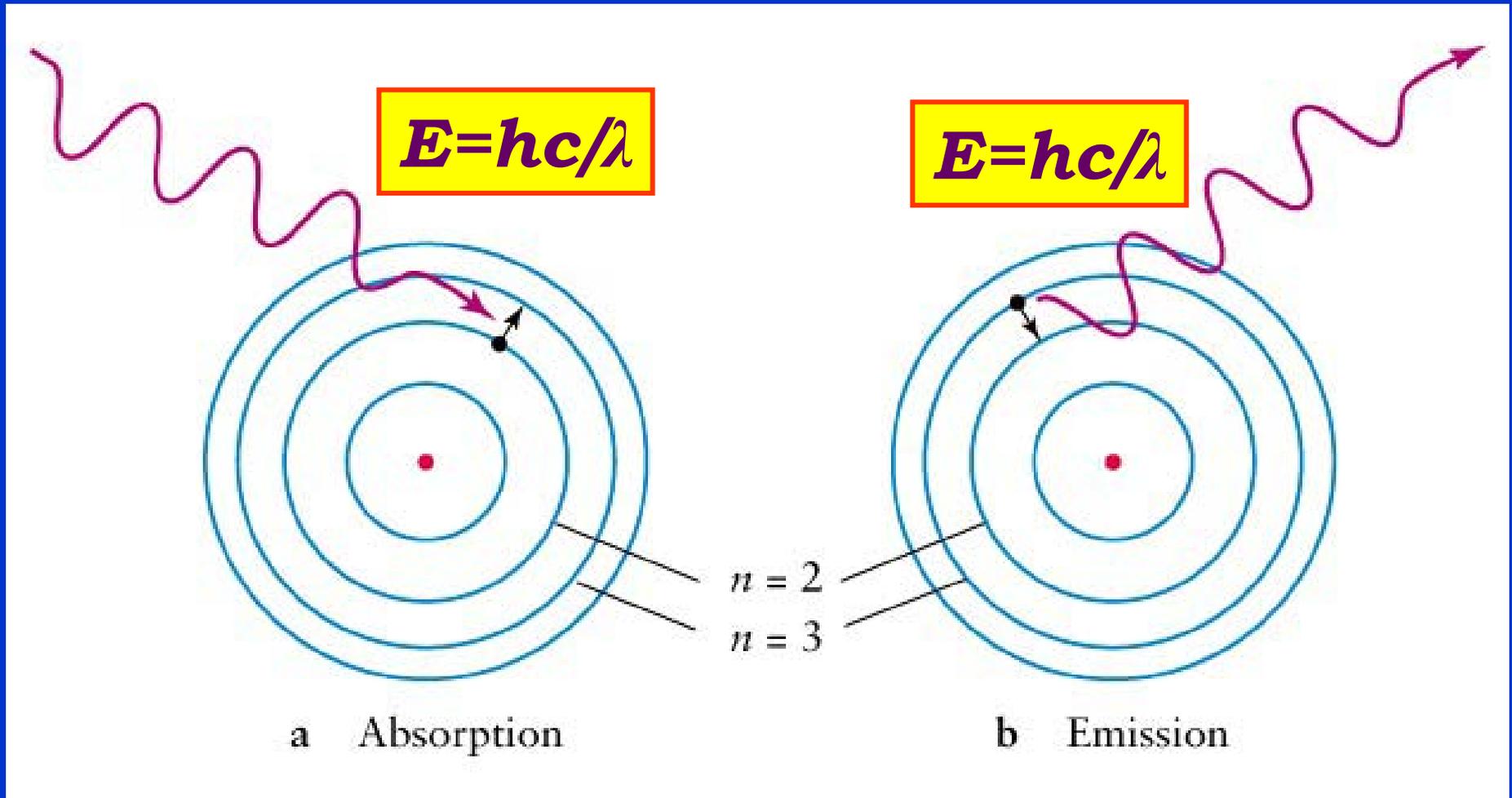


debole



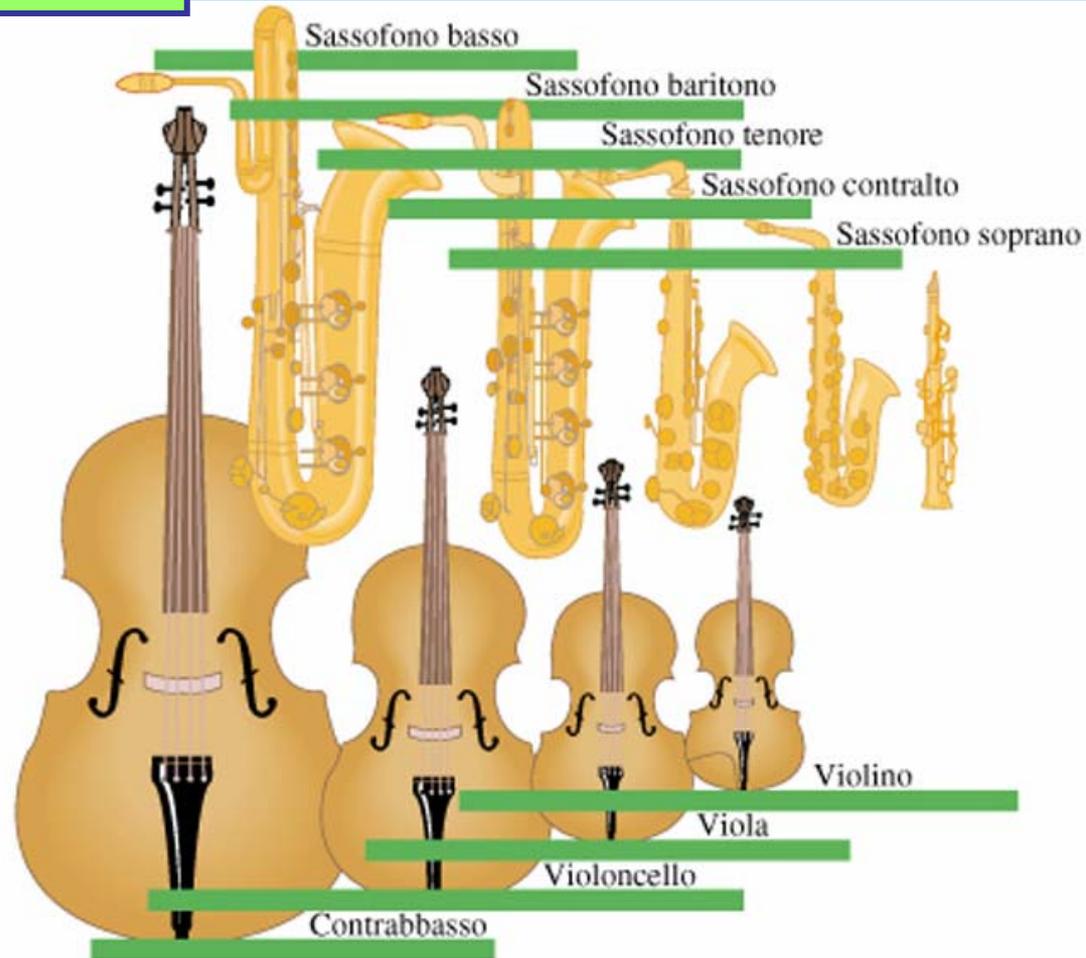
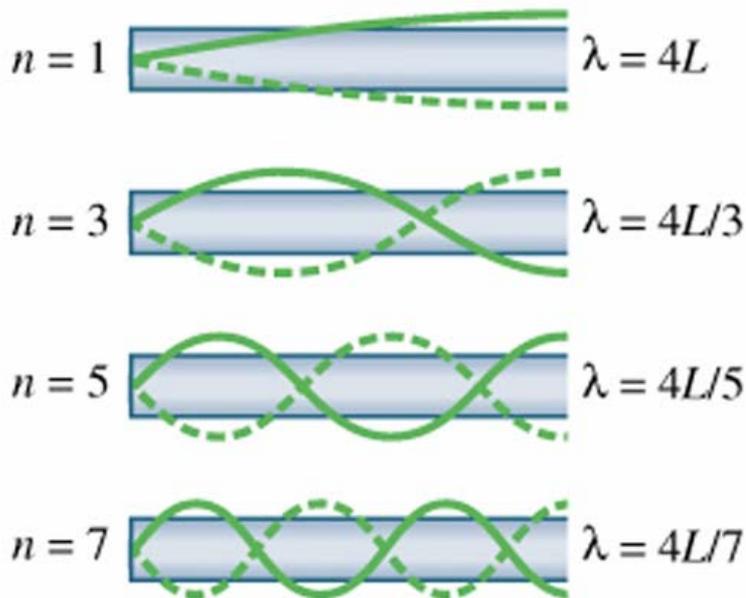
forte

