



**Istituto Nazionale di Astrofisica**

Osservatorio astronomico di Brera



***Universo in fiore***

**Le più grandi esplosioni dell'universo  
Il più grande spettacolo  
dopo il Big Bang**

***Gabriele Ghisellini***

***[gabriele.ghisellini@brera.inaf.it](mailto:gabriele.ghisellini@brera.inaf.it)***

***INAF-Osservatorio Astronomico di Brera***

**Viviamo in un periodo fortunato... La nostra stella e' tranquilla e la nostra atmosfera ci protegge, insieme al campo magnetico terrestre.**

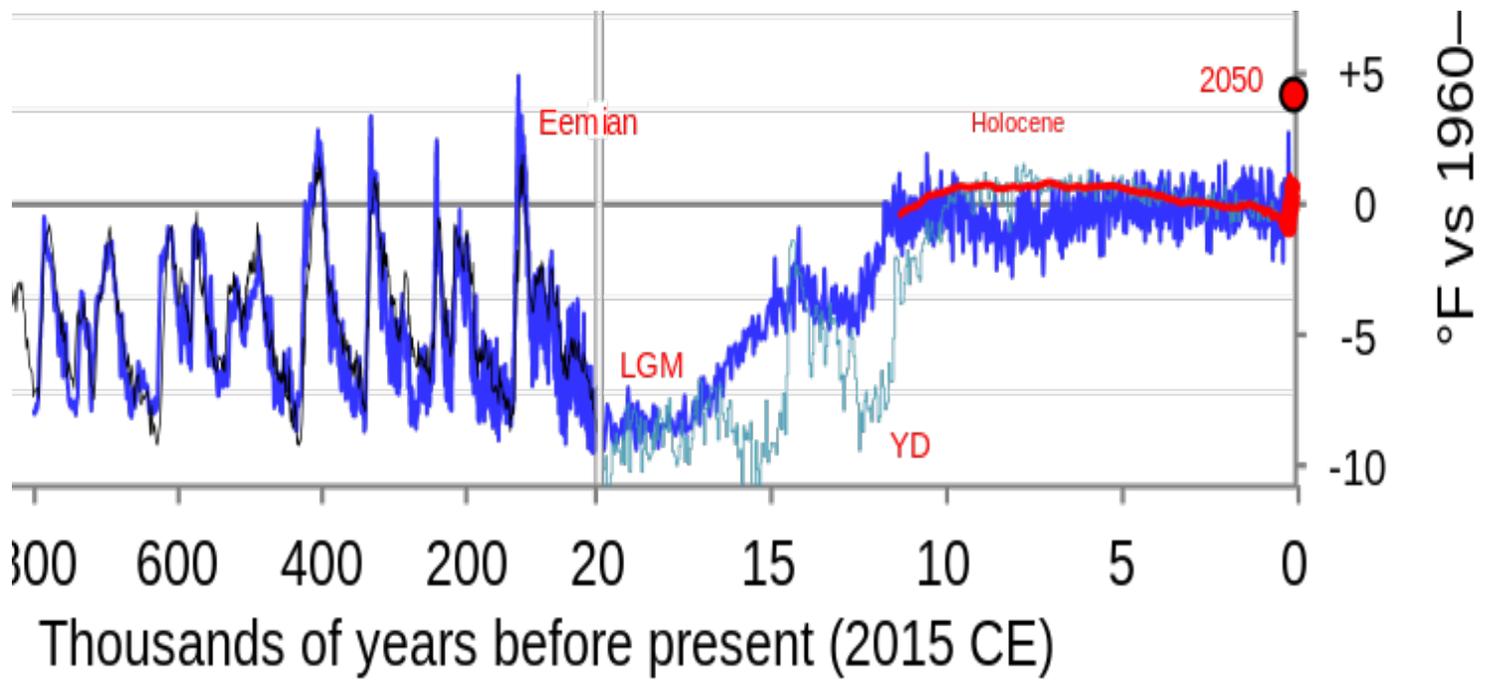
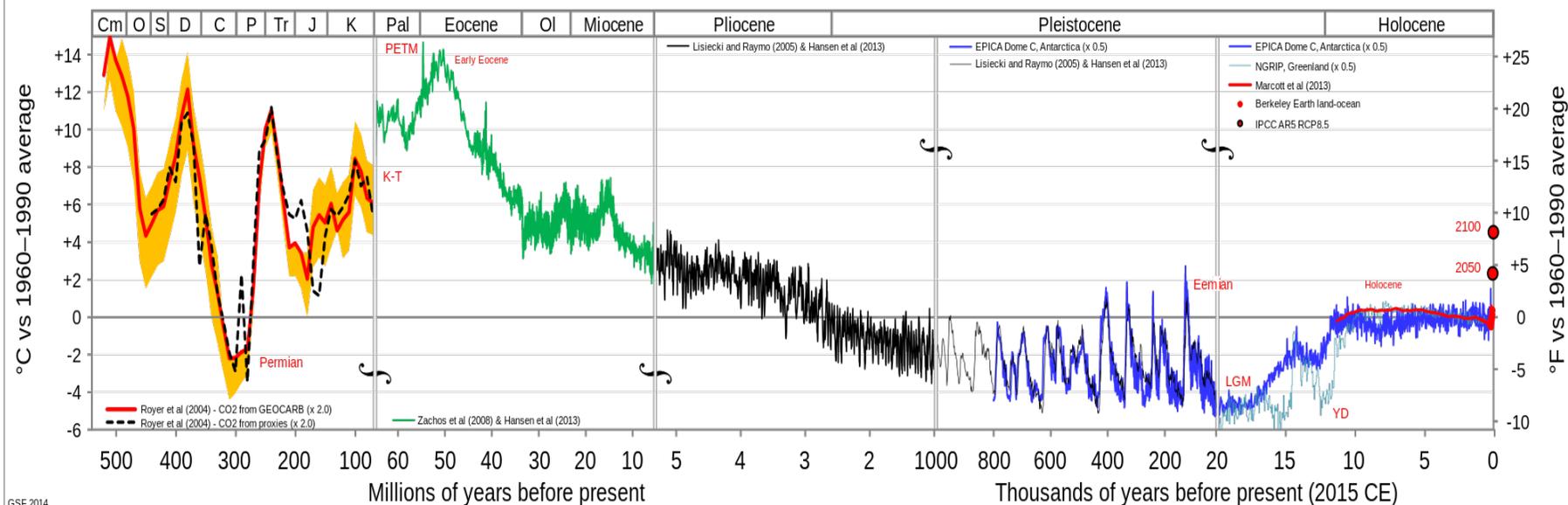
**Negli ultimi 10.000 anni il clima e' stato relativamente stabile e questo ha favorito la nascita e lo sviluppo dell'agricoltura.**

**Questo ha permesso di avere una buona riserva di cibo.**

**E questo ha permesso che qualcuno potesse dedicarsi alla scienza.**

**Ma in altre parti dell'Universo le cose non sono cosi' tranquille....**

# Temperature of Planet Earth



# La madre di tutte le esplosioni: il Big Bang

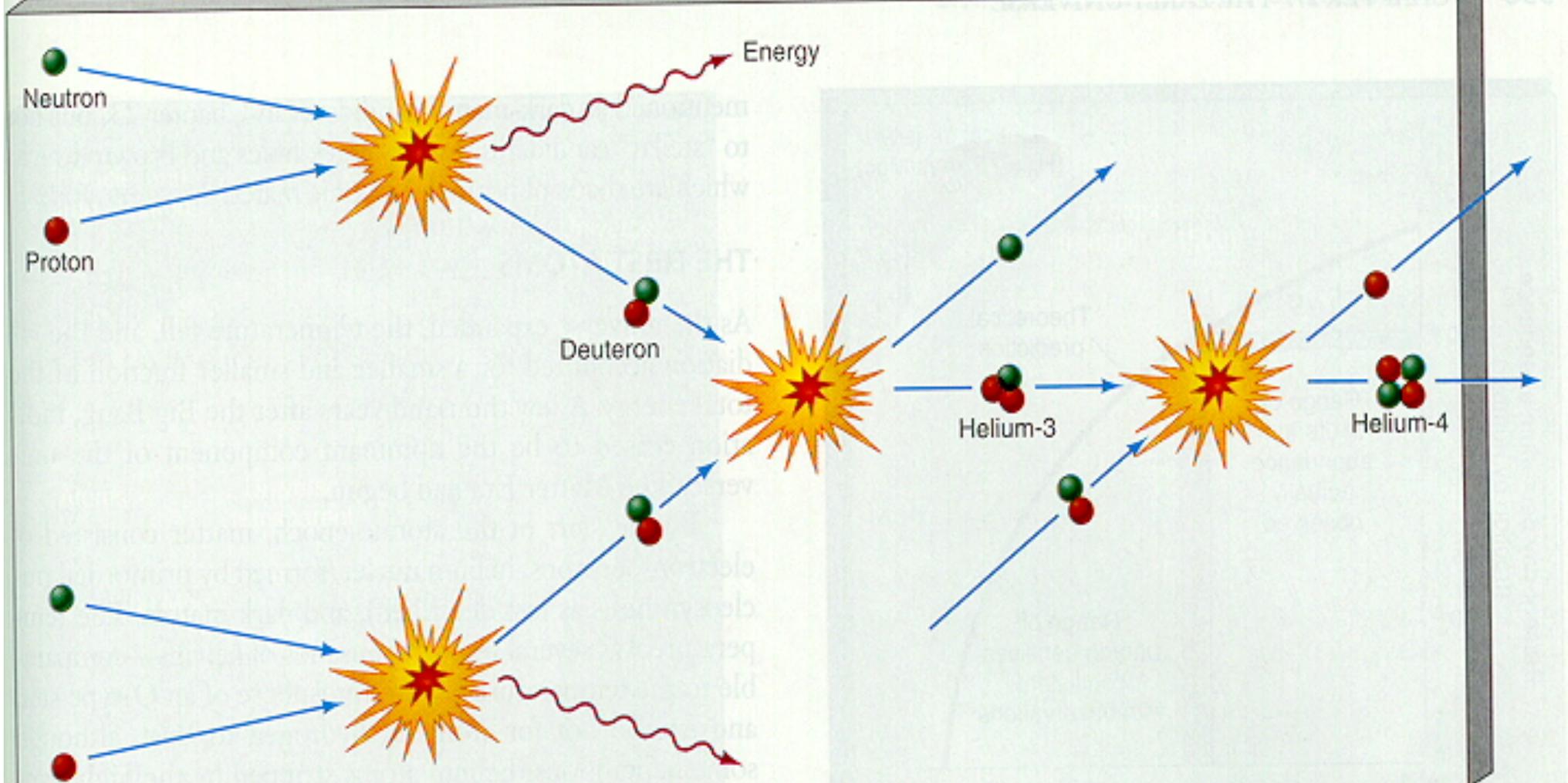
13.7 miliardi di anni fa...



0.01 secondi dall'inizio

Temperatura=100 miliardi di gradi

Si formano **protoni**, neutroni, elettroni e neutrini. Il protone è il nucleo **dell'idrogeno**. Quindi tutto l'idrogeno dell'Universo ha **13.7 miliardi di anni**.



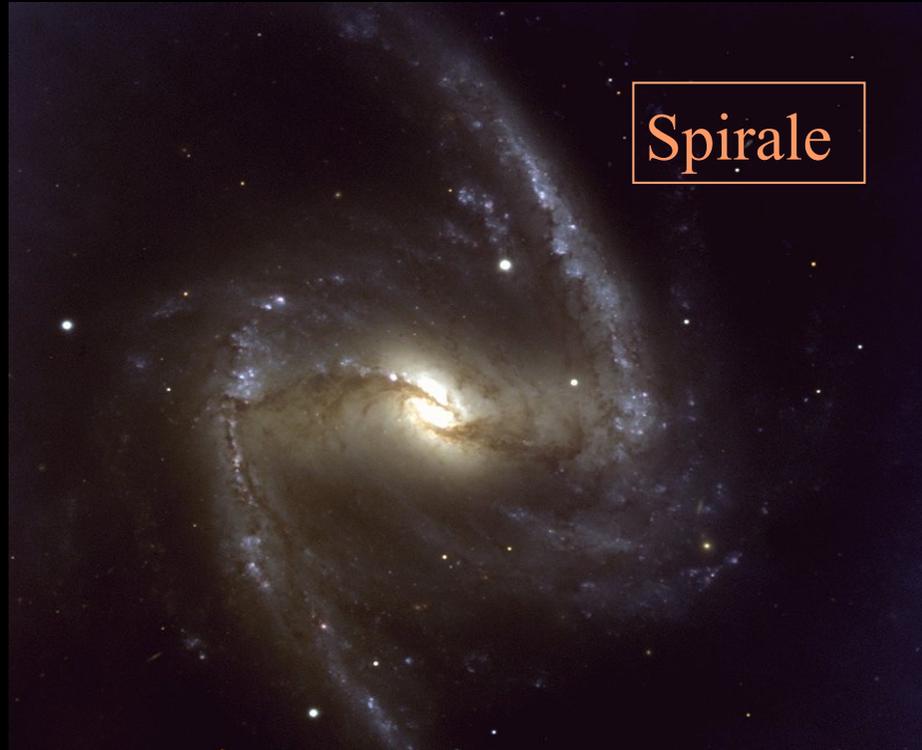
Nei primi 3 minuti si forma l'elio.  
Temperatura: ~1 miliardo di gradi.  
Non si formano gli altri elementi.



dopo qualche miliardo di anni... i semi crescono

100 miliardi di galassie e proto-galassie,  
disposte in filamenti e "noduli"

e adesso...



