



Liceo Ginnasio Statale "Pilo Albertelli"

29 Maggio 2014

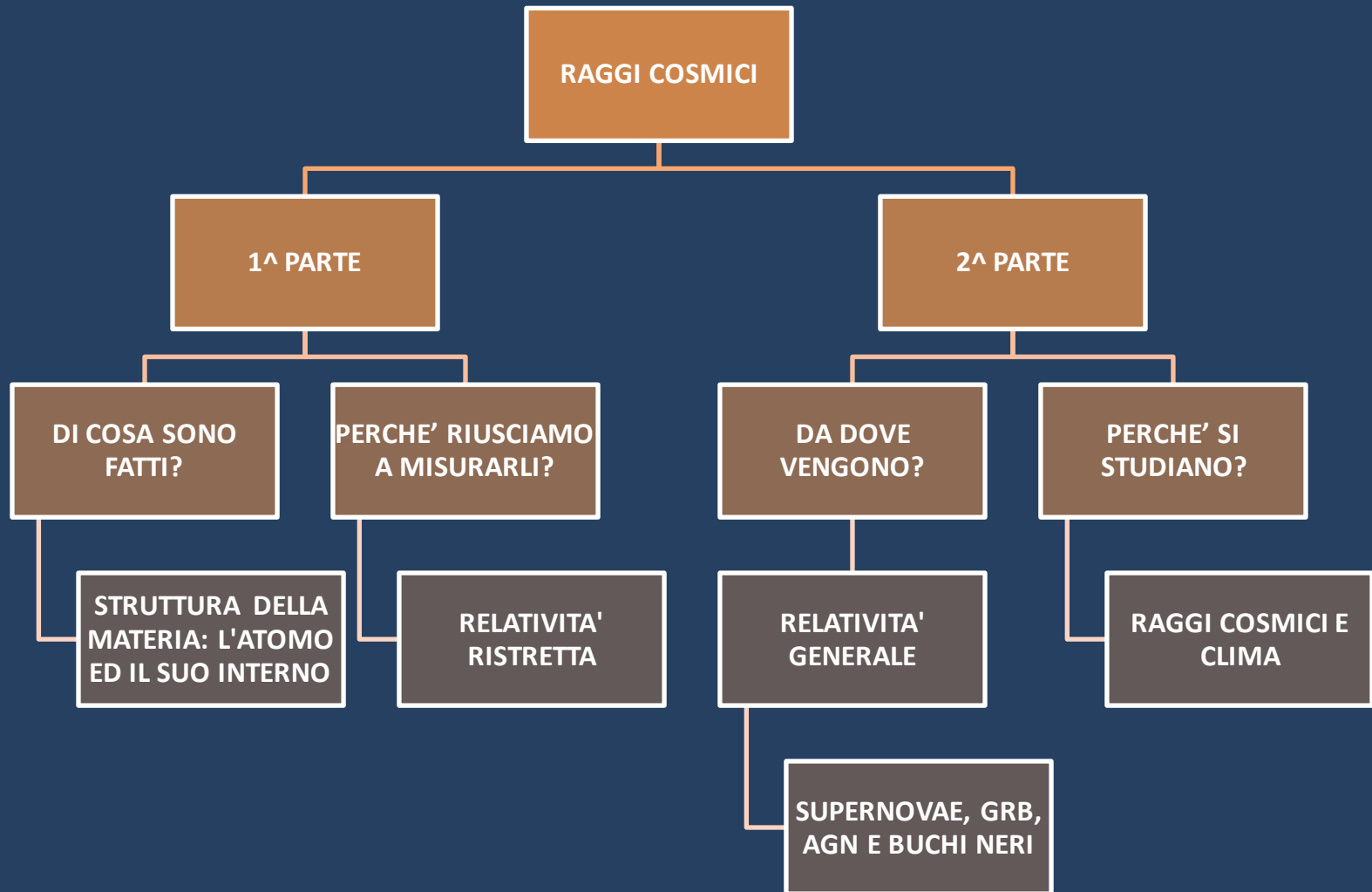
«UN FASCIO DI LUCE PER LE SCUOLE»

Seminario su Raggi Cosmici, Fisica della Materia ed Astrofisica

Dr. EDOARDO ZADINI

edoardo.zadini@gmail.com

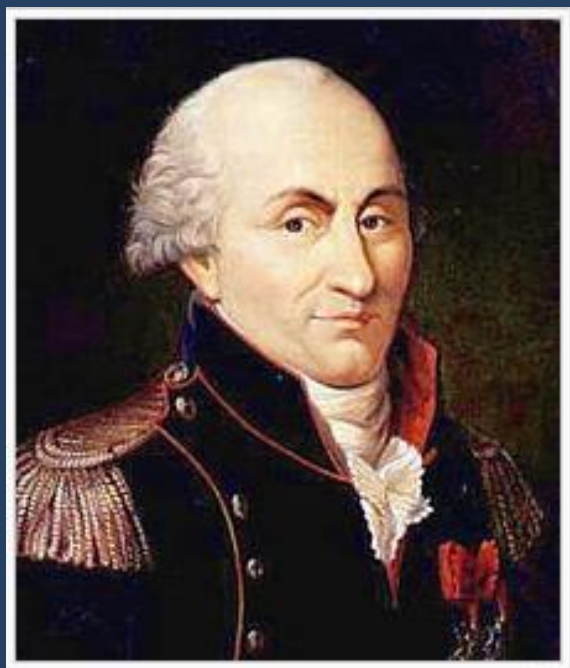
Struttura della Conferenza



Elettrostatica



Elettrostatica



Legge di Coulomb:

La forza di attrazione o repulsione tra due corpi puntiformi carichi elettricamente è direttamente proporzionale al prodotto delle cariche possedute dai due corpi e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

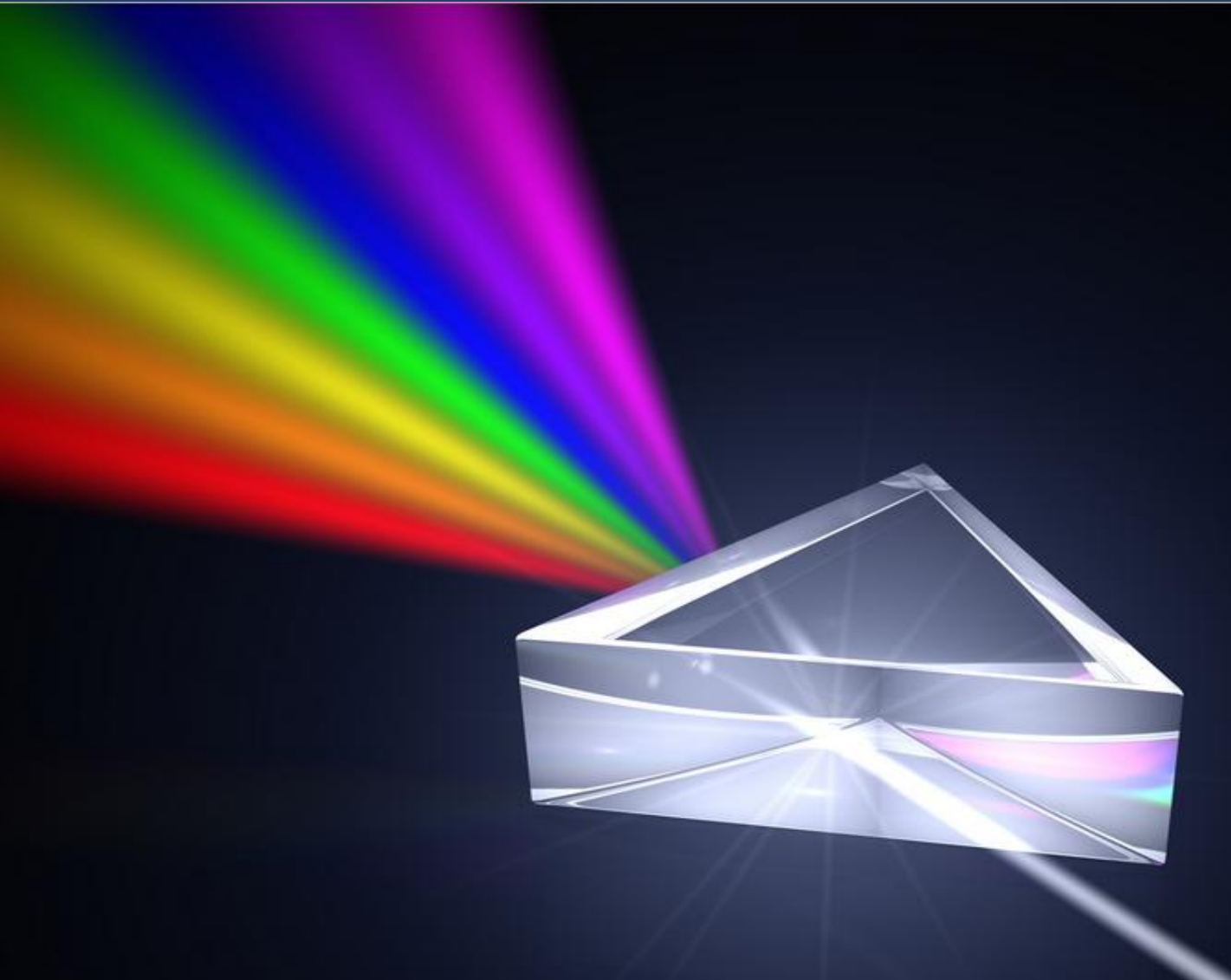
Dove q_1 e q_2 sono le cariche ed r la loro distanza.

Le cariche esistenti in natura sono quantizzate, ovvero sono multipli della carica fondamentale posseduta dall'elettrone:

$$|e| = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Inoltre cariche dello stesso segno si respingono, mentre cariche di segni opposti si attraggono

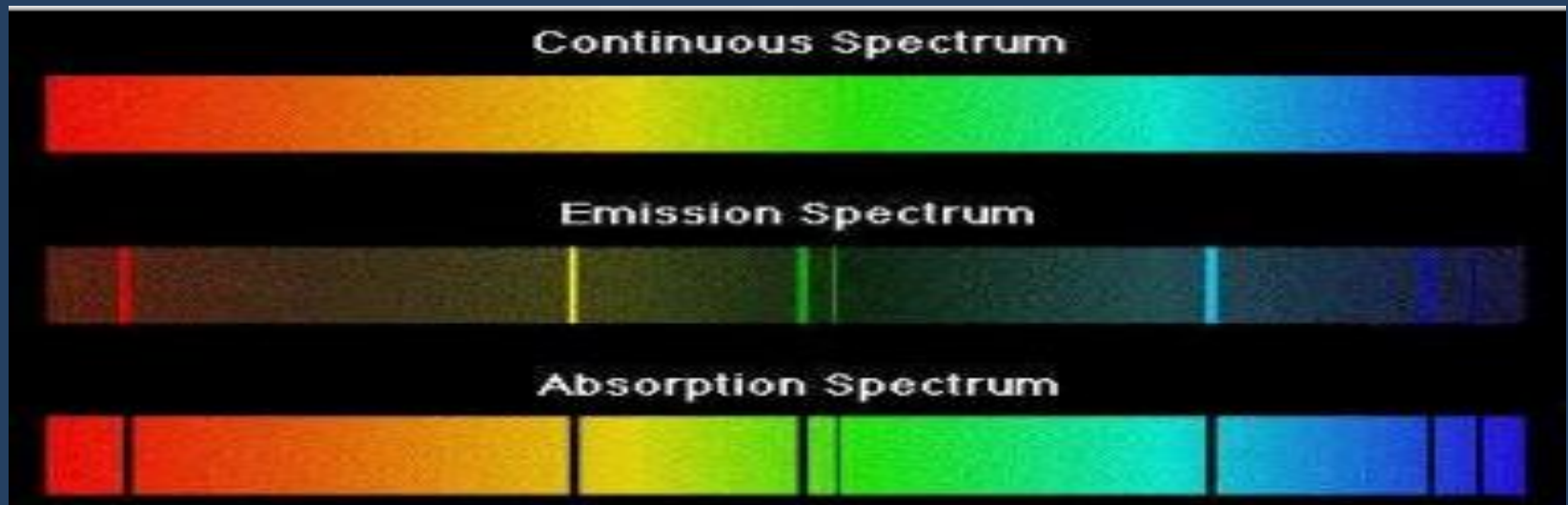
Le righe spettrali



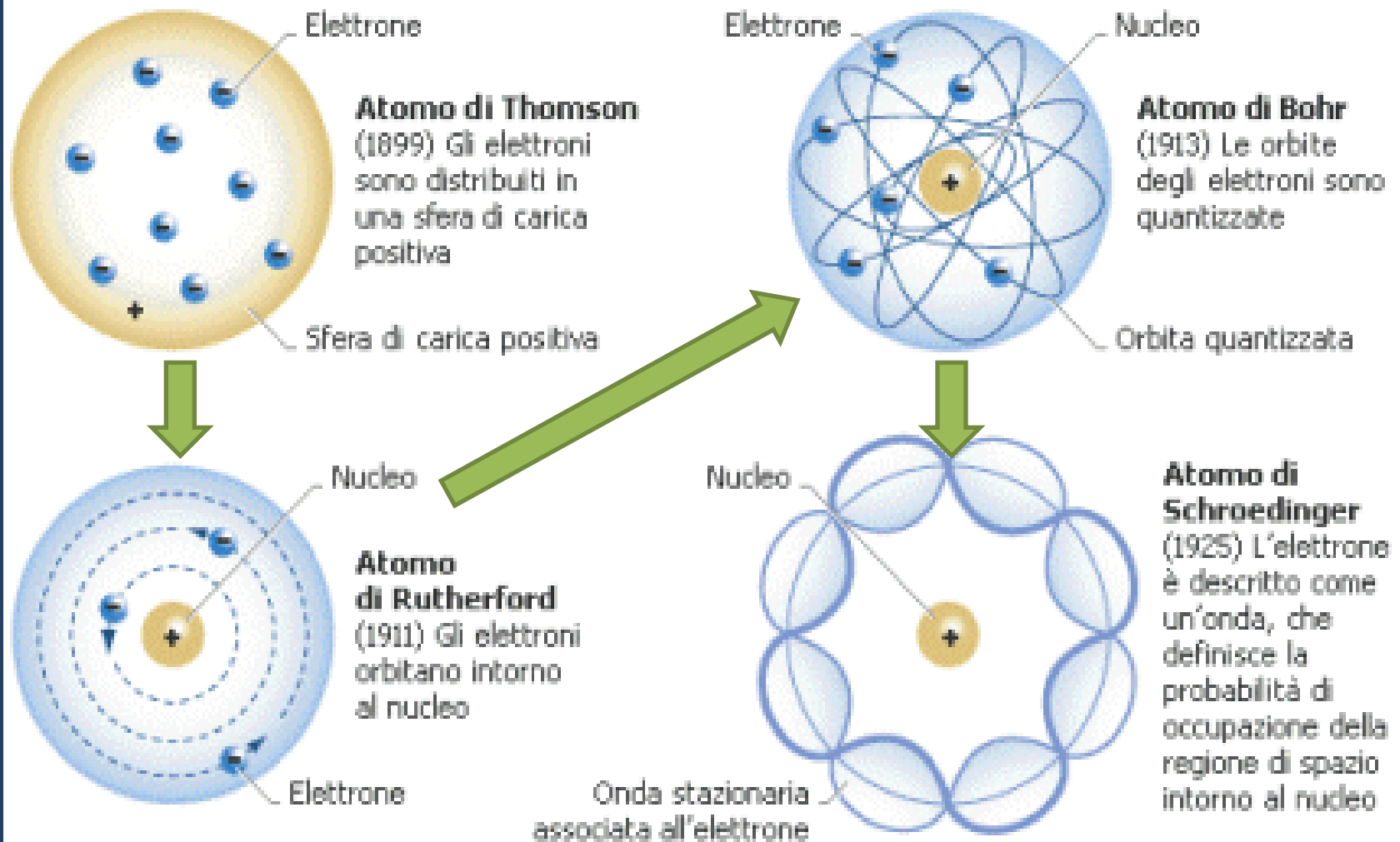
Le righe spettrali

Nel 1860 erano conosciute le seguenti Leggi di Kirchhoff:

- Un gas denso e caldo produce uno spettro continuo
- Un gas caldo e rarefatto produce uno spettro di righe brillanti e nessun continuo
- Un gas freddo di fronte ad un oggetto con emissione continua produce uno spettro con bande di assorbimento



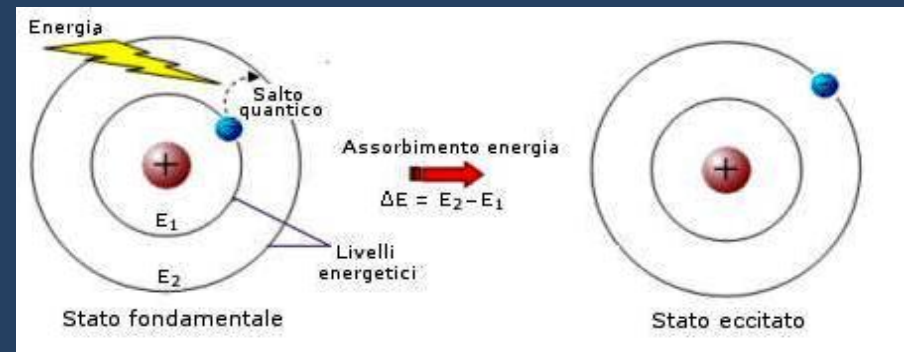
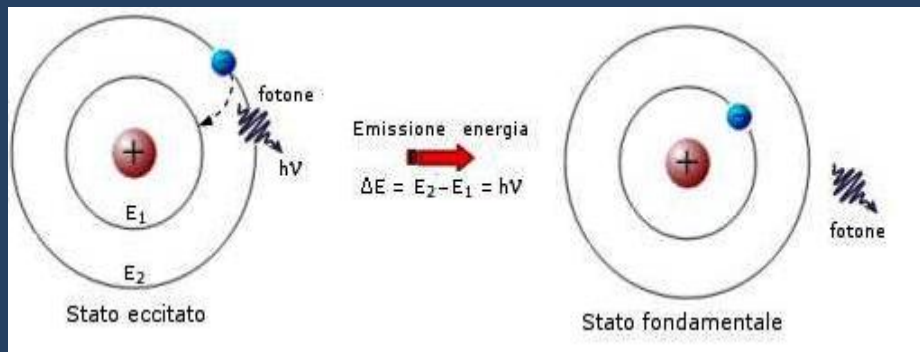
Modelli di Struttura Atomica



Atomo di Idrogeno

Trattazione Semi-Classica alla Bohr

- Bohr ipotizzò che gli elettroni orbitassero intorno al nucleo solo su certe ben precise orbite, mentre non potevano (per motivi ignoti) utilizzare orbite intermedie
- Gli elettroni potevano passare da un'orbita ad un'altra cedendo o assorbendo una ben precisa quantità di energia
- Questa energia viene ottenuta da / ceduta a fotoni di ben precisa lunghezza d'onda: $E = \frac{hc}{\lambda}$
- Il fotone veniva assorbito cedendo tutta la sua energia all'elettrone, oppure poteva essere emesso quando l'elettrone saltava in modo inverso



L'atomo

L'atomo, a differenza di quanto credeva Democrito, risulta divisibile: il nucleo è composto da **protoni** e **neutroni** ed è circondato da una nuvola di **elettroni**. La forza che lega gli elettroni al nucleo è di **natura elettrostatica (Forza di Coulomb)**, manifestandosi tra particelle di cariche opposte

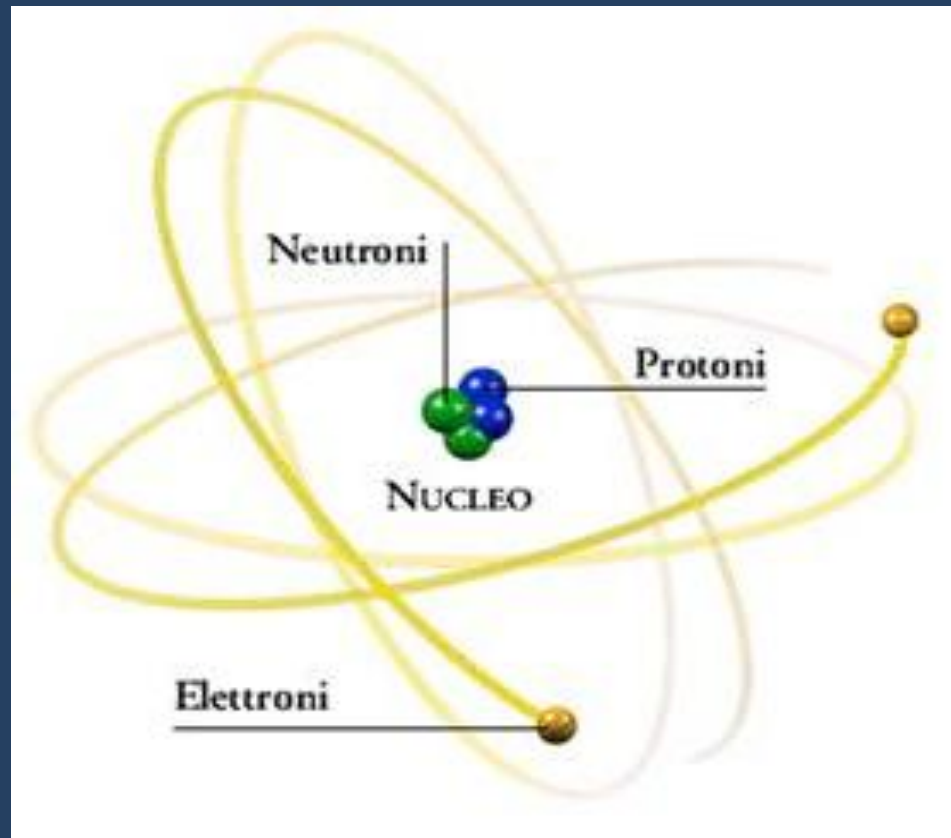


Tavola Periodica

- In un atomo neutro il numero di protoni è uguale al numero di elettroni. Tale numero è detto Numero Atomico (Z). Se l'atomo non è neutro, ovvero c'è uno squilibrio tra il numero di protoni e il numero di elettroni, esso viene detto ione.
- Ad ogni numero atomico corrisponde un elemento chimico diverso.
- Z, nella tavola periodica, cresce andando da sinistra a destra, e dall'alto in basso.
- Il numero di protoni (o elettroni) sommato al numero di neutroni presenti nel nucleo è detto Numero di Massa (A).
- Atomi aventi lo stesso Z ma diverso numero di neutroni sono detti isotopi.

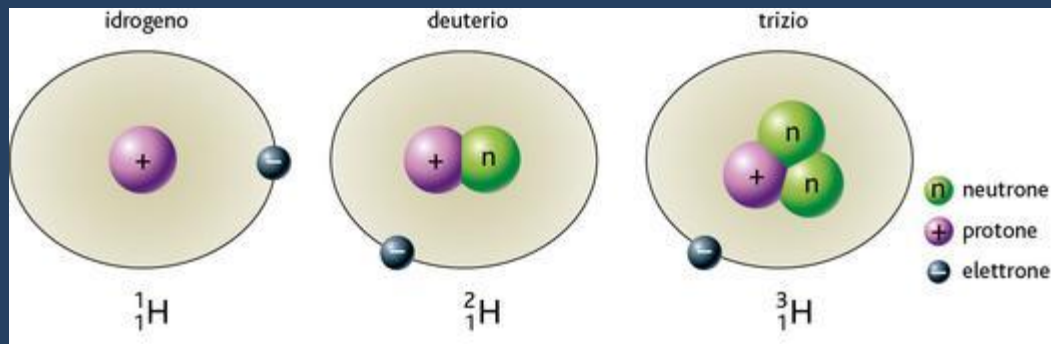


Tavola Periodica

gruppo 1 IA	idrogeno 1 1,008 2,2 -259 1312 1,008	gruppo 2 IIA	berillio 4 9,012 1,57 1288 899 738	gruppo 3 IIIB	scandio 21 44,96 1,36 1541 631	gruppo 4 IVB	titanio 22 47,87 1,54 1852 658	gruppo 5 VB	vanadio 23 50,94 1,63 1910 651	gruppo 6 VIB	cromo 24 52 1,66 1907 651	gruppo 7 VIIB	manganese 25 54,94 1,55 2044 651	gruppo 8 VIII	ferro 26 55,85 1,83 1535 717	gruppo 9 VIII	cobalto 27 58,93 1,88 1495 717	gruppo 10 VIII	nickel 28 58,69 1,91 1455 717	gruppo 11 IB	rame 29 63,55 1,9 1084 962	gruppo 12 IIB	zinco 30 65,37 1,65 420 962	gruppo 13 IIIA	boro 5 10,81 2,04 2300 801	gruppo 14 IVA	carbonio 6 12,01 2,55 3550 1086	gruppo 15 VA	azoto 7 14,01 3,04 210 1402	gruppo 16 VIA	ossigeno 8 16 3,5 219 1314	gruppo 17 VIIA	fluoro 9 19 3,98 220 1681	gruppo 18 VIIIA	elio 2 4,003 2372 -272 2081
2 periodo	litio 3 6,941 0,98 181 513	berillio 4 9,012 1,57 1288 899	scandio 21 44,96 1,36 1541 631	titanio 22 47,87 1,54 1852 658	vanadio 23 50,94 1,63 1910 651	cromo 24 52 1,66 1907 651	manganese 25 54,94 1,55 2044 651	ferro 26 55,85 1,83 1535 717	cobalto 27 58,93 1,88 1495 717	nickel 28 58,69 1,91 1455 717	rame 29 63,55 1,9 1084 962	zinco 30 65,37 1,65 420 962	alluminio 13 26,98 1,61 960 1600	silicio 14 28,09 1,9 1414 786	fosforo 15 30,97 2,19 1012 1000	zolfo 16 32,07 2,58 1000 1521	cloro 17 35,45 3,16 181 1521	argon 18 39,95 3,16 181 1521																	
3 periodo	sodio 11 22,99 0,93 98 496	magnesio 12 24,31 1,31 658 738	scandio 21 44,96 1,36 1541 631	titanio 22 47,87 1,54 1852 658	vanadio 23 50,94 1,63 1910 651	cromo 24 52 1,66 1907 651	manganese 25 54,94 1,55 2044 651	ferro 26 55,85 1,83 1535 717	cobalto 27 58,93 1,88 1495 717	nickel 28 58,69 1,91 1455 717	rame 29 63,55 1,9 1084 962	zinco 30 65,37 1,65 420 962	gallio 31 69,72 1,81 579 960	germanio 32 72,64 2,01 579 960	arsenico 33 74,92 2,18 579 960	selenio 34 78,96 2,55 579 960	bromo 35 79,91 2,96 579 960	cripoto 36 83,8 3 579 960																	
4 periodo	potassio 19 39,1 0,82 419 854	calcio 20 40,08 1 408 854	scandio 21 44,96 1,36 1541 631	titanio 22 47,87 1,54 1852 658	vanadio 23 50,94 1,63 1910 651	cromo 24 52 1,66 1907 651	manganese 25 54,94 1,55 2044 651	ferro 26 55,85 1,83 1535 717	cobalto 27 58,93 1,88 1495 717	nickel 28 58,69 1,91 1455 717	rame 29 63,55 1,9 1084 962	zinco 30 65,37 1,65 420 962	indio 49 114,8 1,78 579 960	stagno 50 118,7 1,96 579 960	antimonio 51 121,8 2,05 579 960	tellurio 52 127,6 2,1 579 960	iodio 53 126,9 2,6 579 960	xenone 54 131,3 2,6 579 960																	
5 periodo	rubidio 37 85,47 0,82 419 854	stronzio 38 87,62 0,95 419 854	scandio 21 44,96 1,36 1541 631	titanio 22 47,87 1,54 1852 658	vanadio 23 50,94 1,63 1910 651	cromo 24 52 1,66 1907 651	manganese 25 54,94 1,55 2044 651	ferro 26 55,85 1,83 1535 717	cobalto 27 58,93 1,88 1495 717	nickel 28 58,69 1,91 1455 717	rame 29 63,55 1,9 1084 962	zinco 30 65,37 1,65 420 962	talio 81 204,4 1,3 579 960	piombo 82 207,2 2,33 579 960	bismuto 83 208,98 2,33 579 960	polonio 84 209 2,46 579 960	astato 85 210 2,46 579 960	radon 86 222 2,46 579 960																	
6 periodo	cesio 55 132,9 0,79 419 854	bario 56 137,3 0,89 419 854	scandio 21 44,96 1,36 1541 631	titanio 22 47,87 1,54 1852 658	vanadio 23 50,94 1,63 1910 651	cromo 24 52 1,66 1907 651	manganese 25 54,94 1,55 2044 651	ferro 26 55,85 1,83 1535 717	cobalto 27 58,93 1,88 1495 717	nickel 28 58,69 1,91 1455 717	rame 29 63,55 1,9 1084 962	zinco 30 65,37 1,65 420 962	ununnilio 113 [284] 1,3 419 854	flerovio 114 [289] 1,3 419 854	ununpentio 115 [288] 1,3 419 854	livermorio 116 [293] 1,3 419 854	ununseptio 117 [294] 1,3 419 854	ununoctio 118 [294] 1,3 419 854																	
7 periodo	francio 87 [223] 0,7 419 854	radio 88 [226] 0,9 419 854	scandio 21 44,96 1,36 1541 631	titanio 22 47,87 1,54 1852 658	vanadio 23 50,94 1,63 1910 651	cromo 24 52 1,66 1907 651	manganese 25 54,94 1,55 2044 651	ferro 26 55,85 1,83 1535 717	cobalto 27 58,93 1,88 1495 717	nickel 28 58,69 1,91 1455 717	rame 29 63,55 1,9 1084 962	zinco 30 65,37 1,65 420 962	ununnilio 113 [284] 1,3 419 854	flerovio 114 [289] 1,3 419 854	ununpentio 115 [288] 1,3 419 854	livermorio 116 [293] 1,3 419 854	ununseptio 117 [294] 1,3 419 854	ununoctio 118 [294] 1,3 419 854																	
8 periodo	unennebio 119 [289] 1,3 419 854	unbinio 120 [289] 1,3 419 854	scandio 21 44,96 1,36 1541 631	titanio 22 47,87 1,54 1852 658	vanadio 23 50,94 1,63 1910 651	cromo 24 52 1,66 1907 651	manganese 25 54,94 1,55 2044 651	ferro 26 55,85 1,83 1535 717	cobalto 27 58,93 1,88 1495 717	nickel 28 58,69 1,91 1455 717	rame 29 63,55 1,9 1084 962	zinco 30 65,37 1,65 420 962	ununnilio 113 [284] 1,3 419 854	flerovio 114 [289] 1,3 419 854	ununpentio 115 [288] 1,3 419 854	livermorio 116 [293] 1,3 419 854	ununseptio 117 [294] 1,3 419 854	ununoctio 118 [294] 1,3 419 854																	
9 periodo	unennebio 119 [289] 1,3 419 854	unbinio 120 [289] 1,3 419 854	scandio 21 44,96 1,36 1541 631	titanio 22 47,87 1,54 1852 658	vanadio 23 50,94 1,63 1910 651	cromo 24 52 1,66 1907 651	manganese 25 54,94 1,55 2044 651	ferro 26 55,85 1,83 1535 717	cobalto 27 58,93 1,88 1495 717	nickel 28 58,69 1,91 1455 717	rame 29 63,55 1,9 1084 962	zinco 30 65,37 1,65 420 962	ununnilio 113 [284] 1,3 419 854	flerovio 114 [289] 1,3 419 854	ununpentio 115 [288] 1,3 419 854	livermorio 116 [293] 1,3 419 854	ununseptio 117 [294] 1,3 419 854	ununoctio 118 [294] 1,3 419 854																	
10 periodo	unennebio 119 [289] 1,3 419 854	unbinio 120 [289] 1,3 419 854	scandio 21 44,96 1,36 1541 631	titanio 22 47,87 1,54 1852 658	vanadio 23 50,94 1,63 1910 651	cromo 24 52 1,66 1907 651	manganese 25 54,94 1,55 2044 651	ferro 26 55,85 1,83 1535 717	cobalto 27 58,93 1,88 1495 717	nickel 28 58,69 1,91 1455 717	rame 29 63,55 1,9 1084 962	zinco 30 65,37 1,65 420 962	ununnilio 113 [284] 1,3 419 854	flerovio 114 [289] 1,3 419 854	ununpentio 115 [288] 1,3 419 854	livermorio 116 [293] 1,3 419 854	ununseptio 117 [294] 1,3 419 854	ununoctio 118 [294] 1,3 419 854																	

