

Siamo figli delle stelle....!

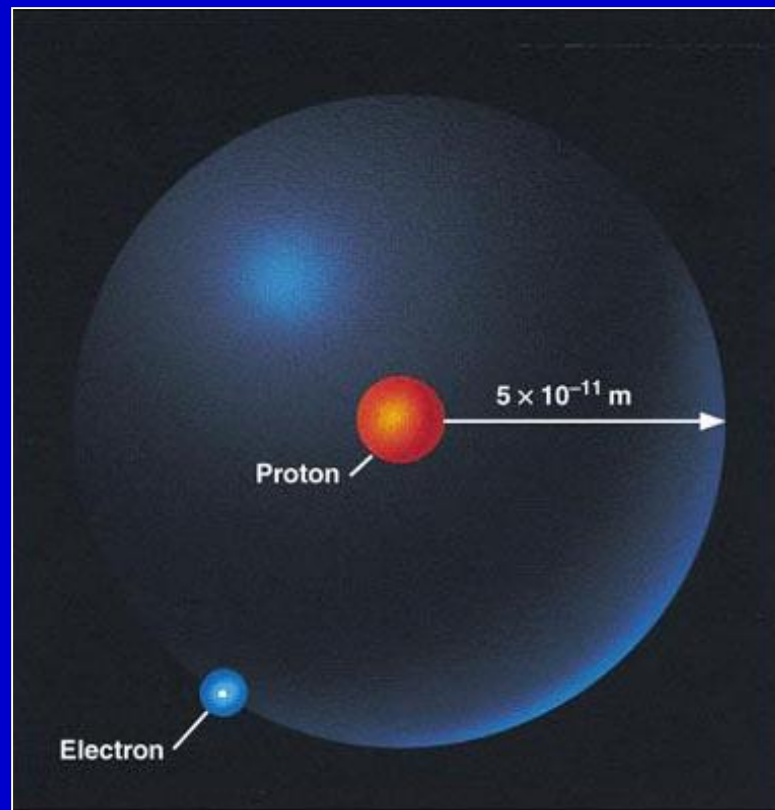
Flavio Fusi Pecci

Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio
Istituto Nazionale di Astrofisica Bologna

Atomo di Idrogeno

1 protone = carica positiva

1 elettrone = carica negativa



Quanti atomi nel corpo umano??

- Se fosse fatta di Idrogeno ...

una persona che pesa 100 Kg conterrebbe circa

5.000.000.000.000.000.000.000.000.000

atomi

Protone **Neutrone**

Il tipo di elemento è determinato dal numero di **PROTONI** presenti nel Nucleo

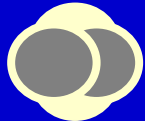
Un elemento con lo stesso numero di **PROTONI** ma un differente numero di **NEUTRONI** viene detto **ISOTOPO**



H¹



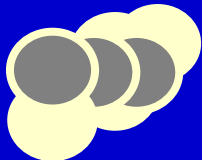
H² (Deuterio)



He⁴



He³



Li⁷



Be⁹

Costruiamo... gli elementi

Possediamo due tipi di mattoni protoni (p ●) e neutroni (n ●)

1 ● Idrogeno

2 + 2 ● ●
 ● ● Elio

3 + 3 ● ● ●
 ● ● ● Litio

4 + 4 ● ● ● ●
 ● ● ● ● Berillio

5 + 5 ● ● ● ● ●
 ● ● ● ● ● Boro

6 + 6 ● ● ● ● ● ●
 ● ● ● ● ● ● Carbonio

7+7 Azoto

8+8 Ossigeno

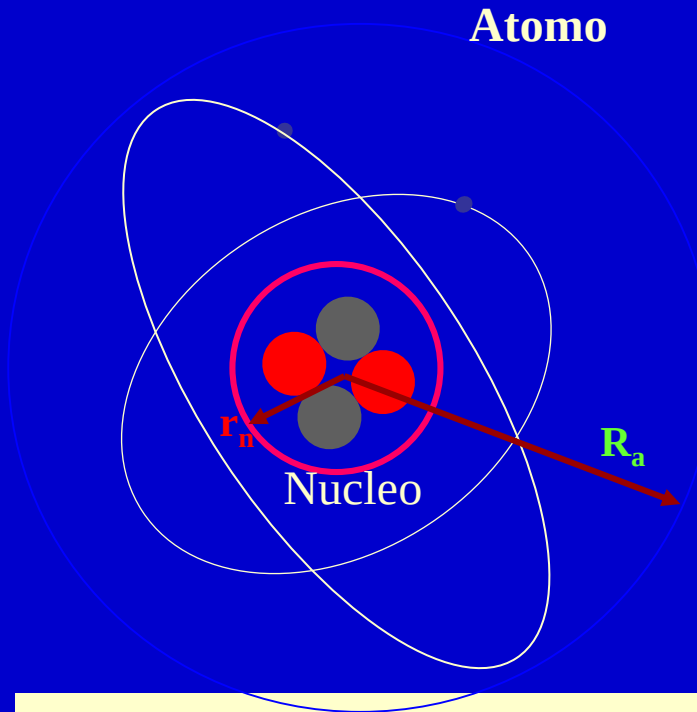
9+9 Fluoro

10+10 Neon

11+11 Sodio

.....

I nuclei e l'energia di legame



$$R_{\text{atomo}} = 10^{-8} \text{ m} = 0,00000001 \text{ m}$$

$$r_{\text{nucleo}} = 10^{-14} \text{ m} = 0,00000000000001 \text{ m}$$

**Il nucleo è molto più piccolo
dell'atomo**

**La massa dell'atomo è quasi tutta
concentrata nel nucleo**



Big Bang

Tutto ebbe inizio circa 13.7 miliardi di anni fa con il BIG BANG.

Meno di un secondo dopo la fiammata iniziale c'era solo un gran via vai di protoni neutroni, elettroni, etc. gli ingredienti di base per ogni zuppa che si rispetti:

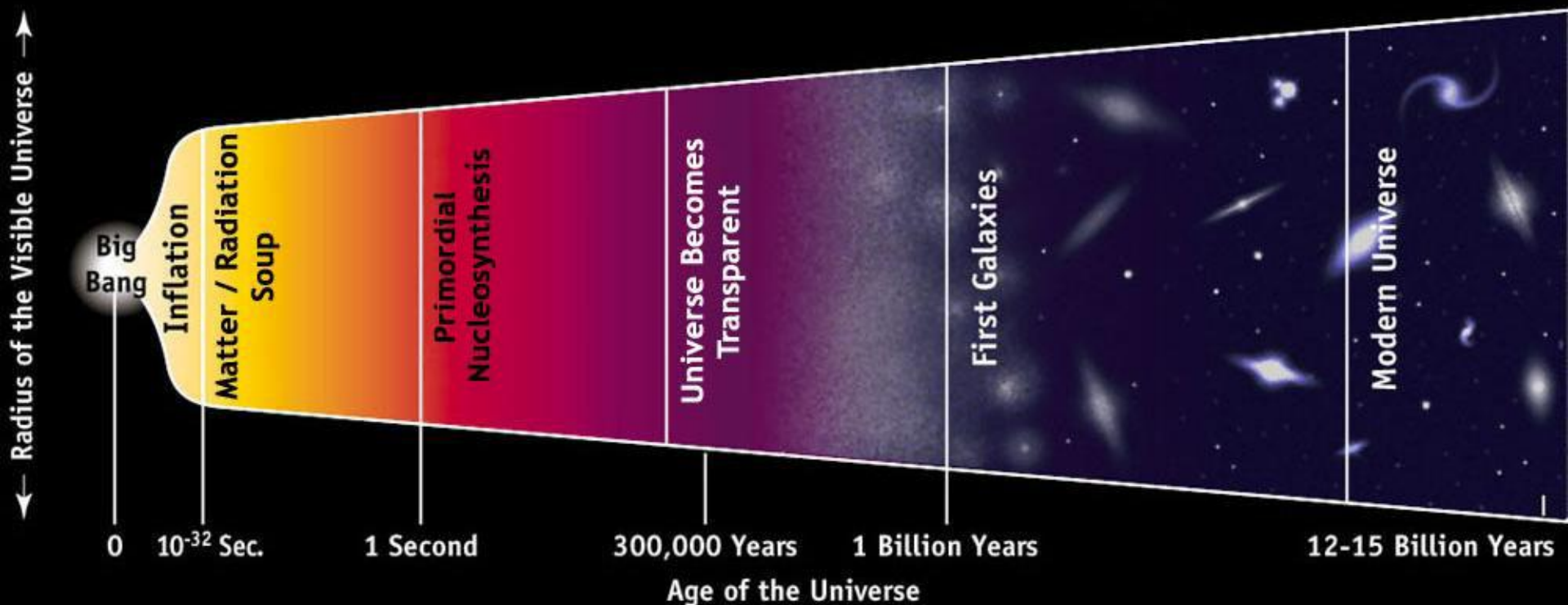
Qualche minuto dopo la zuppa primordiale era già pronta:

