

Micromondo e macromondo

La nostra esperienza riguarda il macromondo

Esistono dei fenomeni che osserviamo tutti i giorni che possono essere spiegati solo con meccanismi che non fanno parte del macromondo?



La materia è discontinua e quantizzata

Componenti subnucleari e nucleari, atomi, ecc,

Nel micromondo nessuna grandezza è continua, carica elettrica, energia, ecc.

La massa è contenuta in volume piccolissimi

Le forze: em, nucleari forti, nucleari deboli

1/200 1 1000000

Gravitazionale: 10^{-49}

Quindi il volume della materia è vuota di massa e piena di forze

Scala in m:

10^{-10} m

atomo

10^{-14} m

nucleo

Protone e neutrone

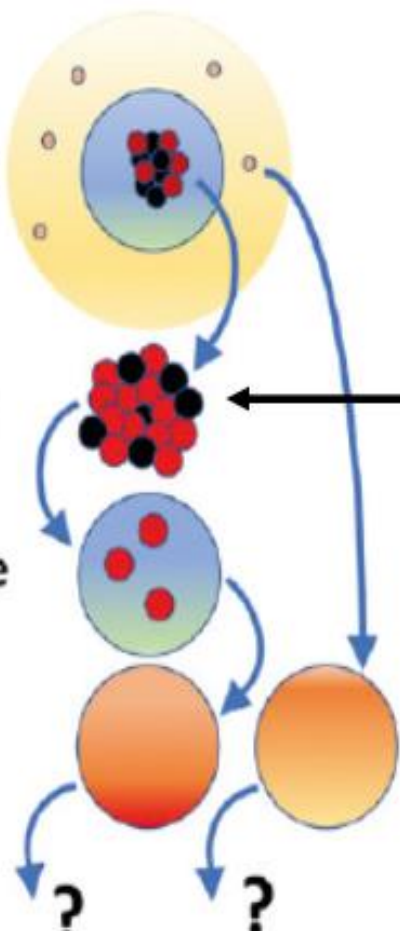
10^{-15} m

protone

$\leq 10^{-18}$ m

quark

elettrone



I mattoni ultimi sono le particelle elementari

12 in tutto: 6 quark e 6 leptoni
+ 12 antiparticelle

Particelle presenti nella materia solo 4: elettrone, protone, neutrone, neutrino

un altro centinaio che non sono stabili nella materia ma vengono prodotte per studiarle



Vivono pochissimo: da un millesimo di milionesimo a un milionesimo di miliardesimo di miliardesimo di secondo