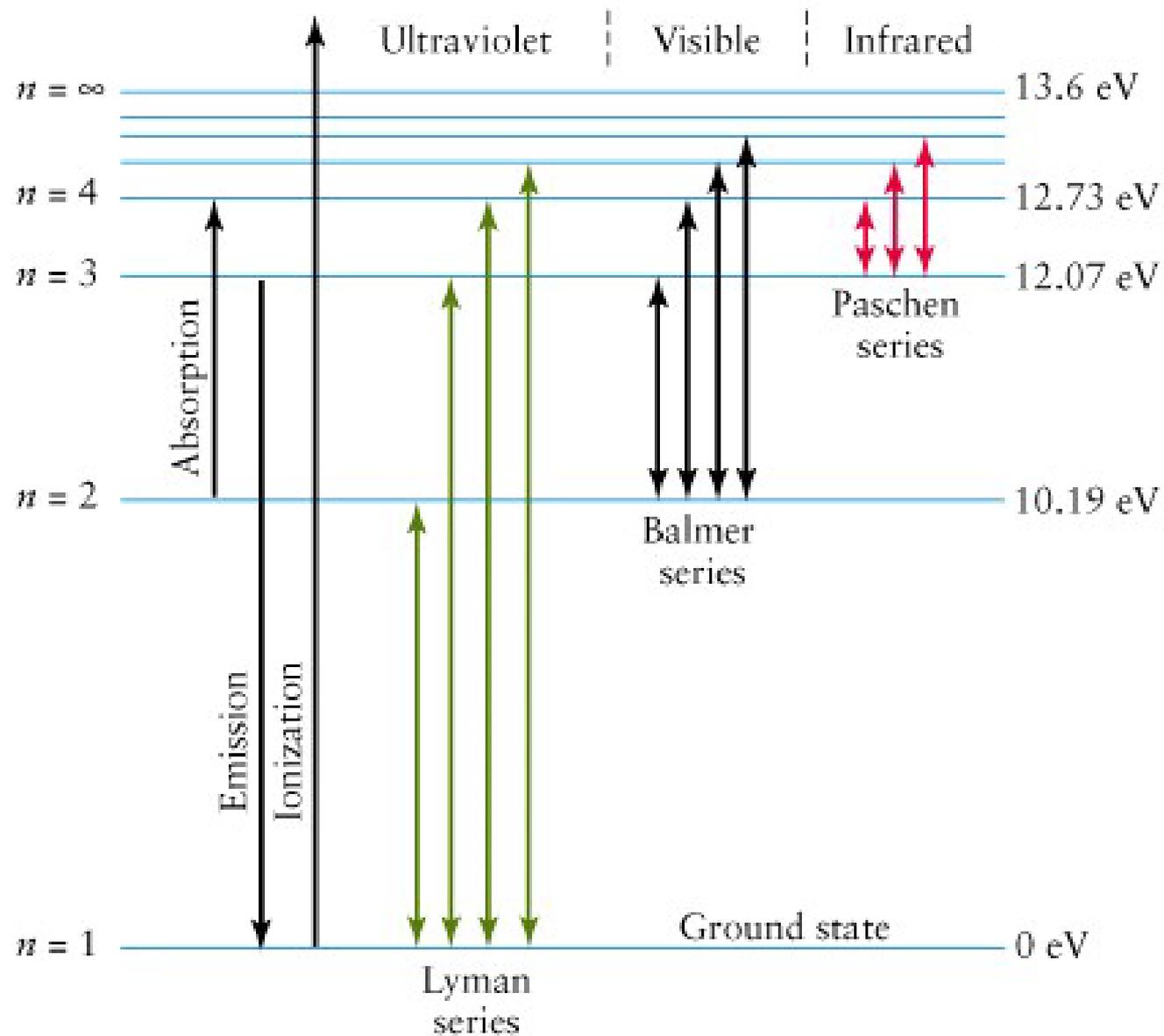
I fotoni sono emessi da salti di elettroni tra livelli energetici