tre parti di Idrogeno + una parte di Elio-4 +

un po' di deuterio e Elio-3, e un pizzico di Litio-7

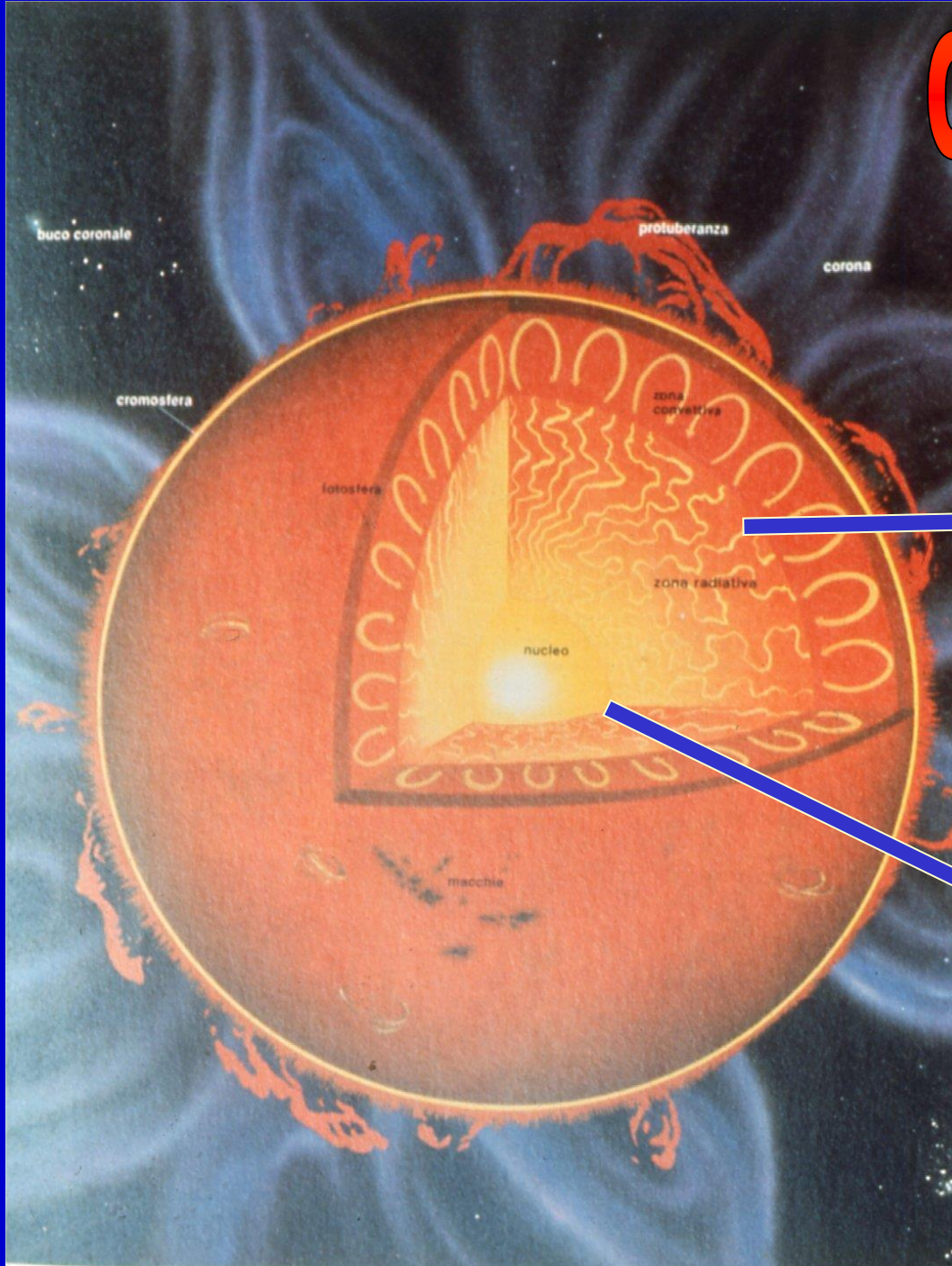
Qualche minuto dopo il Big Bang, la grande zuppa cosmica è pronta, la base per tutti gli altri piatti che ancora devono cucinarsi nell'universo: le stelle, i pianeti ed anche noi...

La teoria del Big Bang



- non pretende di descrivere l'istante iniziale,
- ma è in grado di spiegare in che modo dalla fase ad alta densità e temperatura in cui si trovava l'universo nei primi secondi di vita si è arrivati all'universo che noi osserviamo.

Cos'è una stella?



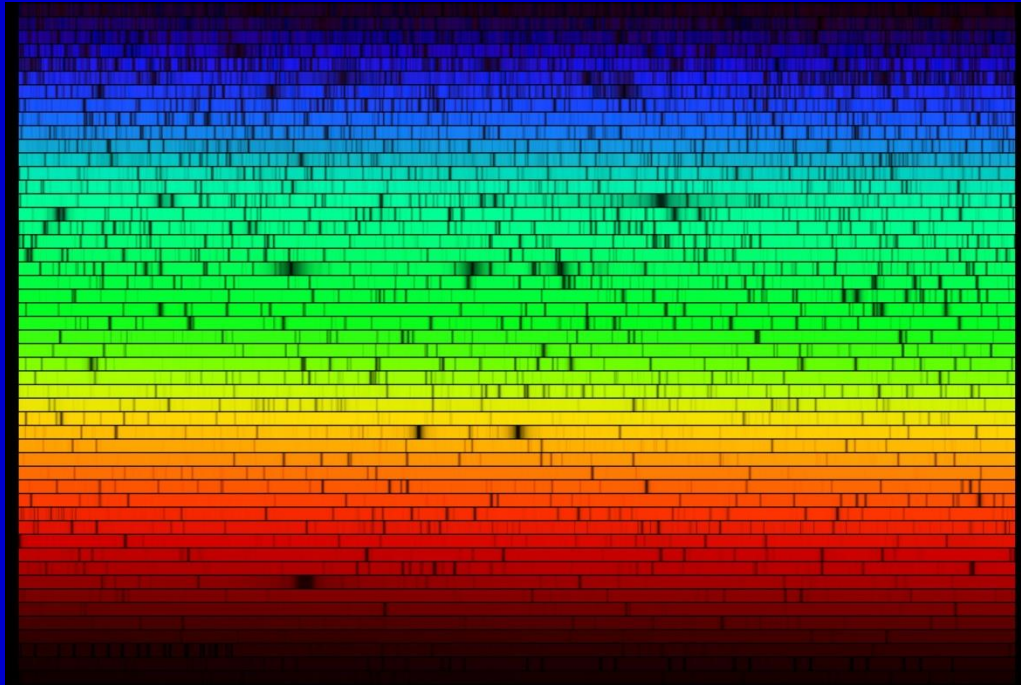
INVILUPPO

Trasporto di
energia in
superficie

NUCLEO

Produzione di
Energia

di cosa è fatto il Sole?



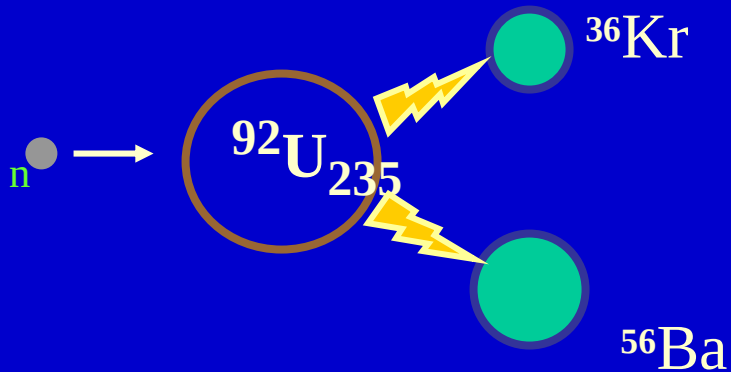
74% Idrogeno

24% Elio

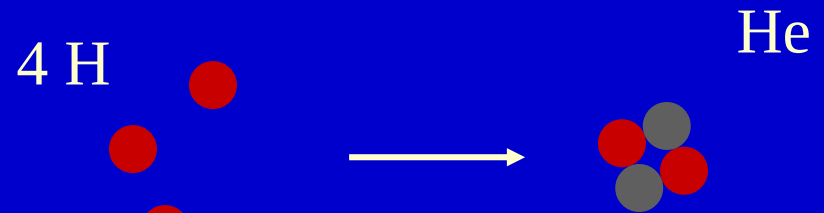
**2% tutto il resto
("metalli")**

Reazioni nucleari

FISSIONE di elementi pesanti

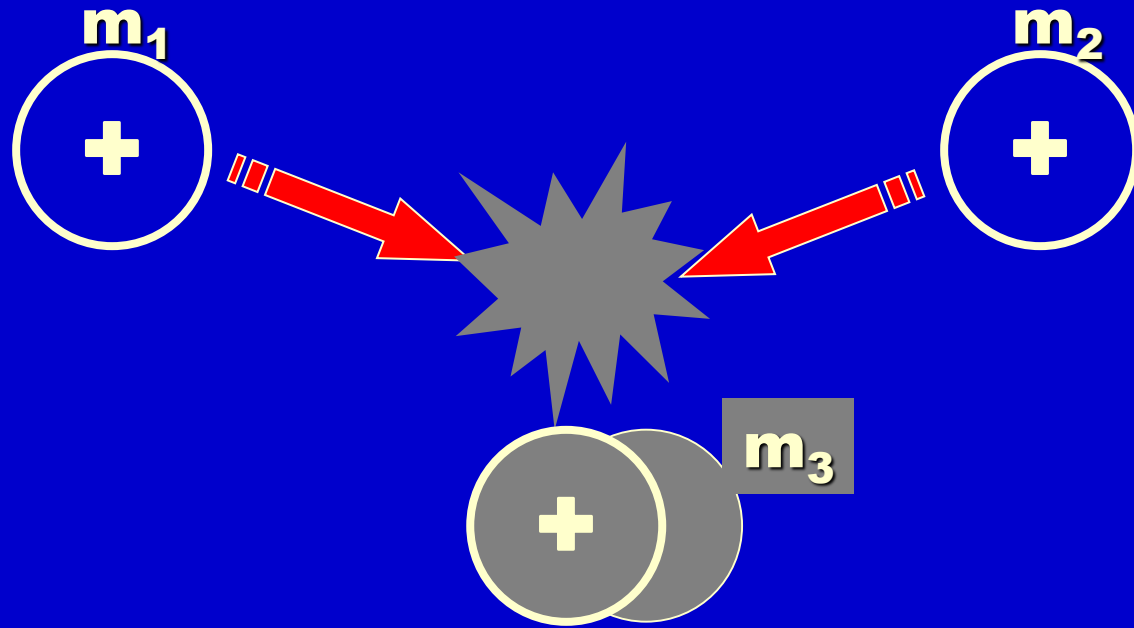


FUSIONE di elementi leggeri



Quale processo avviene
nel Sole?

