

Fermi ed i ragazzi di via Panisperna

di **Salvatore Amico**

Come sappiamo, nell'atomo di un qualsiasi elemento vi è un nucleo carico positivamente, circondato da una nube di elettroni carichi negativamente. Gli elettroni possono essere staccati facilmente dall'atomo al quale appartengono. E' estremamente difficile ottenere modificazioni nel nucleo dove si trovano **neutroni** e **protoni**. Per cambiare la natura del nucleo bisogna bombardarlo con particelle ad alta velocità come **protoni** o raggi α . Quando il nucleo dell'atomo assorbe la particella, si forma un atomo dell'elemento successivo. Se un protone o una particella α vengono << **sparati** >> contro un nucleo, la repulsione coulombiana può essere così forte da impedirne l'avvicinamento, per cui, se il protone o la particella α non sono dotati di sufficiente energia, la reazione nucleare non potrà avvenire. Per i neutroni il discorso è diverso in quanto, essendo privi di carica elettrica, non sono rallentati dalla repulsione coulombiana. La loro azione è tanto più efficace quanto più sono << **lenti** >>. Più un neutrone è lento e più si attarda nelle vicinanze del **nucleo-bersaglio** e di conseguenza aumenta la probabilità di essere catturato. Per questo motivo i fisici nucleari, primo fra tutti Fermi, tentarono di trasformare i nuclei atomici di un elemento in nuclei atomici di altri elementi colpendoli con **neutroni** (**lenti**). Iniziava così l'esplorazione del nucleo dell'atomo che avrebbe condotto alla scoperta della fissione nucleare. A questa straordinaria conquista diede un notevole contributo il grande fisico italiano Enrico Fermi (1901–1954) che può essere considerato uno dei pochi scienziati del ventesimo secolo che ha saputo conciliare ricerche di tipo teorico e di tipo sperimentale, ottenendo in entrambi i settori risultati di grande valore. Nel 1926, all'età di 25 anni, Fermi vinse il concorso alla prima cattedra di fisica teorica presso l'università di Roma. Nel periodo che va dal 1926 al 1938, il più fecondo della sua carriera, raccolse attorno a sé nell'istituto di fisica di via **Panisperna** un gruppo di giovani laureati, sia teorici che sperimentali, di grande valore: **Ettore Majorana**, **Ferretti**, **Segré**, **Amaldi**, **Rasetti**, **Pontecorvo** e l'avellinese **Oscar D'Agostino**. Una citazione particolare spetta ad Ettore Majorana, fisico teorico di prima grandezza e matematico eccelso. Per la rapidità con la quale eseguiva i calcoli più complessi Majorana era considerato un vero fenomeno. Fermi diceva spesso che più bravo di lui c'era soltanto **Ettore Majorana**, detto lo << Spirito Santo >> per il quale nutriva una grande stima ed una sconfinata ammirazione. La sua scomparsa misteriosa dette adito alle più disparate interpretazioni. Non è da escludere che l'introverso scienziato, avendo intuito l'enorme potenza distruttiva che si celava all'interno dei nuclei degli atomi, abbia deciso di ritirarsi volontariamente in qualche eremo sperduto.



Nel 1934 Fermi scoprì che, bombardando con neutroni <<lenti>> i nuclei di alcuni elementi, si producono fenomeni di radioattività artificiale. Per questa scoperta, nel 1938 , gli venne assegnato il premio Nobel per la fisica .