Spirale



Ellittica



Peculiare



Irregolare

# La via Lattea

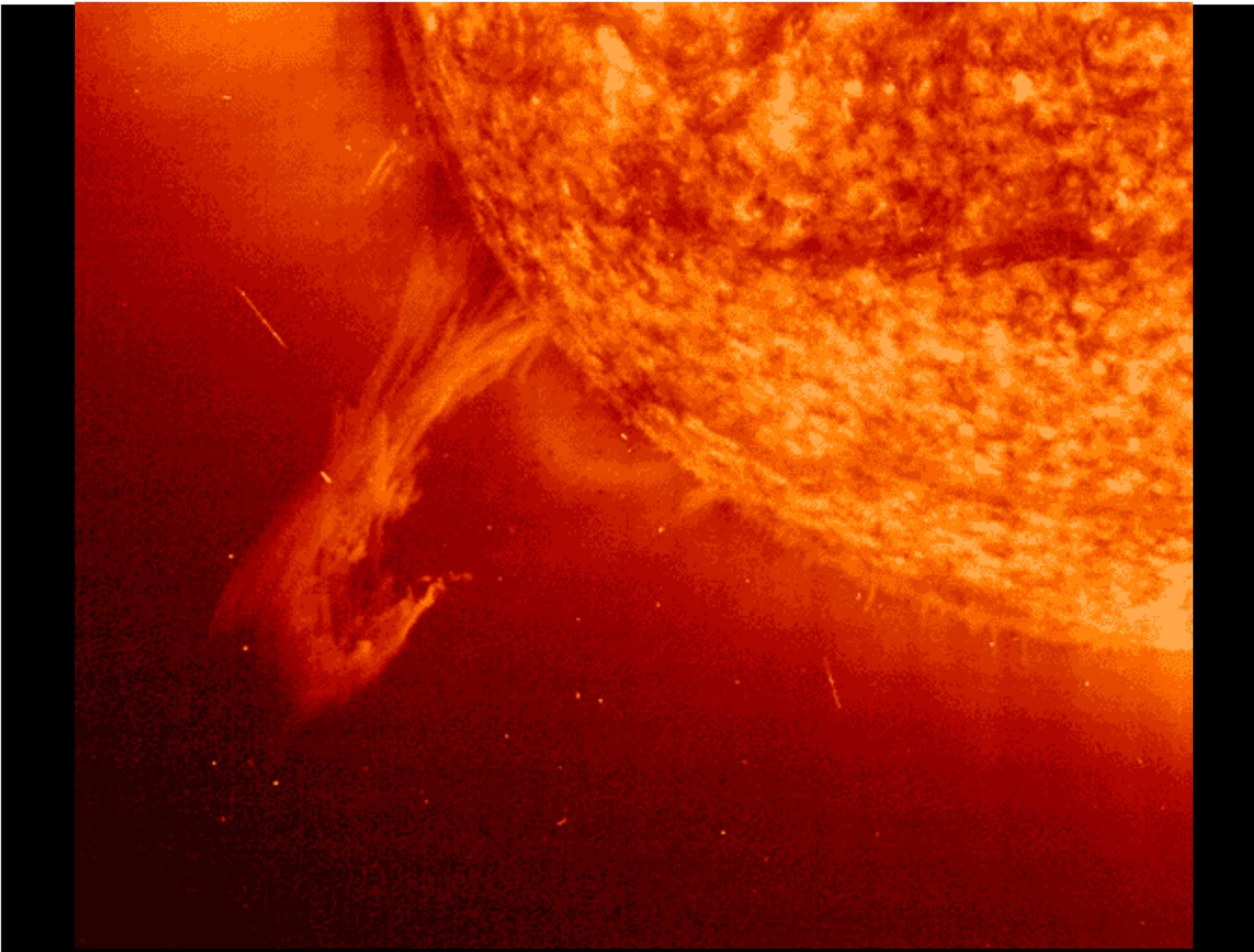


100.000 anni luce



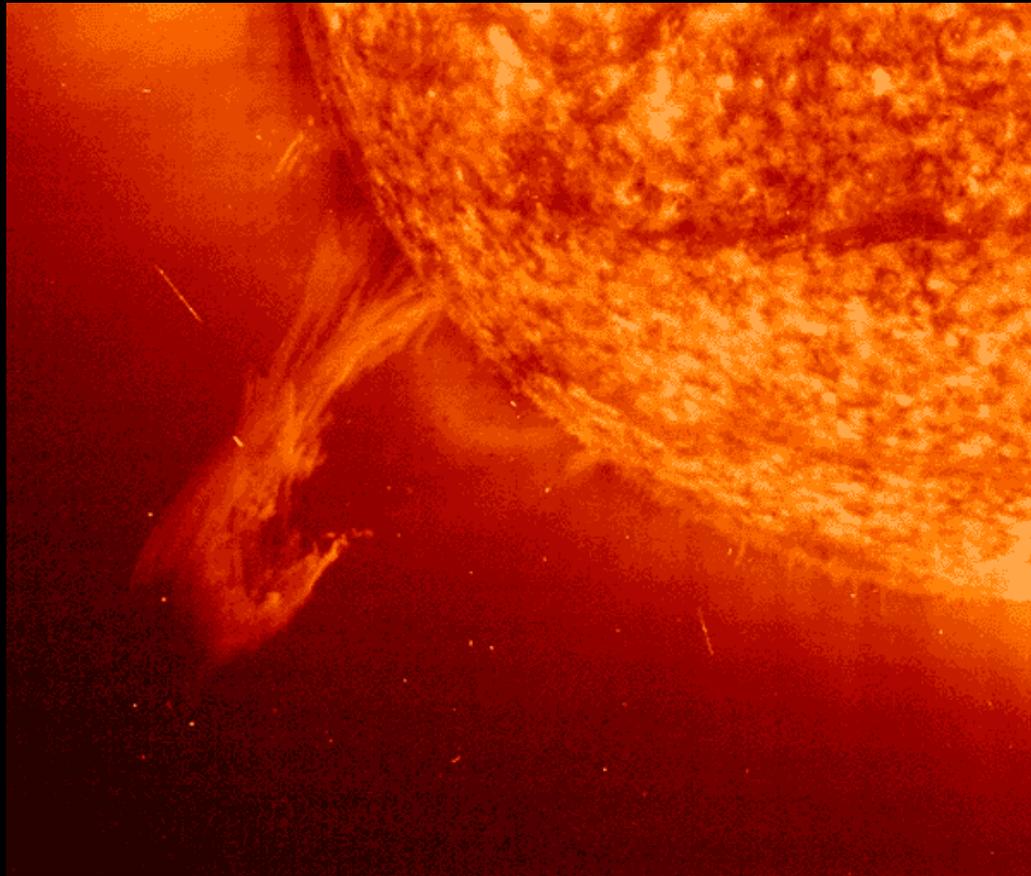
Noi siamo qui

~100 miliardi di stelle



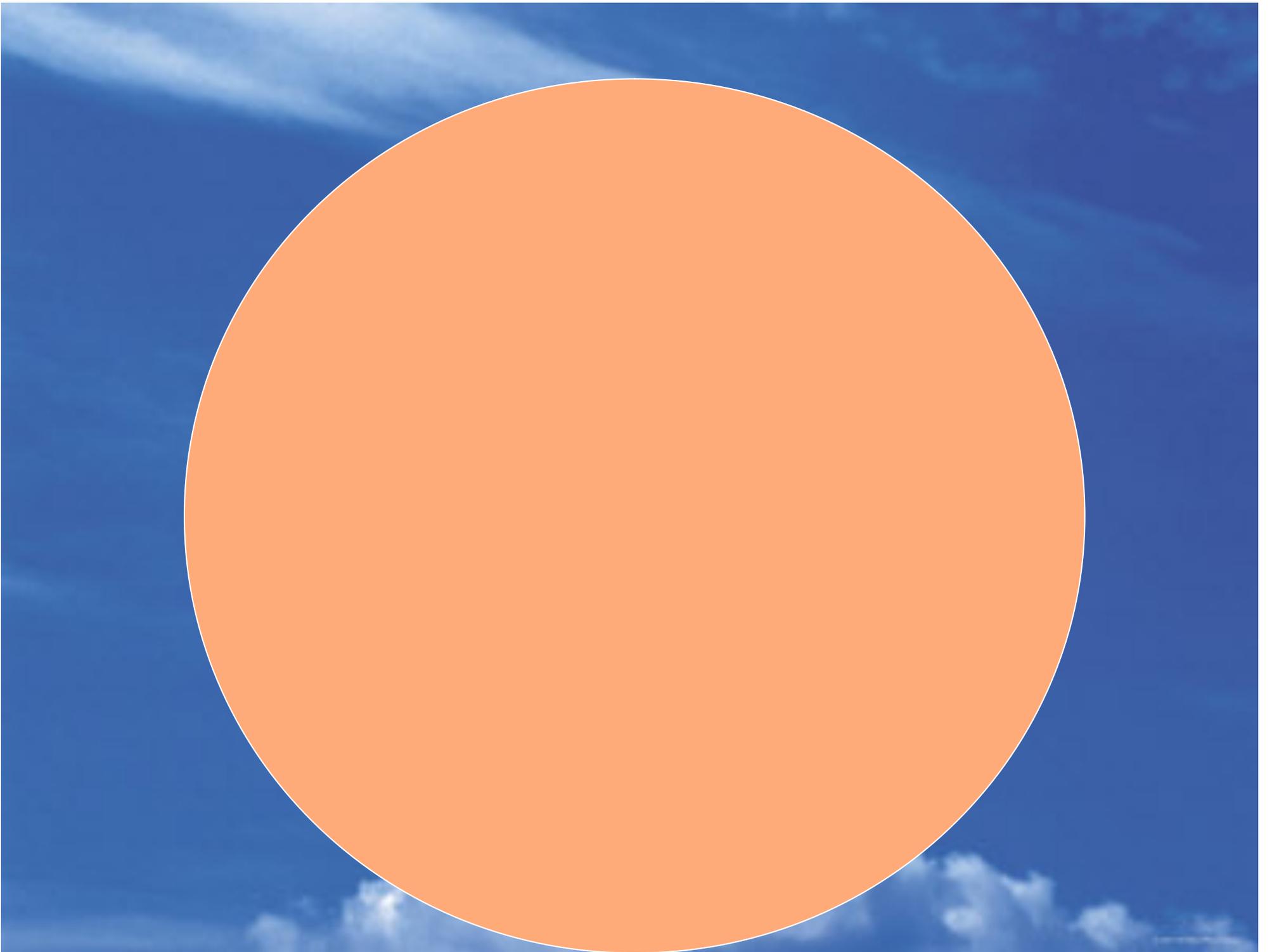
Ogni secondo, il Sole converte in energia una massa di 2 milioni di tonnellate ( $E=Mc^2$ ). Idrogeno  $\rightarrow$  Elio

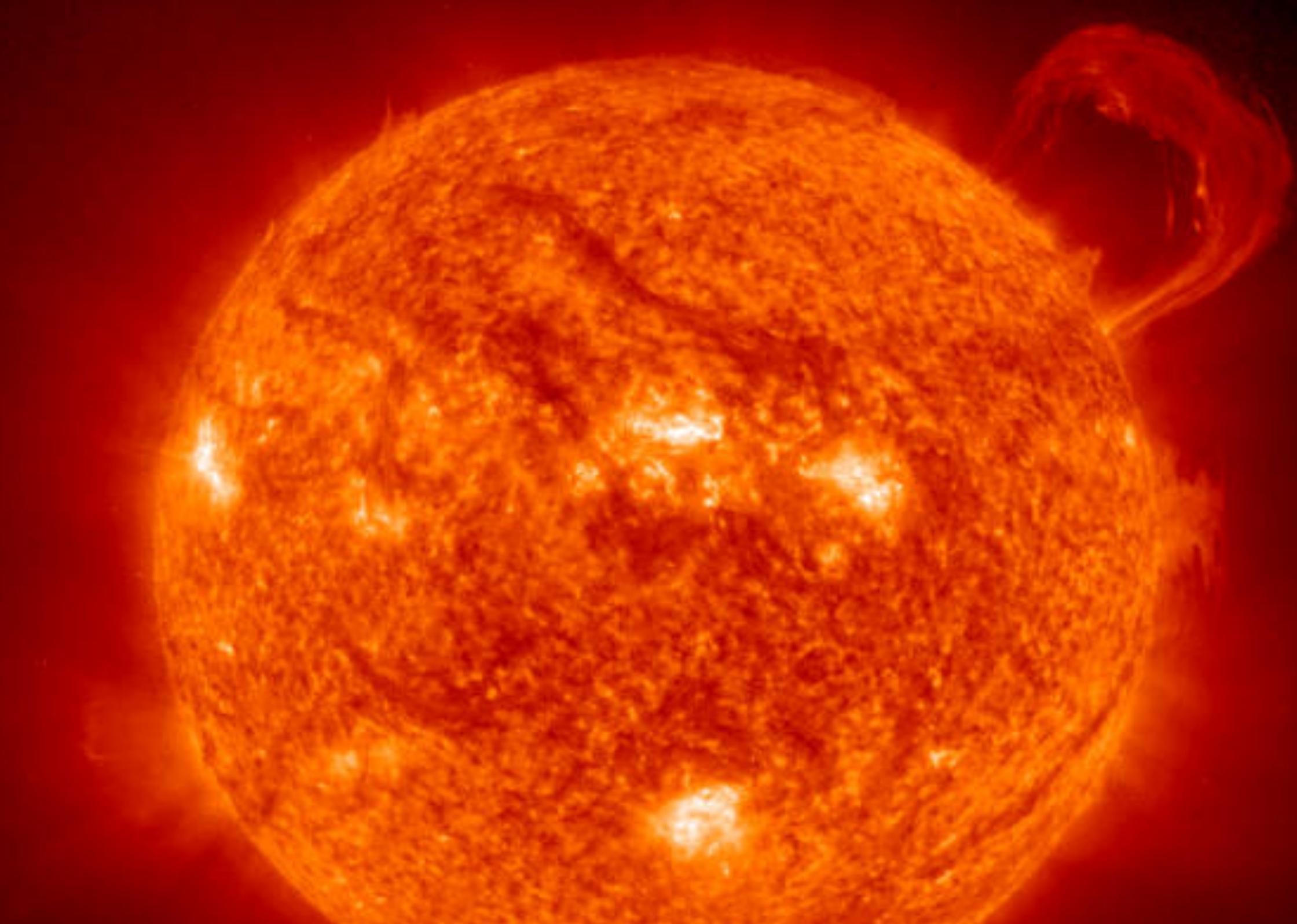
Funziona da 5 miliardi di anni, e continuerà per altri 4-5 miliardi, quando tutto l'idrogeno del nucleo (10%) sarà stato "bruciato". E poi?

