

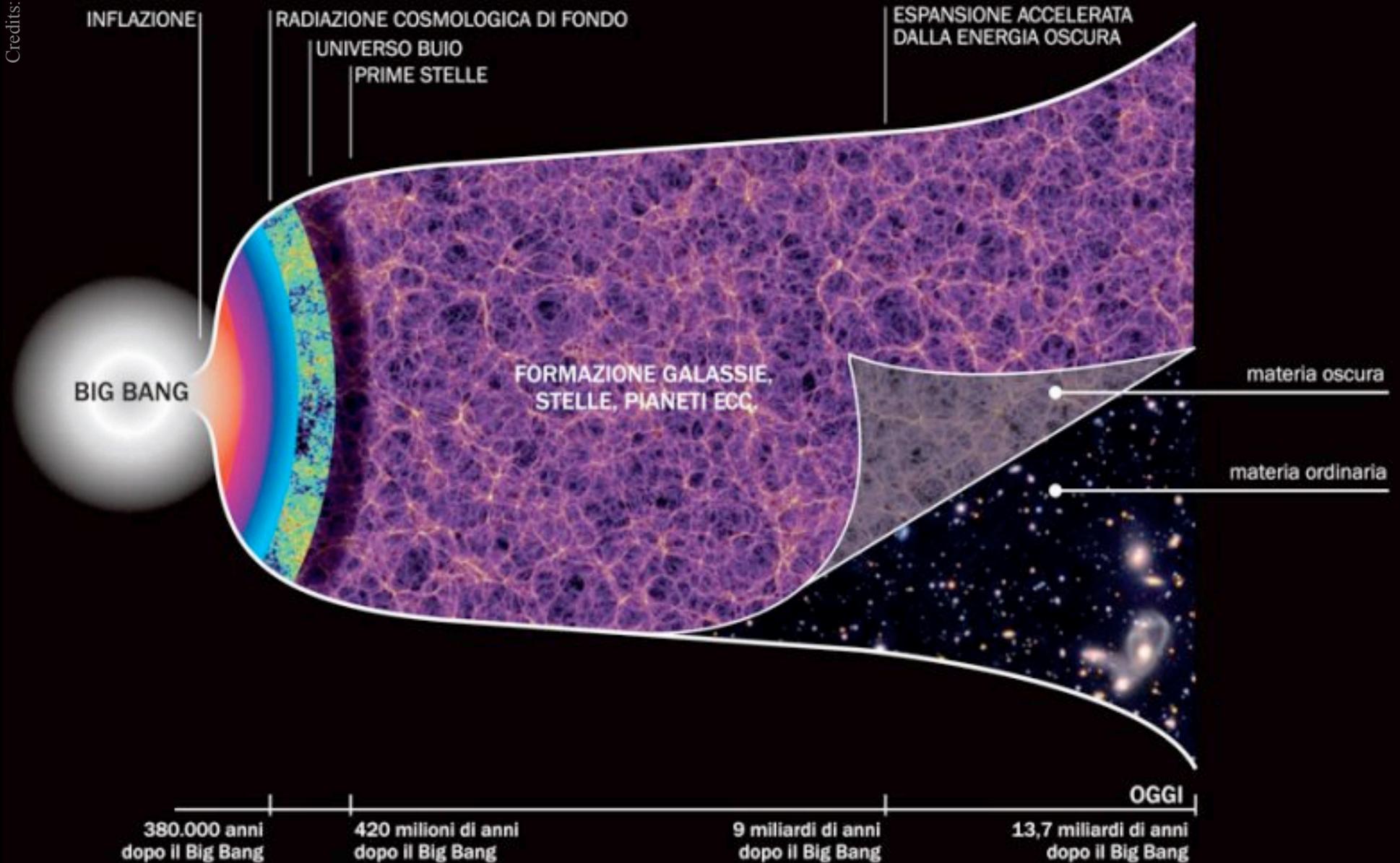
5 maggio 2020

Big Bang, e poi?

*di come da un punto sono venute fuori
stelle, galassie e... la tavola periodica!*

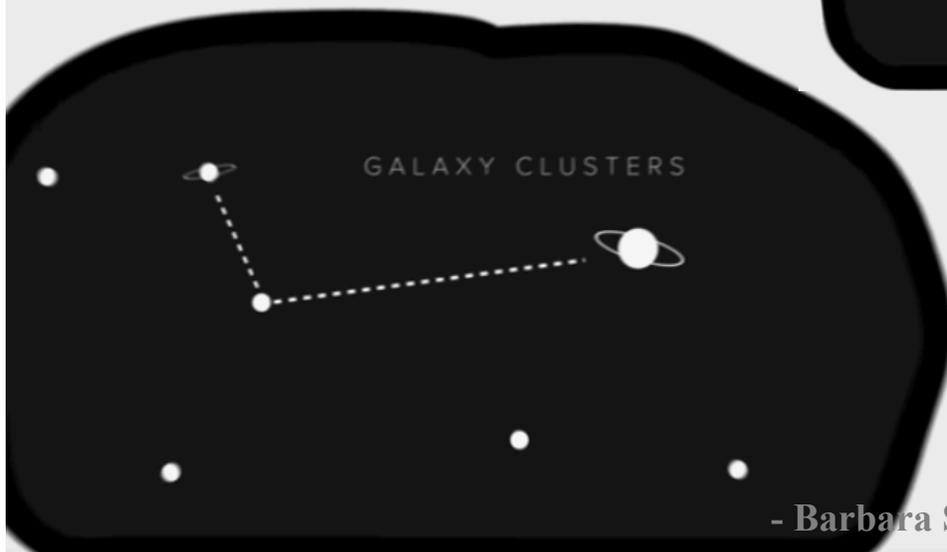
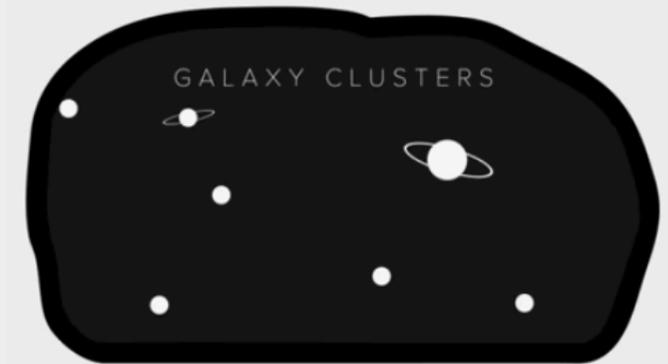


Modello Standard Cosmologico

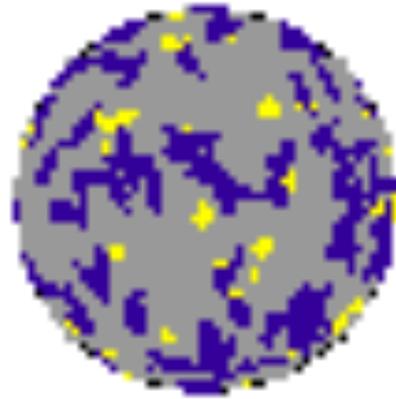




Espansione dell'Universo



Espansione dell'Universo



La velocità della luce

È chiamata c

- è costante

- vale $\sim 3 \times 10^8$ m/s

- cioè ~ 1 miliardo di km/h

In un anno ci sono $365 \text{g} \times 24 \text{h} \times 60' \times 60 \text{s}$

