

Il Nucleo

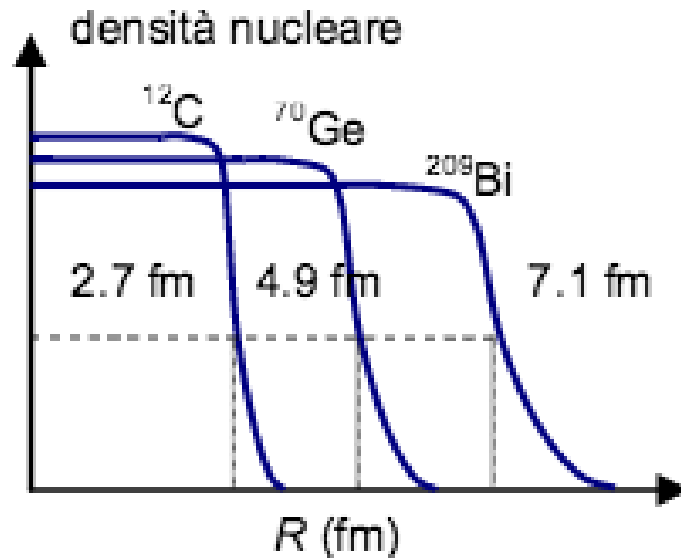
- Nucleo e' costituito da nucleoni (protoni e neutroni). Mentre i neutroni liberi sono abbastanza instabili tendono a decadere in un protone ed un elettrone ($t_{1/2}$ circa 900 s), i protoni sono stabili.
- La forza nucleare forte tiene assieme il nucleo vincendo la repulsione fra i protoni.
- Buona parte degli isotopi sono stabili, ma non tutti.

Il Nucleo

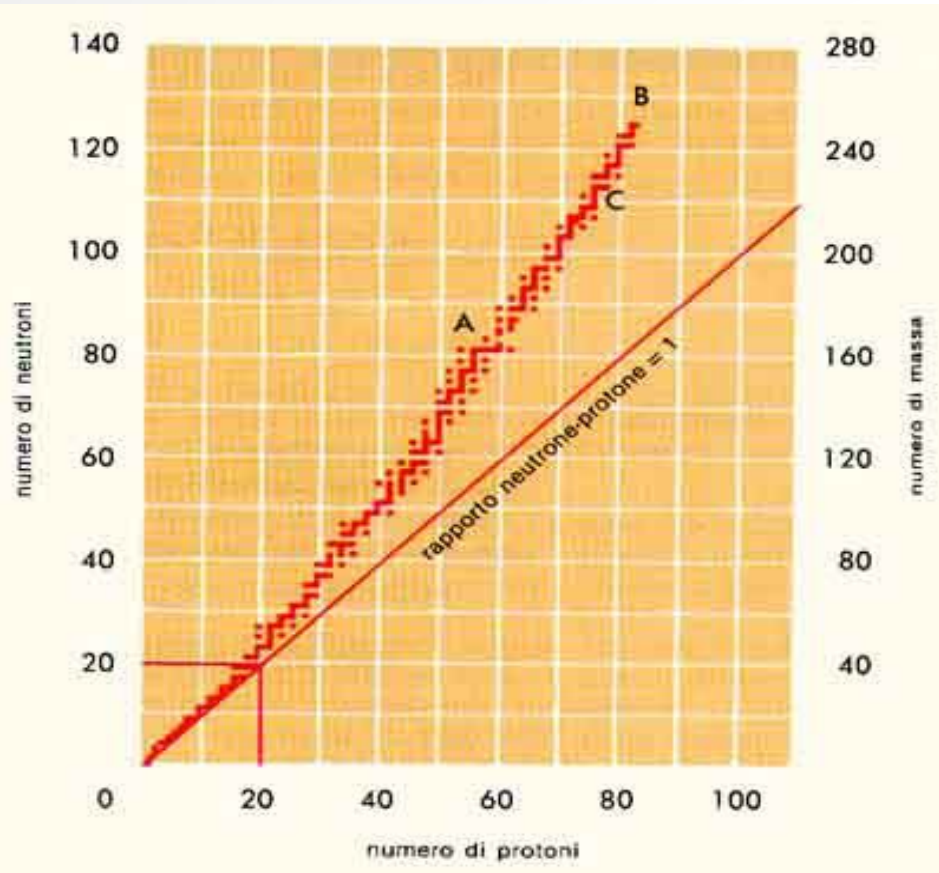
- Il nucleo e' costituito da Protoni e Neutroni (nucleoni)
- Il numero di protoni ($Z =$ numero atomico) caratterizza l'elemento chimico
- Numero di neutroni si indica con N
- Il numero di massa $A = Z + N$
- Due nuclei caratterizzati dallo stesso Z ma differente valore di A (e quindi di N) sono detti isotopi

