

ENERGIA NUCLEARE

L'energia nucleare è una fonte energetica non rinnovabile, seppure alternativa alle fonti energetiche più tradizionali (combustibili fossili).

Essa comprende l'energia ricavata dalla fissione nucleare e quella ricavata dalla fusione nucleare.

In entrambi i casi, l'energia nucleare non deriva da fenomeni fisici nel senso della fisica classica, nè da fenomeni chimici, quali le combustioni, ma da fenomeni che interessano la struttura interna dell'atomo (reazioni nucleari).

"Creare" l'energia

Il primo principio della termodinamica afferma che l'energia di un sistema termodinamico non si crea né si distrugge, ma si trasforma, passando da una forma a un'altra.

Parallelamente, il principio di conservazione della massa, enunciato da Lavoisier, afferma che anche la massa delle sostanze interessate da un fenomeno chimico non si crea, nè si distrugge.

Fino al 1905 tutti pensavano quindi che la massa e l'energia fossero due realtà fisiche molto diverse, completamente separate e senza punti di contatto. Ma Einstein in quell'anno comprese che queste due realtà fisiche, apparentemente così diverse, sono in verità strettamente legate da un valore numerico molto preciso: il quadrato della velocità della luce (c^2). Questa geniale e semplice formula stabilisce che massa ed energia sono equivalenti, come se fossero le due facce della stessa "medaglia", e che si possono trasformare (almeno a livello teorico) l'una nell'altra.

$$E=mc^2$$

È proprio quanto avviene nel corso delle reazioni nucleari dove si perde una piccolissima quantità di materia, che viene trasformata in energia.

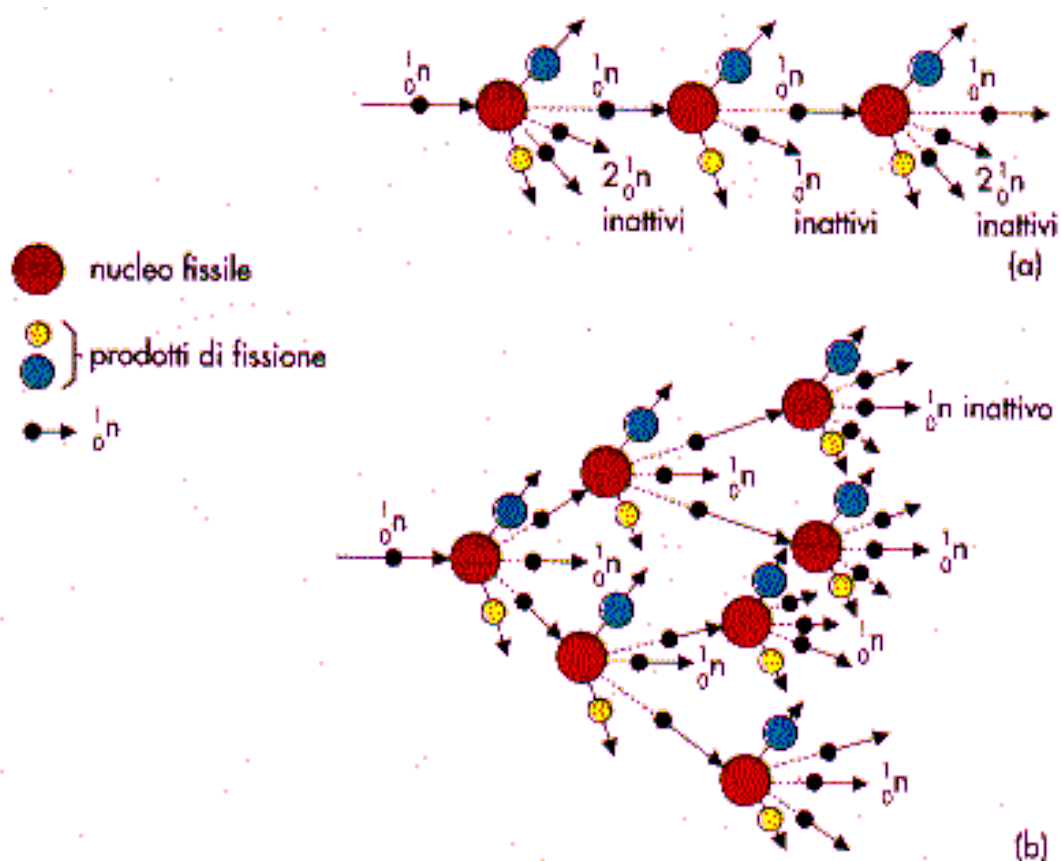
Possiamo quindi affermare che nel corso di tali reazioni siamo effettivamente in grado di CREARE energia, distruggendo una piccola quantità di materia e trasformandola, appunto, in energia.

La fissione nucleare

È una reazione nucleare in cui il nucleo di un elemento pesante - ad esempio uranio-235 o plutonio-239 - viene diviso in nuclei di atomi a numero atomico inferiore, con emissione di una grande quantità di energia e radioattività. La fissione può avvenire spontaneamente in natura (fissione spontanea) oppure essere indotta tramite bombardamento di neutroni.

Nella fissione nucleare, quando un nucleo di materiale fissile (uranio 235) assorbe un neutrone, si fissiona (cioè si divide) producendo due o più nuclei più piccoli e un numero variabile di nuovi neutroni. Gli isotopi prodotti da tale reazione sono radioattivi. Inoltre nella fissione vengono prodotti normalmente 2 o 3 neutroni veloci liberi. L'energia complessivamente liberata dalla fissione di 1 nucleo di uranio 235 è una quantità elevatissima.

I nuovi neutroni prodotti possono venire assorbiti dai nuclei degli atomi di uranio 235 vicini: se ciò avviene possono produrre una nuova fissione del nucleo. Se il numero di neutroni che danno luogo a nuove fissioni è maggiore di 1 si ha una reazione a catena in cui il numero di fissioni aumenta esponenzialmente dando origine ad una reazione che non è più controllata (b).



Per poter controllare la reazione occorre rendere inattiva una parte dei neutroni prodotti, per esempio, "catturandoli" con una sostanza in grado di assorbirli (a), come la grafite.

Tutte le reazioni di fissione producono isotopi radioattivi alcuni dei quali rimangono attivi molto a lungo. Inoltre le reazioni di fissione dell'uranio 235 che avvengono nei reattori nucleari danno origine, per un fenomeno più complesso della semplice fissione, danno origine a plutonio 239; mentre le scorie che provengono dai prodotti da fissione decadono in poche decine di anni, il plutonio resta radioattivo per milioni di anni.

Il reattore nucleare

In ingegneria nucleare un reattore nucleare a fissione è un sistema complesso in grado di gestire una reazione nucleare a fissione a catena in maniera controllata ed è utilizzato come componente base nelle centrali nucleari le quali possono contenere anche più reattori nucleari nello stesso sito.è

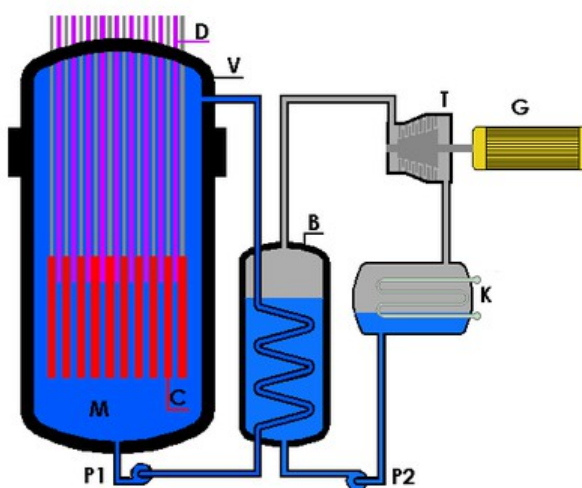
Esistono molte tipologie diverse di reattori nucleari a fissione che, pur identici nel principio di funzionamento, differiscono per le tecnologie e le sostanze impiegate.

A titolo di esempio, consideriamo il reattore nucleare ad acqua pressurizzata (in inglese PWR: Pressurized Water Reactor).

In questo reattore l'acqua leggera di raffreddamento del nocciolo (circuito primario), usata anche come moderatore, viene tenuta a pressioni elevate intorno ai 15.5 MPa nominali, nel caso dell'EPR [1], in modo da poter raggiungere temperature elevate senza cambiamento di stato.

Il circuito primario funziona a temperature massime dell'ordine dei 327 °C; ciò limita nella pratica la produzione di vapore nel circuito secondario (P2) a pressioni di 7.8 MPa, riducendo quindi il rendimento termico dell'impianto.