$v=300000 \text{ km/s}$

$D=10^{-15} \text{ m}$

P =migliaia di Centrali nucleari

Little BANG

La materia è retta da una rete di regole che sottende al suo funzionamento

Niente è lasciato al caso

Meccanica classica

Causa → effetto

Meccanica quantistica

30%

10%

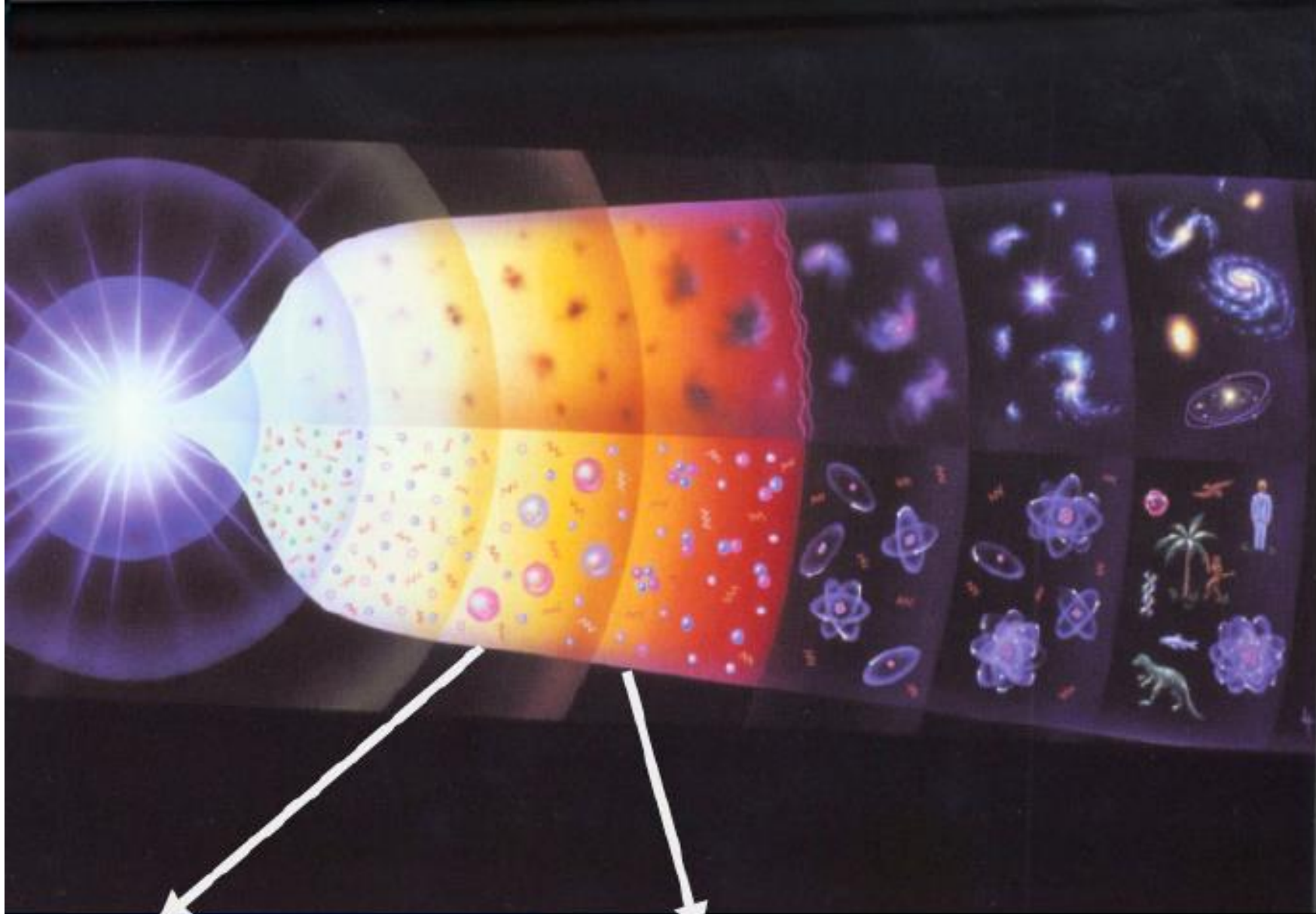
60%

Distribuzione di
probabilità

Conoscenza delle particelle elementari

Studio del Cosmo

Fisica astroparticellare



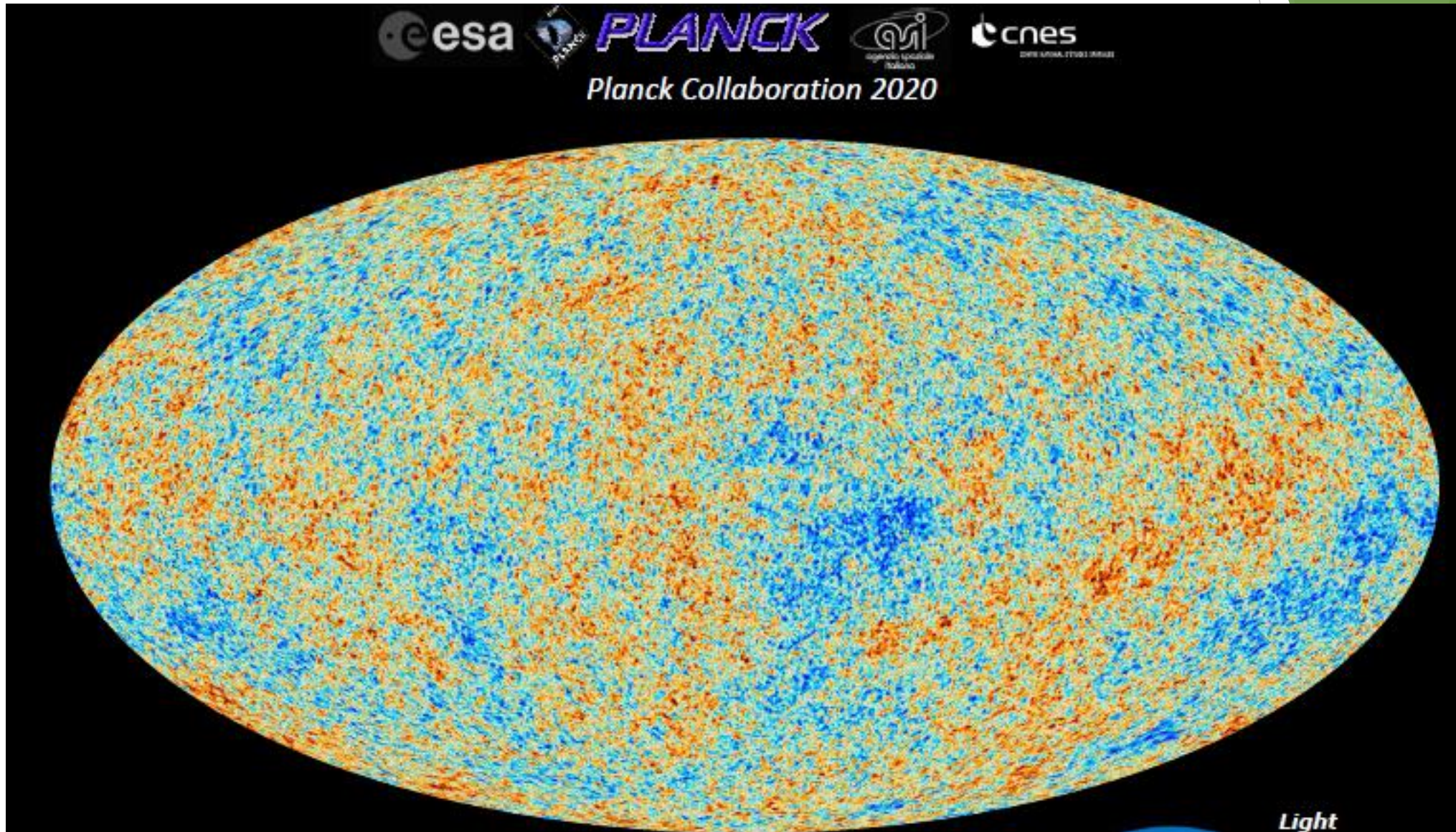
Separazione
Radiazione-
Particelle (A)