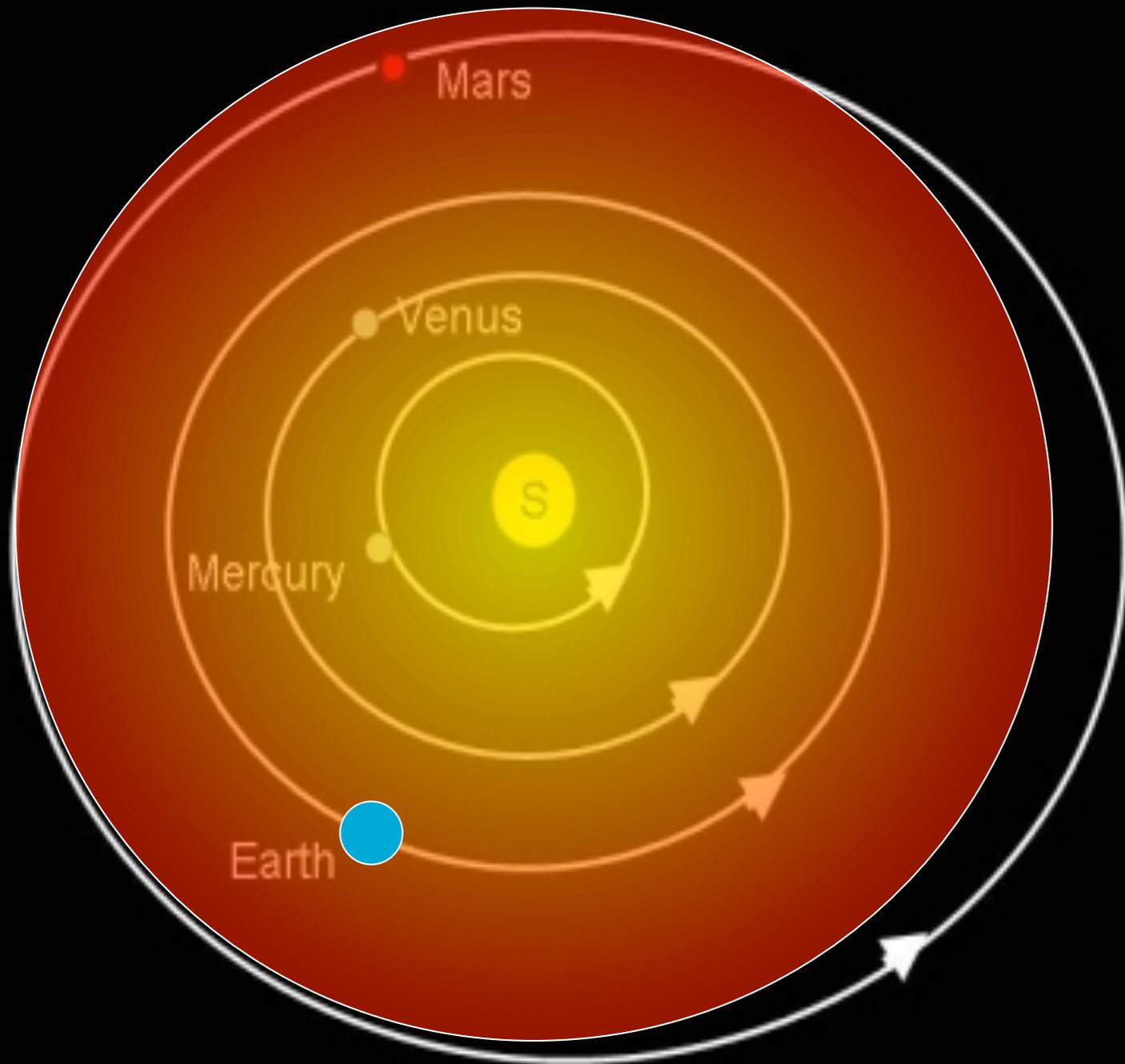


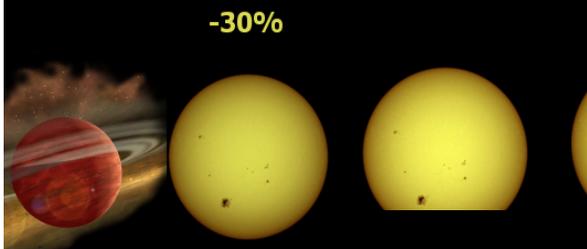




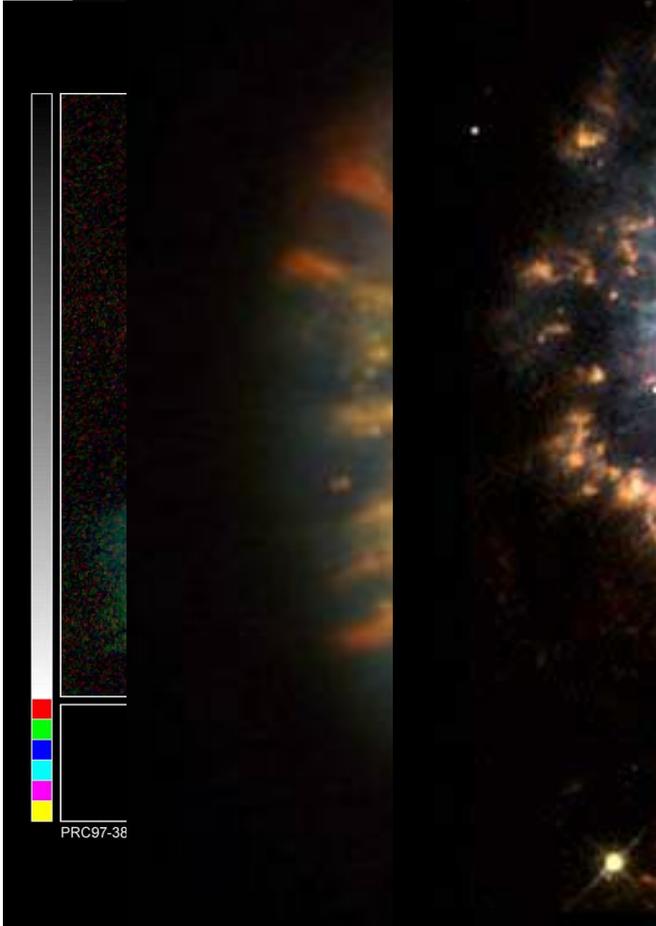


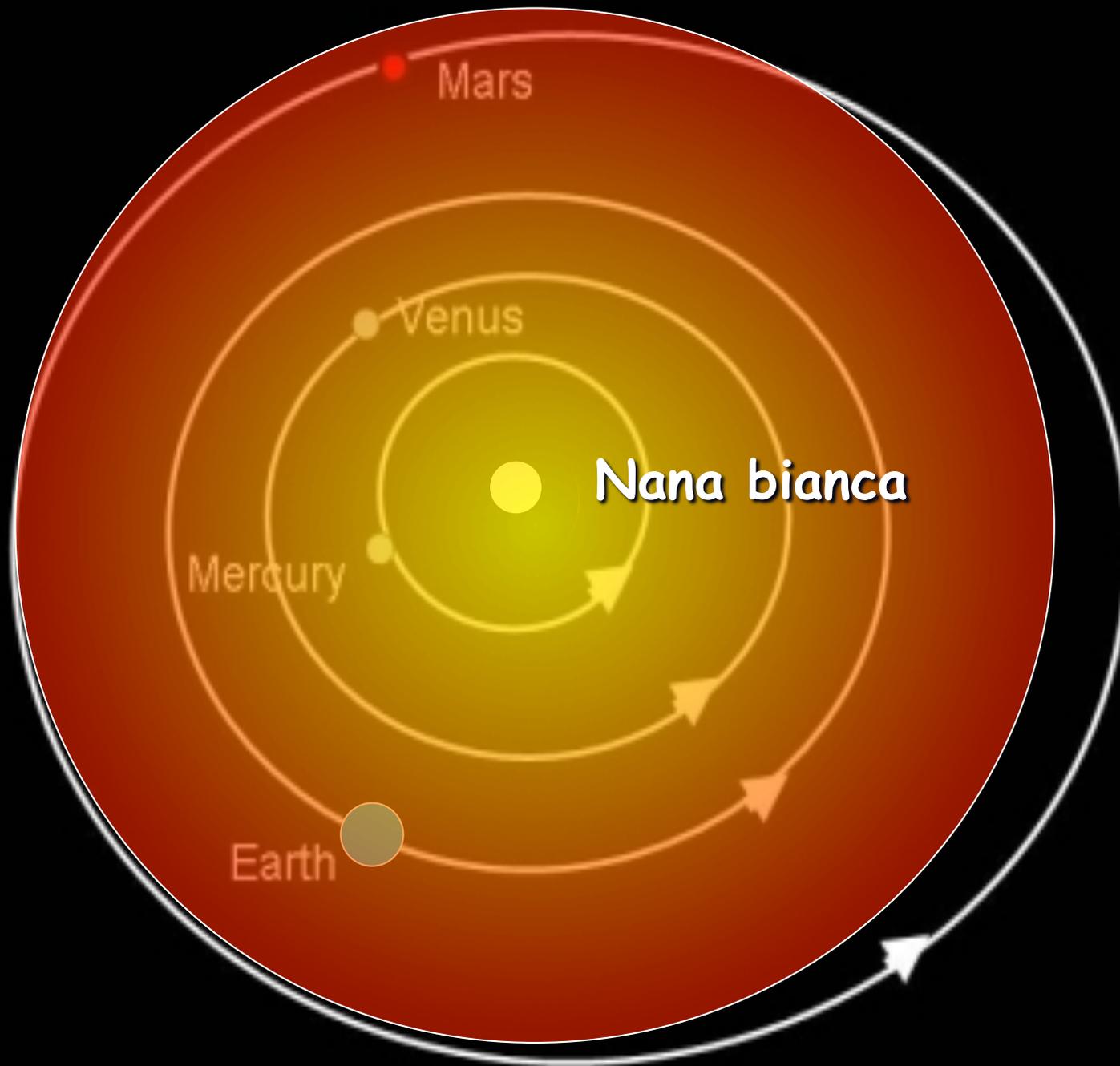






B<sub>i</sub>





Il sole converte idrogeno in elio. E gli altri elementi?  
Noi per esempio...

Noi siamo fatti di...

1

2

3

4

5

6

7

# Noi siamo fatti di...

1	ossigeno	65%
2		
3		
4		
5		
6		
7		

# Noi siamo fatti di...

1	ossigeno	65%
2	carbonio	18%
3		
4		
5		
6		
7		

# Noi siamo fatti di...

1	ossigeno	65%
2	carbonio	18%
3	idrogeno	10%
4		
5		
6		
7		

# Noi siamo fatti di...

1	ossigeno	65%
2	carbonio	18%
3	idrogeno	10%
4	azoto	3%
5		
6		
7		

# Noi siamo fatti di...

1	ossigeno	65%
2	carbonio	18%
3	idrogeno	10%
4	azoto	3%
5	calcio	1.5%
6		
7		

# Noi siamo fatti di...

1	ossigeno	65%
2	carbonio	18%
3	idrogeno	10%
4	azoto	3%
5	calcio	1.5%
6	fosforo	1.2%
7		

# Noi siamo fatti di...

1	ossigeno	65%	
2	carbonio	18%	
3	idrogeno	10%	
4	azoto	3%	
5	calcio	1.5%	
6	fosforo	1.2%	99%
7	potassio, zolfo cloro, sodio, magnesio, ferro, cobalto, rame, zinco, iodio, selenio, fluoro	~1%	

# Noi siamo fatti di...

1	ossigeno	65%	
2	carbonio	18%	
3	<b>idrogeno</b>	<b>10%</b>	<b>13.7 miliardi di anni</b>
4	azoto	3%	
5	calcio	1.5%	
6	fosforo	1.2%	<b>99%</b>
7	potassio, zolfo cloro, sodio, magnesio, ferro, cobalto, rame, zinco, iodio, selenio, fluoro	~1%	

- Stelle come il Sole bruciano l'idrogeno del loro nucleo, ma non fanno elementi piu' pesanti dell'elio.
- Non e' stato il Sole a fare gli elementi che ci sono sulla Terra.
- Non e' stato il Big Bang.
- Chi e' stato?