Come avviene il processo di Fusione?



$$m_1 + m_2 > m_3$$

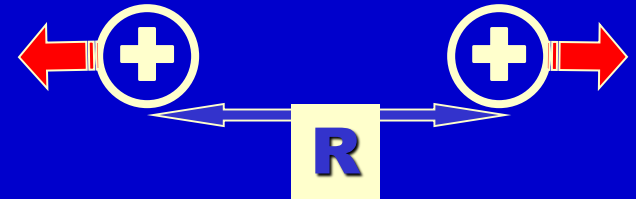
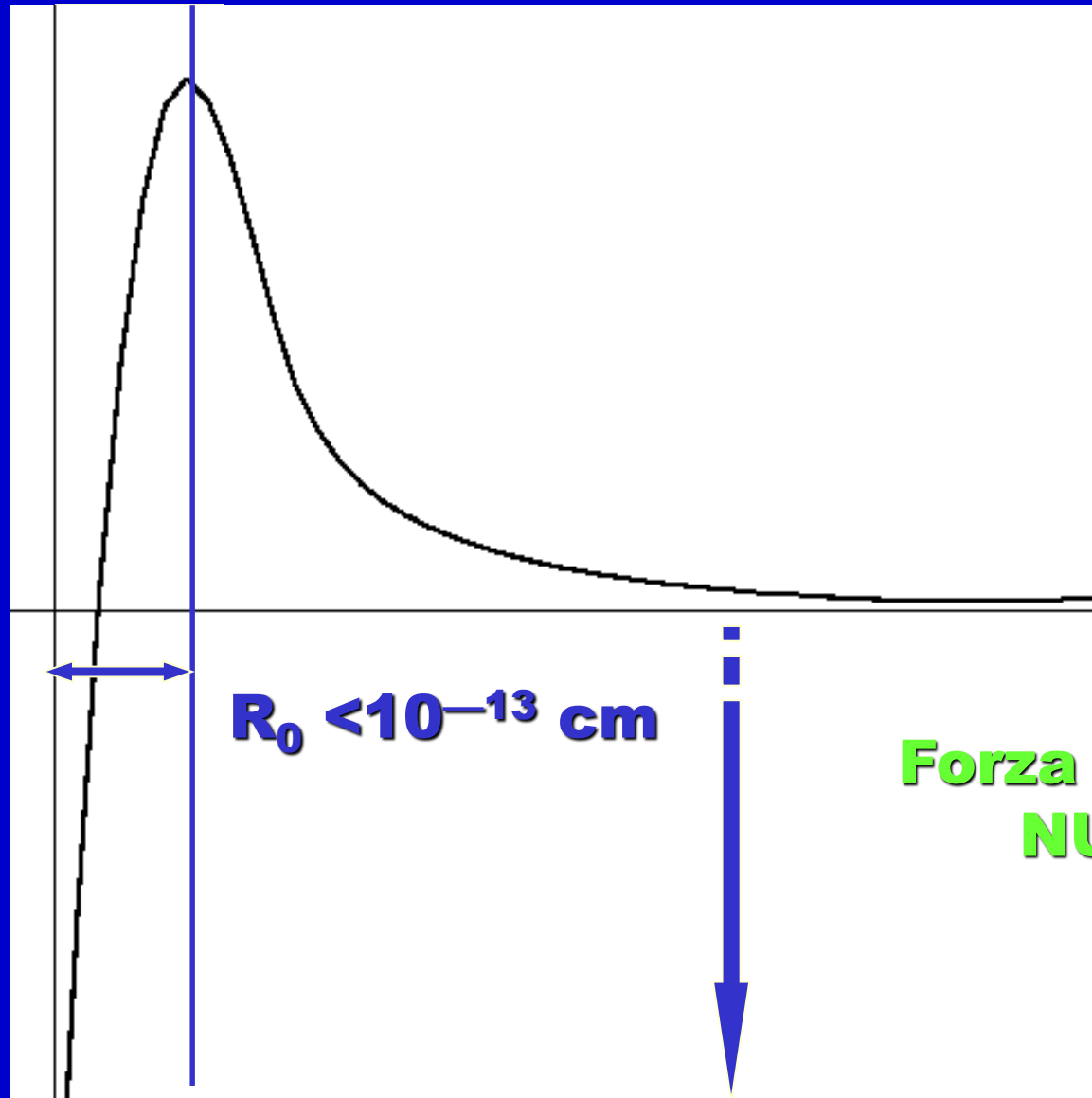
↓

$$\delta m$$

↓

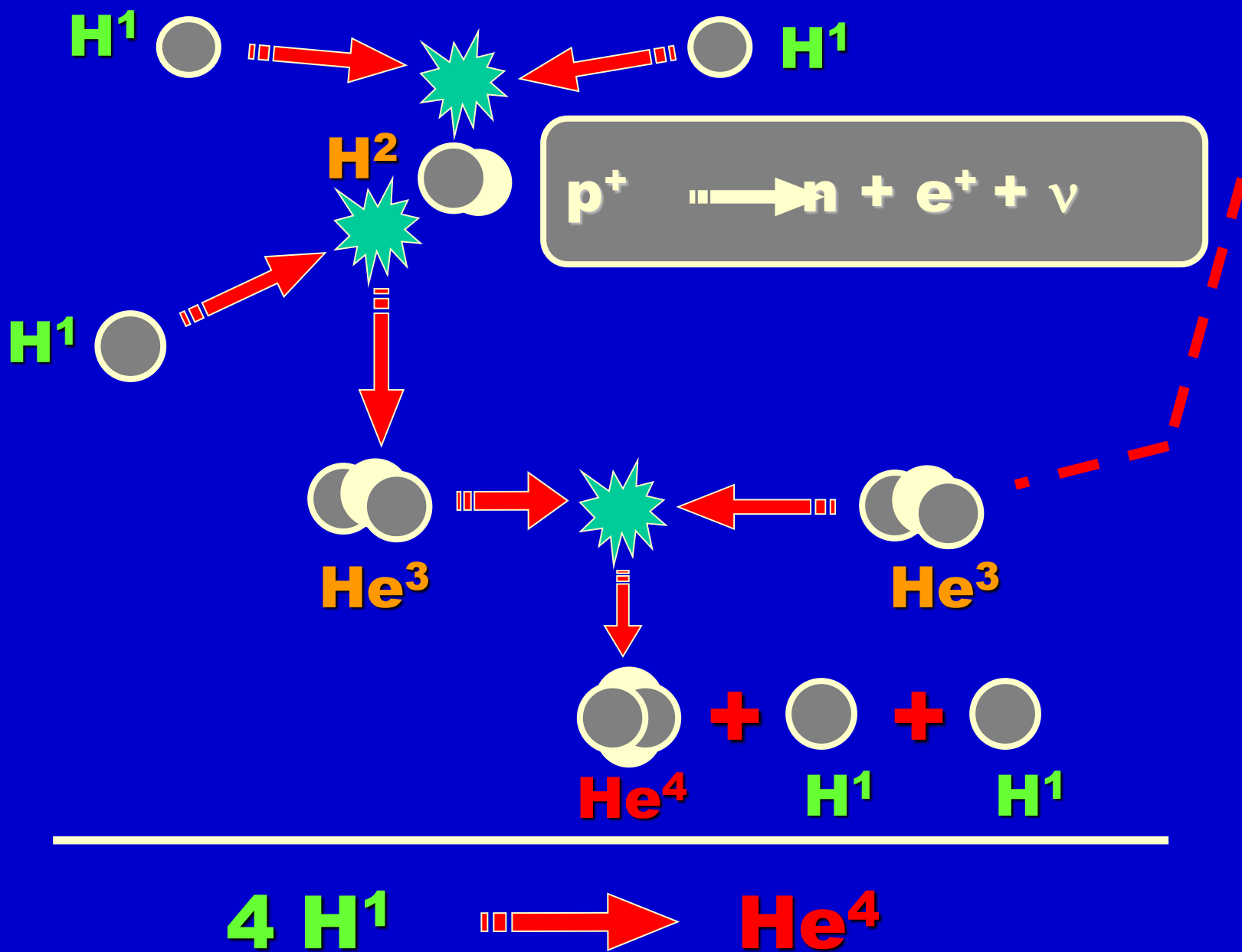
$$E = \delta m c^2$$

C'è solo un problema.....



**Forza di Repulsione
Coloumbiana**

**Forza di attrazione
NUCLEARE**



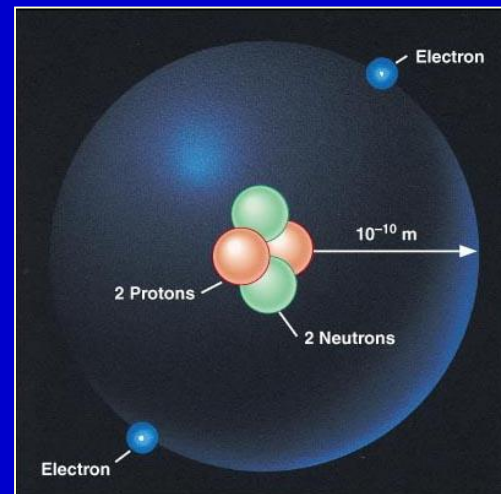
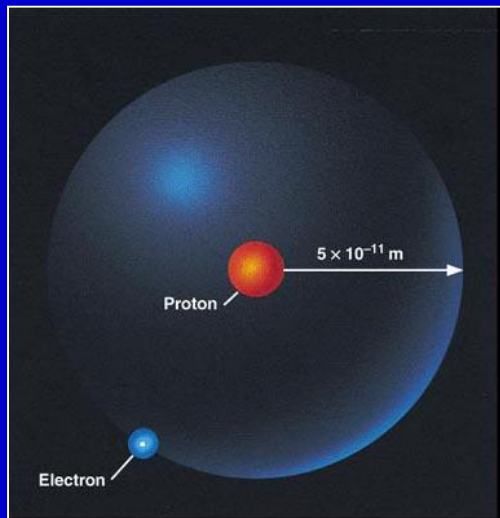
4 nuclei di Idrogeno producono 1 nucleo di Elio



Energia nucleare?