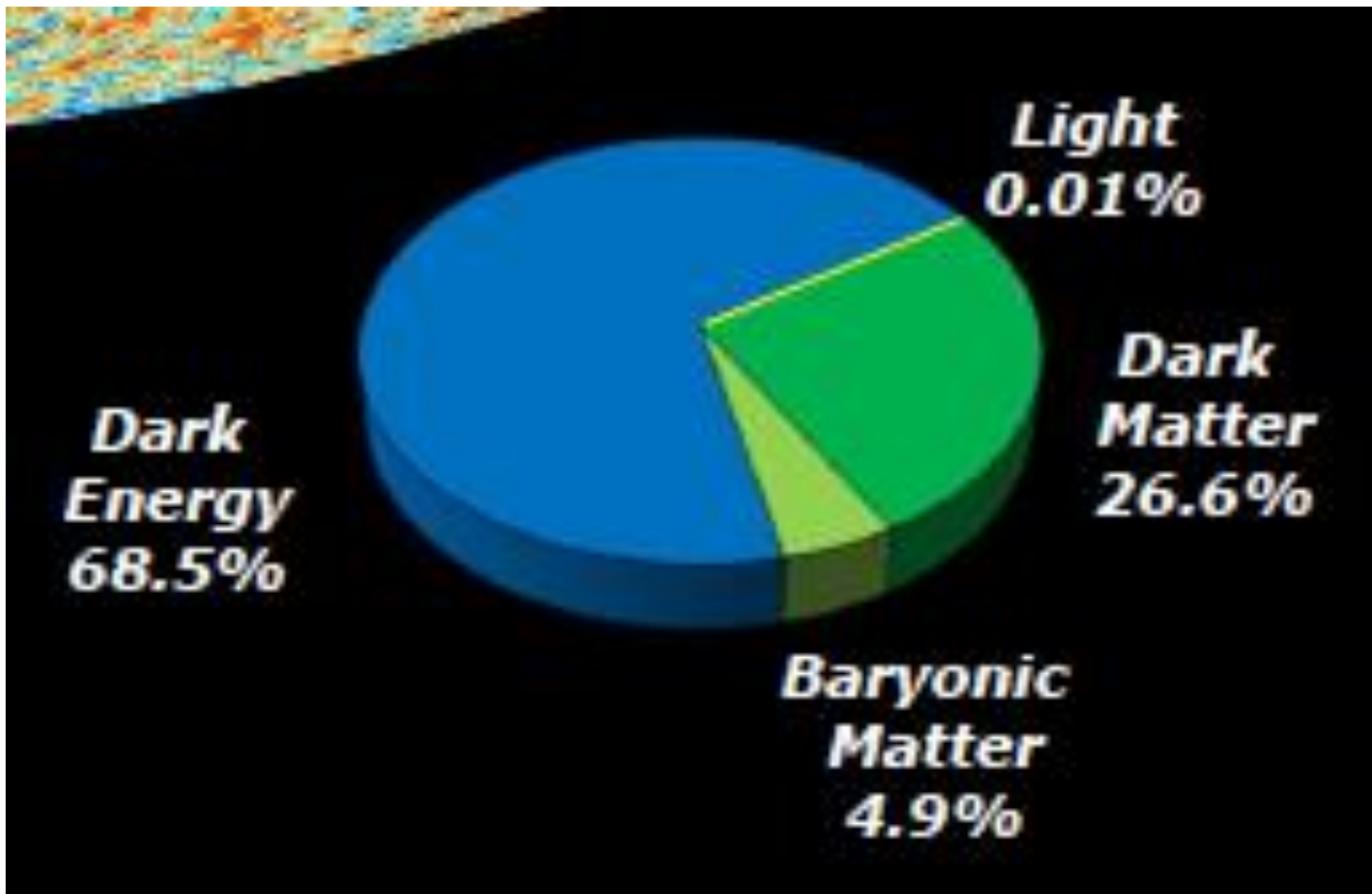
Formazione dei nuclei con particelle
stabili- le particelle instabili prodotte
nel BB sono decadute (B)