Metalli alcalini

Metalli alcalino terrosi

Terre rare

Metalli del blocco d

Metalli del blocco f

Metalli del blocco p

Metalloidi

Nonmetalli

Alogeni

Gas nobili

idrogeno

numero atomico Z

numero di elettroni per livello

nero = solido

blu = liquido

rosa = gassoso

rosso = incerto

massa atomica A

in caso di elementi radioattivi, evidenzia

idrogeno

nonne elemento; artificiale in rosso

temperatura di fusione (°C)

energia di prima ionizzazione (kJ/mol)

elettronegatività

proprietà base-acido

numero di ossidazione

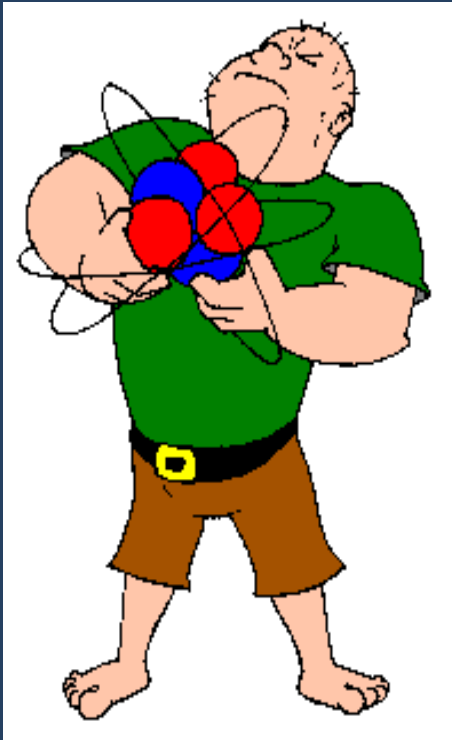
configurazione elettronica

[...] indicano la massa dell'isotopo

Rielaborazione a cura di Antonio Ciccolella - 2011/2013

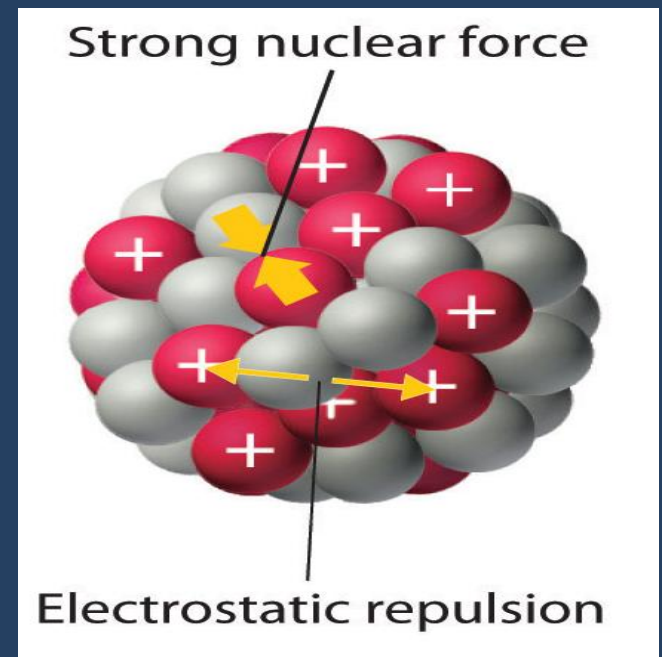
**Ma come si
sostiene il nucleo?**

Interazione Nucleare Forte



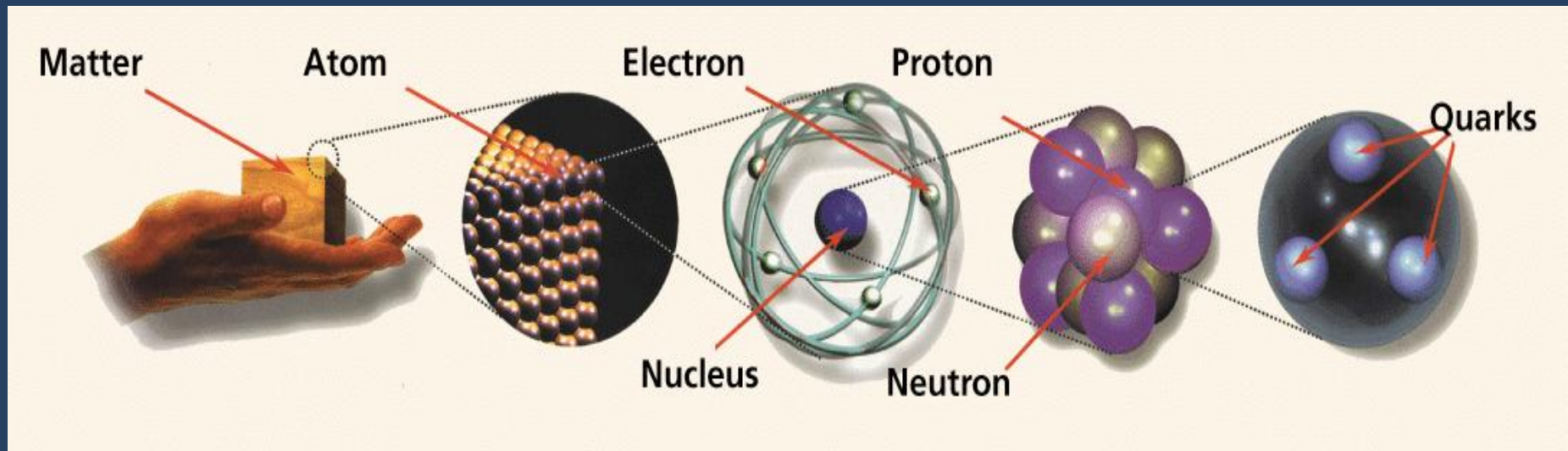
Evidentemente non può essere una forza di natura elettrostatica: si tratta infatti di un nuovo tipo di interazione che si manifesta tra le particelle nel nucleo atomico, detta Forza Nucleare Forte o Forza Adronica. Questa denominazione trae origine dal fatto che essa deve essere molto più intensa della forza elettrostatica repulsiva tra i protoni, per poter mantenere stabili i nuclei.

L'interazione nucleare forte rappresenta perciò il «collante» dei nucleoni, ovvero le particelle che compongono il nucleo (protoni e neutroni).



I Quark

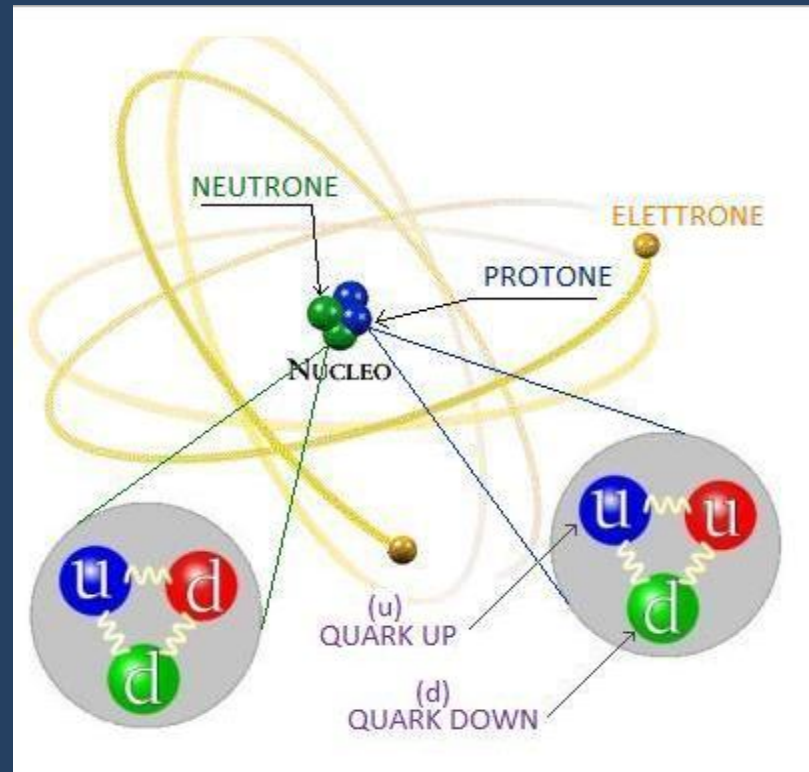
Protoni e Neutroni sono composti da particelle chiamate Quark e sono sottoposti all'interazione forte.



I Quark

I Quark hanno carica elettrica frazionaria

mass →	$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$
charge →	$2/3$	$2/3$	$2/3$
spin →	$1/2$	$1/2$	$1/2$
	u	c	t
	up	charm	top
	$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$
	$-1/3$	$-1/3$	$-1/3$
	$1/2$	$1/2$	$1/2$
	d	s	b
	down	strange	bottom



Le particelle composte dai quark e che risentono dell'interazione forte sono dette Adroni. Esse si dividono in:

- **Barioni:** hanno spin semi-intero (fermioni)
- **Mesoni:** hanno spin intero (bosoni)

Gli Adroni

PARTICELLA		QUARK COMPONENTI
Mesoni	π^+	$u\bar{d}$
	π^-	$\bar{u}d$
	K^+	$u\bar{s}$
	K^-	$\bar{u}s$
	K^0	$d\bar{s}$
Barioni	p	uud
	n	udd
	Λ^0	uds
	Σ^+	uus
	Σ^0	uds
	Σ^-	dds
	Ξ^0	uss
	Ξ^-	dss
	Ω^-	sss

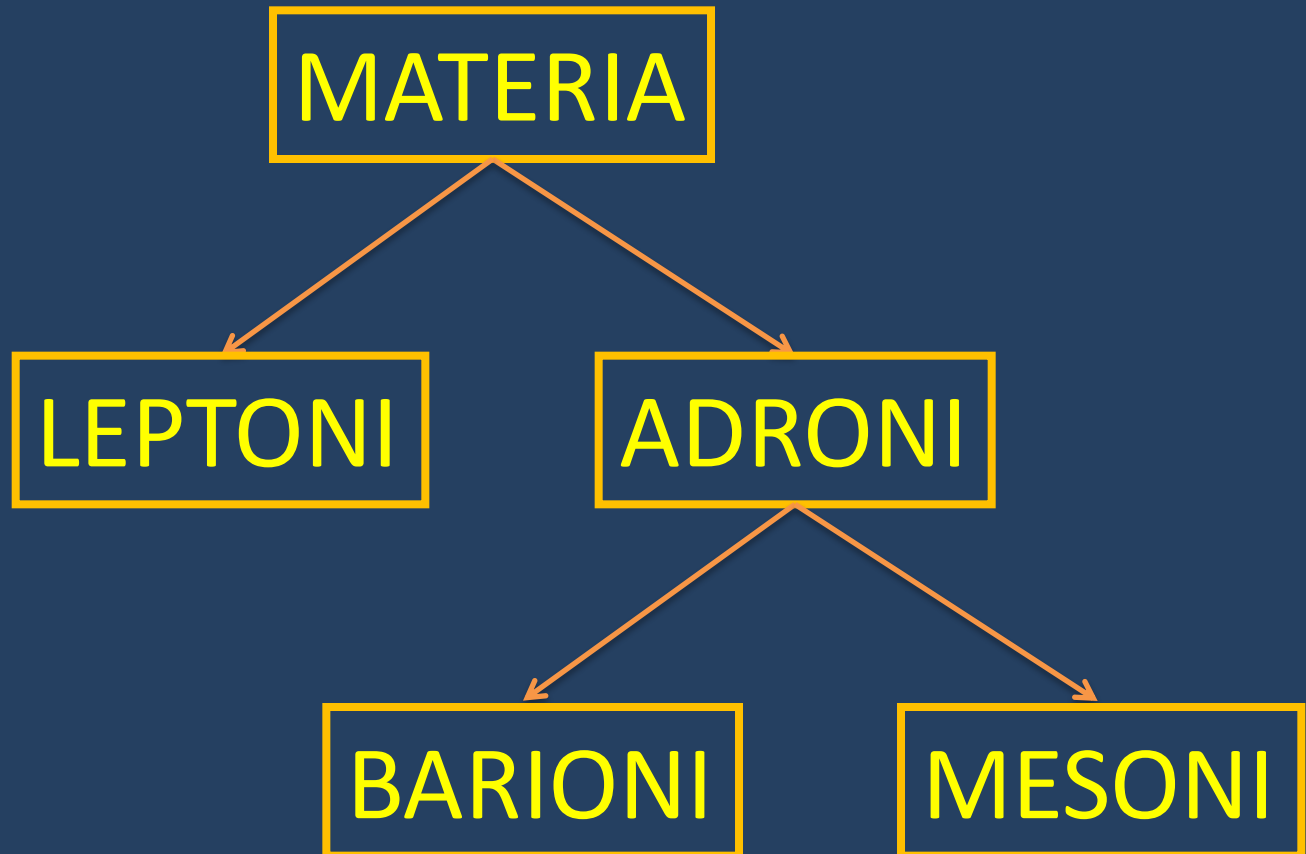
I Leptoni

Le particelle che non risentono dell'interazione forte sono chiamate Leptoni. Sono stati identificati 6 tipi di leptoni:

- L'elettrone, il muone e la particella tau hanno carica elettrica unitaria e negativa
- I neutrini sono elettricamente neutri

LEPTONS	$0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 $1/2$  electron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ -1 $1/2$  muon	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ -1 $1/2$  tau
	$<2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 $1/2$  electron neutrino	$<0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 $1/2$  muon neutrino	$<15.5 \text{ MeV}/c^2$ 0 $1/2$  tau neutrino

...Riassumendo...



