



Come funzionano le stelle

ovvero da dove veniamo e dove andiamo
(e ve la faccio pure semplice)

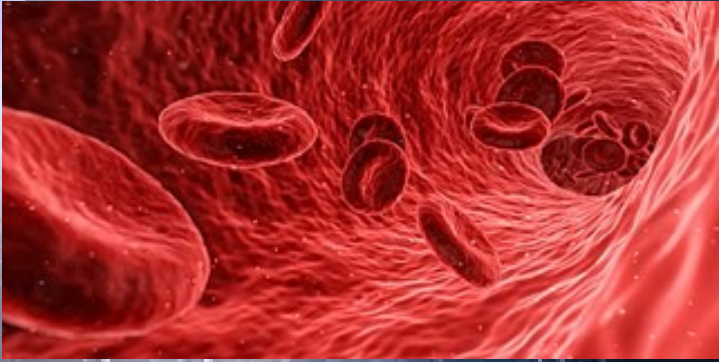
Una strana domanda per
cominciare:

Perché il sangue è rosso?
(PAURA!!!)

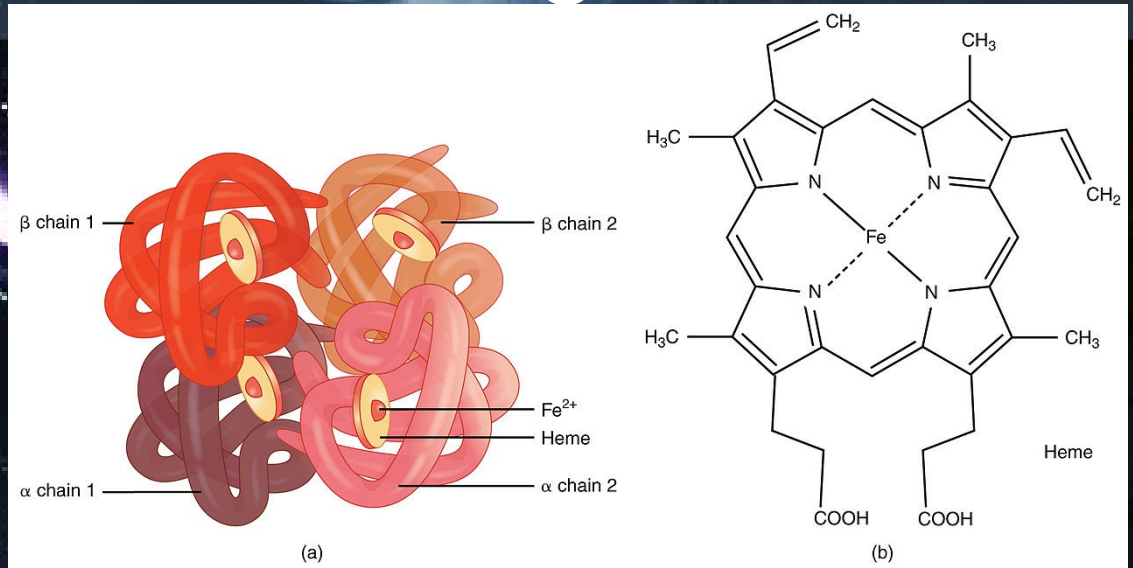


Ahia!

Globuli rossi ed emoglobina



I globuli rossi sono rossi perché contengono l'emoglobina una proteina basata sul ferro; in pratica il ferro arrugginisce al contatto con l'ossigeno e il globulo rosso è il vettore che porta l'ossigeno in giro per il nostro corpo.



Poi già che sono lì i globuli rossi mollano l'ossigeno nei tessuti, raccolgono l'anidride carbonica e la portano ai polmoni per essere espulsa con la respirazione

Ehi, un momento: nel sangue c'è il ferro?

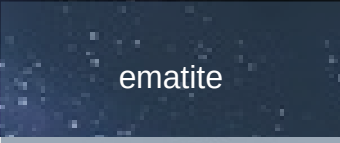
E come c'è arrivato?



bistecche



spinaci



ematite



miniera

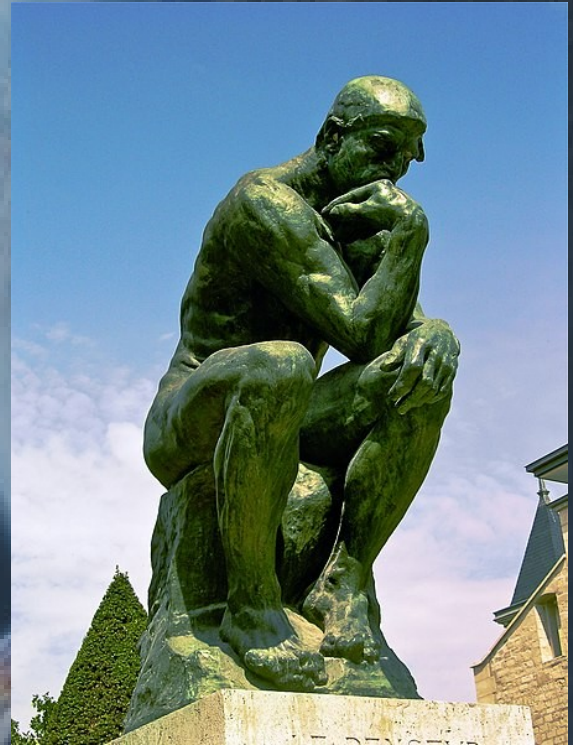


Ricapitolando:

nel terreno c'è il ferro,
le piante assorbono il ferro
dal terreno,
gli animali mangiano le piante,
noi mangiamo piante e animali.

Ok, a questo punto la domanda diventa:

chi ha messo il ferro nella terra????

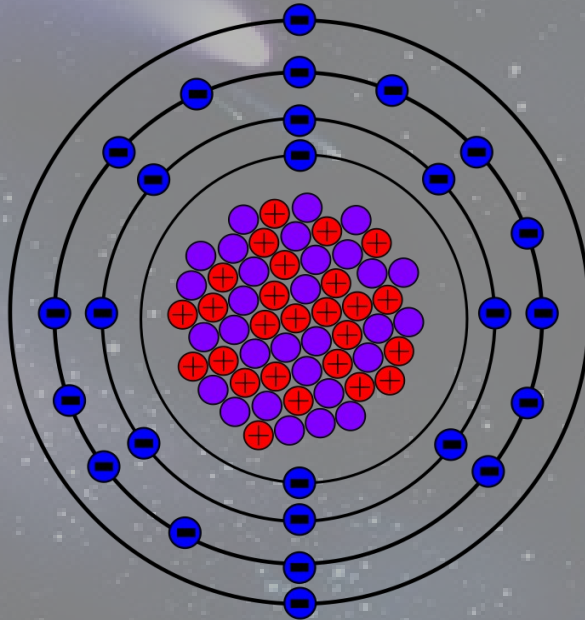


Innanzitutto cerchiamo di capire come è fatto il ferro.



Ferro elettrolitico

https://it.wikipedia.org/wiki/File:Iron_electrolytic_and_1cm3_cube.jpg



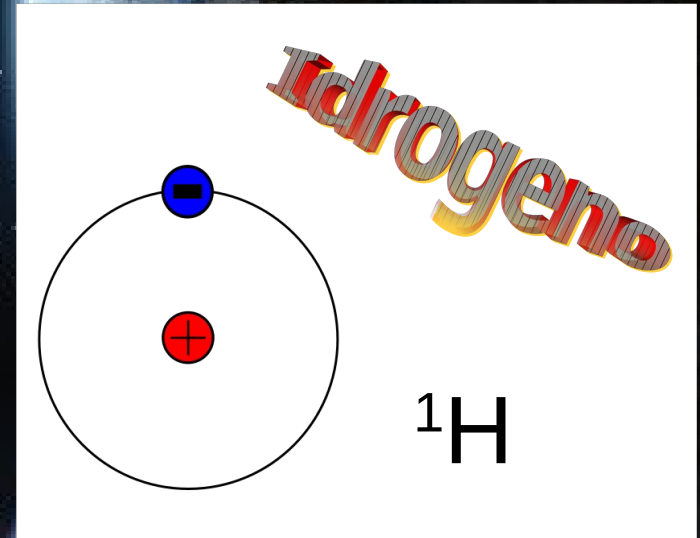
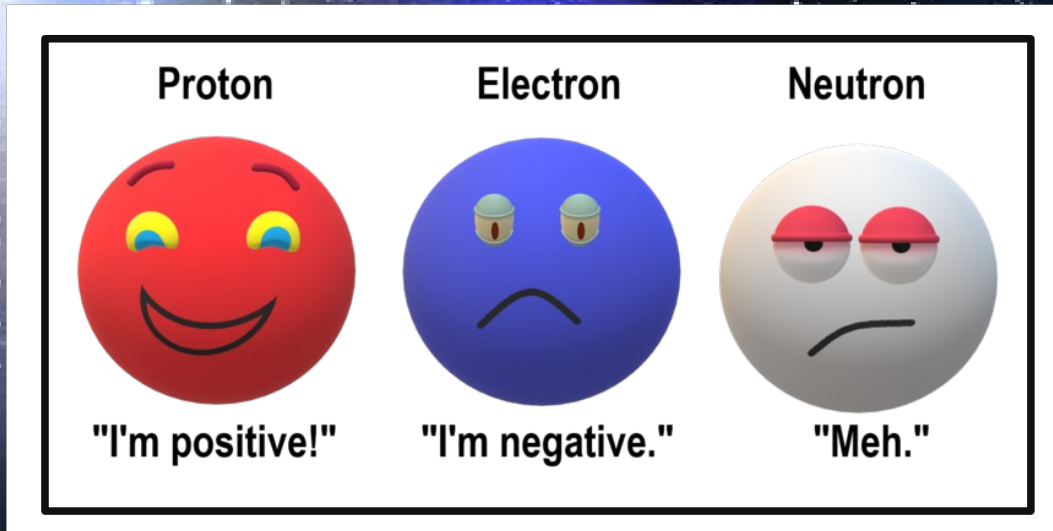
La forma più comune
del ferro è il



peso atomico 56
perché ha 26 protoni e
30 neutroni

I mattoncini con cui fare gli atomi

e non chiediamoci di cosa sono fatti i mattoncini...



raggio di Bohr 5.3×10^{-11} m
raggio del protone 8×10^{-16} m

c'è un rapporto 10^5

L'elemento più semplice è l'idrogeno

Se ho qui un protone grande 1 m il suo elettrone sta a 10^5 m cioè dalle parti di Bologna

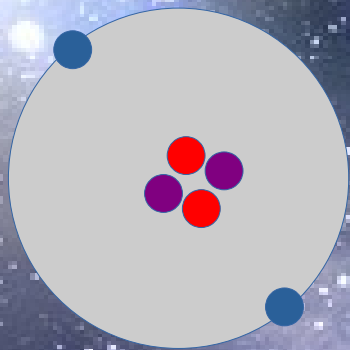
Tavola periodica degli elementi

RIGHE:
livelli energetici
da riempire

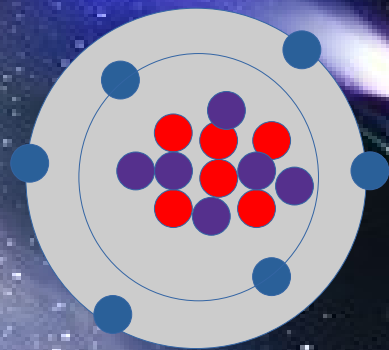
COLONNE:
configurazione
elettronica
esterna

STABLE																															
half life more than one trillion years																															
half life in range of billion years																															
half life in range of million years																															
half life in range of thousands of years																															
half life in range of years																															
half life in range of days																															
half life in range of hours																															
half life in range of minutes																															
half life in range of seconds																															
half life in range of milliseconds																															
half life undetermined																															
1 H Hydrogen																	2 He Helium														
3 Li Lithium	4 Be Beryllium																	5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Fluorine	10 Ne Neon								
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium																	13 Al Aluminium	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulfur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon								
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton														
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Rutenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon														
55 Cs Caesium	56 Ba Barium	57 La Lanthanum	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon														
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac Actinium	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Uub Ununbium	113 Uut Ununtrium	114 Uuq Ununquadium	115 Uup Ununpentium	116 Uuh Ununhexium	117 Uus Ununseptium	118 Uuo Ununoctium														
																		58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium
																		90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium

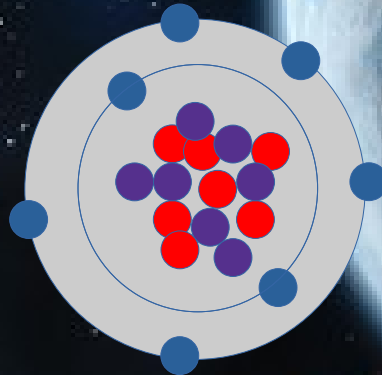
Ok, ma come arrivo al ferro ?