$\sim 3 \times 10^7 \text{s} = 30$ milioni di secondi

In un anno la luce percorre $3 \times 10^8 \times 3 \times 10^7$

$\sim 9 \times 10^{15}$ metri

*Quindi quasi **10 milioni di miliardi di m all'anno***

*“La velocità della luce diventa
una misura di lunghezza”*

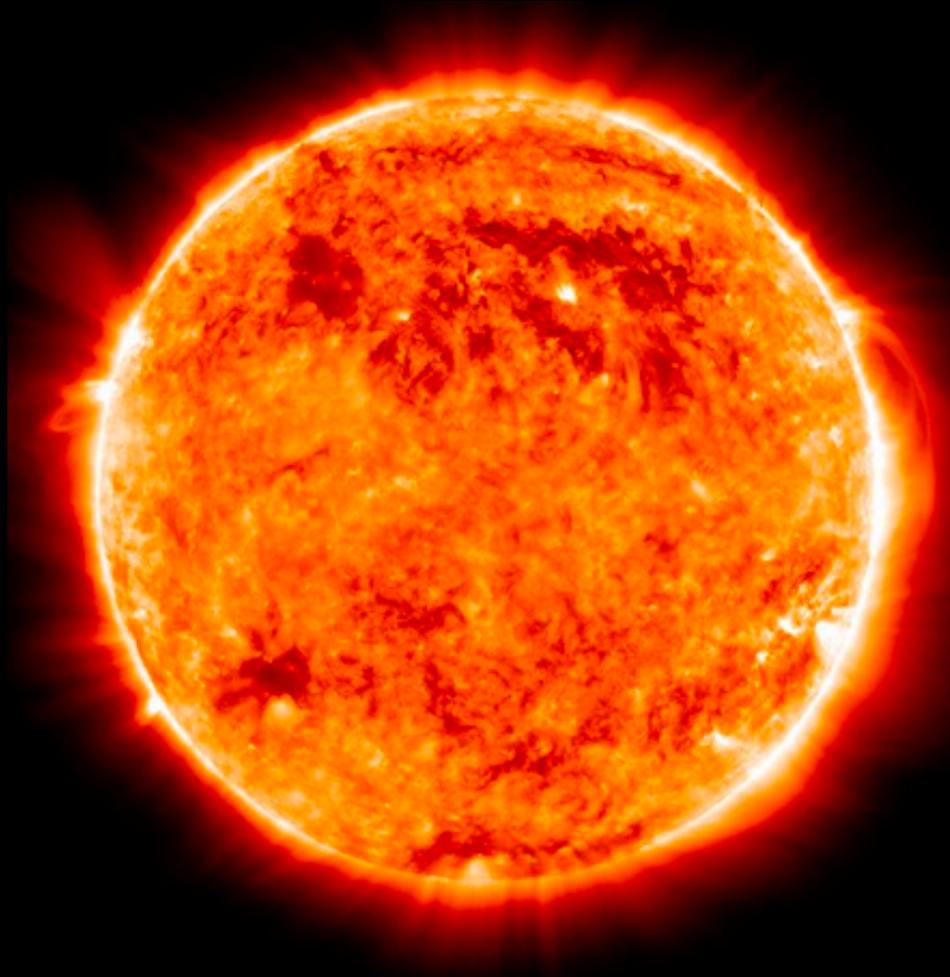
Tempo o distanza?



Il giro della Terra: 7 volte in un secondo luce

*“La velocità della luce diventa
una misura di lunghezza”*

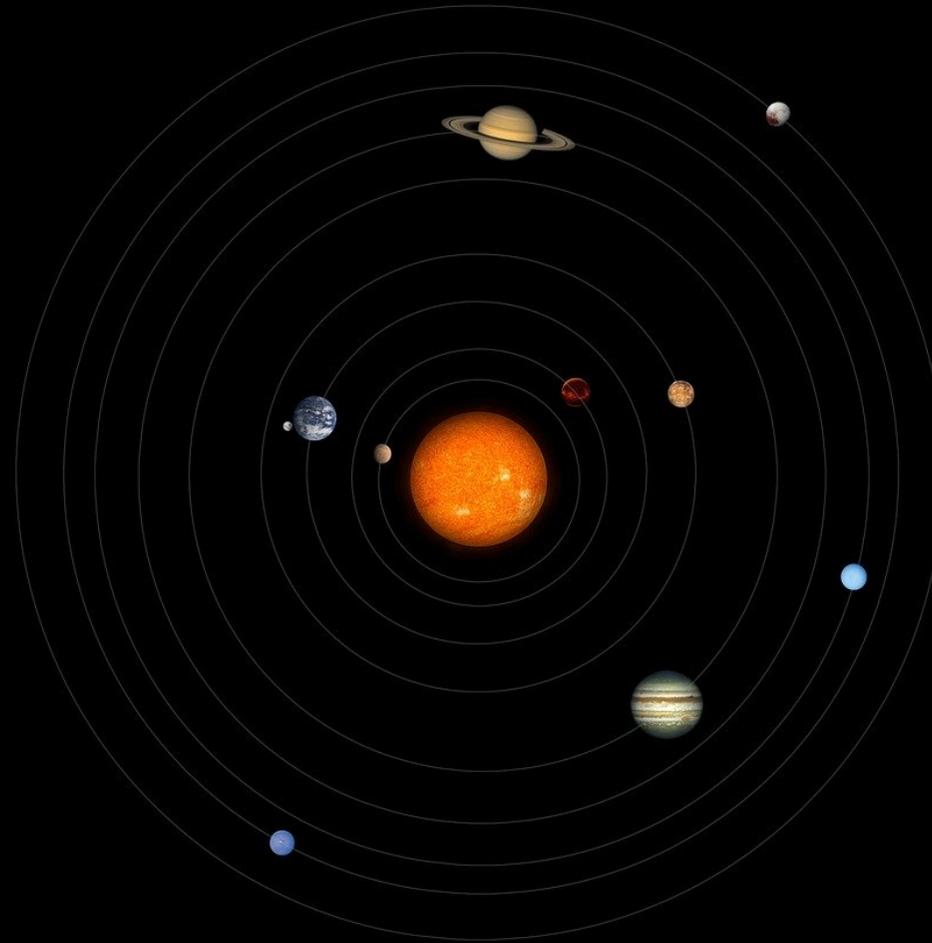
Tempo o distanza?



Il Sole dista 8 minuti luce

*“La velocità della luce diventa
una misura di lunghezza”*

Tempo o distanza?



I confini del sistema solare distano ~ 20 ore luce

*“La velocità della luce diventa
una misura di lunghezza”*

Tempo o distanza?

[ESA/Hubble / CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)]

La stella più vicina, Proxima Centauri, dista ~4.4 anni luce

- Barbara Sciascia (INFN/LNF) -

Big bang

[tempo]

$t = 0$

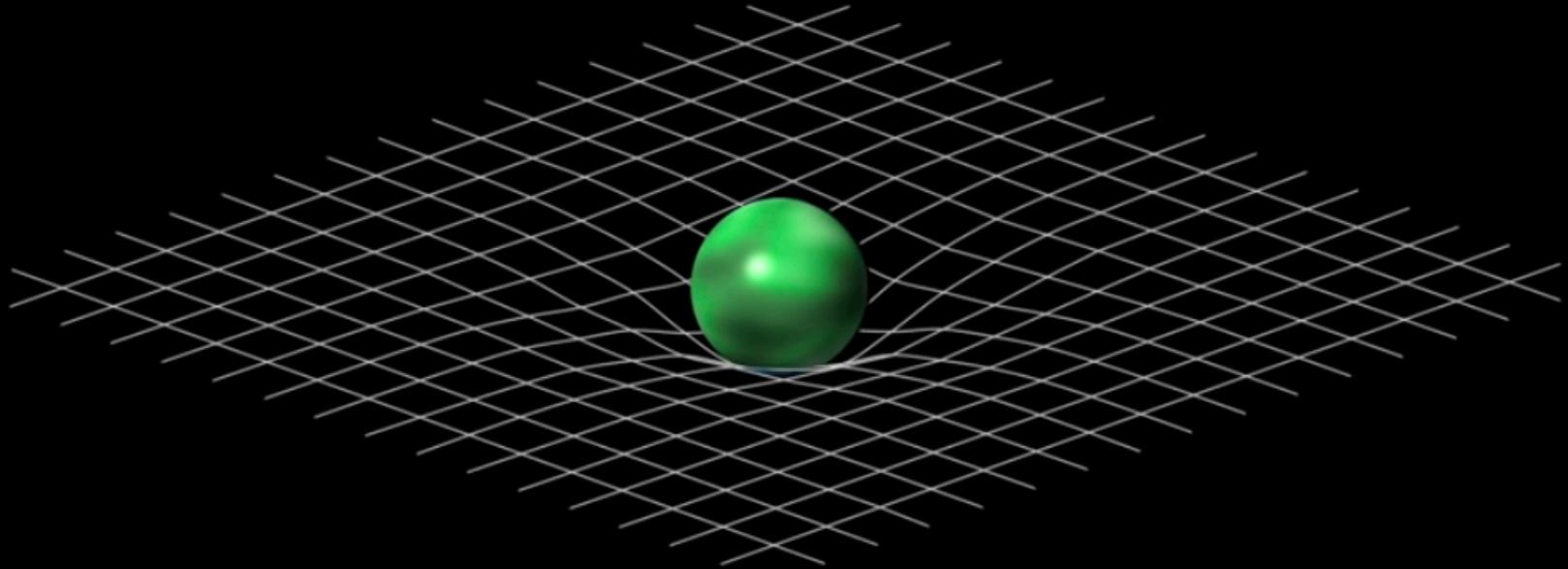


[Illustrazione: A. Iacurci]

[tempo]