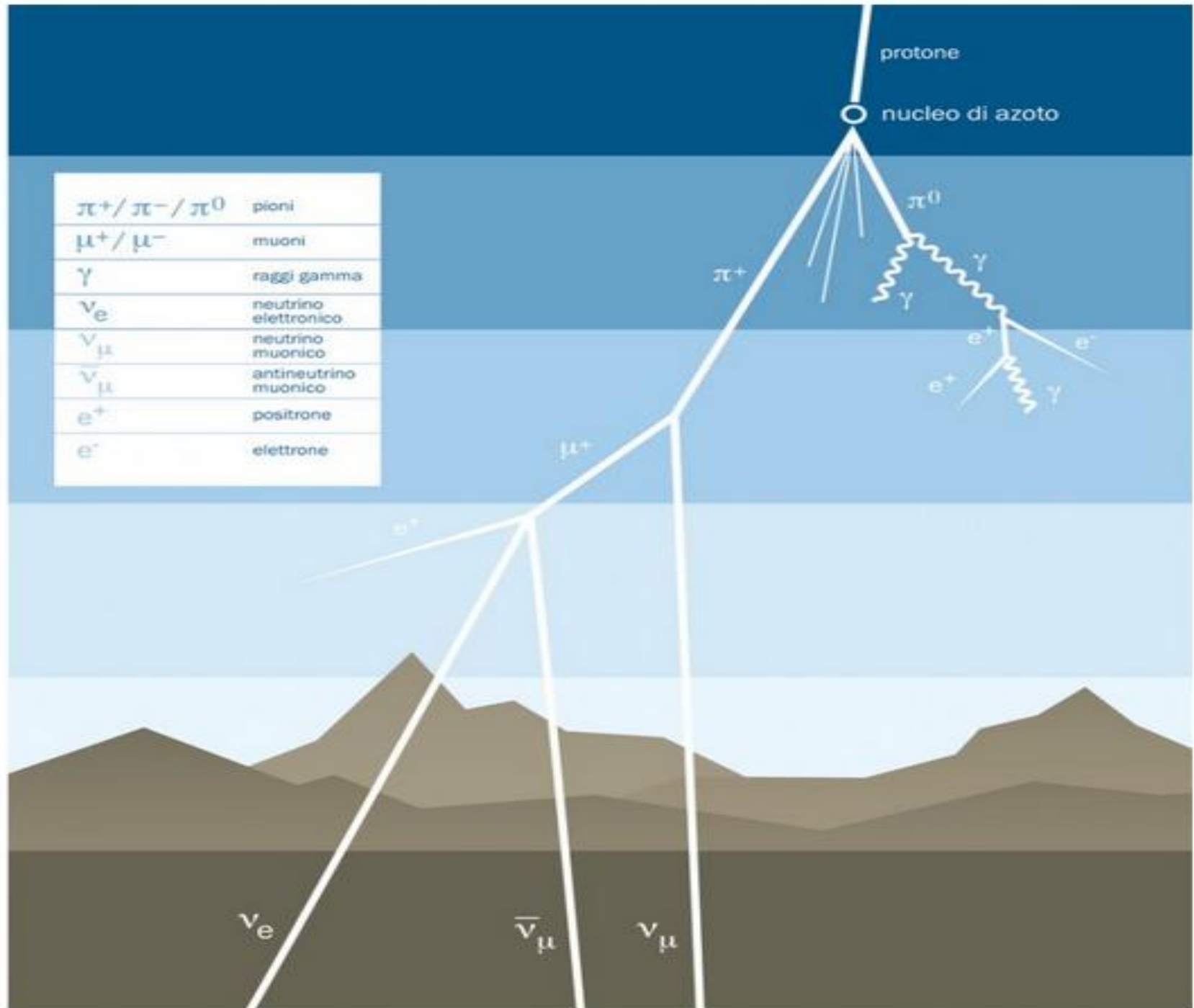
I Raggi Cosmici

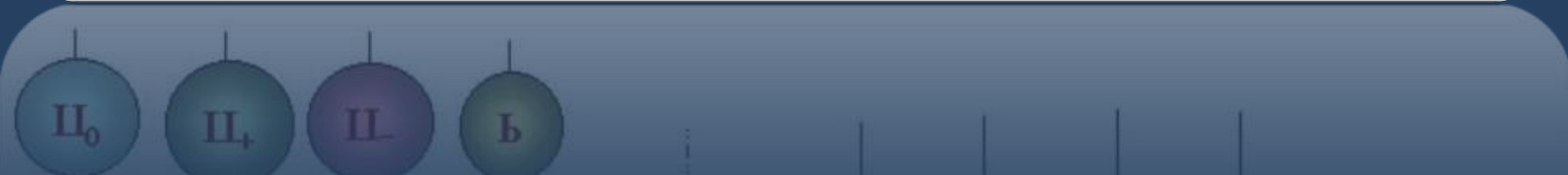
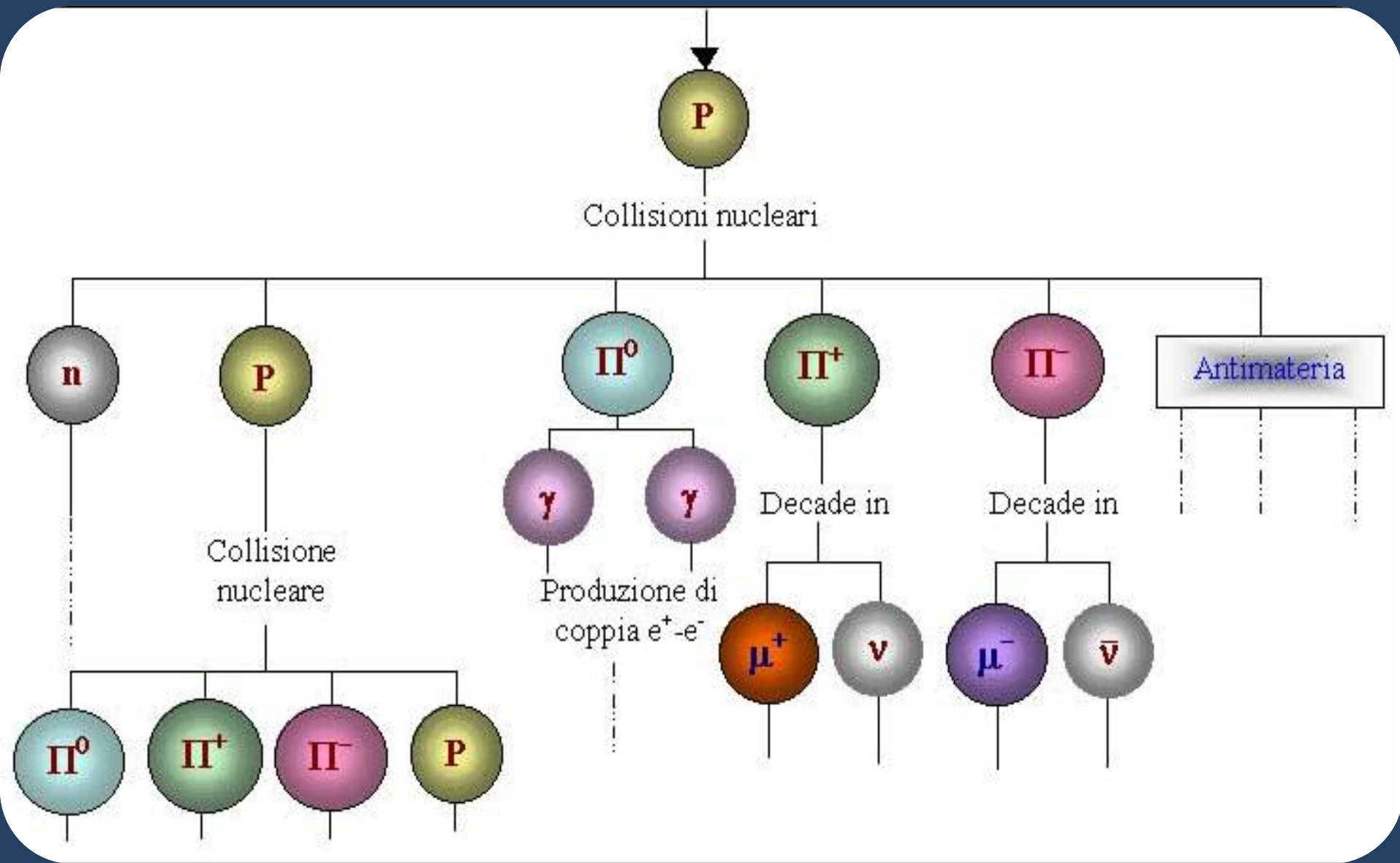
Alla fine dell'Ottocento diversi esperimenti dimostrarono che l'aria (come gli altri gas) è sempre, sia pure debolmente, "ionizzata", contiene cioè una piccola percentuale di elettroni liberi e di ioni positivi (atomi che hanno perso uno o più elettroni). Poiché gli elettroni e gli ioni positivi tendono a ricombinarsi per formare atomi neutri, qualcosa, una forma di radiazione, doveva agire sulla materia per estrarre in continuazione gli elettroni dagli atomi. Una possibile sorgente per questa "radiazione ionizzante" era stata appena scoperta da Henri Becquerel e da Pierre e Marie Curie: la radioattività.



L'ipotesi che la ionizzazione dell'aria sia dovuta in buona parte all'esistenza di tracce di sostanze radioattive contenute nell'aria e nei diversi materiali terrestri è corretta, ma non è tutta la storia. Il 7 agosto del 1912. Alle sei del mattino di quel giorno un pallone si sollevò dalla città di Aussig in Austria. Il pallone volò per due ore e mezza, superando la quota di 5.000 metri. A bordo c'erano un pilota, un meteorologo e il fisico Victor Hess, che aveva con sé gli strumenti per misurare la ionizzazione dell'aria. Sorprendentemente la ionizzazione ad alta quota risultò maggiore che al suolo. La conclusione di Hess fu: "I risultati delle mie osservazioni si spiegano meglio assumendo che una radiazione di alto potere ionizzante entri dall'alto nella nostra atmosfera".

$\pi^+/\pi^-/\pi^0$	pioni
μ^+/μ^-	muoni
γ	raggi gamma
ν_e	neutrino elettronico
ν_μ	neutrino muonico
$\bar{\nu}_\mu$	antineutrino muonico
e^+	positrone
e^-	elettrone





Il Tempo

- Aristotele lo diceva chiaramente: «Il tempo è la misura del moto nella prospettiva del prima e del dopo»
- Galileo e Newton assumono l'esistenza di un moto assoluto
- Questa concezione rimane fino all'inizio del Novecento quando, dopo lo sviluppo dell'elettromagnetismo, si deve modificare per tenere conto dell'invarianza della velocità della luce, dimostrata sperimentalmente da Michelson e Morley fin dal 1879 e per risolvere il «problema dell'etere»
- Secondo Minkowski e Einstein, il tempo assoluto non esiste: il tempo dipende dallo stato dell'osservatore