Età dell'Universo: 13.8 miliardi di anni

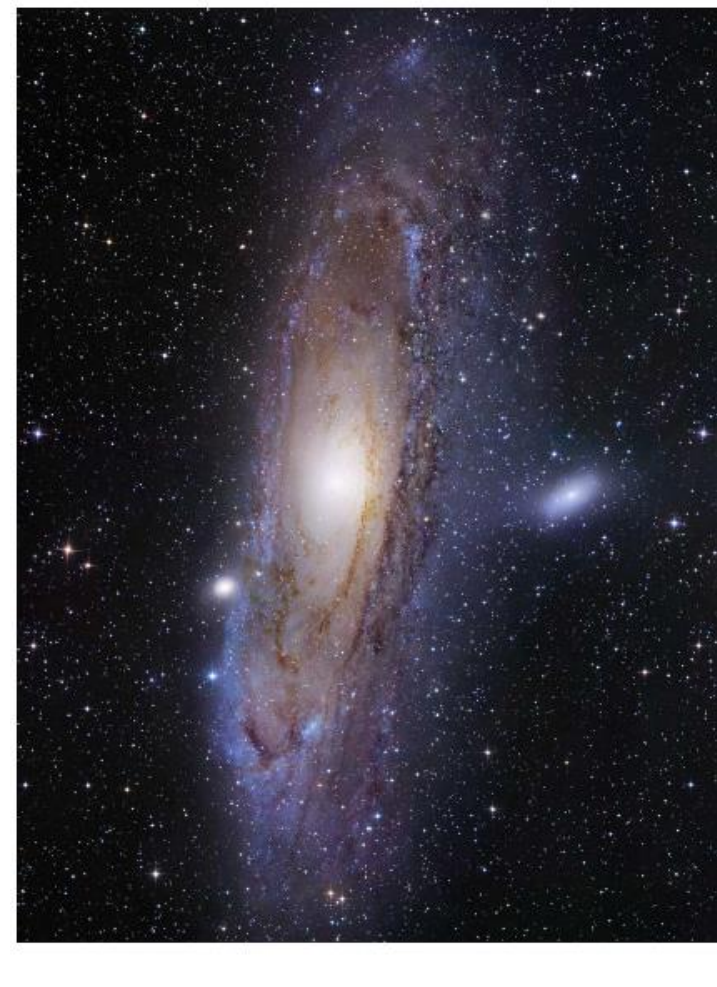
Esperimento Planck: cattura dei segnali vicino ai confini dell'Universo 350000 anni dal B.B.