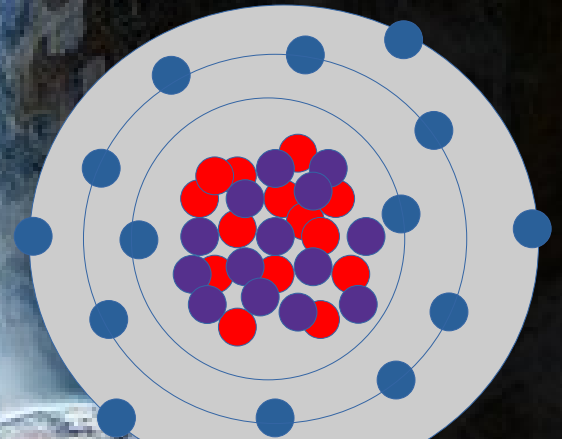
^2He



^6C



^7N



^{14}Si

Pezzettin pezzettino arrivo al ^{26}Fe ma con quale meccanismo ?

FUSIONE NUCLEARE: e che ci vuole?

Si deve superare la repulsione tra cariche elettriche dello stesso segno

prima la nuvola elettronica, ma quella è "facile":

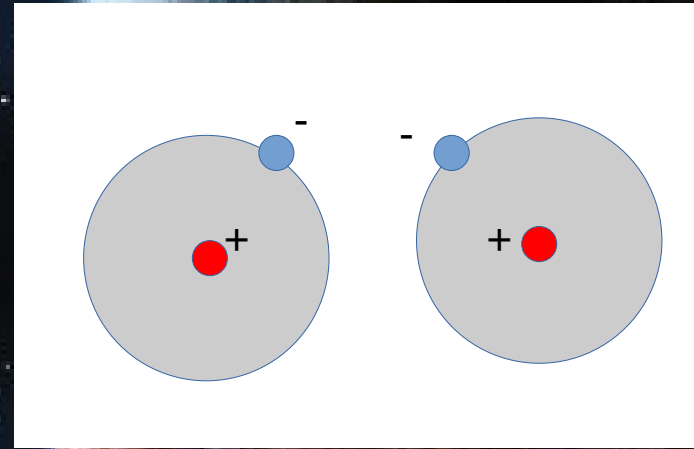
$$E = k_B T$$

(13.6 eV \rightarrow 100000+ °K)

ma "bastano" meno di 10000 °K
stato di plasma

(stato della materia con un certo grado di ionizzazione)

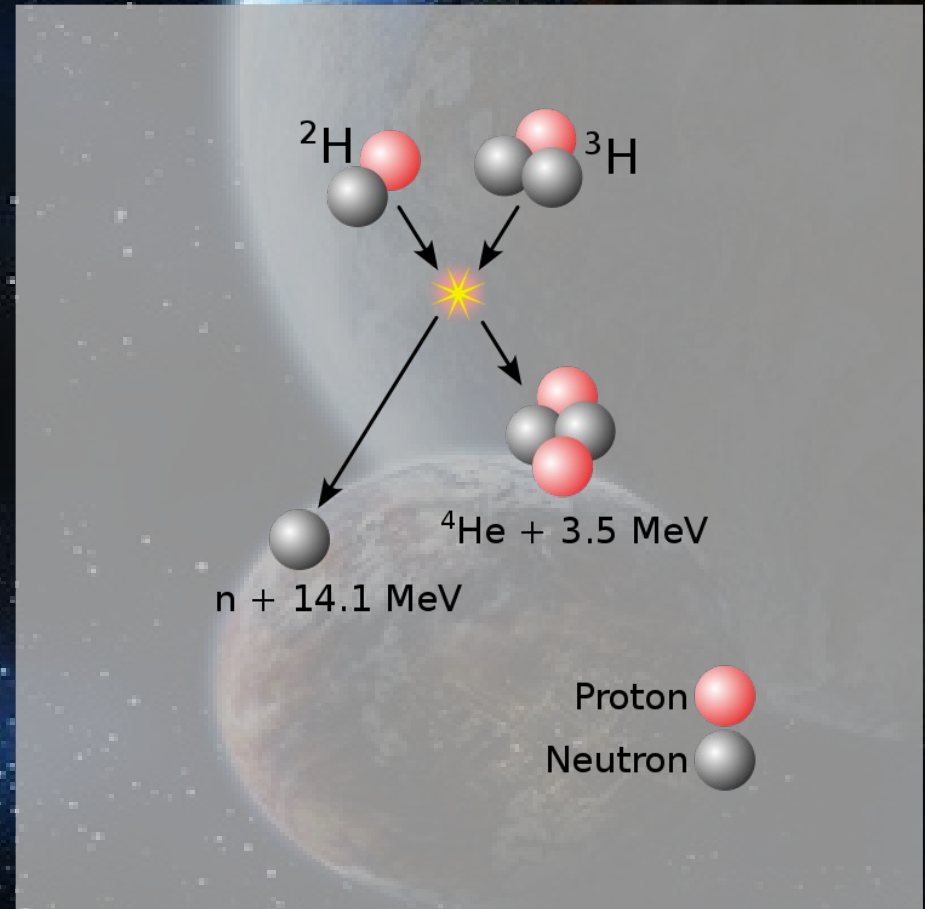
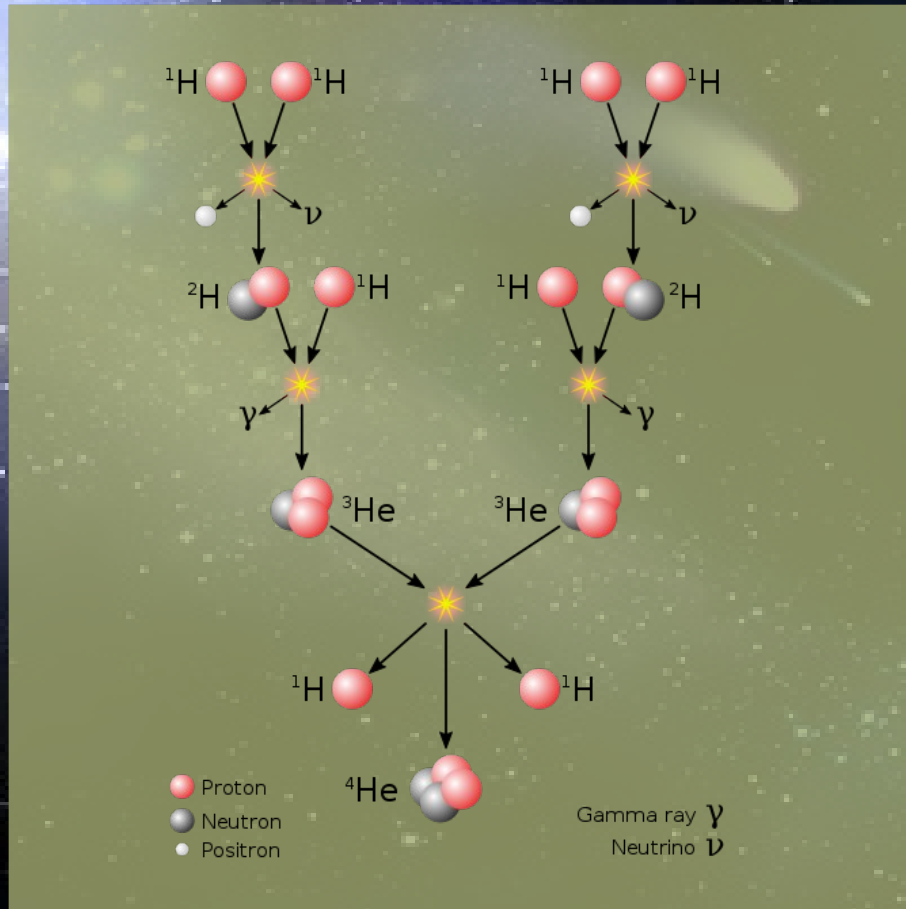
È come giocare con le calamite:
provate ad unire poli dello stesso
segno!



Ma poi ci sono da "schiacciare" insieme i protoni
Tenete presente che il ferro fonde a circa 1500 °C a noi serve una temperatura di.....

FUSIONE NUCLEARE: e come faccio?

nel sole (reazione p-p) sulla terra

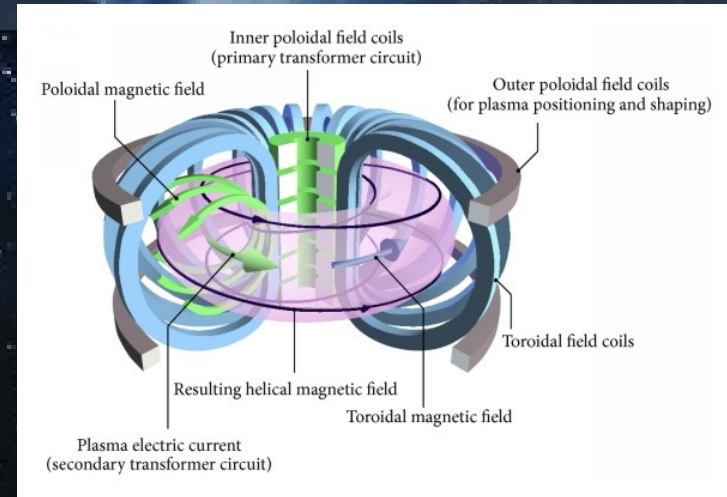


FUSIONE NUCLEARE: e che ci vuole?

Si deve di nuovo superare la repulsione tra cariche elettriche dello stesso: la repulsione tra i nuclei ovvero i protoni

il sole ci riesce perché raggiunge temperature di 15 milioni di gradi al suo centro per sviluppare la reazione p-p

in minima parte riesce anche a usare il ciclo CNO che si innesca poco sopra i 15×10^6 °K sempre per produrre He



Sulla terra si fa anche di meglio:
Nell'aprile 2024 il tokamak coreano KSTAR raggiunge una temperatura degli ioni pari a 100 milioni °C per 48 secondi

ma solo per 48 secondi....

https://it.wikipedia.org/wiki/Tokamak#cite_note-4

Ci vuole la forza gravitazionale che tutto attrae

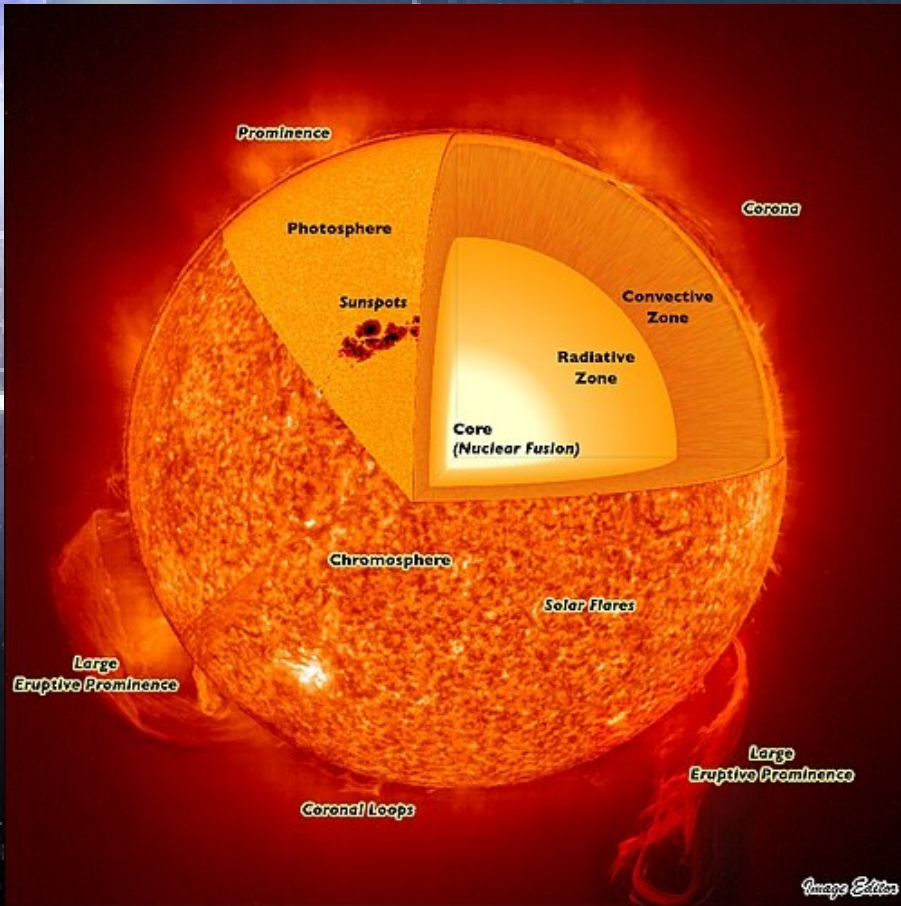
Ogni oggetto dotato di massa
attira ogni altro oggetto
anch'esso dotato di massa
e i costituenti della materia
protoni, elettroni e neutroni
hanno massa.

