

Le reazioni nucleari

Alcuni isotopi naturali sono instabili e a causa di ciò si trasformano spontaneamente in altri isotopi più stabili attraverso reazioni che interessano il nucleo e che perciò sono dette **reazioni nucleari**.

Gli studi sul nucleo compiuti nel ventesimo secolo non solo hanno permesso agli scienziati di spiegare molte reazioni nucleari naturali ma anche di progettare e realizzare reazioni nucleari artificiali; con queste sono stati preparati nuovi isotopi di elementi naturali e anche nuovi elementi artificiali, ovvero tutti quelli con numero atomico maggiore di 92.

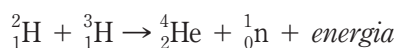
Le reazioni nucleari hanno la caratteristica di liberare quantità enormi di energia e questo fatto trova spiegazione a livello sperimentale. Considerando un nucleo e misurandone la massa si trova che essa è inferiore al valore teorico che si otterrebbe sommando le masse delle singole particelle che compongono il nucleo stesso. Questa differenza viene chiamata **difetto di massa**. Ebbene, la massa mancante si trasforma in energia, proprio l'energia necessaria per tenere vicini i protoni nonostante abbiano la stessa carica elettrica. Questa trasformazione di massa in energia avviene secondo la notissima equazione di Einstein.

$$E = m \cdot c^2$$

energia (J) ←
massa (kg)
velocità della luce ($3,0 \cdot 10^8$ m/s)

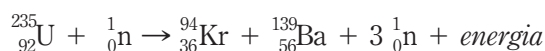
Nelle reazioni nucleari si ha la formazione di nuovi nuclei e, nel caso si tratti di reazioni esoenergetiche, l'energia rilasciata è dovuta proprio alla diminuzione della massa. Anche se la variazione risulta molto piccola, il suo valore moltiplicato per il quadrato della velocità della luce nel vuoto dà sempre un valore di energia molto elevato.

Consideriamo per esempio la reazione nucleare per noi più importante: si tratta della *reazione di fusione* che accende le stelle, come il nostro Sole. In generale nelle reazioni di fusione i nuclei di due isotopi si uniscono per formare il nucleo di un altro isotopo con numero di massa maggiore. Nel Sole avviene la reazione di fusione tra deuterio e trizio che dà origine all'elio, come si evince dalla seguente equazione:



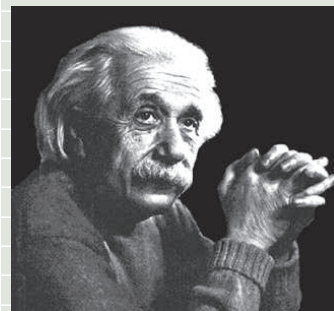
Si può notare che il nuovo elemento prodotto ha un nucleo diverso da quello dei due reagenti, anche se il numero complessivo di protoni e neutroni non cambia in quanto si libera anche un neutrone: $2 + 3 = 4 + 1$.

Nelle centrali nucleari si realizza invece la *reazione di fissione* cioè una reazione in cui un nucleo molto grande viene spezzato in nuclei più piccoli. Un esempio di questo tipo di reazioni è il seguente:



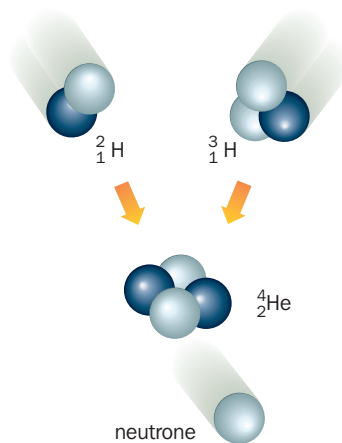
Si può constatare che anche in questa reazione si conserva il numero di particelle subatomiche nucleari: $235 + 1 = 94 + 139 + (3 \cdot 1)$.

I protagonisti della scienza



Il fisico e matematico tedesco **Albert Einstein** (1879-1955) è forse lo scienziato più famoso al mondo. Egli diede contributi innovativi nei settori più disparati della fisica, ma il suo lavoro più profondamente originale è stato la teoria della relatività generale che ha rappresentato il primo grande progresso dopo Newton nell'interpretazione della forza di gravità. Nel 1921 ottenne il Premio Nobel per la Fisica per un suo lavoro del 1905 sulla spiegazione dell'effetto fotoelettrico.