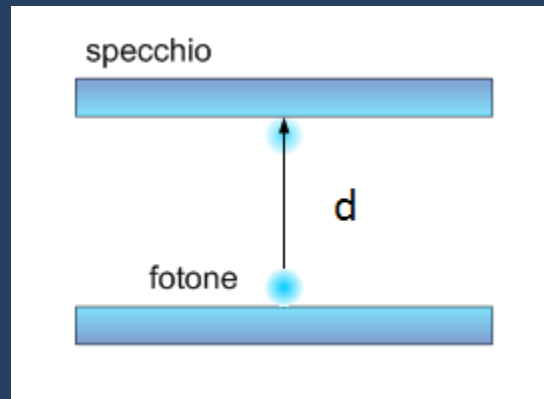


Il Tempo

Video

“Orologio di Luce”
in movimento

Il Tempo

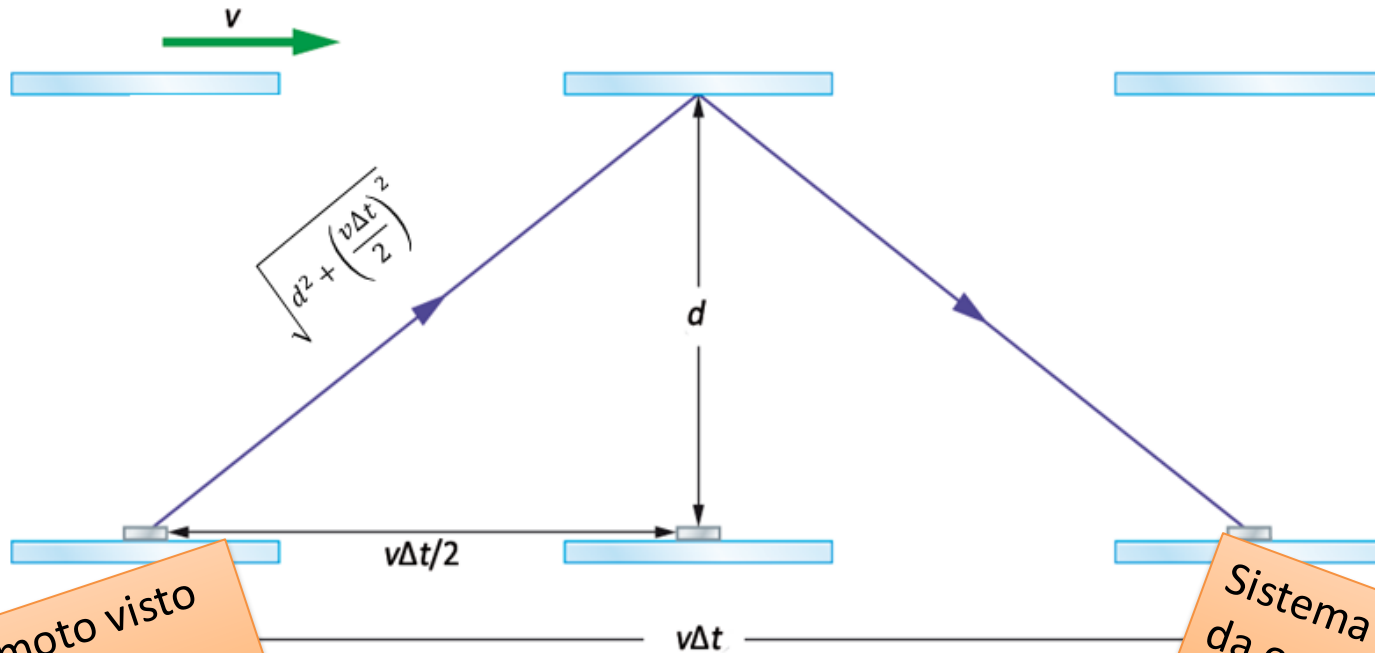


Orologio a fotone

Il Periodo di Oscillazione è:

$$T_{fermo} = \frac{s}{v} = \frac{2d}{c}$$

Il Tempo



Sistema in moto visto da un osservatore fermo

Sistema fermo o visto da osservatore solidale con il sistema

Il Periodo di Oscillazione è:

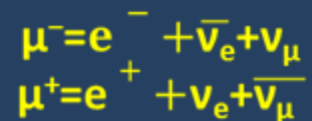
$$T_{moto} = \frac{s}{v} = \frac{2 \cdot \sqrt{d^2 + (v\Delta t/2)^2}}{c} = \frac{2d}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{T_{fermo}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Il Tempo

**Il tempo misurato dall'osservatore fermo
mentre l'orologio è in moto è più lungo di
quello misurato dall'osservatore che si
muove con l'orologio**

Vita media del Muone

Gli effetti di dilatazione dei tempi non sono apprezzabili nella vita di tutti i giorni, ma sono evidenti e fondamentali per le particelle elementari che viaggiano a velocità vicine alla velocità della luce. I muoni vengono prodotti a circa 9000 m di altezza e sono particelle instabili, ovvero decadono (si trasformano) velocemente in altri tipi di particelle secondo le seguenti reazioni



La vita del muone “fermo” può essere misurata con semplici esperimenti e i risultati dimostrano che essa è di $\tau = 2.2\mu s$.

Ma con una vita media così breve è sorprendente che arrivino muoni a terra. Infatti se vengono prodotti a 9000 m e decadono dopo $2.2\mu s$ anche viaggiando alla velocità della luce potrebbero percorrere una distanza di

$$d = c\tau = 3 \cdot \frac{10^8 m}{s} \cdot 2.2 \cdot 10^{-6} s = 660 m$$

Ci si aspetterebbe quindi di vedere a terra $1.2 \cdot 10^{-6}$ muoni. Invece ne vediamo molti di più. Dov'è l'errore?

Stiamo osservando un orologio in movimento

La vita del muone, per noi che siamo fermi, deve essere più lunga

Vita media del Muone

$$\frac{T_{moto}}{T_{fermo}} = \frac{\tau_{osservato}}{\tau} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma$$

Per i muoni dei raggi cosmici la velocità tipica è $0.98 \cdot c$, quindi $\gamma \approx 5$. Quindi noi li vediamo decadere in :

$$\tau_{osservato} = \gamma \cdot \tau = 2.2\mu s \cdot 5 = 11\mu s$$

Durante il quale percorrono una distanza cinque volte maggiore di quella stimata in precedenza.

In definitiva il numero di muoni che possono arrivare a terra aumenta di molto a 0.065 muoni

Trasformazioni di Lorentz e Teoria della Relatività Ristretta

Tutto ciò vale perché abbiamo assunto che *la velocità della luce (c) è la velocità limite nell'universo*; pertanto non valgono le "Trasformazioni di Galileo" per la composizione delle velocità, ma valgono le "Trasformazioni di Lorentz".



Critica alla legge di Gravitazione Universale



Secondo Newton due masse si attraggono secondo la legge:

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

Questa è la legge che, per esempio descrive il moto della Terra intorno al Sole. Essa è molto utilizzata, ed è molto precisa per la maggior parte dei calcoli astrofisici.

Tuttavia presenta un problema non indifferente:

ipotizziamo che il Sole all'improvviso si vaporizzi e sparisca completamente. In base alla precedente equazione, se il Sole sparisse i pianeti uscirebbero immediatamente dalle loro orbite (una delle due masse nell'equazione andrebbe a zero).

Critica alla legge di Gravitazione Universale

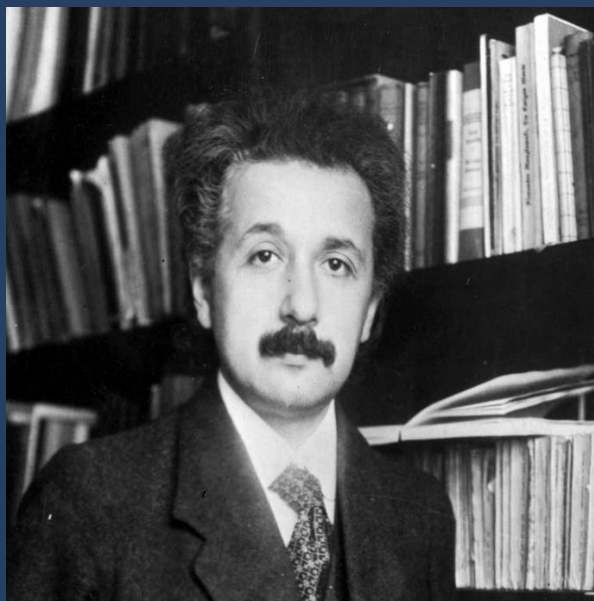
Secondo la teoria della relatività, però nulla può andare più veloce della luce. La luce prodotta dal Sole arriva, per esempio, sulla Terra dopo 8 minuti.

Il precedente esperimento mentale allora dimostrerebbe che la gravità vada più veloce della luce, contraddicendo il postulato della relatività.



**C'E' BISOGNO ALLORA DI UNA NUOVA INTERPRETAZIONE DELLA LEGGE DI
GRAVITAZIONE UNIVERSALE**

Teoria della Relatività Generale



Albert Einstein ipotizza che le tre dimensioni spaziali e la dimensione temporale fossero nel cosiddetto "Tessuto Spazio-Temporale", un'entità a quattro dimensioni. Come in un tappeto elastico, il tessuto si inarca e si distende con il peso degli oggetti. L'inarcamento o curvatura dello spazio-tempo determina ciò che percepiamo come gravità. Ripetiamo ora il precedente esperimento mentale: l'improvvisa evaporizzazione del Sole produce un disturbo gravitazionale che viaggia come un'onda sul tessuto spazio-temporale.

Non si avverte nessun cambiamento nell'orbita intorno al Sole, finché quest'onda non raggiunge la Terra. Inoltre Einstein calcolò che le increspature dello spazio-tempo viaggiano esattamente alla velocità della luce.



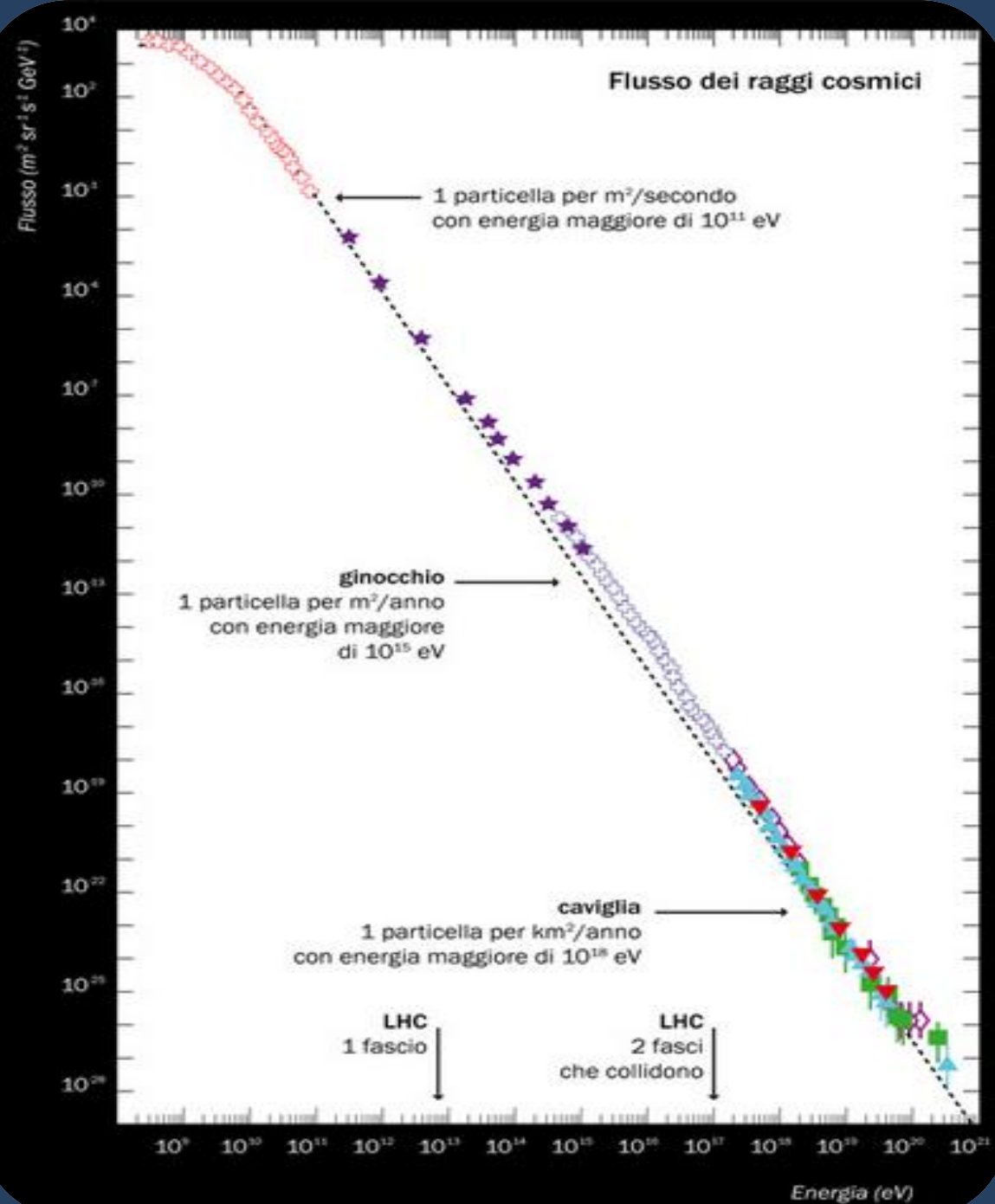
Chi produce i Raggi Cosmici?



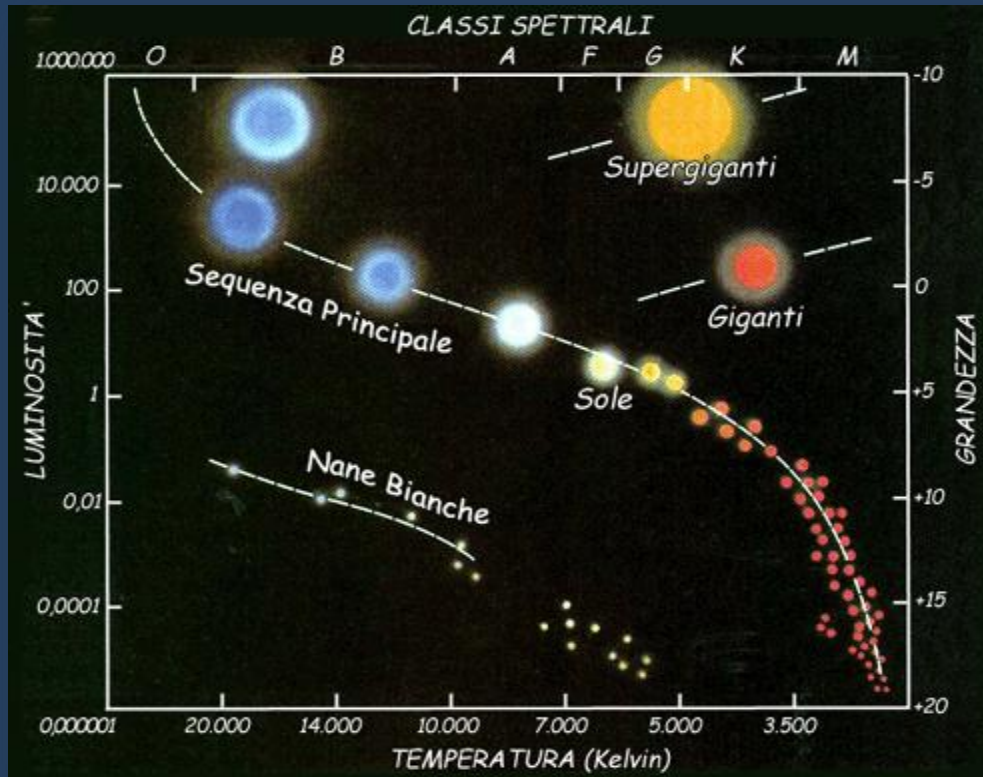
Chi produce i Raggi Cosmici?