Curiosamente massa
inerziale e massa
gravitazionale
coincidono.....

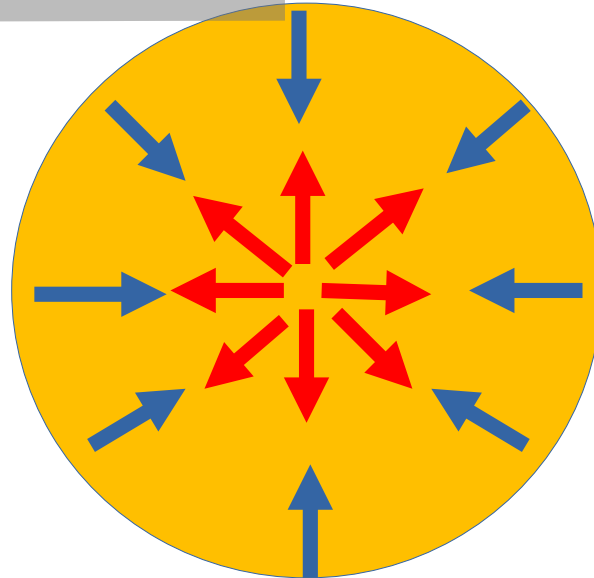
Risultato:
la massa tende ad
“ammassarsi”
così come una tazza tende
a cadere verso la terra

Ogni cosa dotata di massa
tende a cadere addosso ad
altra massa:
(una tazza ha massa quindi ha
campo gravitazionale e attira noi e il
pianeta terra)

FUSIONE NUCLEARE: il sole come fa?

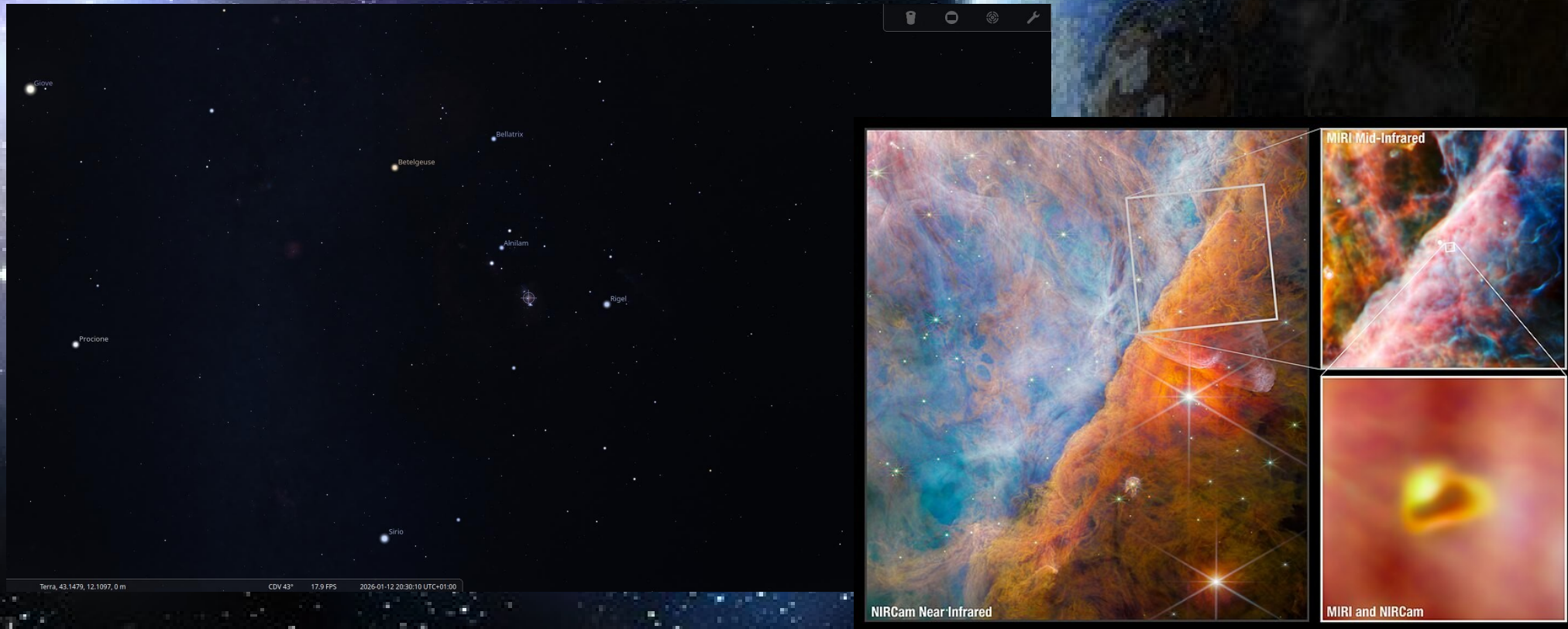


la gravità comprime



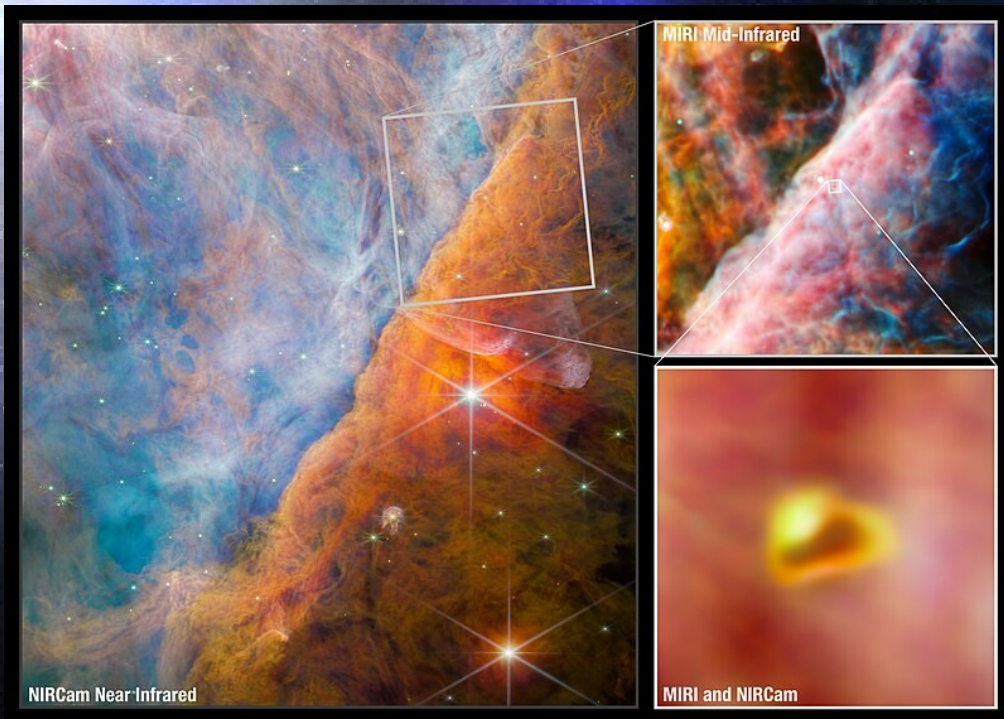
L'energia espande

Come fa il sole ad arrivare a 15×10^6 °K ?
ovvero da una nube rarefatta ad una stella splendente; due esempi.



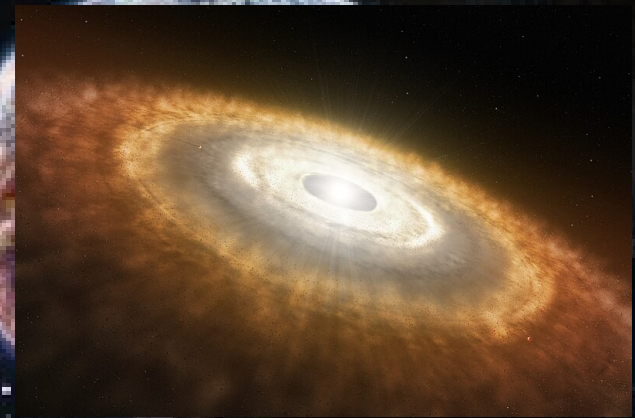
Orion Bar nella nebulosa di Orione (NIRCcam and MIRI Images)

Come fa il sole ad arrivare a 15×10^6 °K ?



Orion Bar nella nebulosa di Orione (NIRCam and MIRI Images)

Tutto cominciò con una nube di polveri e gas autogravitante; "qualcosa" spinse parti di queste nubi sterminate a collassare su se stessa dando origine ad un disco protoplanetario



Da una nube di gas e polveri nacque un intero sistema solare: esempio della Nebulosa Aquila e i Pilastri della Creazione 1

Nebulosa aquila (Star Queen Nebula)

M 16 - NGC 6611 - IC 4703 - SH 2-49 - RCW 165 - LBN 67 - Cr 375 - Mel 198 - Ced 159

Tipo: ammasso associato a nebulosità (I13m; 3, 3, 3)

Magnitudine: 6.00

Indice Colore (B-V): 0.58

Luminosità Superficiale: 14.43 mag/arc-min²

Indice di contrasto: -0.45

AR/Dec (J2000.0): 18h18m47.12s/-13°48'28.3"

AR/Dec (in data): 18h20m16.51s/-13°47'52.2"

HA/Dec: 10h33m04.45s/13°47'52.2"

Az./Alt.: +320°55'51.5"/+55°12'49.2"

Gal. long./lat.: +16°57'04.7"/+0°47'45.3"

Supergal. long./lat.: +189°06'08.7"/+59°09'16.6"

Ecl. long./lat. (J2000.0): +274°37'28.7"/+9°33'21.8"

Ecl. long./lat. (in data): +274°59'29.6"/+9°33'09.7"

Obliquità dell'eclittica (in data): +23°26'17.9"

Tempo Siderale Medio: 4h53m20.5s

Tempo Siderale Apparente: 4h53m2.00s

Alba: 3h41m

Tramonto: 8h50m Luna

Tramonto: 14h00m

Angolo Parallattico: +28°15'40.5"

Costellazione IAU: Ser

Dimensioni: +2°00'00.00" x +0°25'00.00"

Distanza: 2.146 kpc (7000.3 al)

Redshift: 0.000060±0.000002

Parallasse: 0.700 mas

Discoverer: Philippe Loys de Chéseaux (1745)

Descrizione morfologica: forma irregolare,

/>struttura filamentosa,

luminosità massima.

