ORIGINE DEGLI ELEMENTI

ESISTONO **118 ELEMENTI**, di cui

- **90** sono elementi chimici **NATURALI**
- **28** sono elementi chimici **ARTIFICIALI** → ottenuti tramite sintesi nucleare artificiale.

Gli elementi vengono generalmente indicati con il termine **NUCLEOTIDE**, termine con cui si designa una specie nucleare caratterizzata da due parametri:

- **Z** = **NUMERO ATOMICO** → numero di protoni del nucleo atomico
- **A** = **NUMERO di MASSA** → somma di Z e di N (= numero di neutroni) del nucleo atomico

→ Gli **ISOTOPI** sono specie che possiedono stesso Z, ma diverso n° di neutroni ⇒ differenziato per A

Secondo il modello teorico del Big Bang, che presuppone che tutta la materia dell'universo fosse inizialmente **compressa** in un nucleo di:

- enorme densità
- sottoposto ad una T elevatissime

, l'universo ebbe origine da una grande esplosione calda primordiale (**"BIG BANG"**) che scaraventò tutta la materia nello spazio ← l'universo a questo punto si sarebbe comportato da enorme **REATTORE** nucleare di **FUSIONE**, consentendo la combinazione di neutroni e protoni con conseguente formazione di nuclei di:

- DEUTERIO → $^{2}_{1}H$
- He → $^{4}_{2}He$

→ pertanto ebbe così inizio il processo di **FORMAZIONE** degli **ELEMENTI**, a partire dalla successiva condensazione delle **STELLE**

Una stella non è altro se non un sistema in **EQUILIBRIO DINAMICO** che si mantiene solo ed esclusivamente grazie ai continui **MUTAMENTI** che si verificano al suo interno → infatti una stella sviluppa energia e splende di luce propria; in particolare quando termina il combustibile nucleare, la gravità prende il sopravvento ed il gas si contrae

Grazie alle nuove condizioni delle stelle, si innescano ulteriori reazioni nucleari che tanto si che esso raggiunge un nuovo stato d'equilibrio

Ad un certo punto la sequenza termina, e a seconda della **massa iniziale** della stella avremo che:

- stelle con $M \cong M_{SOLE}$: Gigante rossa → Nebulosa planetaria → Nana bianca
- stelle con $M > M_{SOLE}$: Supergigante rossa → supernova → stella di neutroni / buco nero

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Detto ciò, gli elementi possono formarsi all'interno di una stella mediante 2 differenti tipologie di PROCESSI:

Producono spontaneamente, solo a TEMPERATURE ELEVATE, elementi con $2 \leq Z \leq 26$ → fino al FERRO

← • PROCESSI **ESOTERMICI** → sono processi che avvengono durante le varie fasi di una stella e si suddividono in:
- FUSIONE dell'**H** (in cui troviamo la catena protone-protone, ciclo CNO)
- FUSIONE dell'**He** (detto anche processo triplo alfa)
- FUSIONE di **C O Ne**
- FUSIONE del **Si**

Processi in cui avviene la sintesi degli elementi più pesanti (Z>26)
Infatti essi richiedono un maggior apporto energetico

• PROCESSI **ENDOTERMICI** → sono processi che avvengono alla fine della vita di una stella e si suddividono in:
- PROCESSO (s) = cattura lenta di neutroni
- FUSIONE (r) = cattura rapida di neutroni

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

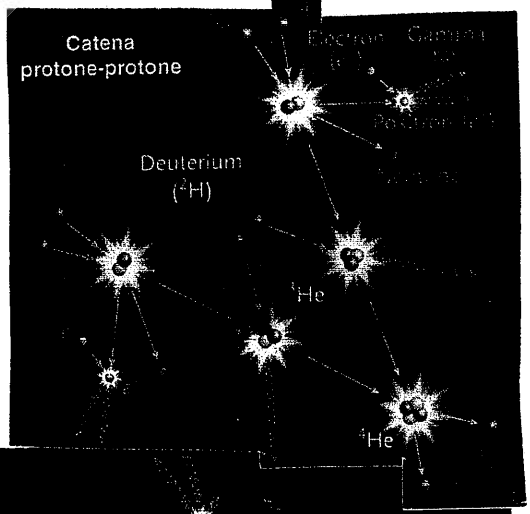
→ **FUSIONE dell'H** → È una reazione che prevede la trasformazione di 4 protoni in un nucleo di He con emissione di
- 2 positroni
- 2 neutrini

$$4\,{}^1_1H \longrightarrow {}^4_2He + 2e^+ + 2\nu_e$$

Inoltre durante la fusione dell'idrogeno avvengono anche molte **REAZIONI SECONDARIE**, tra cui:

→ **catena PROTONE-PROTONE** → È tipica delle stelle giovani aventi masse comprese tra 0,01 e 1 masse solare e, in quanto processo estremamente lento, permettono alle stelle di sostenersi con questa reazione di vivere per almeno 10^9 anni. → Inoltre avviene nel nucleo delle stelle dove la temperatura è circa **15 MK**.

