



Origen de L'Univers



La teoria del Big Bang



El Big Bang

- Gran explosió que va tenir lloc fa aprox. 13.700 milions d'anys (l'edat de l'Univers)
- Encara no sabem:
 - Què va fer possible el Big Bang
 - Perquè va passar, i perquè en aquell moment concret
 - No podem imaginar que existís el temps i l'espai abans
- Sabem:
 - Amb el Big Bang es va crear tot el que existeix o ha existit sempre (tota la matèria i tota l'energia), i també l'espai (en ràpida expansió) i el temps

Big Bang: creació de matèria i energia

- Es va generar tota l'energia que existeix a l'Univers i tota la matèria.
 - En un primer moment, l'Univers era tan calent que no es podia distingir entre energia i matèria
- Una billonésima de segon més tard, l'Univers està en expansió i ha començat a refredar-se. Això va fer possible que l'energia i la matèria es poguessin separar:
 - L'energia va prendre diverses formes: gravetat, electromagnetisme, la força nuclear forta i la força nuclear feble

Big Bang: creació de matèria i energia

- la matèria es va formar com a electrons i quarks
 - posteriorment, els quarks es van ajuntar de diverses maneres per formar els protons i els neutrons. L'Univers es trobava en forma de PLASMA (una “sopa” de partícules amb càrregues elèctriques positives i negatives) (i tenia entre 1 i 2 segons d'edat).



*Univers en estat de Plasma:
format per protons, electrons i
neutrons*

Big Bang: creació de matèria i energia

- Passat un temps (380.000 anys) l'Univers es va refredar prou perquè es poguessin formar els ÀTOMS.
 - Els primers àtoms formats van ser els d'Hidrogen i Heli. Un cop la matèria està formada per àtoms, que són elèctricament neutres, la llum pot travessar l'Univers. Això va donar lloc a “l'explosió de llum”.

Proves del Big Bang

- Radiació de fons de microones, perceptible en tots els punts de l'Univers
 - Es creu que la radiació que va generar la gran explosió s'ha mantingut present en el Univers, tot i que perdent energia amb el pas del temps, fins arribar a la radiació de microones que es pot detectar avui dia.
- El fet que l'Univers està en constant expansió (les galàxies cada vegada tenen més espai lliure entre elles).
 - Això pot indicar que, si anem enrere en el temps, abans de la gran explosió hi havia un únic punt en l'espai.
 - El telescopi Hubble, situat en òrbita fora de l'atmosfera de la Terra, va poder mesurar la velocitat a la que les galàxies s'estan separant unes d'altres. En base a aquestes mesures, va poder fixar que l'expansió fins la mida actual va començar fa 13.700 milions d'anys, i per això aquesta es considera l'edat de l'Univers

Com estudiem la història de l'Univers?

- Què fa possible observar qualsevol objecte?
 - Si l'objecte emet llum pròpia, aquesta llum ha de viatjar des de l'objecte fins els nostres ulls. El que percebem és com era aquest objecte en el moment en que va emetre la llum, no com és en el moment en que arriba als nostres ulls.
- Quant més lluny, més antic: així estudiem l'història de l'Univers
 - Quant més llunyà sigui l'objecte (per exemple, una galàxia) més trigarà la llum en arribar-nos i per tant en fer-se visible. Per això, quan estudiem les galàxies més llunyanes, estem veient-les com eren molts milions d'anys enrere (el temps que la llum va trigar en arribar-nos des de que la van emetre): estem estudiant la història de l'Univers.