“inizia” la gravità

$t = 10^{-43}$ secondi



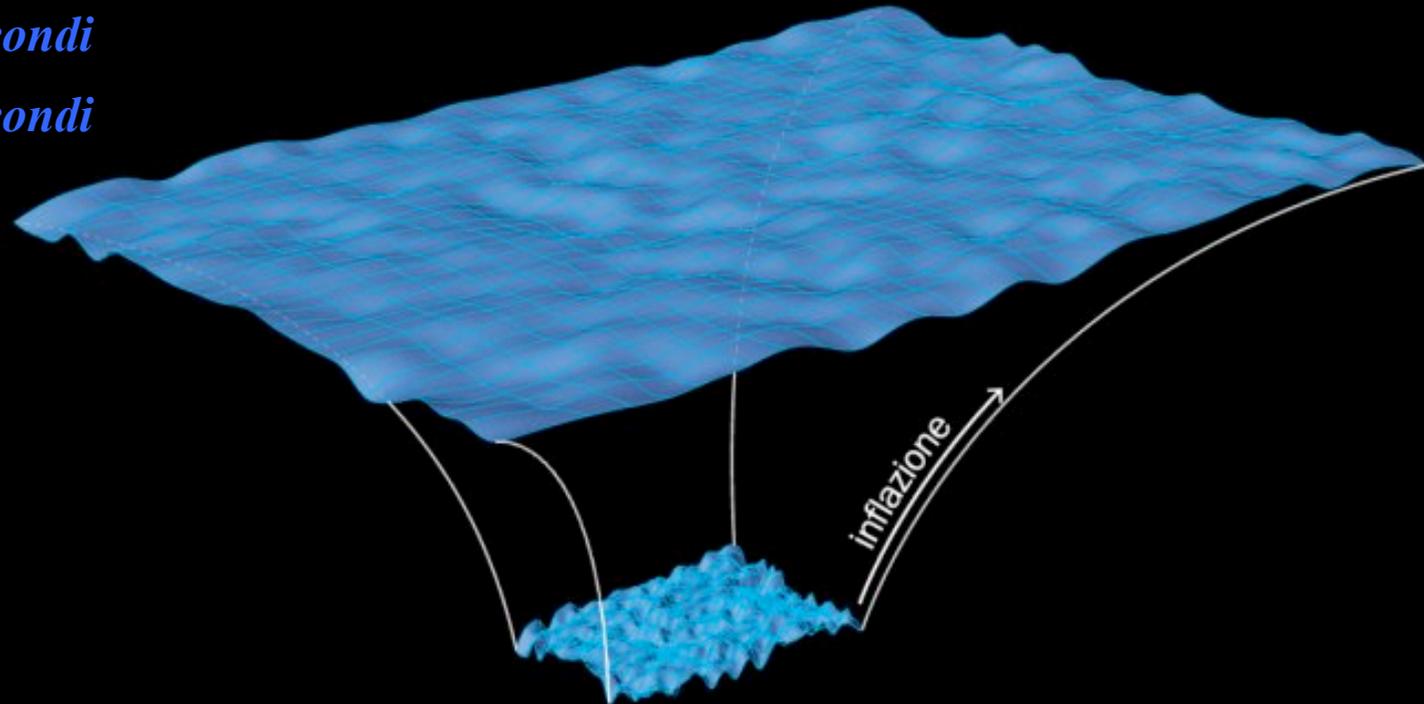
Inflazione

[tempo]



$t = 10^{-36}$ secondi

$t = 10^{-32}$ secondi



Dalle dimensioni di una molecola [un decimo di miliardesimo di metro] a 10 anni luce [100 milioni di miliardi di metri]

[Credits: Asimmetrie]

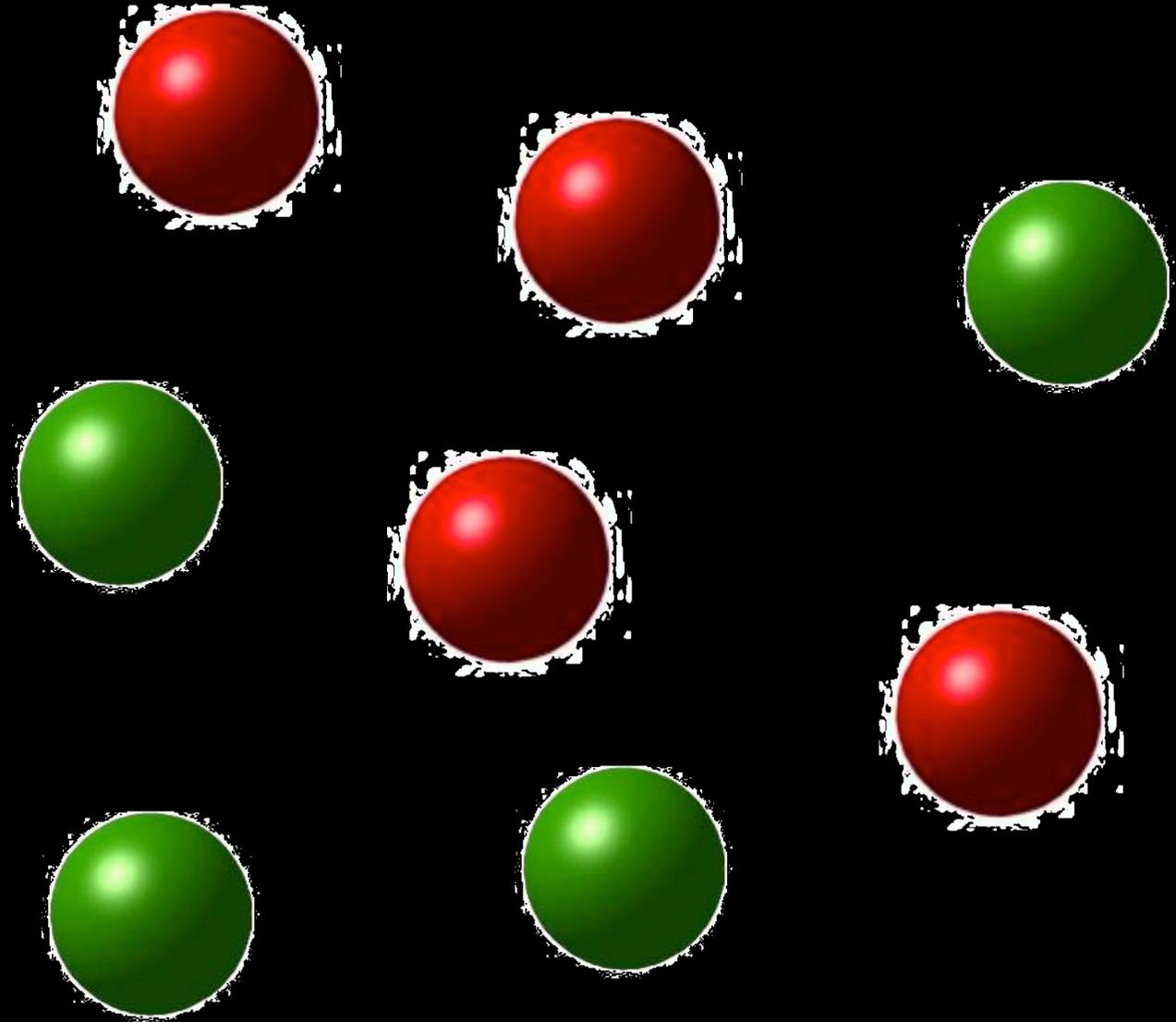
Protoni e neutroni

[tempo]