In sintesi è un PROCESSO NUCLEARE che trasforma i nuclei di Idrogeno in nuclei di Elio.
È la sorgente energetica principale per la maggior parte delle stelle.

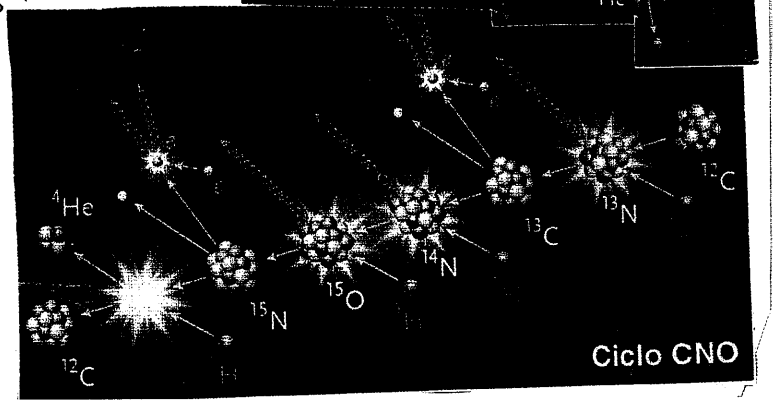


→ **CICLO CNO** → È la principale sorgente energetica per le stelle più massicce

È tipico delle stelle aventi masse superiori a 1,2 masse solari e i cui nuclei sono sottoposti ad una temperatura di circa **40 MK**.

partendo da 4 protoni, si emette
- 1 nucleo di Elio
- 2 positroni
- 2 neutrini
- rilascio energetico sotto forma di raggi γ

C, N, O servono come catalizzatori nella combustione nucleare dell'Idrogeno.



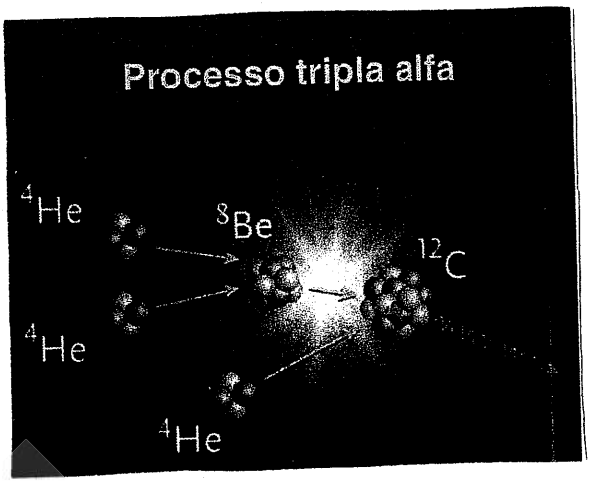
→ **FUSIONE dell' He** → può essere schematicamente riassunto nel PROCESSO TRIPLO ALFA

1) $^{4}He + ^{4}He \rightleftharpoons ^{8}Be$ (poiché è fondamentalmente un doppio He, decade velocemente ⇒ elemento scarto)

2) $^{8}Be + ^{4}He \rightleftharpoons ^{12}C$

↓

È tipico delle stelle aventi masse comprese tra 0,5 e 10 masse solari e i cui nuclei sono sottoposti a T di circa 100 MK

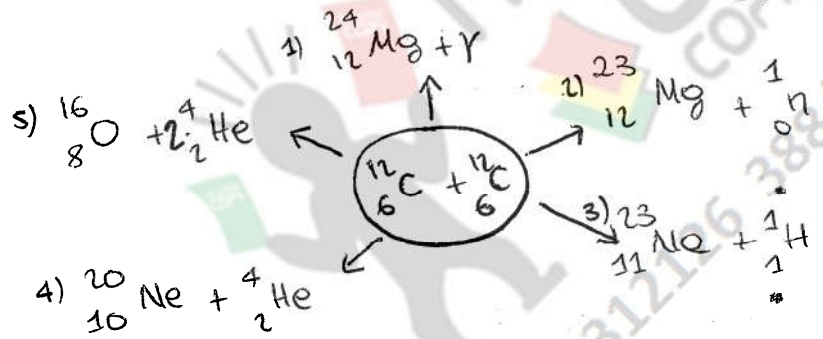


→ **FUSIONE di C, O, Ne, Si** → si innescano dal momento in cui, terminato l'He, la gravità fa collassare le stelle di 4-8 masse solari; ciò comporta un aumento di
- TEMPERATURA
- DENSITÀ