4 X



0.007 della massa di
Idrogeno è trasformata in
energia

Sarà sufficiente?

Energia prodotta dal Sole in un secondo

$$4 \cdot 10^{26} \text{ Watt}$$
$$=$$

400.000.000.000.000.000.000.000.000.000 Watt

$$E = m c^2$$

$$0.007 \times 2 \times 10^{30} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 10^{45} \text{ joule}$$

Energia disponibile

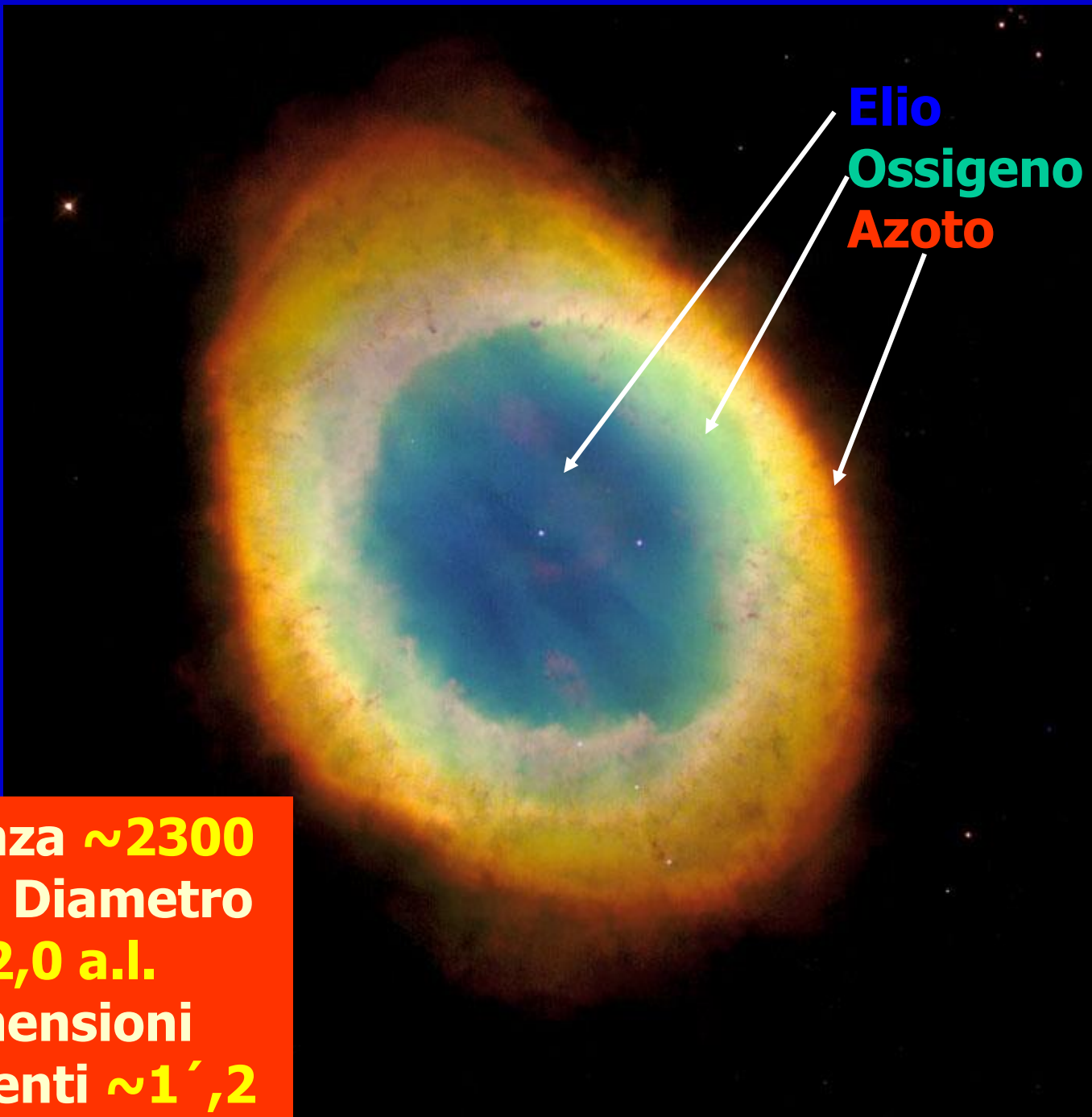
_____ = vita presunta > 10^{10} anni

Luminosità



**Ancora per circa
4 miliardi di anni !!**

M 57



**Distanza ~2300
a.l. Diametro
~2,0 a.l.
Dimensioni
apparenti ~1',2**

E tutte le altre stelle?

Quelle più piccole



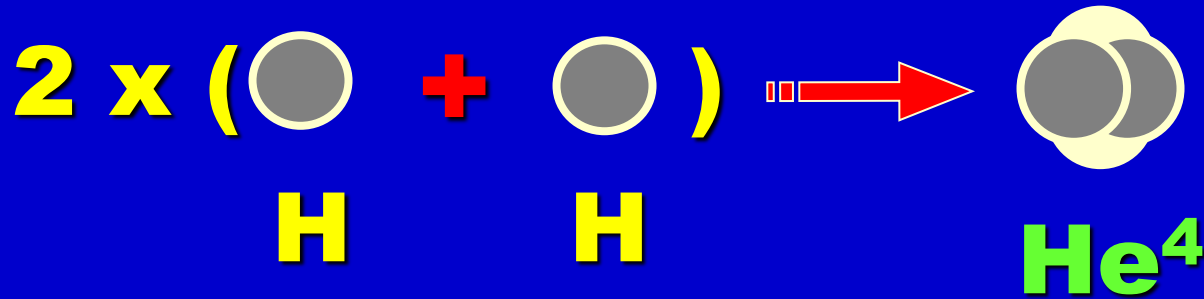
- consumano poco
- vivono a lungo
- terminano come *nane bianche*

Quelle più grandi

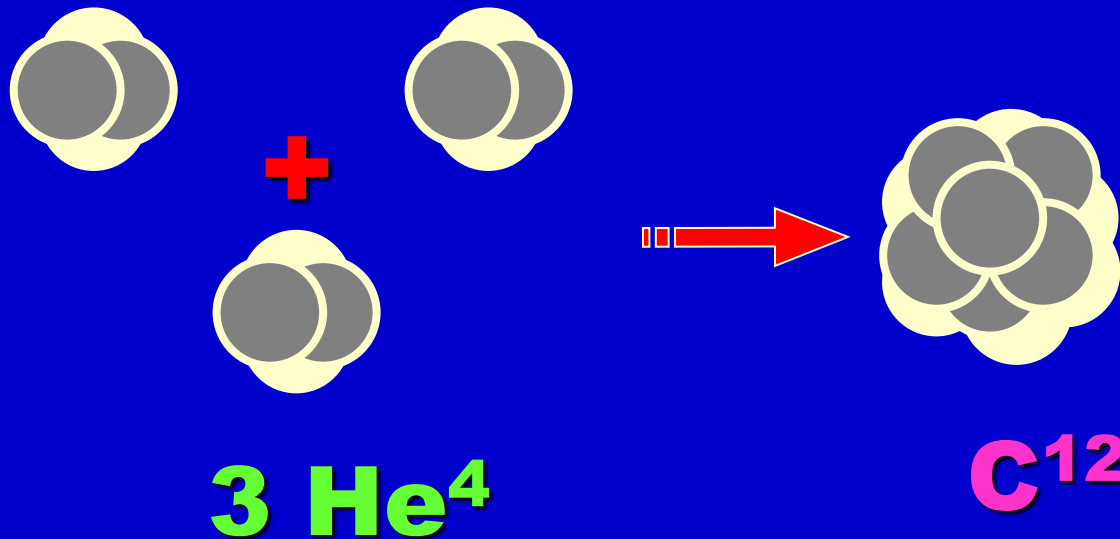


- consumano troppo
- vivono poco
- terminano con *una grande fumata ...*

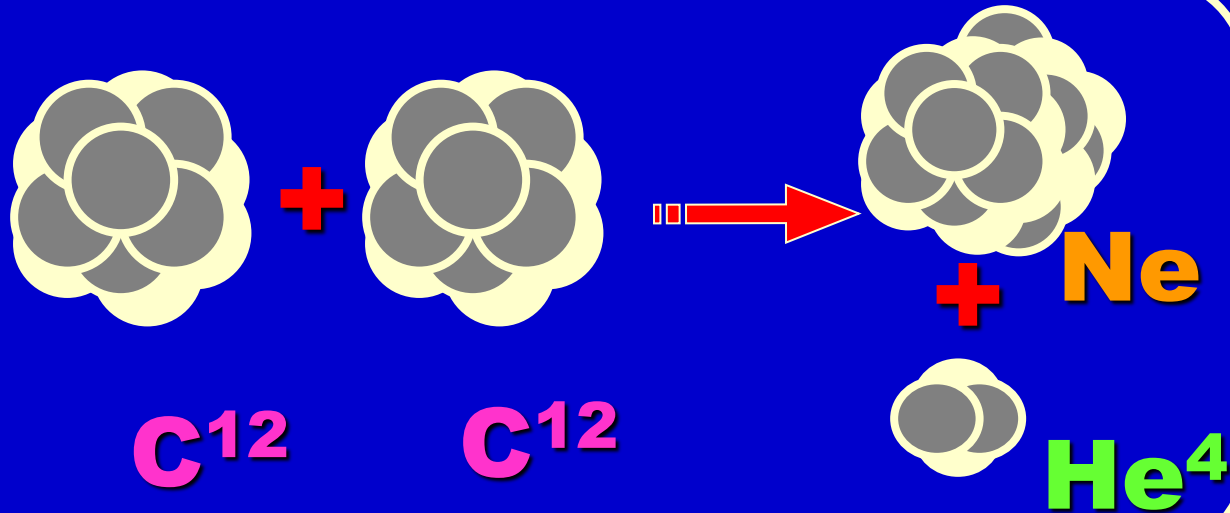
... supernovae, stelle di neutroni, pulsar
buchi neri