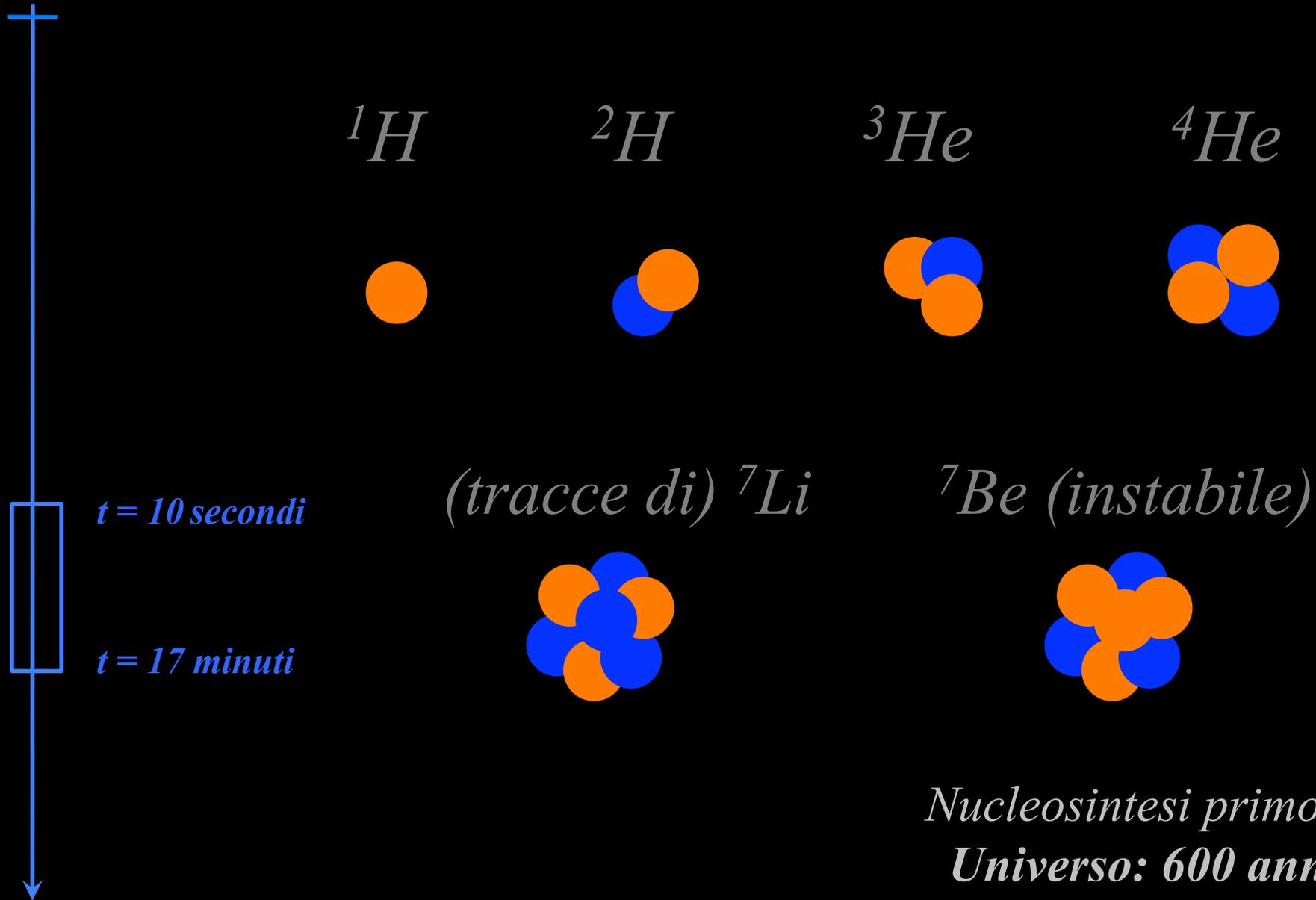
$t = 10^{-6}$ secondi

$t = 1$ secondo



Nuclei atomici

[tempo]



[tempo]

“nubi”



$t = 17 \text{ minuti}$

$t = 377000 \text{ anni}$



[https://pngimg.com/download/55245, Creative Commons 4.0 BY-NC]

[elettroni, protoni, neutroni]

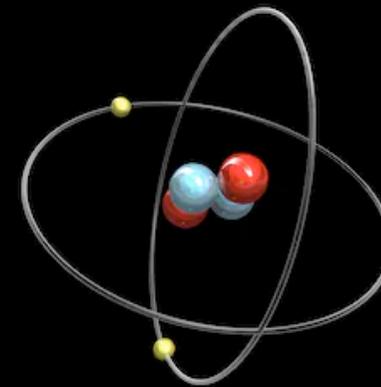
Formazione di atomi

[tempo]



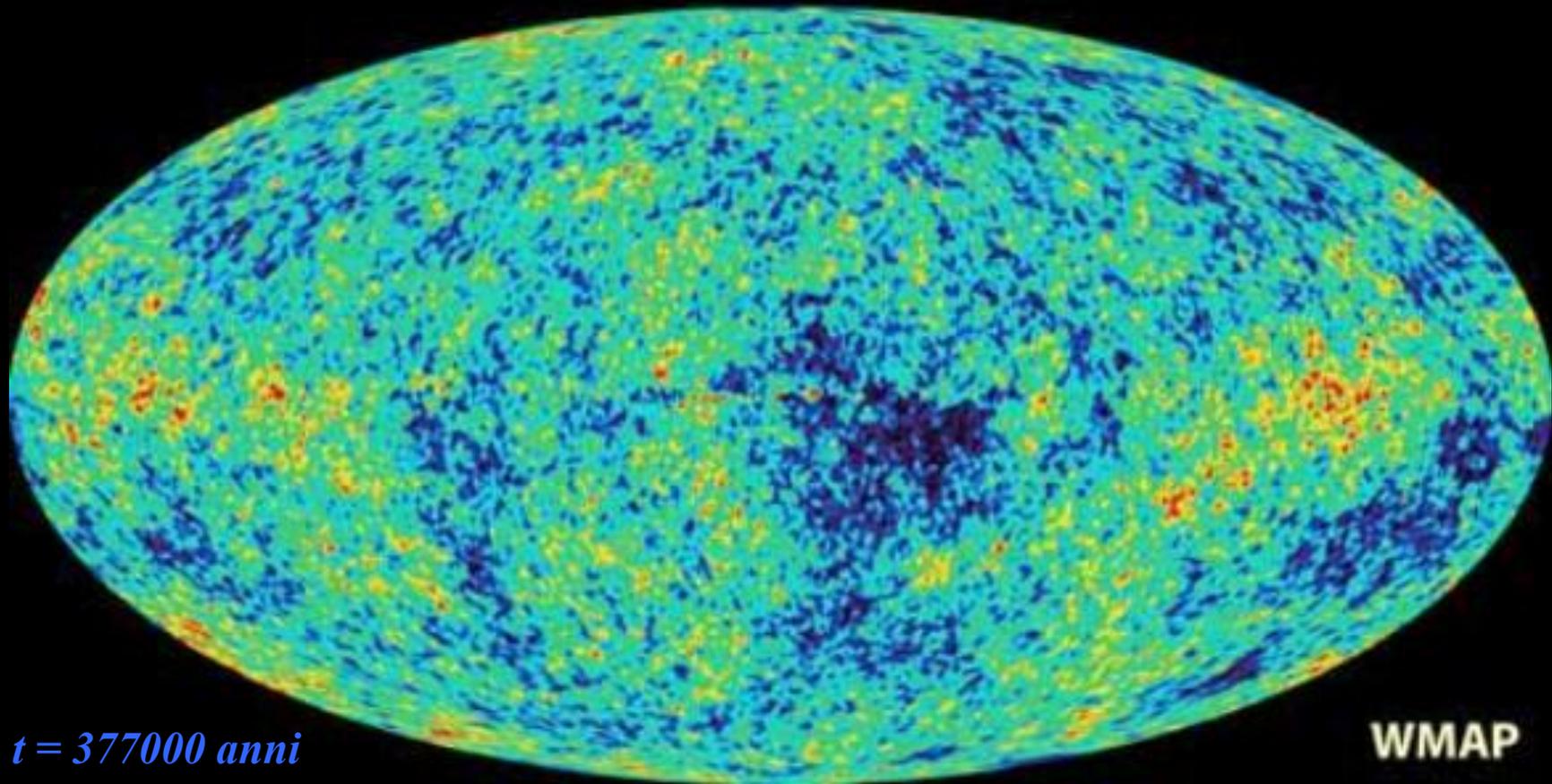
t = 17 minuti

t = 377000 anni



[tempo]

L'Universo diventa trasparente



t = 377000 anni

Universo: 100 milioni di anni luce

[tempo]

nubi invisibili?

Dark age



t = 377000 anni

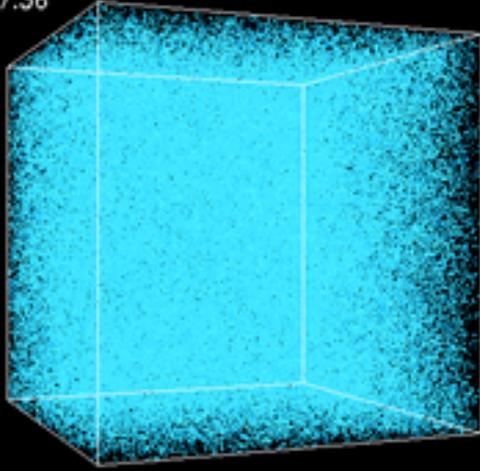
t = 150 milioni di anni

[atomi di idrogeno e di elio]

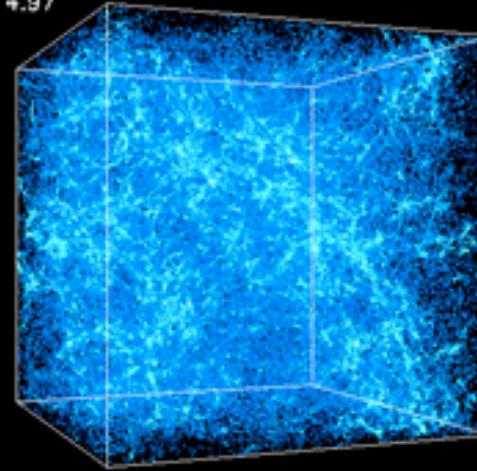
nubi invisibili?