A causa delle persecuzioni razziali da parte dei nazisti (Einstein era di famiglia ebrea) nel 1933 lasciò la Germania rifugiandosi infine negli Stati Uniti, dove ebbe una cattedra di fisica teorica presso l'Institute for Advanced Study di Princeton. Di fronte alla minaccia rappresentata dal regime nazista, nel 1939 scrisse assieme a molti altri fisici una famosa lettera indirizzata al presidente degli Stati Uniti F. D. Roosevelt, in cui si teorizzava l'uso militare dell'energia atomica e ciò segnò l'inizio dei piani per la costruzione della bomba atomica. Dopo la guerra Einstein si impegnò attivamente per la pace e per la messa al bando delle armi nucleari.



ESERCIZI

Le reazioni nucleari

- 1 In una reazione nucleare che cosa si conserva?
 - A Il numero di massa degli isotopi coinvolti
 - B Il numero delle particelle subatomiche nucleari
 - C La massa delle sostanze
 - D L'energia nucleare delle sostanze
 - E Il numero atomico delle sostanze coinvolte

- 2 Che cosa occorre verificare per controllare se l'equazione di una reazione nucleare è bilanciata?
 - A I simboli degli elementi scritti nei reagenti devono essere uguali a quelli scritti nei prodotti
 - B Il numero di atomi di ogni elemento scritto nei reagenti deve essere lo stesso anche nei prodotti
 - C L'energia nucleare contenuta nelle sostanze reagenti deve essere uguale a quella presente nei prodotti
 - D La massa degli atomi delle sostanze reagenti deve essere uguale alla massa delle sostanze prodotte
 - E I neutroni e i protoni costituenti i reagenti devono essere in uguale numero nei prodotti

- 3 In base all'equazione di Einstein, calcola la massa corrispondente a $1,8 \cdot 10^5$ kJ.

- 4 Completa le seguenti equazioni nucleari scrivendo i simboli mancanti:
 - a) ${}^{43}_{19}\text{K} + \dots \rightarrow {}^{44}_{20}\text{Ca}$
 - b) ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + 2\text{p} + \dots$

- 5 In relazione alla stabilità dei nuclei, indica l'affermazione sbagliata.
 - A La massa di un nucleo risulta sempre leggermente inferiore alla somma delle masse delle particelle subatomiche che lo costituiscono
 - B La differenza tra la massa del nucleo e quella complessiva delle particelle subatomiche che lo costituiscono prende il nome di difetto di massa
 - C La diminuzione di massa che si verifica durante la formazione di un nucleo si trasforma in una grande quantità di energia
 - D Il processo di trasformazione di nuclei atomici instabili è detto decadimento radioattivo
 - E L'energia liberata durante la formazione del nucleo è quella che contribuisce a trattenere gli elettroni attorno al nucleo stesso

- 6 Qual è la differenza fondamentale tra la fusione nucleare e la fissione nucleare?
 - A La fusione è una reazione chimica, mentre la fissione riguarda i nuclei atomici
 - B La fissione è un processo endoenergetico, la fusione invece libera energia
 - C La fusione avviene sulla Terra, la fissione invece avviene sul Sole
 - D La fusione produce isotopi radioattivi, mentre la fissione è una reazione «pulita»
 - E Nella fusione si ottiene un nucleo più pesante dei reagenti, nella fissione avviene il contrario

- 7 La produzione di grande quantità di energia durante una reazione nucleare è dovuta:
 - A alla trasformazione di parte dell'energia in massa
 - B al grande numero di protoni e neutroni presenti nei radioisotopi
 - C alla grande instabilità dei nuclei creati dalla reazione
 - D alla trasformazione di parte della massa in energia
 - E alla formazione di sostanze gassose che occupano un grande volume

- 8 Una possibile reazione di fissione è quella in cui il nucleo dell'isotopo uranio-235, colpito da un neutrone, si scinde in due nuclei: tellurio-137 e zirconio-97. Sulla base di queste informazioni, individua quanti neutroni si liberano dalla reazione.

- 9 Supponi che un neutrone provochi la reazione di fissione nucleare dell'isotopo uranio-235. Dalla reazione si liberano tre neutroni e si formano due isotopi, l'isotopo cesio-137 e un altro da individuare. Scrivi l'equazione di questa reazione nucleare.