Il Nucleo

- Dimensioni del nucleo dell'ordine di 10^{-15} m
- Il raggio nucleare $R = R_0 A^{1/3}$



Stabilita' dei nuclei

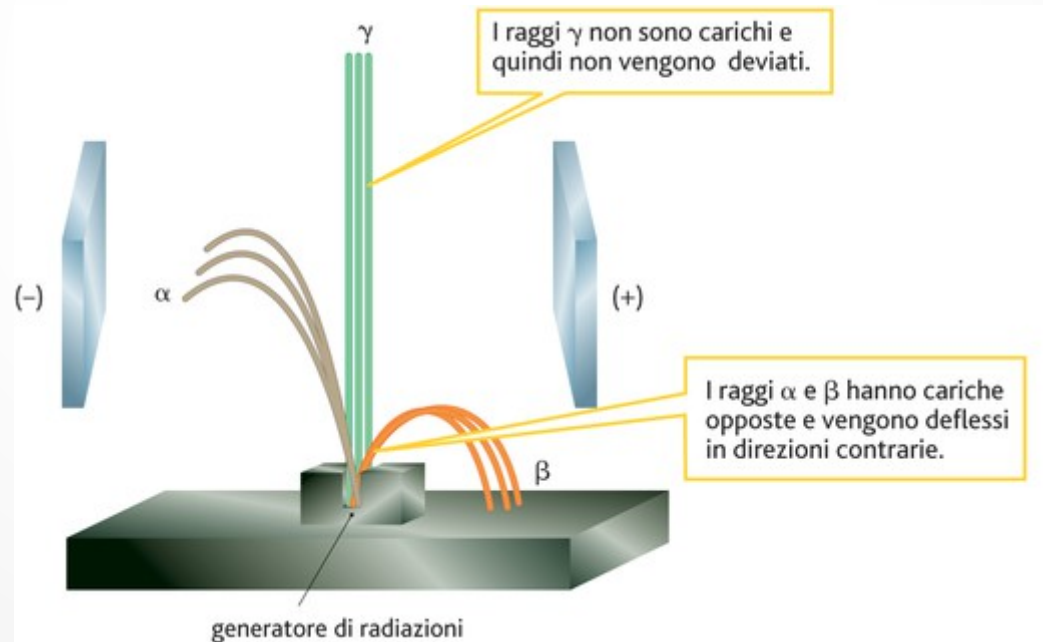


I nuclei non sono tutti stabili, i nuclei poco stabili sono caratterizzati da:

- Troppi protoni quindi nuclei molto pesanti
- Numero troppo grande di neutroni
- Un numero troppo piccolo di neutroni

Decadimenti radioattivi

- La radiotività è stata scoperta alla fine dell'800. Si è successivamente riusciti a classificare la radiotività sotto tre forme: raggi α , raggi β e raggi γ .



Potere di penetrazione

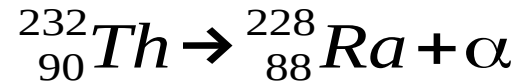
- Raggi alfa sono nuclei di elio, quindi atomi di elio con doppia carica positiva ${}^4\text{He}^{2+}$. Ed hanno un basso potere di penetrazione. Sono fermati da un semplice foglio di carta,
- Raggi beta sono invece elettroni veloci. Questi hanno un maggiore potere di penetrazione e sono comunque bloccati ad esempio da una lastra di alluminio.
- Raggi gamma sono radiazioni elettromagnetiche ad alta energia e quindi alta frequenza. Queste radiazioni hanno un elevato potere di penetrazione e sono assorbite solo da schermature di piombo.

Decadimento

- In generale l'emissione di radiazioni alfa o beta e' il risultato di una disintegrazione o decadimento nucleare. Parafrasando il risultato di un processo di parziale rottura del nucleo.
- Il risultato di un decadimento e' quello di trasformare un nucleo in un elemento diverso.
- Visto che il processo sopra descritto porta a formare nuclei in una situazione di elevato contenuto energetico, tali nuclei danno luogo ad un normale processo di rilassamento energetico che comporta l'emissioni di radiazioni gamma, quindi fotoni ad alta energia.

