

La fissione nucleare - Ziomax

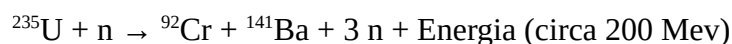
All'inizio del XX secolo, la struttura dell'atomo era ancora in gran parte sconosciuta. Con la scoperta del nucleo atomico e delle particelle subatomiche, i fisici iniziarono a esplorare le reazioni nucleari. Negli anni '30, **Enrico Fermi**, nel Dipartimento di Fisica di Via Panisperna, a Roma, condusse esperimenti bombardando atomi con neutroni lenti. Nel 1934, riuscì a ottenere reazioni sorprendenti con l'uranio, l'elemento più pesante conosciuto. Fermi osservò la formazione di nuovi elementi e ipotizzò di aver prodotto elementi transuranici, cioè con numero atomico superiore a 92. Questa scoperta lo rese celebre: nel 1938 ricevette il Premio Nobel. Tuttavia, i risultati non erano del tutto chiari.

Nel frattempo, in Germania, il chimico Otto Hahn e la fisica austriaca **Lise Meitner** analizzavano le reazioni dell'uranio. Meitner era una brillante scienziata, ma in quanto ebrea fu costretta a fuggire in Svezia nel 1938 a causa delle leggi razziali naziste. Nonostante la separazione forzata, Hahn continuò a lavorare in laboratorio e a comunicare con Meitner. Nel dicembre 1938, Hahn bombardò l'uranio con neutroni e rilevò, con grande sorpresa, la presenza di **bario**, un elemento molto più leggero. Questo risultato era inspiegabile con le teorie esistenti. Scrisse subito a Meitner per chiedere aiuto. Lei, insieme al nipote Otto Frisch, comprese che il nucleo dell'uranio non aveva creato un elemento più pesante, ma si era spezzato in due.

Meitner e Frisch calcolarono che la divisione del nucleo liberava una grande quantità di energia, secondo la formula di Einstein $E=mc^2$. Questo processo fu chiamato **fissione nucleare**. Frisch dimostrò l'effetto anche sperimentalmente e nel 1939 pubblicarono i risultati.

La notizia si diffuse rapidamente. Nel contesto politico della Seconda guerra mondiale, la fissione nucleare attirò subito l'interesse militare: da lì nacque il **Progetto Manhattan**, che portò alla costruzione della bomba atomica.

La fissione nucleare è un processo in cui il nucleo di un atomo pesante (come l'uranio-235 o il plutonio-239) si divide in due nuclei più leggeri, rilasciando una grande quantità di energia, 2 o 3 neutroni liberi, e radiazioni. Questa reazione può avvenire spontaneamente o essere indotta dall'urto con un neutrone. Una delle reazioni più comuni è:

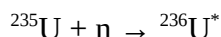


Il rilascio di energia è dovuto al fatto che la somma delle masse dei prodotti è inferiore alla valore di massa iniziale. Questo difetto di massa si trasforma in energia, in accordo con la famosa legge

$$E = mc^2.$$

Il modello nucleare di riferimento per spiegare la fissione nucleare è il **modello a goccia**. Si ipotizza cioè che il nucleo sia come una goccia di liquido incompressibile, al cui interno i nucleoni si comportano come molecole di un liquido, tenute insieme dall'interazione nucleare forte, che ricordiamo è una forza molto intensa ma a corto raggio di azione. La forza coulombiana tra protoni "distanti" (che non interagiscono con interazione forte) tende invece a far esplodere il nucleo.

Quando un neutrone termico - la sezione d'urto, cioè la probabilità che si inneschi la fissione, per l'elemento ^{235}U , è massima quando il neutrone è "lento" - colpisce il nucleo, non trovando alcuna barriera coulombiana vi penetra diventando così ^{236}U eccitato.



Il nucleo eccitato si comporta come una **goccia liquida** che inizia ad oscillare, deformandosi da sferica a ellissoidale. Le forze nucleari attrattive cercano di riportarlo alla forma sferica, ma le forze coulombiane repulsive tra i protoni aumentano con la deformazione. È come se la goccia iniziasse a "tirarsi" verso i poli, formando un "collo". Se l'energia interna è abbastanza alta le forze repulsive superano la coesione nucleare. La goccia si divide in due frammenti più piccoli e i due nuclei risultanti si allontanano violentemente a causa della repulsione elettrostatica. Si libera una grande quantità di energia (circa 200 MeV), che deriva dall'Energia cinetica dei frammenti, da radiazione gamma e da neutroni liberi emessi

Per avere un'idea della quantità di energia consideriamo 1 kg di ^{235}U , che è composto da $2,56 \times 10^{24}$ atomi. L'energia totale che si ottiene è $\approx 8,2 \times 10^{13}$ J, equivalente a circa 20.000 tonnellate di TNT

I neutroni emessi in una fissione possono colpire altri nuclei di ^{235}U uranio, generando una reazione a catena, che, se non viene controllata, può avere effetti devastanti.

Perché la reazione possa avvenire è necessario che il quantitativo di materiale fissile superi un valore detto "valore di **massa critica**", che dipende dal tipo di materiale, dalla sua forma (la sfera è maggiormente efficiente), e dalla eventuale presenza di riflettori neutronici. Per avere un riferimento, la massa critica di ^{235}U senza riflettore è di circa 52 kg.

Abbiamo detto che per la fissione si usa l' ^{235}U , che rappresenta meno dell'1% dell'uranio presente in natura. Per questo, attraverso una tecnologia molto avanzata, per realizzare combustibile utile alla fissione si arricchisce l' ^{238}U (non fissile) di ^{235}U , in modo che quest'ultimo diventi prevalente (80-90%). Giacimenti di uraninite (pechblenda), il minerale da cui si estrae l'uranio, si trovano in Kazakhstan, Canada, Australia, Namibia, Uzbekistan. Altro elemento fissile è il plutonio, che non si trova in natura, ma viene prodotto nelle centrali nucleari bombardando l'uranio 238.