Solare Az./Alt.: +270°15'55"/-18°42'51"

Lunare Az./Alt.: +276°28'50"/-39°36'57"



Da una nube di gas e polveri nacque un intero sistema solare: esempio della Nebulosa Aquila e i Pilastri della Creazione 2

Nebulosa aquila (Star Queen Nebula)

M 16 - NGC 6611 - IC 4703 - SH 2-49 - RCW 165 - LBN 67 - Cr 375 - Mel 198 - Ced 159

Tipo: ammasso associato a nebulosità (I3mn; 3, 3, 3)

Magnitudine: 6.00

Indice Colore (B-V): 0.58

Luminosità Superficiale: 14.43 mag/arc-min²

Indice di contrasto: -0.45

AR/Dec (J2000.0): 18h18m47.12s/-13°48'28.3"

AR/Dec (in data): 18h20m16.51s/-13°47'52.2"

HA/Dec: 10h33m42.48s/-13°47'52.2"

Az./Alt.: +821°19'08.1"/-55°17'10.8"

Gal. long./lat.: +16°57'04.7"/+0°47'45.3"

Supergal. long./lat.: +189°06'08.7"/+59°09'16.6"

Ecl. long./lat. (J2000.0): +274°37'28.7"/+9°33'21.8"

Ecl. long./lat. (in data): +274°59'29.6"/+9°33'09.7"

Obliquità dell'eclittica (in data): +23°26'17.9"

Tempo Siderale Medio: 4h53m58.5s

Tempo Siderale Apparente: 4h53m59.0s

Alba: 3h41m

Tramonto: 8h50m

Tramonto: 14h00m

Angolo Parallatico: +28°06'12.7"

Costellazione IAU: Ser

Dimensioni: +2°00'00.00" x +0°25'00.00"

Distanza: 2.146 kpc (7000.3 al)

Redshift: 0.000060±0.000002

Parallasse: 0.700 mas

Discoverer: Philippe Loys de Chéseaux (1745)

Descrizione morfologica: forma irregolare,

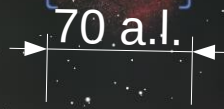
/-> struttura filamentosa,

luminosità massima.

Solare Az./Alt.: +270°22'25"/-18°49'45"

Lunare Az./Alt.: +276°35'50"/-39°43'27"

70 a.l.



Da una nube di gas e polveri nacque un intero sistema solare: esempio della Nebulosa Aquila e i Pilastri della Creazione 3

Nebulosa aquila (Star Queen Nebula)

M 16 - NGC 6611 • IC 4703 - SH 2-49 - RCW 165 - LBN 67 - Cr 375 - Mel 198 - Ced 159

Tipo: ammasso associato a nebulosità (H3mn, 3, 3, 3)

Magnitudine: 6.00

Indice Colore (B-V): 0.58

Luminosità Superficiale: 14.43 mag/arc-min²

Indice di contrasto: -0.45

AR/Dec (J2000.0): 18h 18m 47.12s / -13° 49' 28.3"

AR/Dec (in data): 18h 20m 16.51s / -13° 47' 52.2"

HA/Dec: 10h 35m 09.33s / 13° 47' 52.2"

Az./Alt.: +321° 43' 0.5" / -55° 27' 04.8"

Gal. long./lat.: +16° 51' 04.7" / +0° 47' 45.3"

Supergal. long./lat.: +109° 06' 08.7" / +59° 00' 16.6"

Ecl. long./lat. (J2000.0): +274° 37' 28.7" / +9° 33' 21.8"

Ecl. long./lat. (in data): +274° 59' 29.6" / +9° 53' 09.7"

Obliquità dell'eclittica (in data): +23° 26' 17.9"

Tempo Siderale Medio: 4h 55m 25.6s

Tempo Siderale Apparente: 4h 55m 26.1s

Alba: 0h 41m

Tramonto: 8h 50m

Tramonto: 14h 00m

Angolo Parallattico: +27° 44' 21.3"

Costellazione IAU: Ser

Dimensioni: +2° 00' 00.00" x +0° 25' 00.00"

Distanza: 2.146 kpc (7000.3 al)

Redshift: 0.000060 ± 0.000002

Parallasse: 0.700 mas

Discoverer: Philippe Loys de Chéseaux (1745)

Descrizione morfologica: forma irregolare,

/> struttura filamentosa,

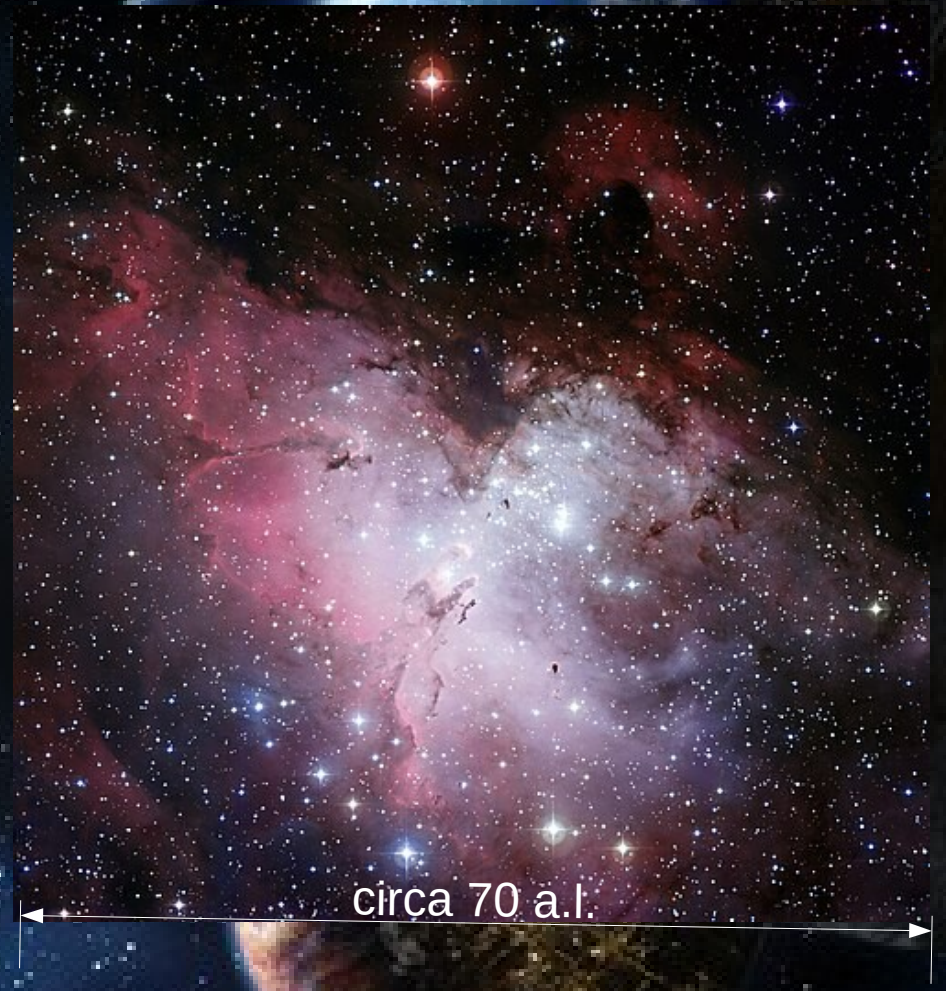
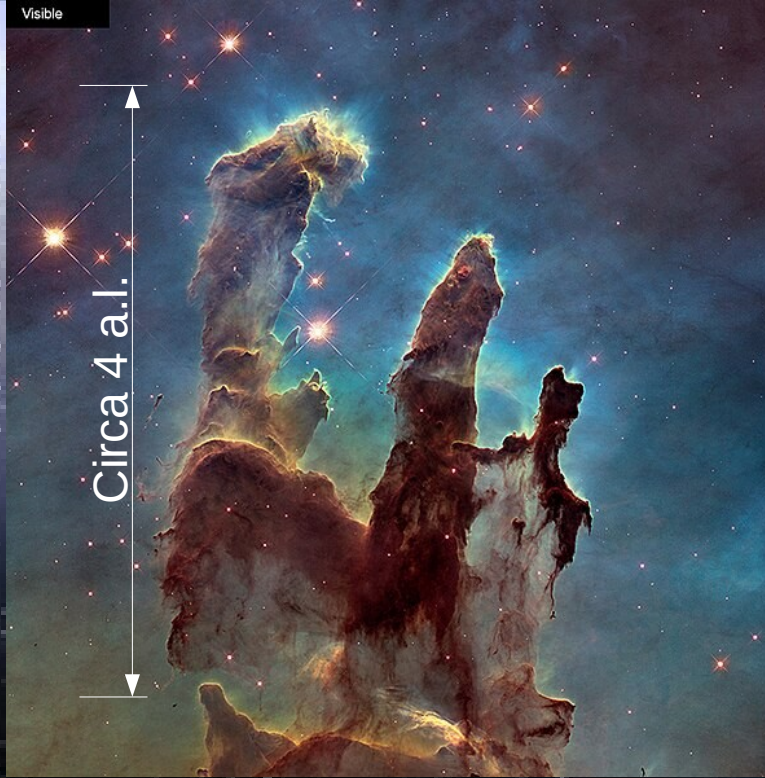
luminosità massima.

Solare Az./Alt.: +276° 37' 20" / -19° 05' 35"

Lunare Az./Alt.: +276° 51' 54" / -39° 58' 21"

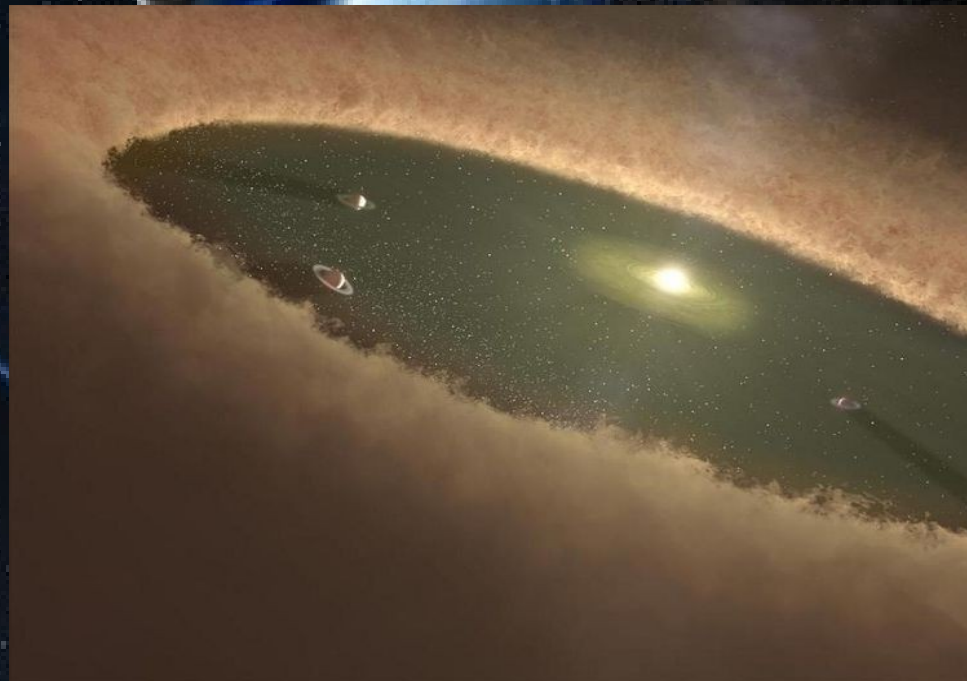


Da una nube di gas e polveri nacque un intero sistema solare:
esempio della Nebulosa Aquila e i Pilastrini della Creazione
(quanto dista da noi Proxima Centauri?
E quanto è grande ω Cen?)



https://it.wikipedia.org/wiki/Pilastrini_della_Creazione <https://www.nasa.gov/image-article/pillars-of-creation/>
https://it.wikipedia.org/wiki/Nebulosa_Aquila https://en.wikipedia.org/wiki/Pillars_of_Creation
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eagle_Nebula_from_ESO.jpg

Da una nube di gas e polveri nacque un intero sistema solare



Il vento solare fa pulizia del gas e delle polveri rimasti

Pilastri della creazione (in M 16 o nebulosa aquila, costellazione coda del serpente sopra al sagittario): massa stimata: $200 M_{\text{sol}}$, dimensione: circa 4 a.l. cioè circa $4 \times 10^7 \times 10^6$ Km (1 UA = ...)

Come nasce, vive e muore una stella

La parte centrale di una nube di polveri e gas che collassa tramite la propria gravità crea una stella

appena la temperatura centrale è sufficiente iniziano le reazioni di fusione nucleare

si parte bruciando idrogeno in elio e così via fin dove la massa della stella supporta fusioni di elementi via via più pesanti.