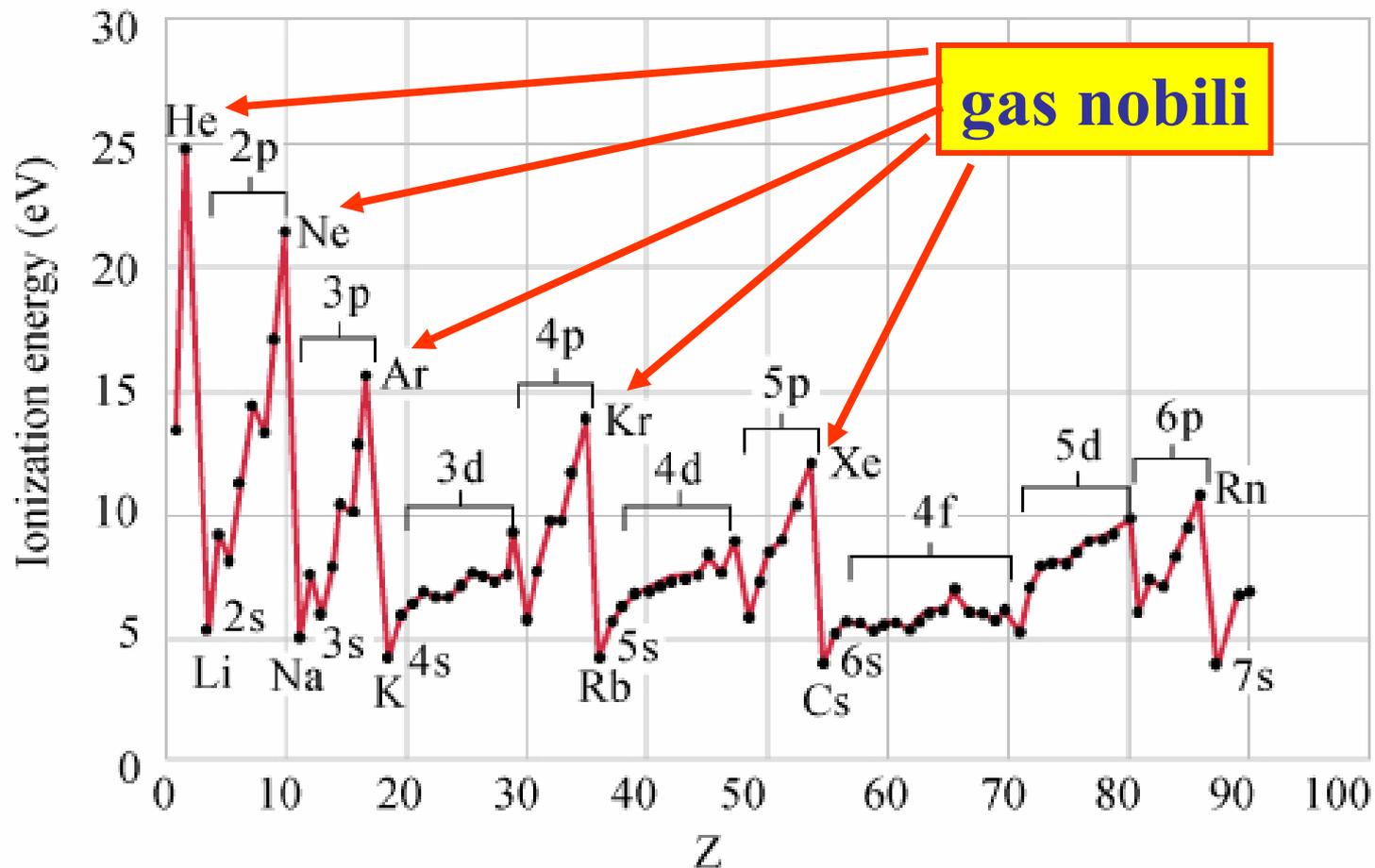


Onde di materia

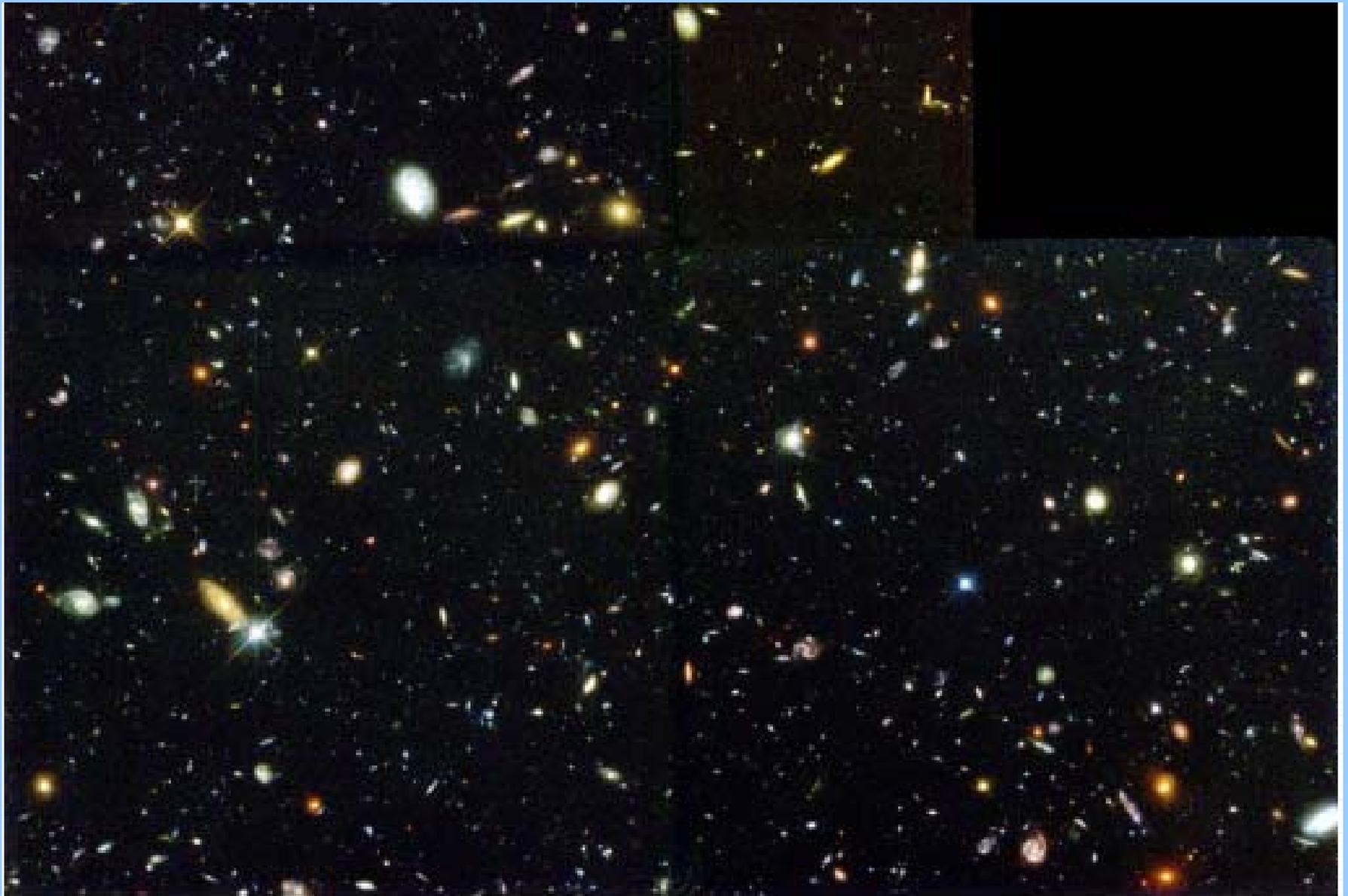
Data la natura ondulatoria, le particelle devono soddisfare alle leggi delle onde (come avviene nelle corde vibranti).