REAZIONE 1
10 milioni di gradi

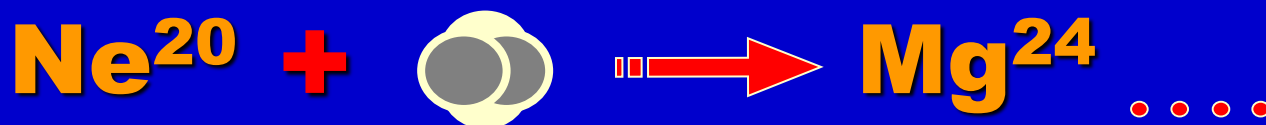
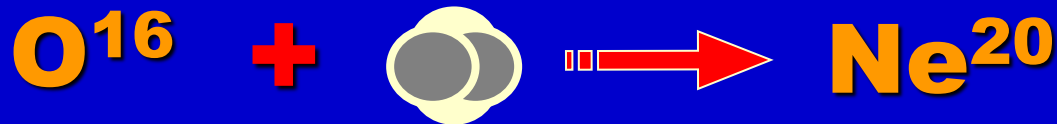
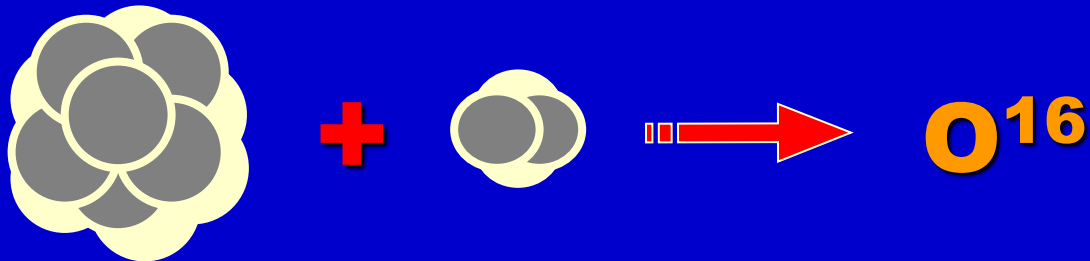


REAZIONE 2
**100 milioni di
gradi**

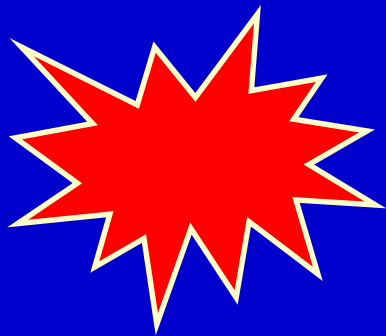
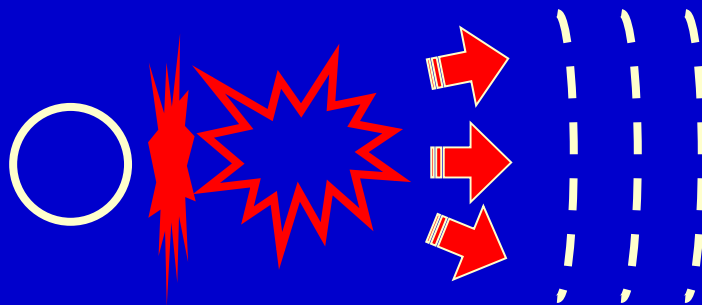
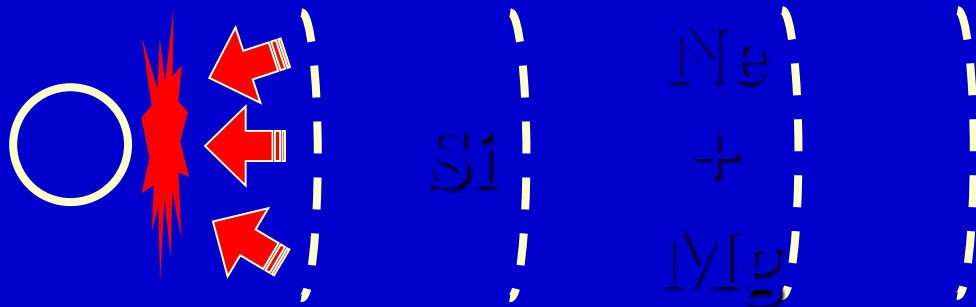
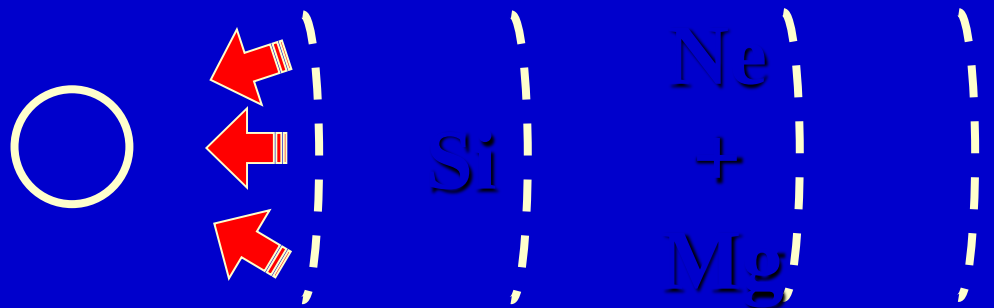