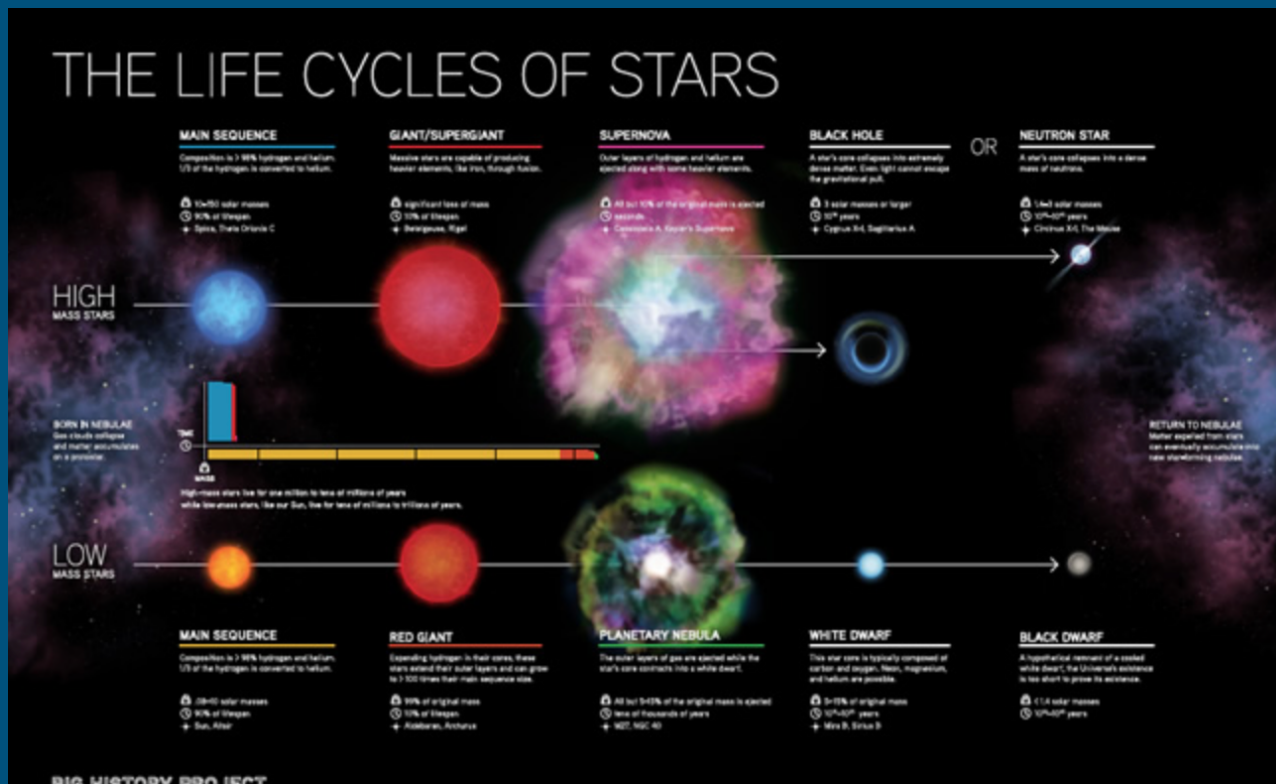
Com estudiem la història de l'Univers?

- El paper dels telescopis:
 - Quanta més llum de l'objecte arriba als nostres ulls, més detalls podem percebre.
 - Fent servir telescopis, que tenen sistemes per captar la llum de metres de diàmetre (fins a 10 metres), podem “ampliar les imatges” que ens arriben de galàxies molt distants, i som capaços de percebre galàxies cada cop més llunyanes.

Què no sabem encara sobre el Big Bang?

- Què és la “Matèria obscura”: està escampada per tot l’Univers, i és més abundant que la matèria que podem percebre. Sabem que interacciona amb la força de la gravetat, però no interacciona amb la llum.
- Què és l’“Energia obscura”: ha de ser un tipus d’energia que és la que fa que l’Univers estigui en constant expansió, i a més que aquesta expansió estigui en constant acceleració.