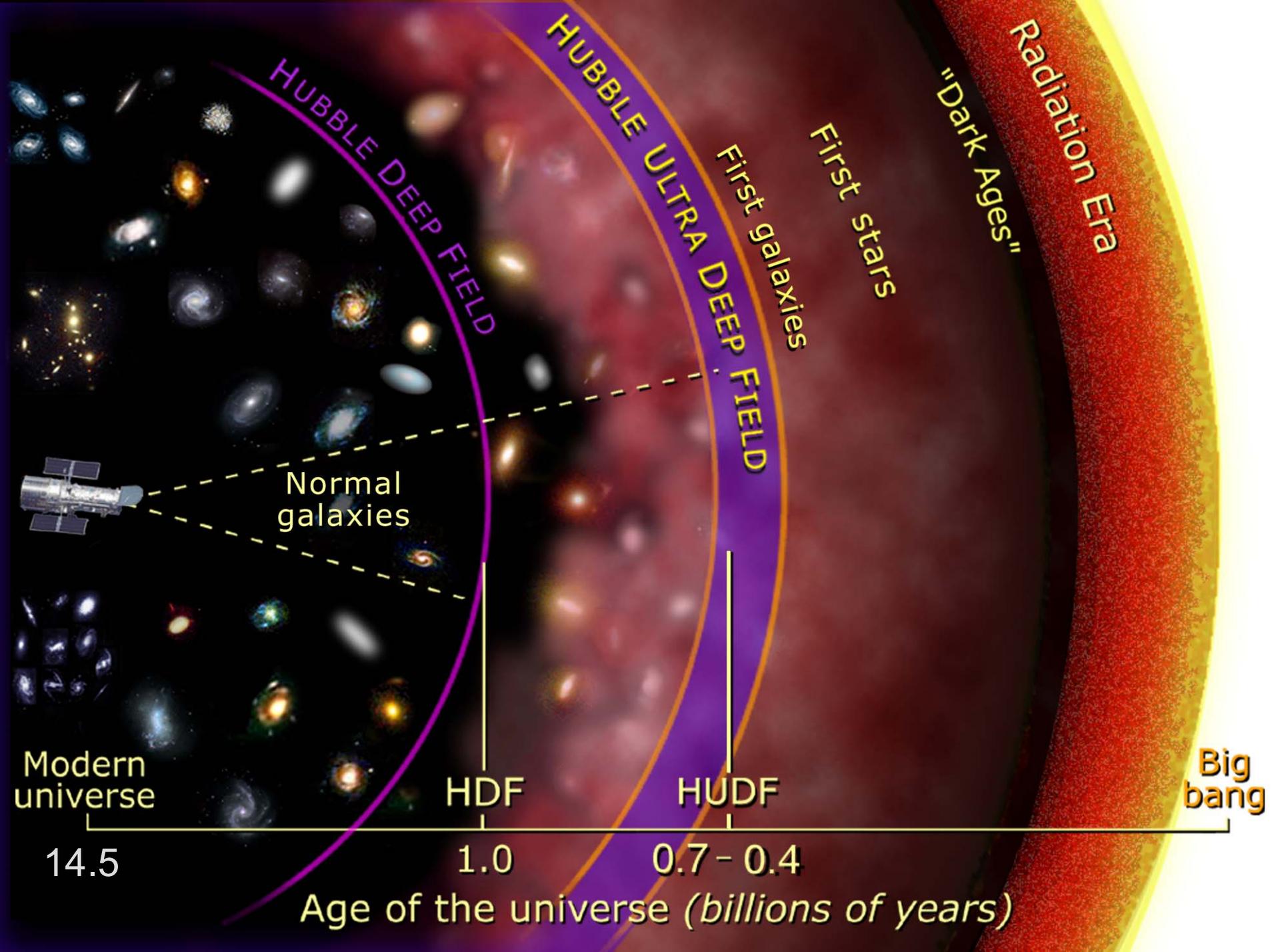


Gli atomi sono strutture stabili che si combinano tra loro con processi chimici. La loro struttura e le loro proprietà dipendono dalla distribuzione degli elettroni orbitali.