Dark age

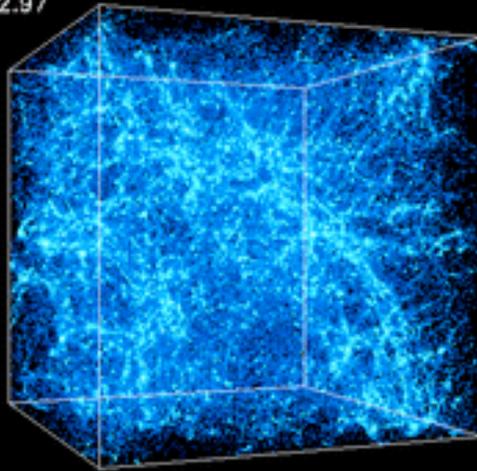
Z=27.36



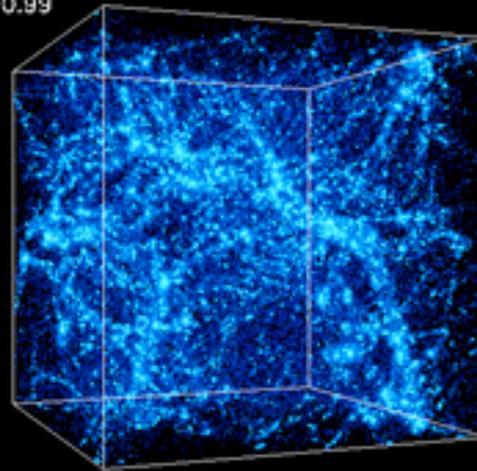
Z= 4.97



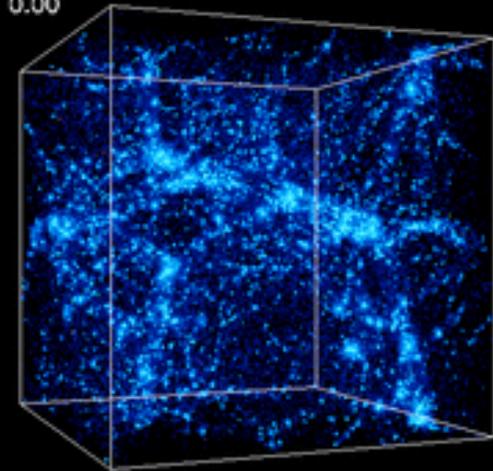
Z= 2.97



Z= 0.99



Z= 0.00



[tempo]

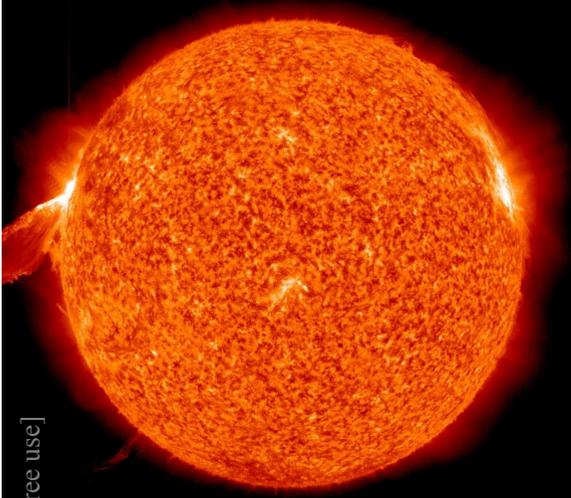
Stelle!



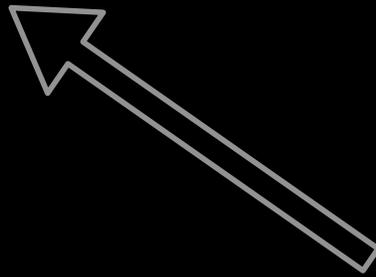
t = 150 milioni di anni

t = 1 miliardo di anni

Il processo base



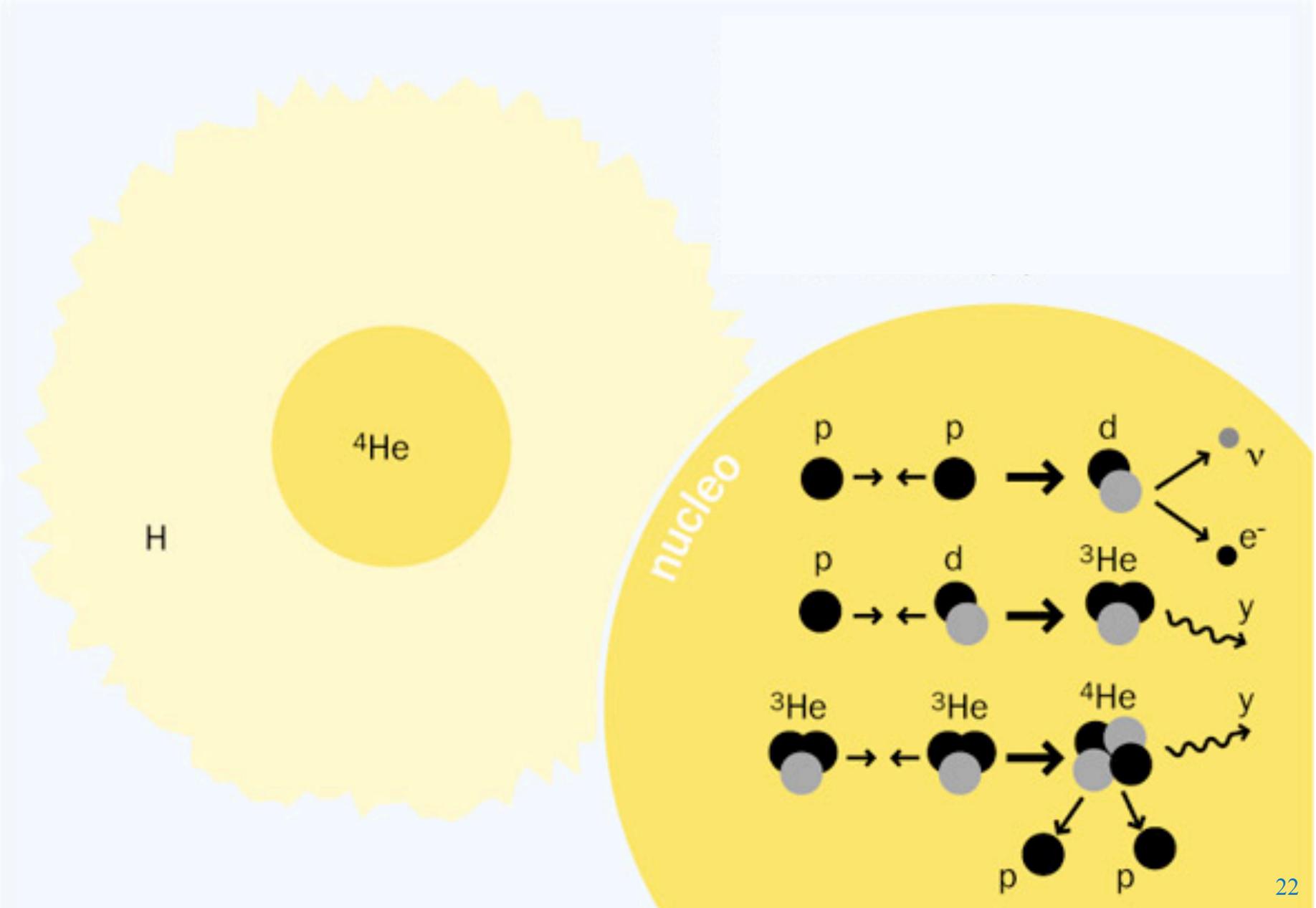
[pikrepo.com, free use]



[<https://pngimg.com/download/55245>, Creative Commons 4.0 BY-NC]

[atomi di Idrogeno ed Elio]

