



# Origine degli Elementi: Polvere di stelle

Diego Tesauro

23 novembre 2019

IX AstroUAN\_Meeting

# La Tavola Periodica degli Elementi a fumetti

Periodi	Metalli Alcalini Gruppo 1	Metalli Alcalino Terrosi 2	Metalli di Transizione										Gruppo Boro 13	Gruppo carbonio 14	Gruppo azoto 15	Gruppo ossigeno 16	Alogeni 17	Gas Nobili 18												
1	H idrogeno Sole e Stelle	He elio Palloncini											B boro Attrezzature Sportive	C carbonio Molecole alla base della Vita	N azoto Proteine	O ossigeno Aria	F fluoro Dentifricio	Ne neon Cartelloni Pubblicitari												
2	Li litio Batterie	Be berillio Smeraldi											Al alluminio Aeroplani	Si silicio Rocce, sabbia e terreno	P fosforo Ossa	S zolfo Uova	Cl cloro Piscine	Ar argon Lampadine												
3	Na sodio Sale	Mg magnesio Clorofilla											K potassio Frutta e Verdura	Ca calcio Conchiglie e Ossa	Sc scandio Biciclette	Ti titanio Aerospazio	V vanadio Molle	Cr cromo Acciaio Inossidabile	Mn manganese Ruspe	Fe ferro Strutture in Acciaio	Co cobalto Magneti	Ni nichel Monete	Cu rame Cavi Elettrici	Zn zinco Strumenti in Ottone	Ga gallio Diodi luminosi (LED)	Ge germanio Semiconduttori Elettronici	As arsenico Veleno	Se selenio Fotocopiatrici	Br bromo Pellicole Fotografiche	Kr kripton Torce
4	Rb rubidio Sistemi di Navigazione	Sr stronzio Fuochi d'Artificio	Y ittrio Laser	Zr zirconio Condotte per Prodotti Chimici	Nb niobio Treni a Levitazione	Mo molibdeno Forbici e Cesio	Tc tecnezio Diagnostica con radiazioni	Ru rutenio Interruttori Elettrici	Rh rodio Riflettori Proiettori	Pd palladio Controllo Inquinamento	Ag argento Gioielli	Cd cadmio Vernici	In indio Schermi LCD	Sn stagno Barattoli per Cibo	Sb antimonio Batterie per Auto	Te tellurio Refrigeratori Termoelettrici	I iodio Disinfettante	Xe xenon Lampade ad Alta Intensità												
5	Cs cesio Orologi Atomici	Ba bario Diagnostica a Raggi X	La lantanio Lenti per Telescopi	Ce cerio Pietre focaie per Accendini	Pr praseodimio Occhiali da Saldatore	Nd neodimio Magneti per Motori Elettrici	Pm promezio Quadranti Luminosi	Sm samario Magneti per Motori Elettrici	Eu europio Colori nelle Televisioni	Gd gadolinio Risonanze Magnetiche	Tb terbio Lampade Fluorescenti	Dy disprosio Attuatori Meccanici	Ho olmio Chirurgia Laser	Er erbio Fibre Ottiche per Telecomunicazioni	Tm tulio Chirurgia Laser	Yb itterbio Fibre Laser Scientifiche	Lu lutezio Medicina Fotodinamica													
6	Fr francio Trappole laser Atomiche	Ra radio Orologi Luminescenti	Ac attinio Medicina Radioattiva	Th torio Reticelle per Lampade a Gas	Pa protattinio Spazzatura Radioattiva	U uranio Energia Nucleare	Np nettunio Spazzatura Radioattiva	Pu plutonio Armi Nucleari	Am americio Sensori per il fumo	Cm curio Analizzatori per Minerali	Bk berkelio Spazzatura Radioattiva	Cf californio Analizzatori per Minerali	Es einstenio Radioattivo, mai scoperto in natura, usato esclusivamente nella ricerca nucleare	Fm fermio Radioattivo, mai scoperto in natura, usato esclusivamente nella ricerca nucleare	Md mendelevio Radioattivo, mai scoperto in natura, usato esclusivamente nella ricerca nucleare	No nobelio Radioattivo, mai scoperto in natura, usato esclusivamente nella ricerca nucleare	Lr laurenzio Radioattivo, mai scoperto in natura, usato esclusivamente nella ricerca nucleare													
7																														
8																														

**Simbolo Atomico**  
A

**Numero Atomico**  
Z

**Simbolo**  
io

**Nome**  
Riferimento

Come è (o era) usato o dove si trova in natura

**Solido**  
Il colore del simbolo è il colore dell'elemento nella sua forma più comune.

**Liquido**  
Esempi: liquido rosso

**Gas**  
a temperatura ambiente  
Esempi: gas incolore

**Corpo Umano**  
dieci elementi più abbondanti in peso

**Crosta Terrestre**  
dieci elementi più abbondanti in peso

**Magnetico**  
ferromagnetismo a temperatura ambiente

**Metalli Nobili**  
resistente alla corrosione

**Radioattivo**  
tutti gli isotopi sono radioattivi

**Solo Tracce Trovate in Natura**  
Meno di un milionesimo (%) nella Crosta Terrestre

**Mai Trovato in Natura**  
Creato artificialmente dall'uomo

**Colore Chiave**

Metalli ← → Non-metalli

Metalli Alcalino-terrosi  
Metalli Alcalini  
Metalli di Transizione  
Elementi Superpesanti  
Metalli delle Terre Rare  
Metalli Attinidi  
Non-metalli  
Metalloidi  
Metalli Poveri  
Alogeni  
Gas Nobili

# La tavola periodica della vita

1 <b>H</b> 1.008 Hydrogen																	2 <b>He</b> 4.003 Helium
3 <b>Li</b> 6.941 Lithium	4 <b>Be</b> 9.012 Beryllium											5 <b>B</b> 10.81 Boron	6 <b>C</b> 12.011 Carbon	7 <b>N</b> 14.007 Nitrogen	8 <b>O</b> 15.999 Oxygen	9 <b>F</b> 18.998 Fluorine	10 <b>Ne</b> 20.180 Neon
11 <b>Na</b> 22.990 Sodium	12 <b>Mg</b> 24.305 Magnesium											13 <b>Al</b> 26.982 Aluminum	14 <b>Si</b> 28.086 Silicon	15 <b>P</b> 30.974 Phosphorus	16 <b>S</b> 32.065 Sulfur	17 <b>Cl</b> 35.453 Chlorine	18 <b>Ar</b> 39.948 Argon
19 <b>K</b> 39.098 Potassium	20 <b>Ca</b> 40.078 Calcium	21 <b>Sc</b> 44.956 Scandium	22 <b>Ti</b> 47.867 Titanium	23 <b>V</b> 50.942 Vanadium	24 <b>Cr</b> 51.996 Chromium	25 <b>Mn</b> 54.938 Manganese	26 <b>Fe</b> 55.845 Iron	27 <b>Co</b> 58.933 Cobalt	28 <b>Ni</b> 58.693 Nickel	29 <b>Cu</b> 63.546 Copper	30 <b>Zn</b> 65.38 Zinc	31 <b>Ga</b> 69.723 Gallium	32 <b>Ge</b> 72.630 Germanium	33 <b>As</b> 74.922 Arsenic	34 <b>Se</b> 78.96 Selenium	35 <b>Br</b> 79.904 Bromine	36 <b>Kr</b> 83.80 Krypton
37 <b>Rb</b> 85.468 Rubidium	38 <b>Sr</b> 87.62 Strontium	39 <b>Y</b> 88.906 Yttrium	40 <b>Zr</b> 91.224 Zirconium	41 <b>Nb</b> 92.906 Niobium	42 <b>Mo</b> 95.94 Molybdenum	43 <b>Tc</b> 98 Technetium	44 <b>Ru</b> 101.07 Ruthenium	45 <b>Rh</b> 102.91 Rhodium	46 <b>Pd</b> 106.42 Palladium	47 <b>Ag</b> 107.87 Silver	48 <b>Cd</b> 112.41 Cadmium	49 <b>In</b> 114.82 Indium	50 <b>Sn</b> 118.71 Tin	51 <b>Sb</b> 121.76 Antimony	52 <b>Te</b> 127.60 Tellurium	53 <b>I</b> 126.90 Iodine	54 <b>Xe</b> 131.29 Xenon
55 <b>Cs</b> 132.91 Cesium	56 <b>Ba</b> 137.33 Barium	57 - 71 <b>La - Lu</b>	72 <b>Hf</b> 178.49 Hafnium	73 <b>Ta</b> 180.95 Tantalum	74 <b>W</b> 183.84 Tungsten	75 <b>Re</b> 186.21 Rhenium	76 <b>Os</b> 190.23 Osmium	77 <b>Ir</b> 192.22 Iridium	78 <b>Pt</b> 195.08 Platinum	79 <b>Au</b> 196.97 Gold	80 <b>Hg</b> 200.59 Mercury	81 <b>Tl</b> 204.38 Thallium	82 <b>Pb</b> 207.2 Lead	83 <b>Bi</b> 208.98 Bismuth	84 <b>Po</b> 209 Polonium	85 <b>At</b> 210 Astatine	86 <b>Rn</b> 222 Radon
87 <b>Fr</b> 223 Francium	88 <b>Ra</b> 226 Radium	89 <b>Ac</b> 227 Actinide	90 <b>Th</b> 232.04 Thorium	91 <b>Pa</b> 231.04 Protactinium	92 <b>U</b> 238.03 Uranium												



Bulk biological elements



Trace elements believed to be essential for bacteria, plants or animals



Possibly essential trace elements for some species

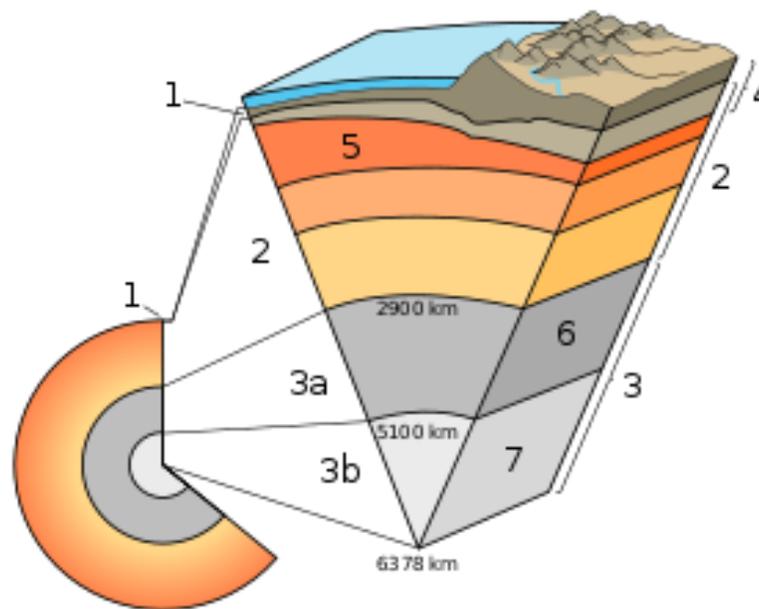
# Composizione della materia vivente

Ossigeno	52.3%
Carbonio	39.5%
Idrogeno	6.6%
Azoto	0.5%
Calcio	0.4%
Potassio	0.2%



# Composizione della Litosfera

Ossigeno	46.4%
Silicio	27.8%
Alluminio	8.1%
Ferro	5.0%
Calcio	3.7%
Sodio	2.8%
Potassio	2.6%
Magnesio	2.1%
Titanio	0.4%



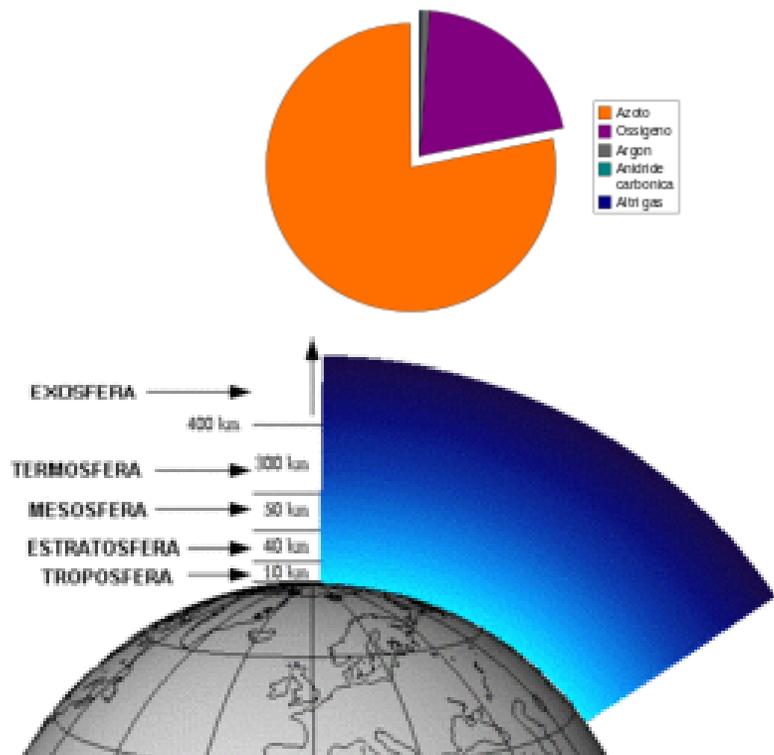
Litosfera Zona 4  
Dai 70-75 fino a 100-110 Km