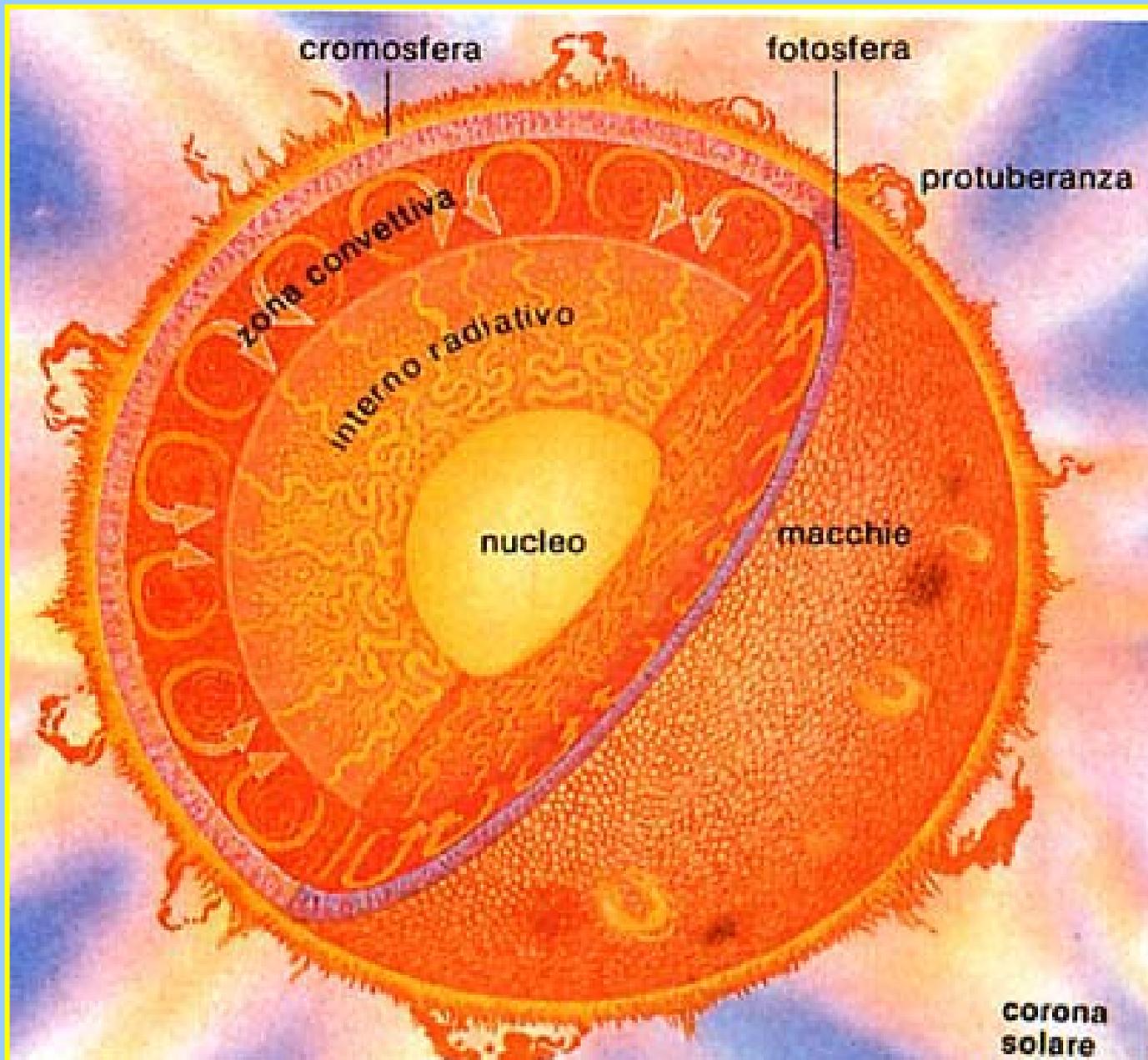


Hubble Deep Field

HST WFC2



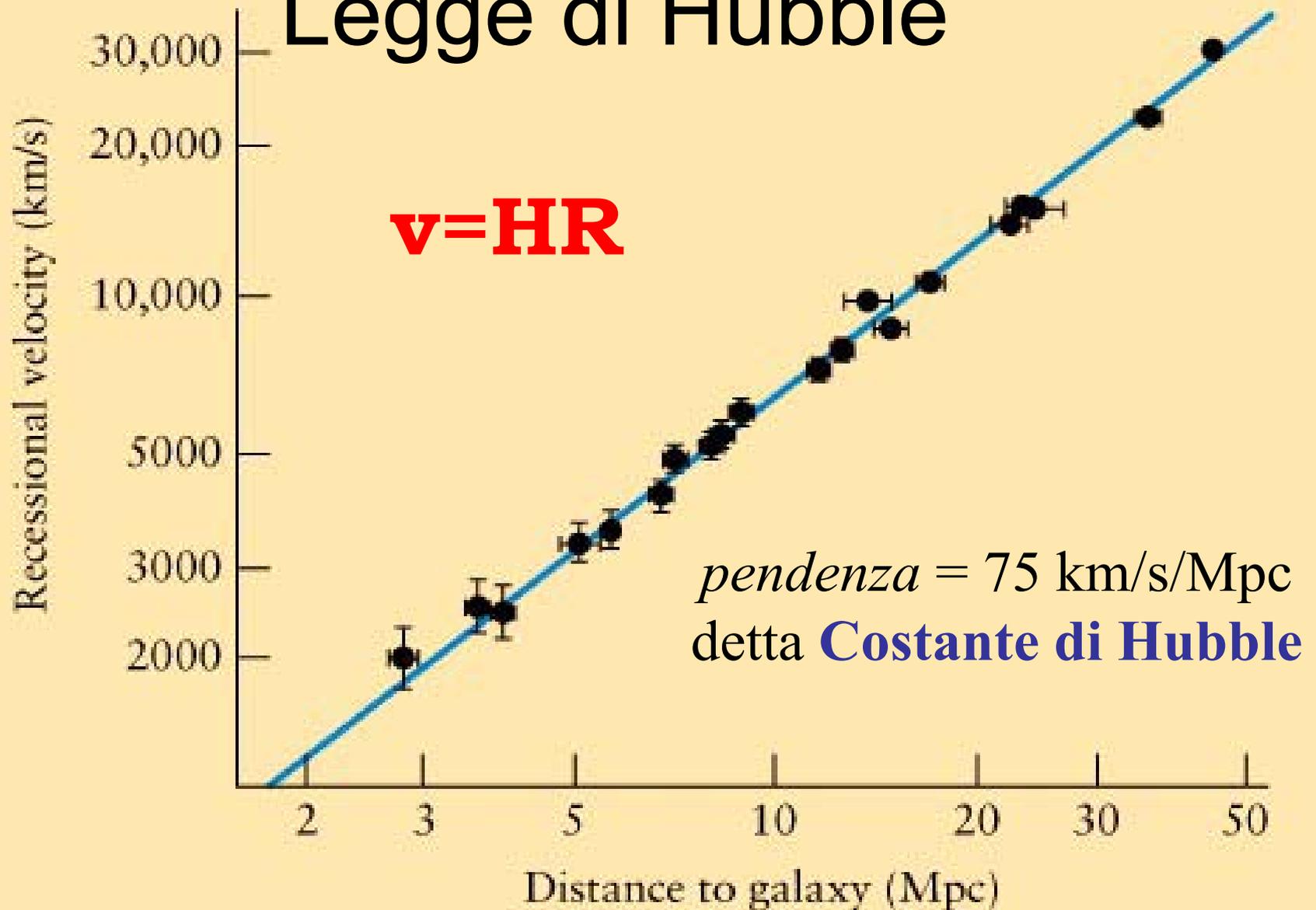
Sole





凡十一日没三年三月乙巳出東南方大中祥符四年正月丁丑見南斗魁前天禧五年四月丙辰出軒轅前星西北大如桃連行經軒轅太星入太微垣掩右執法犯次將歷屏星西北凡七十五日入濁没明道元年六月乙巳出東北方近濁有芒彗至丁巳凡十三日没至和元年五月己丑出天關東南可數寸歲餘稍没熙寧二年六月丙辰出箕度中至七月丁卯犯箕乃散三年十一月丁未出天因元祐六年十一月辛亥出參度中犯掩側星壬子犯九游星十二月癸酉入奎至七年三月辛亥乃散紹興八年五月守婁

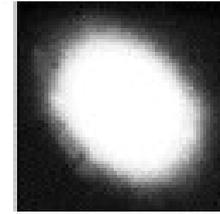
Legge di Hubble



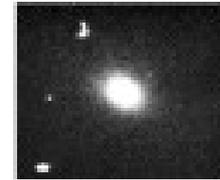
spostamento
verso il rosso
(red-shift)
delle righe
spettrali
delle galassie