REAZIONE 3

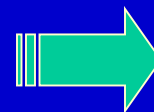
800 milioni di
gradi



Fe⁵⁶

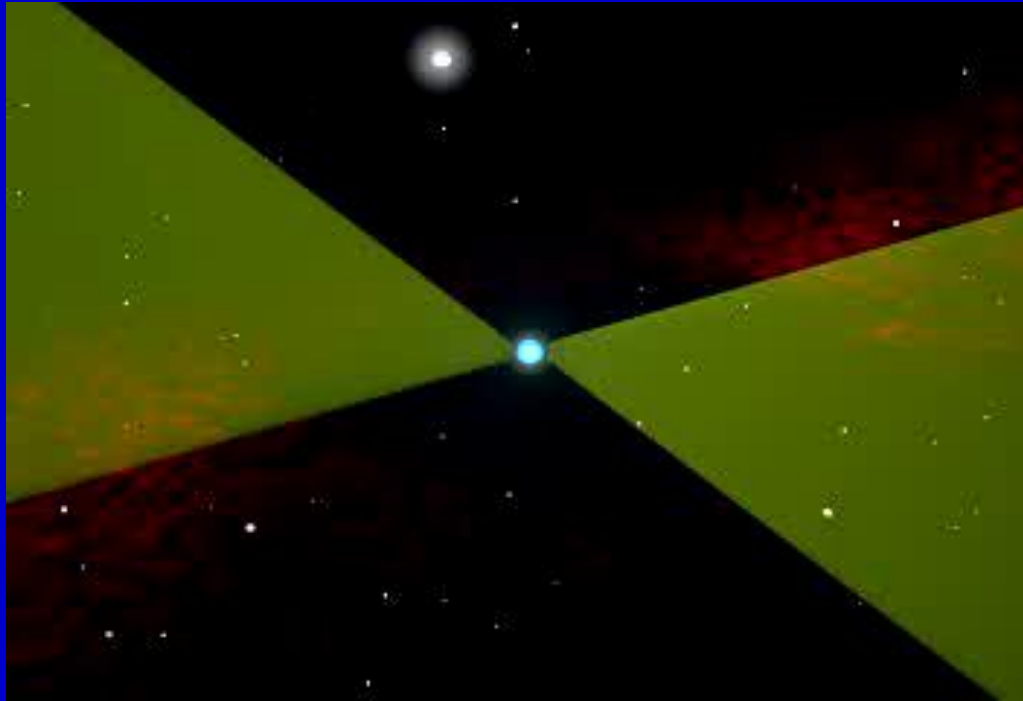


SUPERNOVA



Crab Nebula





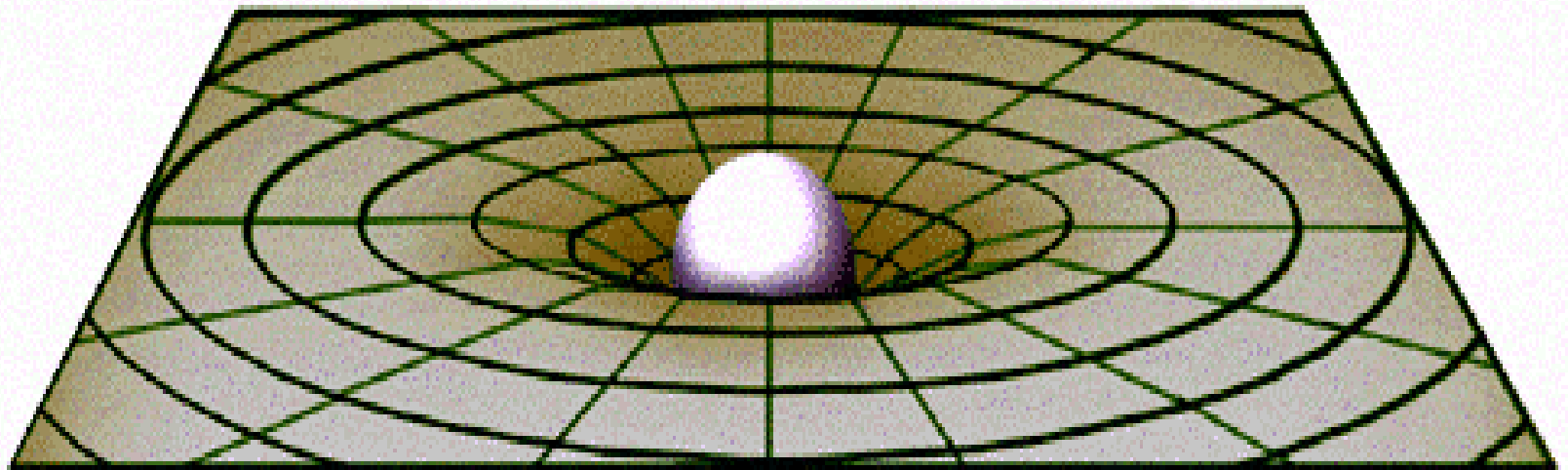
La pulsar della Nebulosa del Granchio

Buco nero II

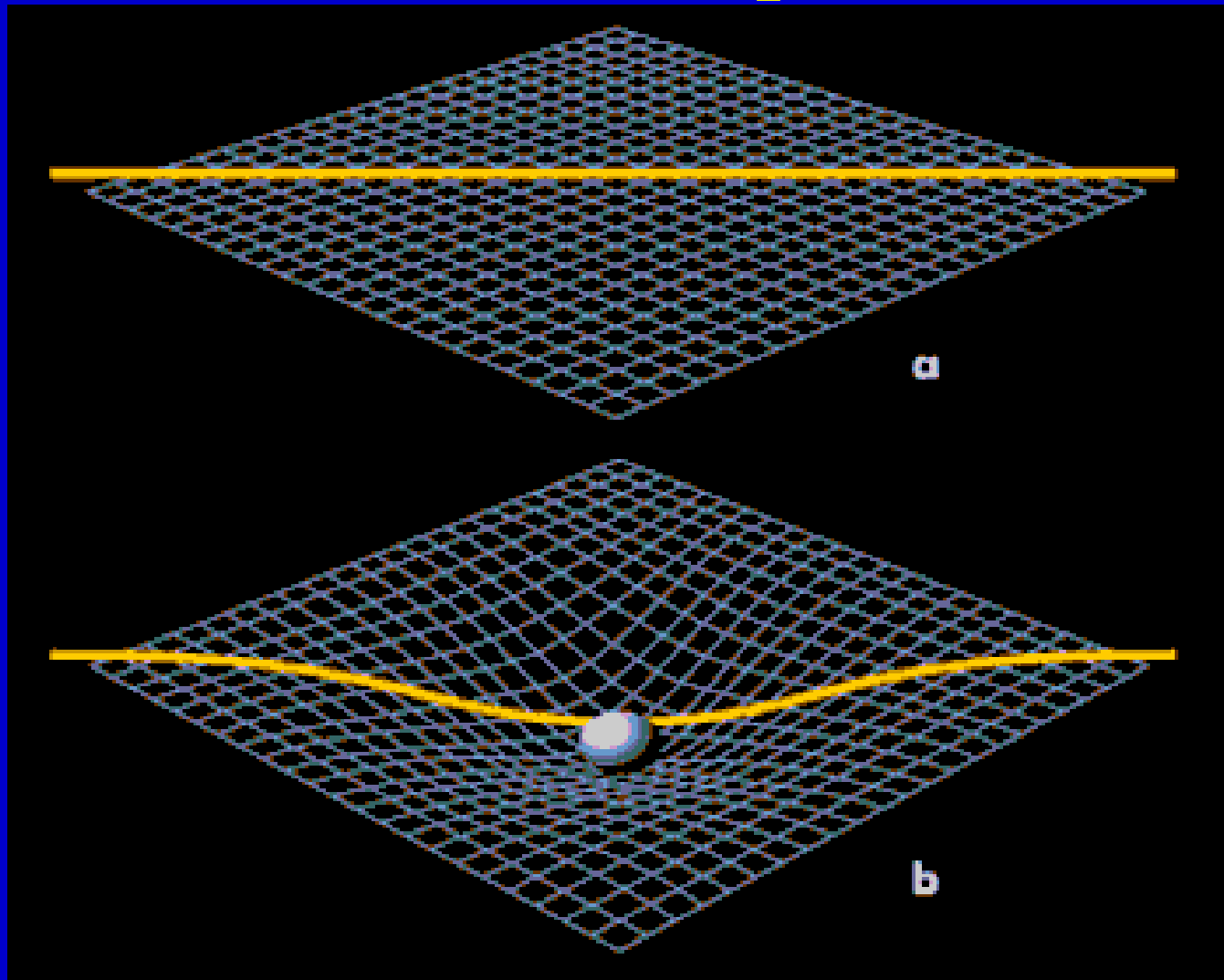


Gravita' e geometria

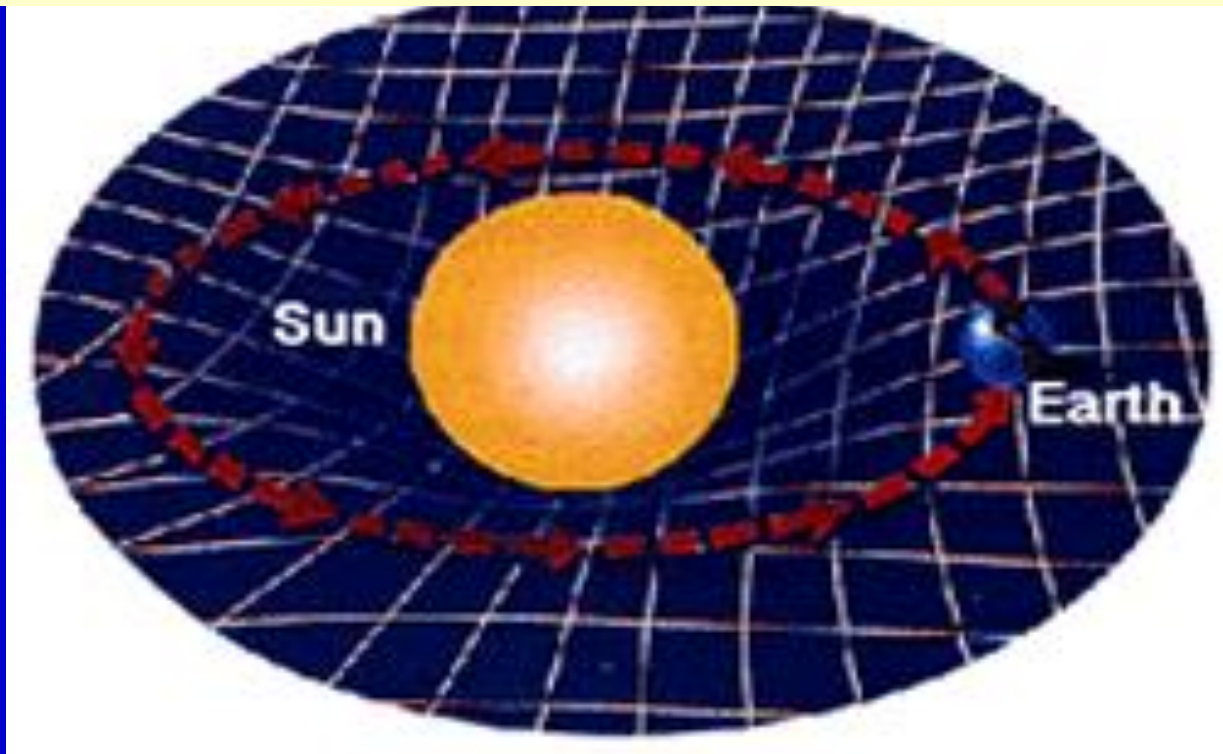
LE MASSE PROVOCANO
CURVATURA DELLO
SPAZIO-TEMPO



Distanze nello spazio curvo



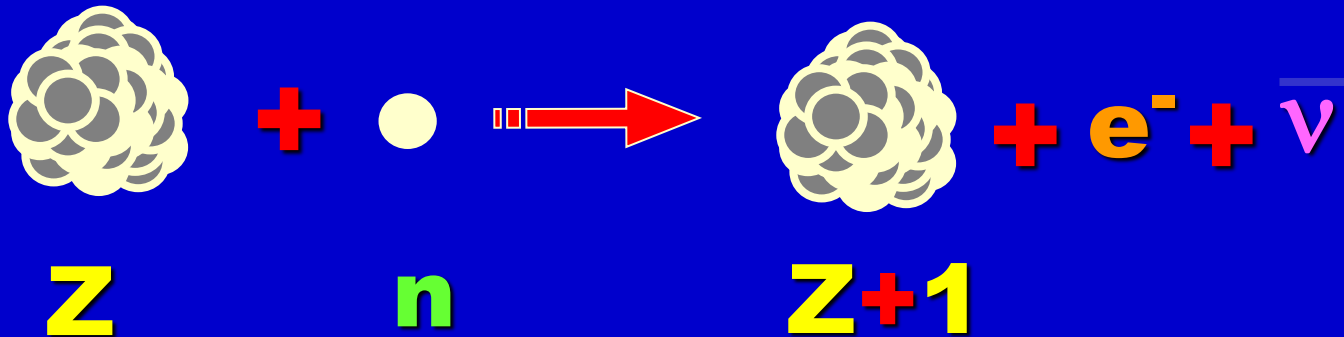
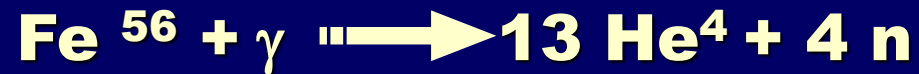
Orbite nello spazio curvo