# Composizione dell'idrosfera

Ossigeno	85,90%
Idrogeno	10,60%
Cloro	2,10%
Sodio	1,10%



# Composizione dell'atmosfera



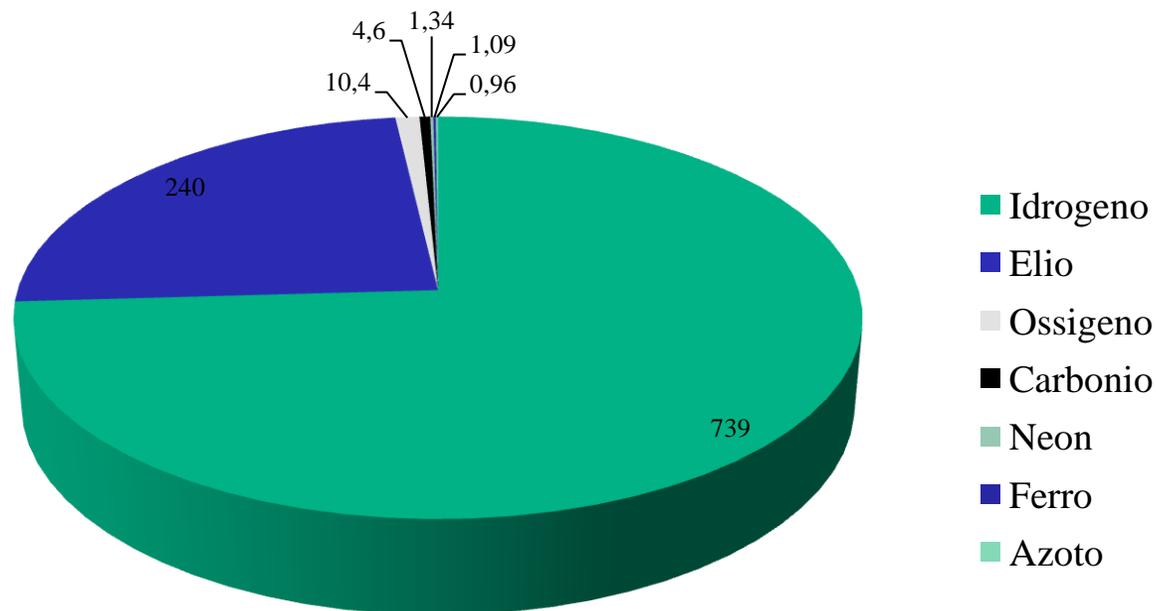
## Composizione in massa

Azoto	75,4%
Ossigeno	22,9%
Argon	1,1%

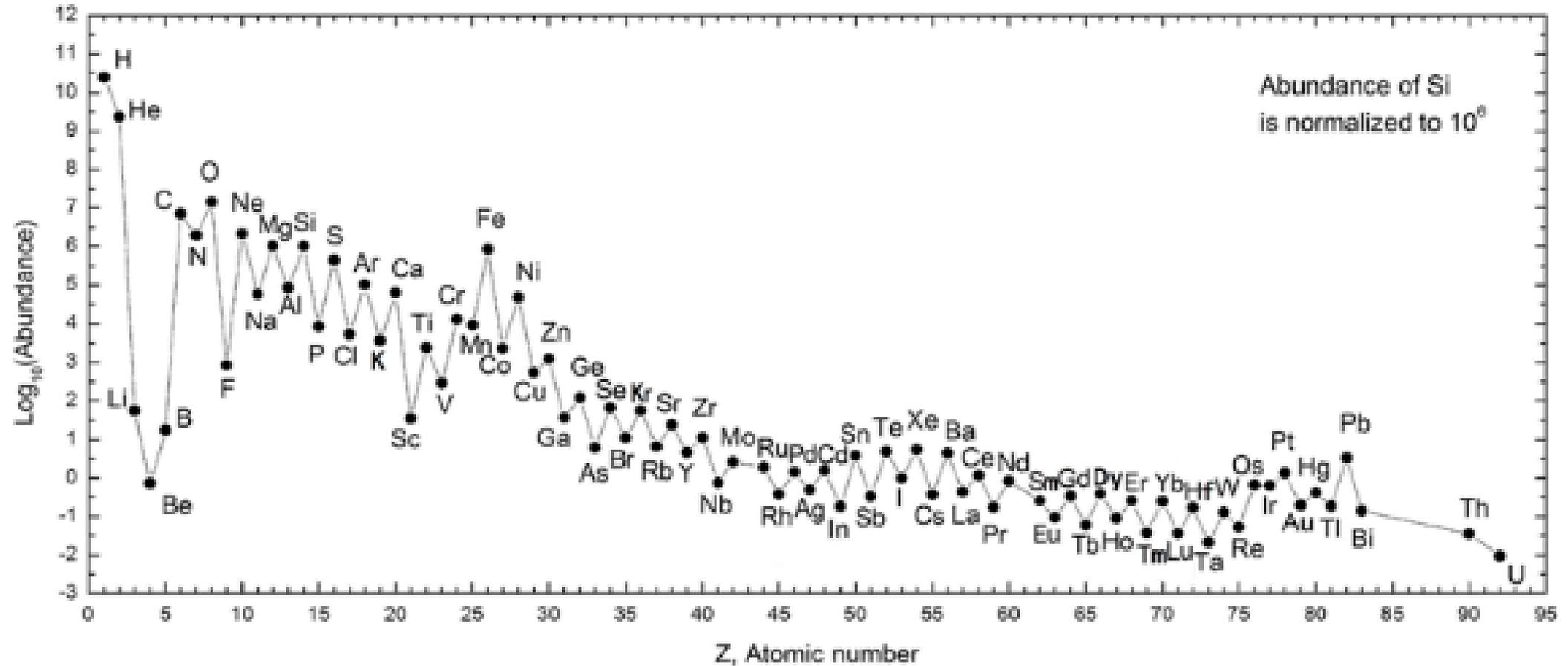
# Composizione dell'Universo

Ogni 1000 atomi:

Idrogeno	739
Elio	240
Ossigeno	10,4
Carbonio	4,6
Neon	1,34
Ferro	1,09
Azoto	0,96
Silicio	0,650
Magnesio	0,58
Zolfo	0,44



# Abbondanza elementi dello spazio





- Gli elementi chimici sono i costituenti ultimi della materia?
- Gli elementi sono immutabili nel tempo?

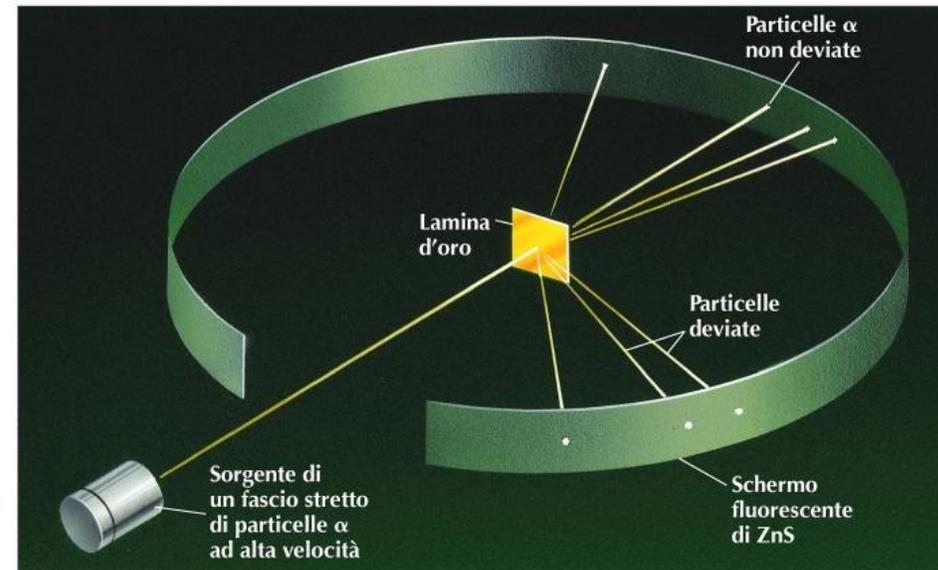
## Atomo di Thomson



© 2008 Pearson Education, Inc. All rights reserved.



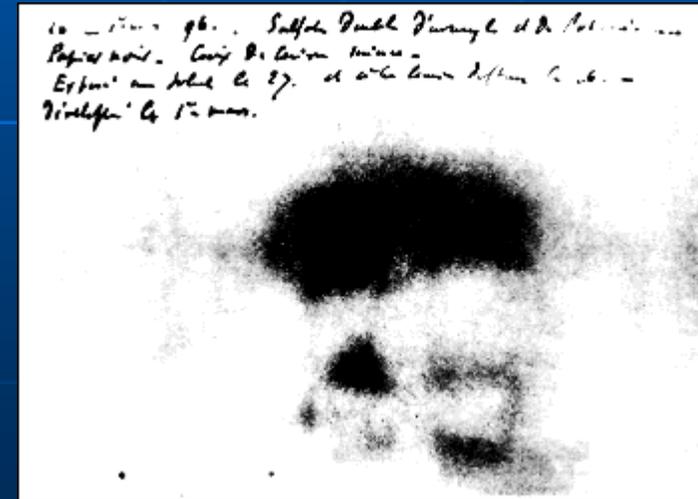
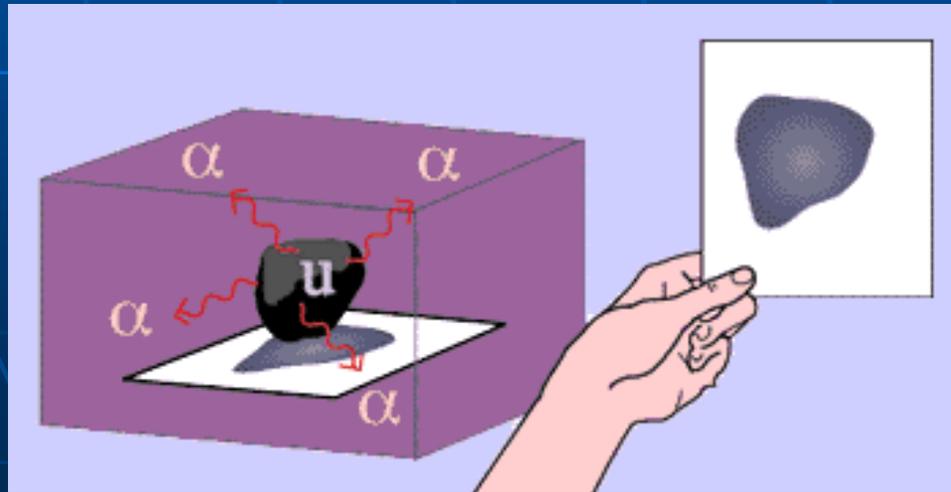
## Esperimento di Rutherford



# Scoperta della Radioattività



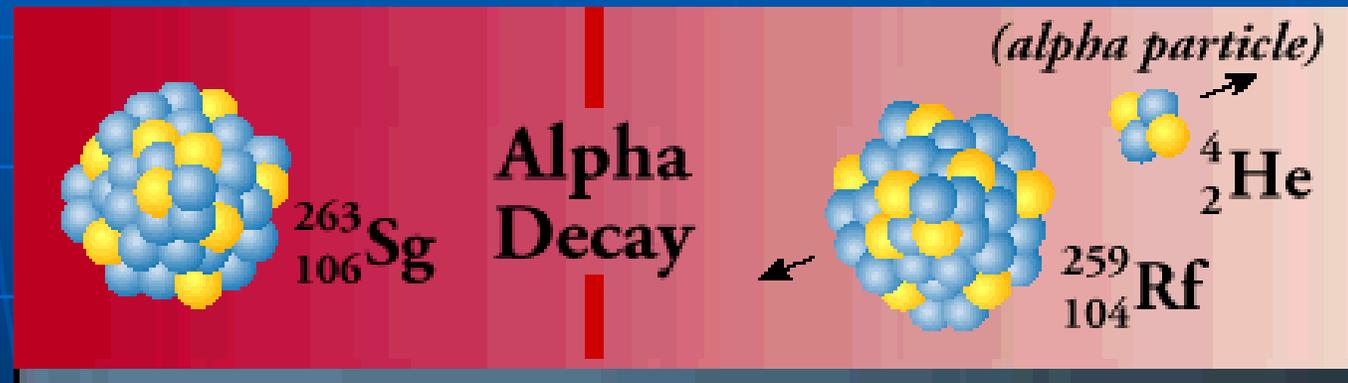
**1896:** Radiazione dell' Uranio è scoperta accidentalmente da Henri Becquerel



# Decadimento Alfa

Si verifica più spesso in un nucleo massiccio che ha un rapporto protoni / neutroni troppo grande

→ Produce alfa particelle (nuclei di He)



Genitore: Seaborgio

Figlio: Rutherfordio + alfa

# Decadimento Beta

Si verifica quando un nucleo ha troppi protoni o troppi neutroni e pertanto uno dei protoni è trasformato in neutrone o viceversa

↳ Produce elettroni or positroni (elettroni positivi)