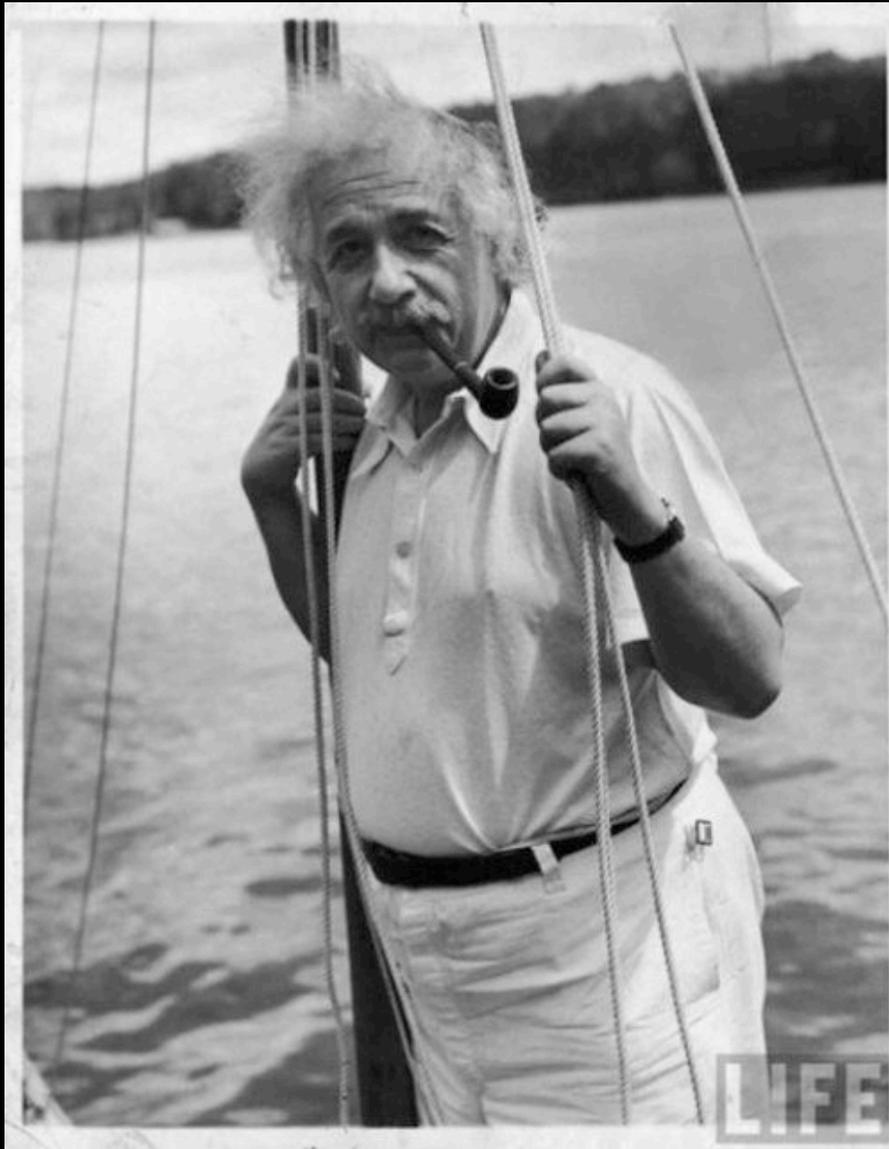
Fusione nucleare



Fusione nucleare



Albert Einstein



$$E = mc^2$$

E: energia

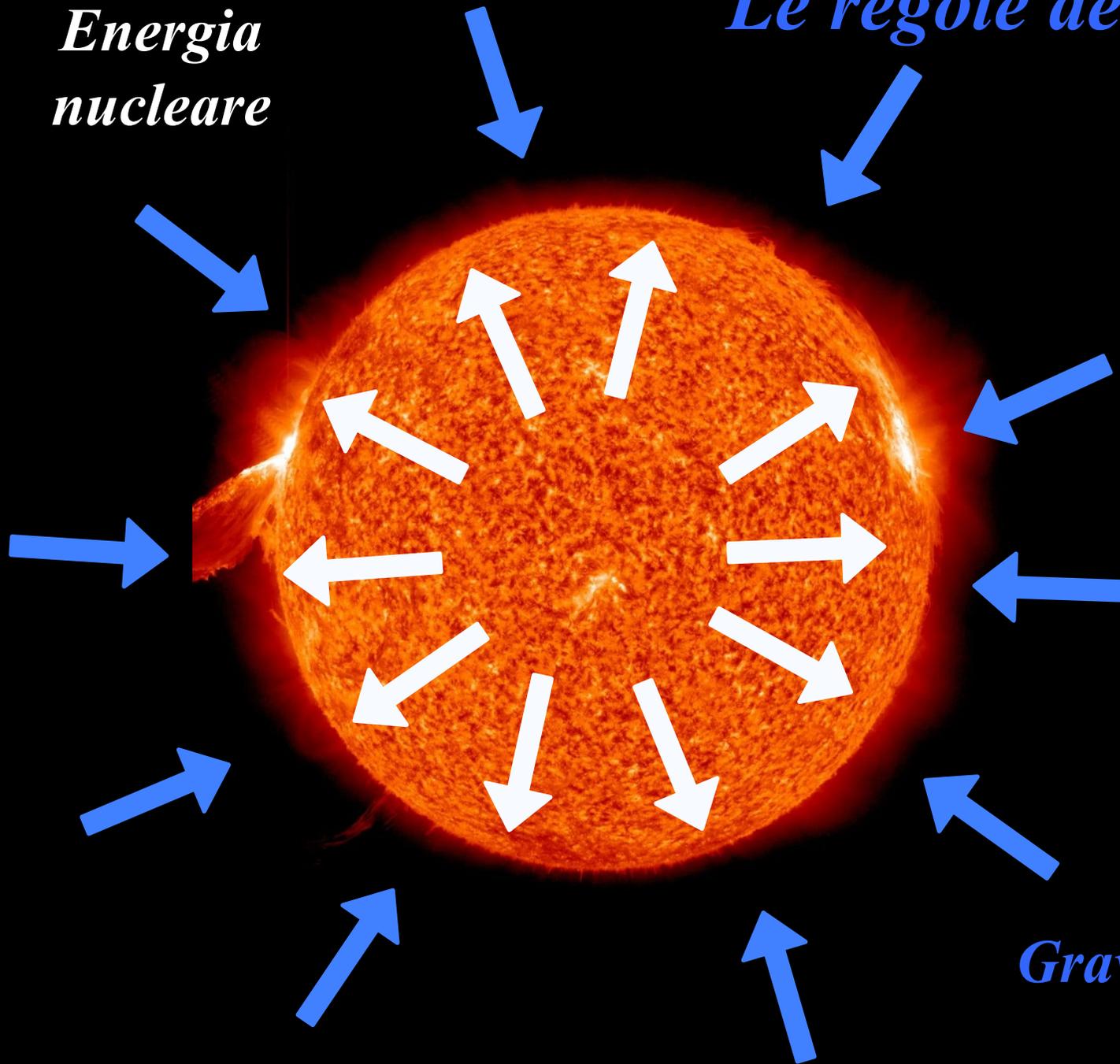
m: massa

c: velocità della luce, è costante
vale 3×10^8 m/s