# Sole



## ξ Puppis

Tipo: **supergigante blu**

Distanza: **~1000 a.l.**

Massa: **50 Soli**

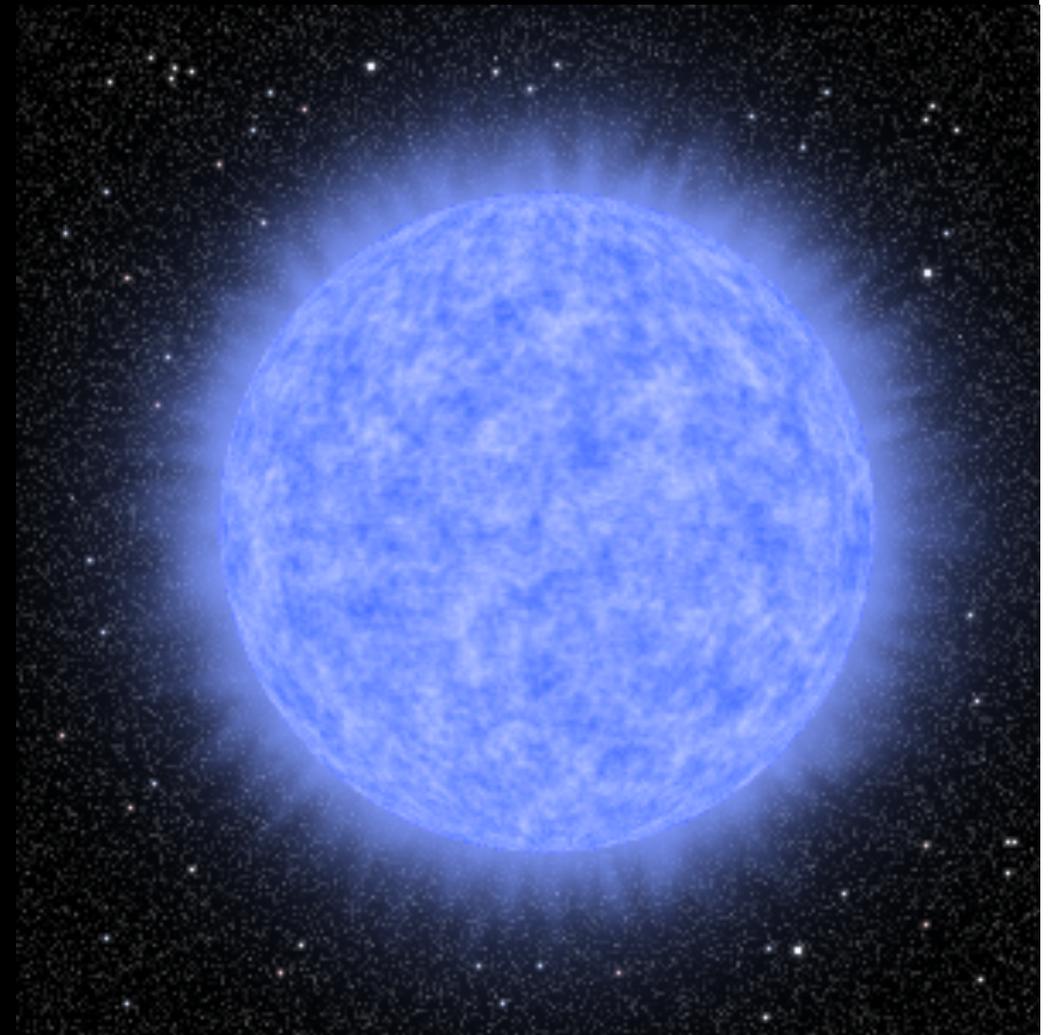
Luminosità: **60.000 Soli**

Raggio: **20 Soli**

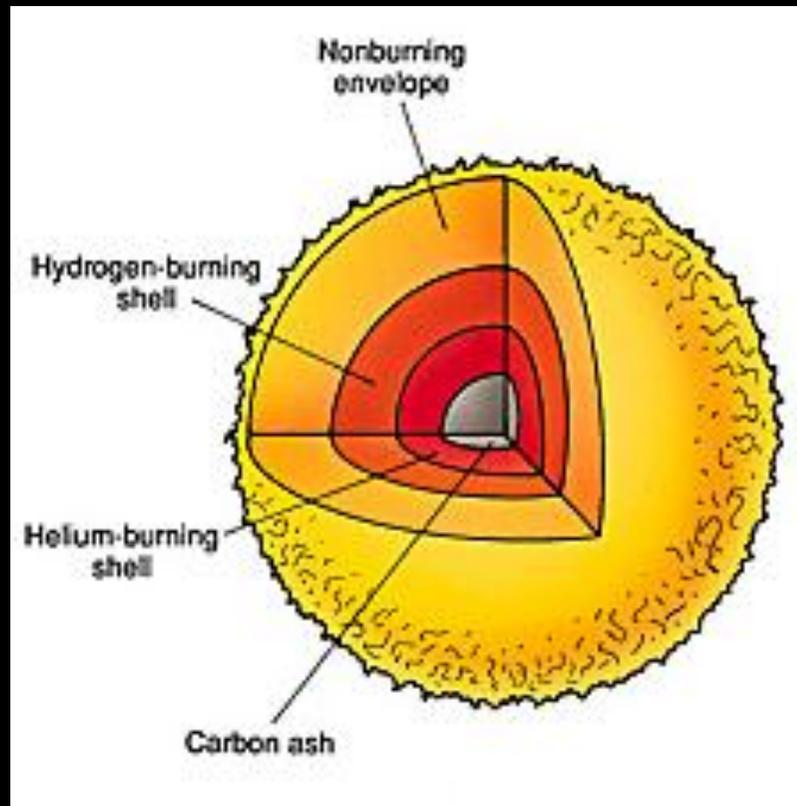
Temperatura: **42.000°**

Eta': **~ 4 milioni di anni**

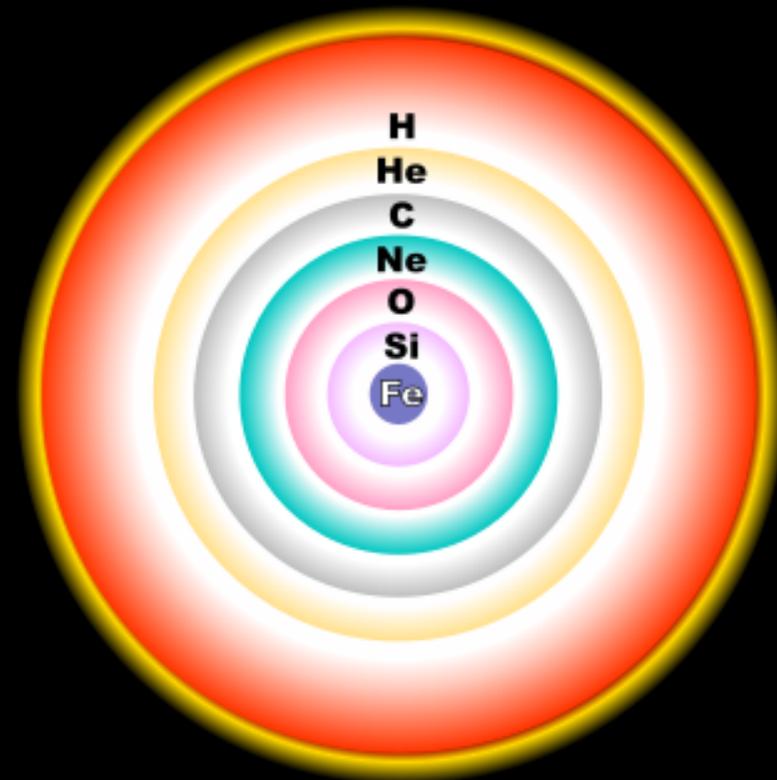
Vita: **~ 6 milioni di anni**



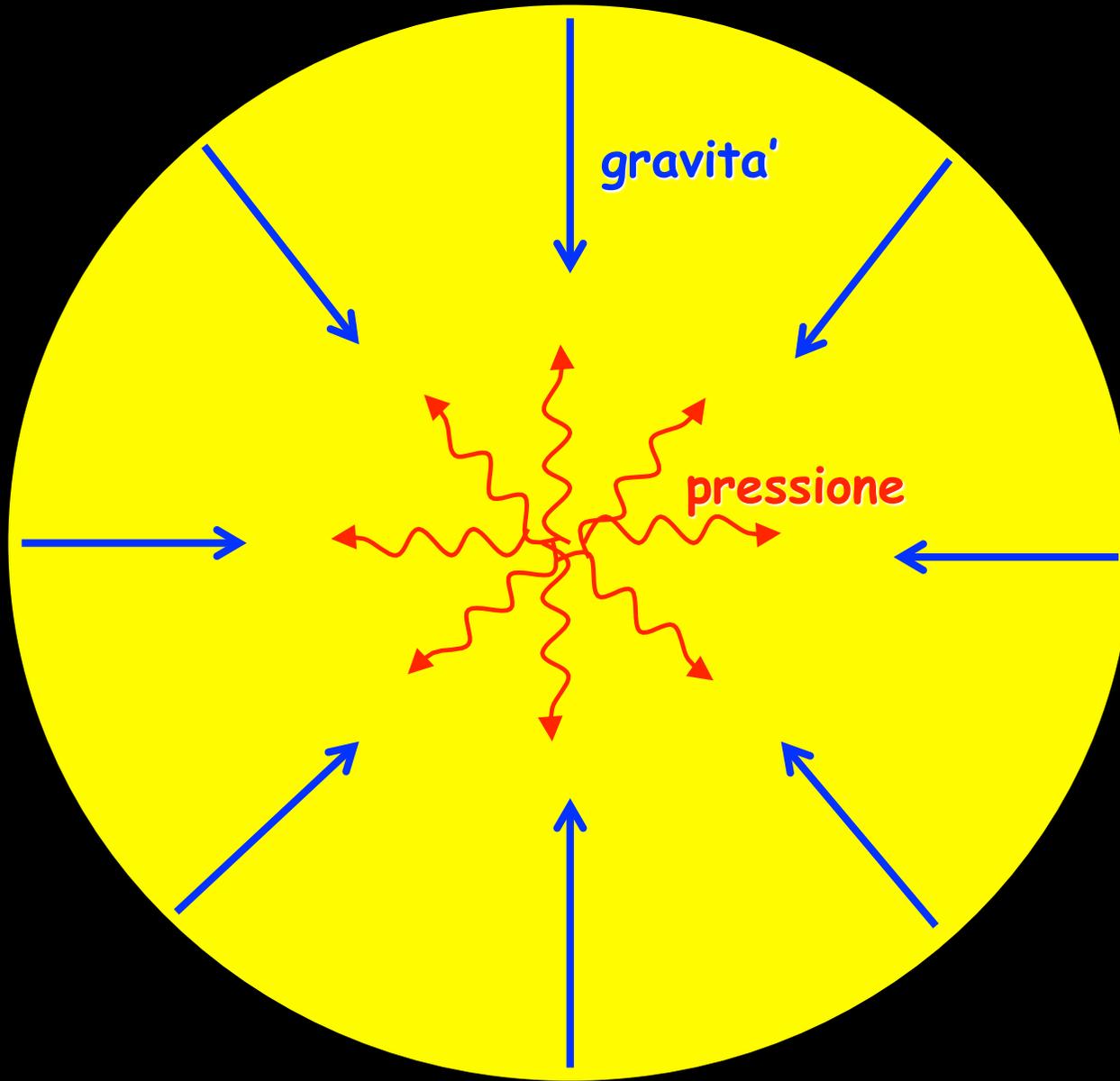
**Prima**

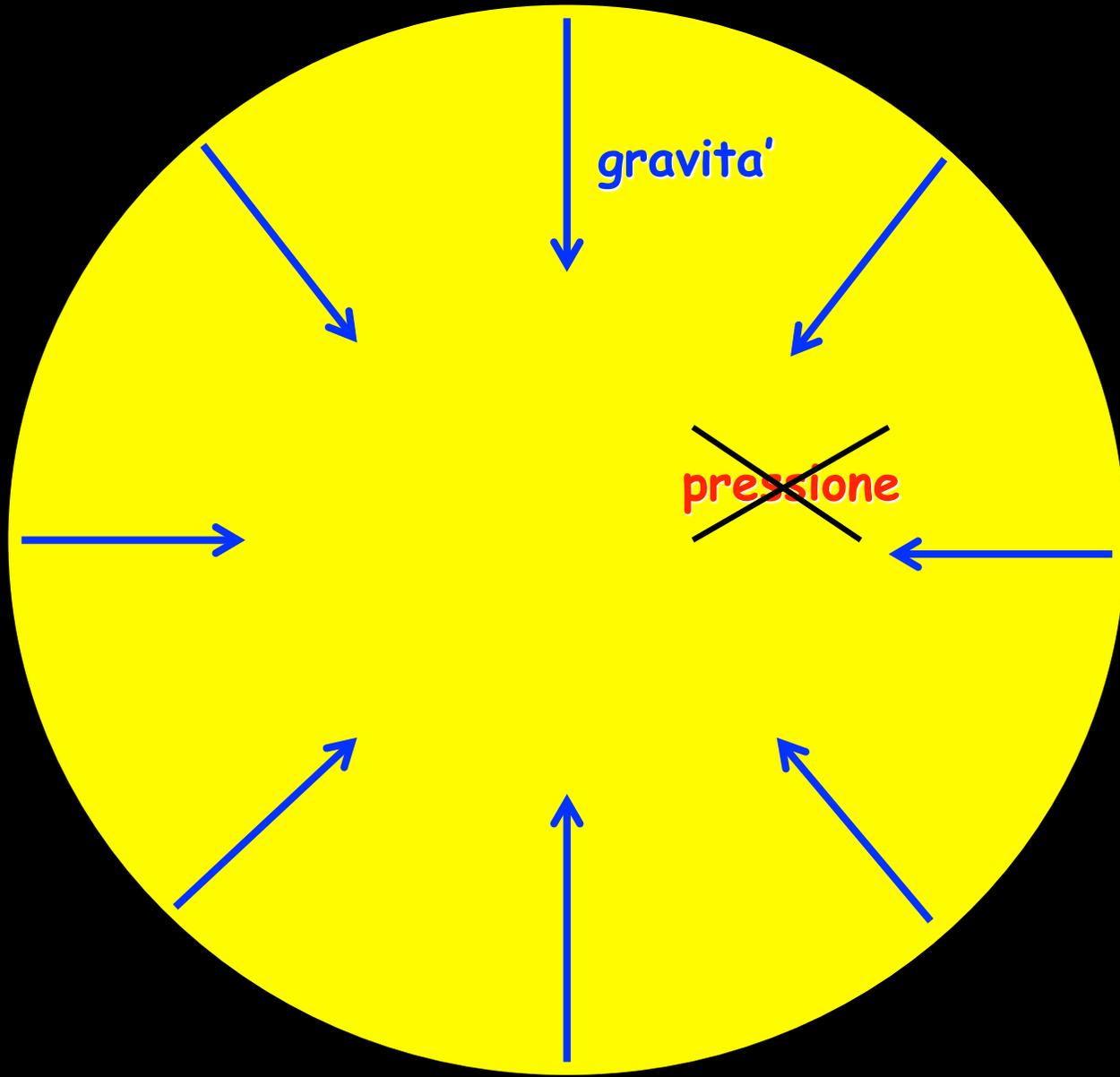