Genitore: Carbonio    Figlio: Azoto + elettrone + neutrino

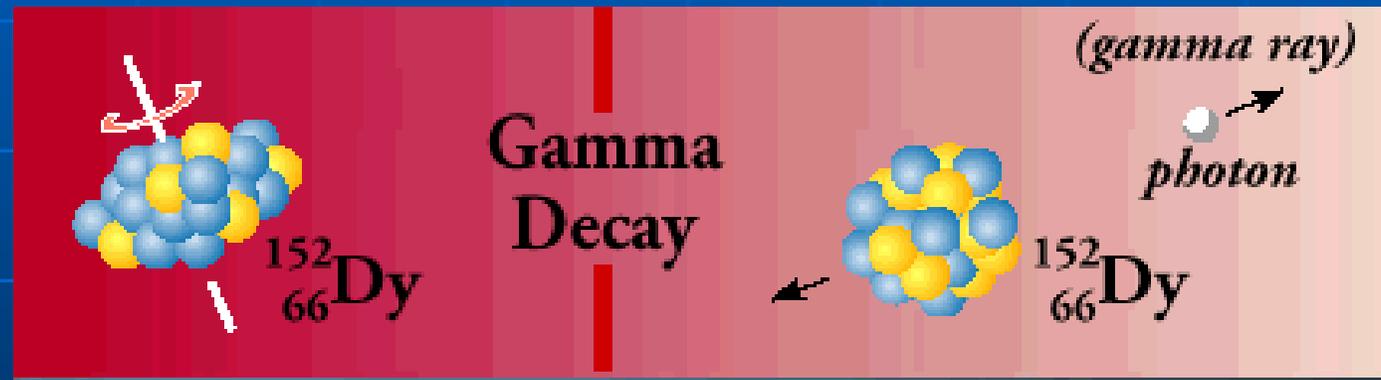


Genitore: Fluoro    Figlio: Ossigeno + positrone+ neutrino

# Decadimento Gamma

Si verifica quando l'energia nucleare è troppo alta

↳ Una "particella" gamma (Fotone ad alta energia) è emessa dal nucleo



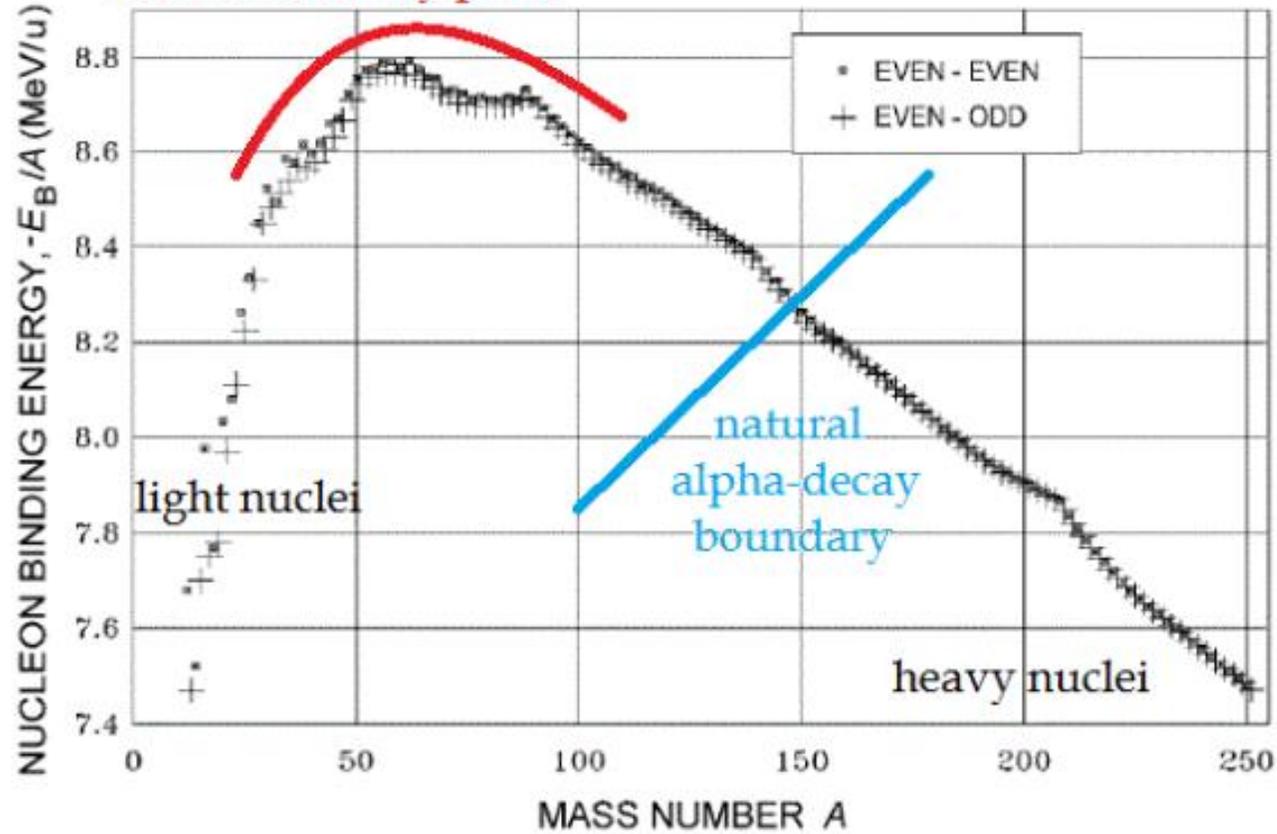
Genitore: Disprosio

Figlio: Uguale al genitore

**Radiazione più pericolosa!**

# Nucleon Binding-energy \ atomic mass

nuclear stability peak





**Le particelle che costituiscono l'atomo  
sono particelle fondamentali?**

**Quando e Dove hanno origine gli  
elementi?**

# Big Bang

15 thousand million years

1 thousand million years

300 thousand years

3 minutes

1 second

$10^{-10}$  seconds

$10^{-34}$  seconds

$10^{-43}$  seconds

$10^{32}$  degrees

$10^{27}$  degrees

$10^{15}$  degrees

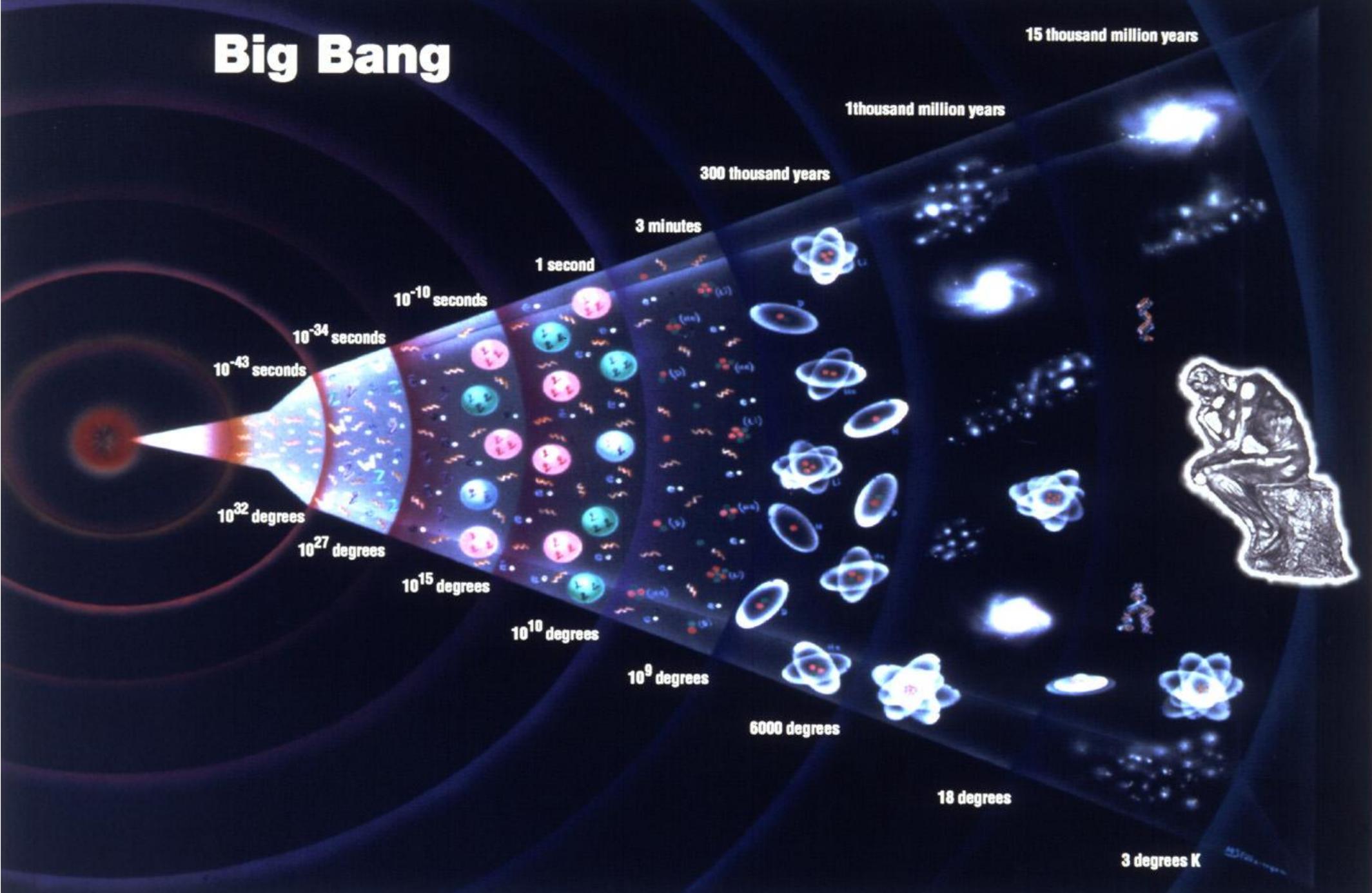
$10^{10}$  degrees

$10^9$  degrees

6000 degrees

18 degrees

3 degrees K



# Era di Planck

Diametro dell'Universo:  $10^{-43}$  m  
Tempo 0

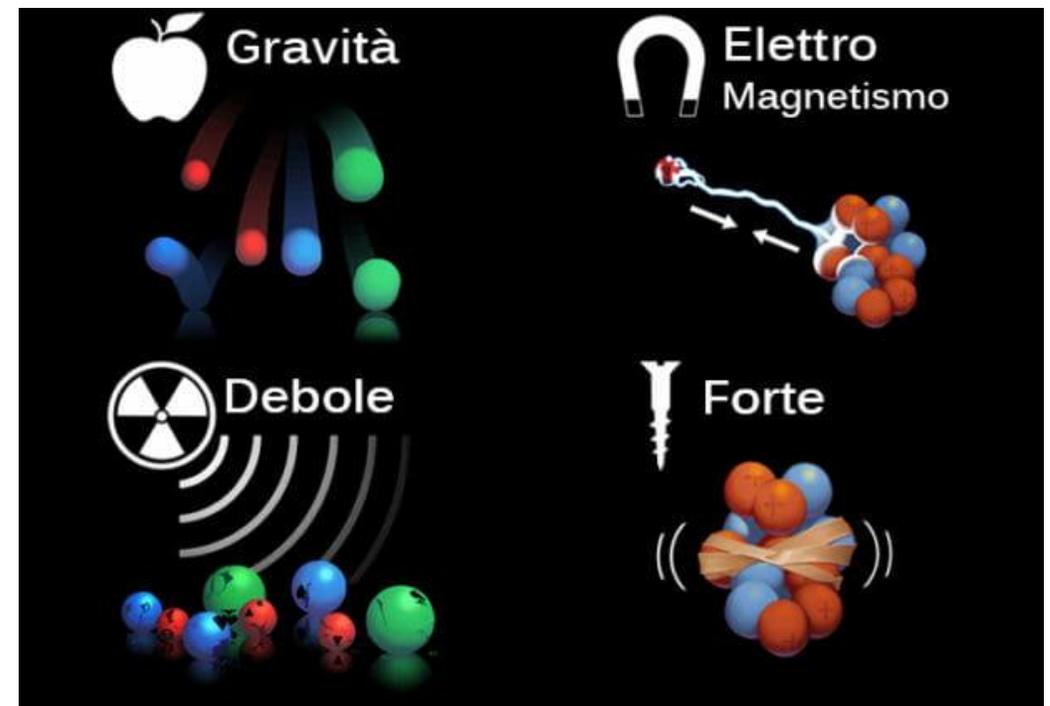


# Era di grande unificazione

Diametro dell'Universo:  $10^{-35}$  m  
Temperatura:  $10^{30}$  K  
Tempo dopo il Big Bang: 1 decimiliardesimo di miliardesimo di yoctosecondo ( $10^{-43}$  secondi)

# Modello standard

## Forze fondamentali



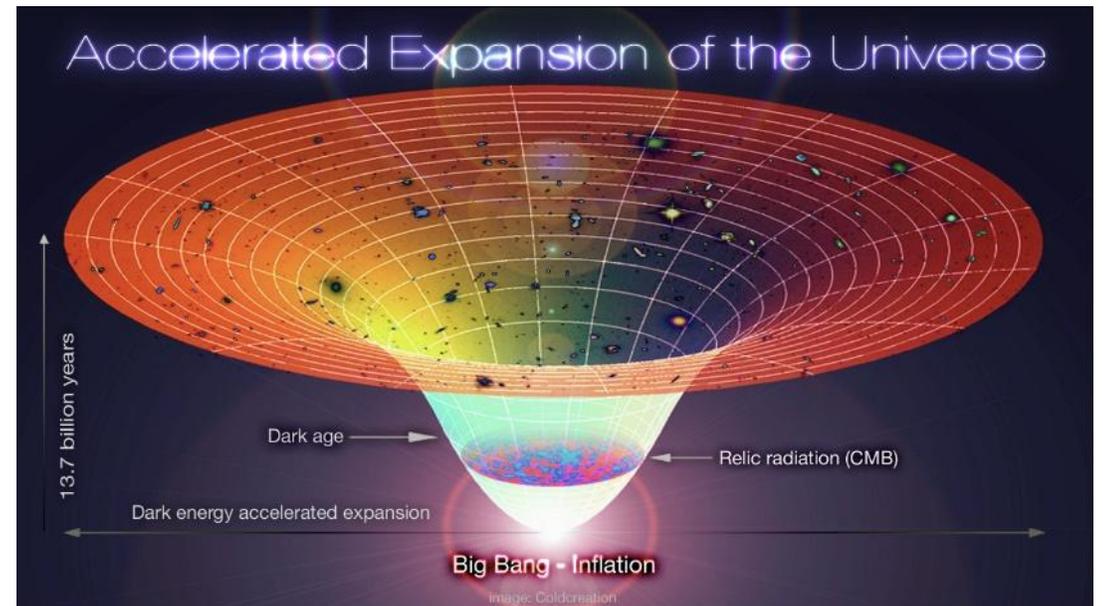
Interazione	Mediatore	Magnitudine relativa	Andamento asintotico	Raggio d'azione
<a href="#">Interazione forte</a>	<a href="#">gluone</a>	$10^{38}$	$r$	$1.4 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
<a href="#">Interazione elettromagnetica</a>	<a href="#">fotone</a>	$10^{36}$	$r^{-2}$	$\infty$
<a href="#">Interazione debole</a>	<a href="#">Bosoni W e Z</a>	$10^{25}$	$e^{-M r} r^{-1}$	$10^{-18} \text{ m}$
<a href="#">Interazione gravitazionale</a>	<a href="#">gravitone (?)</a>	1	$r^{-2}$	$\infty$

# Era Inflazione

**Diametro dell'Universo:**  $10^{-26}$  metri

**Temperatura:**  $10^{27}$  K, pari ad un miliardo di miliardi di miliardi di °C

**Tempo dopo il Big Bang:** 1 centomillesimo di yoctosecondo ( $10^{-35}$  secondi)



# Era debole

**Diametro dell'Universo:** 10 metri (l'Universo è diventato enormemente più grande a causa dell'inflazione)

**Temperatura:**  $10^{27}$  K, pari ad un miliardo di miliardi di miliardi di °C

**Tempo dopo il Big Bang:** un centomillesimo di yoctosecondo ( $10^{-32}$  secondi)

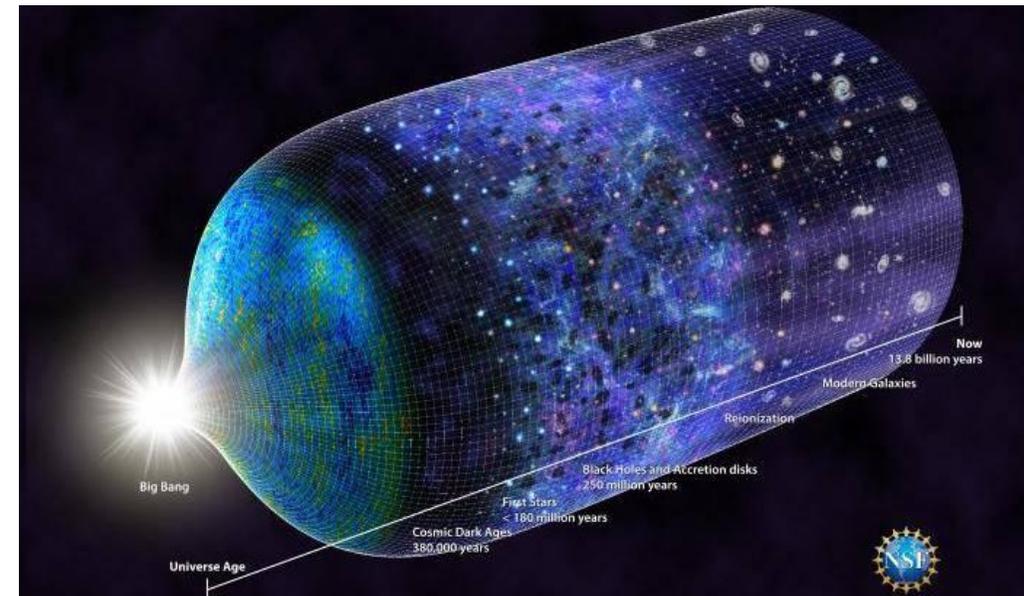
	Quarks		Leptons	
Generation 3	 <b>t</b> Top	 <b>b</b> Bottom	 <b>τ</b> Tau	 <b>ν<sub>τ</sub></b> Tau-neutrino
Generation 2	 <b>c</b> Charm	 <b>s</b> Strange	 <b>μ</b> Muon	 <b>ν<sub>μ</sub></b> Muon-neutrino
Generation 1	 <b>u</b> Up	 <b>d</b> Down	 <b>e</b> Electron	 <b>ν<sub>e</sub></b> Electron-neutrino