SUPERNOVA



Durante l'esplosione di una supernova vengono prodotti numerosi NEUTRONI

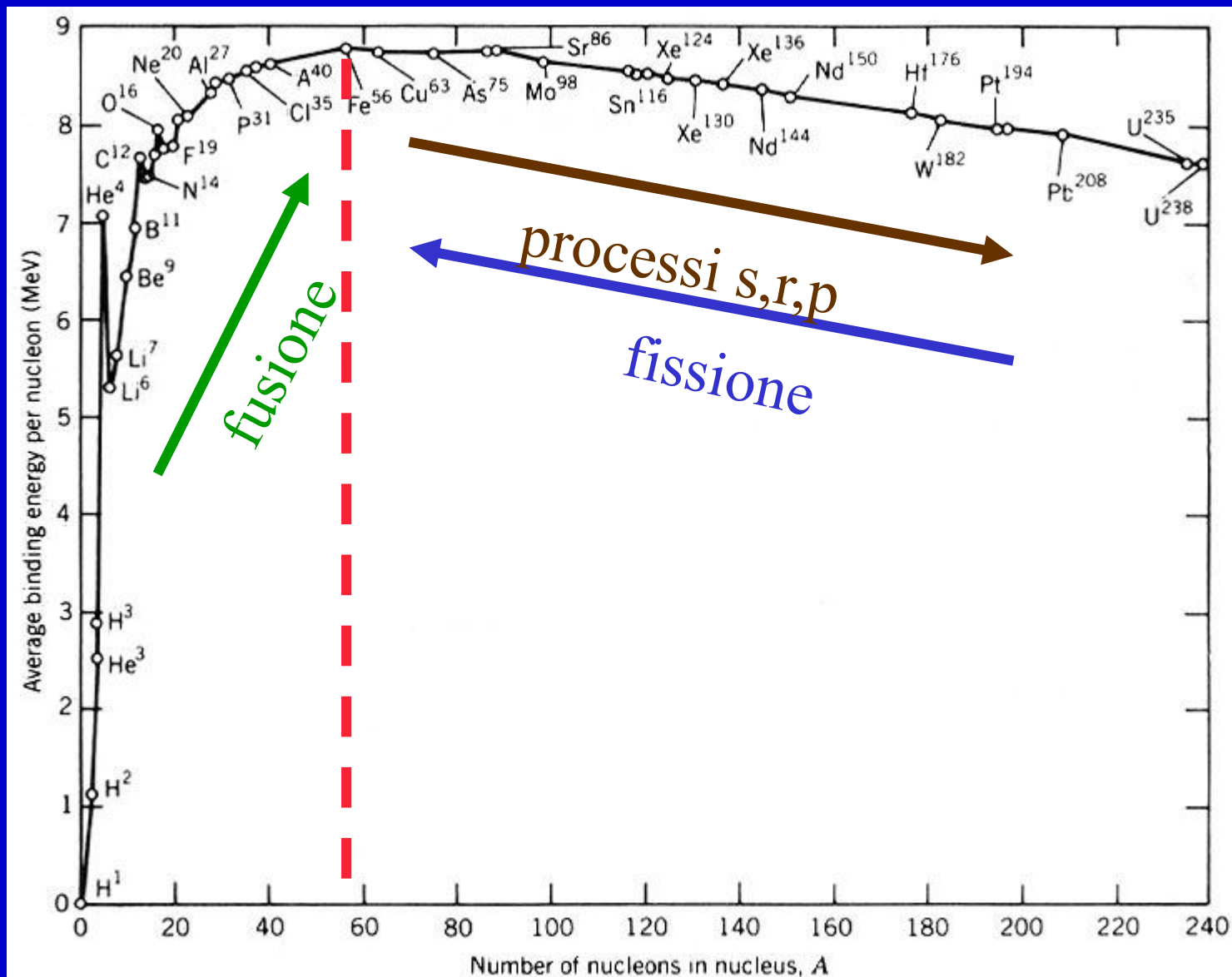


formazione degli elementi più pesanti del
FERRO

Meno stabili

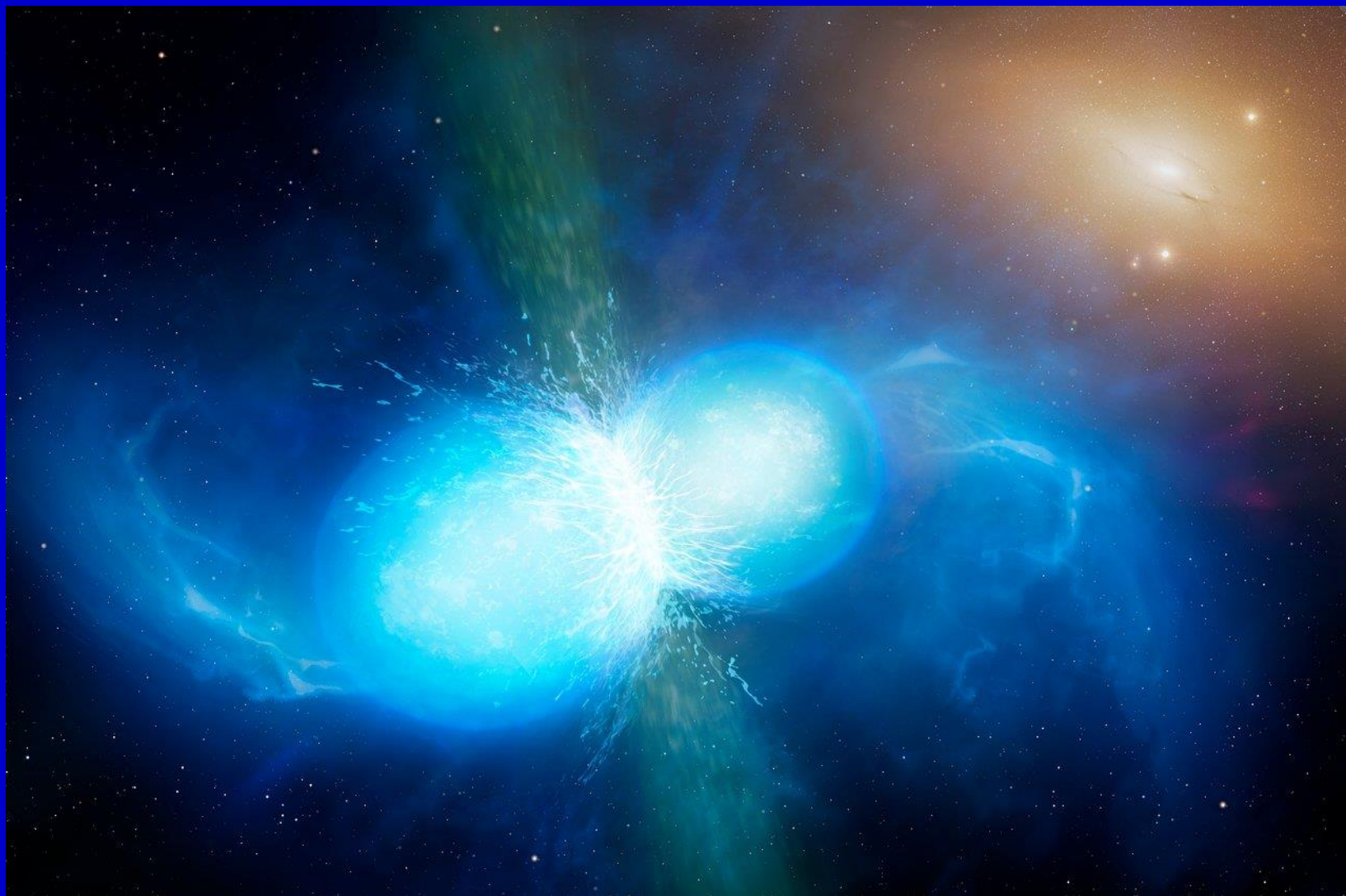
Piu' stabili

Energia di legame

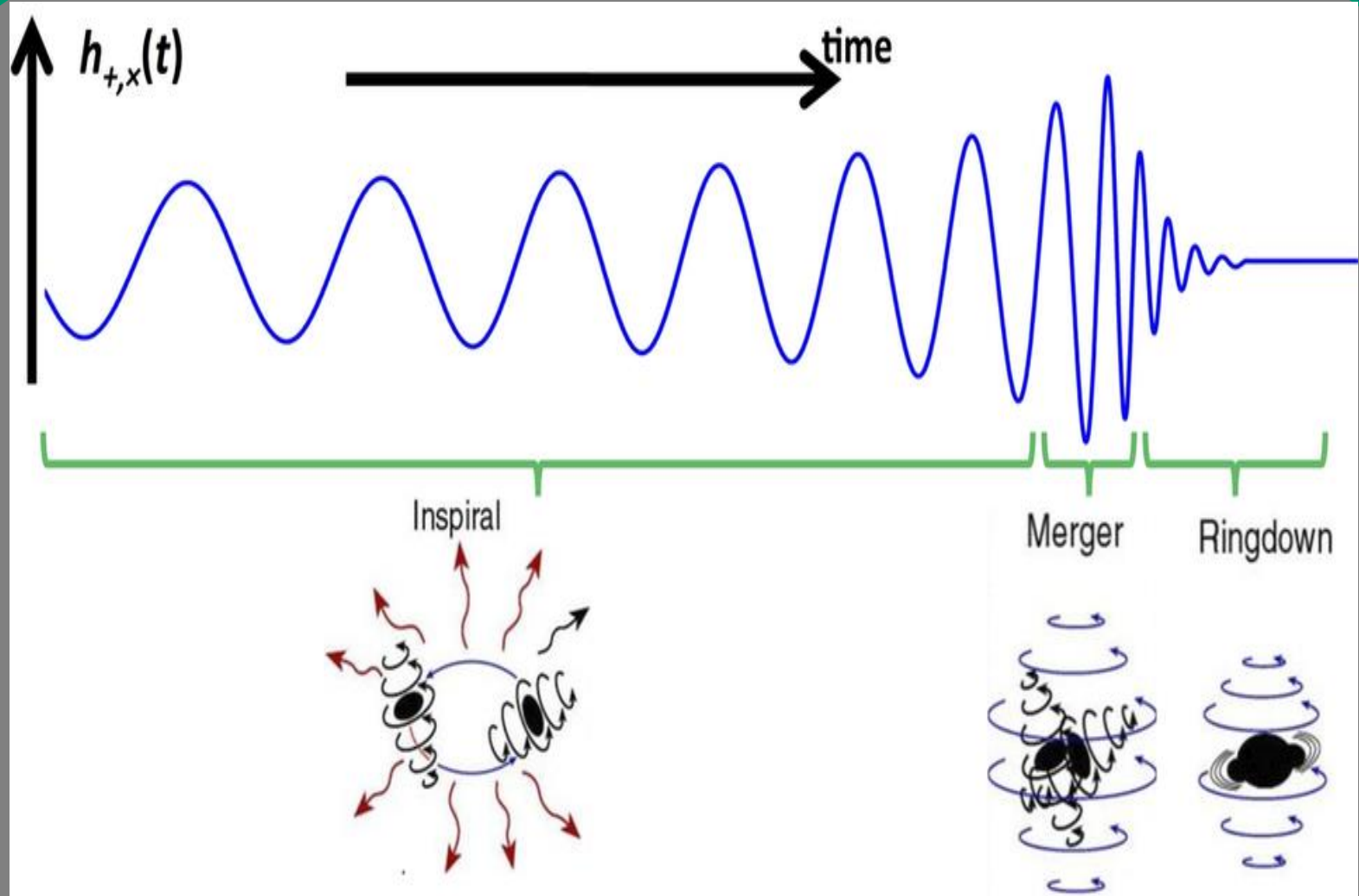


Cosa è successo

Il 17 Agosto 2017 ???