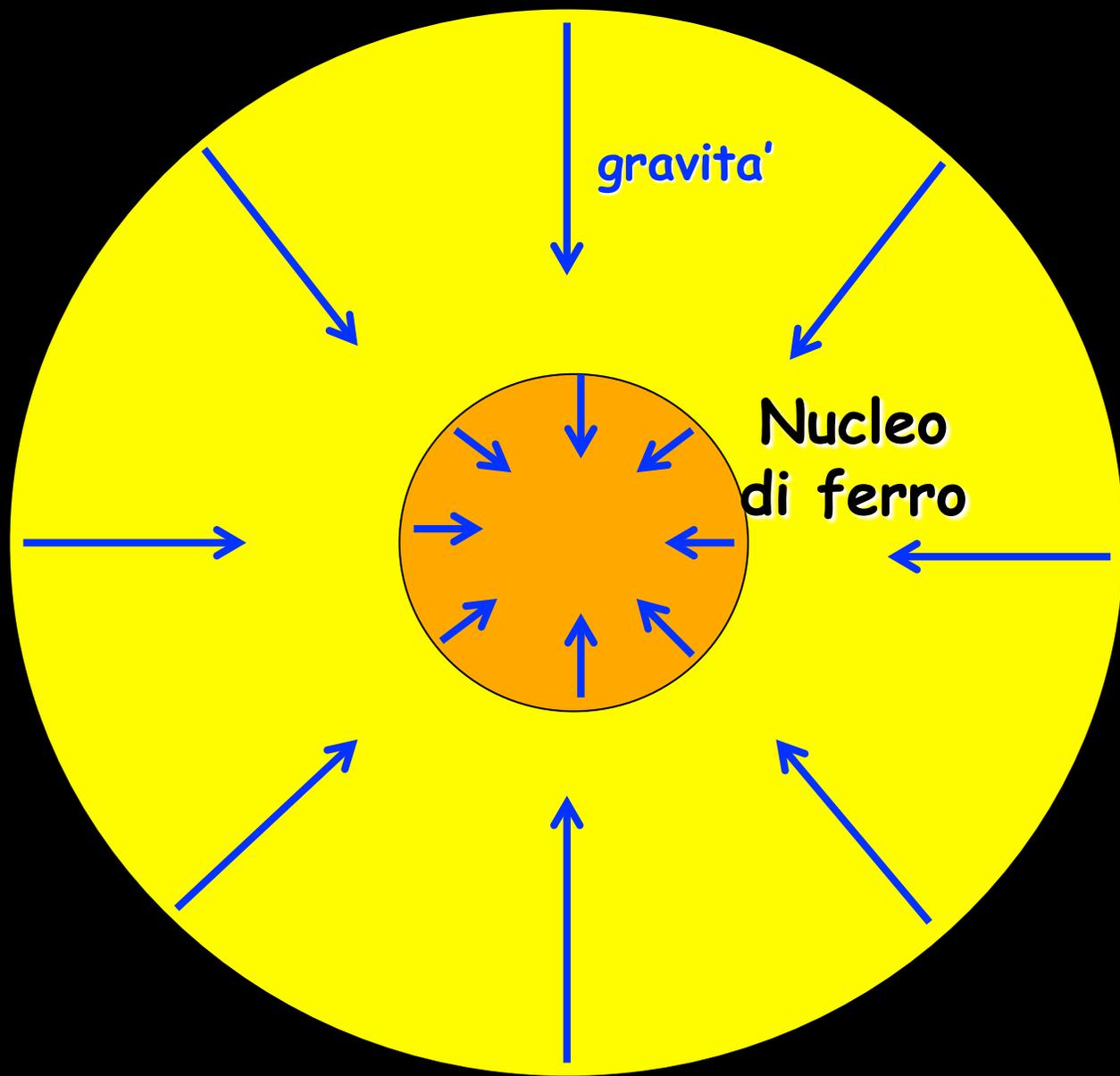
**Dopo**

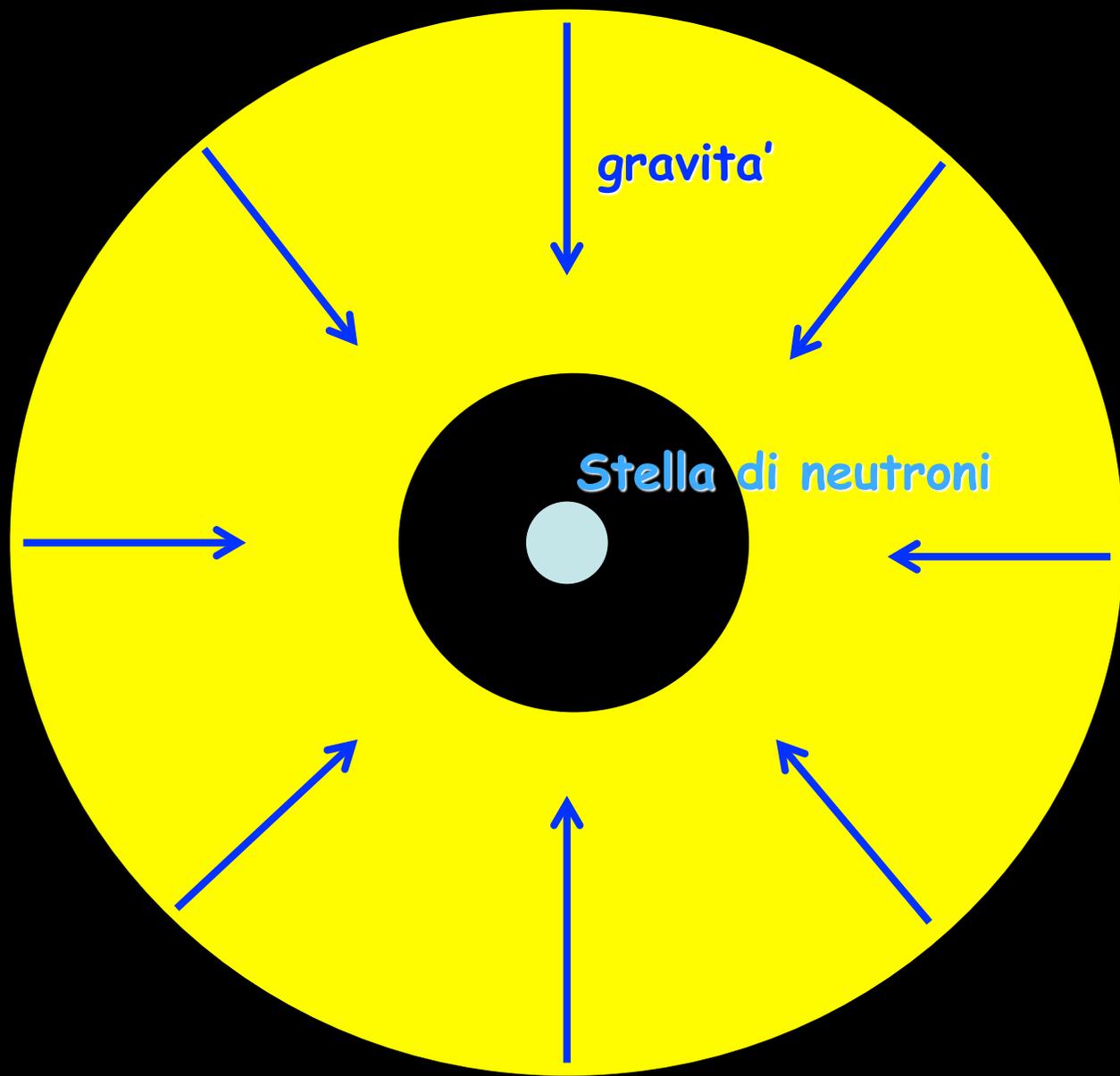


Le stelle grandi sono a cipolla... Ogni guscio brucia un combustibile diverso e produce energia. Fino a quando si produce il ferro. Oltre no. "Il ferro non brucia". Il combustibile finisce. E in fretta! (milioni di anni..)



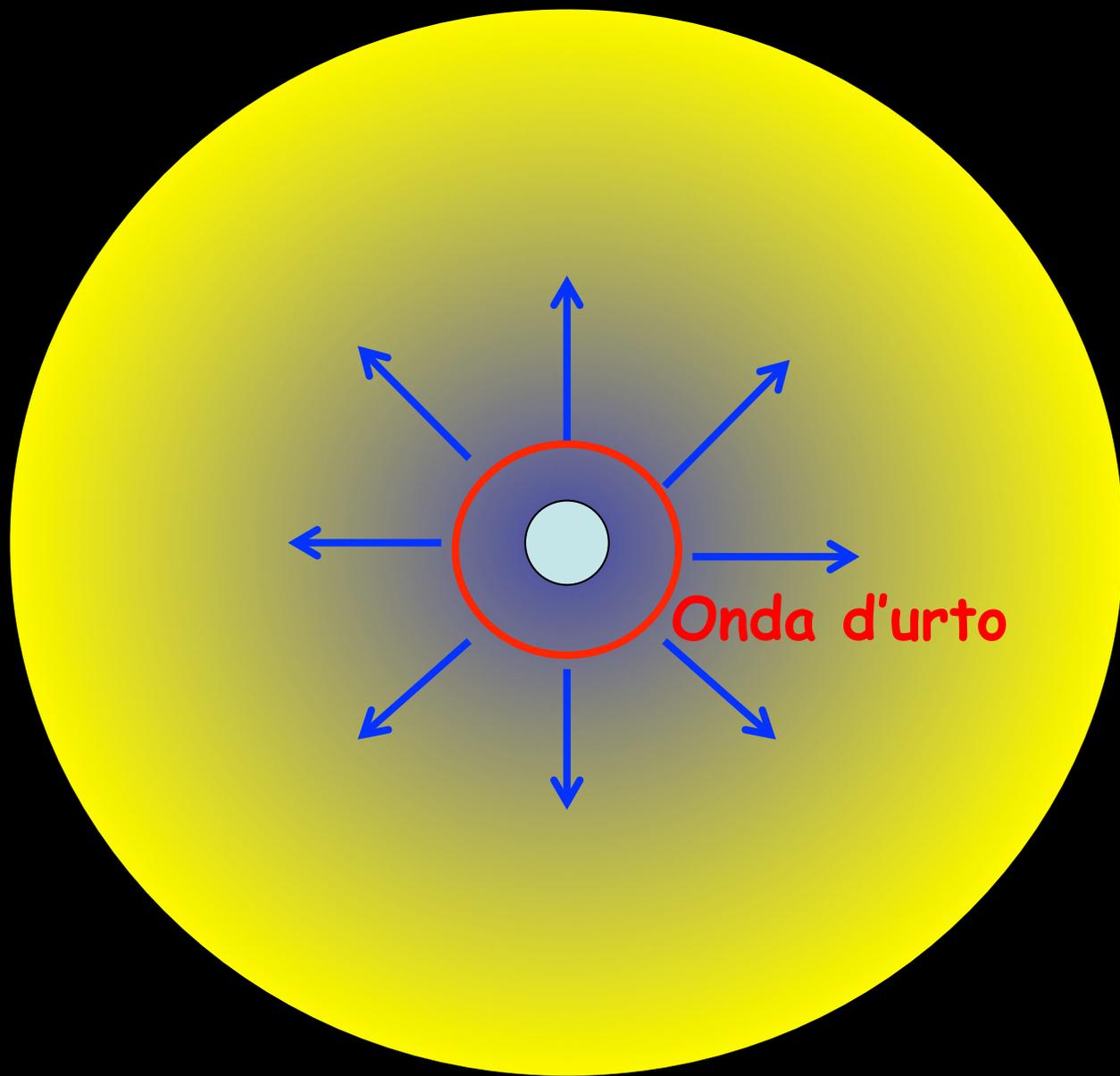






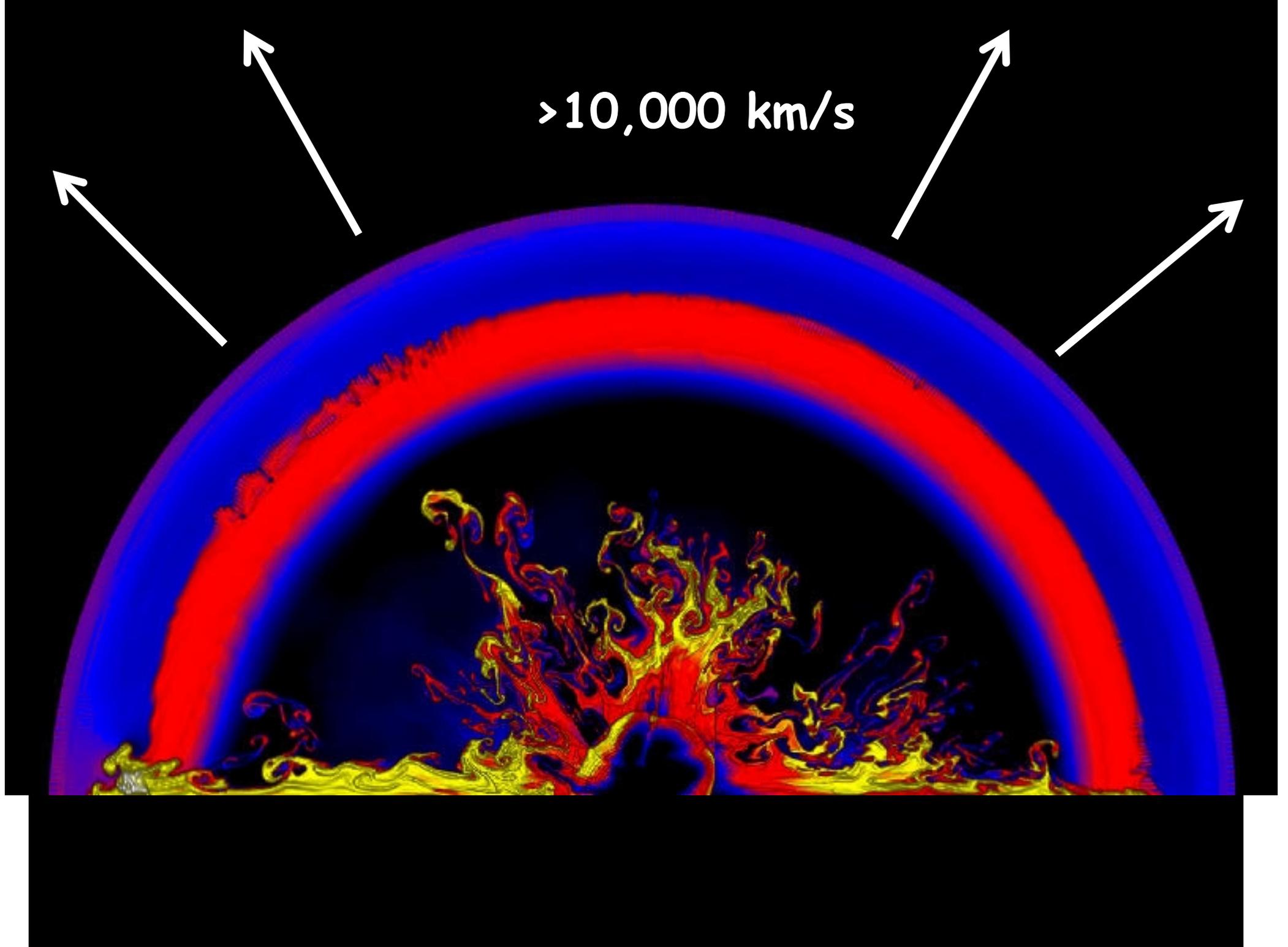
gravita'