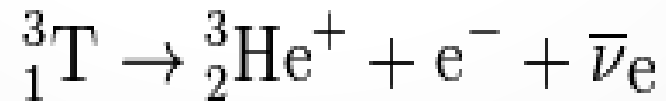
Decadimento alfa

- Nel caso di nuclidi con numero elevato sia di neutroni che di protoni, essi decadono emettendo principalmente particelle alfa.
- Ad esempio il Torio-232, uno dei piu' abbondanti elementi radioattivi decade emettendo una particella alfa e trasformando in Radio secondo la seguente reazione:



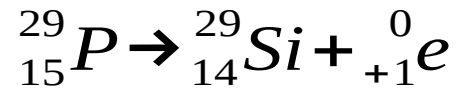
Decadimento beta

- Decadimento a cui vanno incontro nuclei con un soprannumero di neutroni. I neutroni liberi sono instabili e si trasformano in protoni emettendo particelle beta (elettroni veloci)
- Ad esempio il trizio decade formando elio ed emettendo particelle beta oltre che un antineutrino (particelle con massa trascurabile senza carica, poco interagenti con la materia, portatori di energia, non dannosi) :



Decadimento beta+

- Quando ad essere troppo elevato e' il numero di protoni si puo' avere un decadimento con emissione di positroni (anti elettrone, elettrone con carica positiva), un protone si trasforma in neutrone. Ad esempio il Potassio 29:



- Si puo' un decadimento simile a seguito della cattura da parte del nucleo di un elettrone, ad esempio il Potassio-40 si trasforma in Argo-40. In questo caso si assiste alla sola emissione di un neutrino e non di un positrone

Decadimento gamma

- Il decadimento gamma e' il risultato di energia liberata a seguito del decadimento alfa o beta. Ad esempio quando un positrone incontra un elettrone questi si annichilano, cioe' la materia si trasforma in energia.
- Altro esempio quando un atomo di cobalto-60 decade in nichel-60 attraverso decadimento beta, questo emette quindi un elettrone ed un antineutrino. L'atomo di nichel-60 si trova in uno stato eccitato e passa al suo stato fondamentale emettendo energia sotto forma di radiazione gamma.

Difetto di massa

Energia di legame e difetto di massa

- L'energia di legame e' l'energia necessaria a scomporre un sistema nelle sue parti. Di fatto un sistema ha un'energia potenziale negativa cioe' inferiore a quella delle parti che lo sostituiscono.
- Nel caso del nucleo l'energia di legame e' quella necessaria a scomporre il nucleo stesso nei protoni e neutroni che lo costituiscono.
- La famosa equazione di Einstein $E = m c^2$ stabilisce un'equivalenza fra massa ed energia.
- La massa in pratica e' una delle tante forme di energia
- L'energia nucleare e' l'energia necessaria rompere tutti i legami fra protoni e neutroni
- In un qualsiasi nucleo la massa del nucleo stesso e' inferiore alla somma delle masse di neutroni e protoni che lo costituiscono.

Difetto di massa

Ogni nucleo e' sostituito da numerose particelle, ma per quello che ci riguarda possiamo immaginarlo costituito da soli protoni e neutroni (a loro volta costituiti da quark).

Ad esempio il nucleo di un atomo di elio e' costituito da due protoni e due neutroni

Massa delle particelle (in u.m.a.): protone = 1,00728; neutrone = 1,00867;

