



Prima Rete Italiana per la Sorveglianza sistematica di Meteore e Atmosfera





Prima Rete Italiana per la Sorveglianza sistematica di Meteore e Atmosfera



Usiamo i termini giusti!

Asteroide

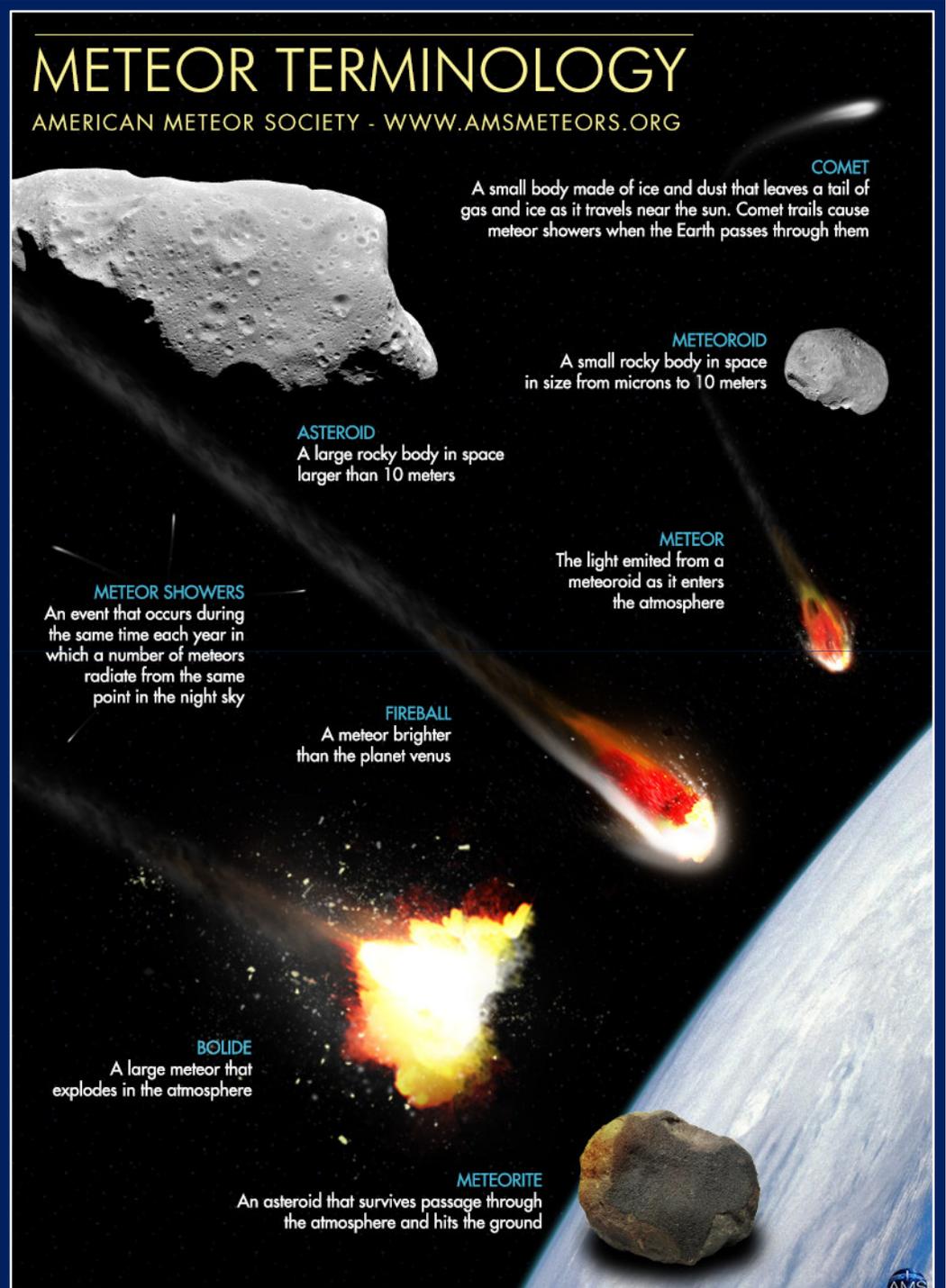
Cometa

Meteoroido

Meteora

Bolide

Meteorite



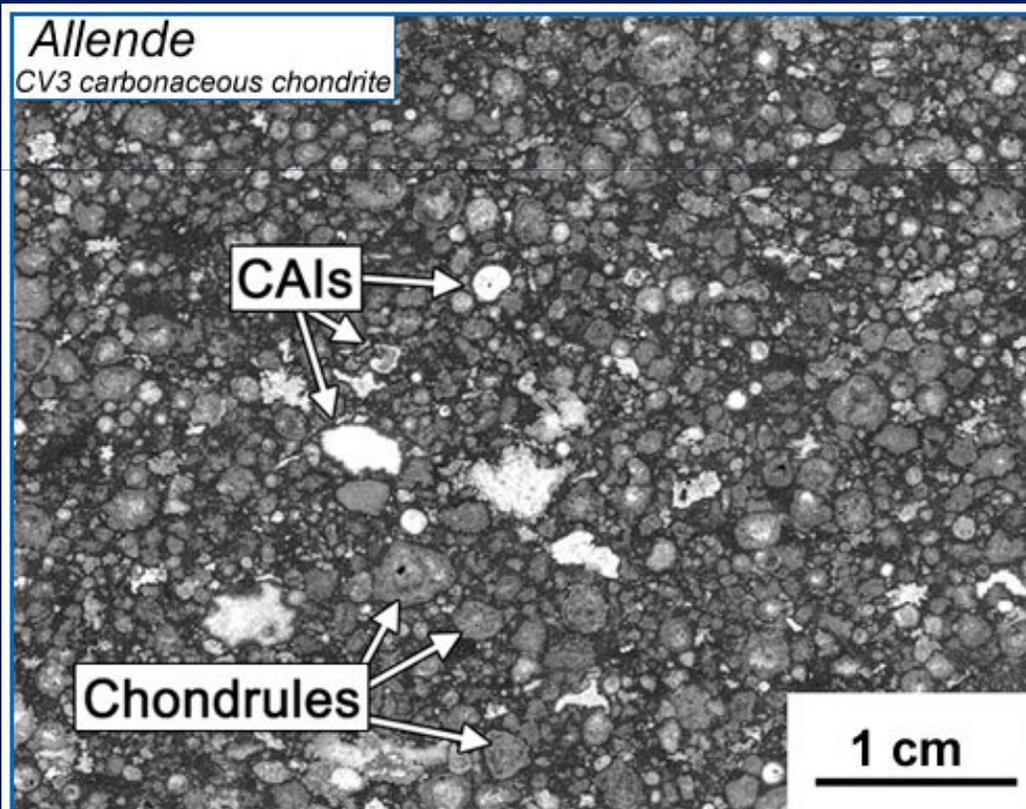




The Holsinger Meteorite is the largest discovered fragment of the 150-foot (45-meter) meteor that created Meteor Crater.

PERCHE' LE METEORITI SONO IMPORTANTI?

- CI PERMETTONO DI DATARE L'ETA' DEL SISTEMA SOLARE CON UNA PRECISIONE DELLO 0,1%
- CI DANNO IMPORTANTI INFORMAZIONI SUI PROCESSI DI FORMAZIONE DEL SISTEMA SOLARE



(From MacPherson, G. J. and Boss, A. (2011) Cosmochemical evidence for astrophysical processes during the formation of our solar system, *PNAS*, v. 108(48), p. 19152-19158, doi: 10.1073/pnas.1110051108.)

LE TESTIMONIANZE PIU' ANTICHE DEL SISTEMA SOLARE

Condrite carbonacea Allende (CV3)

Alcune delle inclusioni chiamate CAI (Calcium Aluminium Inclusion) sono state datate a 4568.22 ± 0.17 milioni di anni fa.

Rappresentano probabilmente il materiale più antico formatosi nel Sistema Solare

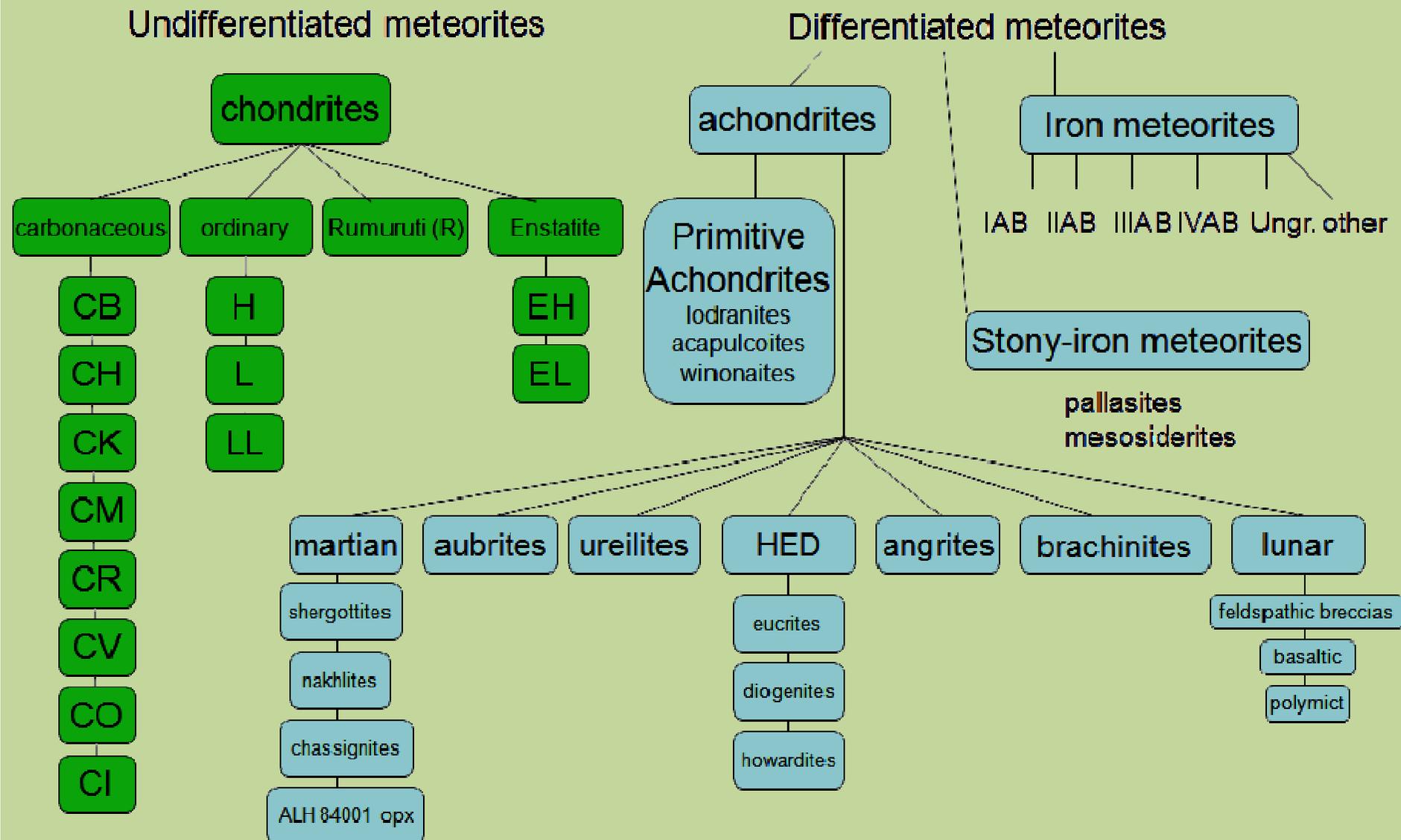
Le condrule si sono formate da 1 a 3 milioni di anni più tardi

DIVERSI TIPI DI METEORITI

CONDRIITI	CARBONACEE	
	ORDINARIE	
	ENSTATITI	
NON-CONDRIITI	ACONDRIITI	MARTE
		LUNA
		ALTRI
	FERROSE	

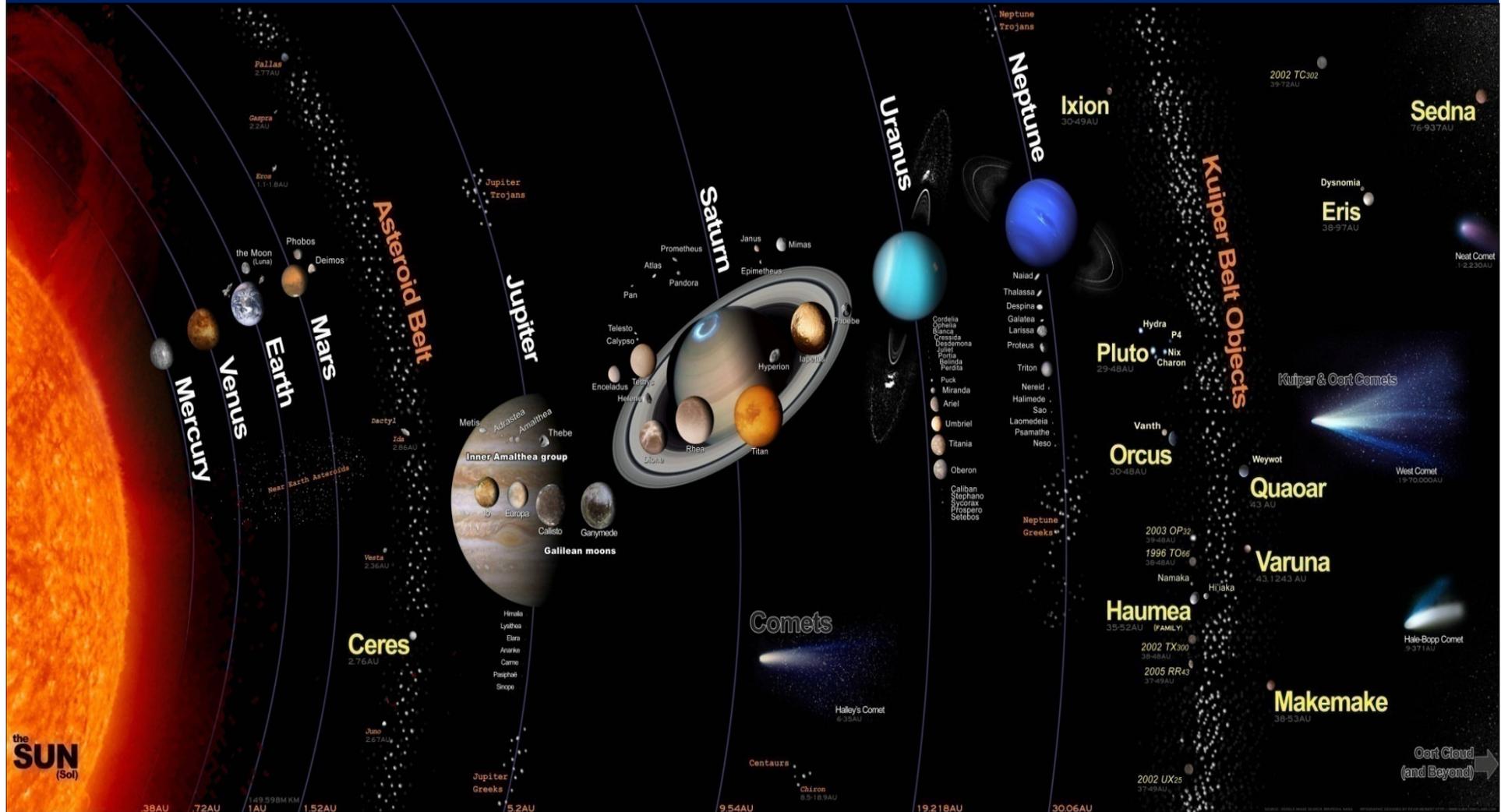


UNA CLASSIFICAZIONE PIU' PRECISA

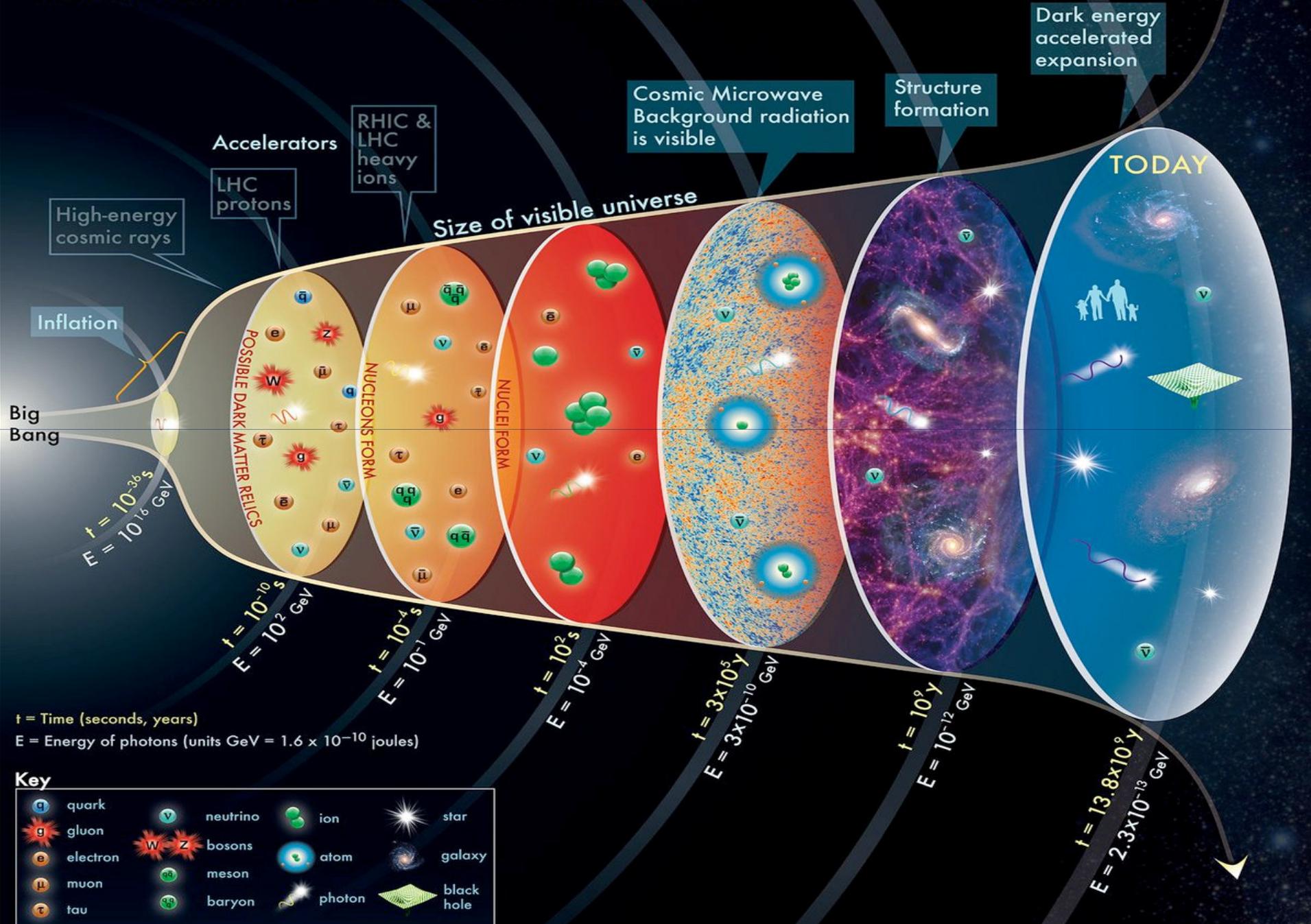


IL SISTEMA SOLARE

Una varietà di corpi di dimensioni e caratteristiche molto diverse tra loro



HISTORY OF THE UNIVERSE



La radiazione cosmica di fondo

CMB – Cosmic Microwave Background

**Composizione chimica
dell'universo primordiale:**

~ 75% Idrogeno

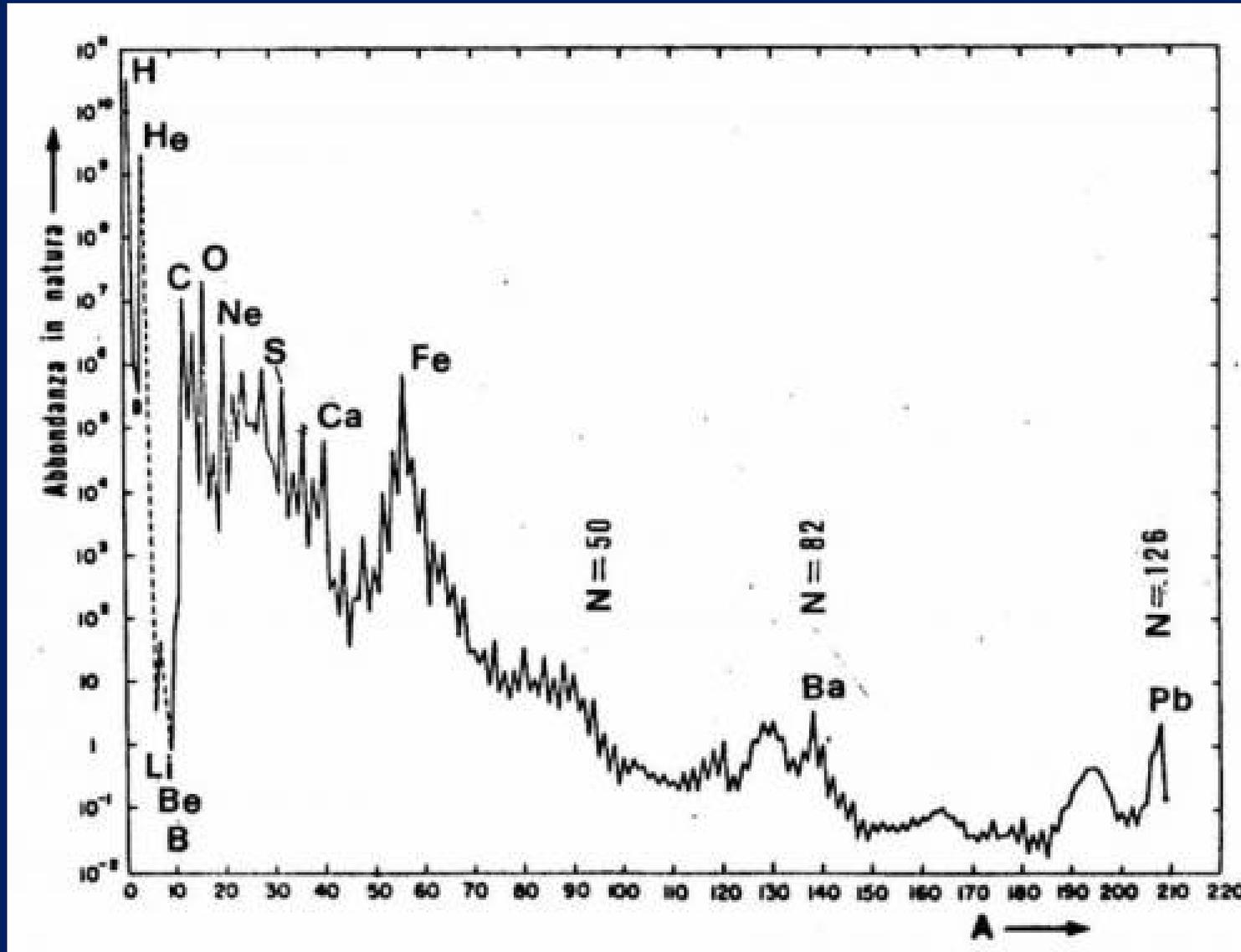
~ 25% Elio

Tracce di Litio

WIZSCIENCE.COM

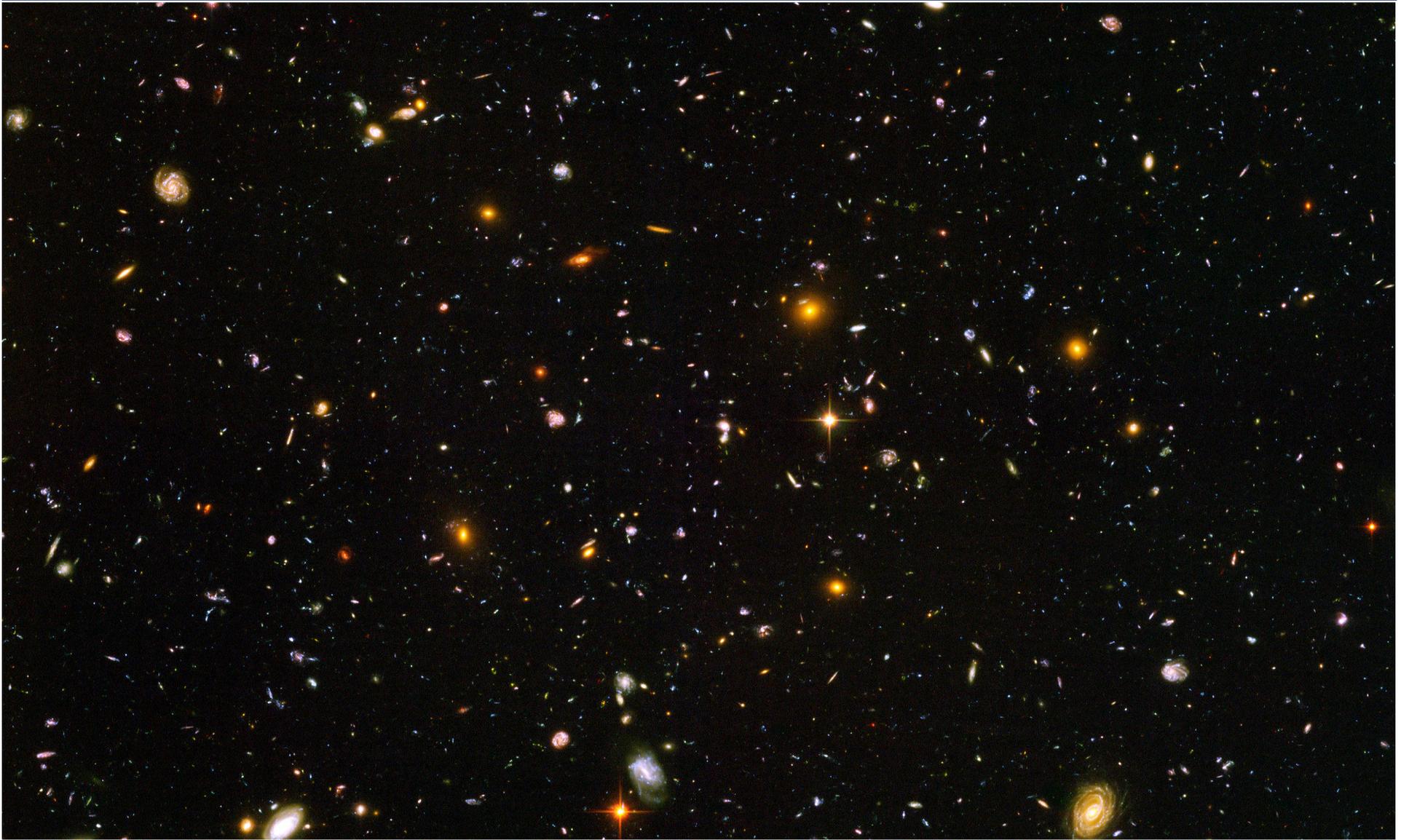
Le disomogeneità nella distribuzione della materia sono i “semi” da cui nasceranno strutture sempre più dense che formeranno le galassie

Da dove arrivano gli elementi più pesanti che troviamo attualmente nel Sistema Solare?



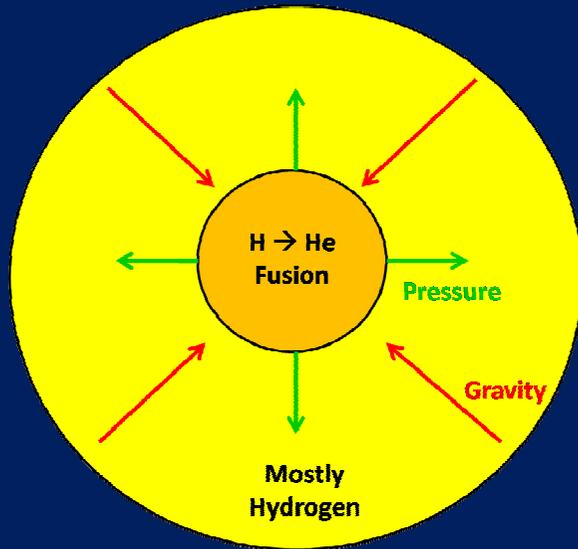
Abbondanza degli elementi nel Sistema Solare

Hubble Ultra Deep Field

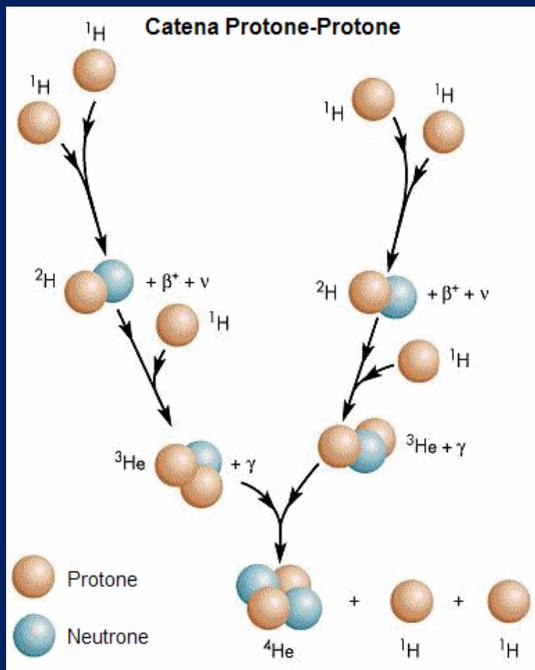


Le galassie più lontane visibili in questa immagine si sono formate 800 milioni di anni dopo il Big Bang

LA NUCLEOSINTESI STELLARE



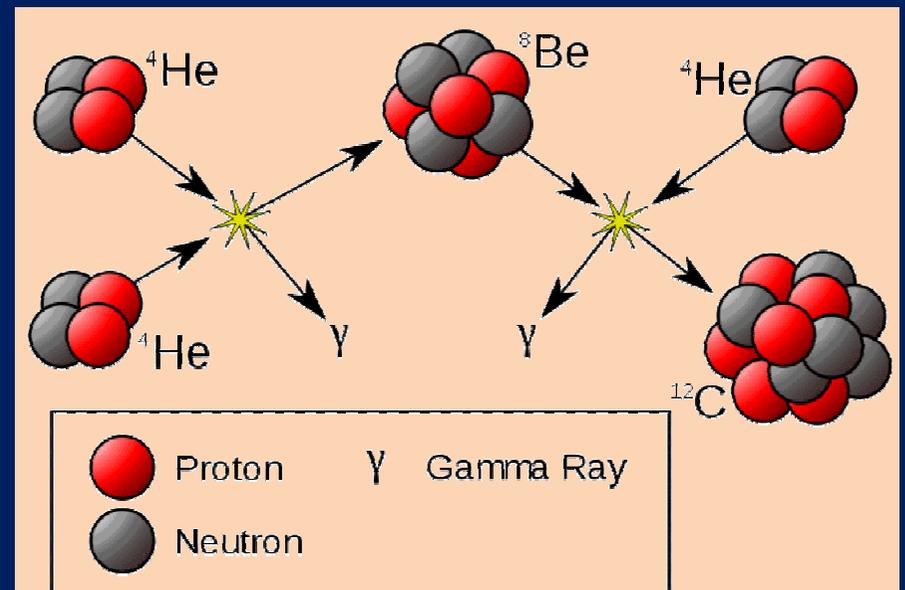
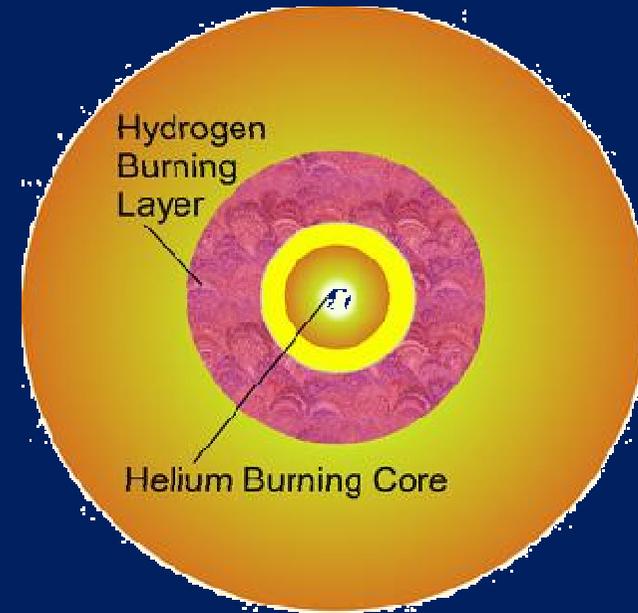
Le condizioni di pressione e temperatura nel nucleo stellare innescano le reazioni di fusione nucleare che trasformano H in He attraverso una serie di passi che formano la cosiddetta catena protone-protone



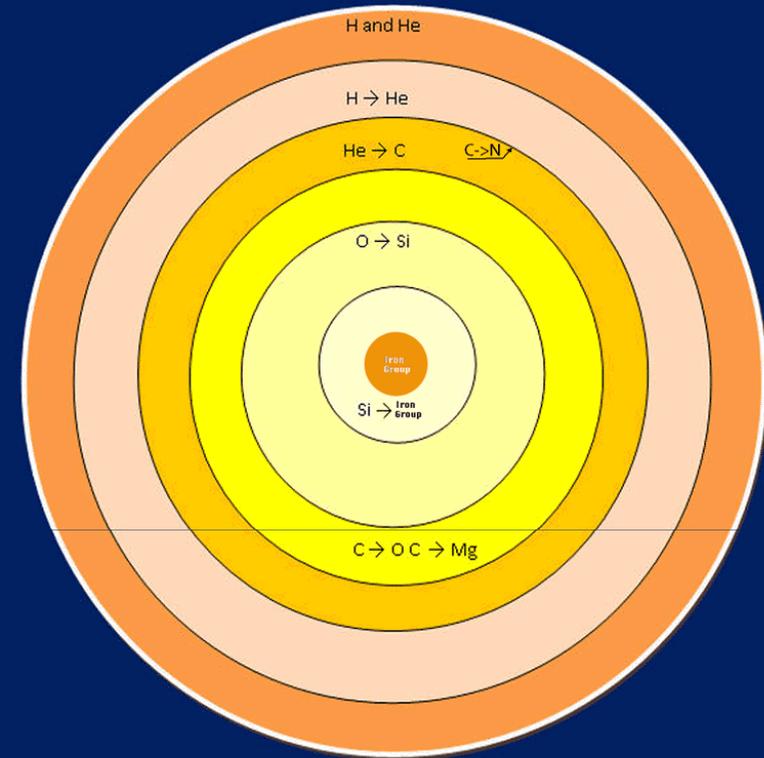
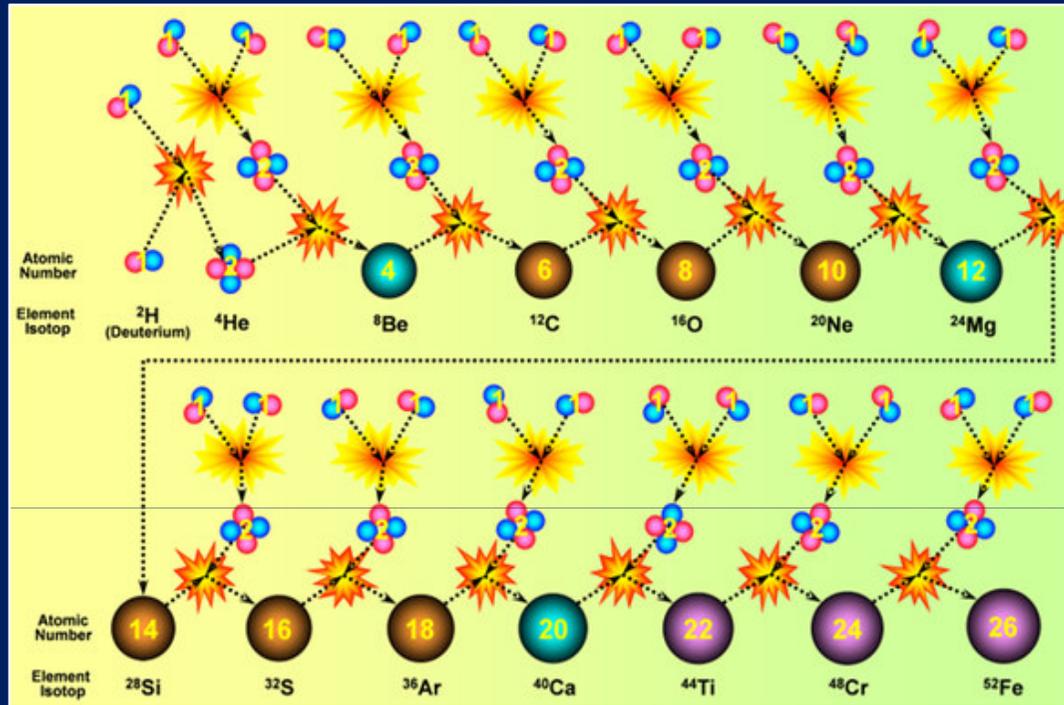
LA NUCLEOSINTESI STELLARE

Quando nel nucleo resta solamente He, sotto determinate condizioni di pressione e temperatura può innescarsi la fusione dell'He, che produce C (carbonio)

La massa della stella gioca un ruolo fondamentale!

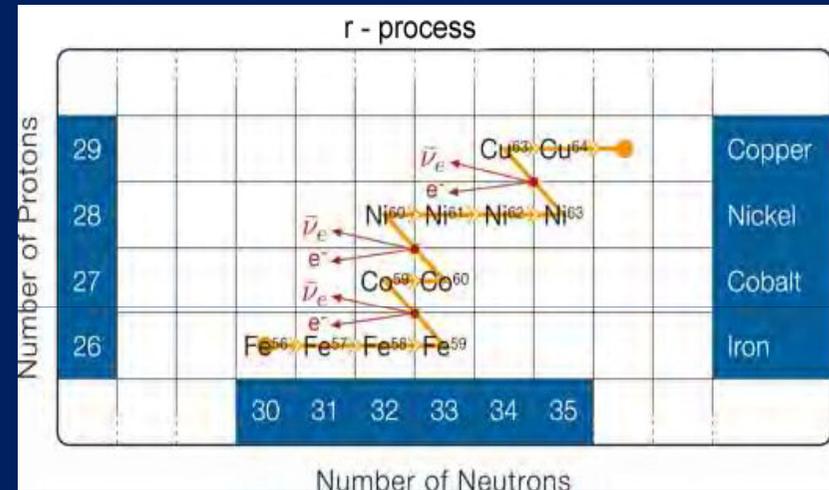


LA NUCLEOSINTESI STELLARE



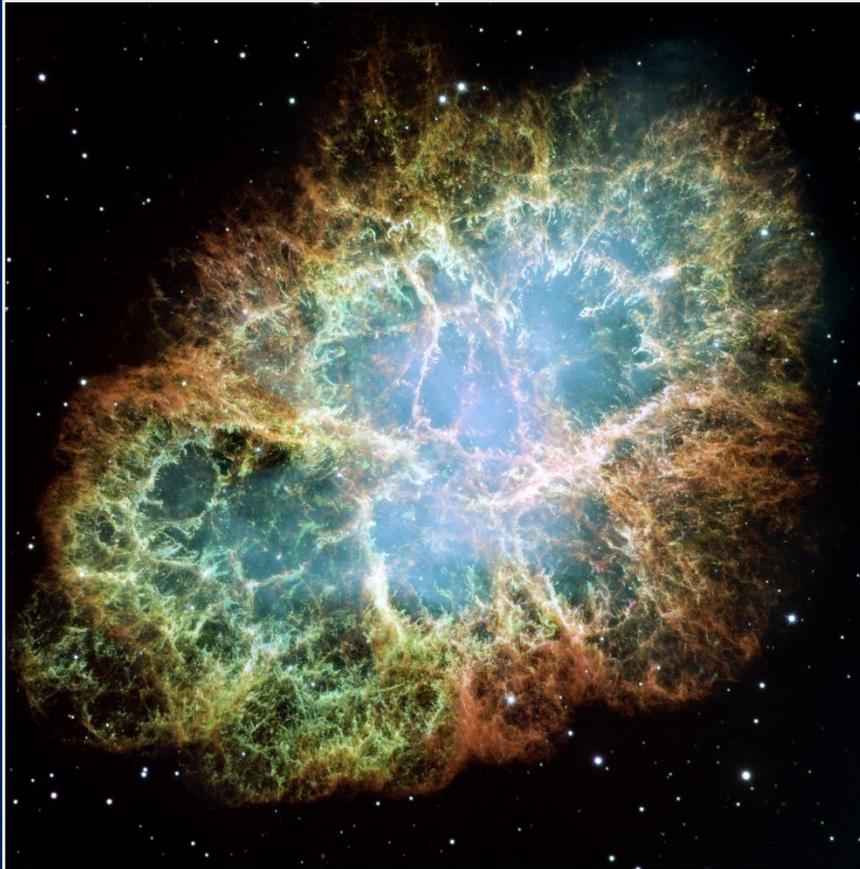
In stelle molto grandi (supergiganti), questo processo può continuare producendo elementi sempre più pesanti, fino al Ferro. Qui il processo si arresta a causa dell'estrema stabilità dell'atomo di Fe, che non consente ulteriori fusioni.

LA NUCLEOSINTESI NELLE SUPERNOVE



Il collasso del nucleo di Fe, non più sostenuto dalle reazioni di fusione, provoca la violenta esplosione della stella (Supernova), durante la quale avvengono collisioni tra nuclei atomici e neutroni liberi che possono dar luogo alla formazione degli elementi più pesanti del Fe.

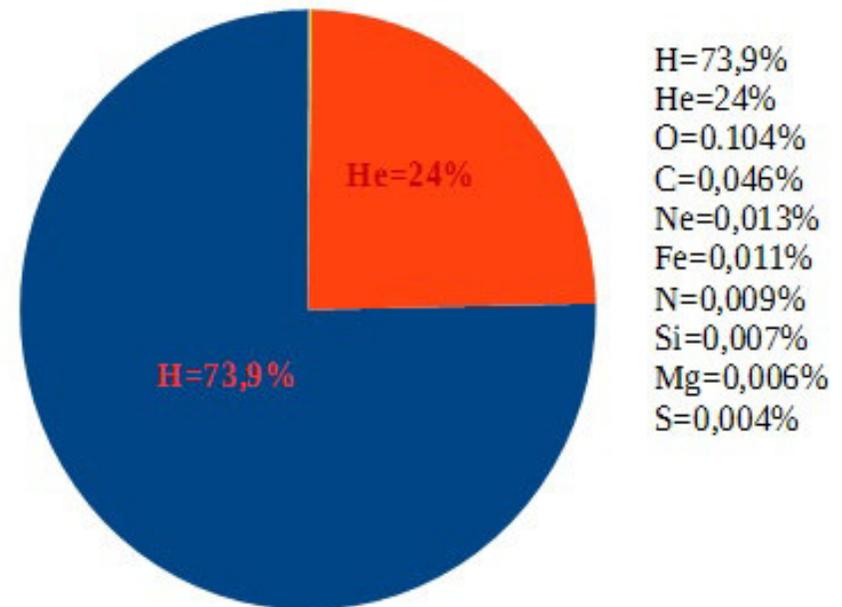
RESTI DI SUPERNOVA



Questi elementi vengono disseminati nello spazio dove potranno poi partecipare alla formazione di nuove stelle, mentre ciò che resta del nucleo stellare diventa una stella di neutroni o un buco nero

Con il procedere del tempo la composizione chimica dell'universo si modifica.

Abbondanza % in massa degli elementi chimici nell'Universo visibile



LA NASCITA DEL SOLE E DEL SISTEMA SOLARE



Nella zona del disco delle galassie a spirale sono presenti le Nubi Molecolari Giganti.

Temperatura $\sim 10^{\circ}\text{K}$

Densità $\sim 10^2$ particelle / cm^3

Massa da 10^4 a 10^7 masse solari

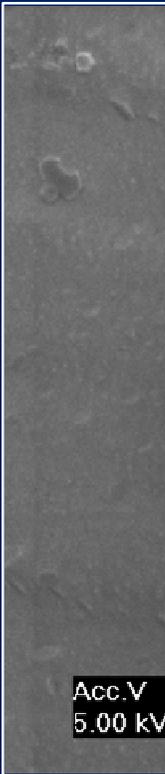
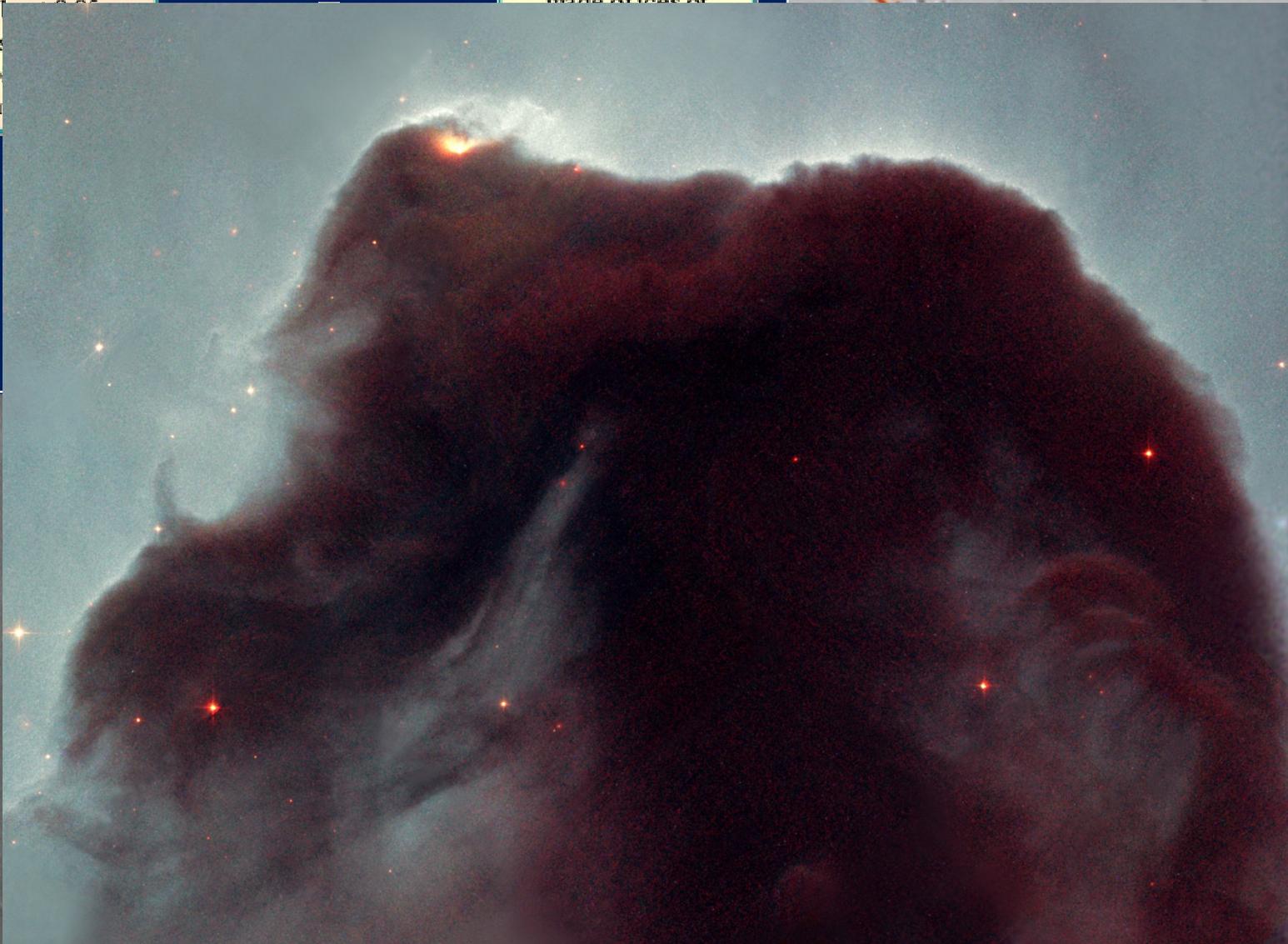
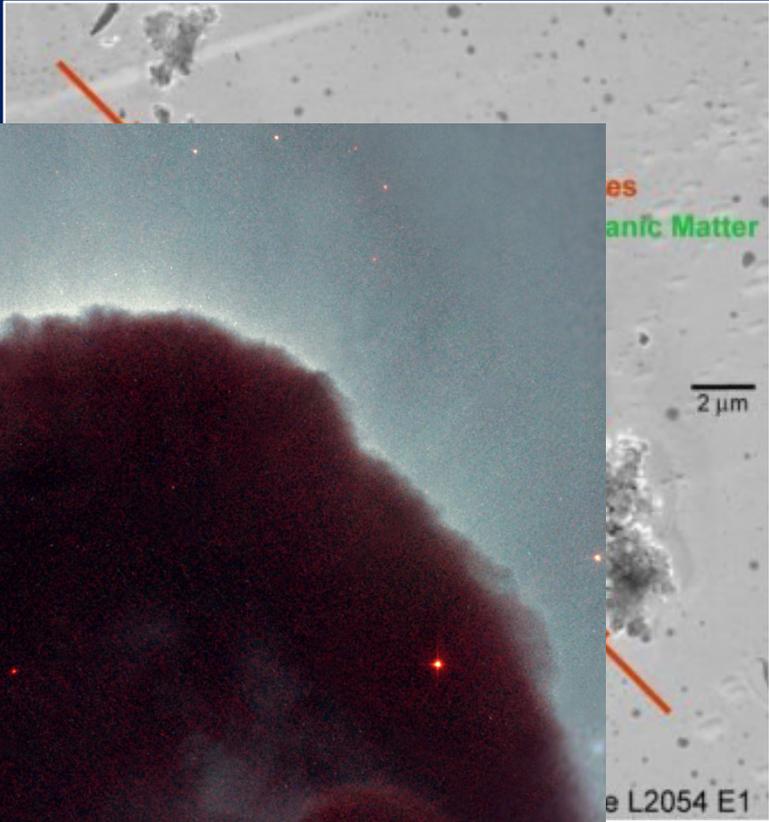
Dimensioni da 20 a 200 parsec (1 parsec = 3,26 anni luce)

Formate per il 99% di componente gassosa e 1% di materiale solido (polvere interstellare), sono il luogo ideale dove possono formarsi nuove stelle.



- Core: about 0.5 microns across, made of iron, and

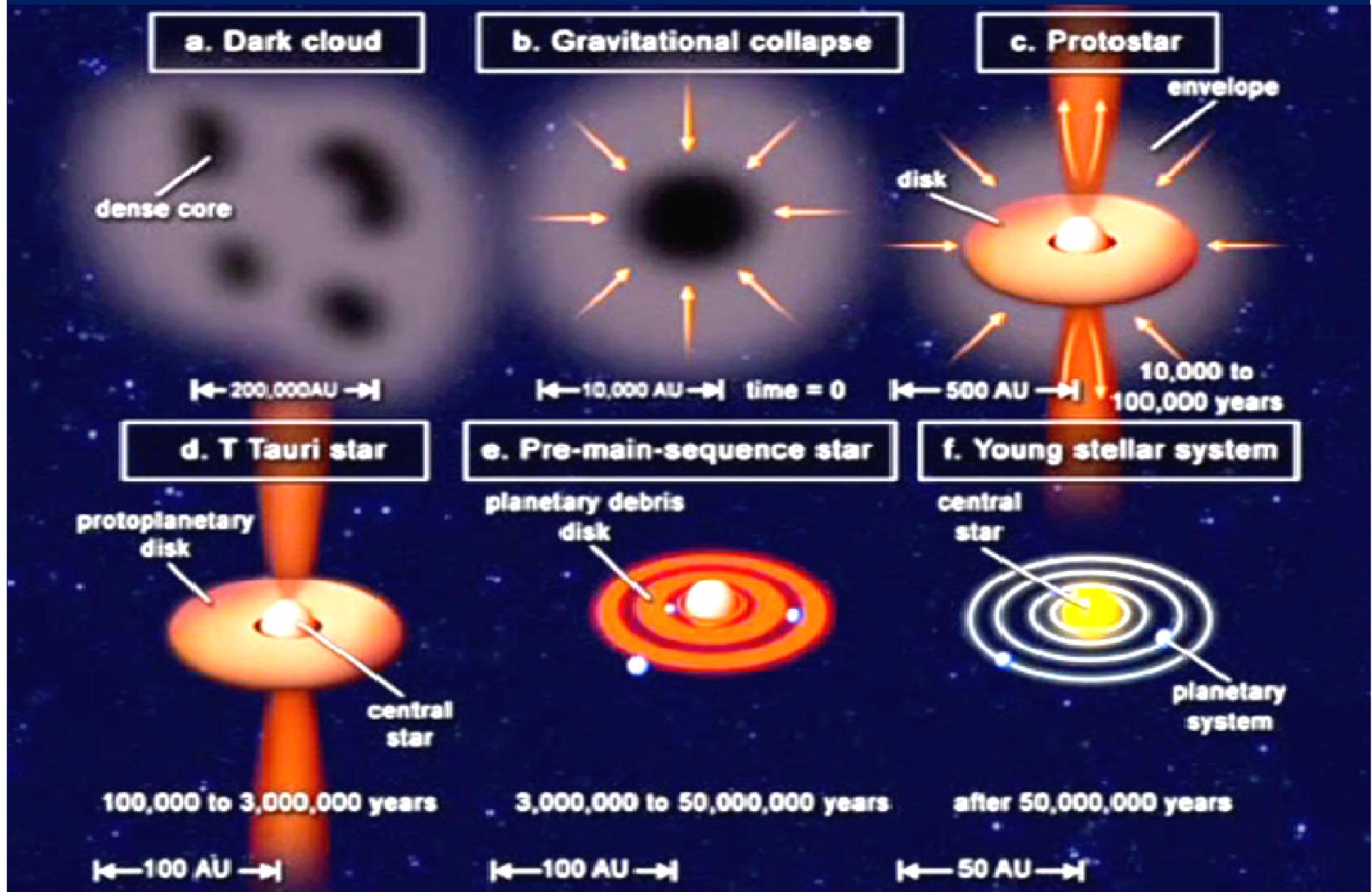
- Mantle: about 0.5 microns across, made of iron, and



Acc.V Spot Magn Del WD Exp |-----| 2 μm
5.00 kV 3.0 25600x SE 9.6 1

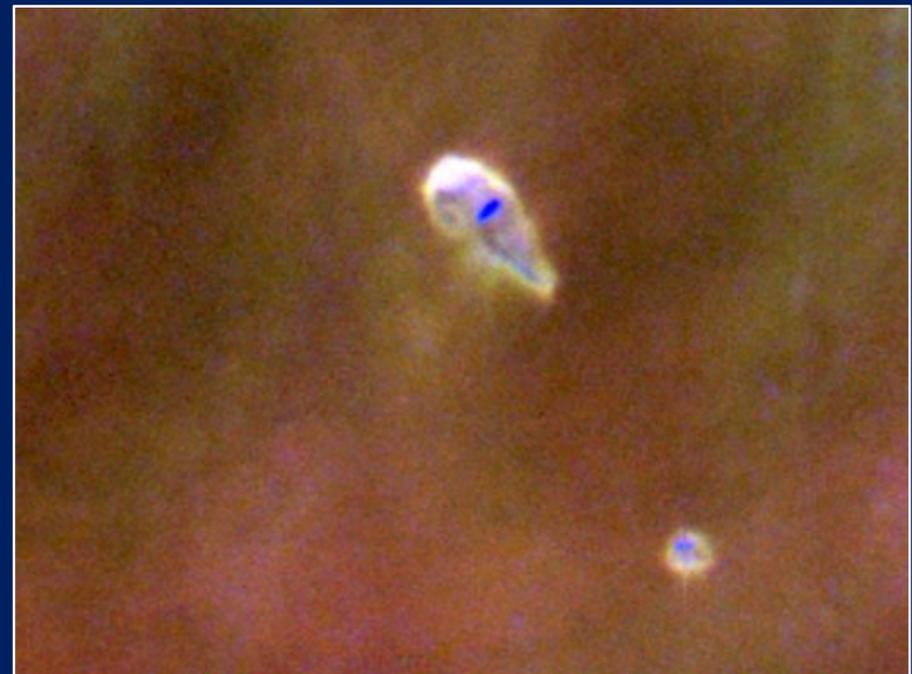
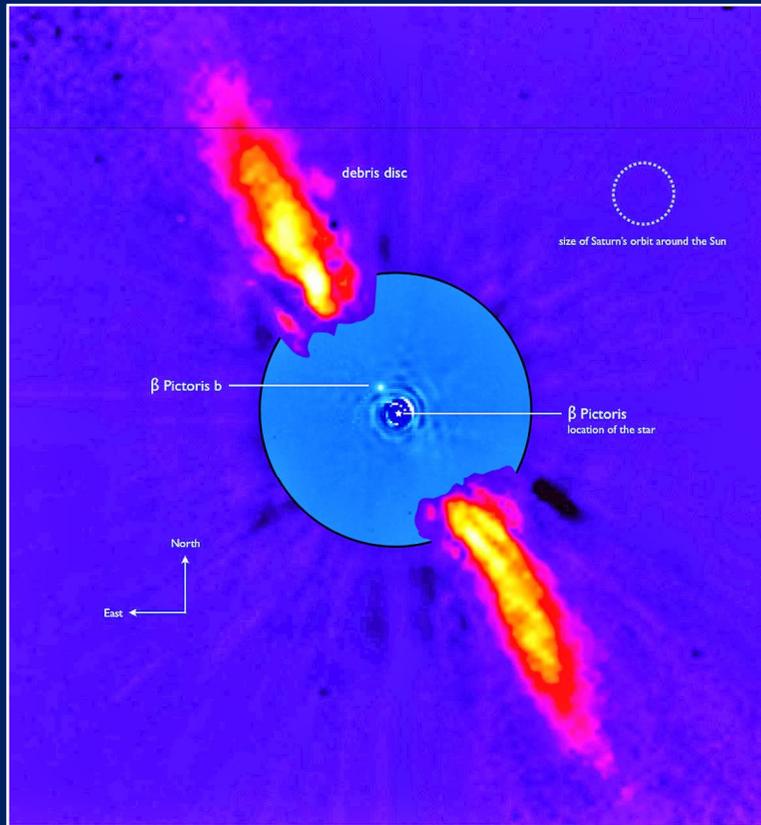
RE

LA FORMAZIONE DI UN SISTEMA PLANETARIO IN BREVE

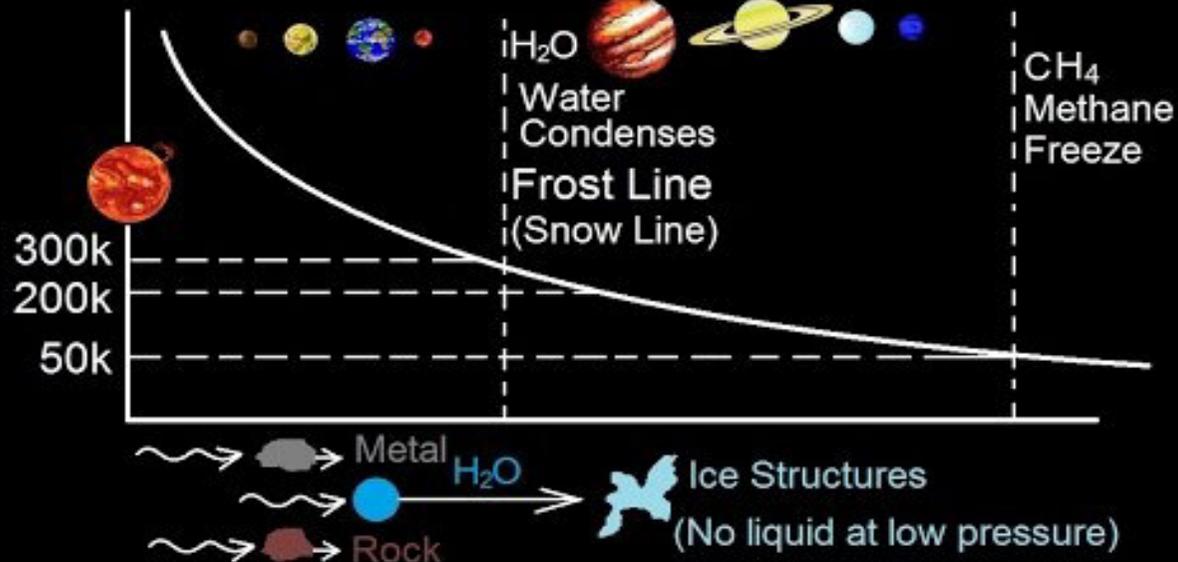


LE PROVE

Dischi protoplanetari

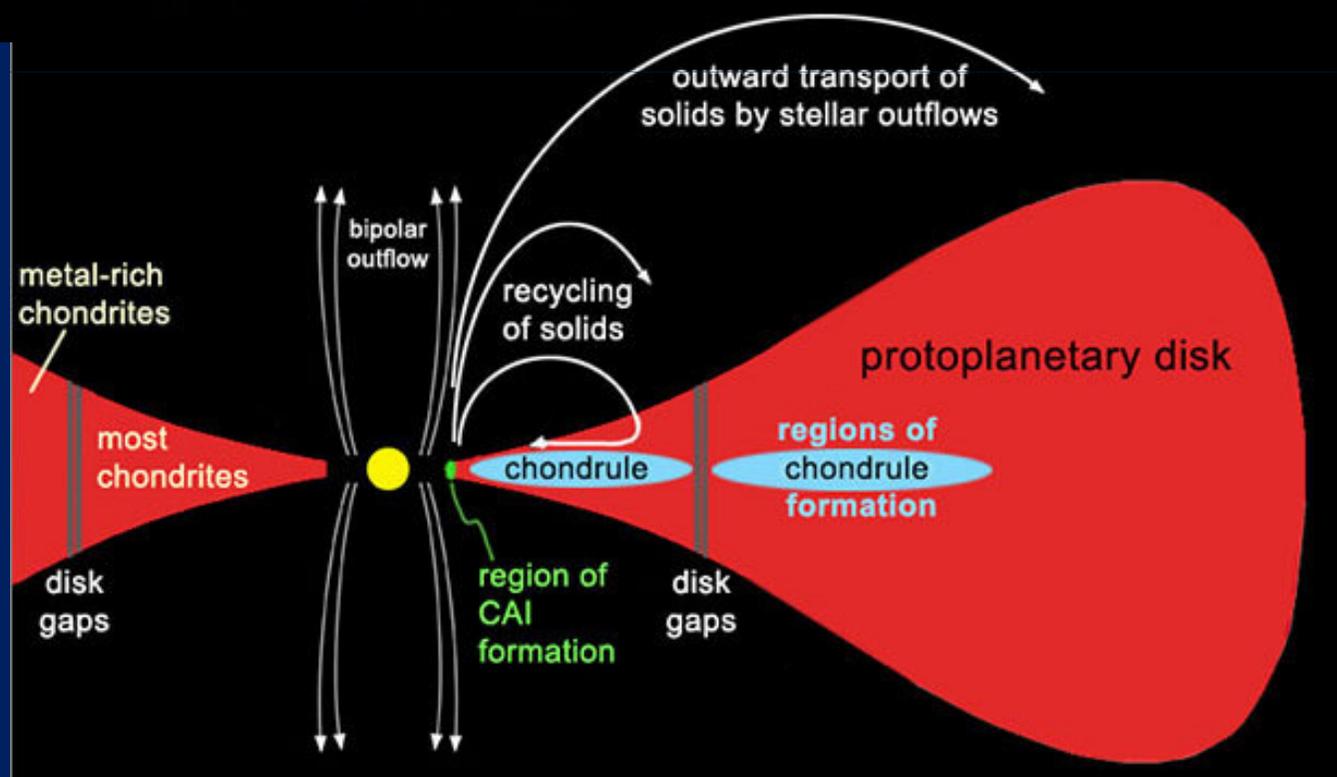


The Frost Line



Dove la temperatura è più alta si condensano solo i materiali più refrattari. Gli elementi volatili sono soggetti al fenomeno della fotoevaporazione che tende ad allontanarli.

Nella parte più esterna invece grazie a temperature più basse possono condensarsi anche elementi volatili.

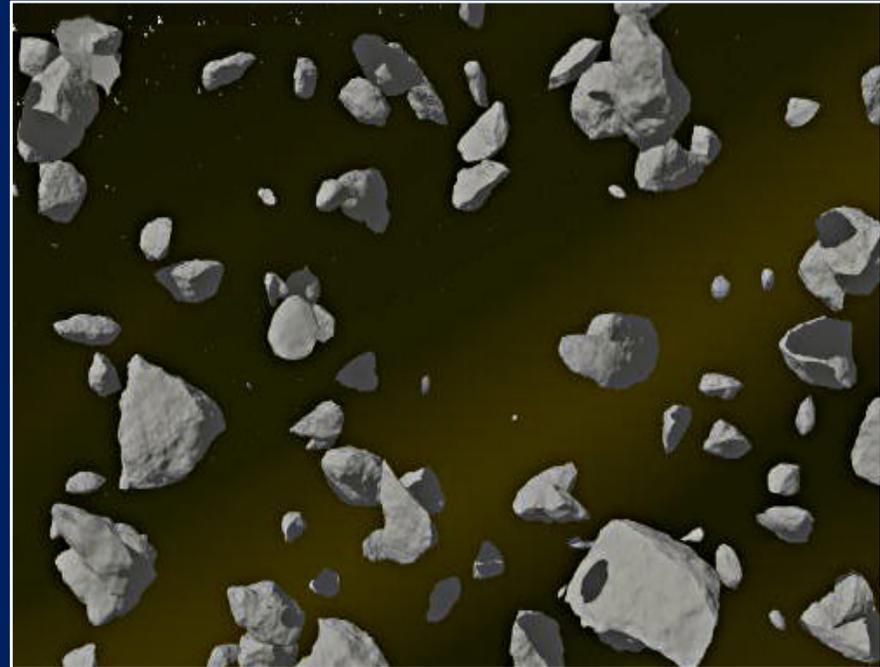


Dalla polvere alle “rocce”

Dimensioni da $\sim 0.1 \mu\text{m} \Rightarrow$ a $\sim 1 \text{ m}$

L'accrescimento delle particelle solide avviene per collisione e coagulazione

La coalescenza delle particelle è determinata da forze elettrostatiche



Dalle “rocce” ai planetesimi

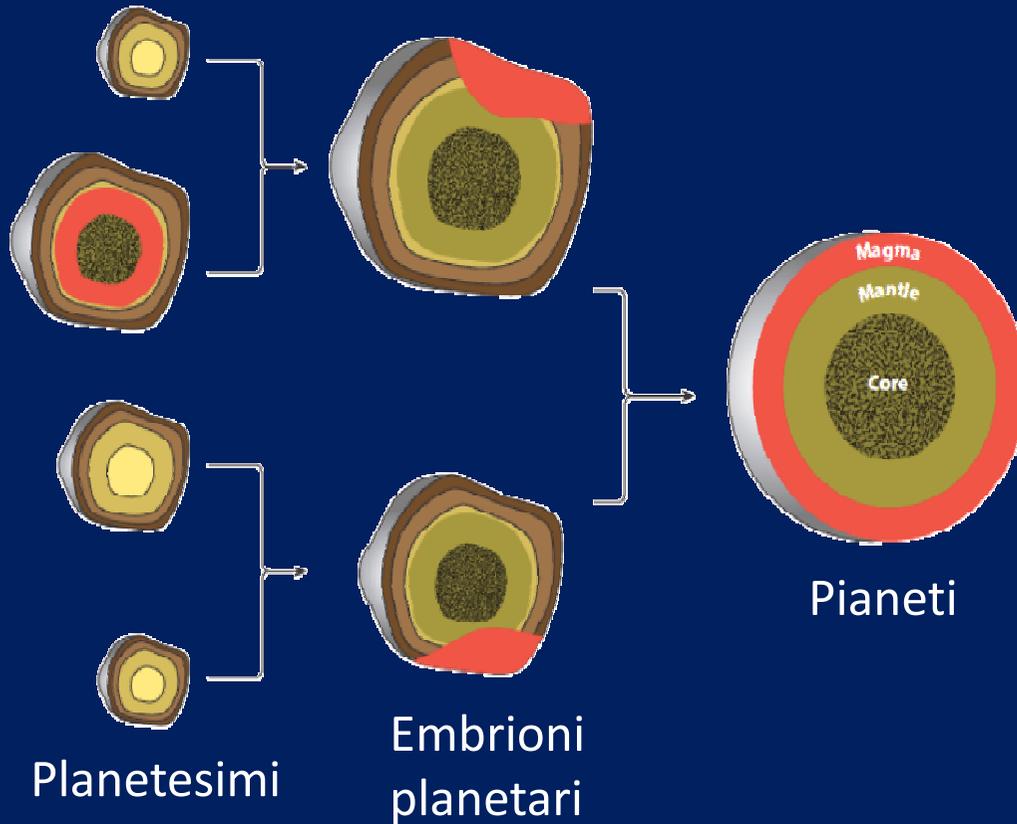
da $\sim 1 \text{ m} \Rightarrow$ a $\sim 10 \text{ km}$

Vari meccanismi, collisione, instabilità gravitazionale, turbolenze del disco, favoriscono l'aggregazione in corpi più grandi, i planetesimi

Massa 10^{12} - 10^{18} g

Tempi dell'ordine di 10^4 anni





Dai planetesimi agli embrioni planetari

Una volta formati i planetesimi diventa preponderante l'azione della gravità che fa aggregare i planetesimi tra loro più vicini formando gli embrioni planetari

– raggi di ~ 4000 km

– masse di $\sim 10^{26} - 10^{27}$ g

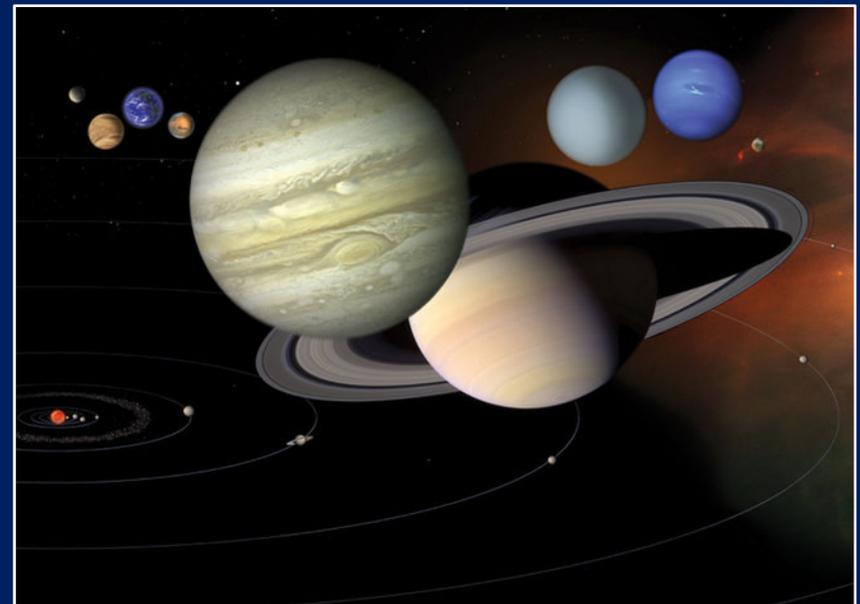
ossia le dimensioni di Mercurio

Tempo dell'ordine di 10^6 anni

Dagli embrioni planetari ai pianeti

La fase finale dell'accrescimento planetario si ha con l'accumulazione di alcune decine di embrioni planetari in un piccolo numero di pianeti di $10^{27} - 10^{28}$ g

Tempo di circa $10^7 - 10^8$ anni

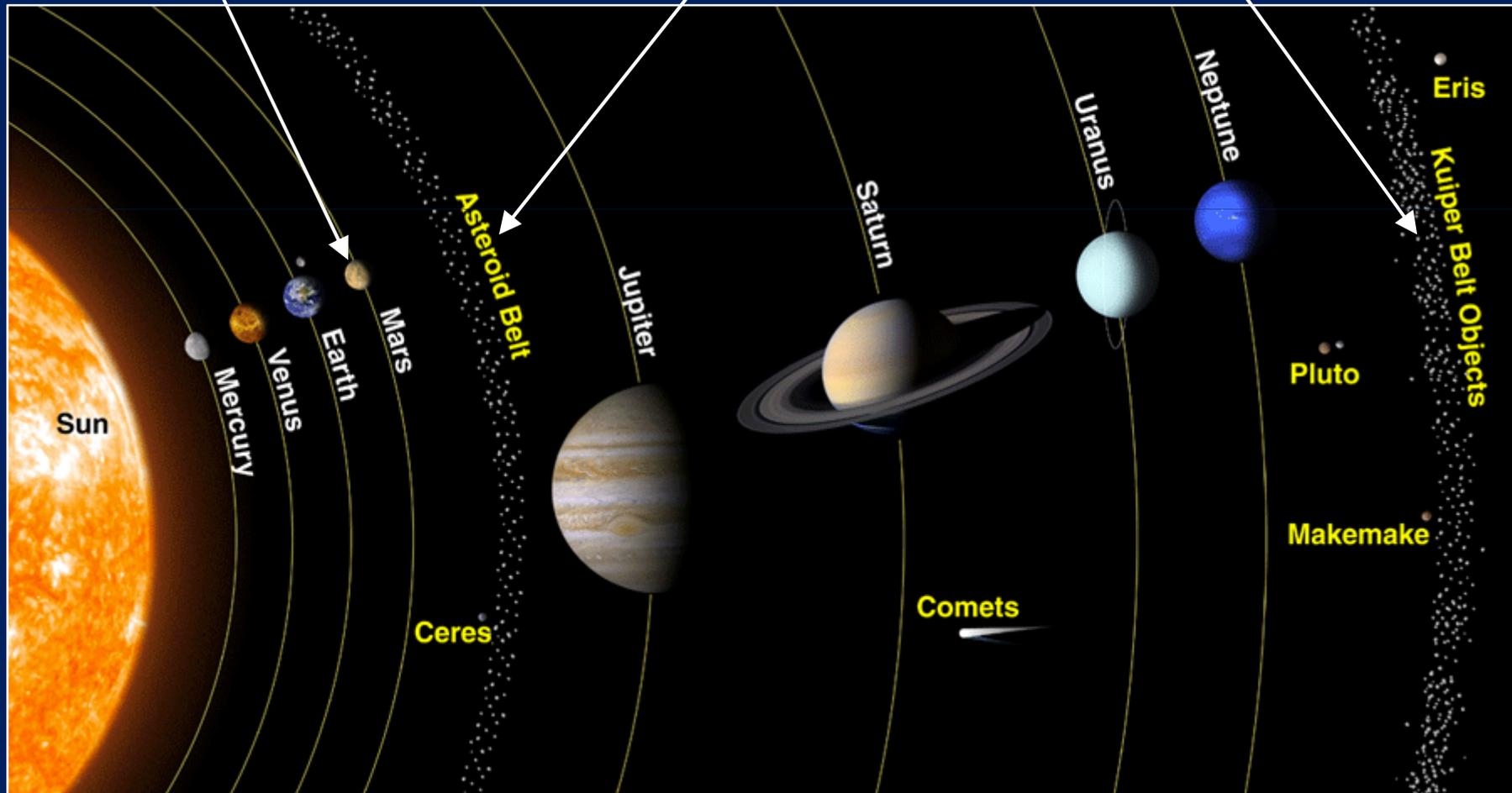


PROBLEMI DEL MODELLO TRADIZIONALE

Perché Marte è così piccolo (massa 1/10 Terra)?

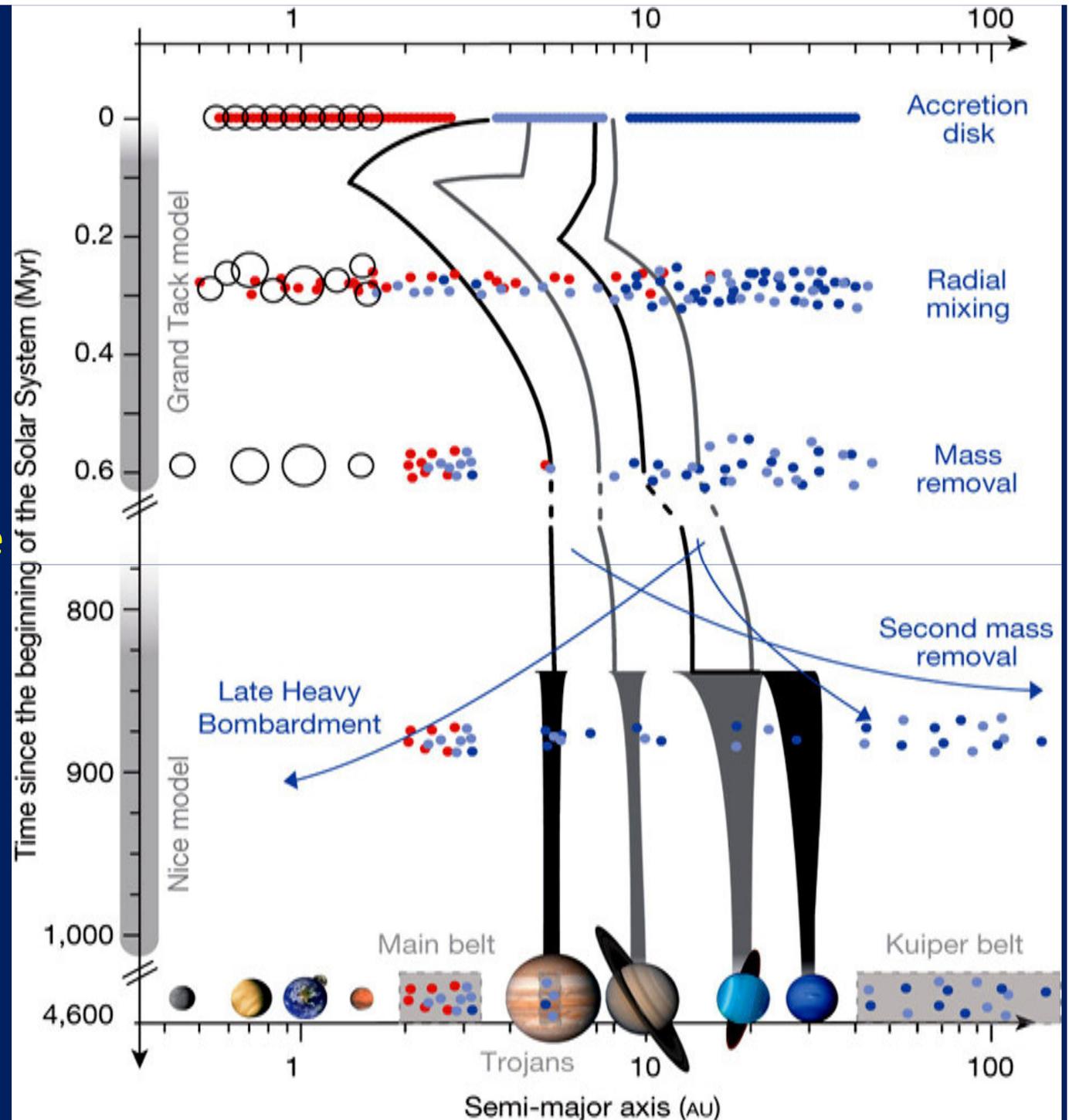
Perché la fascia degli asteroidi ha poca materia (circa il 4% della massa lunare)?

Perché i KBO hanno orbite così ellittiche e inclinate?



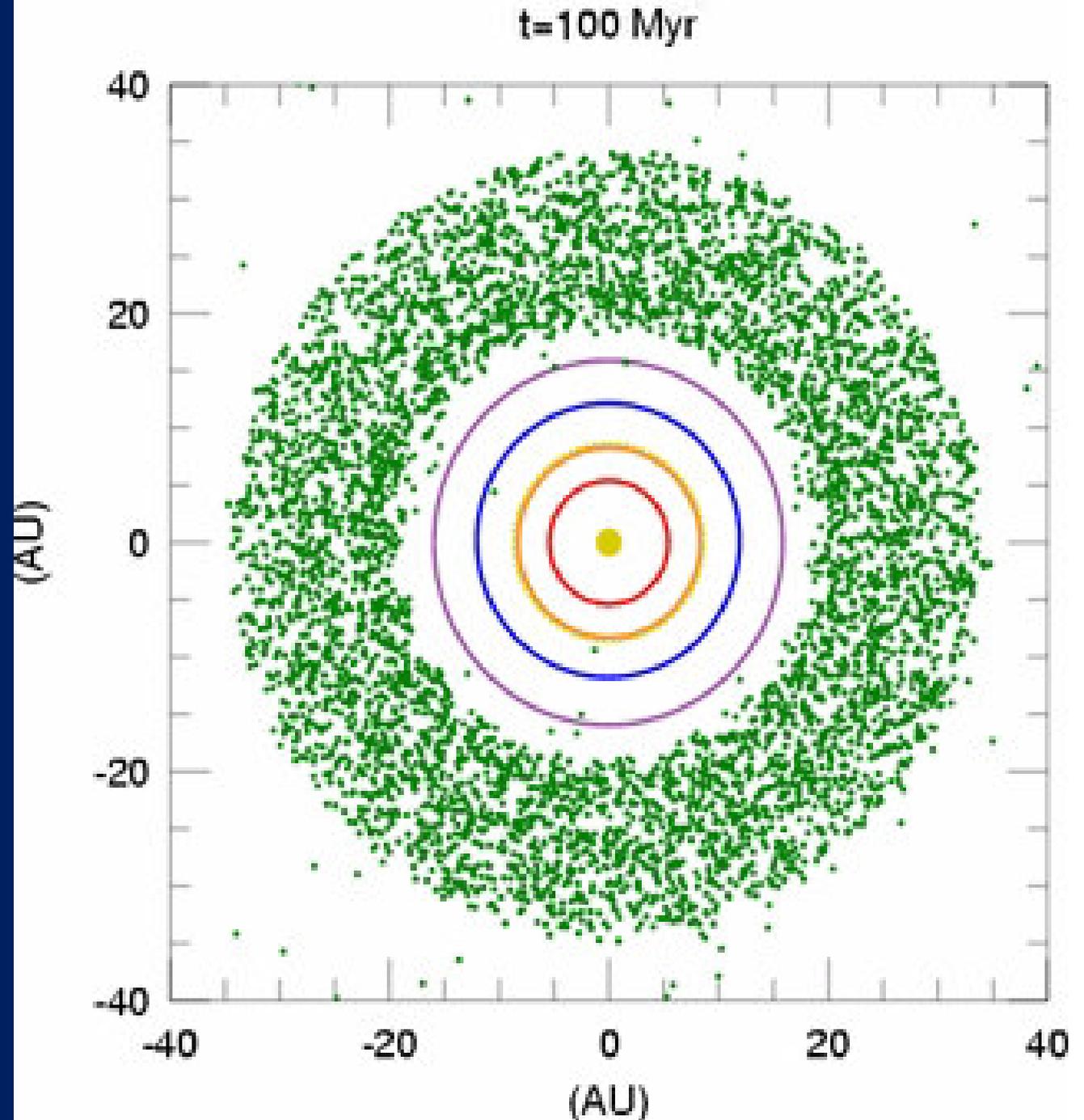
MIGRAZIONE PLANETARIA

I pianeti giganti non si trovano nella posizione originaria, ma si sono spostati provocando profonde ripercussioni sulla struttura del Sistema Solare.



Simulazione

GIOVE
SATURNO
URANO
NETTUNO

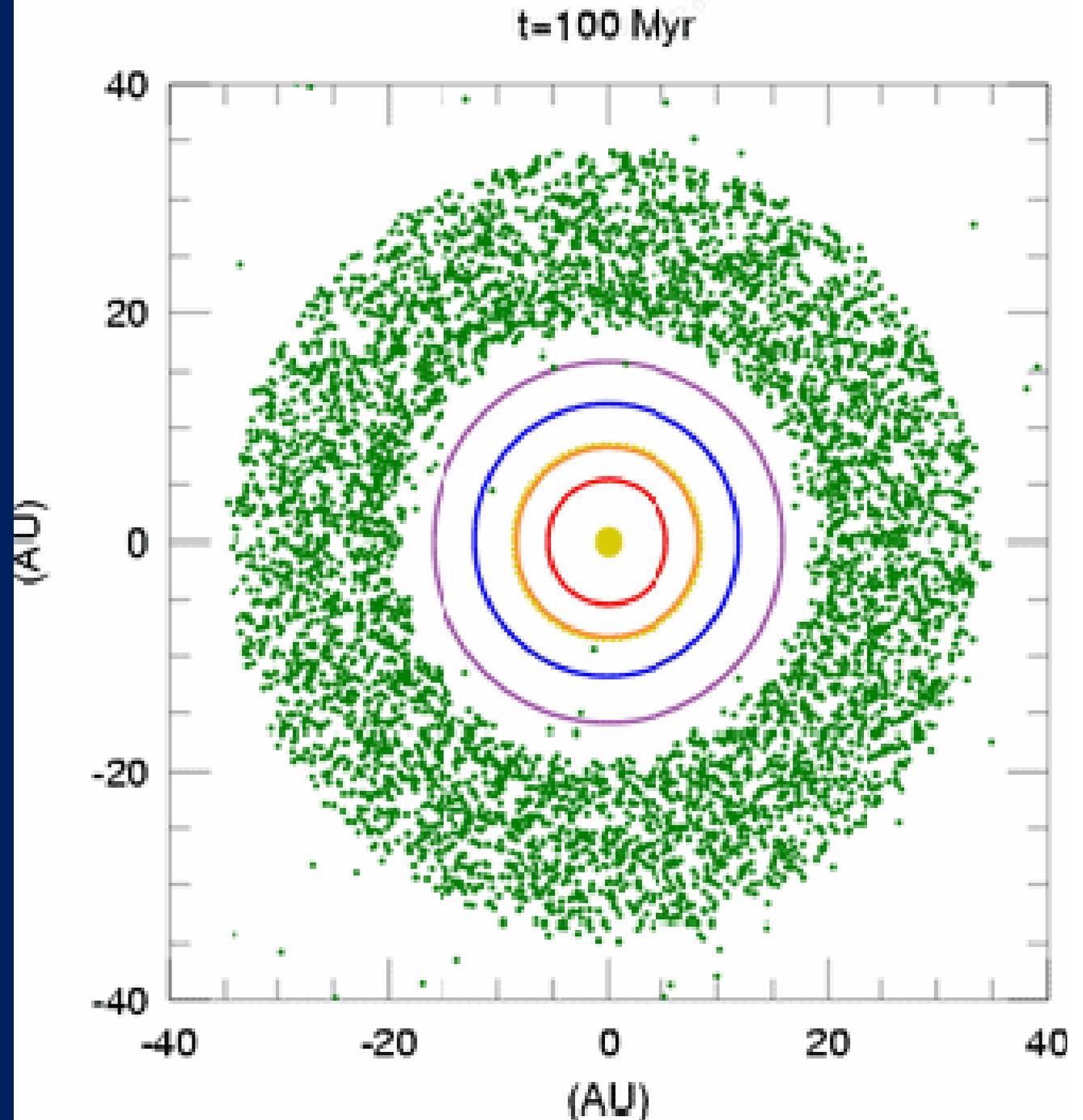


(From Gomes, *et al.*, 2005, *Nature*, v. 435, p. 466-469.)

Simulazione

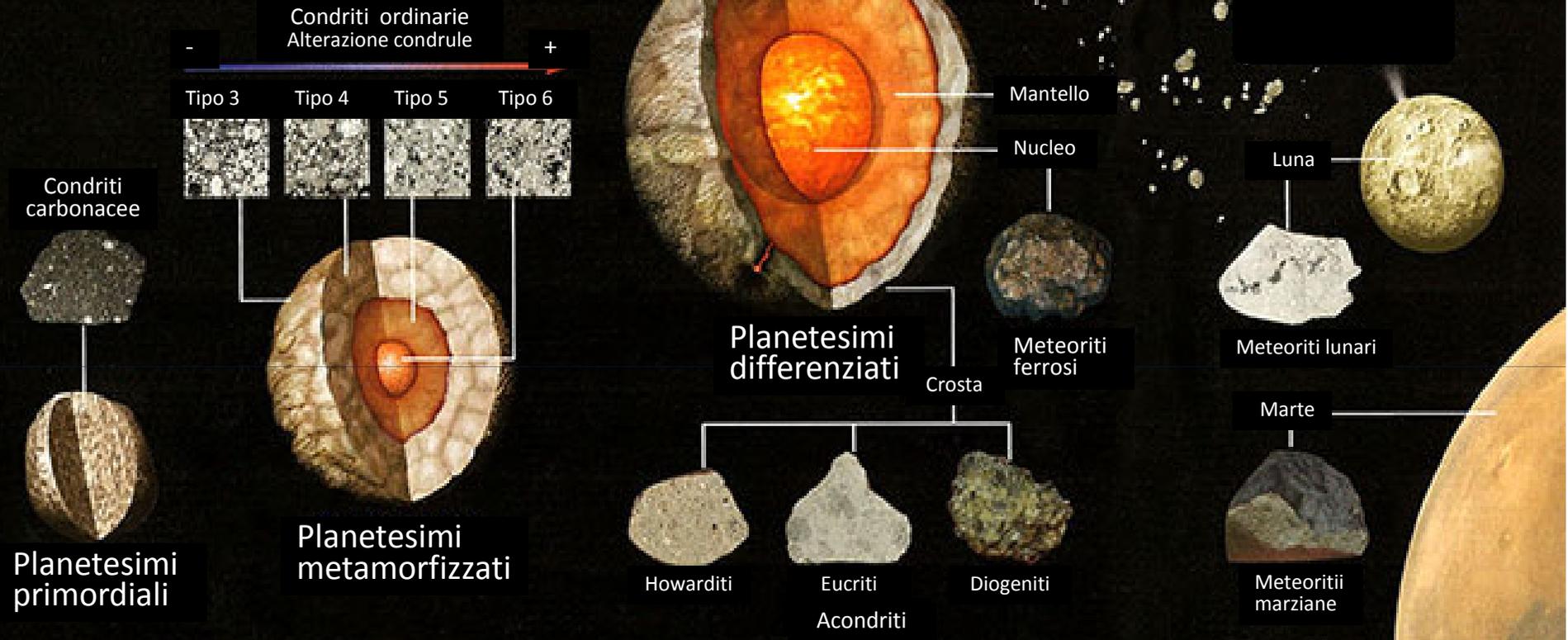
GIOVE
SATURNO
URANO
NETTUNO

Da notare lo scambio di posizione tra Urano e Nettuno e la dispersione dei corpi Transnettuniani



(From Gomes, *et al.*, 2005, *Nature*, v. 435, p. 466-469.)

Meteorite origins



Le meteoriti che troviamo oggi sulla Terra sono importanti testimoni di questi processi di formazione, e possono aiutarci a comprenderli meglio.