$$\Delta\lambda/\lambda = \pm v/c$$

GALAXIES in



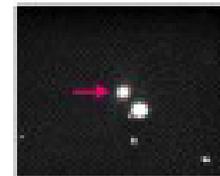
Virgo



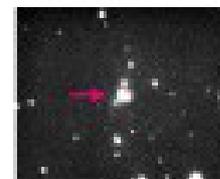
Ursa Major



Corona Borealis

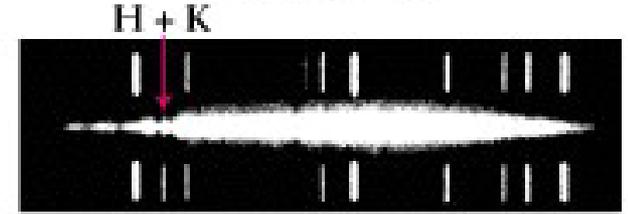


Boötes

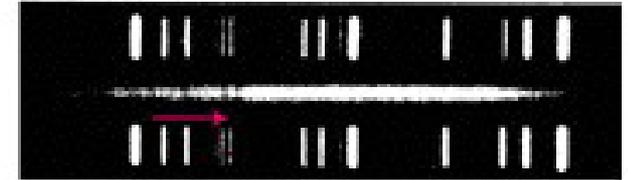


Hydra

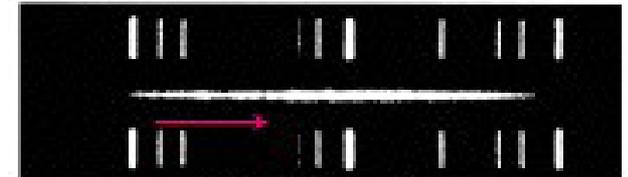
REDSHIFTS



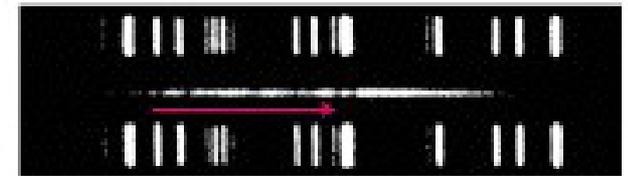
1,200 km/s



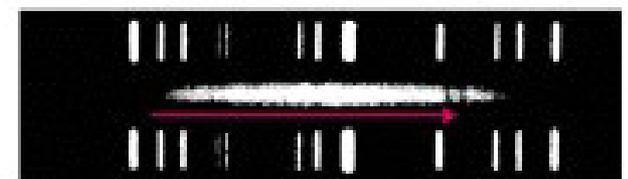
15,000 km/s



22,000 km/s



39,000 km/s

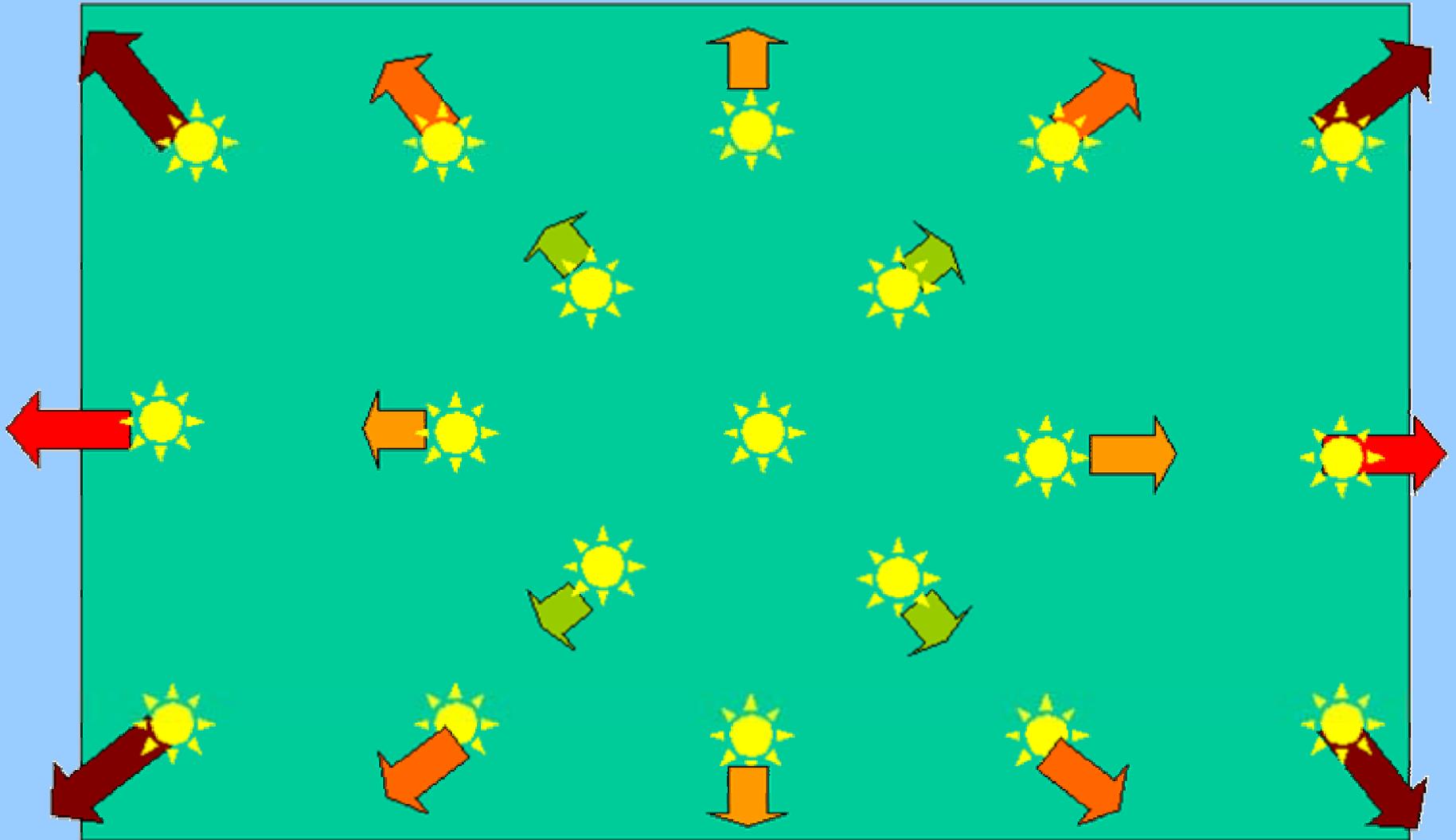


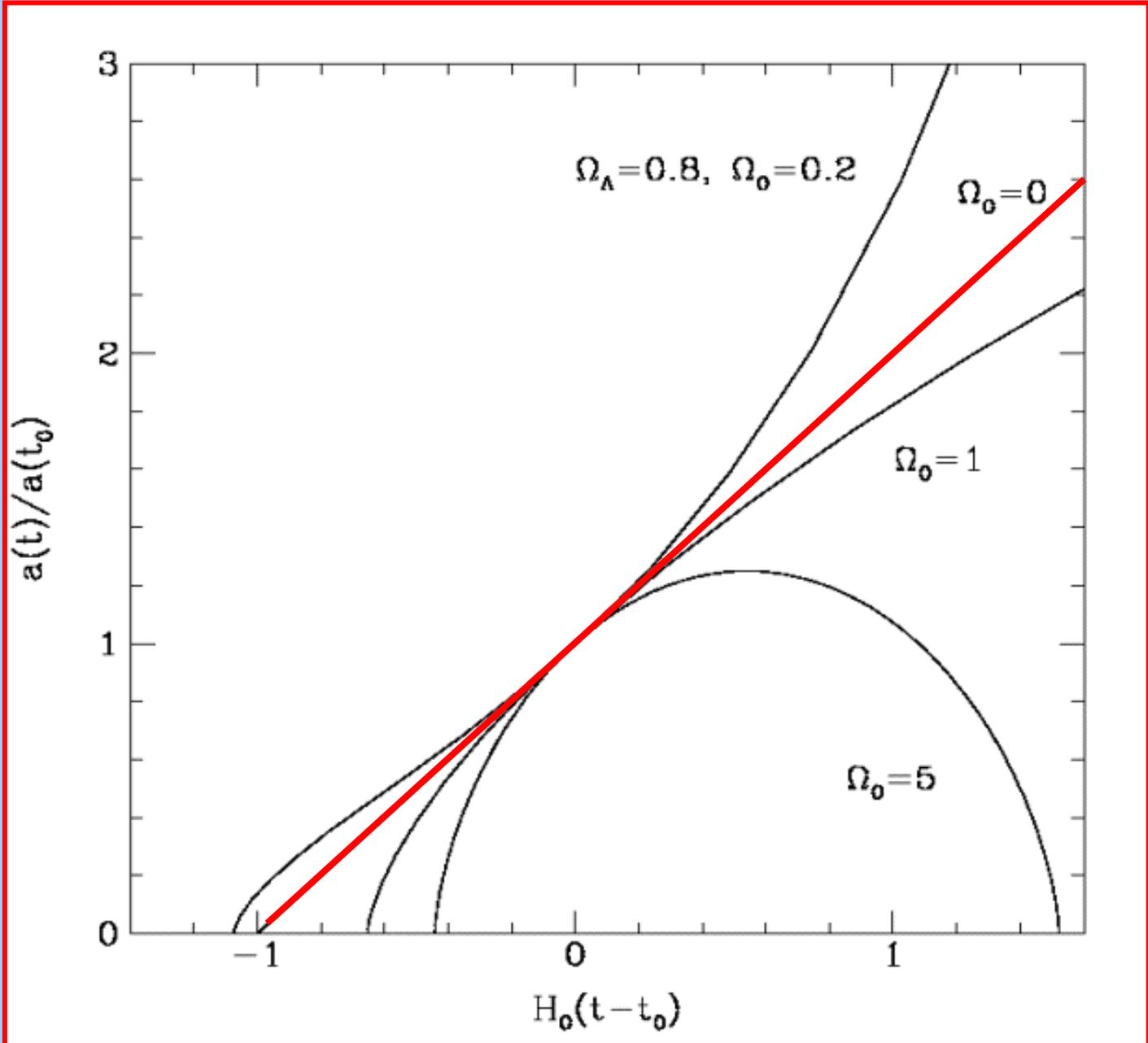
61,000 km/s

"Standard Candles"

If we know how luminous an object is then we can translate it's apparent brightness into it's distance.