# Fine dell'era elettrodebole

**Diametro dell'Universo:**  $10^{12}$  metri (un miliardo di chilometri)

**Temperatura:**  $10^{15}$  K (pari ad un milione di miliardi di gradi Celsius)

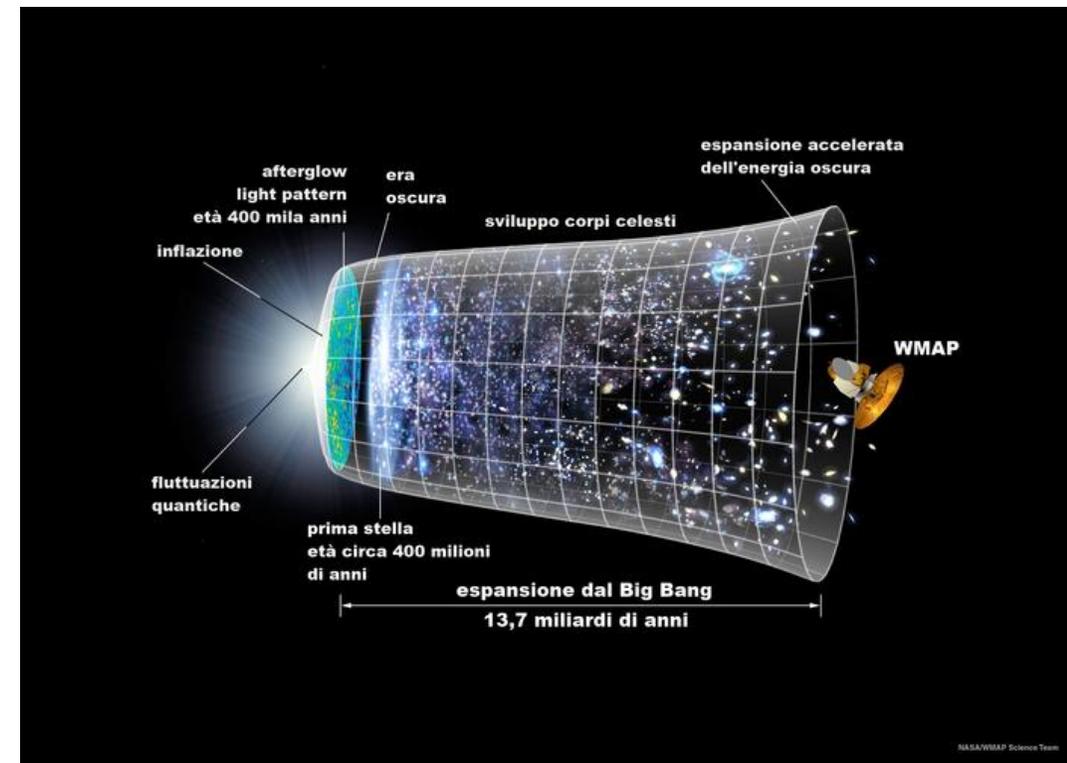
**Tempo dopo il Big Bang:** 1 nanosecondo, ossia  $10^{-9}$  secondi (un miliardesimo di secondo)





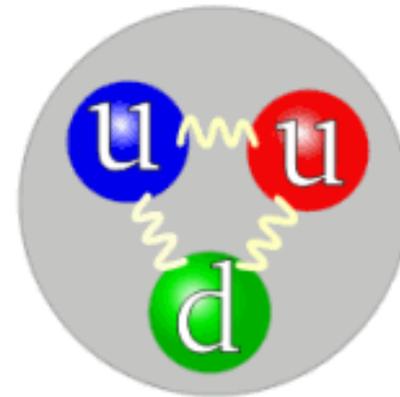
# Era degli adroni

**Diametro dell'Universo:** 100 miliardi di chilometri  
**Temperatura:**  $10^{13}$  K (pari a circa 10.000 miliardi di gradi Celsius)  
**Tempo dopo il Big Bang:** 1 microsecondo ( $10^{-6}$  secondi, un milionesimo di secondo)

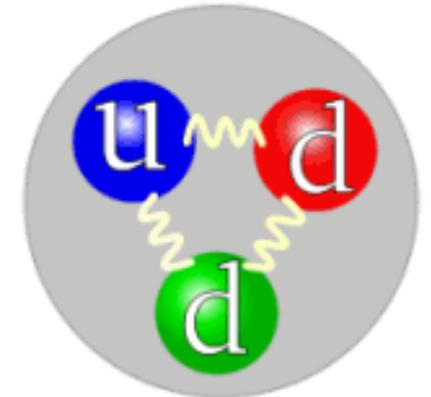


# Era dei leptoni

**Diametro dell'universo:** ?  
**Temperatura:**  $10^{12}$  K  
**Tempo dopo il Big Bang:**  $10^{-4}$  secondi dal Big-Bang



Proton



Neutron

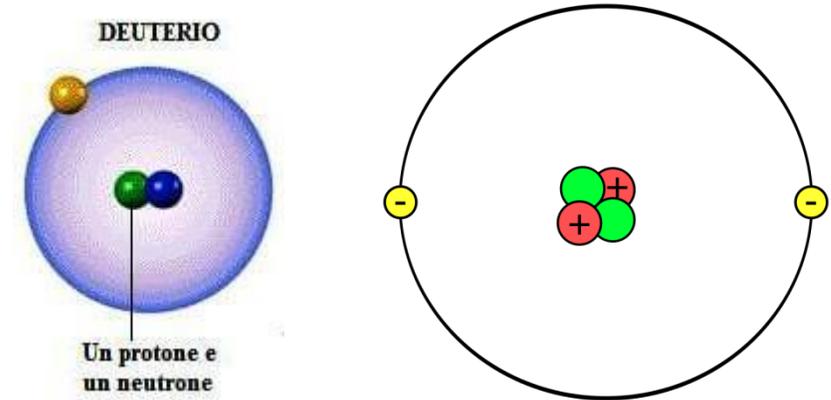
Quark composition of a proton and a neutron (diagrams from Wikipedia)

## Era della nucleosintesi

**Diametro dell'Universo:** più di 1000 miliardi di chilometri

**Temperatura:**  $10^{10}$  kelvin

**Tempo dopo il Big Bang:** 100 secondi



## Era dell'opacità

**Diametro dell'Universo:** fra 10 e 10.000 anni luce

**Temperatura:**  $10^8$  kelvin

**Tempo dopo il Big Bang:** 200 secondi.

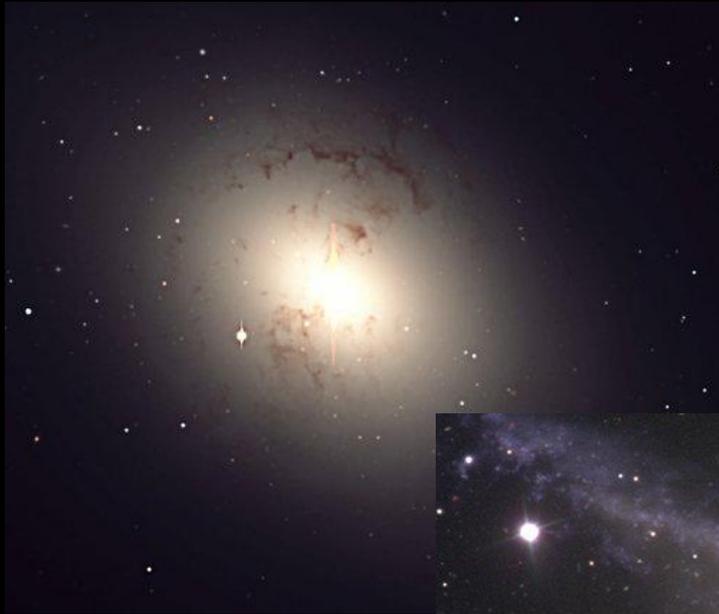
Si formano i primi elementi dalla fusione dell'idrogeno in elio per il 11% del totale, del litio e del deuterio e tracce di Berillio

IA	
H	IIA
Li	Be

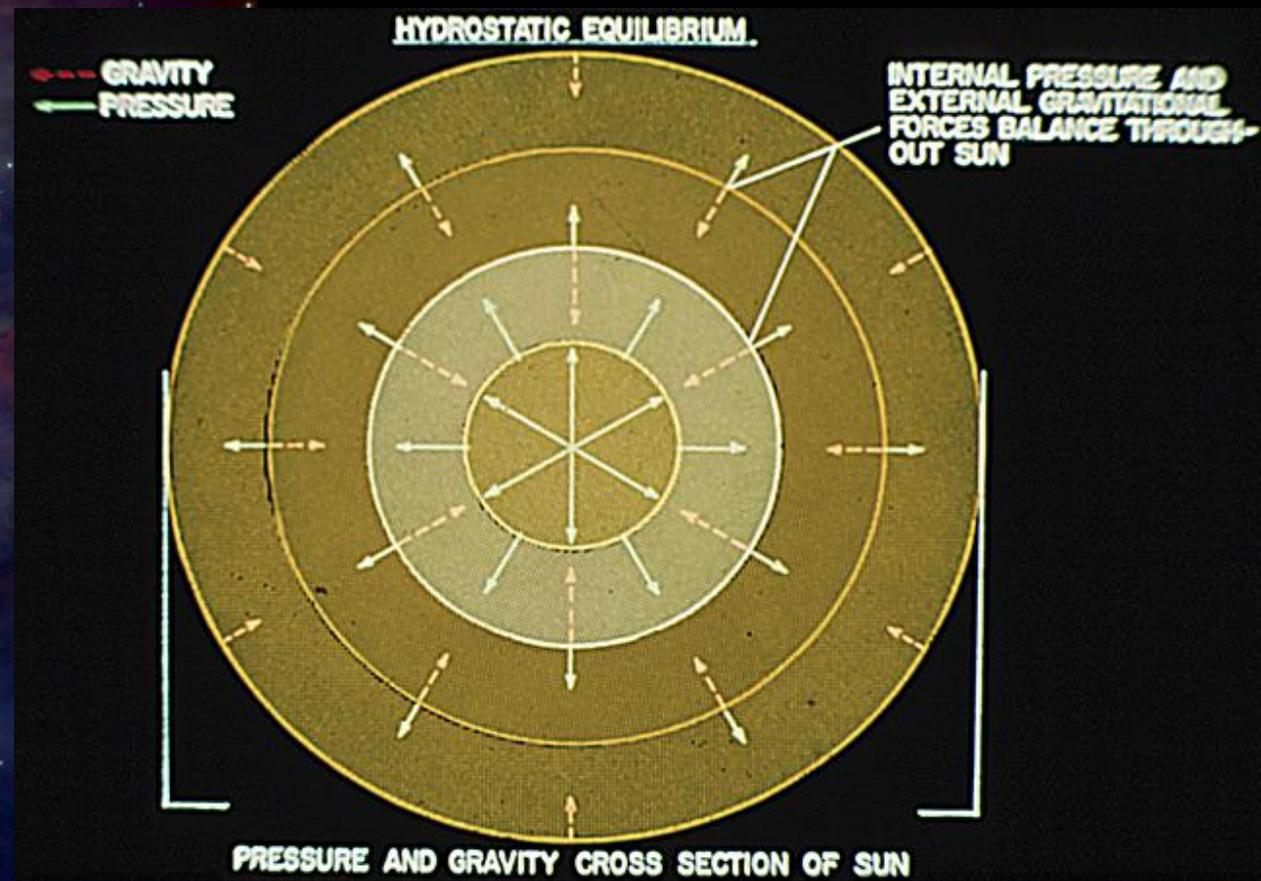
**Tavola Periodica a 500 sec. dal Big Bang**