$$m = \frac{E}{c^2}$$

*Energia
nucleare*

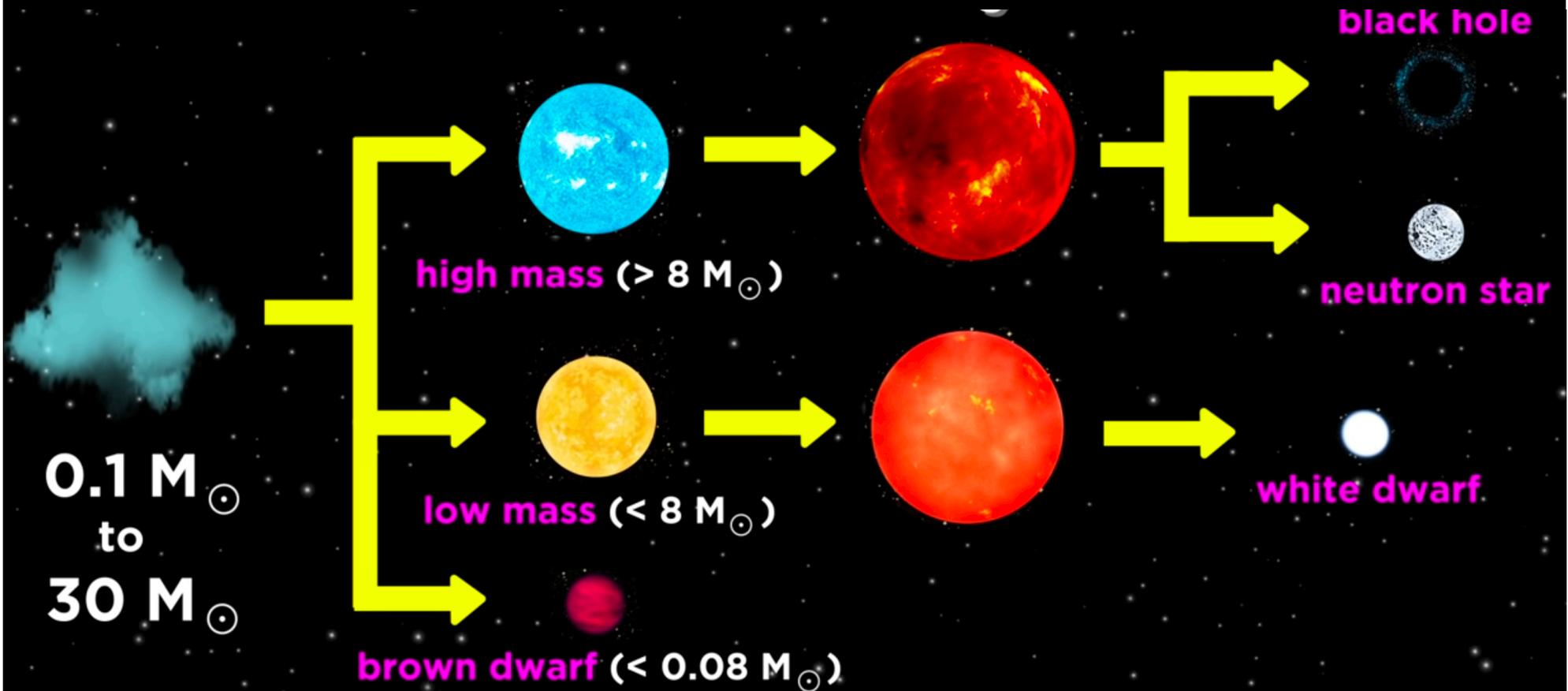
Le regole del gioco



Gravità

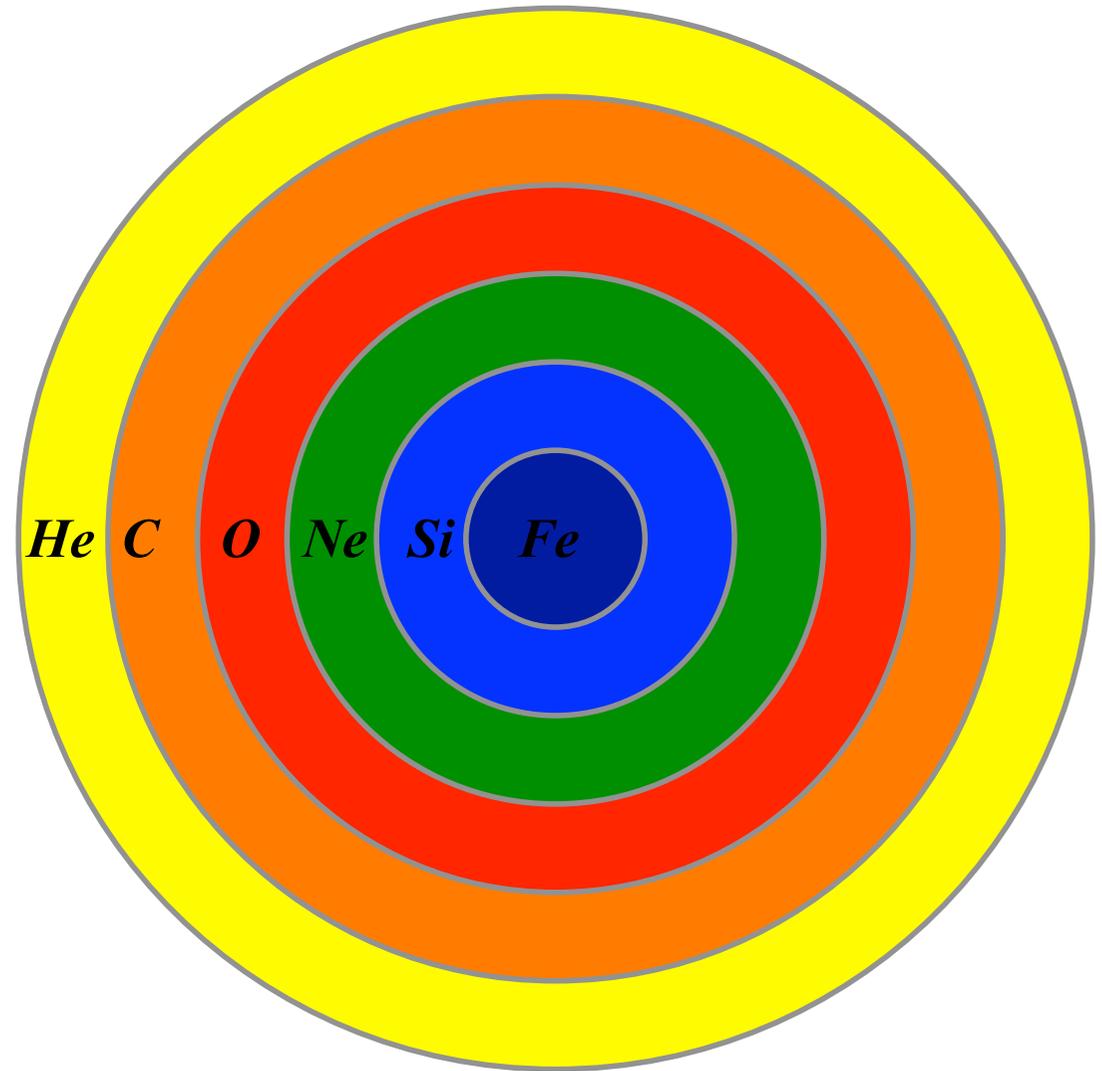
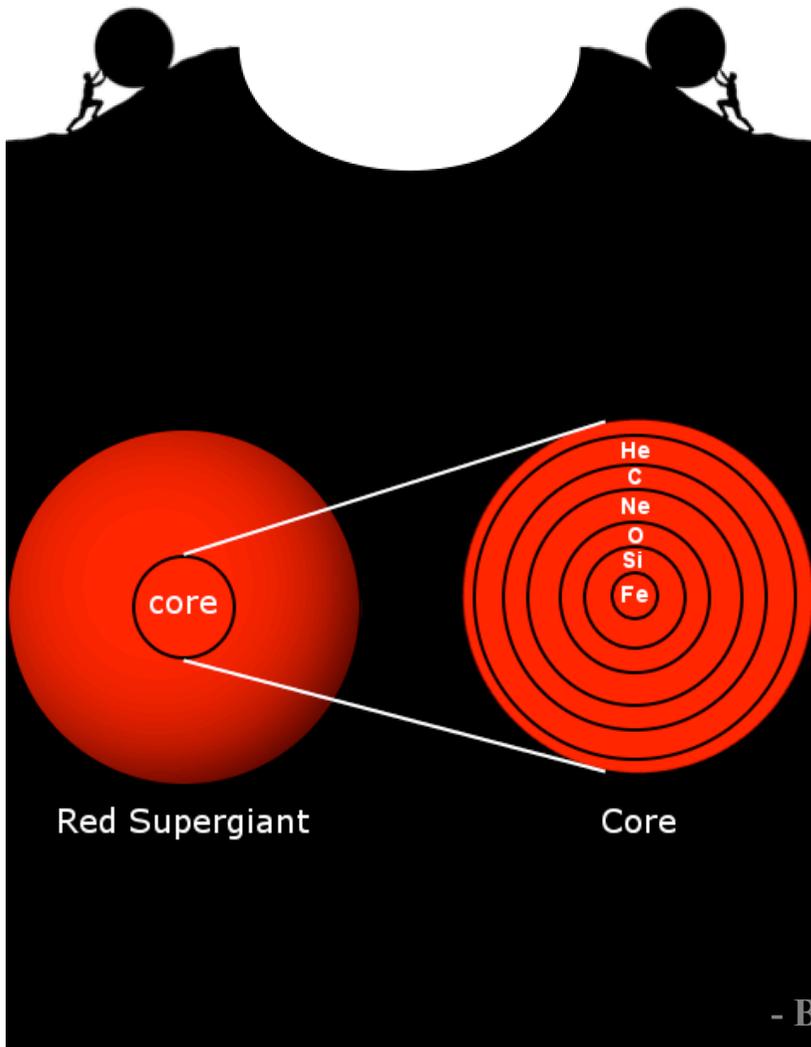
M_{\odot} : massa del Sole