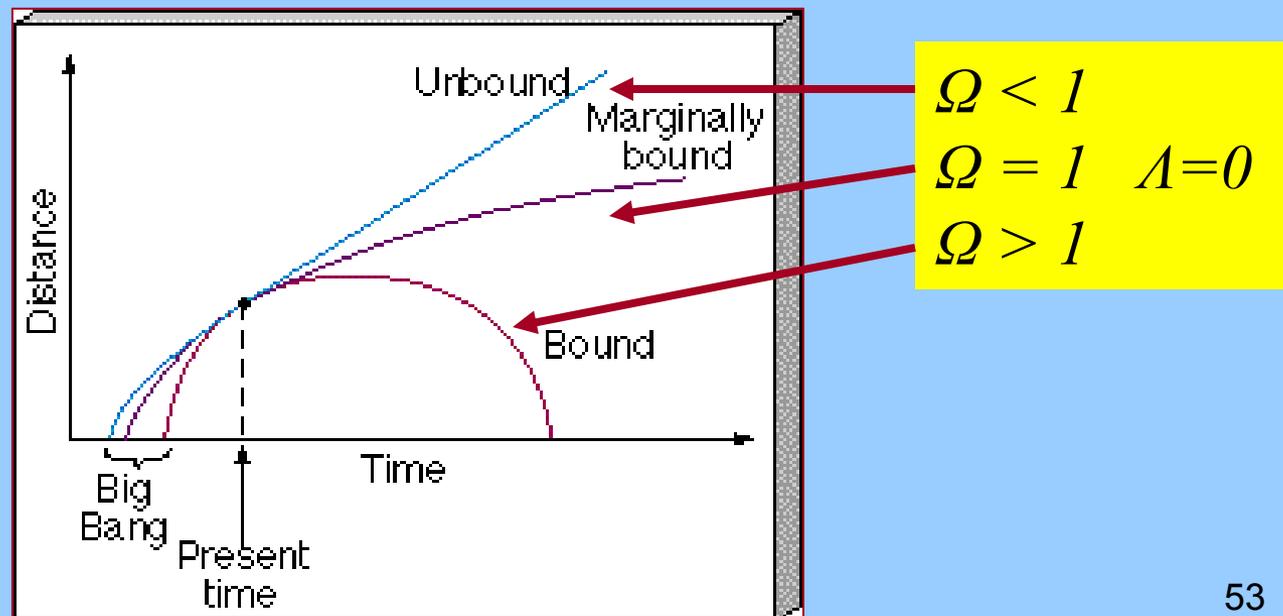




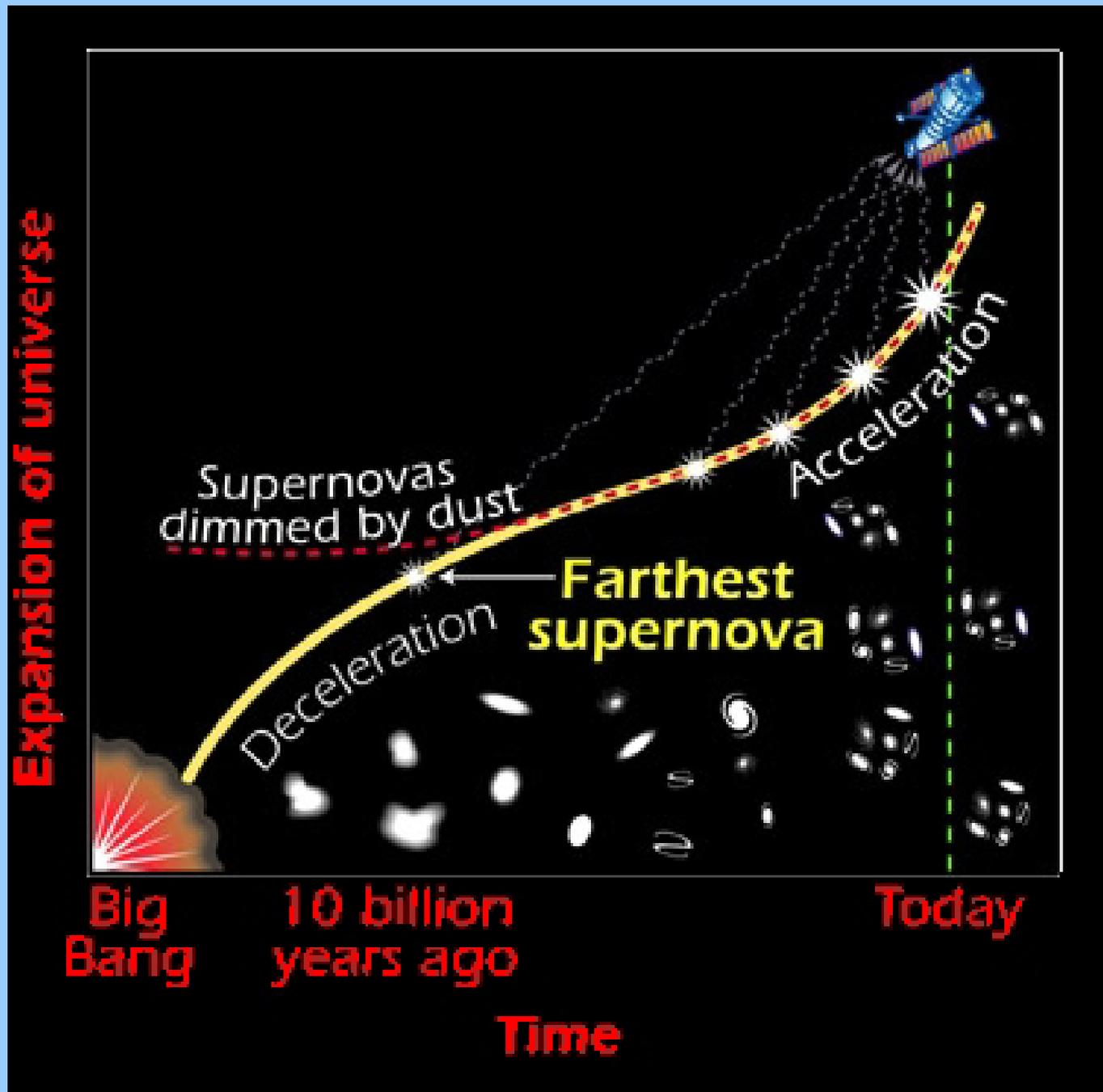


- L'Universo non è statico, si espande
- Tipi di Universo: aperti, chiusi, piatti
- Il parametro di densità determina il tipo di Universo