Il problema centrale della fisica dei raggi cosmici rimane ancora oggi aperto. Esiste una relazione fondamentale tra la temperatura di un corpo e lo spettro e l'intensità della radiazione elettromagnetica che esso emette. La scoperta e comprensione di questa relazione (la legge del corpo nero) all'inizio del '900 da parte di Max Planck e Albert Einstein è il primo capitolo della rivoluzione scientifica della Meccanica Quantistica. Tanto maggiore è la temperatura di un corpo, tanto maggiore è l'energia media dei fotoni che irradia. La luce delle stelle ci permette ad esempio di stimare la temperatura della loro superficie. La luce bianco-gialla del Sole ci dice che la sua superficie è a circa 6.000 °C, le stelle blu sono un po' più calde, quelle rosse un po' più fredde. L'emissione dei raggi cosmici, invece, non è determinata dalla temperatura della loro sorgente, ma da processi di natura differente. I raggi cosmici possono, infatti, avere un'energia anche cento miliardi di miliardi (10^{20}) di volte più elevata dei fotoni del Sole, e nessun luogo nell'Universo attuale ha una temperatura così straordinaria. Si pensa oggi che le sorgenti dove i raggi cosmici sono accelerati corrispondano e traccino i luoghi dove avvengono i processi più violenti nell'Universo, dove grandi masse sono accelerate e si scontrano. In questi cataclismi cosmici si formano gli intensi campi elettrici capaci di accelerare particelle cariche fino a grandissime energie.

Le Energie dei Raggi Cosmici



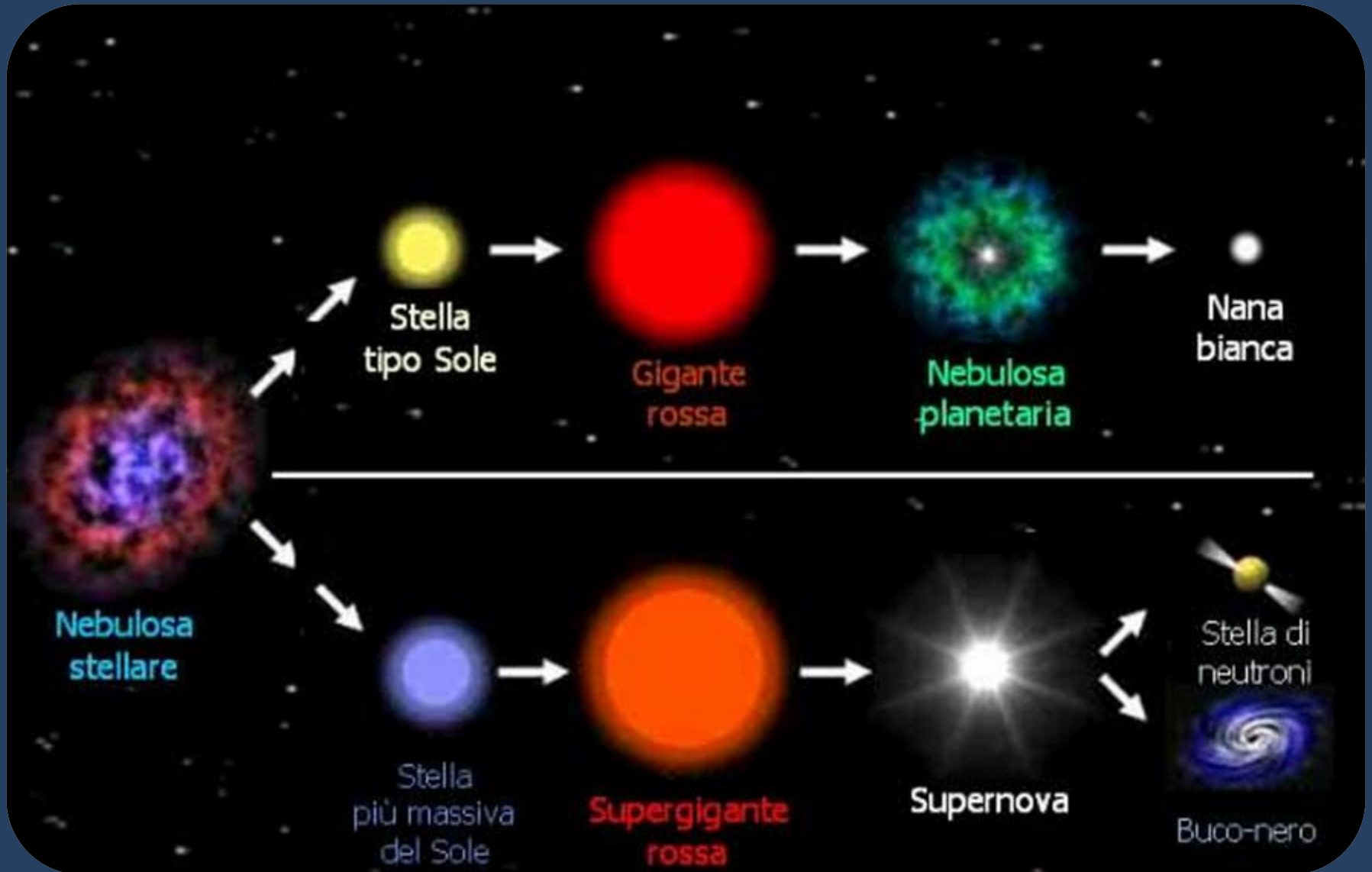
Il Diagramma H-R



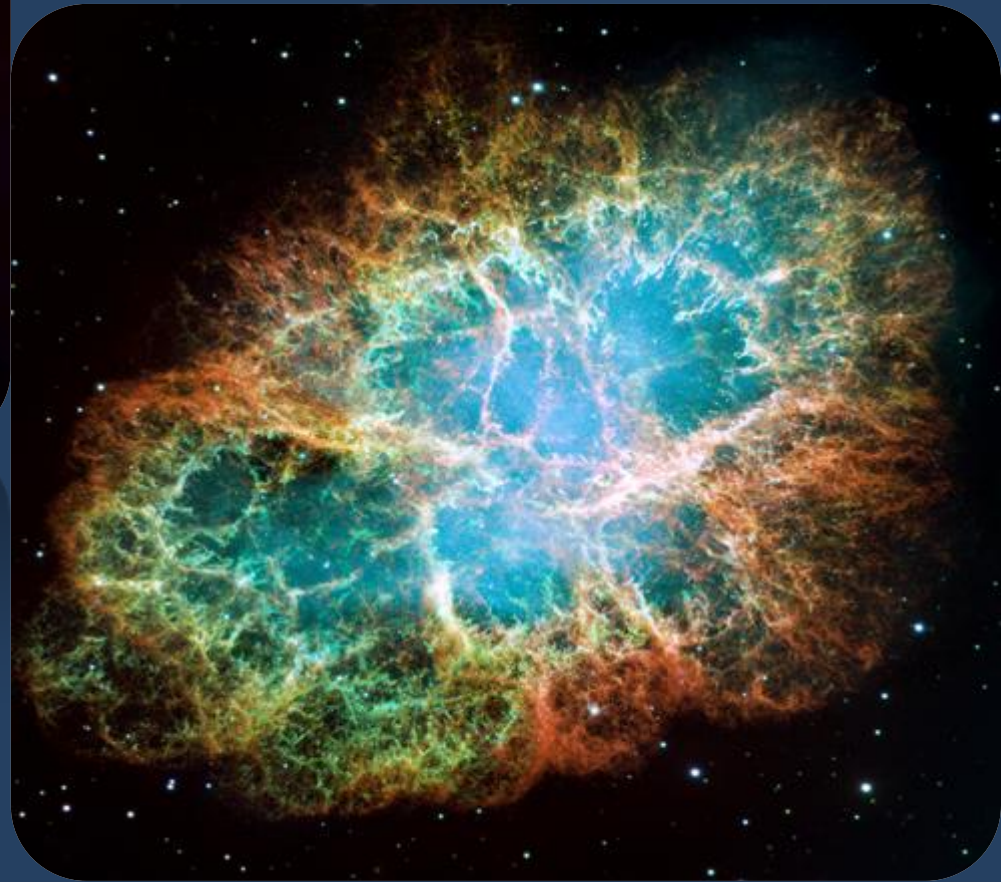
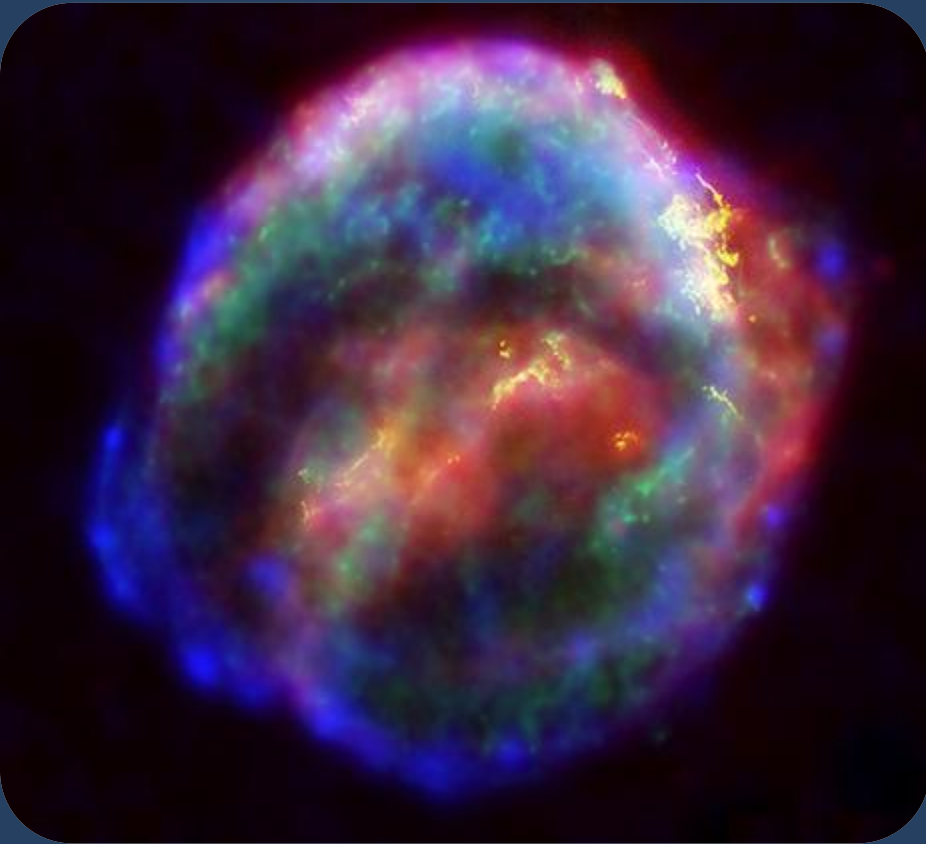
Si tratta di un diagramma cartesiano elaborato all'inizio del Novecento dal danese E. Hertzsprung e dall'americano H.N. Russell, in cui le stelle sono collocate in base alla loro magnitudine assoluta e alla loro temperatura. Le stelle presenti nel diagramma non si distribuiscono in modo casuale, ma la maggior parte di esse si dispone lungo una fascia obliqua detta "Sequenza Principale". Le stelle in basso a destra sono poco luminose e fredde (nane rosse).

In alto a sinistra si trovano le stelle molto luminose e calde (stelle azzurre). Le stelle che non appartengono alla sequenza principale sono raggruppate in due zone. In alto a destra ci sono le Giganti Rosse e le Supergiganti Rosse. In basso a sinistra si collocano le Nane Bianche. Il diagramma H-R diventa estremamente utile se lo interpretiamo come la fotografia di un istante di vita delle stelle, che non sono immutabili, ma evolvono nel tempo. Ogni zona del diagramma rappresenta uno stadio di vita delle stelle

Evoluzione Stellare



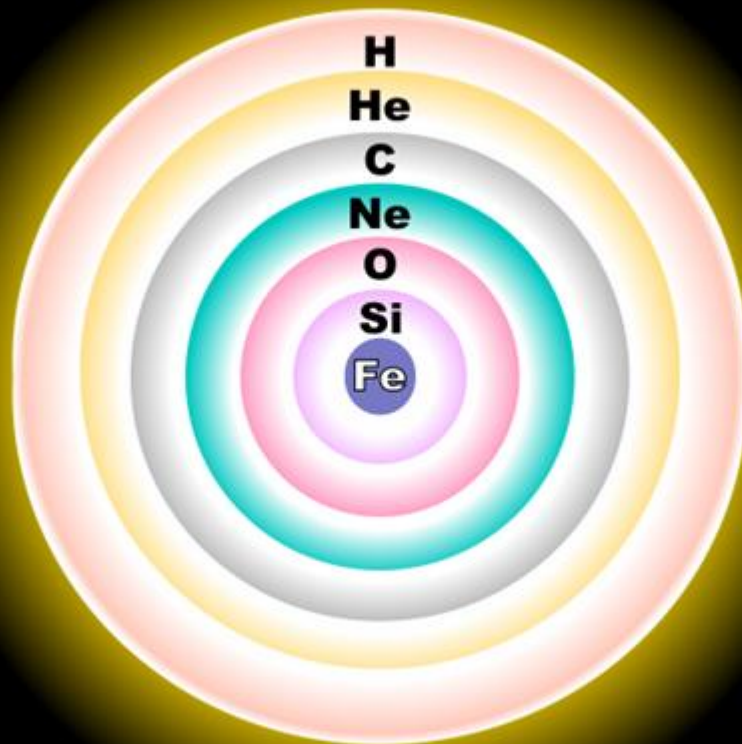
1. Le Supernovae



1. Le Supernovae

L'opinione più diffusa è che la maggior parte dei raggi cosmici siano accelerati dalle esplosioni di supernova. Queste gigantesche esplosioni avvengono quando il nocciolo interno di una stella alla fine della sua vita collassa sotto il suo stesso peso. Quando la materia del nocciolo raggiunge e supera la densità della materia nucleare, si produce un colossale “rimbalzo”, un'immensa esplosione che lancia nello spazio interstellare l'involucro esterno della stella alla velocità di migliaia di chilometri al secondo. Sono queste esplosioni che “seminano” lo spazio con gli elementi come carbonio, ossigeno e altri, che sono sintetizzati dalle reazioni nucleari nel centro delle stelle. La teoria suggerisce che all'onda d'urto generata da questa violentissima espulsione di materia siano associati i campi elettromagnetici che accelerano i raggi cosmici. Le particelle verrebbero accelerate fino ad altissime energie gradualmente, in numerosi piccoli passi mentre attraversano e riattraversano l'onda d'urto dell'esplosione, continuamente deviate da campi magnetici turbolenti. I concetti fondamentali di questa teoria dell'accelerazione dei raggi cosmici sono stati formulati da Enrico Fermi in un celebre lavoro del 1949, uno dei numerosi e importantissimi contributi di colui che è stato uno dei maggiori scienziati del ventesimo secolo.