Stella di neutroni



Onda d'urto

>10,000 km/s



# Supernova 1987a



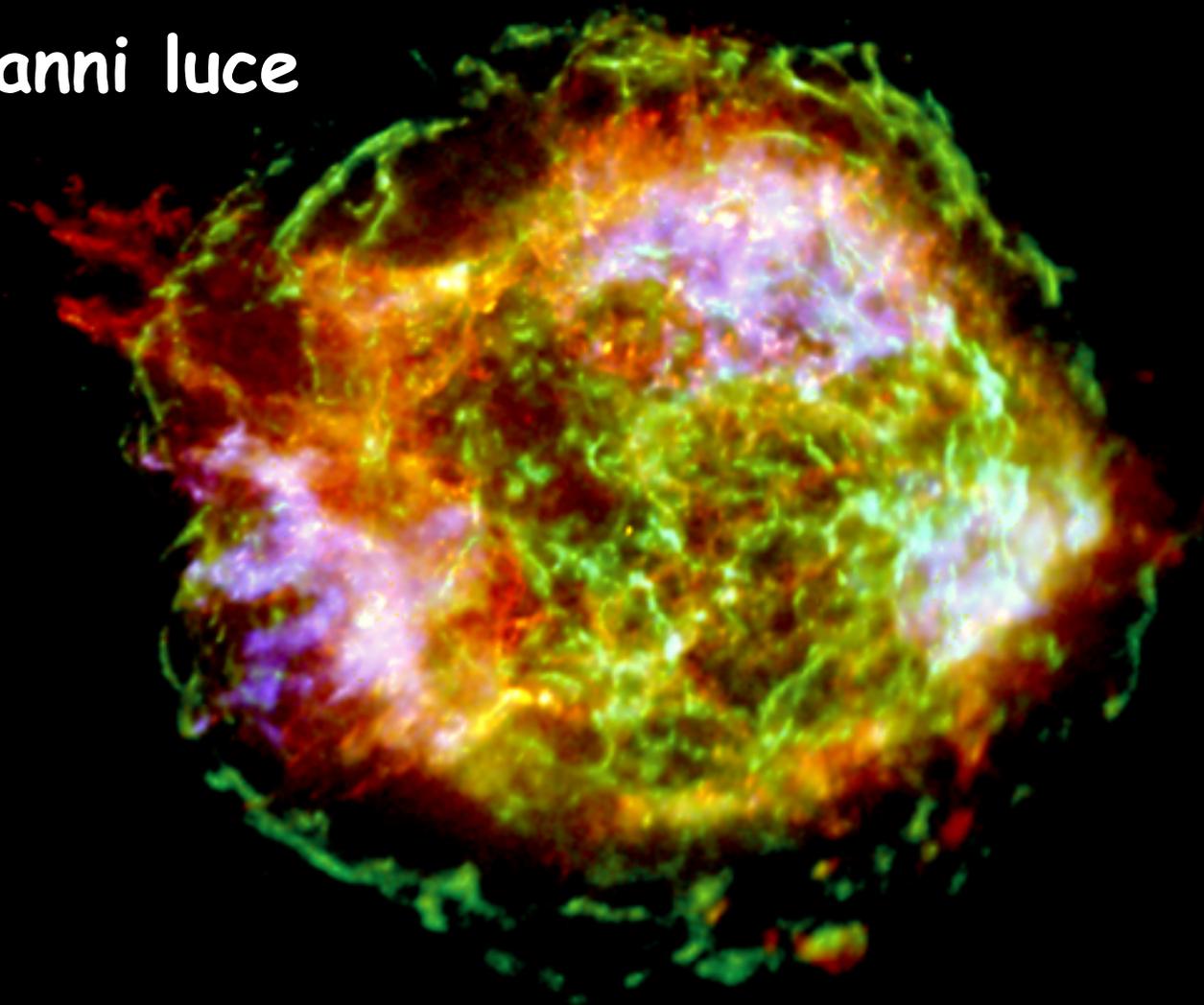
# Supernova 1987a



Cas A

~1680

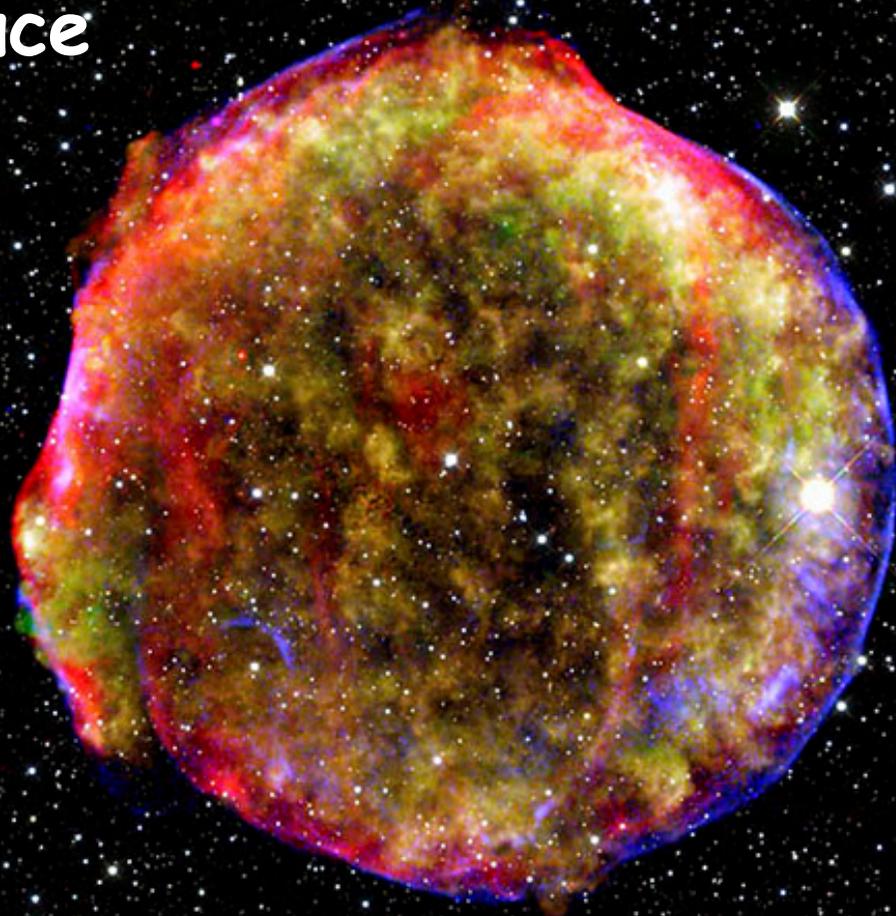
11000 anni luce



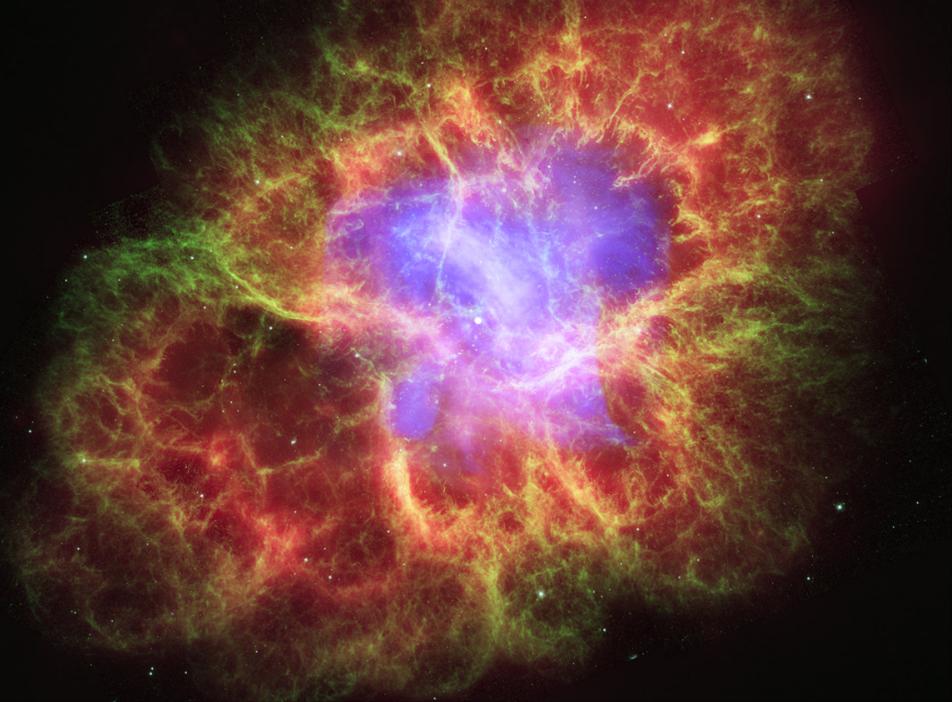


Keplero  
1604  
20000 anni luce

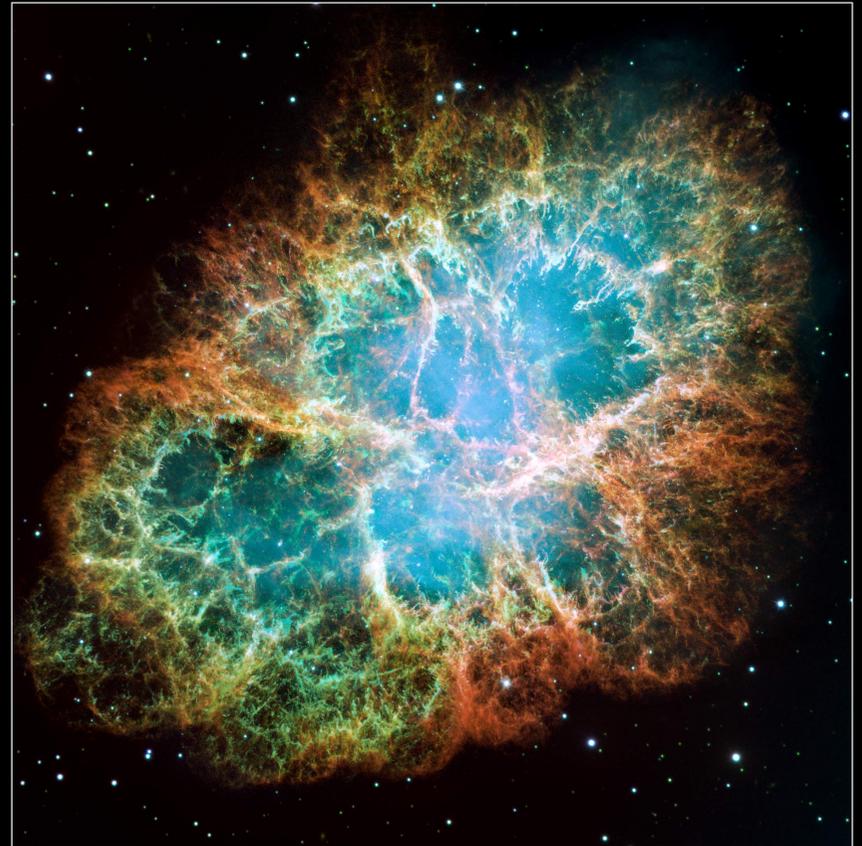
Tycho  
1572  
7500 anni luce



CRAB NEBULA  
**Granchio**



[HTTP://CHANDRA.HARVARD.ED](http://chandra.harvard.edu)



Crab Nebula • M1  
Hubble Space Telescope • WFPC2

NASA, ESA, and J. Hester (Arizona State University)

STScI-PRC05-37

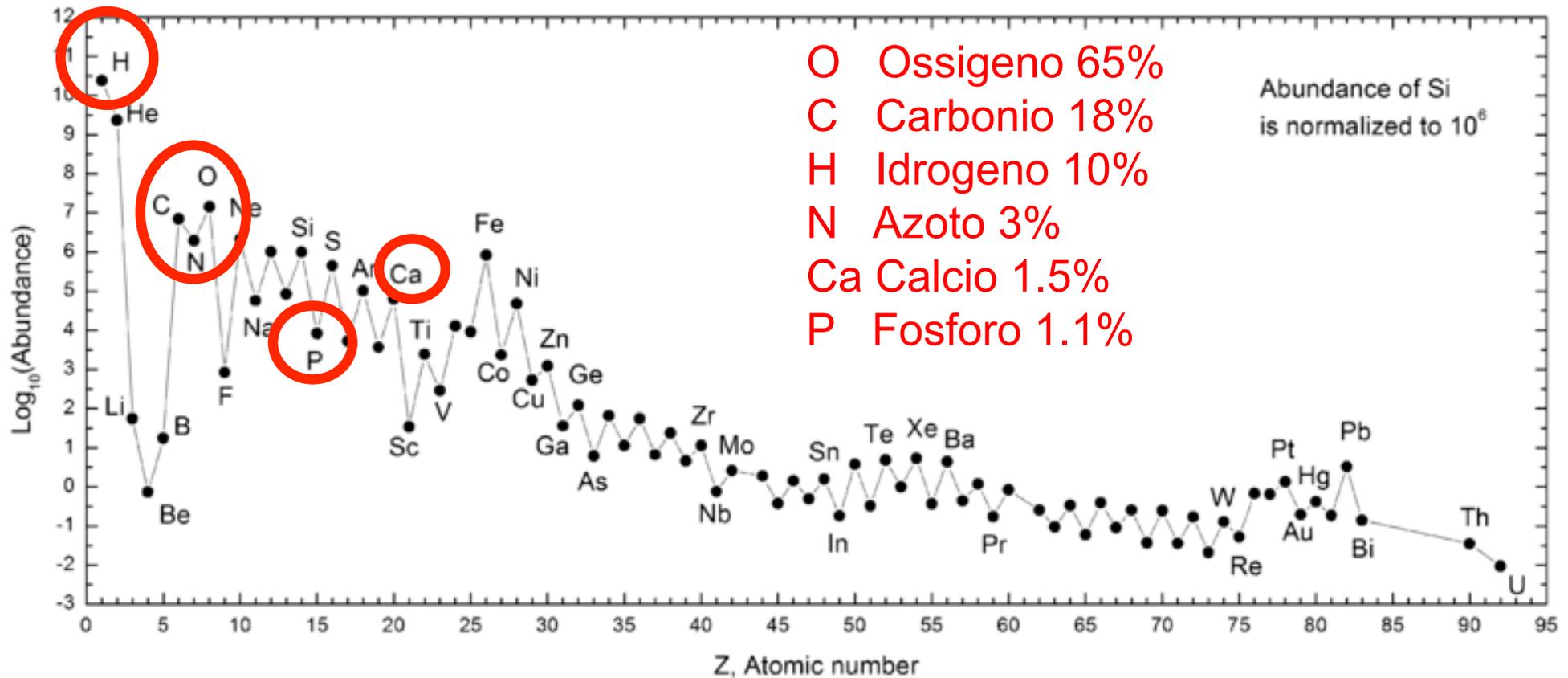
**1054 d.C. astronomi cinesi**

**~6500 anni luce**

# Siamo vecchi...

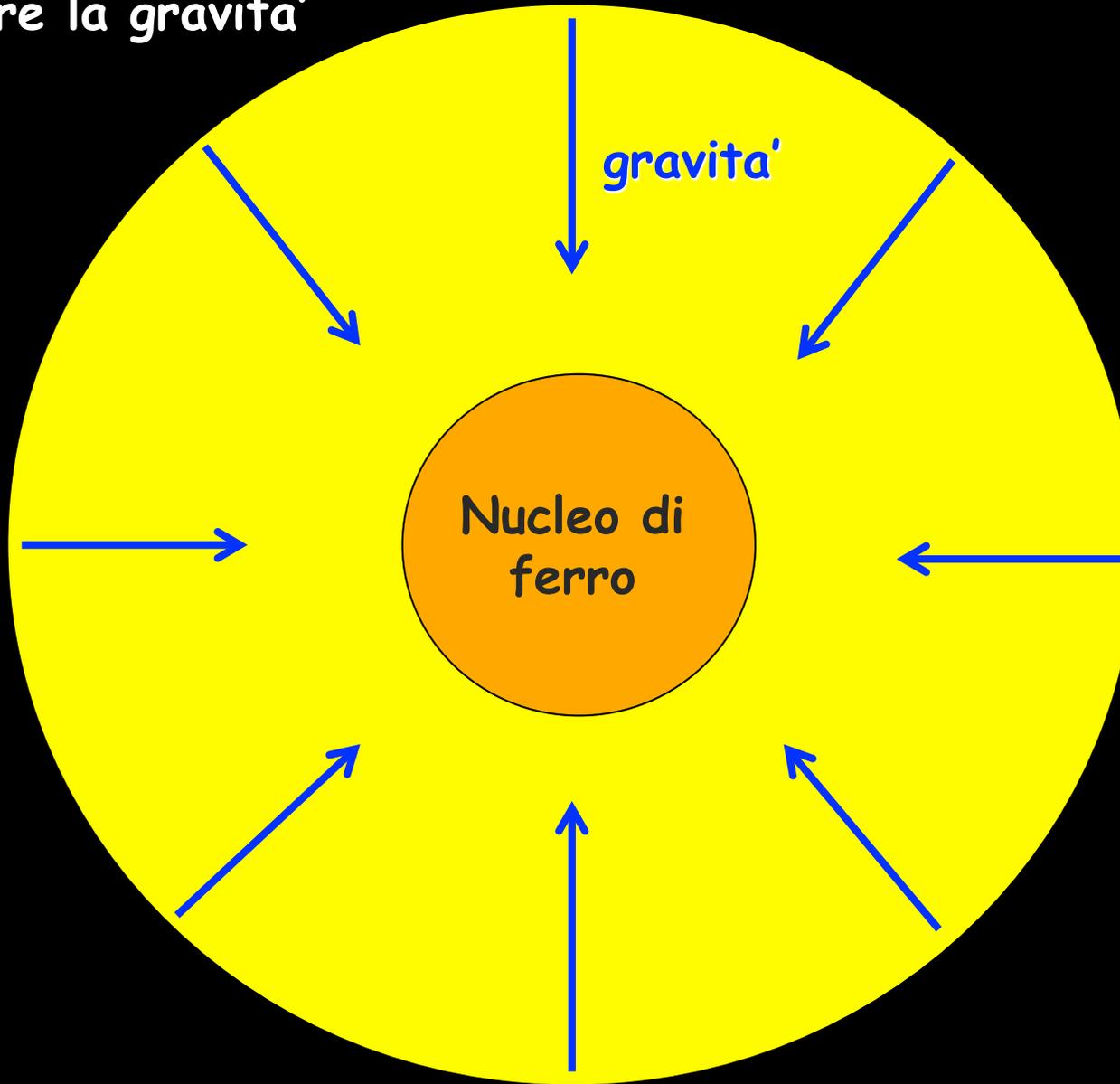
- L'idrogeno del nostro corpo ha 13.7 miliardi di anni
- Tutti gli altri elementi sono stati fatti in una stella di grande massa, esplosa piu' di 5 miliardi di anni fa.
- Siamo polvere di stelle nel senso letterale del termine.