VIIIA
He

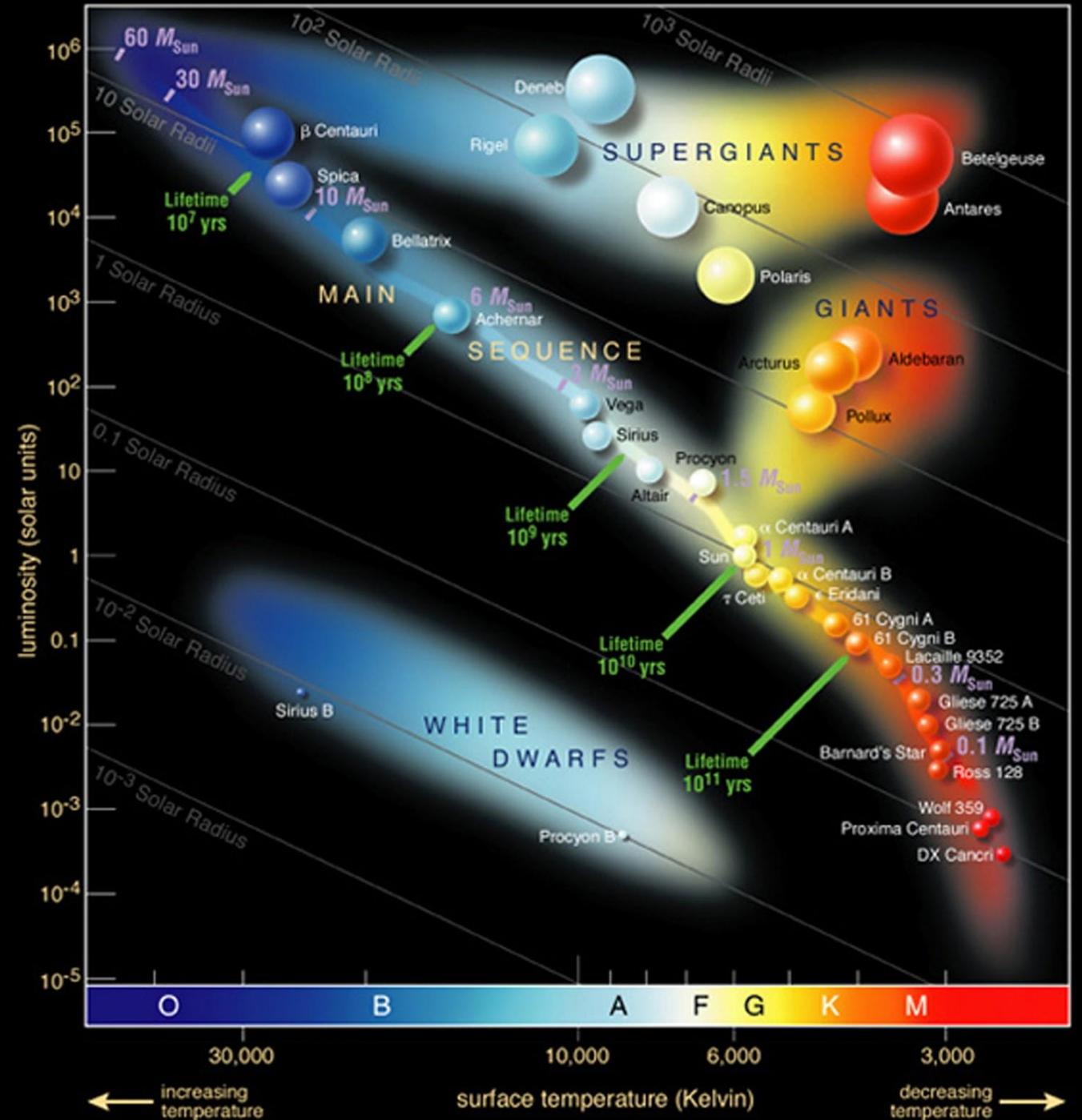
# Era della materia

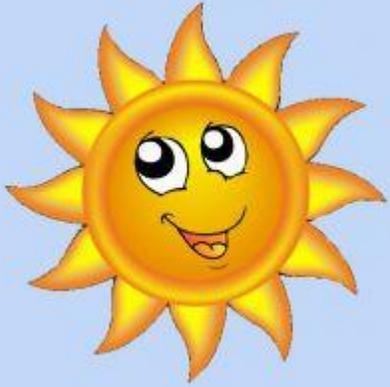


# Le stelle

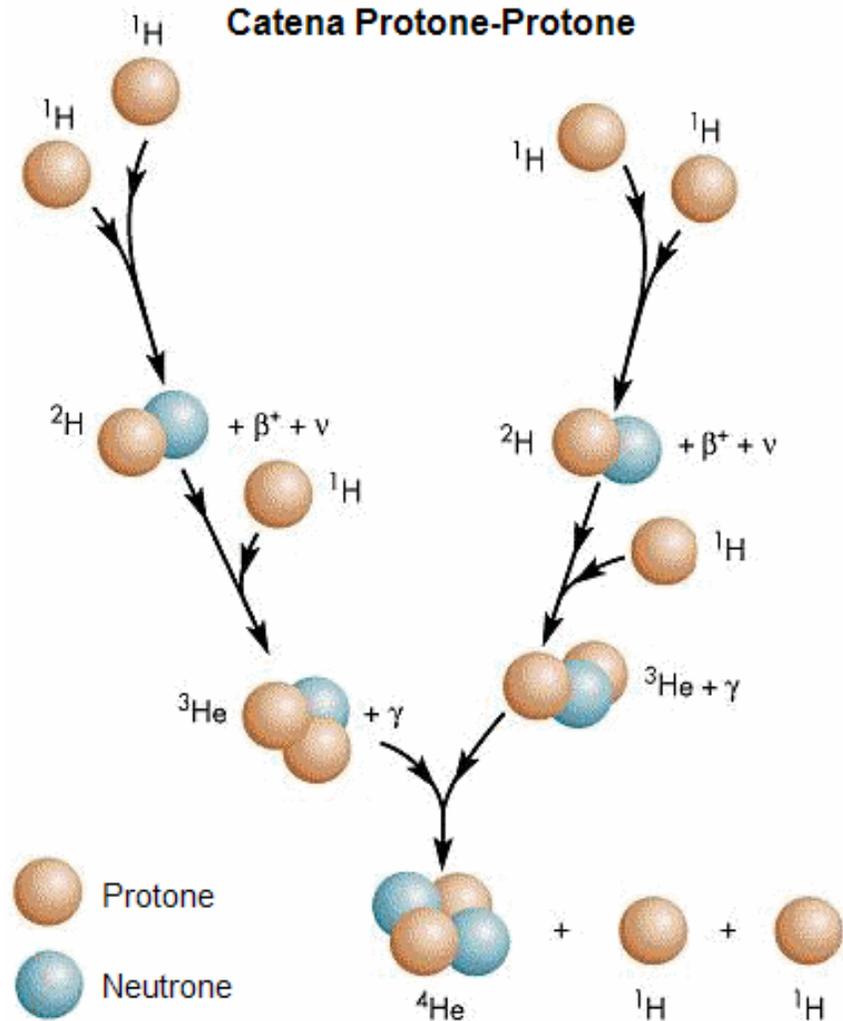
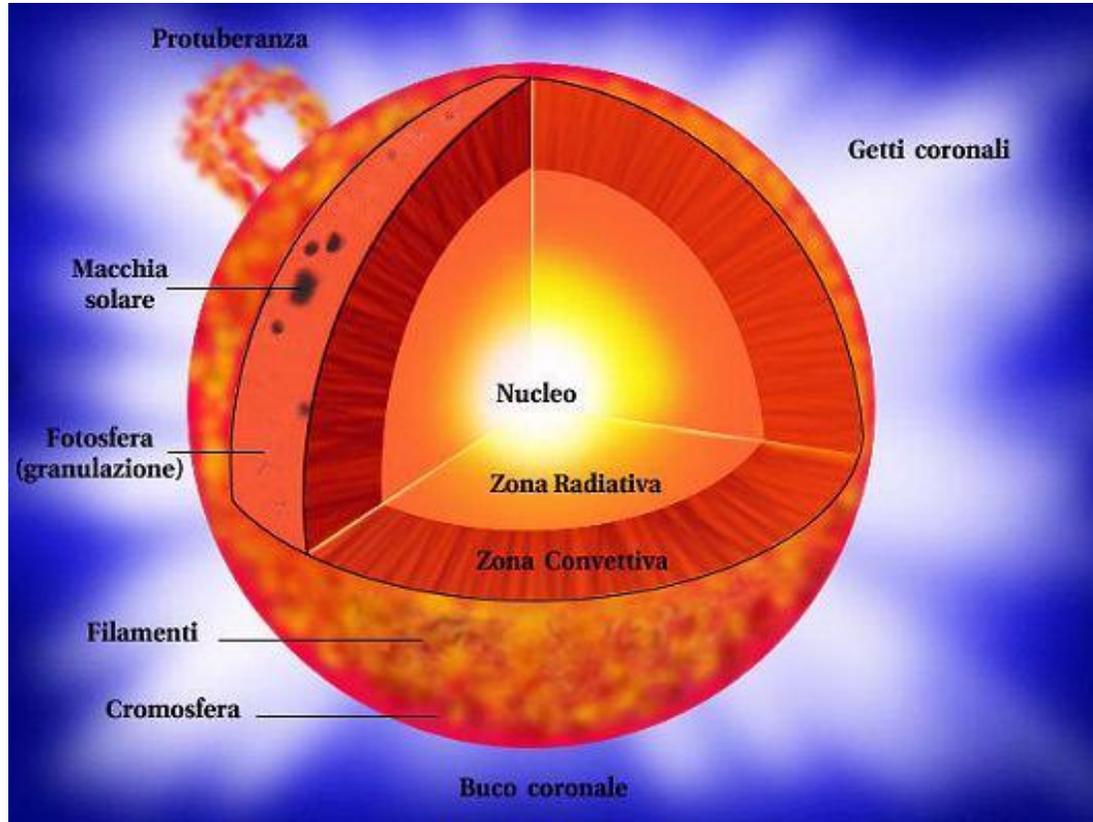


# Diagramma Herzprung Russell

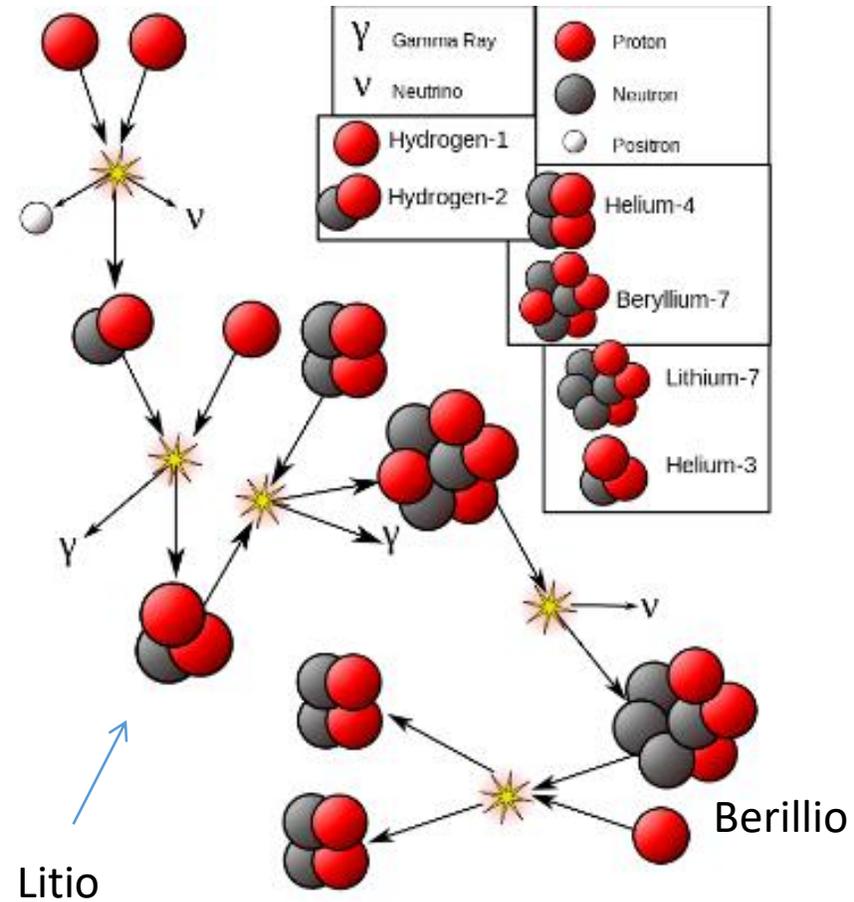
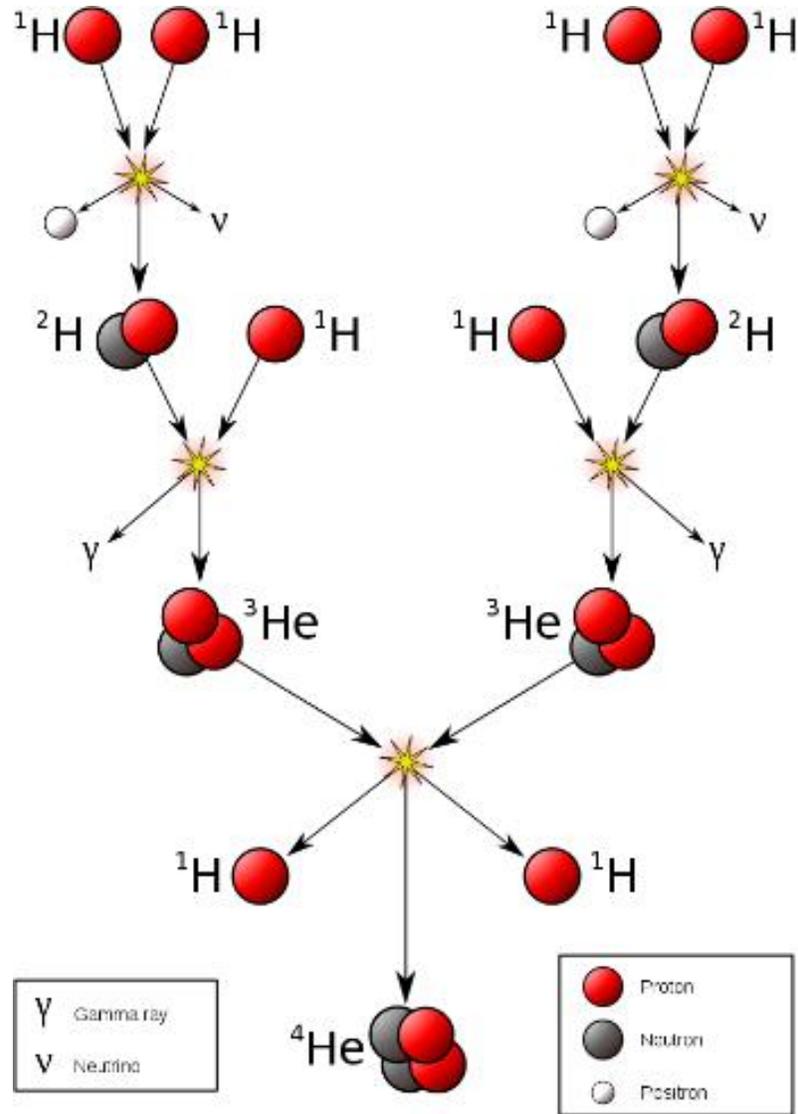