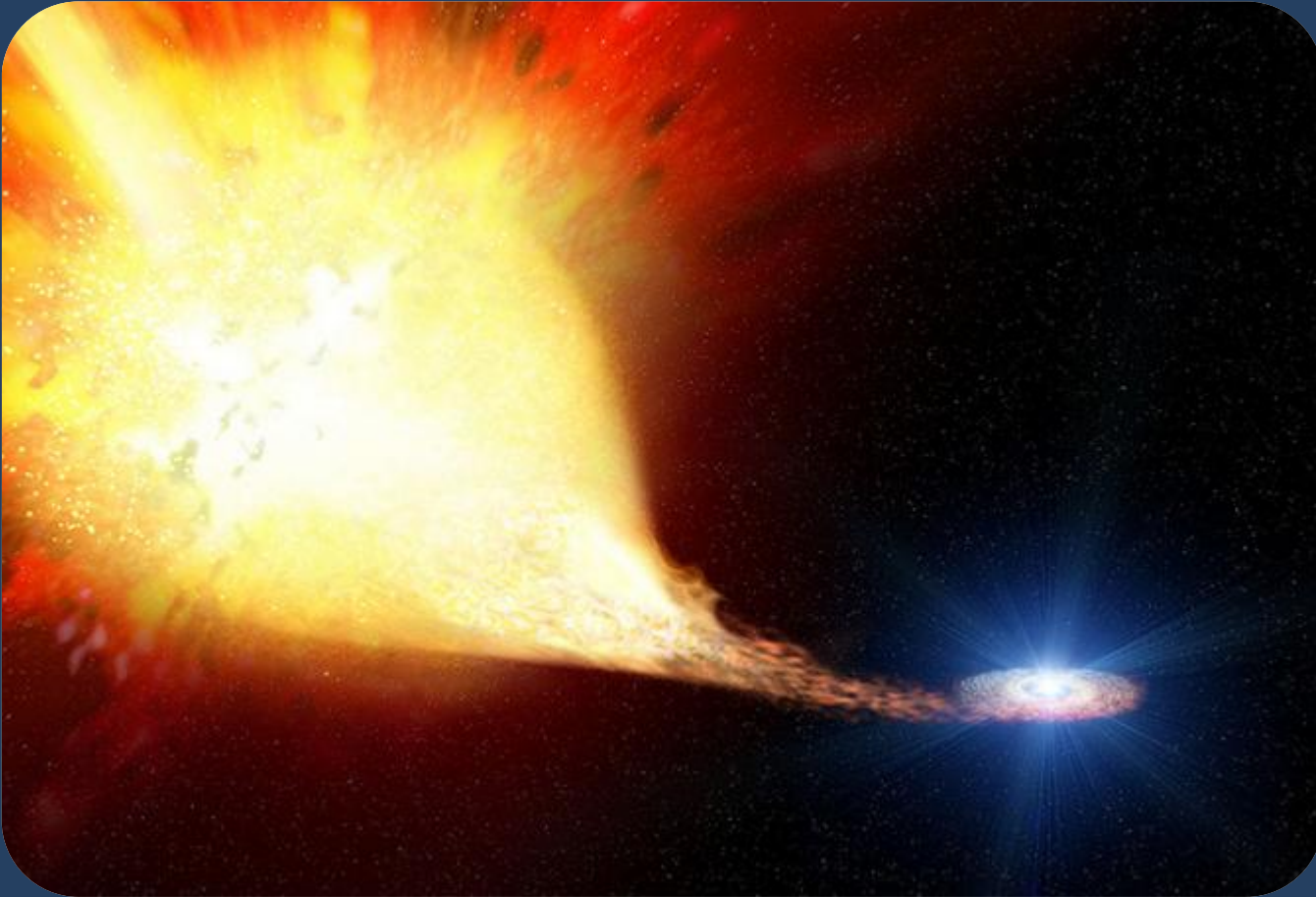
1. Le Supernovae di tipo Ib, Ic, II



Questi tipi di supernovae si originano dal collasso della stella quando essa ha raggiunto la nucleosintesi del ferro. La differenza tra i tre tipi sta nella diversa composizione chimica dello strato più esterno; in particolare:

- Le SN-Ib hanno perso l'involucro di idrogeno
- Le SN-Ic hanno perso l'involucro di idrogeno ed elio
- Le SN-II presentano tutti gli strati

1. Le Supernovae di tipo Ia



Questo tipo di supernovae si originano dall'esplosione di una nana bianca, che avviene quando su di essa cade materia proveniente da un'altra stella vicina

1. Le Supernovae di tipo Ia

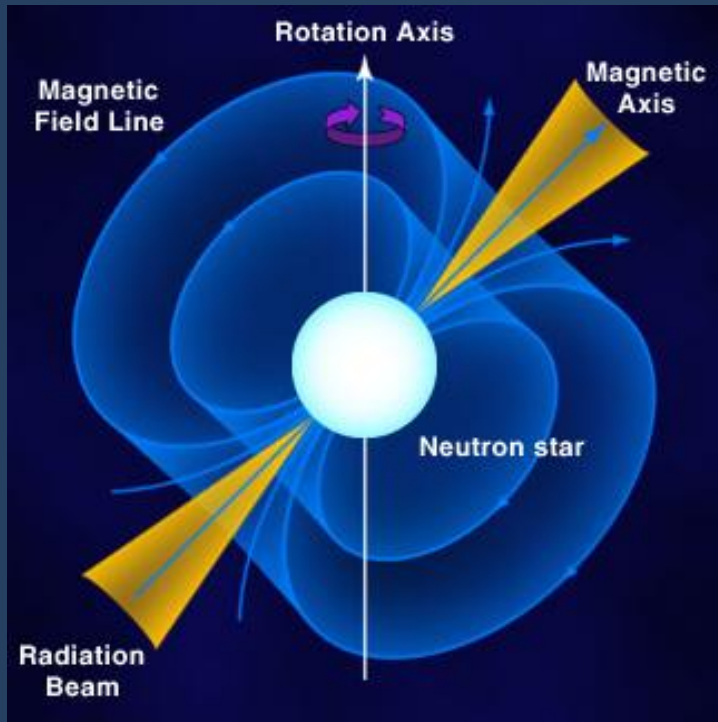
Video che mostra il trasferimento di massa da una gigante rossa ad una nana bianca

Clicca [qui](#)

L'esplosione avviene quando la massa della nana bianca supera le 1,44 Masse Solari; tale limite è conosciuto come Limite di Chandrasekhar.

Le supernovae di tipo Ia sono utilizzate anche come Cande Standard, ovvero oggetti che hanno una luminosità nota e sempre uguale.

2. Le stelle di Neutroni e le Pulsar



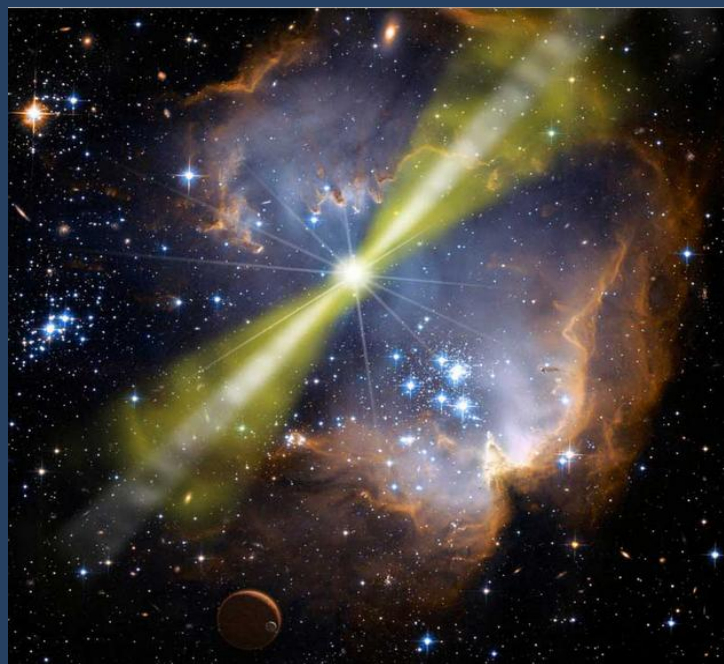
Se il nucleo della supernova che non è esploso ha una massa inferiore a 3-4 masse solari, si trasforma in una stella di neutroni: si tratta di corpi celesti di piccole dimensioni e grandi densità, nei quali tutti i protoni e gli elettroni perdono la loro individualità e si fondono tra loro formando neutroni stabili: in queste condizioni non è possibile un'ulteriore contrazione a causa della repulsione tra i neutroni dotati di spin uguale. Negli anni Trenta l'americano F. Zwicky aveva previsto che questi corpi possedessero un campo magnetico molto forte ed una rapida rotazione: si riteneva che dovessero emettere energia dai poli

magnetici, in modo ritmico, come se pulsassero. Per via della loro bassissima luminosità non furono individuati oggetti di questo tipo fino al 1967, quando J. Bell Burnell intercettò un'emissione radio che variava ritmicamente con un periodo di 1,33 secondi e che proveniva sicuramente da un oggetto celeste: a questa radiosorgente venne dato il nome di pulsar.

2. Le stelle di Neutroni e le Pulsar



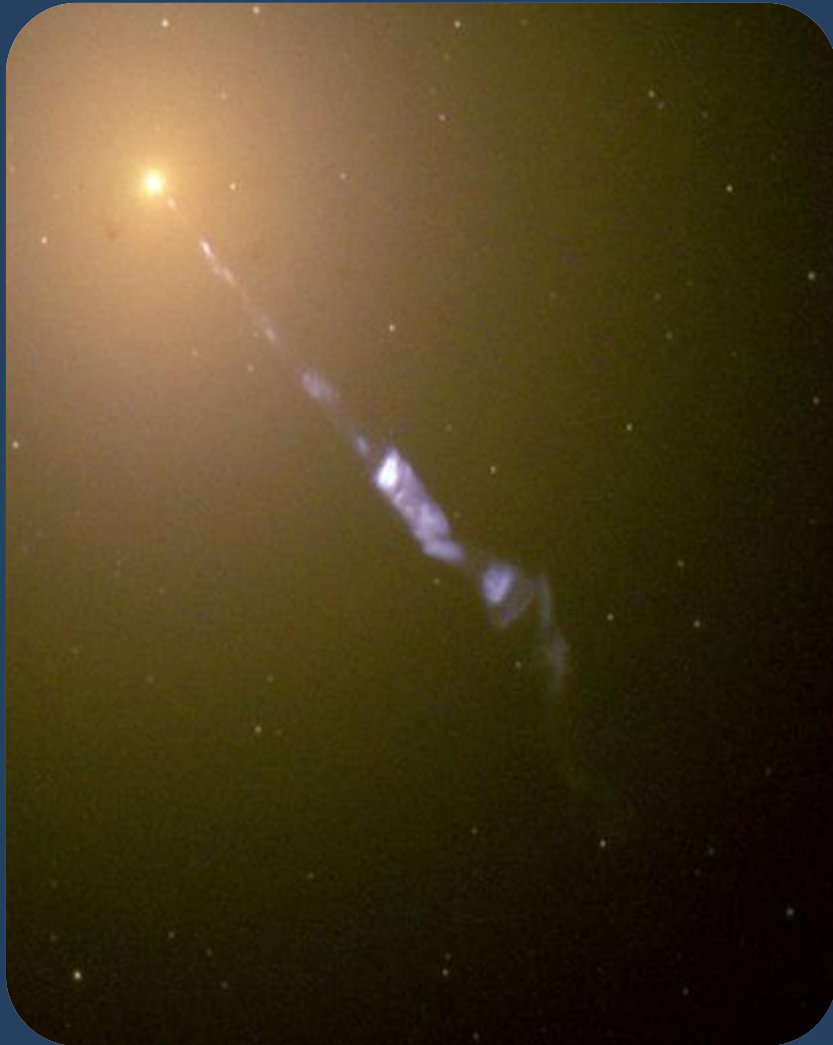
3. Gamma Ray Burst



In astronomia i lampi gamma, anche detti o abbreviati in GRB dalla locuzione inglese gamma ray burst, sono intensi lampi di raggi gamma che possono durare da pochi millisecondi a diverse decine di minuti. Queste potenti esplosioni costituiscono il fenomeno più energetico finora osservato nell'universo. I GRBs sono fenomeni abbastanza frequenti (all'incirca uno al giorno) e la loro distribuzione nel cielo è isotropa, ovvero avvengono in direzioni del tutto casuali ed imprevedibili.

È abbastanza sicuro che ci sono almeno due tipologie differenti di progenitori (o cause) dei *gamma-ray burst*: una responsabile delle emissioni di lunga durata (GRB lunghi) e una responsabile delle emissioni di corta durata (GRB corti). Si teorizza che progenitori dei GRB lunghi siano dovuti al collasso dei nuclei di stelle massicce, a bassa metallicità; i progenitori dei GRB corti non sono ancora stati identificati, ma il modello che desta migliori speranze li vede frutto della fusione di due stelle di neutroni.

4. Nuclei Galattici Attivi



Un nucleo galattico attivo è una galassia il cui nucleo è talmente luminoso da oscurare il resto della galassia stessa. Spesso viene usata l'abbreviazione **AGN** (*active galactic nuclei*, **nuclei galattici attivi**), perché tutte le galassie attive sembrano essere alimentate da una regione compatta posta al loro centro. Alcune di queste regioni emettono getti di materia che possono essere molto lunghi, trasportando energia verso strutture estese. Secondo il modello standard degli AGN, l'energia che li alimenta è generata dalla materia che cade all'interno di un buco nero supermassiccio di massa compresa tra 1 milione e 10 miliardi di volte quella del Sole.