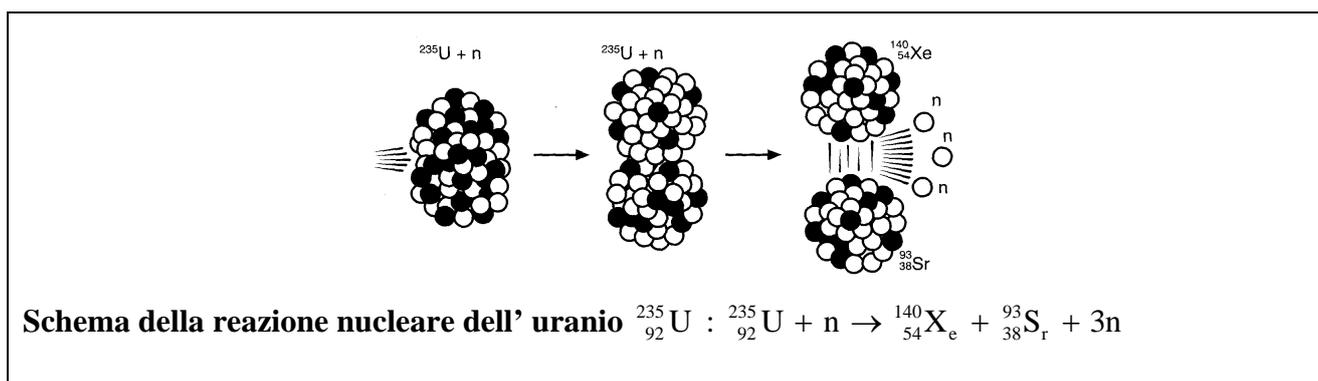
Nel 1934 i coniugi **Joliot-Curie** annunciarono la scoperta della radioattività naturale. L'alluminio ed altri elementi leggeri si trasformavano in sostanze radioattive se bombardate con particelle α che sono nuclei dell'atomo di elio privato degli elettroni, cioè completamente ionizzati. Sugli elementi aventi numero atomico elevato il bombardamento con le particelle α non produceva alcun effetto . In verità il bombardamento dei nuclei con particelle α presentava un forte inconveniente : la carica elettrica delle particelle α è positiva come quella dei nuclei , sicché tra le particelle α ed il nucleo esiste una forza repulsiva che impedisce il contatto tra il proiettile ed il bersaglio. Attivare nuclei pesanti è molto difficile perché la repulsione cresce con il numero atomico degli elementi bersagliati. Dopo che i coniugi **Curie** erano riusciti ad ottenere isotopi artificiali bombardando con particelle α nuclei stabili , Fermi ebbe la brillante idea di usare come proiettili i neutroni . Il presupposto , rivelatosi corretto ed estremamente utile , era che queste particelle , prive di carica elettrica , risultano molto più penetranti e , quindi, più efficienti delle particelle α . I mezzi utilizzati furono molto semplici . La sorgente di neutroni era costituita da una ampolla contenente del **radon** e del **berillio** metallico. Il rivelatore delle radiazioni era un **contatore di Geiger** . Fermi ed il gruppo da lui diretto bombardarono sistematicamente gli elementi di cui potevano disporre in ordine di numero atomico crescente. Il sistematico bombardamento degli elementi iniziò con l'idrogeno e proseguì con l'**ossigeno**, il **litio**, il **berillio**, il **boro**, il **carbonio**, l'**azoto**. Il contatore restò sempre << **muto** >> ; al nucleo colpito dai neutroni non era successo niente . Fermi ed i suoi "**ragazzi di via Panisperna**" (Amaldi , Rasetti , Segré , Ettore Majorana) non si persero d'animo ; anzi il gruppo venne integrato dall'esperto chimico avellinese **Oscar D'Agostino**

(che aveva già lavorato a Parigi coi coniugi Curie) al quale fu affidato il compito di identificare gli eventuali elementi che si producevano . I primi risultati positivi si ottennero con il bombardamento dell'alluminio e proseguirono con tutti gli altri elementi che lo seguivano nella **tavola periodica di Mendeleev** . Gli esperimenti si intensificarono e venne accertato che i neutroni rallentati accrescevano la loro azione sui nuclei. Le esperienze decisive si svolsero usando come “ **rallentatore dei neutroni** “ blocchi di paraffina oppure l'acqua contenuta nella fontana dei pesci rossi del giardino dell'Istituto di Fisica nella quale venivano immersi sorgente e bersaglio. La serie dei bombardamenti proseguì fino al novantaduesimo elemento , l'**uranio** . Prima di allora il nucleo colpito si era tramutato in un nucleo il cui **numero atomico** era prossimo a quello del nucleo iniziale . Con l'uranio le cose cambiarono radicalmente. Fermi ed i suoi collaboratori erano convinti che bombardando con i neutroni lenti i nuclei pesanti avrebbero ottenuto gli elementi <<transuranici>> i quali , essendo instabili , non si trovavano in natura . Il ragionamento di Fermi era il seguente . << Un nucleo pesante che assorbe un neutrone ed emette un elettrone si trasforma nell'elemento successivo del sistema periodico . Quindi bombardando l'uranio naturale ^{235}U , dovrei ottenere l'elemento con $Z=93$, cioè il primo elemento transuranico >>. **Noi oggi sappiamo che il risultato del bombardamento neutronico dell'uranio ^{235}U è la scissione del suo nucleo e non la creazione del primo elemento transuranico , il nettunio , come oggi viene chiamato. Fermi non comprese il nuovo fenomeno , ebbe qualche difficoltà ad individuare gli elementi prodotti dalla reazione nucleare e concluse affermando che tra gli elementi prodotti c'era almeno un elemento transuranico.** Questa interpretazione del fenomeno non era condivisa da tutti gli scienziati dell'epoca. Se gli esperimenti condotti da Fermi possono ritenersi un successo , non possiamo dire altrettanto della loro iniziale interpretazione; infatti Fermi ed i suoi collaboratori erano convinti di avere prodotto elementi transuranici mentre , in realtà , si erano imbattuti nel fenomeno della fissione nucleare , ignoto ai fisici dell'epoca. Per le ricerche sui neutroni nel 1938 Fermi ebbe il premio Nobel per la fisica. Gli esperimenti realizzati dal gruppo di Fermi furono successivamente ripresi e meglio analizzati dai chimici tedeschi **Otto Hahn** e **Fritz Strassmann** e dalla fisica austriaca **Lise Meitner**, ebrea. **Otto Hahn** e **Fritz Strassmann** proseguirono le ricerche senza Lise Meitner costretta , in quanto ebrea , a lasciare la Germania e verso la fine del 1938 riuscirono ad accertare con metodi chimici che tra i prodotti della reazione erano presenti un isotopo del Bario (^{139}Ba) ed uno del Lantanio (^{140}La) . Ma questi due elementi hanno rispettivamente $Z=56$ e $Z=57$ per cui , non solo non si trattava di elementi transuranici ma il risultato dell'esperimento non era spiegabile con nessuna delle reazioni nucleari allora conosciute . Nel 1939 due fisici austriaci Lise Meitner e Otto Frisch ebbero la giusta intuizione ed affermarono che il neutrone produceva la rottura del nucleo di uranio , spezzandolo in due nuclei aventi massa