El cicle de vida dels estels



El cicle de vida dels estels

- Un estel és una massa de gasos, Hidrogen i Heli, que comencen a compactar-se per la força de la gravetat, la qual cosa fa que s'assoleixin temperatures molt altes.
- Amb aquestes altes temperatures, els àtoms d'Hidrogen esdevenen inestables i es descomposen. Les seves partícules subatòmiques es tornen a ajuntar en forma d'Heli: s'ha produït una FUSIÓ NUCLEAR.
- Quan l'Hidrogen de l'estel s'esgota, l'estel s'apaga i "mor".
- Si l'estel era molt gran, aquesta mort passa per una enorme explosió: una supernova. L'energia alliberada és tan gran que es produeixen moltes fusions nuclears, que formen tots els elements de la taula periòdica.
- https://www.youtube.com/watch?v=h_1D_FnaBtM

La formació dels estels

- Un cop es van poder formar àtoms a l'Univers, aquests eren en un 75% Hidrogen i en un 25% Heli.
- Aquests àtoms estaven uniformement escampats per tot l'espai, de manera que l'Univers en aquest moment era molt uniforme (mateixa composició i mateixa densitat en tots els seus punts), tret de unes mínimes diferències:
 - (per exemple, alguns punts de l'Univers eren més calents que d'altres,
 - alguna petita concentració de massa en algun punt més que en la resta).
- A partir d'aquestes petites diferències, la gravetat va actuar

La formació dels estels

- La gravetat es va manifestar més a les zones on hi havia una mica més de densitat, i cada vegada les anava compactant més. En compactar-les més, la gravetat assolía més força, i d'aquesta manera es generava un bucle on la gravetat es feia més forta i la compactació dels gasos augmentava. Hi havia un moviment en espiral.
- Al centre de l'espiral es va concentrant un major nombre d'àtoms, cada vegada es produeixen més xocs entre ells i de més força. Això fa augmentar la temperatura.
- Tot i que en el seu conjunt l'Univers s'anava refredant, hi van sorgir punts on s'anava escalfant.

La formació dels estels

- Quan s'assoleixen els 3.000 °C, els àtoms d'Hidrogen ja no són estables i els àtoms es desintegren: hem generat de nou un espai en estat de PLASMA. La temperatura continua augmentant fins els 10 milions de °C.
- A aquestes temperatures, els protons són capaços de vèncer la repulsió entre ells i s'uneixen per formar nuclis d'Heli (l'Heli té dos protons al nucli). Això desprèn moltíssima energia: l'estel comença a emetre energia en forma de radiació i calor.

La formació dels estels

- L'energia de la fusió dels nuclis d'Heli treballa en sentit contrari a la gravetat:
 - la gravetat continua compactant els gasos cap a una zona cada cop més petita
 - les fusions nuclears treballen com a una “explosió”, expandint els gasos cap a una zona més gran
 - aquestes dues forces contràries s'igualen, i l'estel s'estabilitza durant milions d'anys.
- Un cop passats els primers 200 milions d'anys des del Big Bang, l'Univers entra en un període de formació de bilions i bilions d'estels. El procés encara continua avui dia.

Estructura d'un estel

- Al centre o nucli de l'estel, es troben els protons a més alta temperatura que s'uneixen per formar nuclis d'Heli.
- Al voltant del nucli, es troben els protons que no entren en fusió perquè estan més freds, però que són absorbits cap el centre segons es van fusionant els protons del nucli.
- Els fotons de llum i radiació que es generen al nucli, degut a la fusió, comencen a desplaçar-se cap a la superfície de l'estel (aquest procés pot durar milions d'anys) i finalment surten de la superfície de l'estel cap l'exterior.