CMB





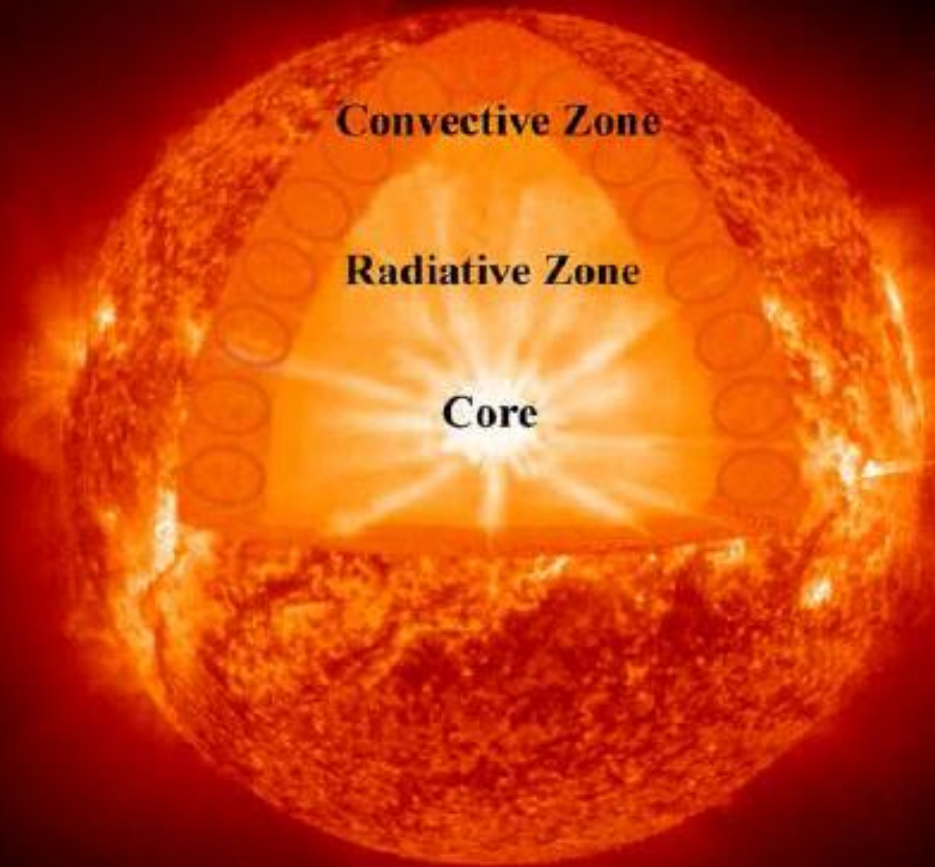
Materia oscura



Energia Oscura

$$E=MC^2$$

Il Sole



Extreme ultraviolet Imaging Telescope (SOHO/EIT)
Observations for 6 days monitoring

Composizione

(Densità numeriche)

^1H ● Idrogeno 70.7%

^4He ●●●● Elio 27.4%

●●●● Carbonio
●●●● Azoto
●●●● Ossigeno
●●●● Neon
●●●● Magnesio
●●●● Silicio
●●●● Zolfo
...
Elementi più pesanti

1.9%

Nucleo (10% raggio)

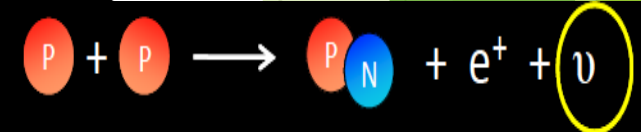
$$T = 1.5 \times 10^7 \text{ K}$$

Plasma ionizzato

$$\rho = 150 \text{ g/cm}^3$$

($\sim 20 \times \rho_{\text{acciaio}}$)

Le condizioni fisiche dei nuclei stellari consentono di innescare la
FUSIONE TERMONUCLEARE



$$2m_{\text{proton}} - m_{\text{deuterio}} = m$$

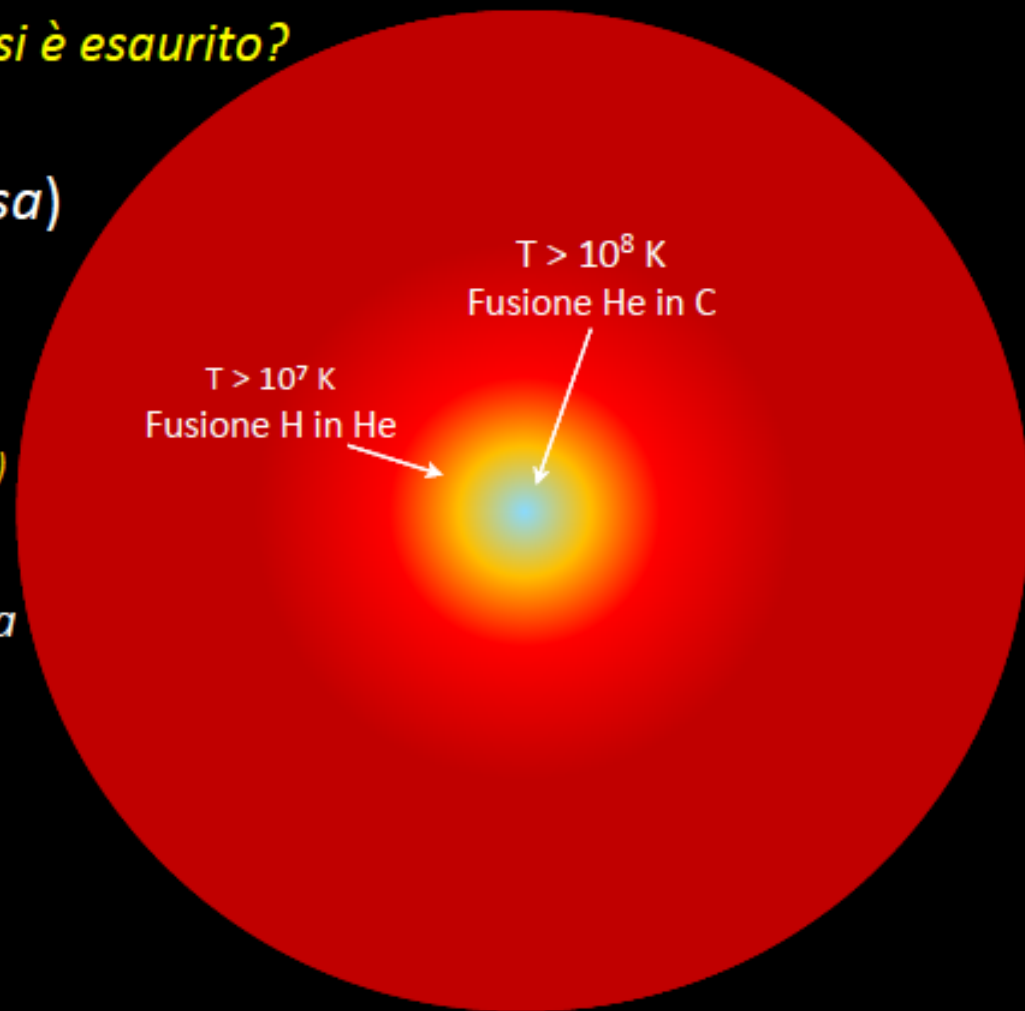
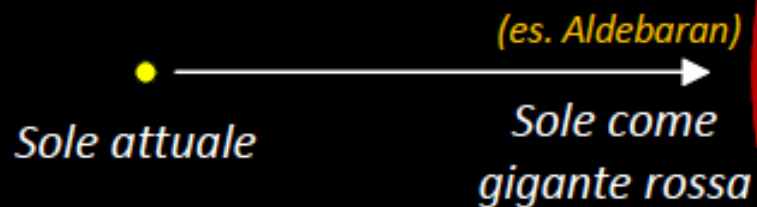
$$E = mc^2$$