# Abbondanza cosmica

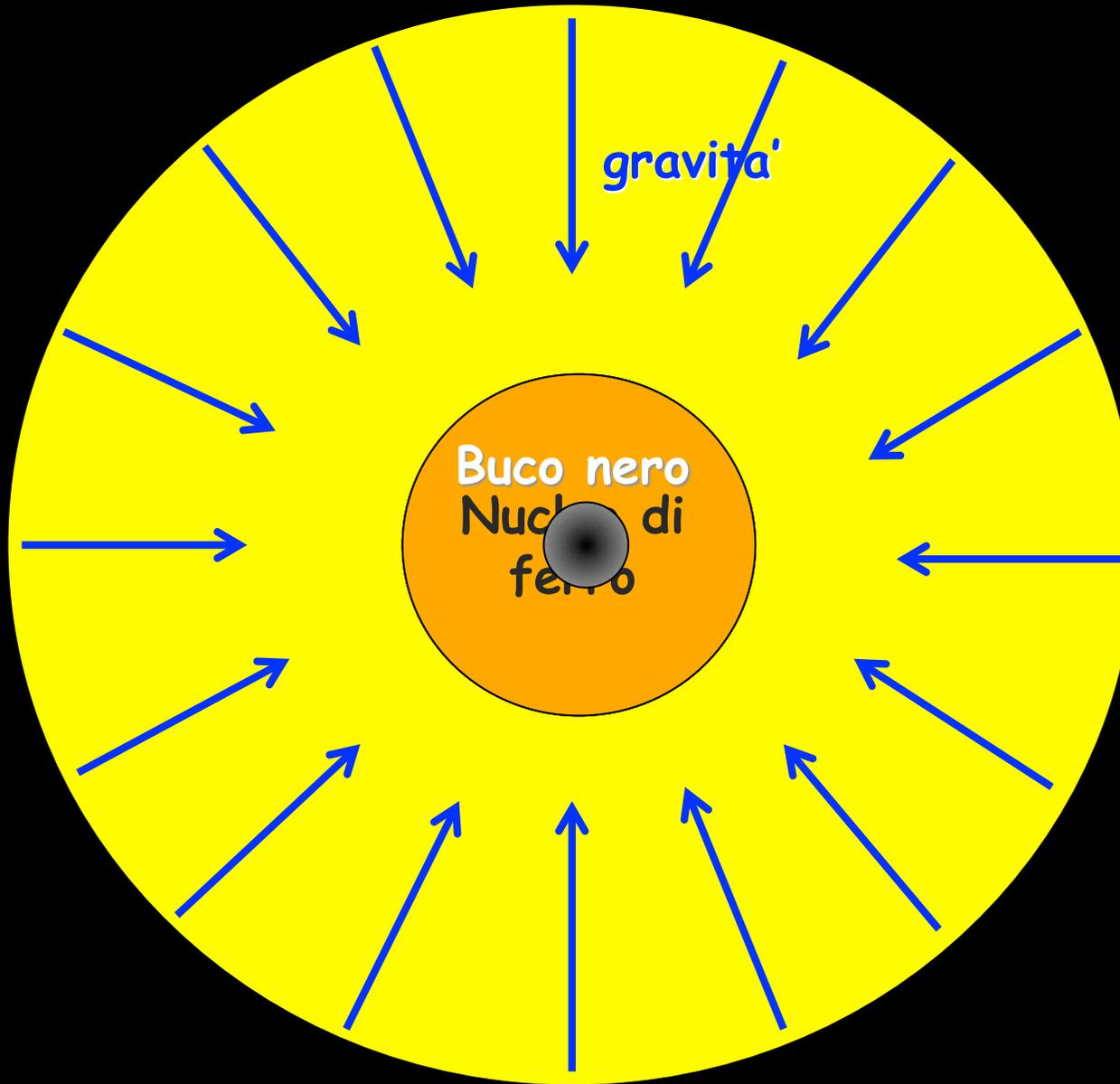


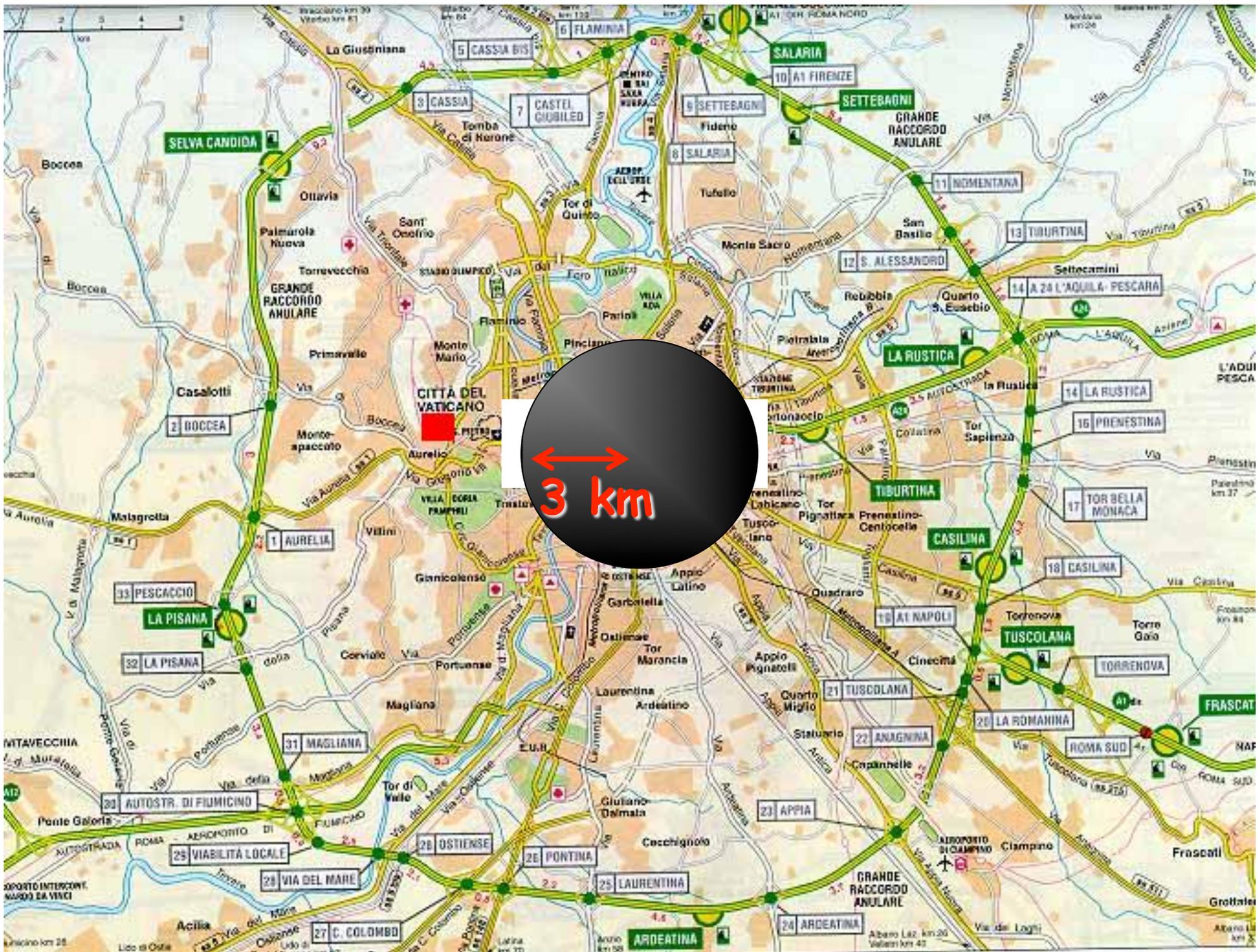
- Siamo fatti di materiali comuni
- Questo suggerisce che la nascita della vita sia un fenomeno probabile
- Perché non abbiamo ancora trovato forme di vita aliene?

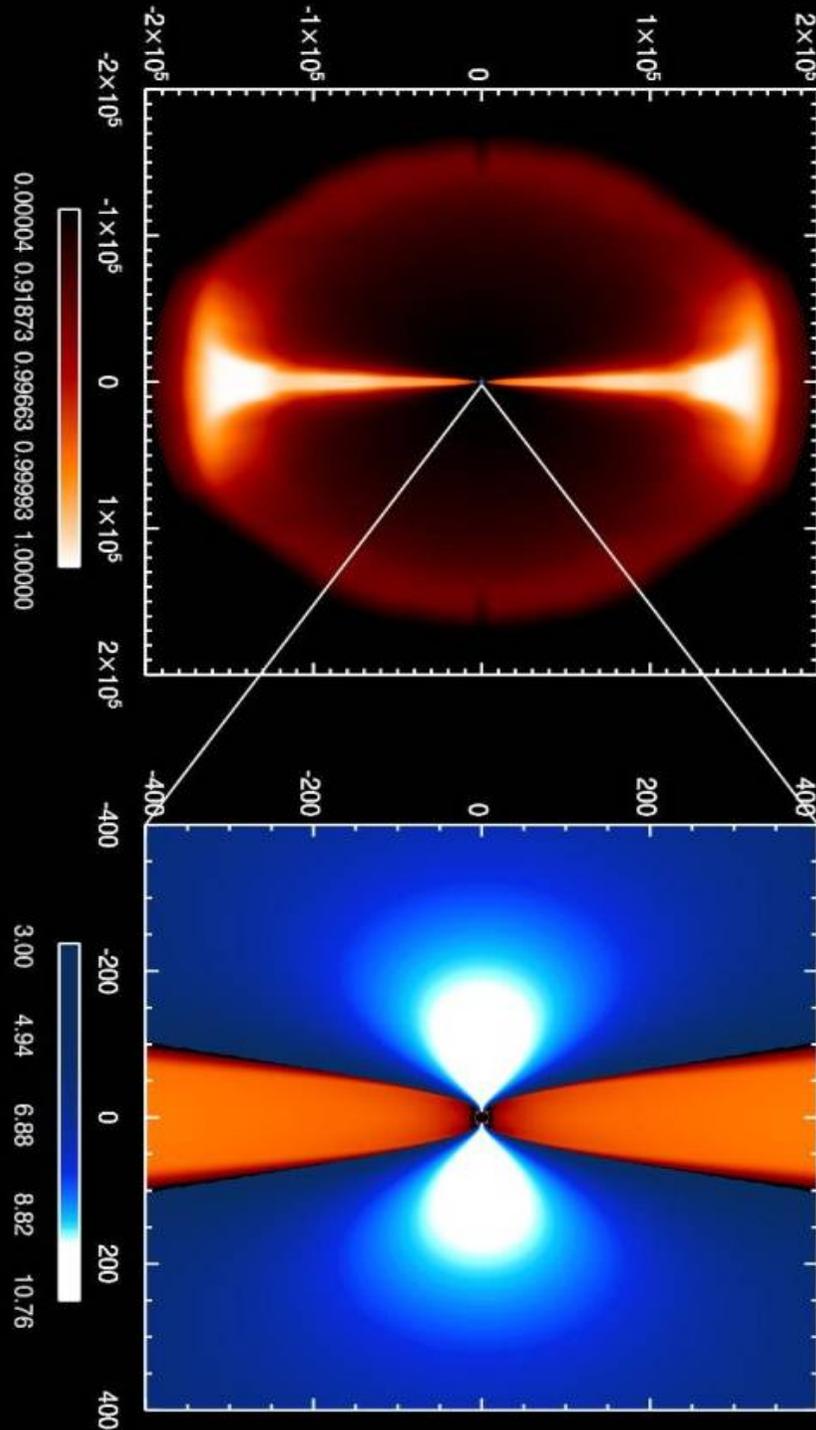
Se la stella non e' troppo pesante i neutroni riescono a sostenere la gravita'



Se la stella e' piu' pesante la gravita' vince tutte le resistenze





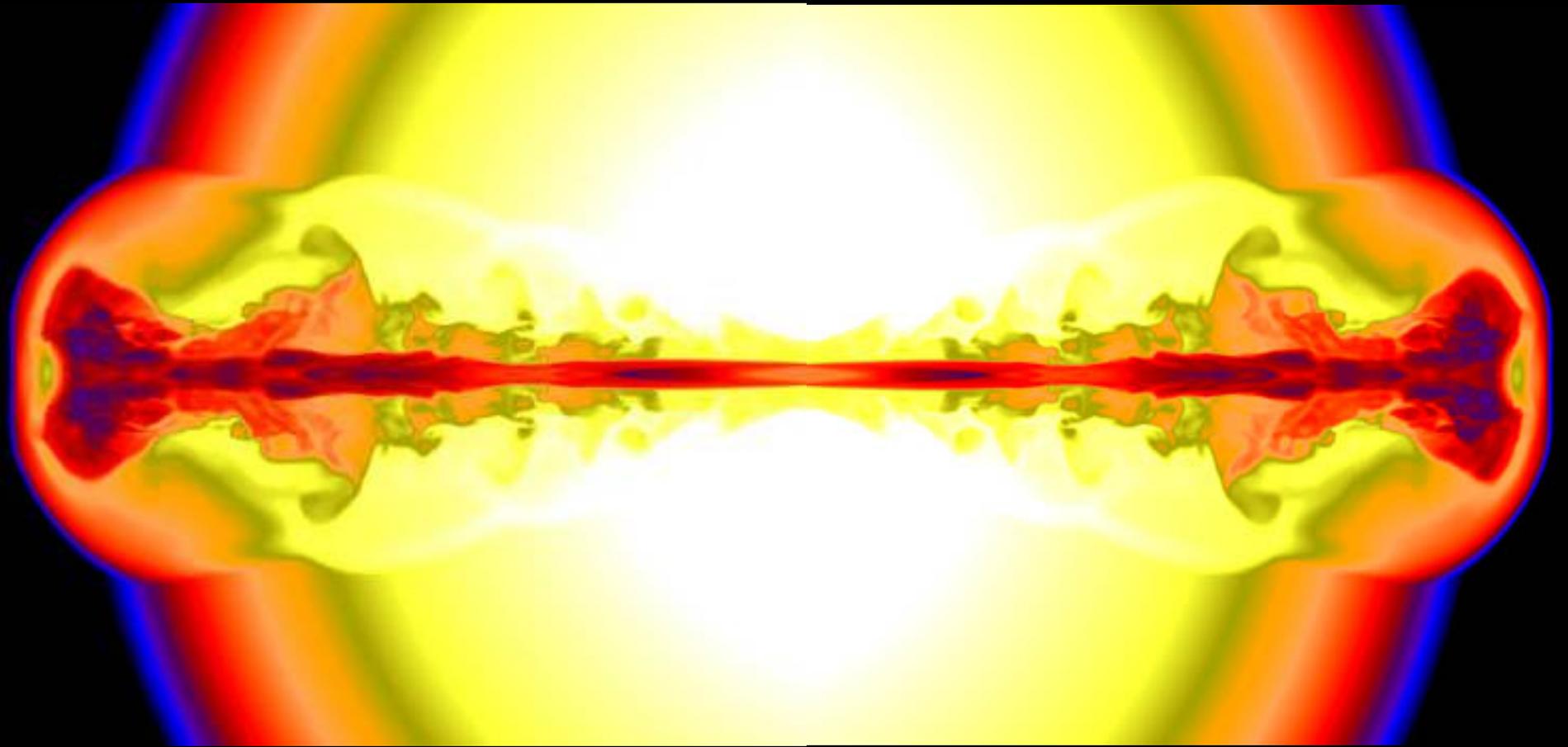


La materia continua a cadere sul buco nero neonato

Una piccola parte della materia, invece, viene espulsa con grande energia.