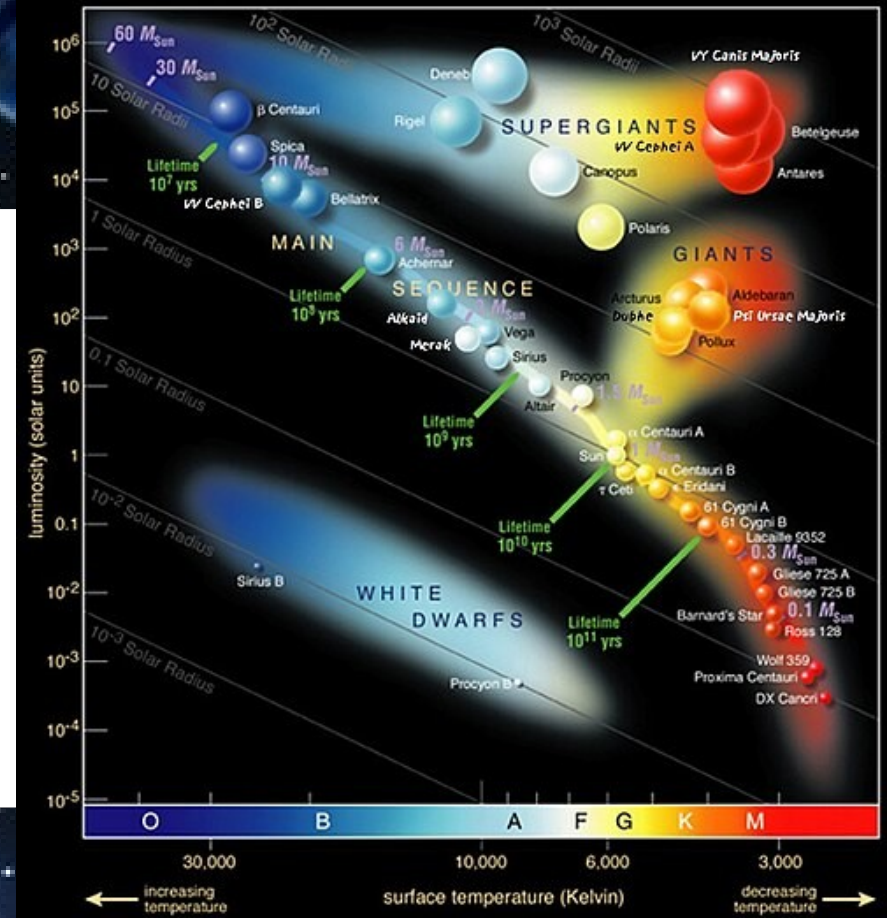
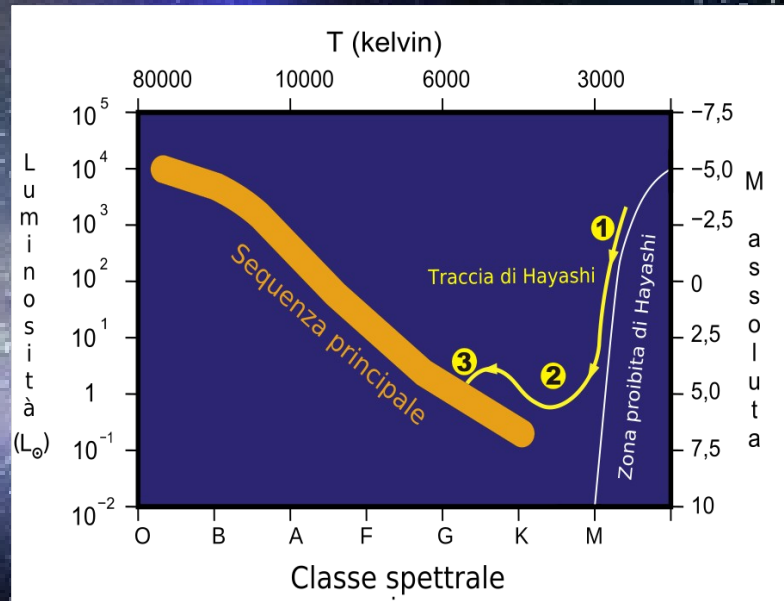
M42 in Orione e dischi protoplanetari da Hubble



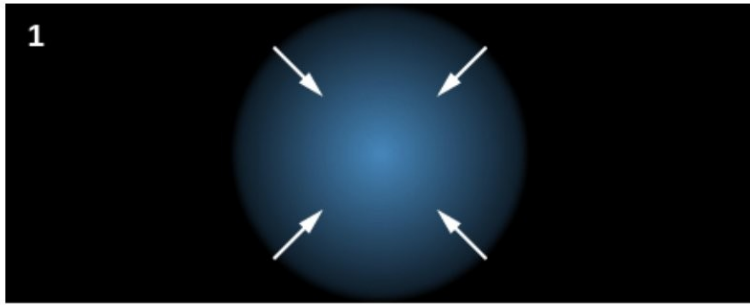
Come nasce, vive e muore una stella il diagramma H-R

Un protostella nel diagramma H-R e la traccia di Hayashi

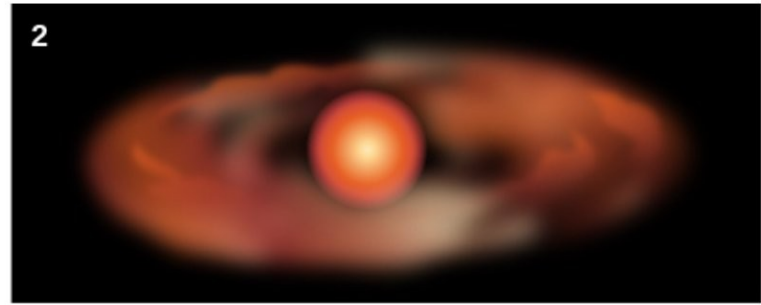
1. Collasso della protostella: interno totalmente convettivo.
2. Crescita della temperatura effettiva: innesco delle prime reazioni nucleari, primo abbozzo del nucleo radiativo
3. Innesco della fusione dell'idrogeno: nucleo totalmente radiativo (ingresso nella ZAMS).



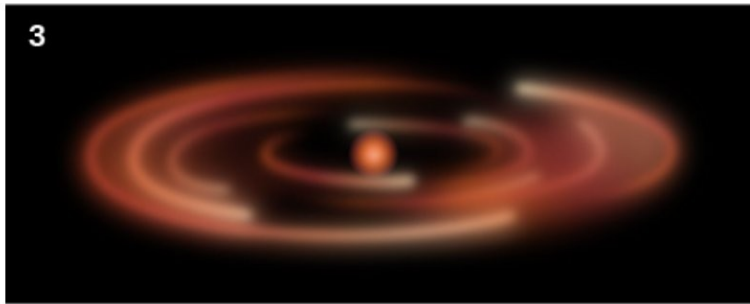
https://it.wikipedia.org/wiki/Stella_pre-sequenza_principale https://it.wikipedia.org/wiki/File:Hayashi_track_it_2.svg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Updated_Hertzsprung-Russell_Diagram.jpg



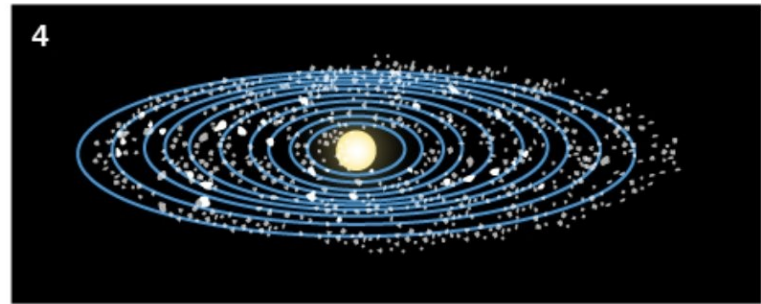
The solar nebula contracts.



As the nebula shrinks, its motion causes it to flatten.



The nebula is a disk of matter with a concentration near the center.



Formation of the protosun. Solid particles condense as the nebula cools, giving rise to the planetesimals, which are the building blocks of the planets.

<http://www.brera.inaf.it/~covino/DVG/NEW/A2002ORI.HTM>

https://en.wikipedia.org/wiki/Formation_and_evolution_of_the_Solar_System

<https://wisconsin.pressbooks.pub/astrobiology/chapter/solar-system-formation/>

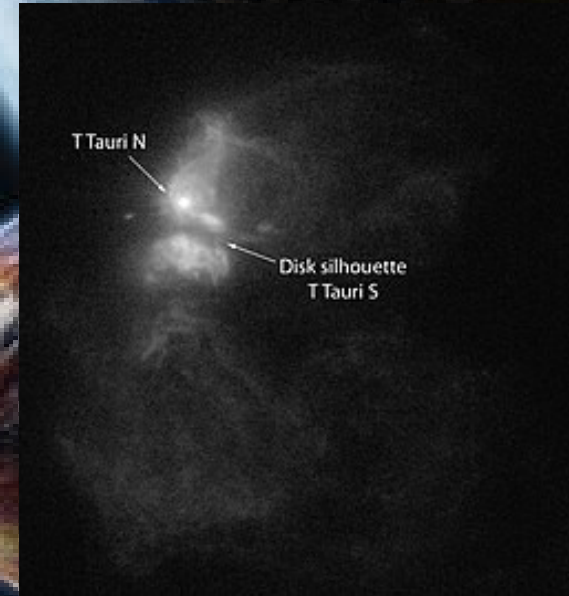
<https://it.wikipedia.org/wiki/Protostella>

Non va tutto liscio come può sembrare

Le stelle del tipo T-Tauri



Stella in via di formazione (protostella), non è ancora sulla sequenza principale, temperatura centrale probabilmente insufficiente a bruciare idrogeno, forte attività magnetica che incanala dal disco protoplanetario ulteriore massa verso la protostella, sistema triplo (2 stelle di poco oltre 2 M solari e una più piccola) è avvolta ancora dai resti della nebulosa da cui ha avuto origine
magnitudine visuale da 9,3 a 14 Irregolare
T Tauri Hubble UV



https://en.wikipedia.org/wiki/T_Tauri
<https://www.media.inaf.it/2019/04/17/brillamenti-ttauri/>

Attenzione, c'è un problema: non è detto che ogni nube collassi in una stella e nel suo sistema planetario



James Hopwood Jeans
1877 - 1946

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \vec{v} = 0 \quad \text{equazione di continuità}$$

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} + \frac{1}{\rho} \nabla p + \nabla \phi = 0 \quad \text{equazione di Eulero}$$

$$\nabla^2 \phi - 4\pi G \rho = 0 \quad \text{equazione di Poisson}$$

ho la soluzione (sbagliata): $\rho = \rho_0, \vec{v} = 0, p = p_0$

perchè da qui $\nabla \phi = 0$ non va bene

ma se cerco come soluzioni delle piccole perturbazioni tipo onde piane trovo che una piccola variazione nella densità (per esempio) collassa

solo se la sua dimensione è paragonabile ad una lunghezza di soglia: $\lambda_j = v_s \sqrt{\frac{\pi}{G \rho_0}}$

ricordando che $v_s^2 = \left(\frac{\partial P}{\partial \rho} \right)_s = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho}}$

Jeans studiò le equazioni di un fluido autogravitante per un sistema con densità omogenea che ha una soluzione statica ma contraddice il fatto che essendo autogravitante l'omogeneità andrebbe a perdersi (qui e là si contrae) e vale solo per contrazione/espansione del tutto;

” ... la teoria originaria di Jeans rappresenta uno dei fondamenti più importanti della cosmologia; è una teoria *errata* che porta, se ben *reinterpretata*, a risultati esatti.”

Attenzione, c'è quindi un problema:
non è detto che ogni nube collassi in una stella e nel suo
sistema planetario



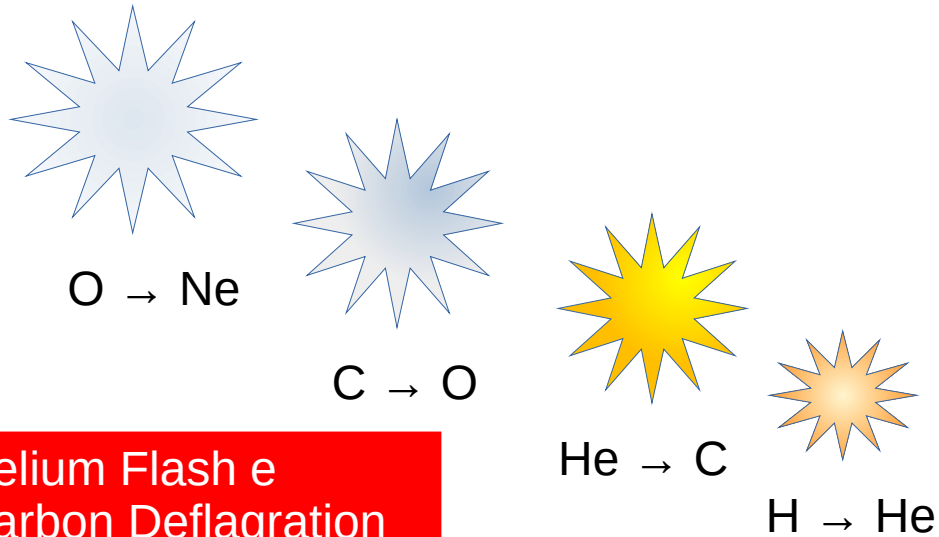
Diciamo di avere una fluttuazione $\delta\rho > 0$ nella densità.
la fluttuazione crescerà nel tempo se la forza di autogravitazione
di una regione per comodità sferica di raggio λ prevale sulla
forza di pressione del fluido cioè se

$$F_g = \frac{GM}{r^2} = \frac{G\rho V}{r^2} \simeq \frac{G\rho\lambda^3}{\lambda^2} > F_p \simeq \frac{p\lambda^2}{\rho\lambda^3} \sim \frac{v_s^2}{\lambda}$$

risolvendo per λ si ottiene $\lambda > \frac{v_s}{\sqrt{G\rho}} \simeq \lambda_J$

Se serve una spinta sarebbe utile una SuperNova!
Una che ?