I neutrini ci raggiungono direttamente dal centro del Sole

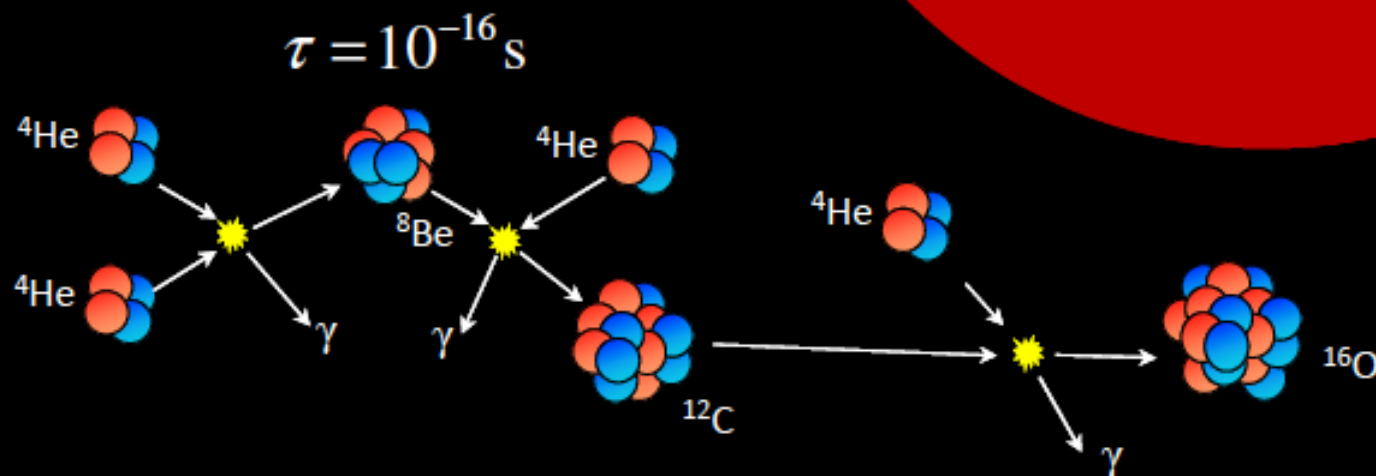
Quando l'idrogeno nel nucleo stellare si è esaurito?

La stella si gonfia (*Gigante Rossa*)

