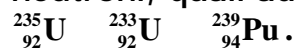


ELEMENTI di CHIMICA NUCLEARE

La FISSIONE NUCLEARE

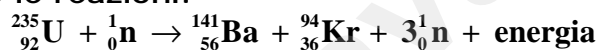
Lo scienziato Otto Hahn nel 1938 scoprì che l'uranio ${}^{235}_{92}\text{U}$ è fissile.

La fissione è una rottura dei nuclei pesanti e può avvenire quando un neutrone lento entra in certi nuclei pesanti aventi un particolare numero di neutroni, quali ad esempio:

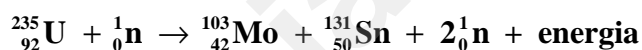


La divisione dei nuclei pesanti produce 2 nuclei più piccoli, due o più neutroni (una media di 2.5 neutroni per ${}^{235}_{92}\text{U}$) e moltissima *energia*.

Per convenzione il neutrone nelle reazioni nucleari si indica con ${}^1_0\text{n}$ per cui, l'isotopo di cui sopra si hanno le reazioni:



oppure:



Queste sono reazioni di fissione nucleare. In esse avvengono tre fenomeni, come facilmente si vede:

- 1)- L'atomo di *uranio* si spezza in due atomi più piccoli.
- 2)- Si libera una notevole quantità di energia.
- 3)- Si liberano 3 (oppure 2, a seconda della reazione) *neutroni*.

Consideriamo per semplicità solo la prima delle due reazioni proposte; si nota che sono emessi *3 neutroni* e questi saranno ovviamente disponibili per colpire altri 3 atomi di uranio rompendoli e producendo quindi altra energia ed altri *neutroni*. Questi proseguiranno nella reazione a catena.

Lo schema a pagina 406 del libro di testo esemplifica quanto affermato.

Dopo 5 passaggi, ad esempio, si avranno 3^5 neutroni (243 neutroni), dopo 10 passaggi, ovviamente, 3^{10} neutroni (59049 neutroni).

Inoltre, triplicandosi ad ogni passaggio il numero di neutroni, la reazione diviene sempre più veloce, producendo moltissima energia (*reazione a catena*).

Detta triplicazione avviene solo se la massa di *uranio* (nel caso esaminato) è grande e, quindi, i neutroni prodotti non escono dal materiale.

Tale quantità limite di massa è detta **massa critica** ; con essa si intende la massa di un campione sufficiente a mantenere la reazione.

Nel caso che tale massa non venga raggiunta, i neutroni si disperdono nell'ambiente.

La FUSIONE NUCLEARE

Quando dei nuclei di atomi molto leggeri (ad es. H, He, Li) vengono combinati o fusi per formare un elemento avente *numero atomico* maggiore, viene emessa energia a causa della maggiore stabilità degli elementi con massa atomica intermedia ($50 < A < 100$). Tale energia proviene dal cosiddetto *difetto di massa*; questo è la differenza tra la somma delle masse dei protoni e dei neutroni e la massa complessiva del nucleo.

Quando due o più nucleoni si uniscono si ha una *diminuzione della massa*. La differenza di massa si trasforma in energia, secondo la formula descritta da Albert Einstein :

$E = mc^2$ (E = energia; m = massa; c = velocità della luce = $3 \cdot 10^8$ m/s).

Per questi motivi, anche con un piccolissimo difetto di massa si ha una produzione notevole di energia. Questa energia, ad esempio, quella che viene emessa dal sole o dall'esplosione di una *bomba all'idrogeno*.

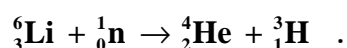
Le reazioni di fusione avvengono, per ora, solo a temperature elevatissime (ca. 10^7 °C).

La fusione nucleare può avvenire tra un atomo di deuterio ${}^2_1\text{H}$ ed uno di trizio ${}^3_1\text{H}$, entrambi isotopi dell'idrogeno, con formazione di un atomo di elio ${}^4_2\text{He}$.

Questo è, però, molto instabile e si scinde subito in un atomo di elio ${}^4_2\text{He}$ e in un neutrone ${}^1_0\text{n}$, secondo la reazione:



Se intorno a questi elementi poniamo del litio ${}^6_3\text{Li}$, questo capta i neutroni che si liberano , trasformandosi in elio ${}^4_2\text{He}$ e in trizio ${}^3_1\text{H}$, secondo la reazione :



Le due reazioni, combinate e complementari, danno luogo alla fusione nucleare. Il processo prosegue fino a che deuterio, trizio e litio si sono trasformati in elio ${}^4_2\text{He}$.

IL DECADIMENTO RADIOATTIVO

Nel nucleo atomico *protoni* e *neutroni* rimangono legati gli uni agli altri in quanto possiedono un'energia minore che se isolati.

Detta stabilità dipende dal numero di protoni (*n. atomico* Z) e dal rapporto tra il numero di neutroni e quello dei protoni.

Aumentando il *n. atomico* Z e, di conseguenza, anche il *n. di massa atomica* A la stabilità del nucleo prima aumenta e poi diminuisce. Il massimo della stabilità si ha nella situazione $50 < A < 100$ (ovvero, valore di A compreso tra 50 e 100).

I **protoni** hanno carica positiva, per cui tenderebbero a respingersi; tuttavia i **neutroni** che non hanno carica si inseriscono tra i protoni, formando legami e diminuendo le repulsioni.

Se un nucleo ha molti protoni necessita anche di molti neutroni per risultare stabile.

Aumentando il numero di protoni aumenta, perciò, anche il numero di neutroni e nei nuclei stabili il loro rapporto è ≈ 1 o poco superiore.

Se un atomo ha troppi (o troppo pochi) neutroni rispetto ai protoni, si ha instabilità e lo stesso nucleo cercherà di variare il rapporto per raggiungere la stabilità. Per fare questo emette radiazioni trasformandosi in un altro nucleo. Se questo non è ancora stabile, farà la stessa cosa fino al raggiungimento di una situazione di stabilità.

Con il termine radioisotopo si intende un atomo che emette *radiazioni*. Le *radiazioni* più importanti sono:

Radiazioni α : costituite da *particelle α* formate da **2 protoni** e da **2 neutroni**. La loro massa è di 4 u.m.a. ed hanno 2 cariche positive. Possono essere considerate anche nuclei di elio ${}^4_2\text{He}$. Sono emesse nell'aria e si fermano dopo circa 7 cm., per cui non si possono considerare pericolose.

Radiazioni β^- : costituite da *particelle β* formate da un elettrone derivante dalla scissione di un neutrone, secondo la reazione:

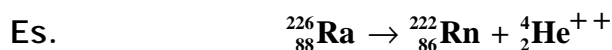


Hanno massa = $1/1836$ u.m.a. e carica negativa. Possono penetrare i metalli in fogli sottili e si possono considerare pericolose.

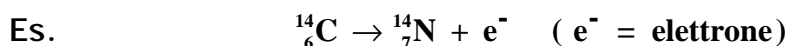
Radiazioni γ : costituite da onde elettromagnetiche con massa e carica = 0 ed altissima energia. Possono penetrare strati notevoli di metallo e sono da considerarsi molto pericolose.

Il **decadimento radioattivo spontaneo** interessa gli elementi con *n.atomico Z* superiore a quello del *bismuto (83)* ed alcuni isotopi instabili di elementi più leggeri (ovvero, con *n.atomico Z* più piccolo). I più importanti tipi di decadimento sono:

Decadimento α : interessa nuclidi con massa atomica >200 (tranne alcune eccezioni). Il nucleo perde *particelle* e si trasforma in un atomo a *n.atomico Z* inferiore di 2 unità e *n.di massa atomica A* inferiore di 4 unità.



Decadimento β^- il nucleo perde *particelle* a carica negativa. E' dovuto ad instabilità causata da eccedenza di *neutroni*. Interessa nuclei instabili di molti elementi anche a basso *n.di massa atomica A*.



In generale, quindi, l'isotopo pesante di un atomo si trasforma nell'isotopo normale e stabile dell'atomo avente il successivo *n.atomico Z*.

Decadimento γ : avviene insieme agli altri decadimenti e non porta a variazioni di massa.

GLOSSARIO

Nuclidi: atomi di cui sono noti il *n.atomico Z* e il *n.di massa atomica A*.

Numero atomico (Z): numero dei protoni nel nucleo di un atomo. Corrisponde al numero degli elettroni in un atomo neutro. Si indica in basso a sinistra del simbolo dell'elemento. Es. ${}_{26}\text{Fe}$, ${}_3\text{Li}$.

Numero di massa atomica (A): numero delle particelle costituenti il nucleo, cioè somma di neutroni (carica neutra) e protoni (carica positiva). Si indica in alto a sinistra del simbolo dell'elemento. Es. ${}^{55}\text{Fe}$, ${}^6\text{Li}$.

Nucleoni: neutroni e protoni.

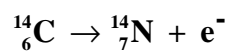
Isotopi: due o più nuclidi aventi lo stesso *n.atomico Z* ma diverso *n.di massa atomica A*; a variare sarà, pertanto, il numero dei neutroni. Ad esempio i tre isotopi dell'idrogeno sono:



Velocità di decadimento: numero di atomi trasformati nell'unità di tempo.

Tempo di dimezzamento: tempo che impiega una quantità nota di un isotopo per ridursi alla metà della massa iniziale. Ad esempio, nel *decadimento β^-* del carbonio -14:

anni.



tempo di dimezzamento = 5730

<http://www.itchiavari.org>