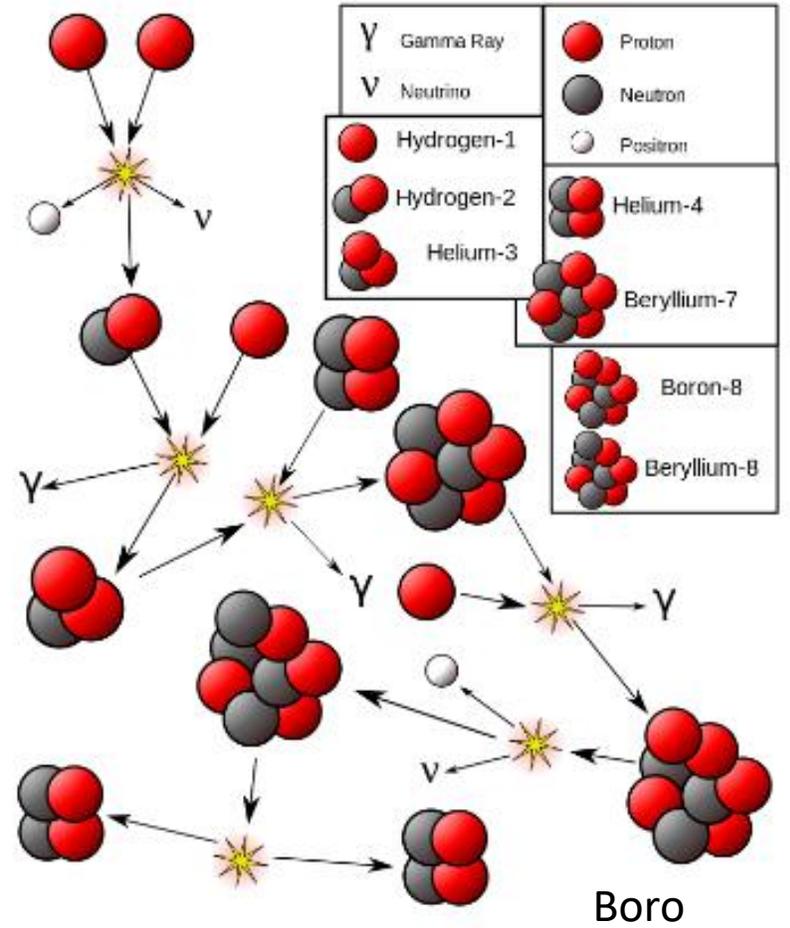
# Sintesi nuclei di Elio



# Sintesi nuclei di Elio

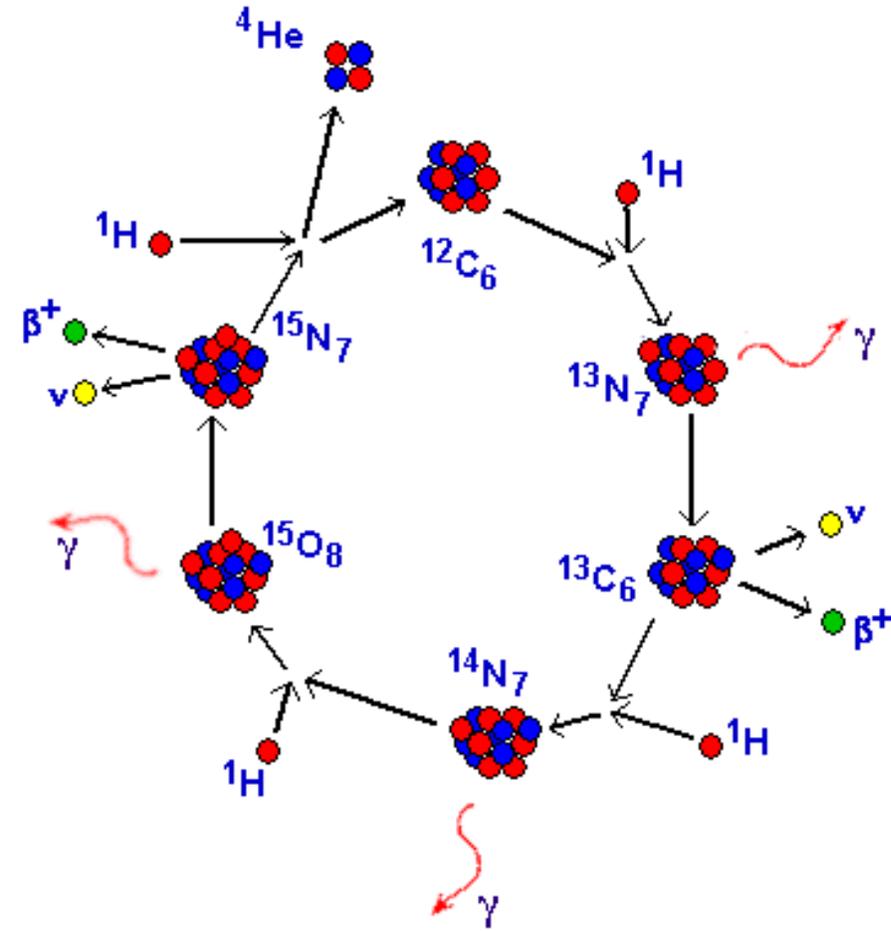


Proton-proton II chain reaction



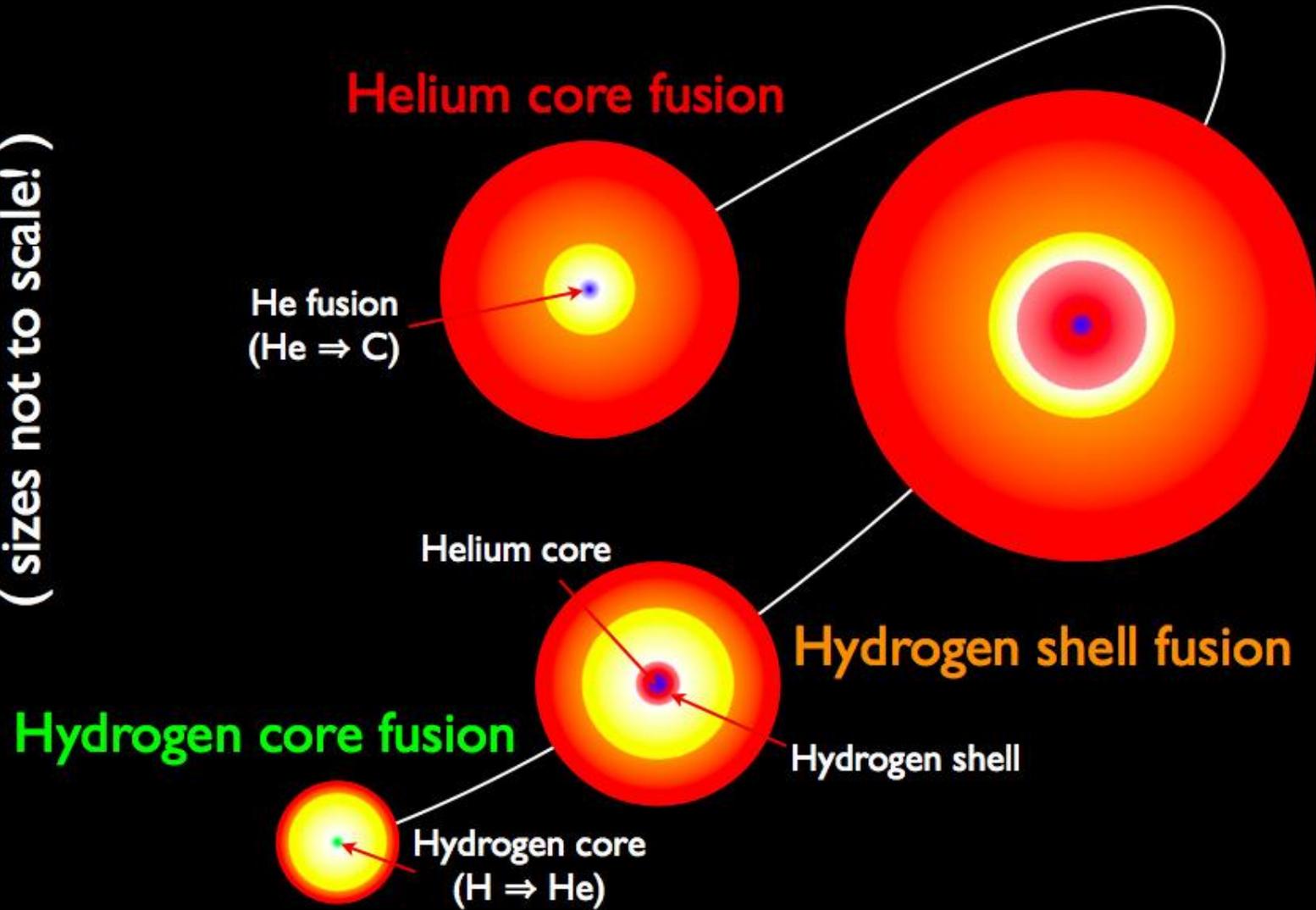
Proton-proton III chain reaction

# Ciclo carbonio-azoto-ossigeno

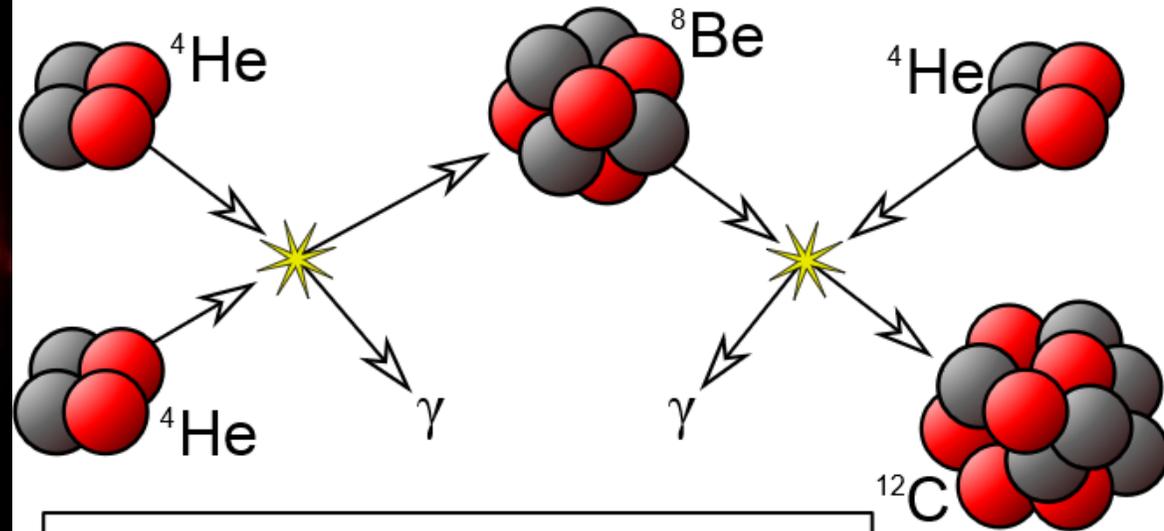
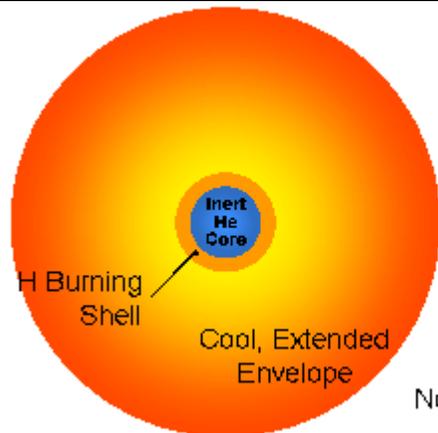
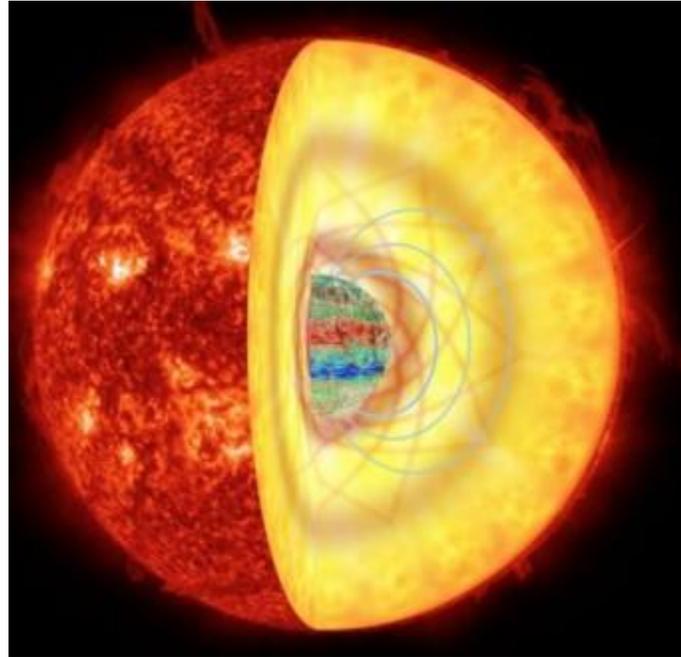


# Stellar evolution

( sizes not to scale! )

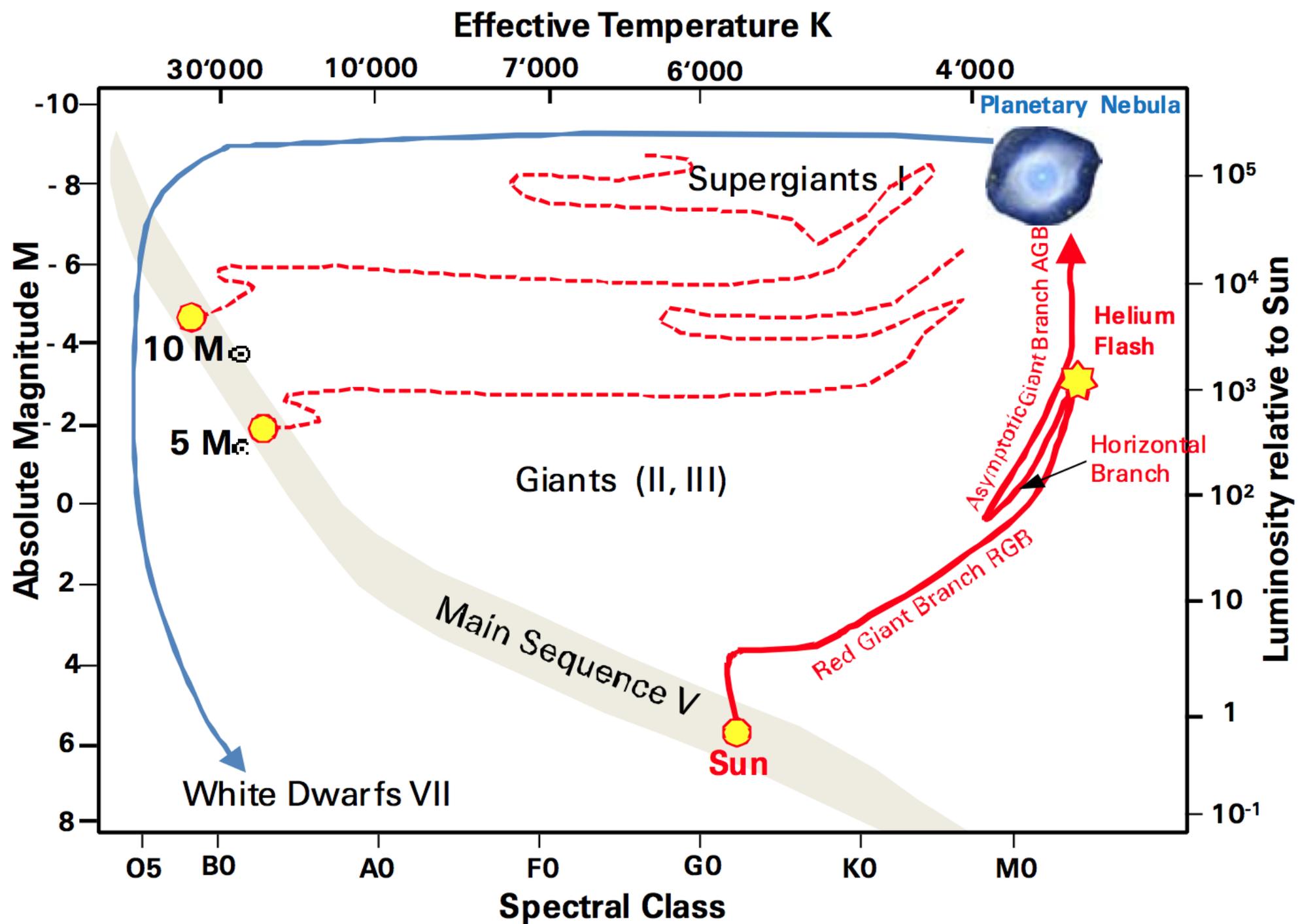


# Sintesi Carbonio



	Proton	$\gamma$	Gamma Ray
	Neutron		

100 milioni di gradi !



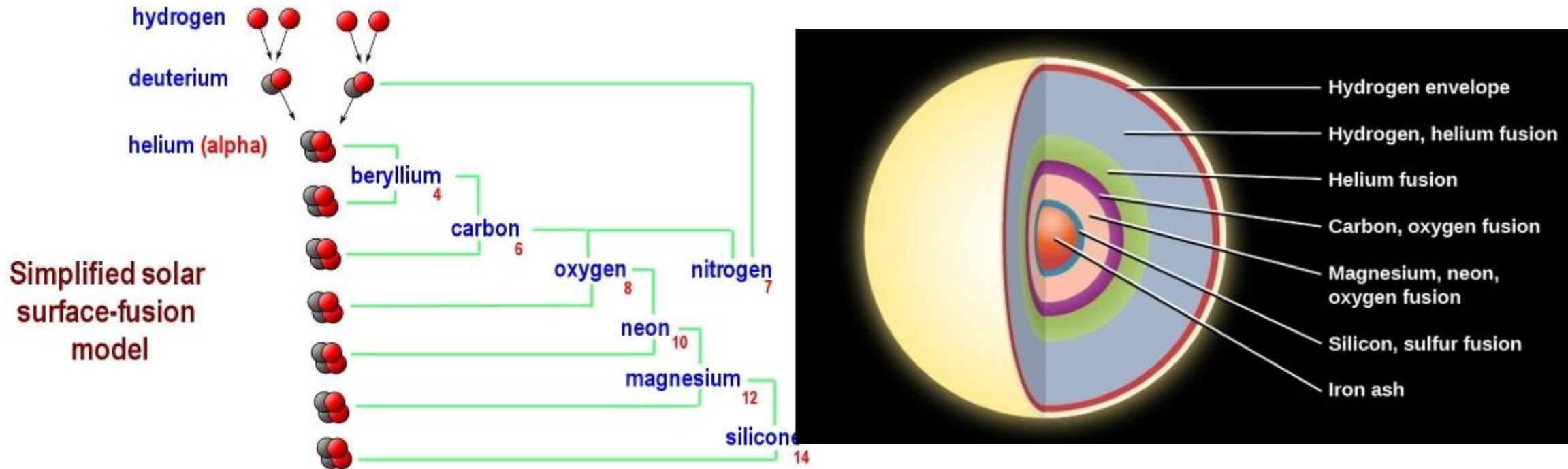
# Fusione del Carbonio

La serie di reazioni che possono avvenire si sviluppano in vari passaggi,



800 milioni di gradi !