Il nucleo si contrae



Il «prodigio» del Carbonio

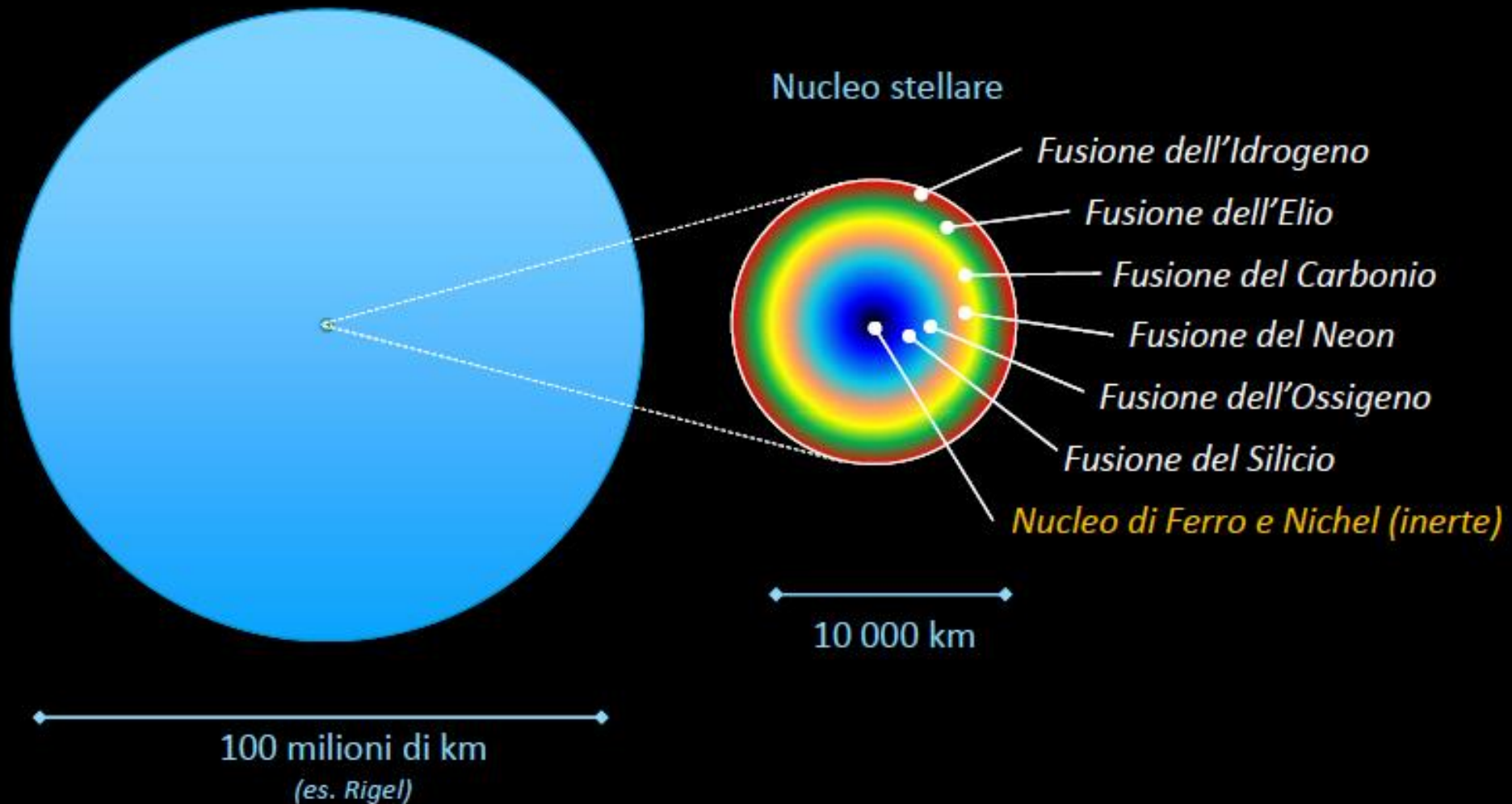


Le stelle di massa $M < 8 M_{\text{Sole}}$
perdono «delicatamente» i loro strati esterni



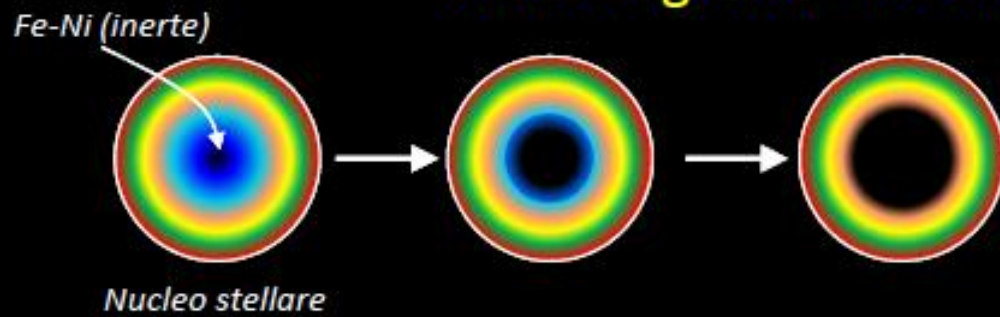
Stelle di grande massa ($M > 8 M_{\text{Sole}}$)

Il nucleo stellare raggiunge temperature altissime ($T > 10^9 \text{ K}$)
→ Fusione di elementi via via più pesanti...