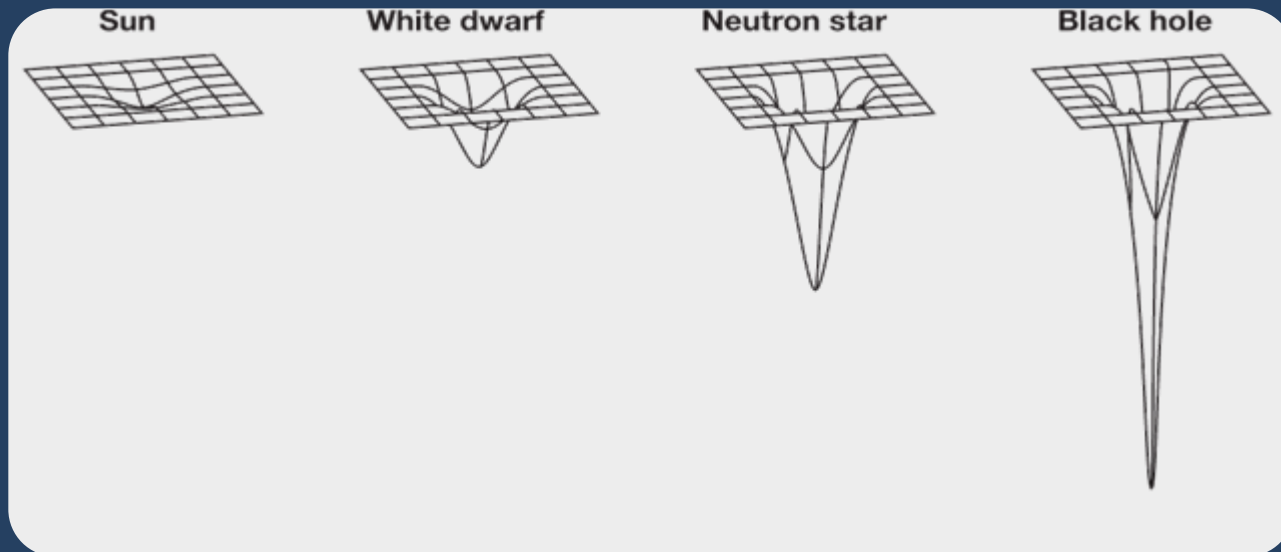
4. Nuclei Galattici Attivi

Simulazione di una nube di gas orbitante intorno ad un buco nero

Clicca [qui](#) per vedere il video

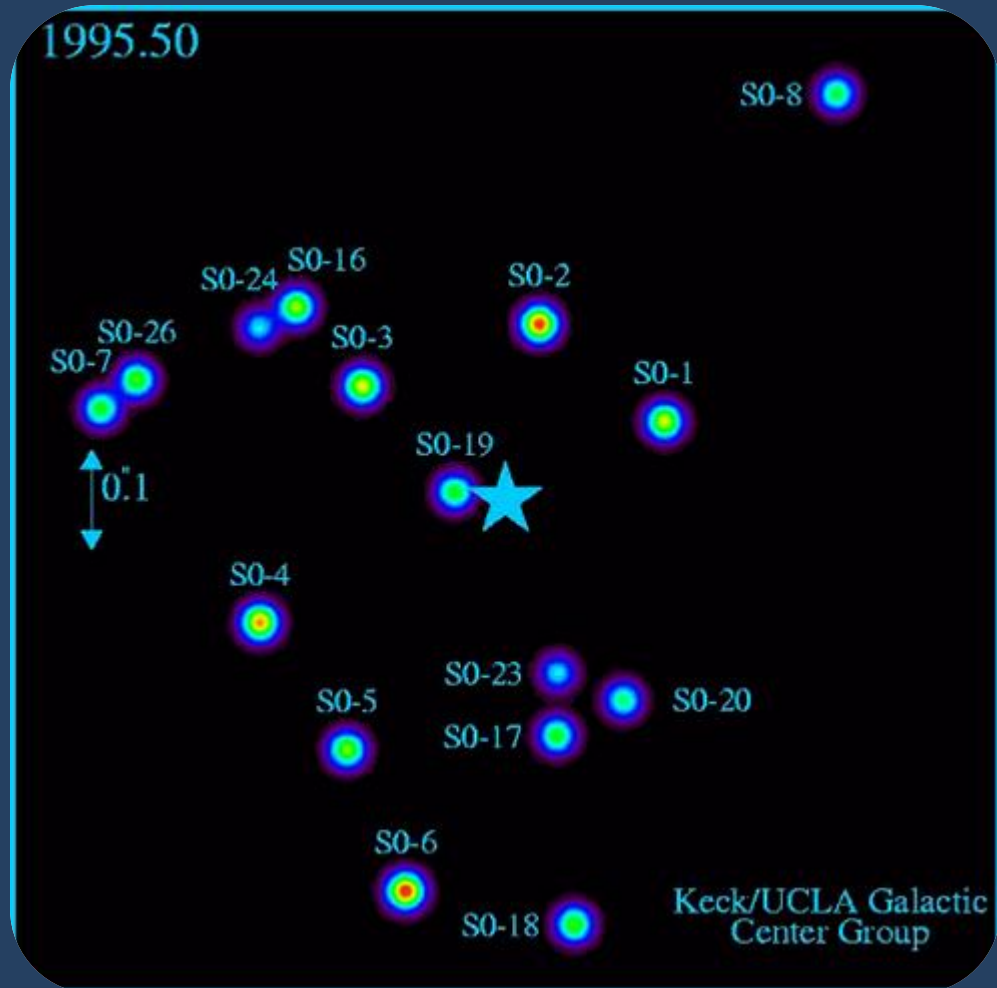
Buchi Neri

I buchi neri, descritti a livello teorico da Schwarzschild nel 1916 e da Oppenheimer nel 1939 utilizzando la concezione relativistica della relatività della gravitazione, sono caratterizzati dalla capacità di attrarre ed inglobare qualsiasi oggetto o qualsiasi radiazione (luce compresa) transiti vicino ad essi: sono una specie di foro nella struttura dello spazio-tempo. L'elemento che caratterizza un buco nero è l'orizzonte degli eventi che delimita una zona al cui interno la velocità di fuga (la velocità che deve possedere un corpo in movimento per sfuggire ad un campo gravitazionale) è superiore alla velocità della luce: questo significa che un qualsiasi oggetto che penetri entro l'orizzonte degli eventi non potrà più uscirne poiché, secondo la teoria della relatività nulla può superare la velocità della luce.



Buchi Neri

Dinamica delle stelle intorno ad un buco nero



Il Cono di Luce di Minkowski: viaggiare nel tempo ai confini con la fantascienza

Cono di Luce

Il cono in alto rappresenta il possibile futuro nello Spazio-Tempo

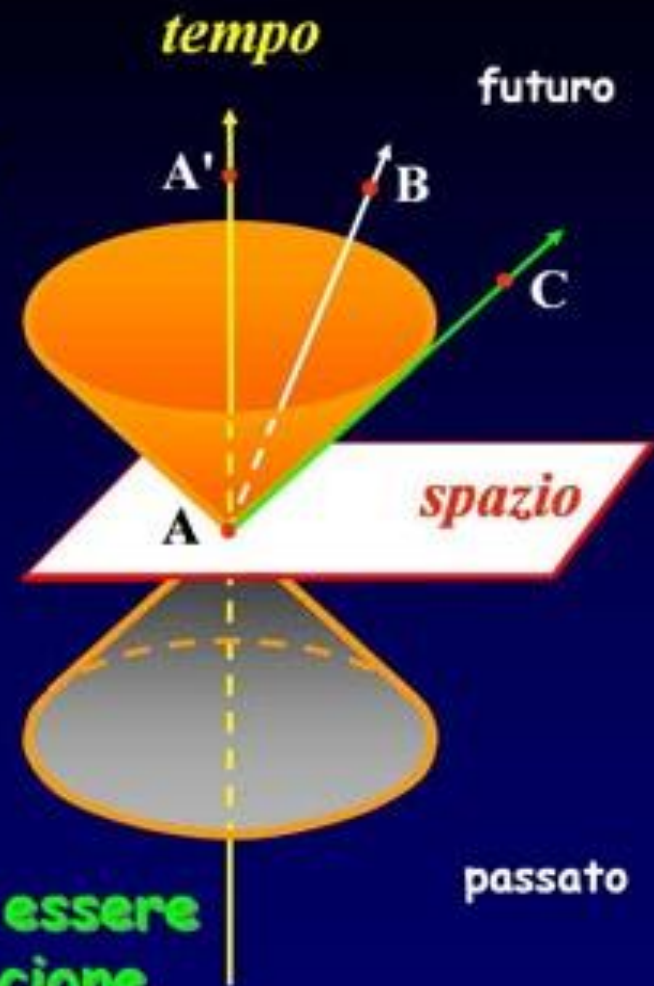
Il punto A' rappresenta il futuro di A senza alcun movimento nello spazio

Il punto B rappresenta il futuro di A in movimento ad una certa velocità

Il punto C rappresenta il futuro di A in movimento alla velocità della luce

A **NON** può muoversi verso il passato

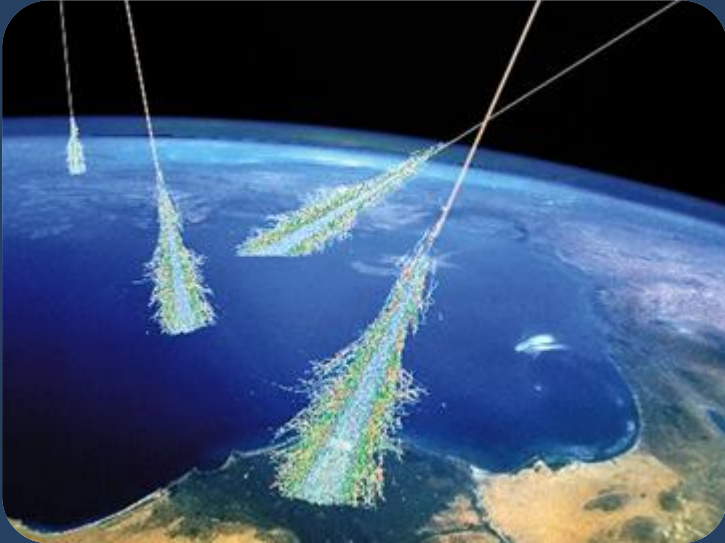
Tutto il futuro di A deve essere contenuto nel cono arancione



Il Cono di Luce di Minkowski: viaggiare nel tempo ai confini con la fantascienza



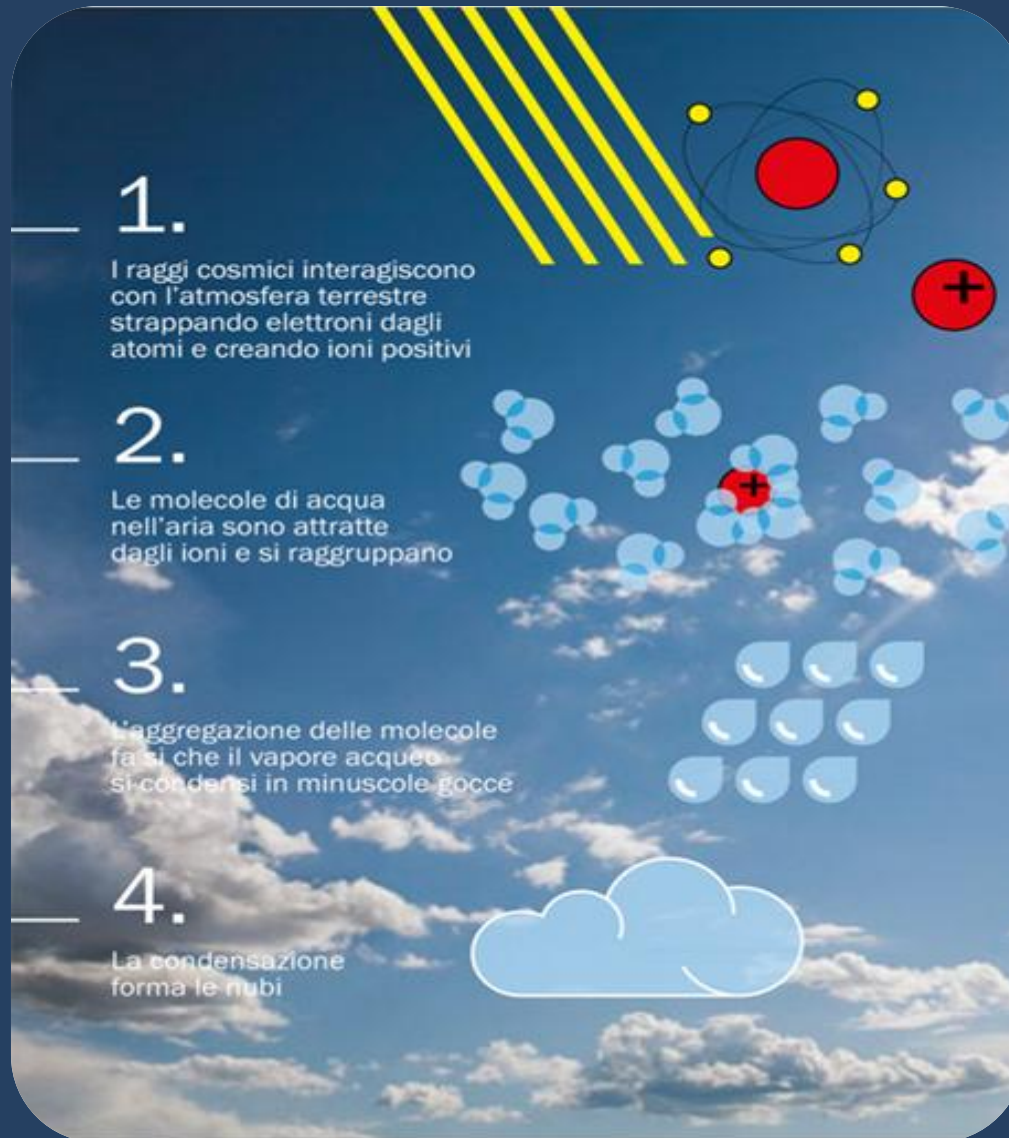
Raggi Cosmici e Clima

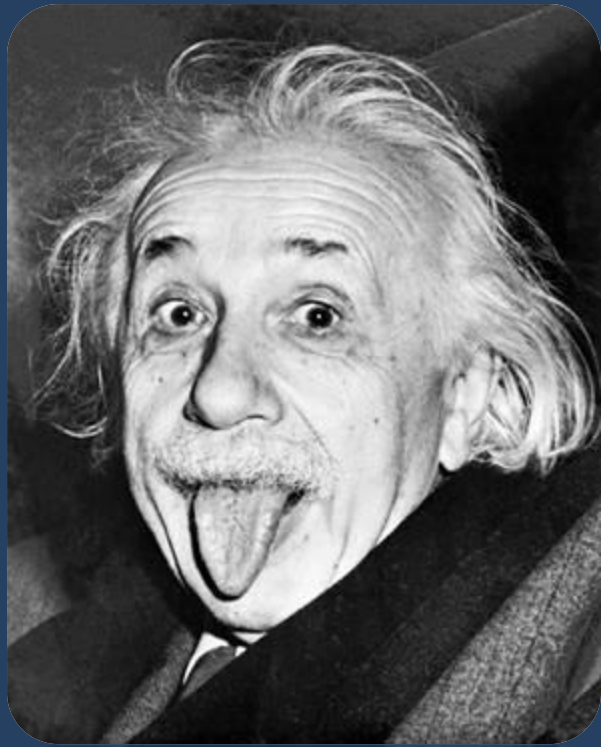


Nel bilancio energetico della Terra e del suo clima, le nubi hanno un ruolo fondamentale. In particolare, si stima che in base alla tipologia delle nubi, dell'altezza e del loro contenuto di polveri e corpuscoli, o gocce disperse nell'aria (aerosol), la copertura nuvolosa possa determinare un raffreddamento, in termini di perdita di potenza energetica per unità di superficie, di 30 watt per metro quadrato.

È certamente un valore importante se il fenomeno nuvoloso copre una porzione rilevante del globo e se è persistente nel tempo: una copertura nuvolosa su vasta scala potrebbe contribuire a un raffreddamento globale del nostro pianeta, così come la sua assenza potrebbe favorirne il riscaldamento. Il dibattito scientifico sull'argomento è ancora aperto e lo è in modo particolare la valutazione dell'aspetto di scala spaziale del fenomeno nuvoloso, che potrebbe influire sul clima in misura limitata a livello regionale, ma considerevole a livello globale.

Raggi Cosmici e Clima





Grazie a tutti per l'attenzione

The End