# Sintesi degli elementi



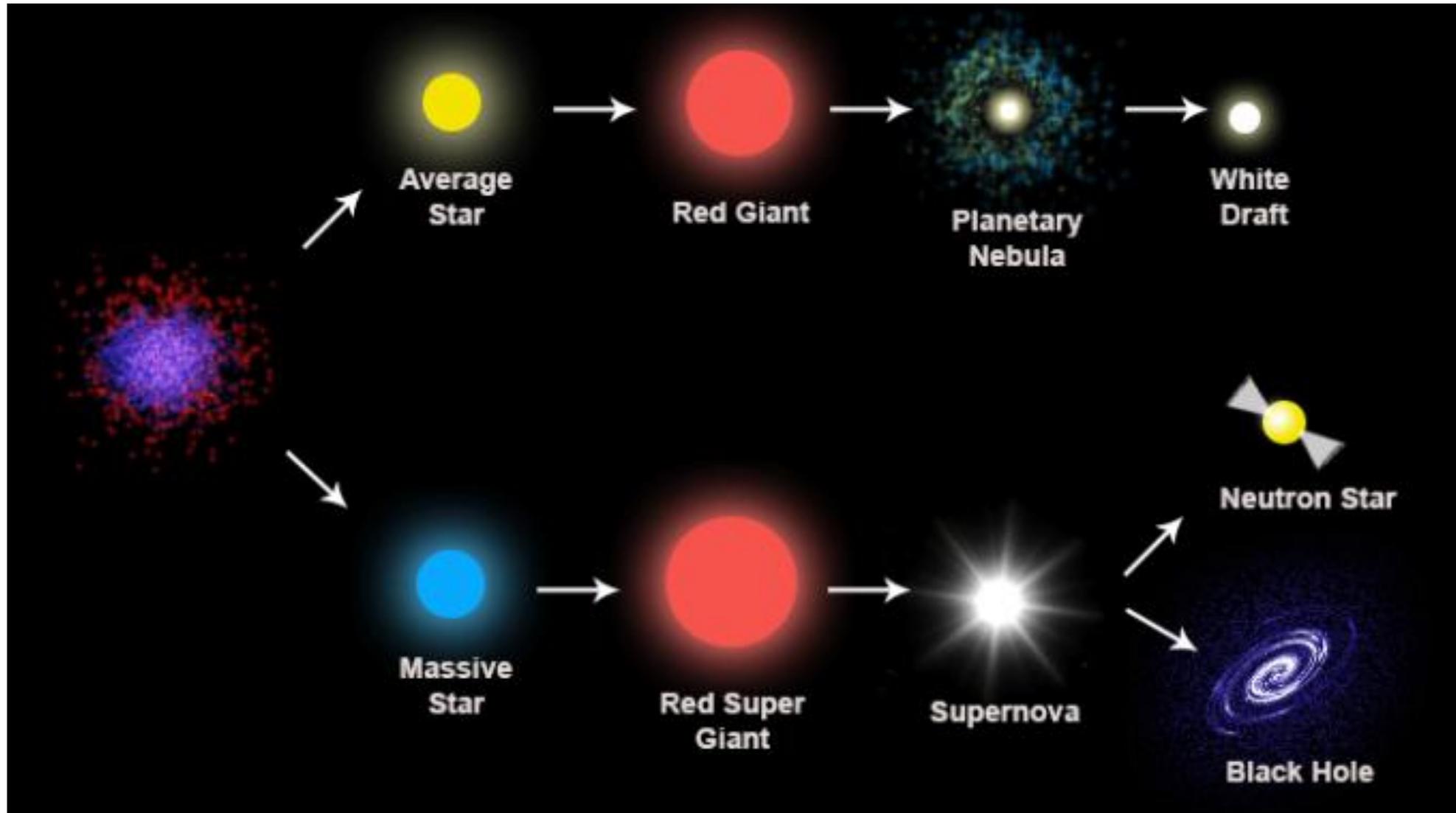
- Gli elementi fino al ferro ( $Z=26$  e  $A=60$ ) sono sintetizzati all'interno delle supergiganti rosse

# Tempi evolutivi di una stella supergigante

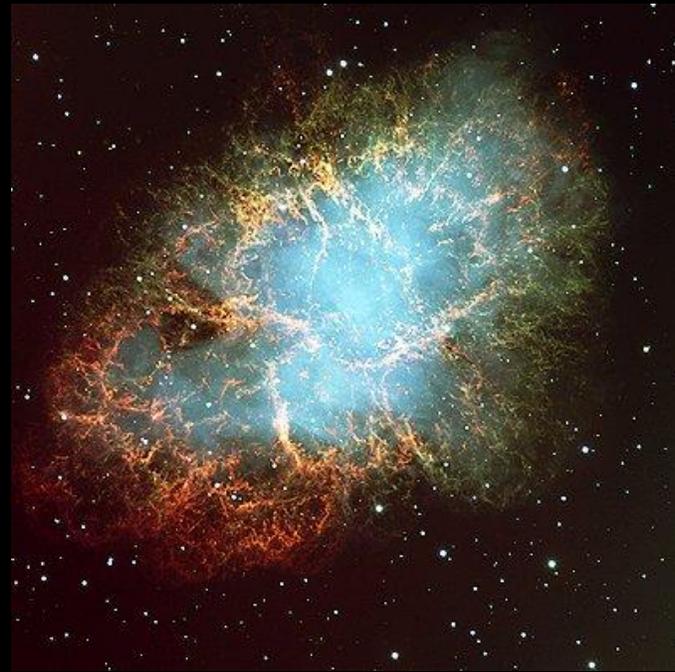
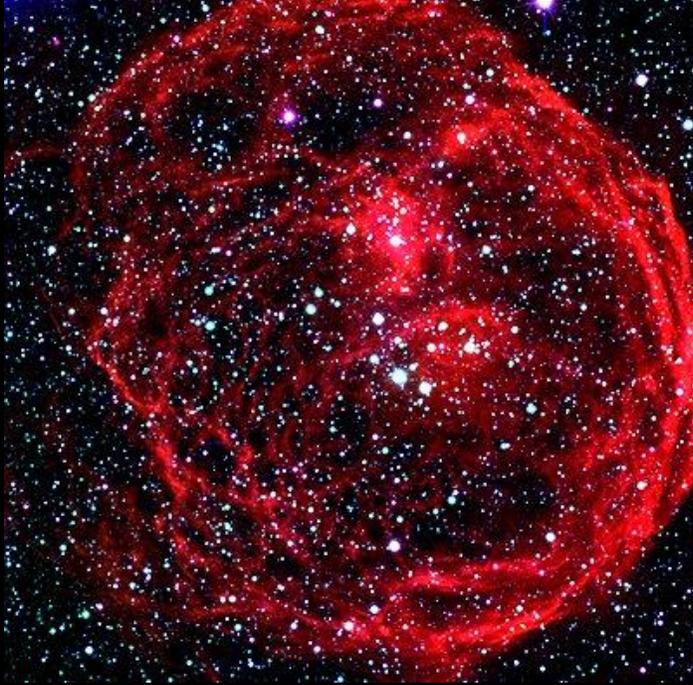
Tempo del ciclo	Temperatura del nucleo	reazione del nucleo		
10,000,000 anni	20,000,000	${}^1_1\text{H}$	$\Rightarrow$	${}^4_2\text{He}$
1,000,000 anni	170,000,000 K	${}^4_2\text{He}$	$\Rightarrow$	${}^{12}_6\text{C}, {}^{16}_8\text{O}$
1,000 anni	800,000,000	${}^{12}_6\text{C}$	$\Rightarrow$	${}^{20}_{10}\text{Ne}, {}^{24}_{12}\text{Mg}$
10 anni	1,500,000,000 K	${}^{20}_{10}\text{Ne}$	$\Rightarrow$	${}^{16}_8\text{O}, {}^{24}_{12}\text{Mg}$
1 anno	2,000,000,000 K	${}^{16}_8\text{O}$	$\Rightarrow$	${}^{28}_{14}\text{Si}, {}^{32}_{16}\text{S}$
1 giorno	3,000,000,000 K	${}^{28}_{14}\text{Si}, {}^{32}_{16}\text{S}$	$\Rightarrow$	${}^{56}_{26}\text{Fe}, {}^{56}_{28}\text{Ni}$
1 secondo	esplosione supernova		$\Rightarrow$ $\Rightarrow$	leggeri elementi pesanti elementi



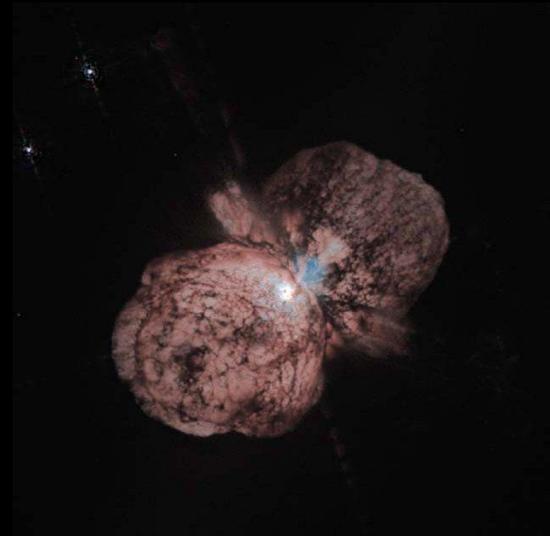
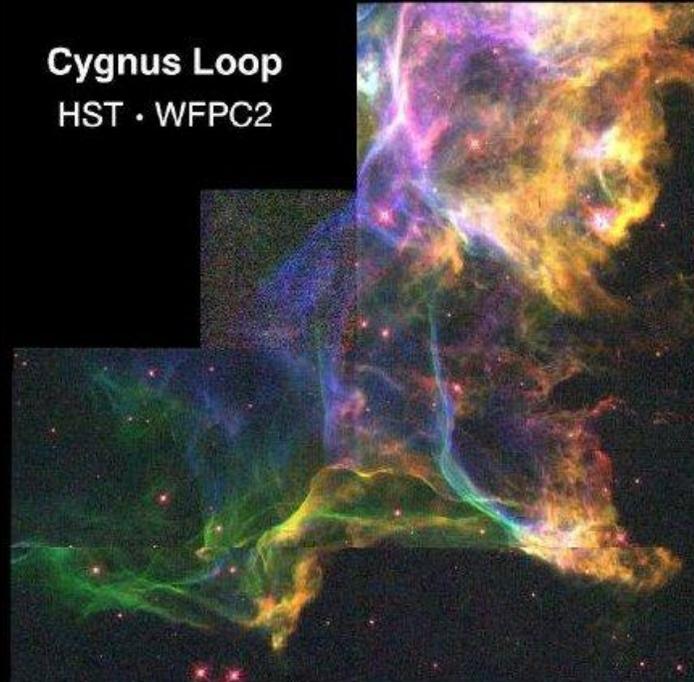
# Evoluzione stellare



# Esplosioni di supernova



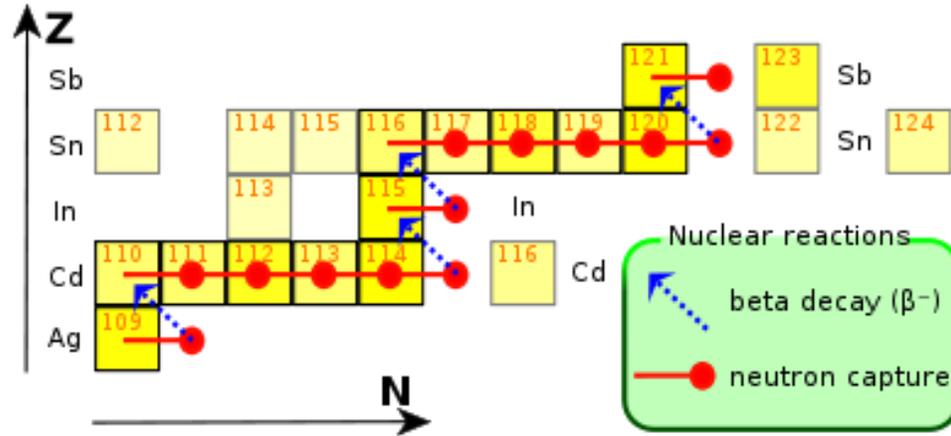
**Cygnus Loop**  
HST · WFPC2



Gli altri elementi oltre il Ferro?