Aprofundim: Creació dels elements de la taula periòdica

Legenda

Nombre atòmic: negre = no radioactiu, verd = radioactiu
Sèrie: Metalls alcalins, Alcalinoterris, Metalls de transició, Lantànids, Actínids, Metalls, Semimetalls, No metalls, Halògens, Gasos nobles

Simbol: negre = Sòlids, blau = Líquids, vermell = Gasos

Superfície de color: uniforme = Element natural, tramada = Element artificial

Nombre atòmic, Símbol, Pes atòmic estàndard, Electrons per nivell

Període

Grup

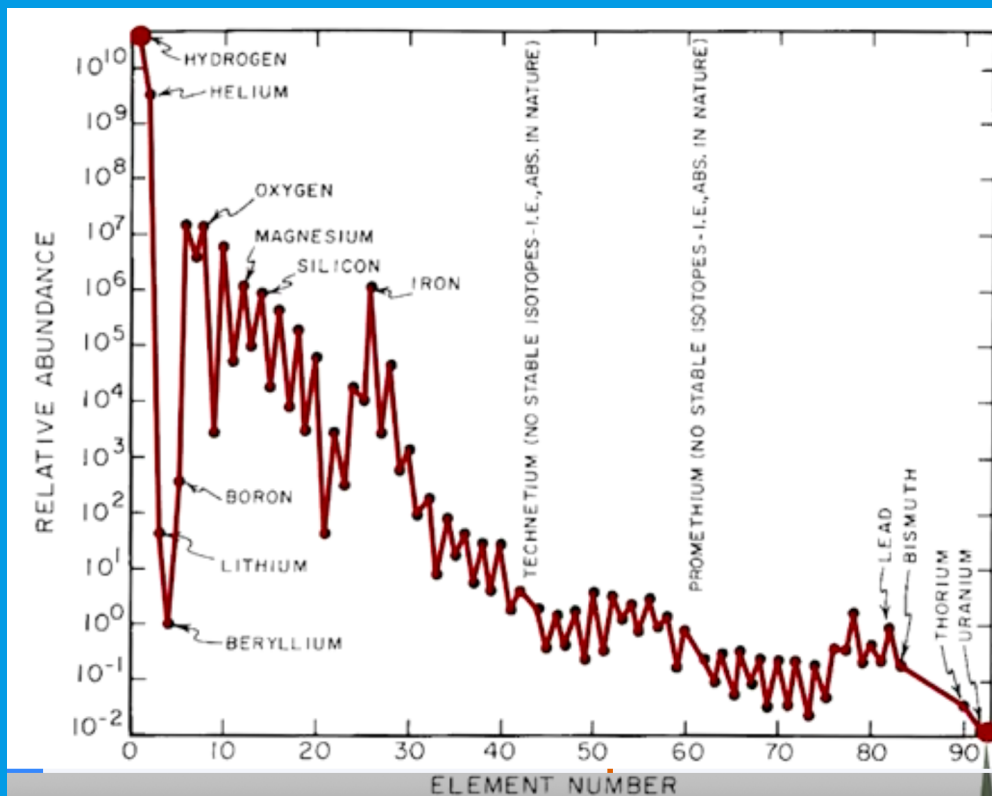
Lantànids

Actínids

1. La xifra entre parèntesis en el pes atòmic estàndard indica incertesa en el darrer dígit.
2. Quan un element no té pes atòmic estàndard és perquè tots els seus isotops són radioactius i no existeix un isotop amb una composició isotòpica terrestre característica en materials normals a partir dels quals es puca determinar un pes atòmic estàndard.