Vita da stelle



Credits: https://www.youtube.com/channel/UC0cd_-e49hZpWLH3UIwoWRA

Nucleosintesi stellare



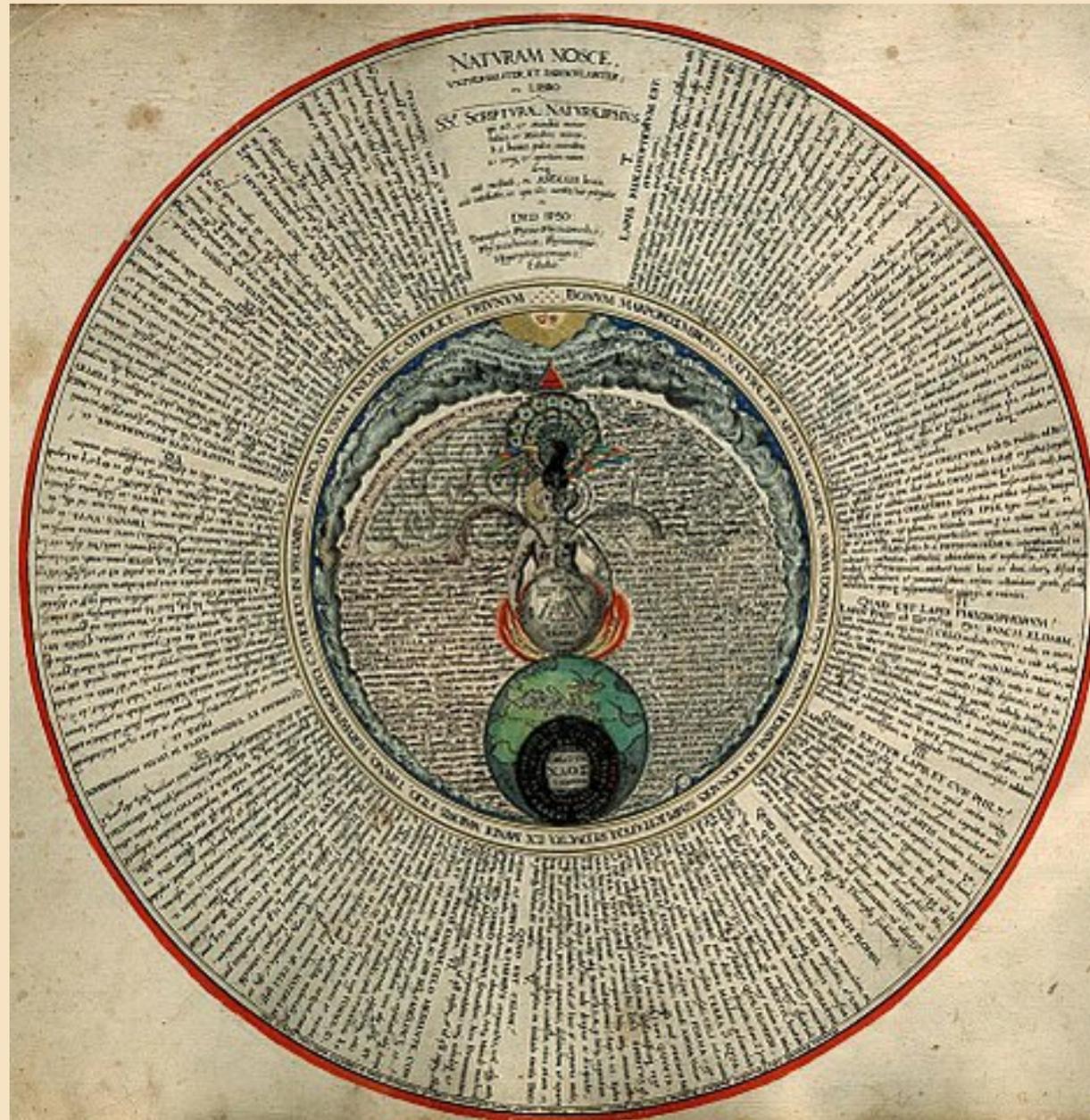
Tutti gli elementi

Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Period ↓																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	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
5	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
6	55 Cs	56 Ba	57 La *	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
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac *	104 Rf *	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
			* 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		
			* 90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr		

Primordiali

Nelle stelle

La pietra filosofale?



[<https://i.pinimg.com/originals/6e/ae/18/6eae18a66d7f340a492342fa6f428dcb.jpg>]

Oro dalle stelle



[ESO/L. Calçada/M. Kommesser], <http://www.eso.org/public/images/eso1733q/>

Tutti gli elementi

Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Period ↓	1																		2	
1	1 H																			2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne		
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar		
4	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		
5	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	
6	55 Cs	56 Ba	57 La	*	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	
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	*	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og	
				*	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		
			*	*	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr		

Primordiali

Nelle stelle

Fuori dalle stelle (Supernovae, scontri di stelle di neutroni, scontri di buchi neri)

Approfondimenti:

Collisione tra due stelle di neutroni (animazione)

- <https://videos.space.com/m/zwUBDVeE/watch-neutron-stars-merge-in-new-kilonova-animation>

Formazione delle strutture

- <http://cosmicweb.uchicago.edu/filaments.html>

Ringraziamenti: alle professoresse Amalia Contessini e Fabiana Di Pasquale e agli alunni delle classi III [AS 2018/2019 e 2019/2020] della scuola media D. Bramante, IC S. Pio V, Roma, per i tanti spunti e suggerimenti per raccontare meglio la scienza difficile.

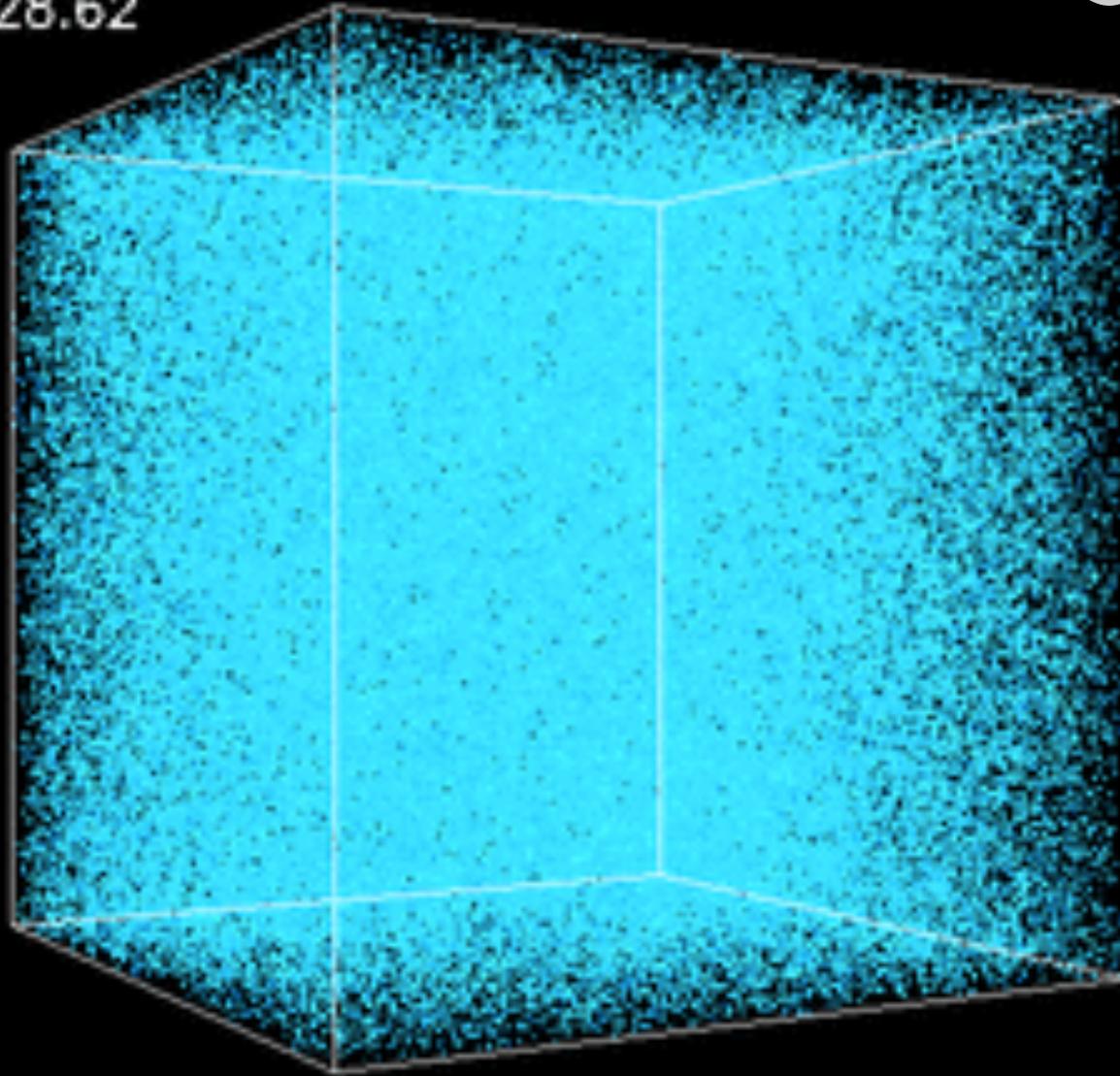
Disclaimer: alcune delle immagini contenute in questa presentazione sono tratte da internet e sono ritenute di pubblico dominio o con licenza libera d'uso. L'eventuale utilizzo di immagini protette è dipeso dall'impossibilità di individuare l'autore, che può rivolgersi al seguente indirizzo comedu@lnf.infn.it per la rimozione.



Formazione delle strutture

$Z=28.62$

Dark age



Oro dalle stelle

Dark Energy Camera / CTIO

i-band

Time Relative to 2017 August 17

+0.5 days

Credit: P. S. Cowperthwaite / E. Berger
Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics