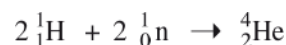


## ◆ Energia nucleare

### ■ Energia nucleare

La massa è una forma di energia: è questo concetto, sviluppato nella **teoria della relatività** di *Einstein*, che permette di comprendere gli aspetti energetici delle reazioni nucleari.

Consideriamo la sintesi dell'elio, He, a partire da due nuclei di idrogeno (protoni) e da due neutroni:



Determinazioni sperimentali con lo spettrometro di massa danno per l'He una massa di 4,00150 u, mentre per due protoni  $2 \times 1,00728$  e per due neutroni  $2 \times 1,00867$ , con un totale di 4,03190 u.

Nella sintesi dell'elio, a partire da due protoni e da due neutroni, si verifica una diminuzione di massa (difetto di massa) che è di circa 0,0304 u. La massa che "scompare" si trasforma in energia secondo l'equazione di Einstein:

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

dove **E** rappresenta l'energia in joule, **m** la massa in kg della sostanza coinvolta e **c** la velocità della luce in metri al secondo, m/s.

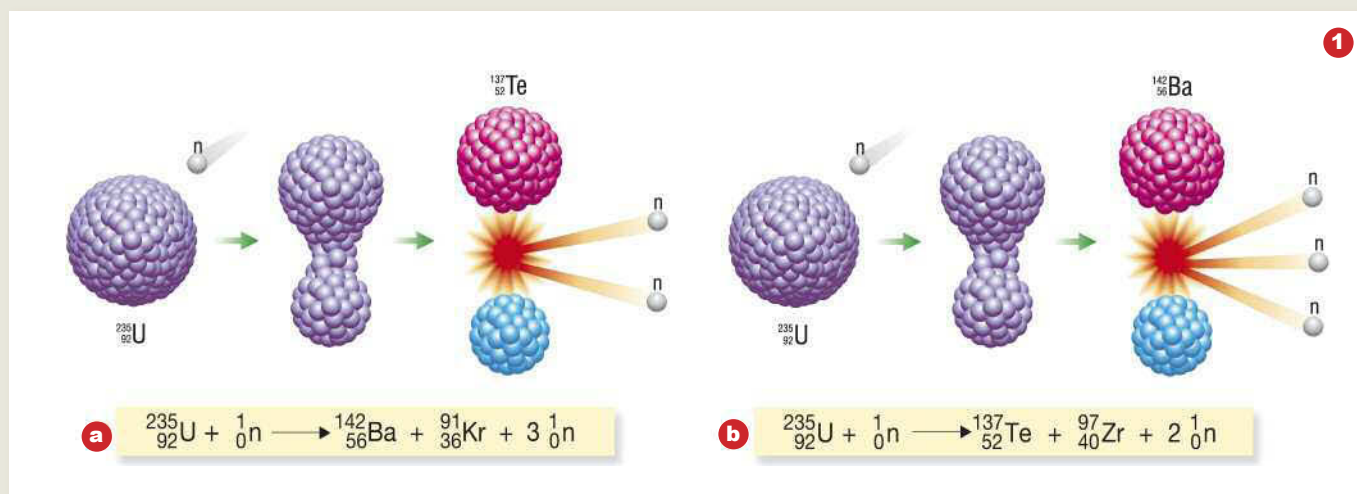
### ■ Fissione nucleare

Bombardando con neutroni alcuni nuclei di un materiale fissile ( ${}^{235}\text{U}$ ,  ${}^{238}\text{U}$ ,  ${}^{232}\text{Th}$ ) si verifica una fissione nucleare e si libera una notevole quantità di energia.

Nel caso dell'**uranio-235** il neutrone viene assorbito dal nucleo dell'uranio che immediatamente si spacca (**fissione** deriva da fendere, spaccare) in due nuclei di massa atomica intermedia; inoltre si ha emissione di un numero di neutroni compreso tra 2 e 3 e di un numero enorme di raggi gamma (*figure 1a e 1b*).

Questa reazione è altamente energetica: una mole di uranio (235 g) produce circa  $2 \times 10^{10}$  kJ. Questo valore è molto elevato se si considera che 1 tonnellata di carbone sviluppa  $8 \times 10^4$  kJ ed una mole di metano (16 g) sviluppa  $8,0 \times 10^2$  kJ.

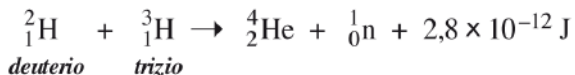
1.  
La reazione di fissione dell'uranio-235 può portare a prodotti differenti (a) e (b).



## ■ Fusione nucleare

Nelle reazioni di fusione nucleare si combinano nuclei leggeri per formarne altri più pesanti liberando una notevole quantità di energia, superiore a quella ottenuta con la fissione nucleare.

Nella sintesi dell'*elio* a partire da deuterio (si indica con H o con D) e *trizio*, due isotopi dell'idrogeno, si ha sviluppo di una notevole quantità di energia ( $2,8 \times 10^{-12}$  J) per atomo di elio formato.



L'energia liberata nella formazione di 4 g di elio ( $6,02 \times 10^{23}$  atomi) è:

$$2,8 \times 10^{-12} \text{ J} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ atomi} = 1,69 \times 10^{12} \text{ J} = 1,69 \times 10^9 \text{ kJ}$$

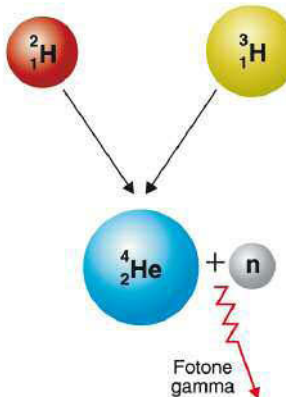
L'energia sviluppata dipende dalla perdita di massa della reazione secondo l'equazione di Einstein.

La fusione, per poter avvenire, richiede alte temperature, dell'ordine di 100 milioni di gradi Celsius: a queste temperature le particelle si muovono l'una contro l'altra con velocità sufficiente a superare la repulsione elettrostatica con cui i due nuclei, entrambi carichi positivamente, tenderebbero a respingersi.

Nelle bombe termonucleari (*bomba a idrogeno*) temperature del genere sono ottenute mediante una bomba a fissione.

Questa tecnica, evidentemente, non può essere utilizzata nelle reazioni di fusione controllata per produrre energia elettrica per usi domestici e industriali.

**2**



2.  
La fusione di un nucleo di deuterio ( ${}^2_1\text{H}$ ) con uno di trizio ( ${}^3_1\text{H}$ ) dà luogo ad un nucleo di elio ( ${}^4_2\text{He}$ ) più un neutrone (n) e una radiazione di alta energia (fotone gamma).