1. Creació al voltant del Big Bang
2. Creació als estels
3. Creació a les supernoves

Aprofundim: Creació dels elements de la taula periòdica

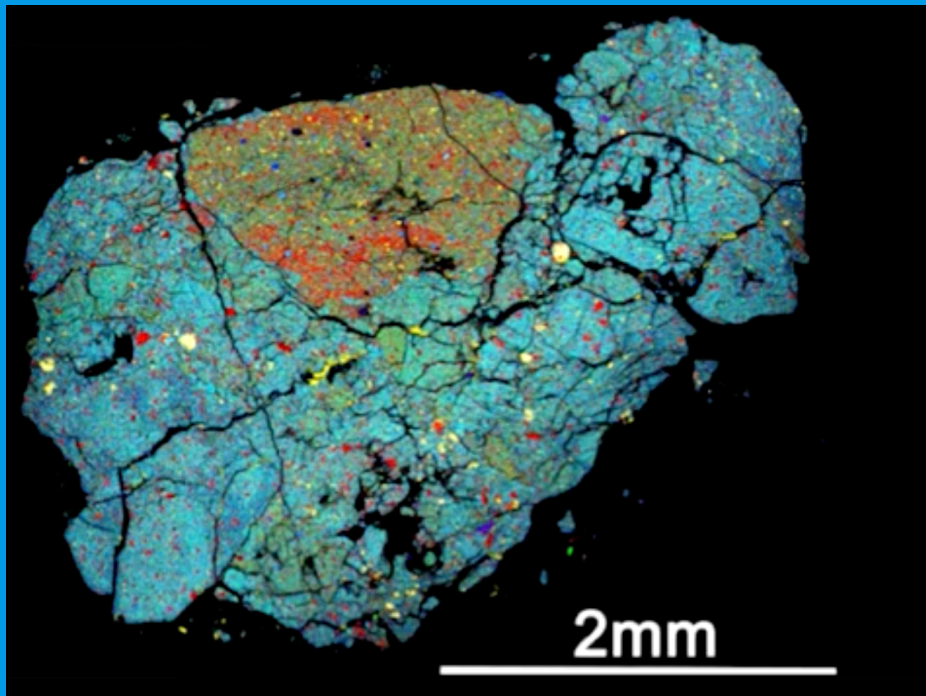


Més del 99% dels àtoms del Sistema Solar són d'H i d'He.

Qualsevol teoria o model que fem servir per explicar com es van formar els elements, ha d'explicar l'abundància d'aquests 2 elements.

Aprofundim: Creació dels elements de la taula periòdica

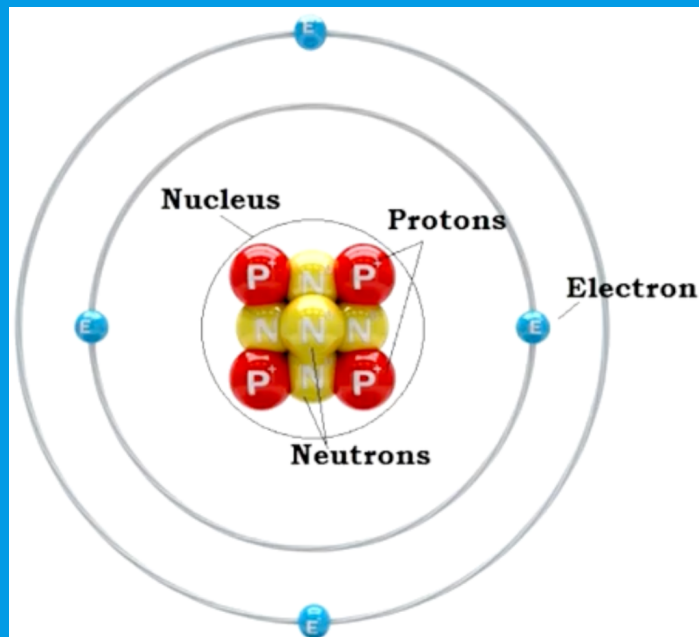
Com podem saber l'abundància dels elements al Sistema Solar?



Estudiant la composició de meteorits molt antics, d'abans de la formació dels planetes (Chondrites). Ens indiquen quina proporció d'elements hi havia en els materials que posteriorment van formar els planetes i satèl·lits.

Aprofundim: Creació dels elements de la taula periòdica

Recordem l'estructura dels àtoms:



- Cada element de la taula periòdica queda definit pel nombre de protons del nucli
- El nombre d'electrons és igual al nombre de protons
- Els neutrons afegeixen massa al nucli, però no aporten propietats diferents
- Àtoms del mateix element poden tenir diferent nombre de neutrons (ISÒTOPS)

Aprofundim: Creació dels elements de la taula periòdica

Formació dels elements: teoria acceptada actualment:

- **B2FH** (*Burbidge, Burbidge, Fowler and Hoyle which became known as the B²FH model. Premi Nobel de 1983*): **TEORIA DE LA NUCLEOSÍNTESI**

Aquesta teoria divideix els elements en tres categories:

- 1) Elements produïts en els moments pròxims al Big Bang: Hidrogen, Heli i una petita quantitat de Li, Be, B)
- 2) Elements formats en fusions estelars (fins el Fe)
- 3) Elements formats en grans estels que al final de la seva vida pateixen grans explosions (supernoves)

Aprofundim: Creació dels elements de la taula periòdica

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra																
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Big Bang

Supernovae

Large Stars

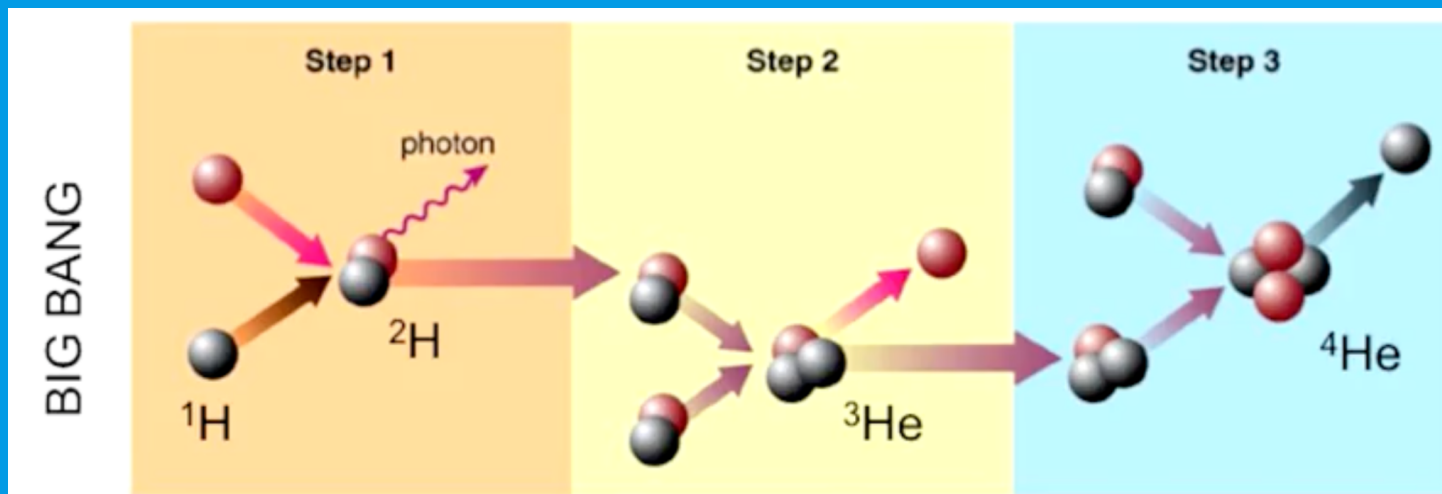
Small Stars

Cosmic Rays

Aprofundim: Creació dels elements de la taula periòdica

1) NUCLEOSÍNTESI DEL BIG BANG

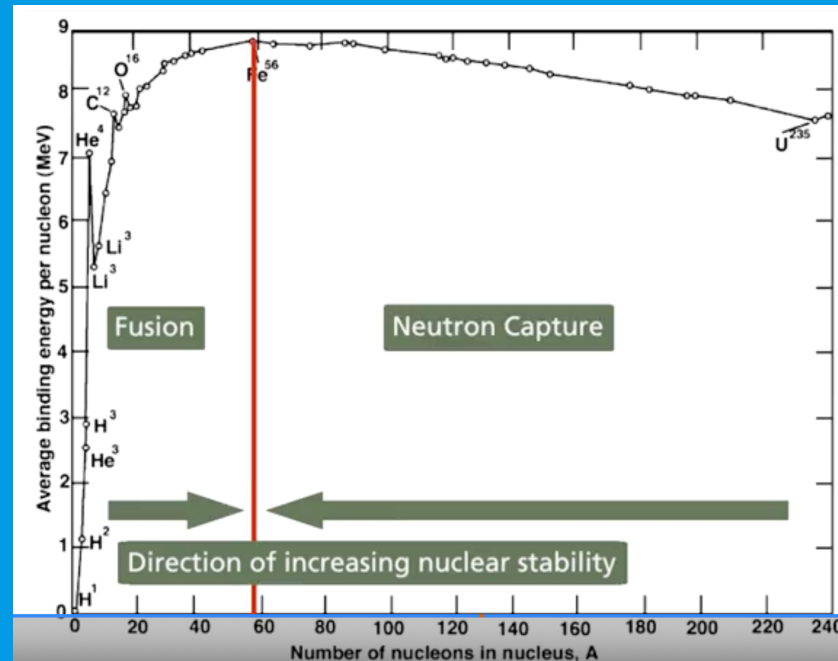
Elements formats com a resultat del Big Bang (segons s'anava refredant l'Univers, es va anar passant de l'estat de plasma (protons, neutrons i electrons aïllats) als àtoms més senzills: H i He:



Aprofundim: Creació dels elements de la taula periòdica

2) Nucleosíntesi per fusió

- Permet formar fins el Fe (56)
- Es dona als estels de mida petita/mitjana



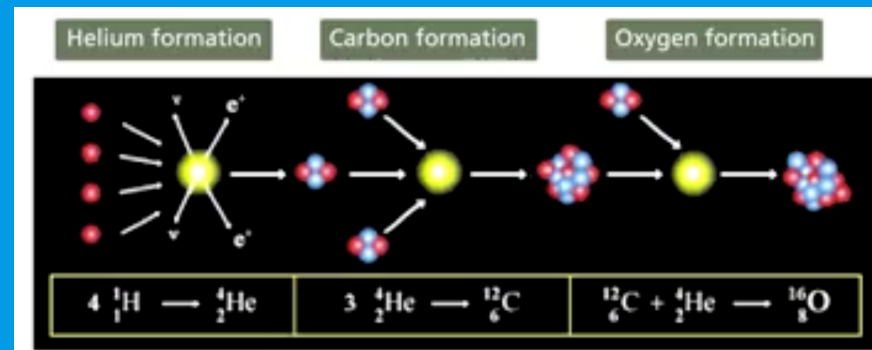
3) Nucleosíntesi per captura de neutrons

- Permet formar fins els elements més pesants
- Es dona als estels de mida gran quan esclaten en supernoves

Aprofundim: Creació dels elements de la taula periòdica

2) Nucleosíntesi per fusió

- Fusió de nuclis que forma uns altres més pesants que els anteriors.
- Procés que es dona de manera espontània a les elevades pressions i temperatures dels nuclis dels estels.



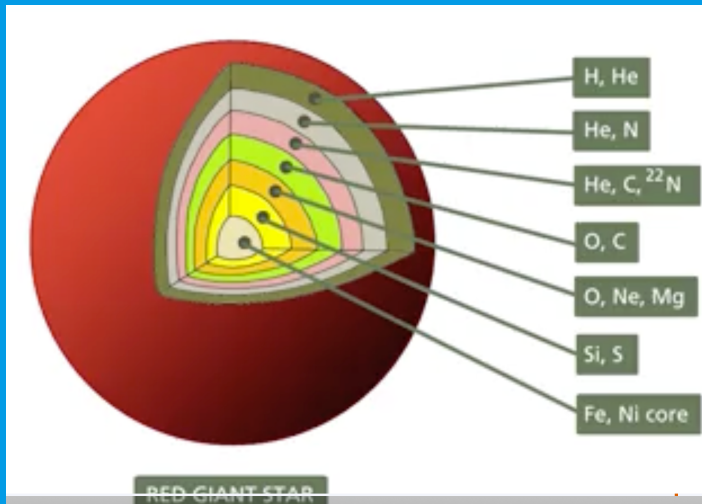
D'H i He →

Aquestes fusions nuclears alliberen enormes quantitats d'energia que els estels irradien cap el seu exterior (llum i altres radiacions, calor)

fins Fe(56)