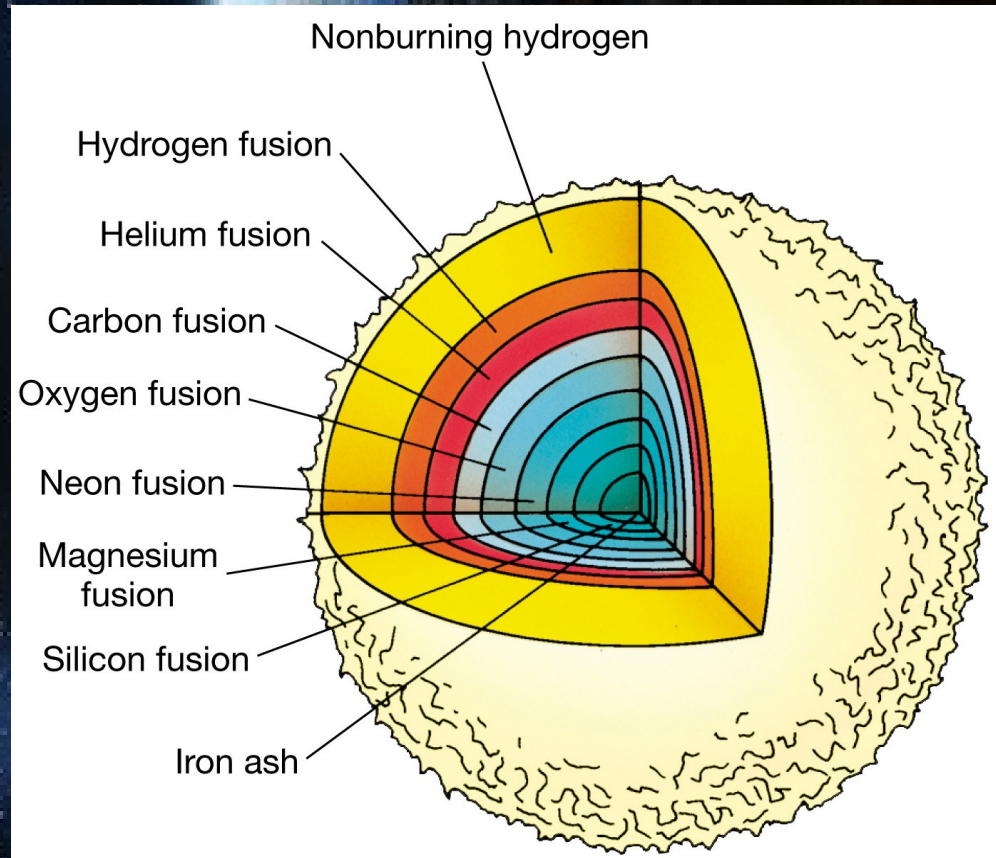
Come nasce, vive e muore una stella



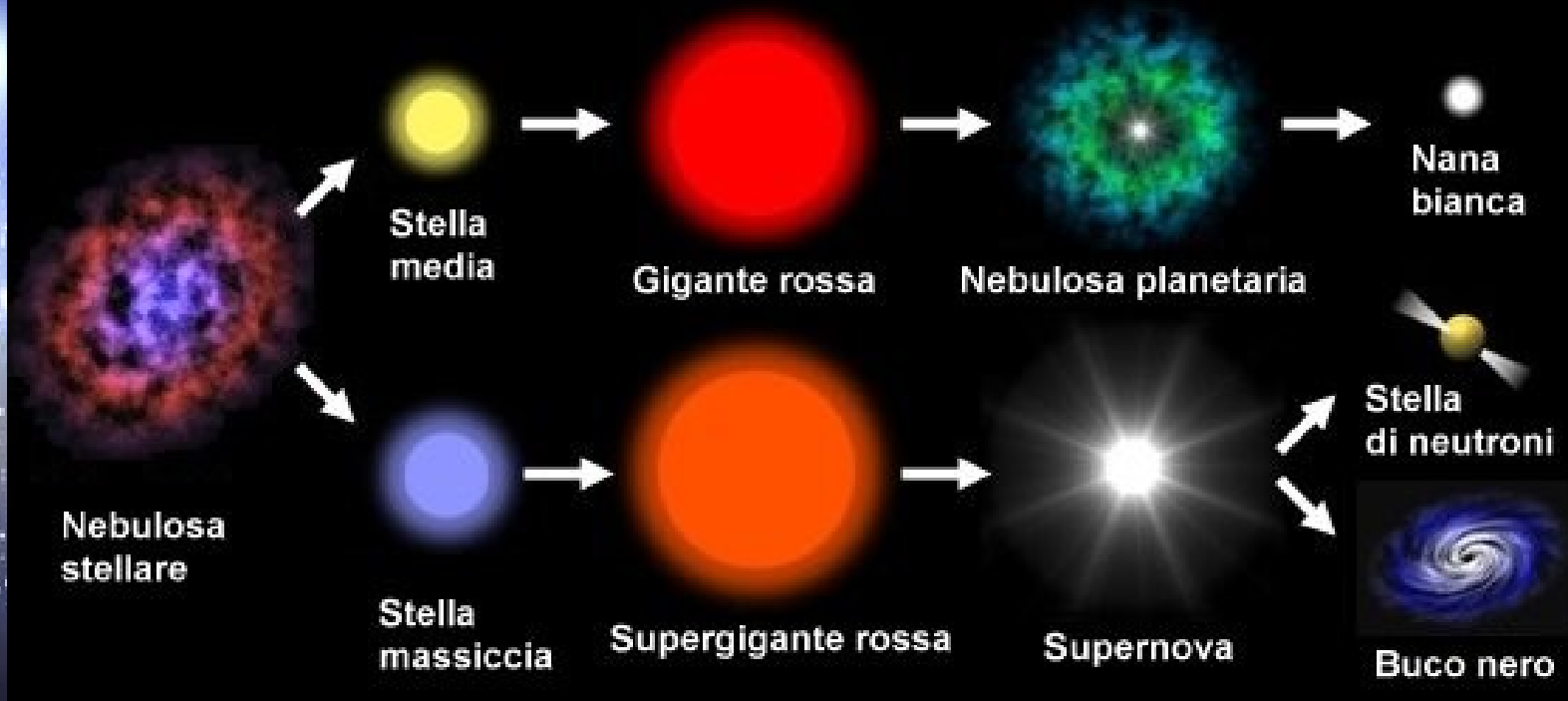
Helium Flash e Carbon Deflagration

Nel corso della sua esistenza una stella abbastanza massiccia (almeno 2,5 volte il nostro Sole alla fine della sua vita per fare una stella di neutroni) è in grado di fondere non solo l'idrogeno ma anche l'elio, il carbonio e arrivare a produrre nel suo nucleo elementi pesanti fino al ferro.

E poi ? Quando ha creato tutto il ferro che poteva formare?



Ciclo di vita di una stella



Quando una stella ha esaurito tutto il combustibile che può bruciare la gravità vince e fa collassare la stella in un nuovo oggetto molto strano.

Questo processo, per le stelle massicce, avviene con un enorme rilascio di energia: un'esplosione di supernova (e ce ne sono di diversi tipi...)

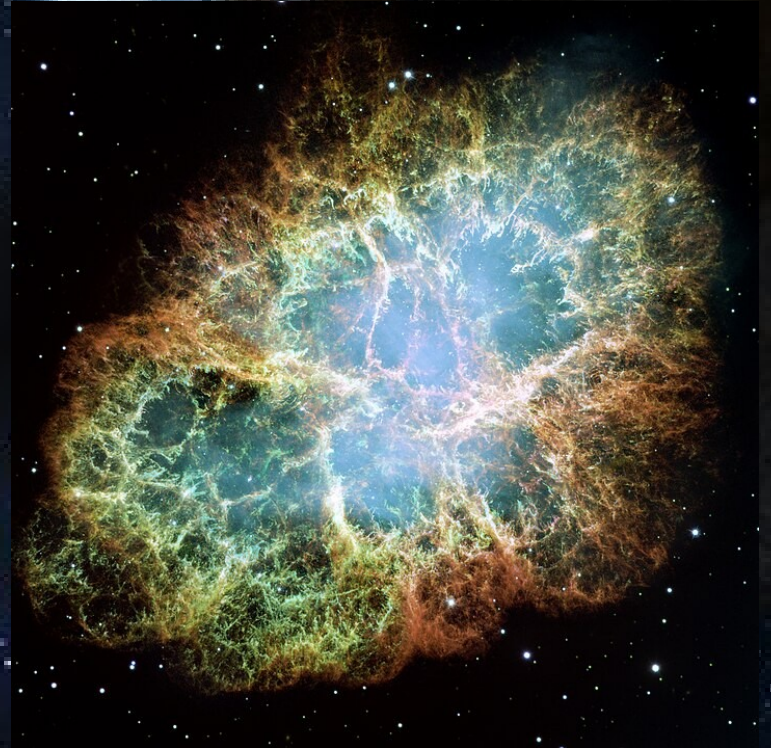
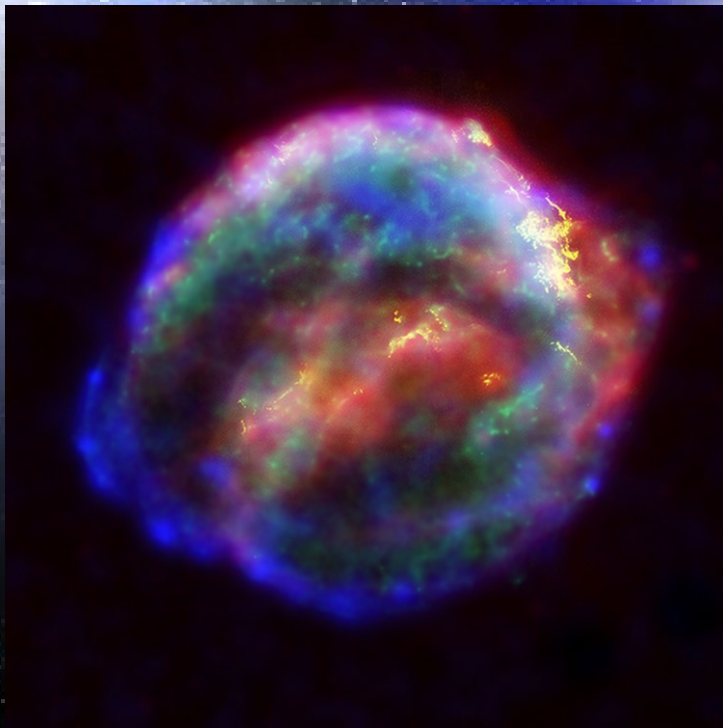
<https://it.wikipedia.org/wiki/Supernova>

Esplosione di supernova: cosa rimane?

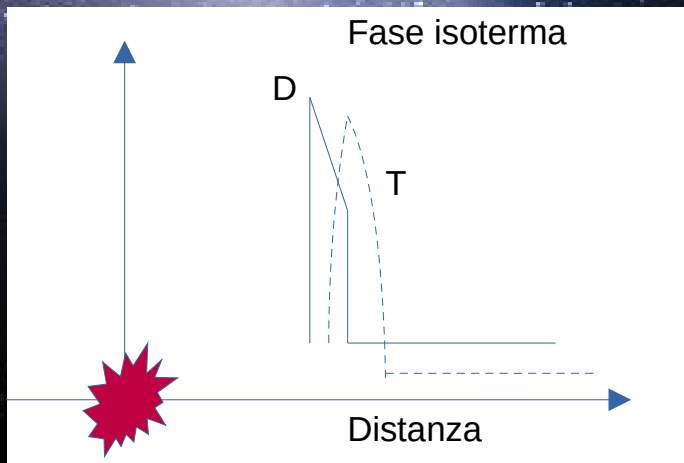
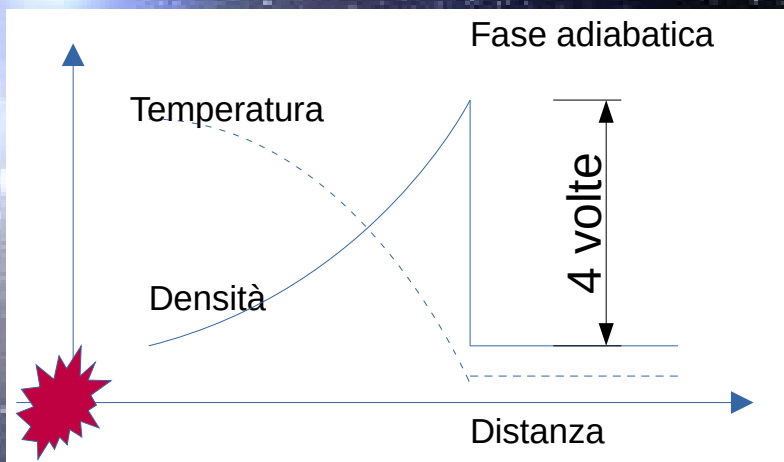
guscio sparato a 10.000Km/s

SN1604 in Ofiuco (osservata da Keplero) foto Hubble
velocità espansione: sui 300 Km/s

SN1054 crab nebula nel Toro (osservata dai cinesi) foto Webb
velocità espansione: sui 6000 Km/s



Come ti rimescolo le nubi con le onde d'urto



Onda d'urto:

Al modo - *discontinuità di pressione e densità che si muovono più velocemente del suono nel mezzo, generate da eventi energetici come esplosioni di supernovae o venti stellari; sono cruciali per il riscaldamento del gas, l'accelerazione di particelle (raggi cosmici) e la formazione di strutture*

disegni adattati da Figura 3.6 appunti radioastronomia di R. Fanti

«viste le basse densità in gioco (gli shock sono quindi detti 'non collisionali') e il meccanismo di riscaldamento è associato a fluttuazioni elettromagnetiche e a onde di plasma».
ordine di grandezza sui 10^8 °K

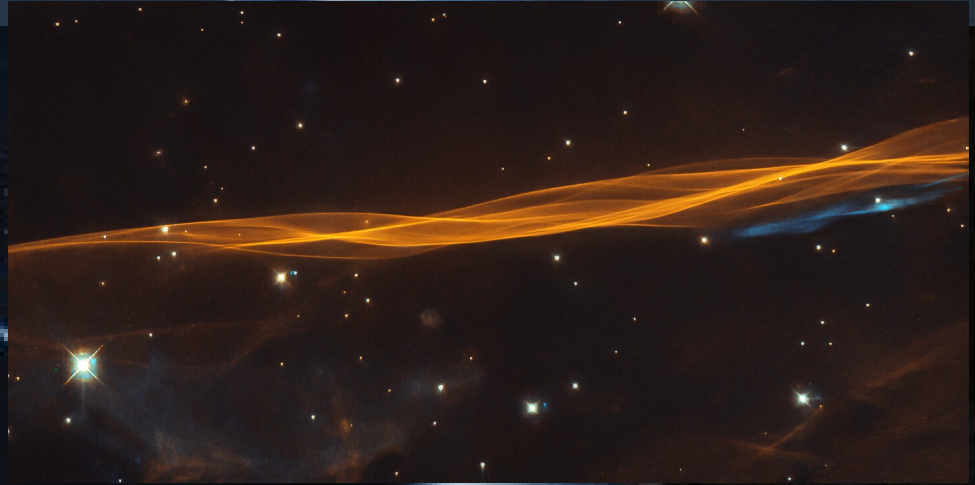
<https://www.media.inaf.it/2019/01/21/shock-supernova-1987a/>

Come ti rimescolo le nubi

L'esplosione di supernova non è solo uno dei più energetici fenomeni dell'universo ma scaraventa nello spazio circostante gli strati superiori della stella, quelli che sono stati trasformati in elementi più pesanti del ferro.

Onde d'urto cariche di questi elementi si spingono nello spazio e impattano le onnipresenti nubi di gas e polvere, rimescolano ed arricchiscono tali nubi di elementi pesanti e finalmente gli danno quella "spinta" per innescare la formazione di una nuova stella e un nuovo sistema solare.

(in foto onda d'urto da supernova cygni da HST)



<https://phys.org/news/2024-10-erosita-survey-unveils-asymmetries-temperature.html>

nell'articolo (ott24 dati da eROSITA telescopio spaziale banda X) si osservano evidenze di un gradiente di riscaldamento del gas nel volume attorno al nostro sistema solare; una Hot Local Bubble originata da.... una o più SN

Come ti rimescolo le nubi

Urti a go-go

Novae rosse

Si possono anche urtare stelle normali che producono delle inconsuete supergiganti rosse che si vedono come delle LuminousRedNova e rilasciano nello spazio circostante nubi ricche di polveri e di carbonio che vanno a mescolarsi all'ambiente

<https://www.media.inaf.it/2026/01/19/lrn-at-2011k/>
e references there in

Cosmic Noon

<https://www.media.inaf.it/2020/10/23/mezzogiorno-di-quasar/>
Anche a livello galattico c'è interazione con l'ambiente 3×10^9 anni dopo B.B. galassie con quasar interagivano con galassie minori dell'ambiente circostante che ne stimolavano l'attività



Ci sono poi eventi ancora più estremi delle supernove come lo scontro di due stelle di neutroni in un sistema binario (kilonova).

anche qui l'energia in gioco è tale che si formano elementi pesanti come l'oro (?) perlomeno lantanidi

<https://www.scienze notizie.it/2024/02/27/il-james-webb-osserva-la-nascita-delloro-durante-lo-scontro-di-due-stelle-di-neutroni-4980719>

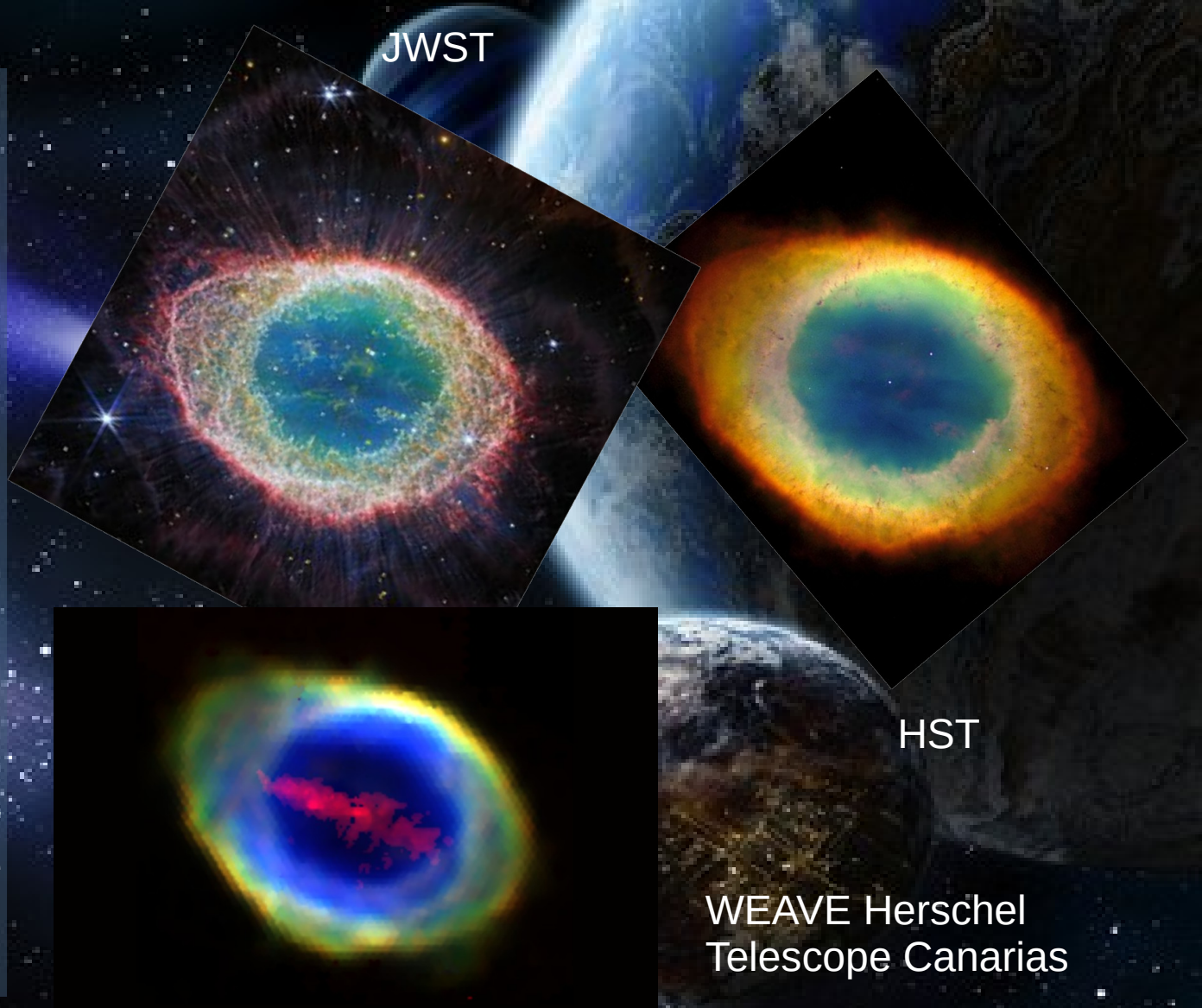
<https://www.space.com/james-webb-space-telescope-fresh-gold-cosmos-kilonova-grb>
https://www.nature.com/articles/s41586-023-06979-5.epdf?sharing_token=VaHS7z8WokH1Q0UGnNoTaNRgN0jAjWel9jnR3ZoTv0O1Frh-i5m3IG3YLVogsG-mP1eexkSMtGxhhp7qdaMt6w4c2xHS9-QY5HmjpaAnLnwHpbkzIDoNtd5M3IC8UB06tpUUK6BHX7IggW_yPJiSWkP_xfZt9xKO_H_SViaS0BcuRWXS9koftSKudF5j_ntEer9g9krx0cMBJrgCJwop3T-k66voTy3CRilp3Qeo1eWg%3D&tacking_referrer=www.space.com

Anche le stelle come il sole, nel loro “piccolo”...

anche delle stelle come il nostro sole che al termine diventeranno una tranquilla nana bianca con attorno una nebulosa planetaria possono riservare sorprese; è il caso della nebulosa ad anello nella Lyra che ha rivelato una gran quantità di ferro nella sua nebulosa (e si pensava di conoscere bene questi oggetti).

<https://www.physics.ox.ac.uk/news/mysterious-iron-bar-revealed-inside-iconic-ring-nebula>

16gen26 credits e references there in



JWST

HST

WEAVE Herschel
Telescope Canarias

Quindi tutto fatto nelle stelle?

beh si, ma da quando?...
JWST e lo strano caso di MoM-z14

<https://www.media.inaf.it/2026/02/03/la-galassia-piu-lontana-di-tutte-2/>

In una galassia già formata dopo “soli” 280 milioni di anni dopo il Big Bang c’era già azoto!

Stelle super massicce che si sono evolute molto rapidamente???

$$t_{\text{evoluz}} \sim \frac{1}{M^3}$$

JWST potrebbe aver già dato un indizio in tal senso: pare che la materia oscura abbia cominciato ad aggregarsi prima della materia ordinaria favorendo così la nascita di galassie e stelle prima del previsto con la sola materia ordinaria.