Elettrone = 0,000598

Massa di un nucleo di ${}^4\text{He}$ = 4,0026 uma

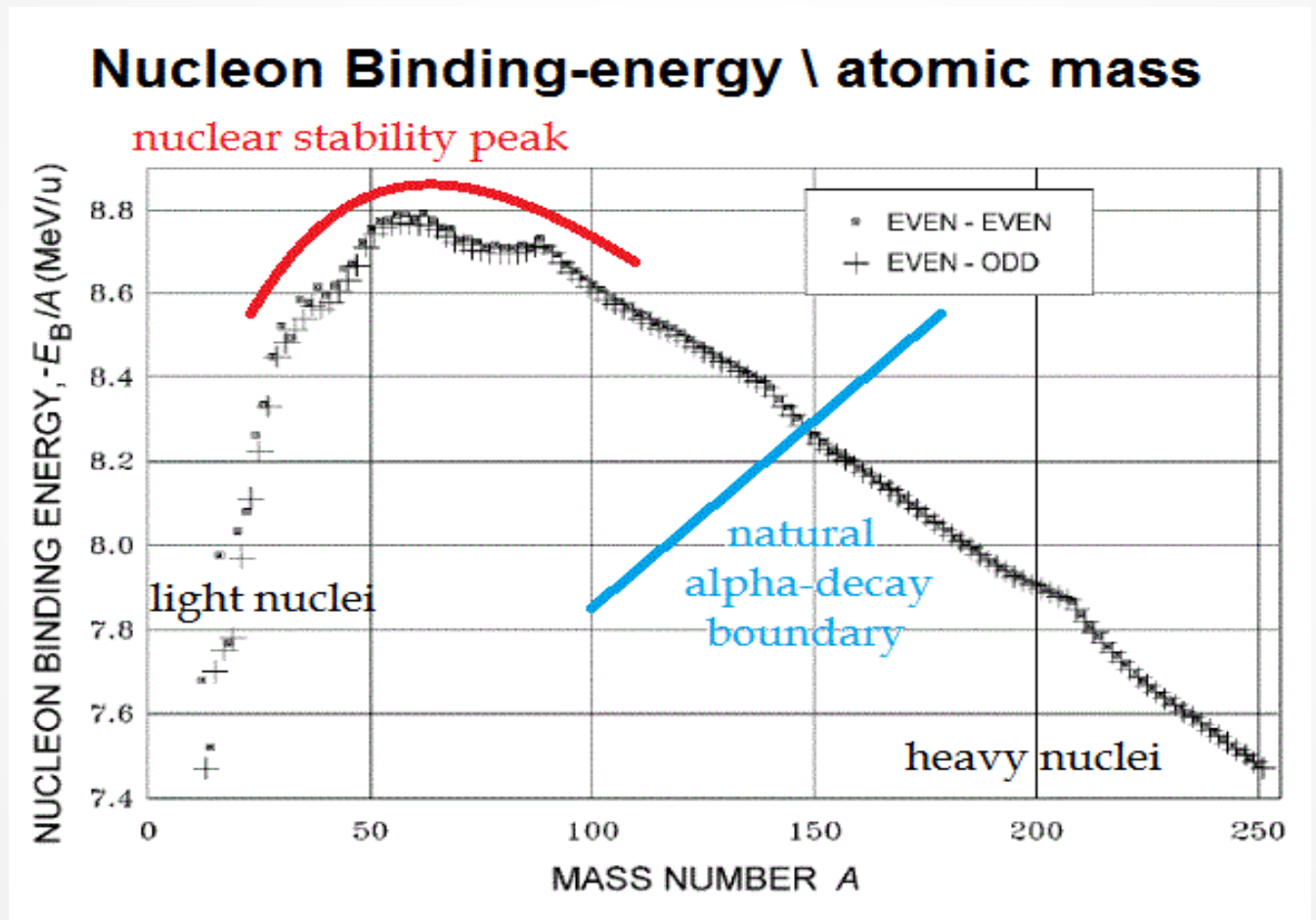
Somma delle masse di 2 protoni e 2 neutroni = 4,0319 uma

La differenza 0,0293 uma = $4,86 \cdot 10^{-29}$ kg

$E = mc^2 = 4,37 \cdot 10^{-12}$ J/nucleo

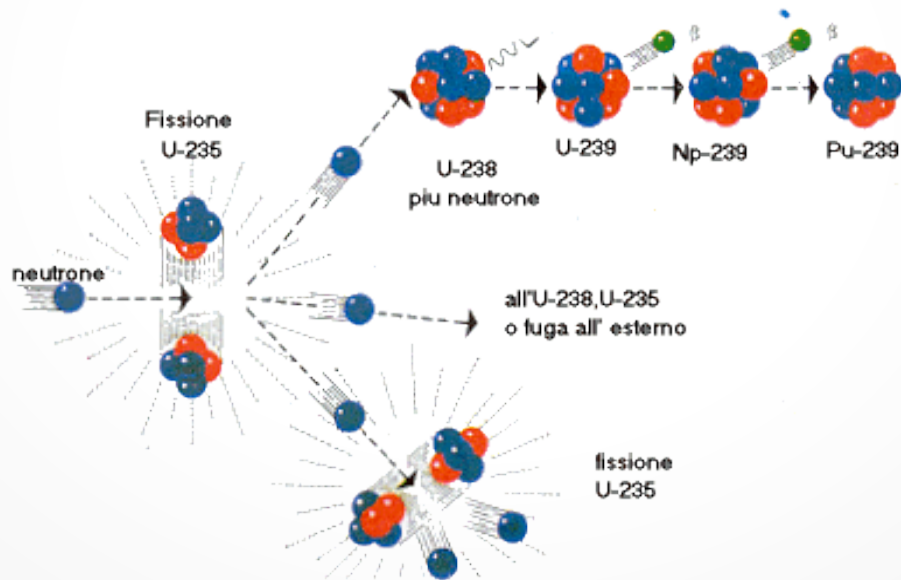
Questa e' l'energia emessa quando si forma un nucleo di elio a partire dalle particelle che lo costituiscono