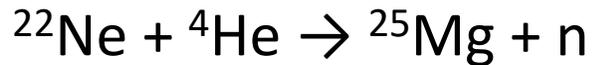
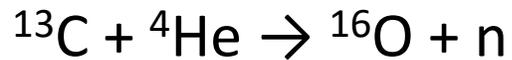
Si formano per cattura  
Neutronica

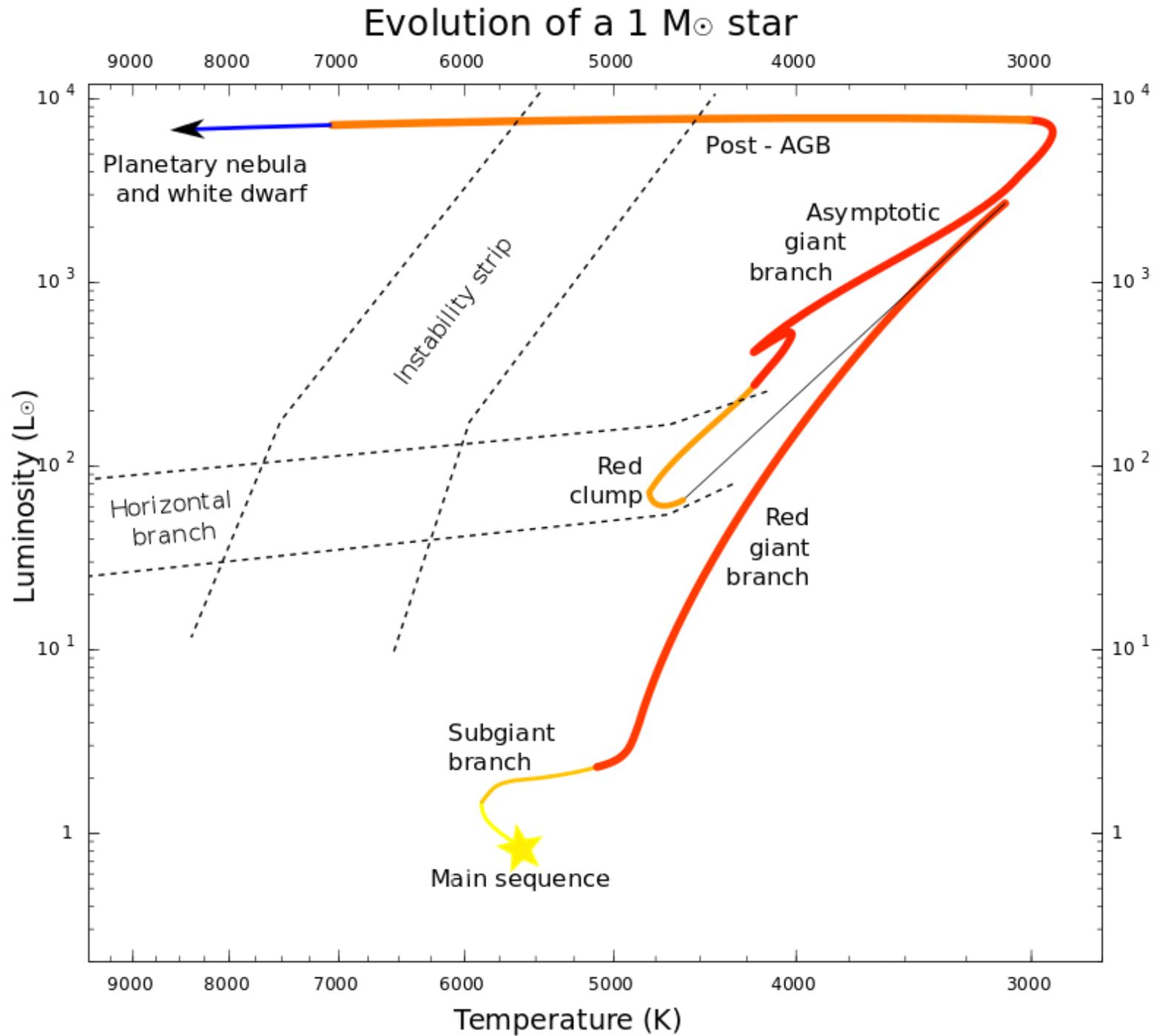
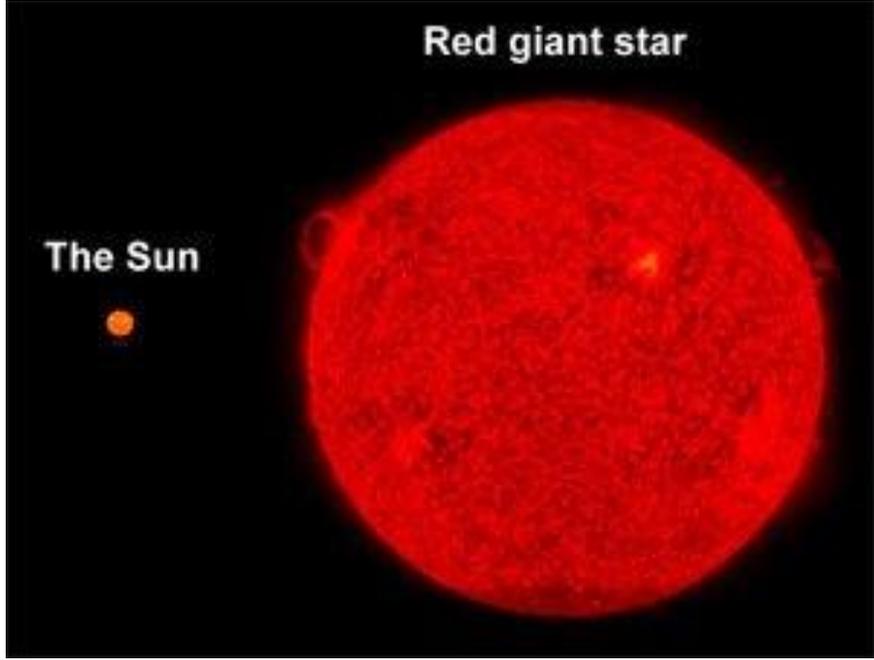
# Sintesi degli elementi per cattura neutronica



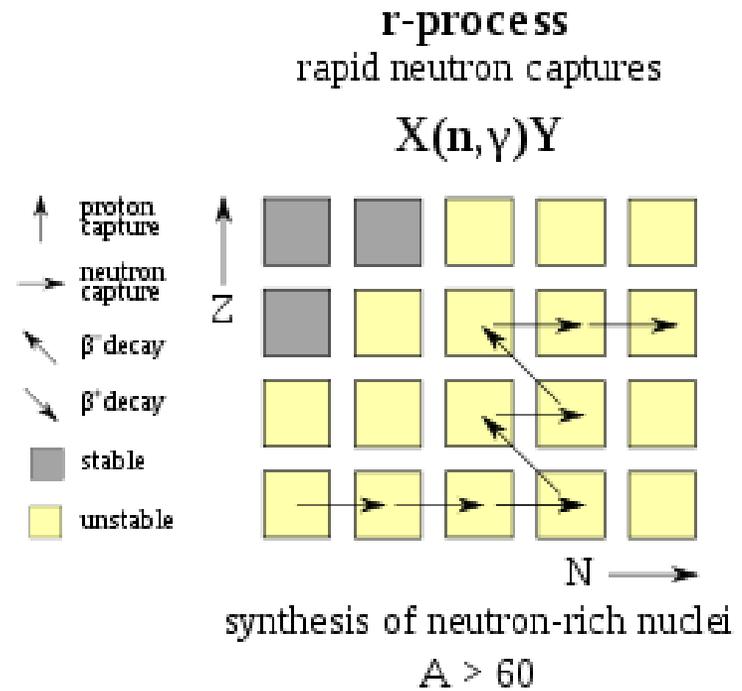
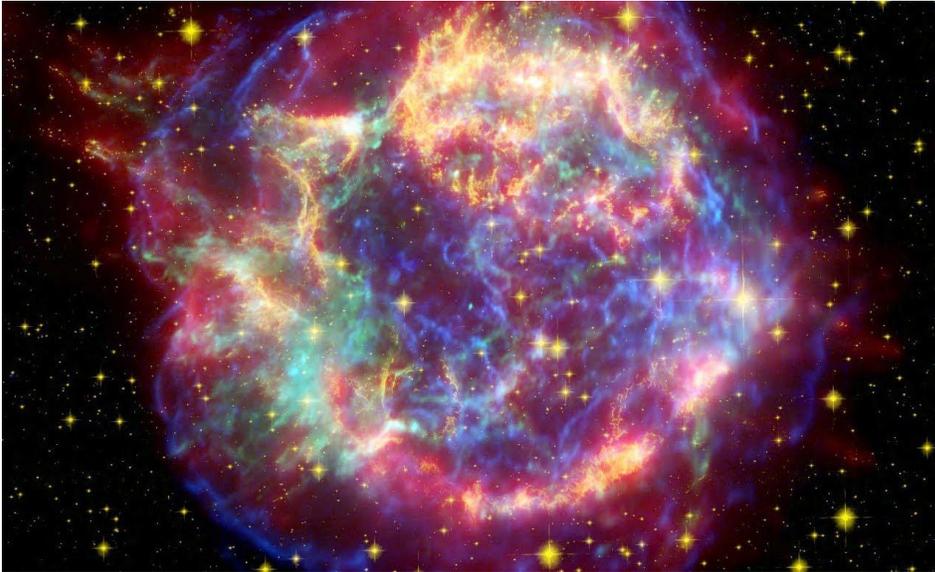
Processi S (fino al nucleo A=209)

Le maggiori fonti di neutroni all'interno delle stelle sono le seguenti reazioni:

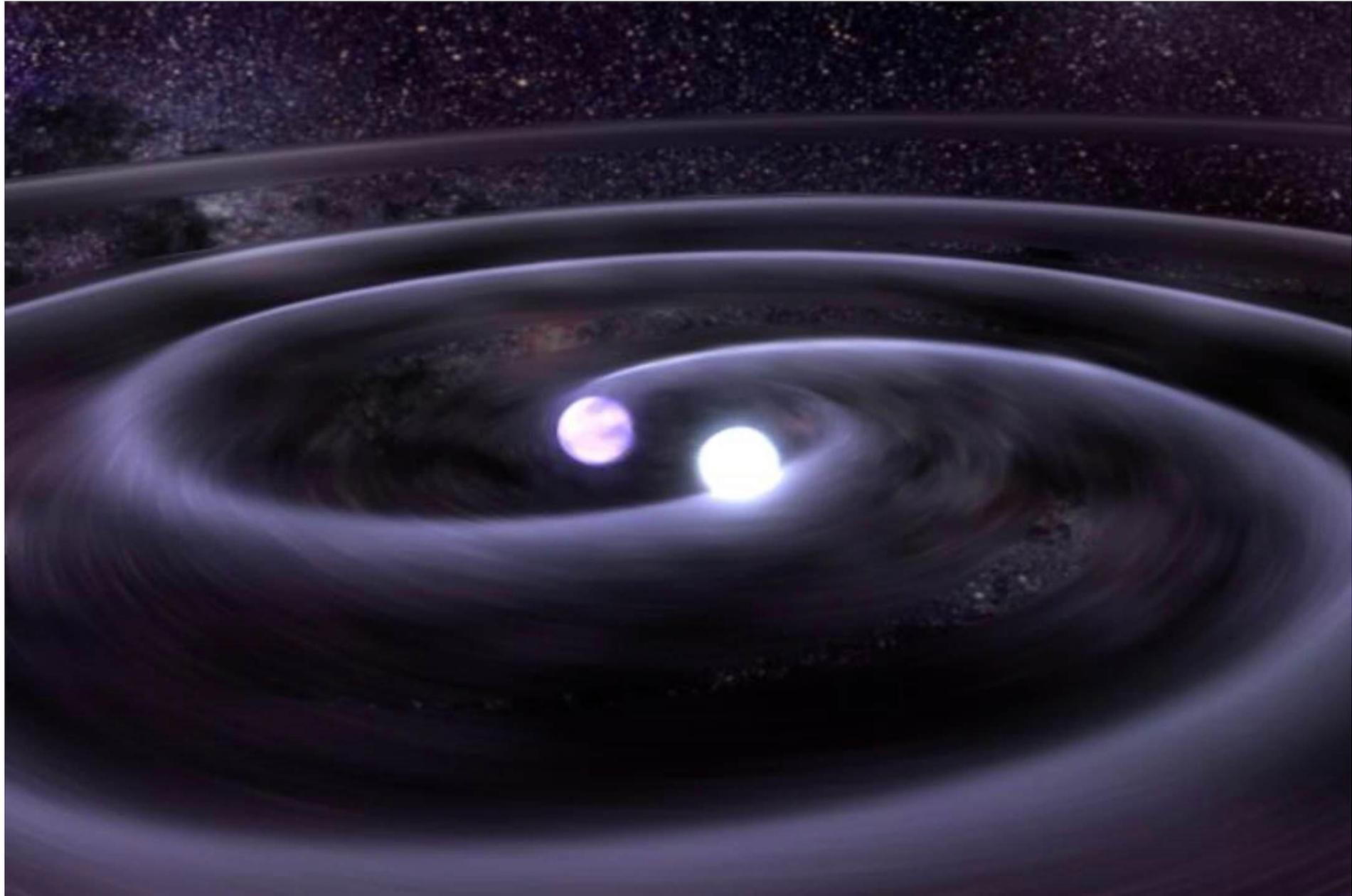




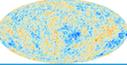
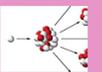
# Cattura neutronica processo r



# Fusione di stelle di neutroni



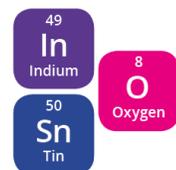
# Tavola periodica degli astrofisici

1 H	big bang fusion 						cosmic ray fission 						2 He						
3 Li	4 Be	merging neutron stars? 						exploding massive stars 						5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	dying low mass stars 						exploding white dwarfs 						13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr		
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe		
55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn		
87 Fr	88 Ra																		
			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	Very radioactive isotopes; nothing left from stars											

# ELEMENTS OF A SMARTPHONE

ELEMENTS COLOUR KEY: ● ALKALI METAL ● ALKALINE EARTH METAL ● TRANSITION METAL ● GROUP 13 ● GROUP 14 ● GROUP 15 ● GROUP 16 ● HALOGEN ● LANTHANIDE

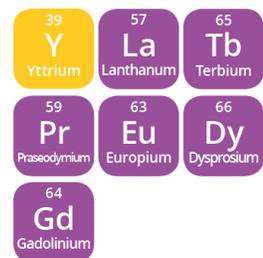
## SCREEN



Indium tin oxide is a mixture of indium oxide and tin oxide, used in a transparent film in the screen that conducts electricity. This allows the screen to function as a touch screen.



The glass used on the majority of smartphones is an aluminosilicate glass, composed of a mix of alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) and silica ( $\text{SiO}_2$ ). This glass also contains potassium ions, which help to strengthen it.



A variety of Rare Earth Element compounds are used in small quantities to produce the colours in the smartphone's screen. Some compounds are also used to reduce UV light penetration into the phone.

## BATTERY



The majority of phones use lithium ion batteries, which are composed of lithium cobalt oxide as a positive electrode and graphite (carbon) as the negative electrode. Some batteries use other metals, such as manganese, in place of cobalt. The battery's casing is made of aluminium.

## ELECTRONICS

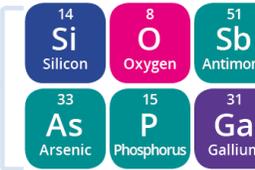
Copper is used for wiring in the phone, whilst copper, gold and silver are the major metals from which microelectrical components are fashioned. Tantalum is the major component of micro-capacitors.



Nickel is used in the microphone as well as for other electrical connections. Alloys including the elements praseodymium, gadolinium and neodymium are used in the magnets in the speaker and microphone. Neodymium, terbium and dysprosium are used in the vibration unit.



Pure silicon is used to manufacture the chip in the phone. It is oxidised to produce non-conducting regions, then other elements are added in order to allow the chip to conduct electricity.



Tin & lead are used to solder electronics in the phone. Newer lead-free solders use a mix of tin, copper and silver.



## CASING



H																	He
Li 41	Be 63											B 41	C	N	O	F	Ne
Na	Mg 94											Al 44	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc 65	Ti 63	V 63	Cr 76	Mn 96	Fe 57	Co 54	Ni 62	Cu 70	Zn 38	Ga 38	Ge 44	As 38	Se 47	Br	Kr
Rb	Sr 78	Y 95	Zr 66	Nb 42	Mo 70	Tc	Ru 63	Rh 96	Pd 39	Ag 44	Cd 38	In 60	Sn 36	Sb 57	Te 38	I	Xe
Cs	Ba 63	*	Hf 38	Ta 41	W 53	Re 90	Os 38	Ir 69	Pt 66	Au 40	Hg 45	Tl 100	Pb 100	Bi 46	Po	At	Rn
Fr	Ra	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo

* Lanthanides	La 75	Ce 60	Pr 41	Nd 41	Pm	Sm 38	Eu 100	Gd 63	Tb 63	Dy 100	Ho 63	Er 63	Tm 88	Yb 88	Lu 63
** Actinides	Ac	Th 35	Pa	U 63	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