...fino al Ferro

Stelle di grande massa ($M > 8 M_{\text{Sole}}$)



Quando la massa del
nucleo di Ferro supera

$M > M_{\text{Chandra}} = 1.44 M_{\text{Sole}}$
la stella esplode

Supernova



Grande Nube di Magellano (LMC), distanza ~ 50 kpc
Stella progenitore: Supergigante blu, $M = 18 M_{\text{sun}}$



(23 Feb 1987)

SN 1987A

La deflagrazione è dominata dai neutrini

Gli elementi pesanti sono rilasciati nello spazio interstellare

Il nucleo collassato dà origine a
una *stella di neutroni* o un *buco nero*

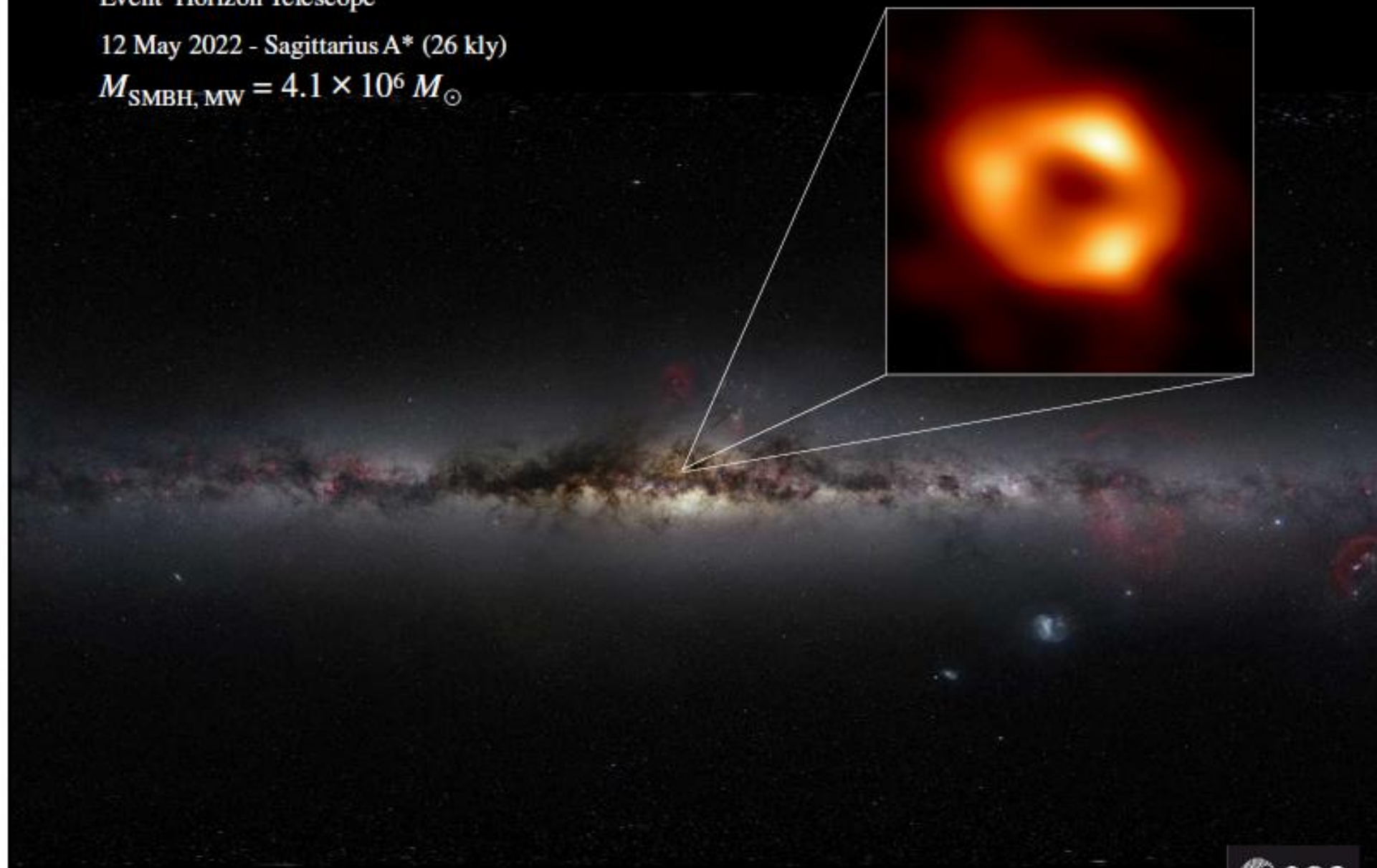
La materia interstellare, arricchita di elementi pesanti,
dà origine alla formazione di nuove generazioni di stelle e pianeti



Event Horizon Telescope

12 May 2022 - Sagittarius A* (26 kly)

$$M_{\text{SMBH, MW}} = 4.1 \times 10^6 M_{\odot}$$



Gaia DR3
N > 1.8×10^9 stars
22 months observations



Ongoing mission
End survey: 2025

JWST, 2022