Energia di legame per numero di nucleoni



Fissione nucleare

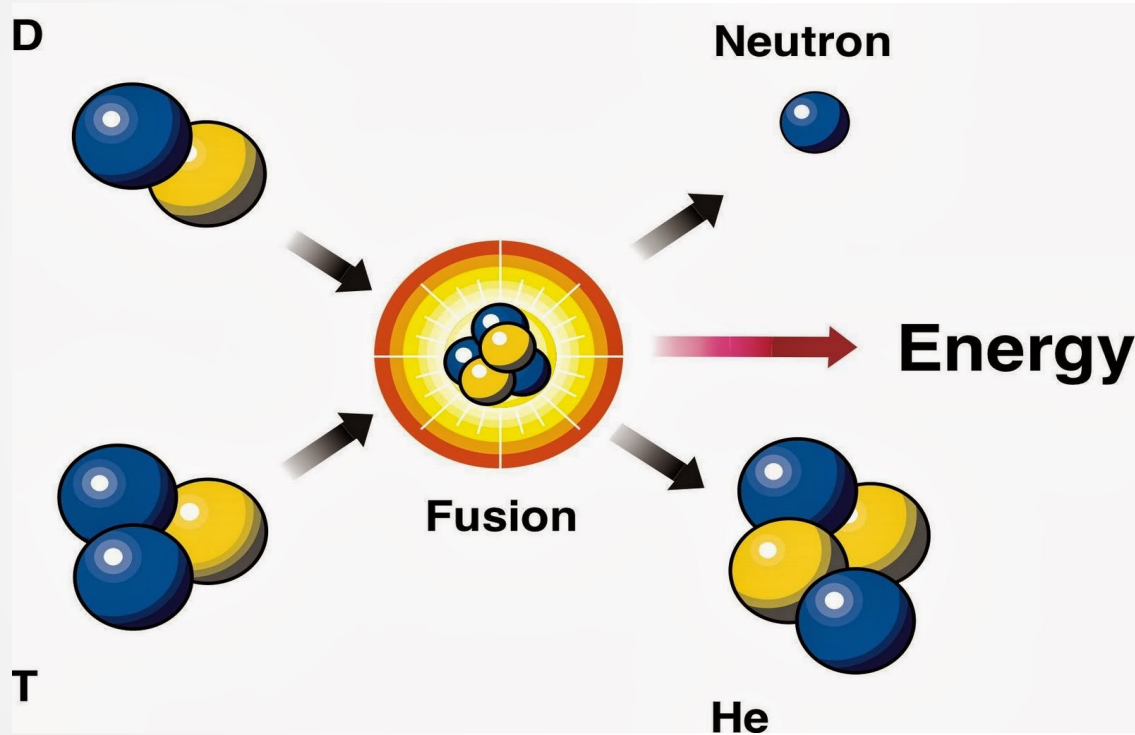
- La fissione nucleare porta ad un grosso guadagno di energia. Tuttavia ha elevata barriera di attivazione (massa critica, arricchimento uranio).



Fissione nucleare

- E' necessario avere una massa minima, definita MASSA CRITICA di uranio arricchito, in questo modo il numero di neutroni generati dalla fissione che incontra un altro nuclide fissile e' maggiore del numero di neutroni che viene dispersi verso l'esterno
- La velocità della reazione a catena può essere controllata se si inseriscono, all'interno del materiale fissile, delle barre di grafite, sostanza capace di assorbire neutroni e quindi capace di rallentare ed, al limite, interrompere, il processo della reazione a catena

Fusione nucleare



Energia prodotta
superiore all fissione

In pratica assenza di
scorie radioattive

Sole, stelle

ITER project

Fusione fredda