quasi uguale . Al fenomeno fu dato il nome di fissione nucleare. Qualitativamente il processo di fissione nucleare può essere spiegato nella seguente maniera. Immaginiamo il nucleo di un atomo di uranio $^{235}_{92}\text{U}$ come un insieme di protoni e neutroni impacchettati in una regione di spazio avente forma sferica . Quando un neutrone penetra nel nucleo di uranio cede a questo la sua energia . Si genera un nucleo di uranio $^{236}_{92}\text{U}$ con un eccesso di energia che genera l'oscillazione del nucleo stesso. **Se teniamo presente il modello a goccia di Bohr Wheeler , possiamo affermare che l'oscillazione del nucleo di uranio $^{236}_{92}\text{U}$ può determinare due globi collegati da un collo che si assottiglia e si allunga gradualmente fino alla loro separazione , causata dalla repulsione colombiana. Contemporaneamente si liberano 2 o 3 neutroni la cui presenza non potrebbe essere giustificata all'interno dei due nuclei leggeri generati dalla scissione .**

Nella reazione $^{235}_{92}\text{U} + n \rightarrow ^{140}_{54}\text{X}_e + ^{93}_{38}\text{S}_r + 3n$ **che determina la fissione**

dell'uranio $^{235}_{92}\text{U}$ negli elementi $^{140}_{54}\text{X}_e$ e $^{93}_{38}\text{S}_r$ si libera una energia pari a 200MeV



Uno degli aspetti caratteristici della fissione nucleare è il valore enorme dell'energia che viene liberata. Da dove proviene tutta questa energia ? Ovviamente non dal neutrone che dà inizio al processo di fissione , perché questo viaggia molto lentamente e quindi non possiede troppa energia . La risposta sta nel nucleo stesso dove risiede una enorme quantità di energia che vi rimane localizzata fino a quando l'arrivo dei neutroni non la libera . Se sommiamo le masse di tutti i frammenti prodotti nel processo di fissione e le confrontiamo con le masse del neutrone incidente e dell'atomo di uranio , troviamo che non coincidono : manca un po' di massa che si è trasformata in energia. Tutto questo è in sintonia con quanto ipotizzato da Albert Einstein nella sua teoria della relatività ristretta: << **la massa m si può trasformare in energia secondo la relazione $E = mc^2$** >> .

Se nel processo di fissione c'è perdita di massa, questa va ritrovata sotto forma di energia .

La radioattività indotta , ottenuta bombardando i nuclei di uranio mediante neutroni era ipoteticamente ed erroneamente attribuita da Fermi alla creazione di due nuovi **elementi transuranici** inizialmente chiamati **esperio** ed **ausonio** e poi successivamente ribattezzati negli

USA rispettivamente coi nomi di **nettunio** e **plutonio**. Quindi Fermi non riconobbe il fenomeno della **fissione nucleare** ma intuì vagamente che qualcosa di strano era successo .

Nel 1939 Fermi ritornò sul fenomeno , lo studiò in tutti i suoi dettagli e ne diede la giusta interpretazione . Dopo il 1938 , trasferitosi definitivamente negli Stati Uniti , studiò non solo la scissione dell'uranio ma anche la possibilità di ottenere una reazione a catena . Il coronamento di queste ricerche fu la realizzazione a Chicago nel 1942 della prima pila atomica .