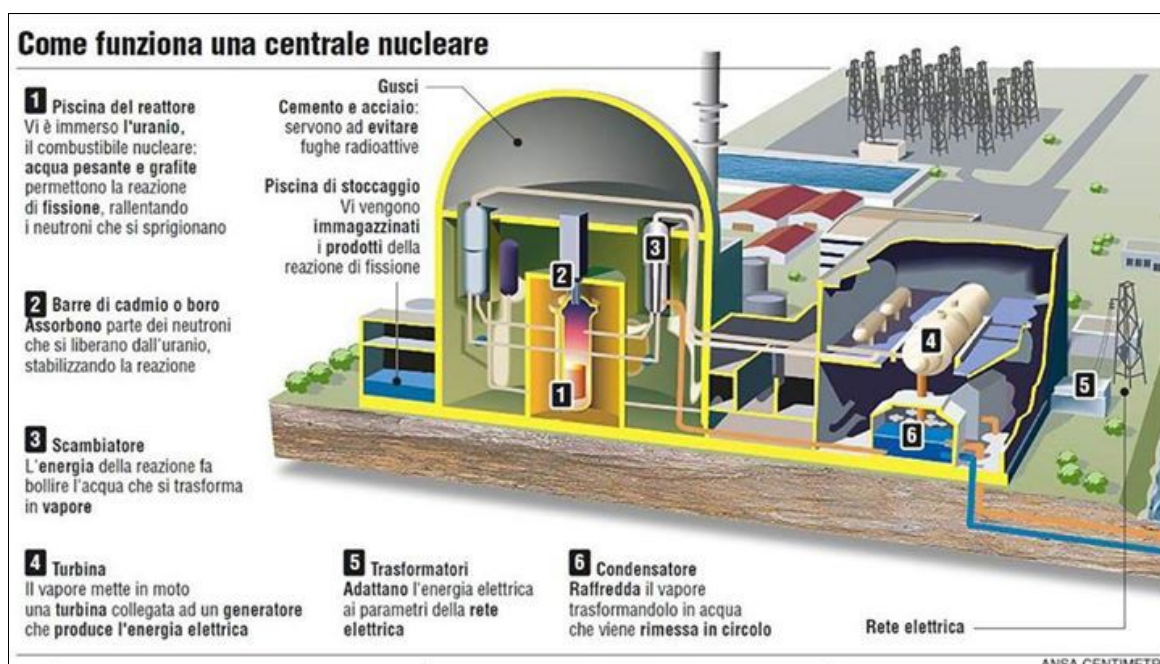
D'altra parte, l'acqua a contatto del nocciolo è a pressione più alta di quella di un reattore BWR, e quindi più incline a decomporsi in H^+ e OH^- , con conseguenti problemi di corrosione che sono evitate tramite l'immissione di idrogeno gassoso per diminuire la quantità di Ione ossidrilico disciolto. Ulteriori problemi sono dovuti all'utilizzo di acido boric per il controllo nel lungo periodo della reattività del reattore. A tal scopo,



l'interno del reattore è placcato con 5 mm di acciaio inossidabile. Con riferimento alla figura, il reattore PWR è costituito da due circuiti ad acqua interfacciati dal generatore di vapore.

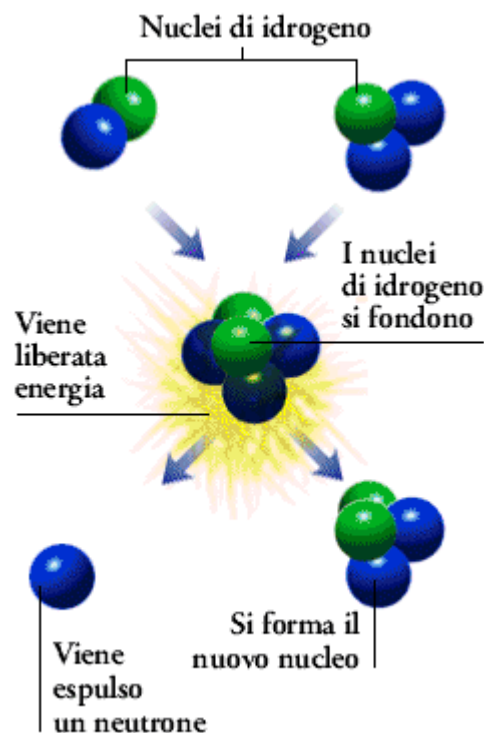
Il circuito primario è costituito da un recipiente in pressione (V, detto anche Vessel) che contiene il

nocciolo formato da elementi di combustibile (C) al cui interno scorrono le barre di controllo (D), il moderatore di neutroni (M) e l'acqua, che funge anche da fluido refrigerante. L'acqua sottrae calore per conduzione al nocciolo caldo spinta da una pompa di ricircolo (P1). Il circuito secondario, non radioattivo, è costituito dalla parte superiore del generatore di vapore (B) in cui viene fatta circolare acqua. Lo scambio di calore, senza contatto diretto, tra l'acqua del primario e quella del secondario genera vapore che, a pressione relativamente bassa, passa nella turbina (T) la quale è accoppiata ad un generatore elettrico (G), che produce elettricità da immettere in rete. Dalla turbina il vapore passa al condensatore (K) dove viene condensato, fornendo così l'acqua da reimmettere in ciclo mediante la pompa (P2).