$$\Omega = \frac{\rho}{\rho_{crit}} = \frac{8\pi G\rho}{3H^2}$$

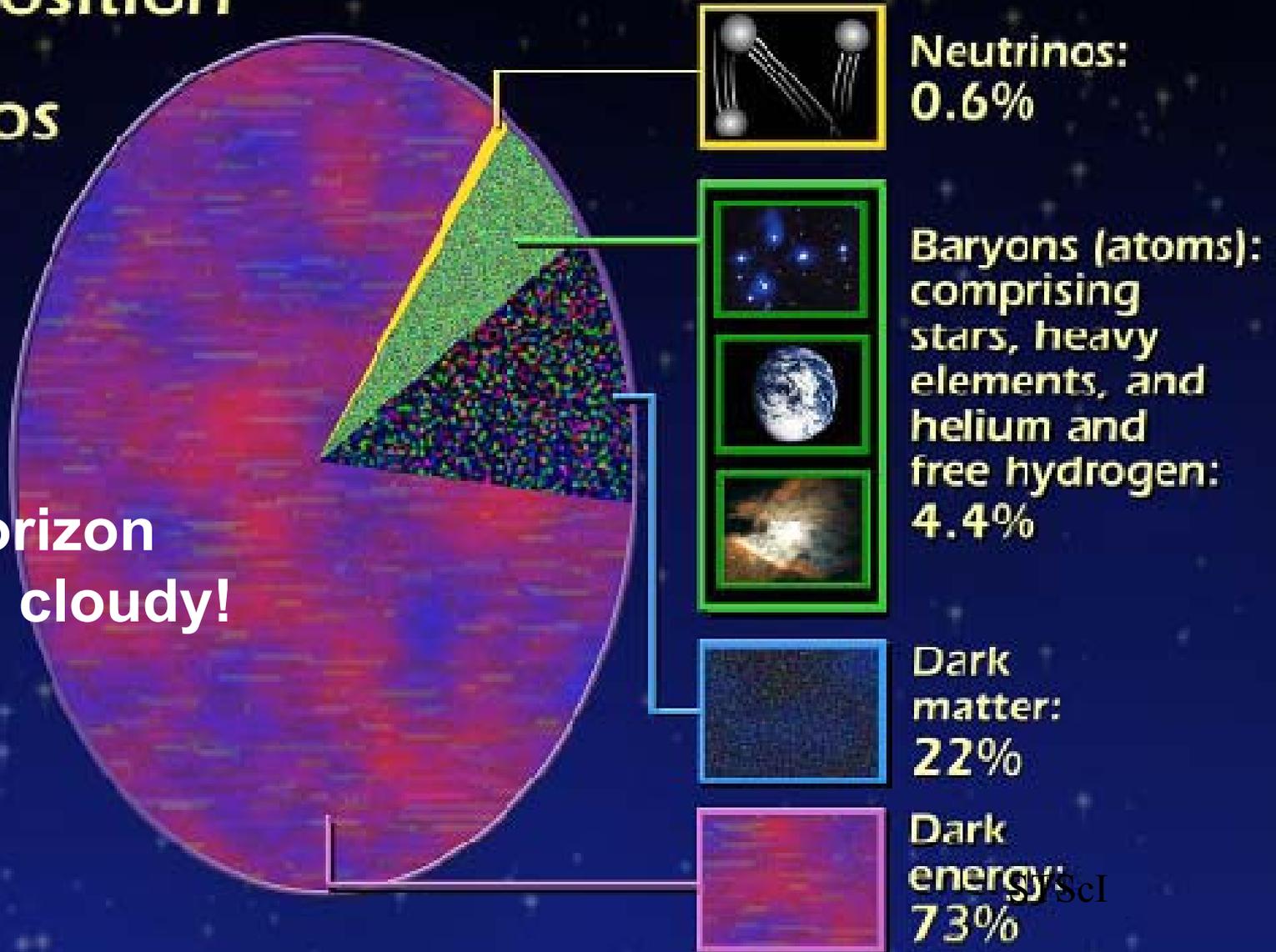


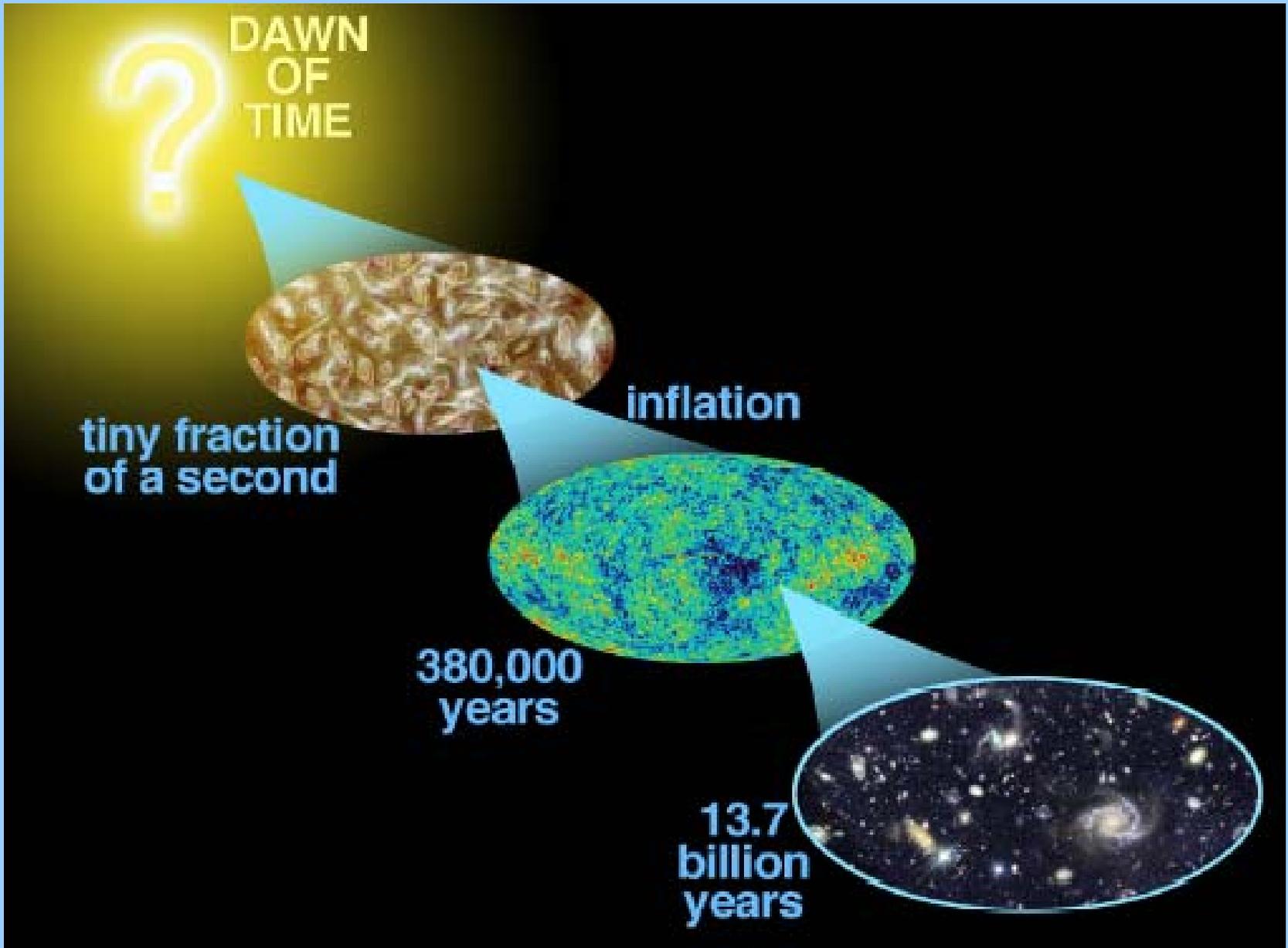
Big Rip



Composition of the Cosmos

The horizon is 95% cloudy!





Calendario dell'evoluzione dell'universo se l'età reale dell'universo ($13,7 \cdot 10^9$ anni) fosse 1 anno

Big Bang	1 gennaio
Formazione della Galassia	7 febbraio
Formazione del sistema solare	14 agosto
Prime forme di vita sulla Terra	4 settembre
Estinzione dei dinosauri	30 dicembre
I primi ominidi	31 dicembre ore 22:00:00
I primi esseri umani	23:43:00
L'antichità (le piramidi)	23:59:49
Nascita dell'era moderna (Galileo)	23:59:58
Nascita della fisica moderna	24:00:00