Aprofundim: Creació dels elements de la taula periòdica

2) Nucleosíntesi per fusió



La varietat d'elements que es formen depèn de la mida de l'estel, la seva pressió i temperatura internes.

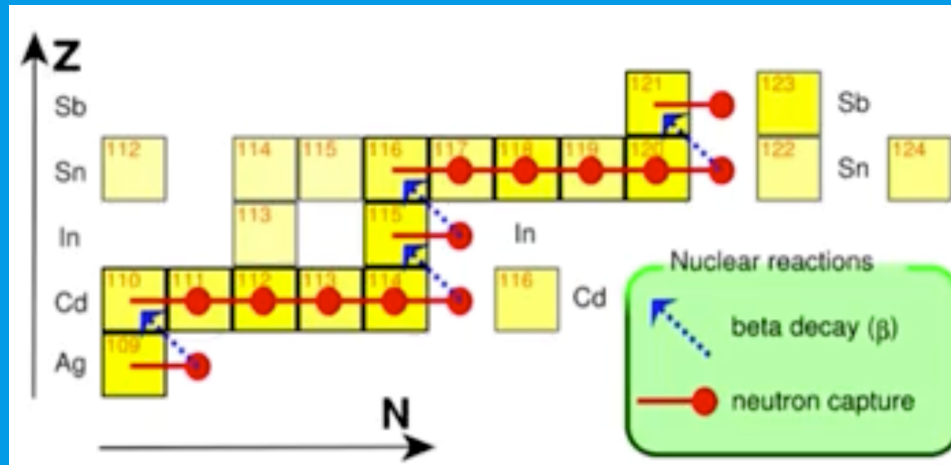
Es poden estar formant simultàniament diferents elements, en les diferents capes de l'estel (quant més cap al centre de l'estel, més elements pesants es poden formar) (estructura de ceba).

Quan el nucli de l'estel es queda sense combustible, es produeix una explosió que expulsa tots els elements creats cap l'exterior, on formaran núvols de pols que, un altre cop, seran atrets per la gravetat per formar nous estels o planetes.

Aprofundim: Creació dels elements de la taula periòdica

3) Nucleosíntesi per captura de neutrons.

- Durant l'explosió de les grans estrelles (supernoves) es poden generar grans fluxos de neutrons amb molta energia.



Els neutrons d'alta energia col·lisionen amb els nuclis i s'hi incorporen. Quan s'acumulen en un cert nombre, el nucli es fa inestable i es transforma: un neutrò es converteix en un protó i es perd un electró: hem generat un nou element (el procés s'anomena "desintegració beta")

Del Fe $\longrightarrow$

a l'Urani

Galaxies, Clusters i Superclusters

- La força de la gravetat també actua entre estels, de manera que aquestes tendeixen a mantenir-se properes les unes a les altres en una zona concreta de l'Univers, formant grups.
- Cada grup d'estels s'anomena GALAXIA. La nostra galàxia és la VIA LÀCTIA.
- Es calcula que conté entre 100.000 i 200.000 milions d'estels, de les quals el Sol és una d'elles.
- S'estima que poden existir de l'ordre de 100.000 milions de galàxies a l'Univers.
- Les galàxies també tendeixen a ajuntar-se per la gravetat, formant CLUSTERS DE GALÀXIES, i els clusters s'agrupen formant SUPERCLUSTERS

Galàxies, clusters i superclusters

- El telescopi Hubble ens va permetre comprovar que l'Univers està en expansió perquè la distància entre superclusters de galàxies va en augment.