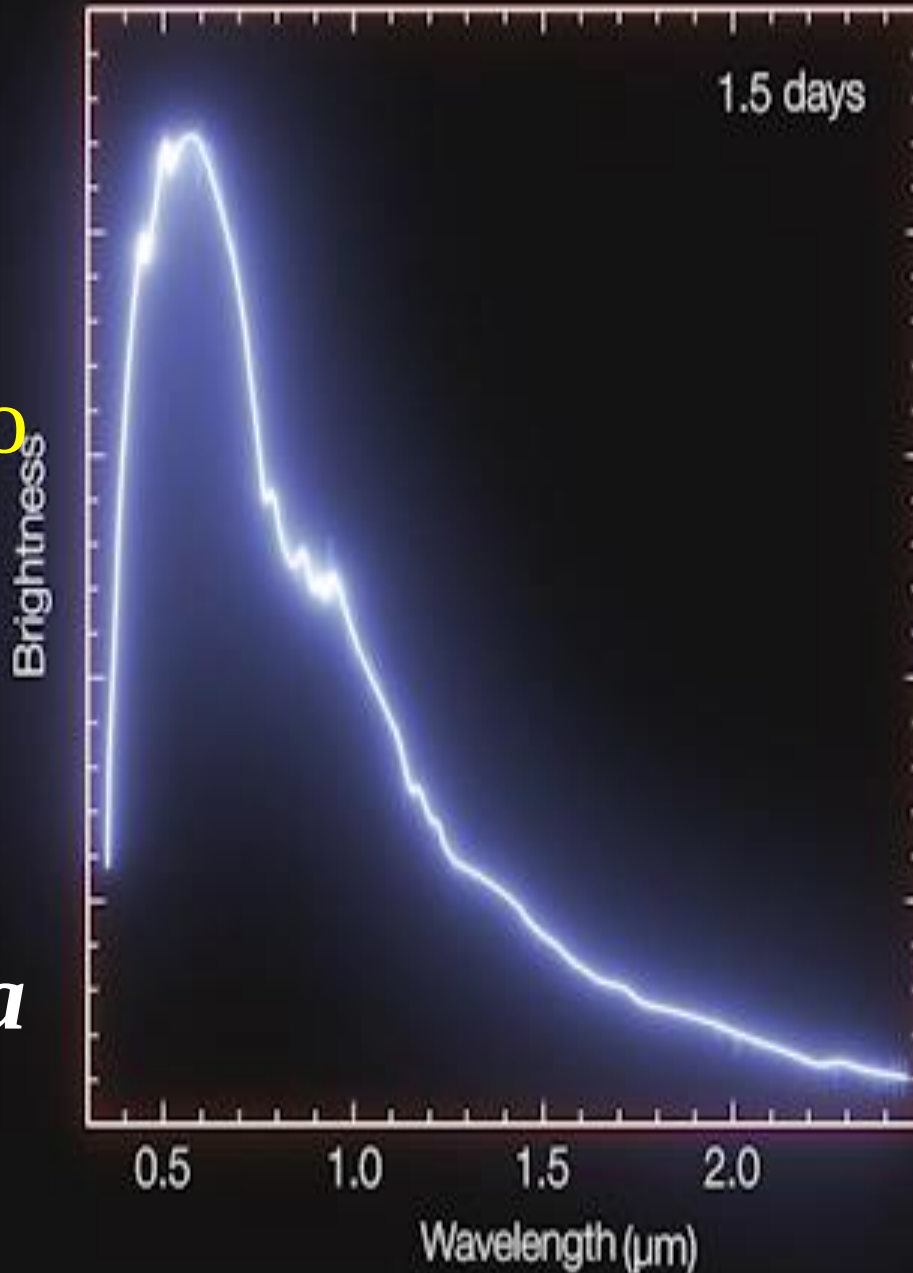
We need a template waveform to use to extract the signal from the background



ESO-VLT
X-Shooter

Ha osservato
la
controparte
ottica !!

*Per la prima
volta nella
storia*



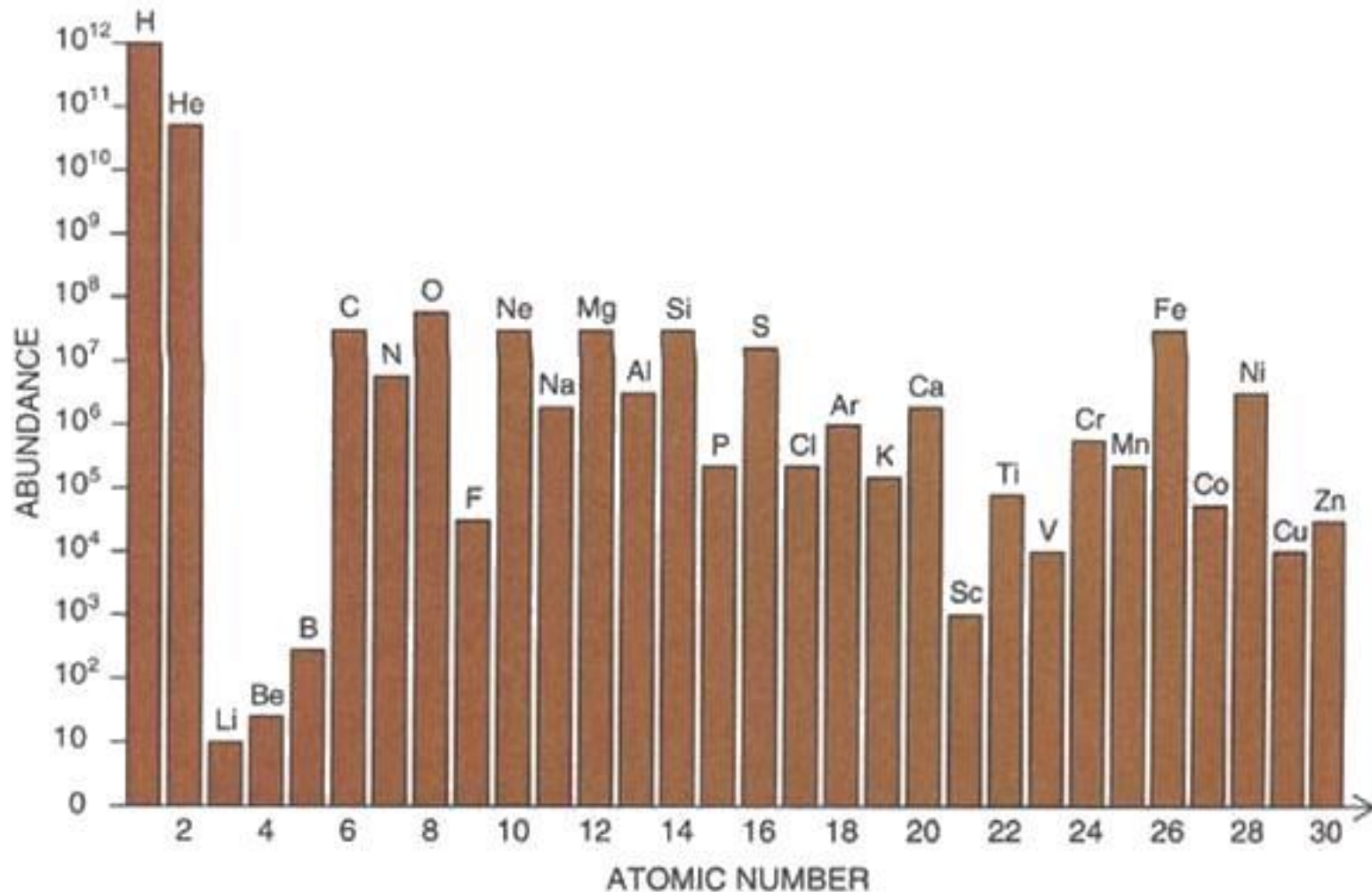
Lo stesso
oggetto
osservato con
le

Onde
gravitazionali
+

Onde
elettromagnetiche

1 H		fusione all'epoca del big bang 					fissione prodotta da raggi cosmici 					2 He																						
3 Li		4 Be		merging di stelle di neutroni 					esplosione di stelle di grande massa 					5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne															
11 Na		12 Mg		morte di stelle di piccola massa 					esplosione di nane bianche 					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													

Le abbondanze degli elementi



“... siamo Figli delle Stelle...!!”



Alan Sorrenti 1977

Fine grazie

Carta di Identità del SOLE

Distanza = 1.495×10^{13} cm = 149,5 milioni di chilometri

Luminosità = 3.82×10^{33} erg/sec =

Massa = 1.99×10^{33} grammi

Temperatura effettiva = 5770 °K, Temperatura centrale = 10^7 °K

Raggio = 7×10^{10} cm

Gravità superficiale = 28 x gravità terrestre

Velocità di fuga = 6.17×10^7 cm/sec

Densità media = 1.41 grammi/cm³, Densità centrale = 100 grammi/cm³

Età = 4.5×10^9 anni

Frazione percentuale in massa: H=74% + He=24% + ALTRO=2%

Distanza dal Centro della Galassia (Via Lattea) = 25000 anni luce