→ che fanno sì che si innescano altre fusioni (→ contenscono alle stelle un nuovo equilibrio)

→ **CARBONIO** → si innesca a
- $T = 600\ MK$
- $d = 2 \cdot 10^{11}\ g/cm^3$

→ prevede la fusione di due isotopi 12 del carbonio a dare → O, Ne, Mg, Na, He, H



MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

→ **NEON** → si innesca a
- $T = 1,2\ GK$
- $d = 4 \cdot 10^{12}\ g/cm^3$

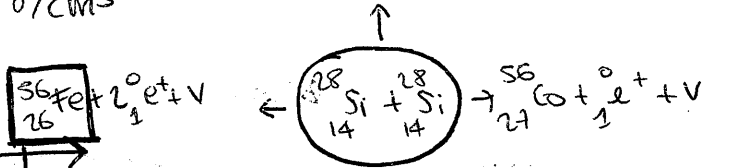
↳ produce O, Mg

→ può essere:
- $^{20}_{10}Ne + \gamma \rightarrow ^{16}_{8}O + ^{4}_{2}He$
- $^{20}_{10}Ne + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{24}_{12}Mg + \gamma$

→ **SILICIO** → si innesca a
- $T = 2,7\ GK$ → produce Ni, Fe, Co
- $d = 3 \cdot 10^{13}\ g/cm^3$

$^{56}_{28}Ni + \gamma$ → emissioni γ o fusione di positroni

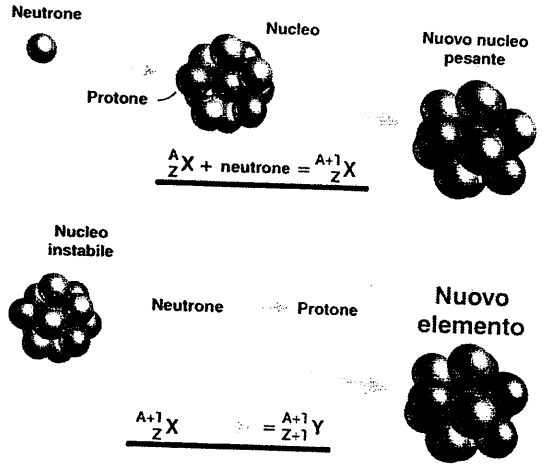
↳ prevede la fusione di due nuclei atomici del Si a dare



→ **FUSIONE** estremamente veloce rispetto alle altre ⇒ i processi esotermici cessano con essa

Hanno così fine i processi esotermici, a cui seguono i processi endotermici imputati alla sintesi degli **ELEMENTI PESANTI**; essi possono essere

- PROCESSO S → si differenziano per la velocità di cattura neutronica da parte del nucleo, ma fondamentalmente possono essere riassunti schematicamente così:
- FUSIONE R



MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 338 9837745

→ **PROCESSO S**: corrisponde ad un processo **LENTO** di cattura neutronica, più lento del decadimento β^-.

$$^{A}_{Z}E \xrightarrow[\text{LENTO}]{\text{cattura neutronica}} {}^{A+1}_{Z}E \xrightarrow[\text{VELOCE}]{\beta^-} {}^{A+1}_{Z+1}E$$

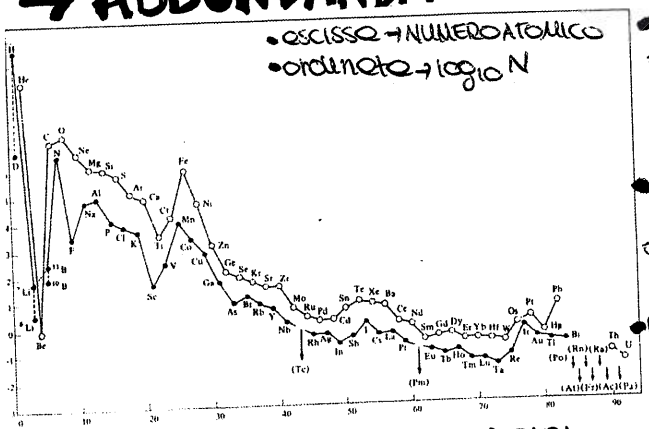
- Si generano nuclidi che possiedono un eccesso rispetto N/Z e quindi tali da poter effettuare un decadimento β^-.
- Si producono elementi con A e Z CRESCENTI (dal ferro all'uranio)