Credits in

<https://english.tachyonbeam.com/2026/02/04/galaxy-mom-z14-sets-new-distance-and-age-record/>

e

<https://www.tomshw.it/scienze/la-mappa-della-struttura-invisibile-dei-cosmi-2026-02-04>

Ricapitoliamo:

Ho una nube interstellare di gas e polveri

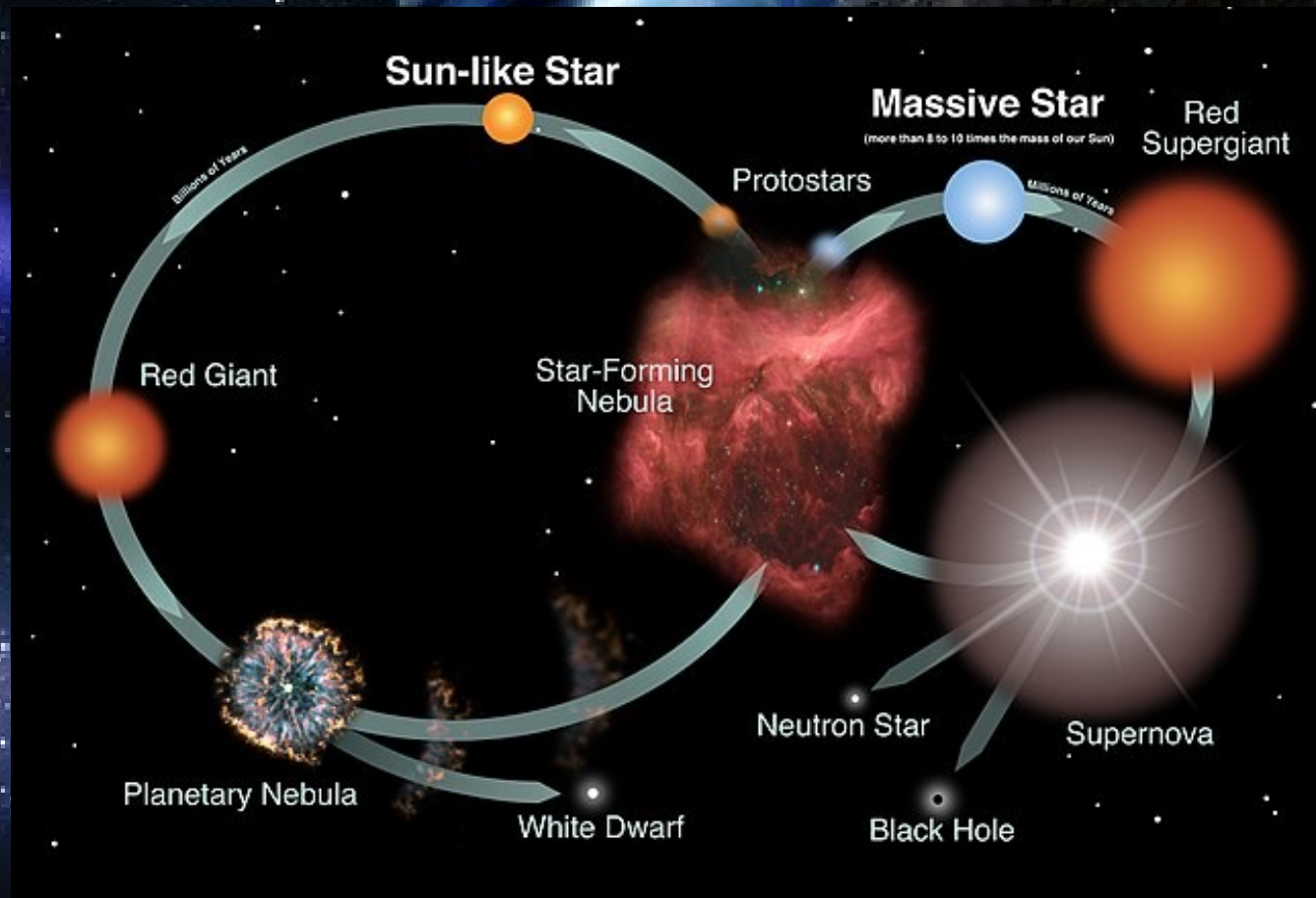
una SN la rimescola e la arricchisce di elementi pesanti

la gravità crea un luogo di formazione stellare

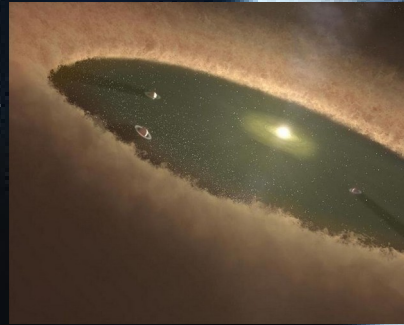
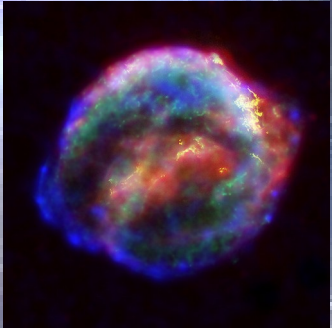
nasce una nuova stella con i suoi pianeti
alla fine della sua vita la stella (se abbastanza massiva) esplose e si ricomincia da capo in qualche altra nube interstellare

ATTENZIONE

anche il nostro sistema solare è nato così



Ecco da dove è arrivato il ferro!



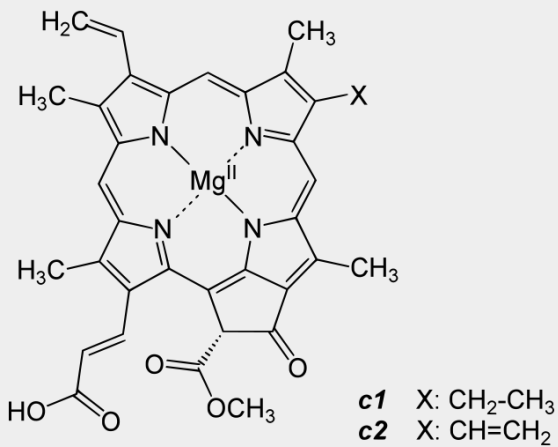
Ecco da dove è arrivato il ferro e non solo !

Ogni elemento che ci circonda, ogni elemento di cui siamo fatti, ogni elemento che respiriamo o usiamo in qualche modo è stato creato dentro una stella durante la sua vita o la sua morte.

il ferro dei globuli rossi arriva dal nucleo di stelle massicce
l'ossigeno che respiriamo arriva anche lui da nuclei stellari esplosi eoni fa
il carbonio su cui si basa la vita come la conosciamo ha la stessa origine
così come il silicio dei nostri computer e telefonini

elementi più pesanti come
l'oro o il platino dei gioielli
l'uranio e il plutonio delle centrali atomiche (e delle armi nucleari)
e tutti gli altri elementi più esotici
sono stati formati nelle esplosioni di supernova o in altri fenomeni di portata energetica anche
maggiore (scontri di stelle di neutroni per esempio)

Tutto quanto c'è su questa terra, noi compresi, siamo il risultato evolutivo di materiali processati nei nuclei stellari



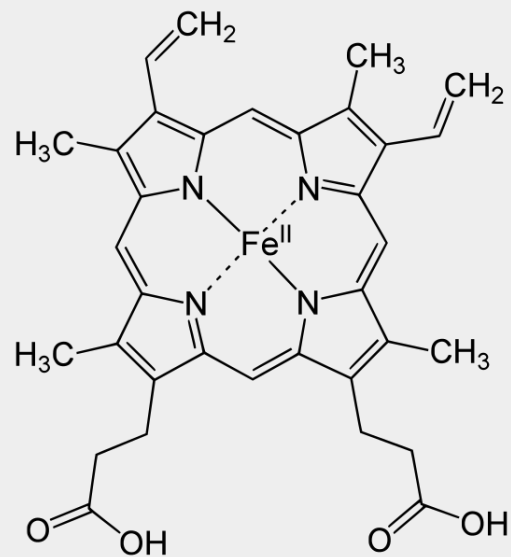
Pensiamoci ogni tanto a questo fatto

FINE

(O INIZIO?)

*Ci sono più cose in cielo e in terra, Orazio,
di quante ne sogni la tua filosofia.*

W. Shakespeare, Amleto.



Credits: saccheggiato wikimediacommons sperando di aver preso solo immagini libere

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Subatomic_Atitude.png

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hydrogen-10.svg>

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Deuterium-tritium_fusion.svg

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fusion_in_the_Sun.svg

https://it.wikipedia.org/wiki/Nucleo_solare

<https://it.wikipedia.org/wiki/Sole>

<http://www.brera.inaf.it/~covino/DVG/NEW/A2002ORI.HTM>

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orion_Bar_Collage_\(NIRCam_and_MIRI_Images\)_\(2023-129\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orion_Bar_Collage_(NIRCam_and_MIRI_Images)_(2023-129).jpg)

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Protoplanetary_Disk_XUE_1_\(Artist_Concept\)_\(2023-152\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Protoplanetary_Disk_XUE_1_(Artist_Concept)_(2023-152).jpg)

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DustRing-cieza.jpg>

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Slideshow_Images_For_The_Hubble_Space_Telescope_\(SVS14370_-_hubble-explore-light-eagle-nebula-visible-2\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Slideshow_Images_For_The_Hubble_Space_Telescope_(SVS14370_-_hubble-explore-light-eagle-nebula-visible-2).jpg)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Star_life_cycles_red_dwarf_en.svg

<https://www.esperimentanda.com/come-simulare-una-stella-con-starsimu-software-di-astrofisica-stellare-per-modelli-di-stelle-politropiche/>

<https://www.cosmos.esa.int/web/cesar/the-hertzsprung-russell-diagram>

<https://www.media.inaf.it/2020/08/31/plasmato-da-unonda-durto-ecco-lanello-del-cigno/>

<https://www.nasa.gov/missions/webb/the-crab-nebula-seen-in-new-light-by-nasas-webb/>

Di NASA, ESA, J. Hester and A. Loll (Arizona State University) - HubbleSite: gallery, release., Pubblico dominio,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=516106>

Di NASA/ESA/JHU/R.Sankrit & W.Blair - http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_219.html

Larger version uploaded from <https://chandra.harvard.edu/photo/2012/kepler/> a NASA-sponsored site. Per

Bridgeman Art Library v. Corel Corp., no new copyright should apply anyway., Pubblico dominio,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14301>

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Star_life_cycles_red_dwarf_en.svg

https://imagine.gsfc.nasa.gov/educators/lessons/xray_spectra/background-lifecycles.html

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lifecycles_of_Sun-like_and_Massive_Stars_\(4190-Image\).jpeg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lifecycles_of_Sun-like_and_Massive_Stars_(4190-Image).jpeg)

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:M42filip.jpg>

Altri credits

Di C.R. O'Dell/Rice University; NASA - <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1994/24/image/b/>
(direct link), Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=795939>
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Thinker,_Rodin.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tracy_Caldwell_Dyson_in_Cupola_ISS.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gold_bullion_bars.jpg
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:View_of_Coal_Docks,_Cleveland,_O._-_DPLA_-_48f71ad6491f4bd197e258aa187f5762_\(page_1\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:View_of_Coal_Docks,_Cleveland,_O._-_DPLA_-_48f71ad6491f4bd197e258aa187f5762_(page_1).jpg)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Integrated_circuit_on_microchip.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heme_b.svg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grass_at_a_lawn_with_morning_dew_05.jpg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chlorophyll_c1.svg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chlorophyll_c1_c2.svg
Di R.A. Pitts, R.J. Buttery, S.D. Pinches - R.A. Pitts, R.J. Buttery, S.D. Pinches, Fusion: the way
ahead, Physics World 19 (2006) 20, <a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0"
title="Creative Commons Attribution 4.0">CC BY 4.0, Collegamento

Altri credits

https://www.coelum.com/photo-coelum/photo/photo_cityvillage48_i-pilastridella-creazione

https://it.wikipedia.org/wiki/Pilastridella_Creazione

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:James_Hopwood_Jeans.jpg

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ring_Nebula.jpg

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Webb_captures_detailed_beauty_of_Ring_Nebula_\(NIR_Cam_image\)__\(weic2320b\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Webb_captures_detailed_beauty_of_Ring_Nebula_(NIR_Cam_image)__(weic2320b).jpg)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:T_Tauri_Hubble_UV.jpg

<https://www.sciencedaily.com/releases/2026/02/260203020205.htm>

<https://www.nature.com/articles/s41550-025-02763-9>