La fusione nucleare

In fisica nucleare la fusione è il processo di reazione nucleare attraverso il quale i nuclei di due o più atomi vengono compressi tanto da far sì che si uniscano tra loro e andando così a generare un nucleo di massa maggiore dei nuclei reagenti nonché, talvolta, uno o più neutroni liberi; la fusione di elementi fino ai numeri atomici 26 e 28 (ferro e nichel) è esoenergetica, ossia emette più energia di quanta ne richieda il processo di compressione, oltre è endoenergetica, cioè assorbe energia (per la costituzione di nuclei atomici più pesanti).



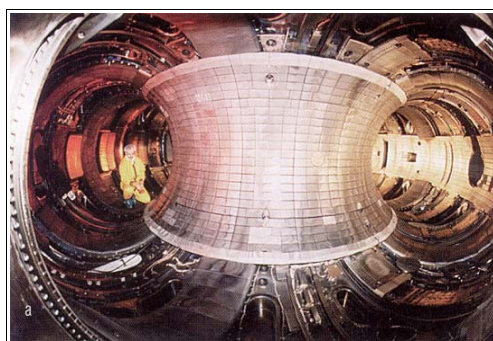
Il processo di fusione è il meccanismo che alimenta il Sole e le altre stelle; all'interno di esse si generano tutti gli elementi che costituiscono l'universo dall'elio fino all'uranio ed è stata riprodotta dall'uomo con la realizzazione della bomba H. Studi sono in corso per riprodurre a fini energetici e a scala industriale fenomeni di fusione nucleare controllata.

La reazione di fusione nucleare produce, come unico tipo di scoria, elio (He) che è un gas inerte e assolutamente non radioattivo. Inoltre le centrali a fusione nucleare non produrrebbero energia tramite combustione di combustibili fossili e quindi non inquinerebbero l'atmosfera e, soprattutto, non incentiverebbero l'effetto serra. Il peggior isotopo che potrebbe essere disperso nell'ambiente è il trizio che ha un tempo di dimezzamento di 12,3 anni, un periodo molto ridotto rispetto ad alcuni isotopi prodotti dalle centrali a fissione che possono dimezzarsi in migliaia di anni.

La fusione richiede temperature di lavoro elevatissime, tanto elevate da non poter essere contenuta in nessun materiale esistente. Il plasma di fusione dovrebbe essere quindi confinato grazie all'ausilio di campi magnetici di intensità elevatissima.

Un esempio? Il Tokamak

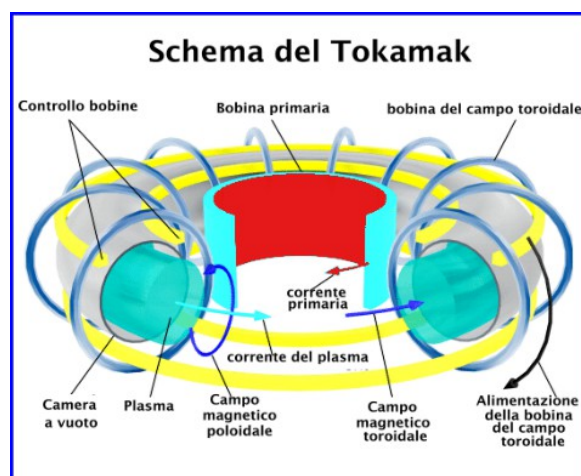
Un **tokamak** è una macchina di forma toroidale che, attraverso il confinamento magnetico di isotopi di idrogeno allo stato di plasma, crea le condizioni affinché si verifichi, al suo interno, la fusione termonucleare allo scopo di estrarne l'energia prodotta. È una macchina sperimentale in via di ottimizzazione.



La miscela di gas presenti all'interno del tokamak è generalmente composta da due isotopi dell'idrogeno: deuterio e trizio. La miscela di gas allo stato di plasma risulta essere completamente ionizzata pertanto controllabile, sfruttando la forza di Lorentz, attraverso degli opportuni campi elettromagnetici esterni.

I campi magnetici sono di tre tipi: campi toroidale e verticale indotti esternamente e campo poloidale generato dal plasma stesso.

- Il primo, generato per mezzo di bobine toroidali, permette di generare un campo diretto attorno all'asse di simmetria del toro che vincola le particelle cariche a fluire lungo quella direzione.
- Il secondo, generato per mezzo di bobine, permette il controllo della posizione del plasma all'interno del toro.
- Il terzo, assicura l'equilibrio del plasma.



Il plasma per raggiungere le condizioni di fusione termonucleare deve soddisfare particolari condizioni. Per il raggiungimento di queste condizioni un fattore importante è la temperatura del plasma, per l'innalzamento della quale viene trasmessa altissima energia al plasma attraverso varie tecniche, mentre i campi magnetici consentirebbero di contenerlo senza far uso di contenitori.

RIASSUMENDO

