

## *Nucleare, energia*

Il termine energia nucleare indica tutti quei fenomeni che comportano la produzione di energia a partire da trasformazioni che avvengono a livello dei nuclei atomici.

Assieme alle fonti rinnovabili e fossili, l'energia nucleare è una fonte di energia e non un vettore energetico.

Esistono tre tipi principali di reazioni che generano energia nucleare: la fusione nucleare, la fissione nucleare e le reazioni direttamente legate alla radioattività di alcuni materiali (noto anche come decadimento radioattivo).

Attualmente, l'unica tecnologia commerciabile è quella basata sulla fissione nucleare. La fissione consiste nella rottura del nucleo di un atomo per generare elevate quantità di energia: quando un neutrone colpisce un nucleo fissile (ad esempio quello dell'uranio-235), questo si divide in due e libera due o tre neutroni (mediamente 2.5). La somma delle masse dei due frammenti e dei neutroni emessi è leggermente minore di quella del nucleo originario e di quelle del neutrone che lo ha bombardato: la materia mancante si è trasformata in energia, secondo l'equazione di Einstein ( $E = mc^2$ ).

Gli isotopi prodotti da tale reazione sono radioattivi in quanto posseggono un eccesso di neutroni e decadono fino a raggiungere una configurazione stabile.

La percentuale di massa trasformata in energia è circa lo 0.1%, ovvero per 1 kg di materiale fissile, 1 g viene trasformato in energia. Se accanto al nucleo oggetto di fissione se ne trovano altri in quantità sufficiente (massa critica), si svilupperà una reazione a catena in grado di auto sostenersi per effetto delle successive fissioni dei nuclei causate dai neutroni secondari emessi dalla prima fissione.

La fissione nucleare dell'uranio e del plutonio è ampiamente sperimentata ed ingegnerizzata da circa 50 anni. Nell'agosto 2007, 439 reattori nucleari coprivano circa il 16% del fabbisogno mondiale di energia, mentre a livello dei Paesi dell'OCSE tale percentuale era di circa il 30%.

Le prime bombe atomiche, che distrussero Hiroshima e Nagasaki nel 1945, erano basate sul principio della fissione.

I problemi e limiti dell'energia nucleare prodotta per fissione sono così riassumibili:

- Stoccaggio delle scorie radioattive prodotte durante il processo di fissione;
- Possibili incidenti nel reattore o fughe di radioattività;
- Costo e possibilità di approvvigionamento del materiale fissile;

Negli ultimi anni si è osservato un comportamento del costo dell'uranio simile a quello del petrolio. L'AEA (Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica) stima che i giacimenti di uranio attualmente noti saranno in grado di soddisfare l'attuale domanda fino al 2035.

Tra il 1950 e il 2000, il prezzo dell'ossido di uranio (materiale dal quale si ricava per arricchimento il concentrato di uranio utilizzato nelle centrali) non ha subito grandi rialzi.

All'inizio del nuovo secolo, tale tendenza si è capovolta: si è passati da 10 \$/libbra nel 2002 a circa 130 \$/libbra nel 2007.

Per fare fronte a questi problemi sono state sviluppate alcune soluzioni alternative.

L'utilizzo di reattori cosiddetti autofertilizzanti potrebbe innalzare significativamente l'efficienza di utilizzo dell'uranio. Questa tecnologia sfrutta la conversione dell'isotopo non fissile uranio-238 (circa 140 volte più abbondante dell'isotopo fissile con numero di massa 235) in plutonio-239. Tuttavia, il plutonio è chimicamente tossico ed ha tempi di decadimenti estremamente lunghi (migliaia di anni), per cui la sua produzione è problematica.

Questi reattori di nuova generazione sono stati sperimentati in passato con successo con alcuni modelli: uno di essi era il francese Super-Phénix (di proprietà ENEL per il 30%).

Un'altra soluzione consiste nell'utilizzare il torio al posto dell'uranio come combustibile, data la sua elevata disponibilità in natura. Attualmente in India sono presenti alcune centrali che tramite tecniche di fertilizzazione del torio-232 generano uranio-233 fissile.

I problemi legati alla fissione nucleare potrebbero essere risolti dalla commerciabilità del processo di fusione nucleare.

Esso consiste nell'unione di due atomi.

In questo tipo di reazione il nucleo del nuovo atomo costituito ha massa totale minore della somma delle masse reagenti con conseguente liberazione di energia.

Affinché avvenga una fusione tra due nuclei, questi devono essere sufficientemente vicini in modo che la forza nucleare di attrazione sia maggiore di quella coulombiana (il fisico francese Coulomb nel XVIII° secolo descrisse il fenomeno per cui due corpi elettricamente carichi si attraggono o si respingono a seconda del loro stato di carica, con una proporzionalità inversa al quadrato della distanza): ciò avviene a distanze dell'ordine di qualche femtometro ( $10^{-15}$  metri). L'energia necessaria per superare la repulsione coulombiana può essere fornita alle particelle portandole in condizioni di altissima pressione (altissima temperatura e/o altissima densità).

Tale processo è comune nelle Stelle, ad esempio nel Sole.

La fusione nucleare, nei processi realizzati dall'uomo, è usata in forma incontrollata nelle bombe a idrogeno, e in forma controllata nei reattori a fusione termonucleare, ancora sperimentali.

Le tipologie di atomi interessanti per il processo di fusione sono i due isotopi dell'idrogeno, il deuterio ed il trizio, caratterizzati da minimo numero atomico a cui corrisponde la minima energia di innesco.

All'interno delle Stelle più grandi è possibile anche la fusione di elementi più pesanti.

In ogni caso, con un grammo di deuterio e trizio si potrebbe produrre un'energia equivalente a quella contenuta in 11 tonnellate di carbone.

La fusione nucleare, se controllata, potrebbe risolvere la maggior parte dei problemi energetici sulla terra, in quanto sarebbe possibile produrre quantità pressoché illimitate di energia senza emissioni di gas nocivi o serra, e senza la produzione di scorie radioattive: la piccola quantità di radioattività residua interesserebbe solo alcuni componenti del reattore a fusione.

Attualmente la fusione nucleare è ancora in fase di sperimentazione: in Francia, a Cadarache (vicino a Marsiglia), un consorzio costituito dall'Unione Europea, Stati Uniti, Giappone, Cina, Russia, Corea del Sud e India ha iniziato la costruzione di un reattore deuterio-trizio per la commercializzazione dell'energia nucleare da fusione (il progetto è noto come ITER).

(C.N.)