Si formano 2 getti in direzioni opposte, che "bucano" la stella ancora prima che scoppi.

E' il motore piu' efficiente che conosciamo.



Quando esce dalla stella, il getto ha una  
velocita'  $> 99.9995\%$  della velocita' della luce

Gamma Ray Bursts, le esplosioni  
piu' potenti dopo il Big Bang



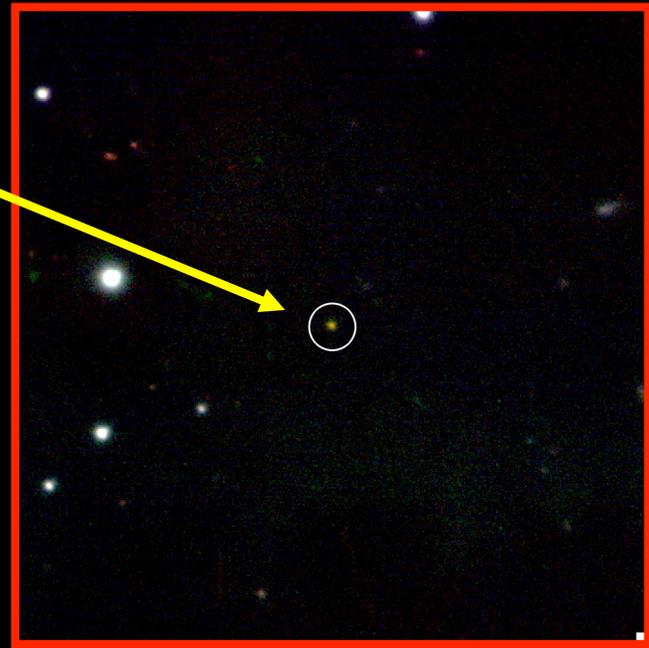
# Miliardi di anni luce...

Record: GRB 090423.  
L'Universo aveva "appena"  
630 milioni di anni

La loro energia e':

- Come 100 Supernovae
- Come il Sole per 3000 miliardi di anni
- Come tutta la nostra Galassia per 100 anni

e tutto in pochi secondi...



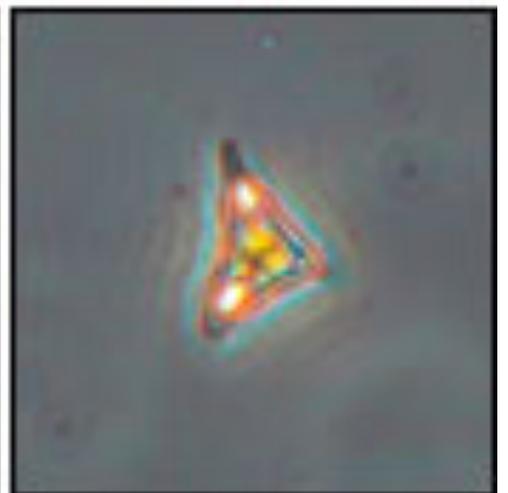
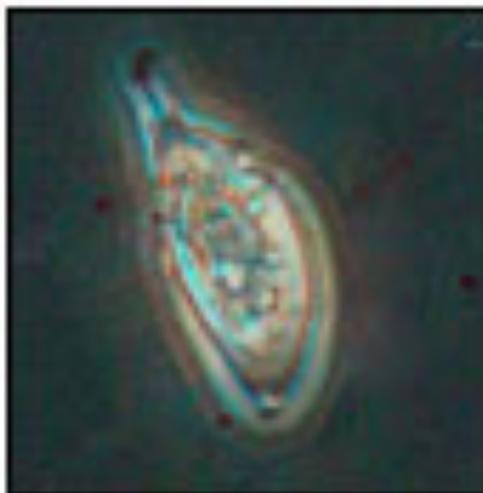
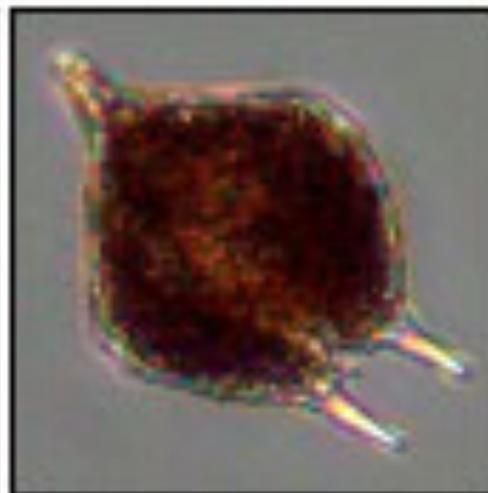
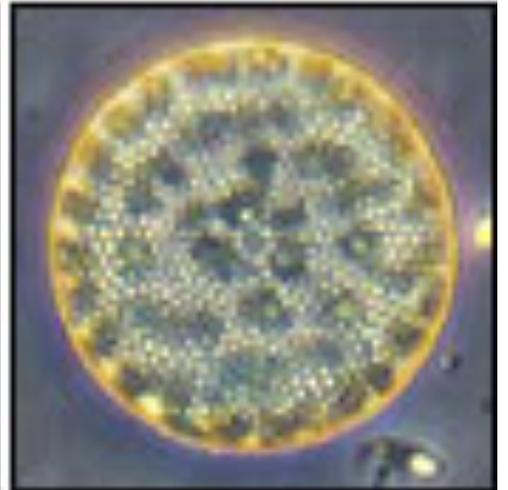
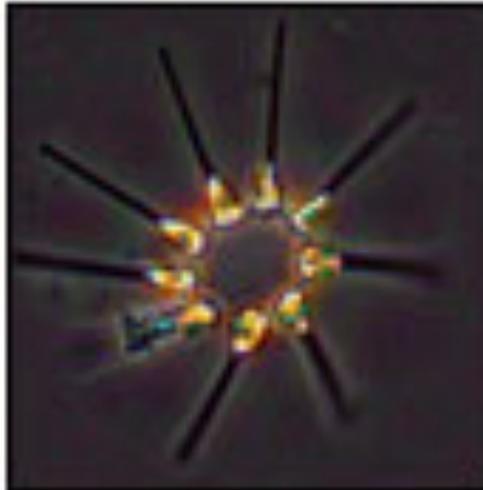
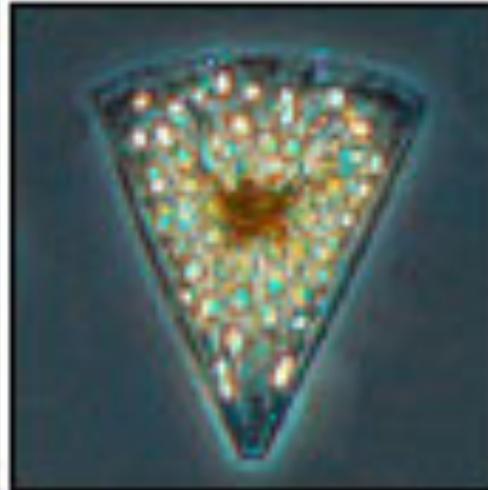
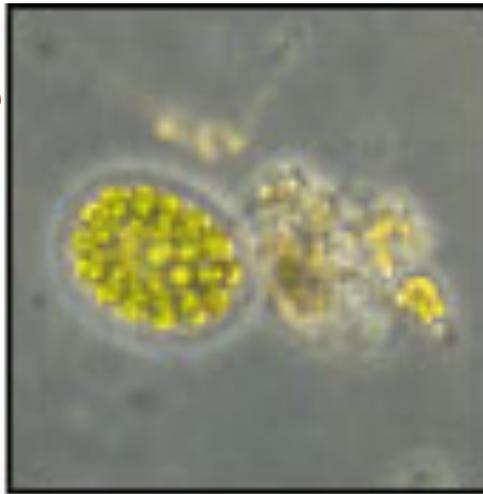
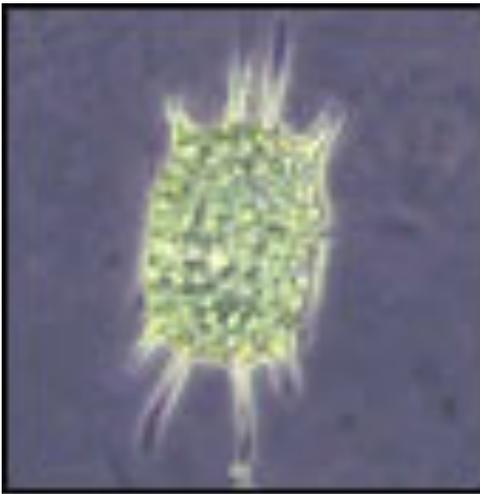
# Fanno male?

Se scoppia una supernova o un gamma ray burst a meno di 10.000 anni luce da noi....

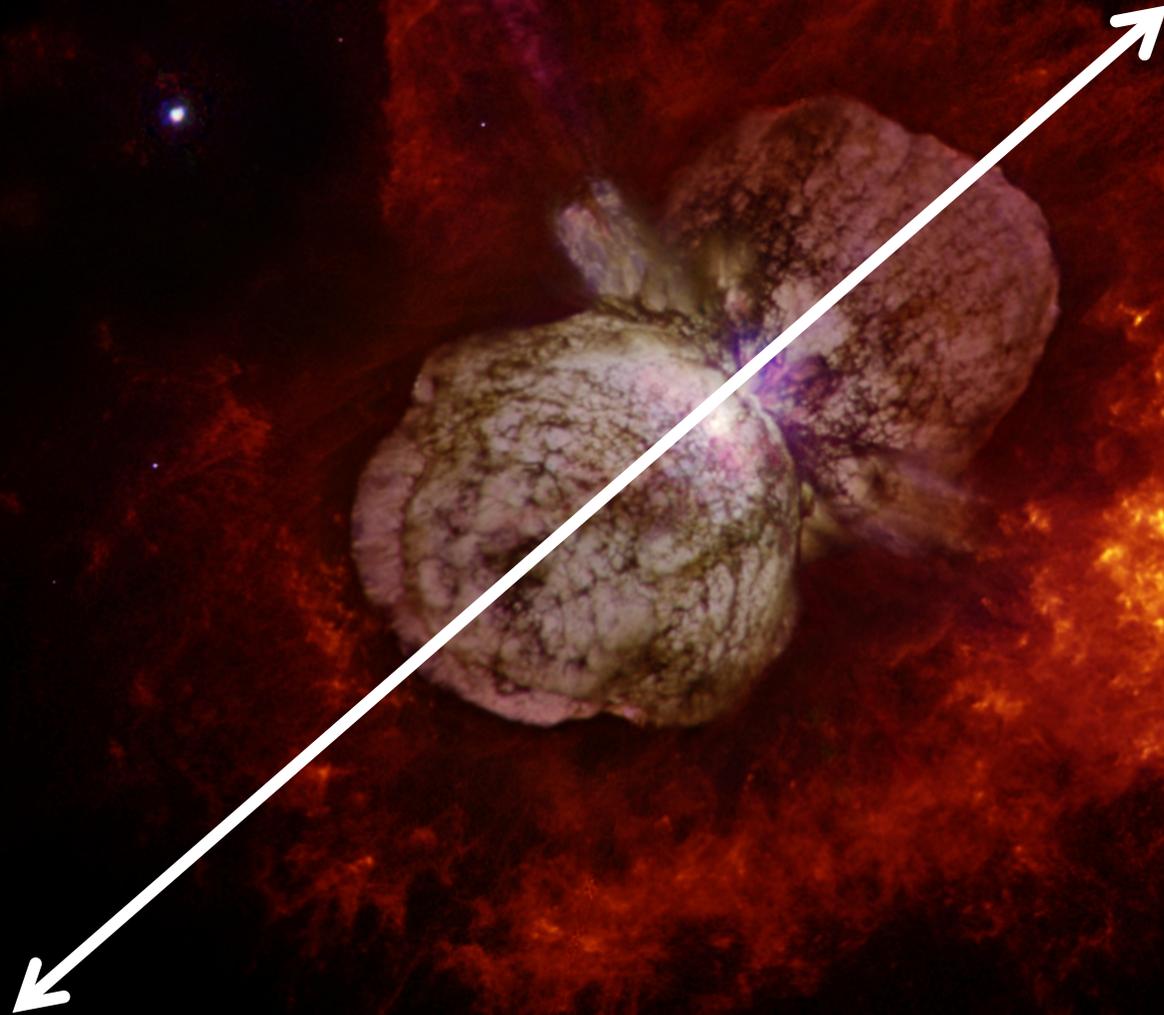
strato dell'ozono



fitoplancton



Eta Carinae: 7000 anni luce dalla Terra



Probabilmente non ci sparera' addosso...

- Vita e Universo sono legati
- Universo tranquillo e violento
- La gravita', seppur debole, e' responsabile delle piu' grandi esplosioni osservate
- ARRIVEDERCI TRA 2 SETTIMANE...