→ **FUSIONE r**: corrisponde ad un processo **VELOCE** di cattura neutronica (ν è paragonata alla velocità del decadimento β^-)

$$^{A}_{Z}E \xrightarrow[\text{VELOCE}]{\text{cattura neutronica}} {}^{A+1}_{Z}E \xrightarrow[\text{LENTO}]{\beta^-} {}^{A+1}_{Z+1}E$$

- Consiste rapidissima di neutroni a nuclidi quali $^{56}_{28}Ni$
- È responsabile della sintesi degli ELEMENTI TRANSURANICI (A > 270)

→ ABBONDANZA degli ELEMENTI



- L'elemento più abbondante è l'H (88,6%), seguito dall'He (11,3%) ⇒ H + He costituiscono il 99,9% degli elementi in natura ⇒ gli altri elementi sono presenti nell'ambiente in bassissime quantità
- le abbondanze diminuiscono in maniera esponenziale all'aumentare di Z (ad eccezione del Fe) in cui troviamo un picco di abbondanza
- Li, Be, B sono abbastanza rari rispetto agli elementi vicini: infatti
  - i loro isotopi sono estremamente fragili
  - ^{4}He possiede un'elevata energia di legame
- Gli elementi che possiedono Z PARI sono più abbondanti di quelli con Z dispari (eccezione del Be in quanto $^{8}_{4}Be$ non esiste)

Gli elementi a → Z PARI costituiscono la → SERIE SUPERIORE
→ Z DISPARI → SERIE INFERIORE

Inoltre è impossibile applicare la **LEGGE di LAVOISIER** alle reazioni nucleari; ne è un esempio la formazione di un nucleo di He a partire da 2 nuclei di H

$$2\,{}^{1}_{0}n + 2\,{}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He$$

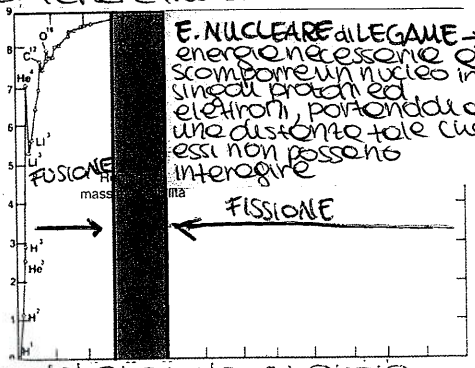
→ Infatti in uno spazio di ordine 10^{-15} devono essere inserite 2 cariche positive, motivo per cui devono instaurarsi cariche nucleari ENORMI affinché il nucleo riesca a vincere la loro repulsione ⇒ Di conseguenza si ottiene necessariamente un **DIFETTO di MASSA**, che non è altro se non l'ENERGIA spesa dal nucleo di He per tenere insieme le particelle nucleari

In figura è rappresentato l'andamento dell'**ENUCLEARE di LEGAME** in funzione del n°di massa A

↓

Si può notare che il valore massimo, a cui corrisponde necessariamente la regione di **massimo stabilità**, si ha per il nucleo di ferro

$^{56}_{26}Fe$ → Ne segue che i nuclei che si trovano con il proprio n°di massa A rispetto alla banda di stabilità è



MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

- **SX** → si combinano liberando energia, ovvero per FUSIONE
- **DX** → liberano energia dividendosi in nuclei più leggeri, ovvero si originano per FISSIONE

In particolare durante la fissione nucleare si ha il decadimento di un elemento chimico PESANTE:

→ **DECADIMENTO** → si individuano fondamentalmente 3 tipologie di decadimento per le specie nucleari:

- **DECADIMENTO α** → $^{A}_{Z}E \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}E + {}^{4}_{2}He$

: dunque fondamentalmente il decadimento α corrisponde all'emissione di un nucleo di He ed è tipico degli elementi che possiedo n° atomico alto (Z ELEVATO)

↓

Le particelle α sono grandi e vengono bloccate facilmente da spessori metallici abbastanza piccoli

- **DECADIMENTO β** → Il decadimento β può essere di due tipi:
  - **β^-**:
    - corrisponde alla conversione di un neutrone in un protone ⇒ A è lo stesso, Z aumenta di 1
    - è accompagnato dall'emissione di un elettrone e di un neutrino

    → $^{A}_{Z}E \rightarrow {}^{A}_{Z+1}E$
  - **β^+** → corrisponde alla conversione di un protone in un neutrone (A uguale, Z diminuisce di 1) e di un positrone → è accompagnato dall'emissione di una radiazione γ

    → $^{A}_{Z}E \rightarrow {}^{A}_{Z-1}E$

Dunque il decadimento β^+ può essere visto come una sorta di **CATTURA K** tramite cui si induce la cattura di $1e^-$ da parte del nucleo atomico → la cattura K in particolare corrisponde alla conversione di un protone in un neutrone secondo il processo $^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{1}_{0}n$