

INTRODUZIONE

Lo scopo di questo capitolo è introdurre il lettore nei concetti che stanno alla base del mondo delle centrali nucleari. Verranno introdotti i concetti di base per comprendere le tecnologie che stanno dietro al mondo della produzione di energia elettrica sfruttando reazioni nucleari

5.1 CENTRALI NUCLEARI

Una forma di energia alternativa rispetto a quelle descritte fino ad ora è l'energia nucleare. Essa si genera, in ambito civile attualmente sfruttando la tecnologia della **fissione nucleare**. Più precisamente la fissione nucleare consiste nella scissione degli atomi del combustibile (atomi di **Uranio (U)**) generata da neutroni che si possono in grado di muoversi ad altissime velocità. Questa scissione genera calore e produce altri neutroni che vanno a rompere altri nuclei di Uranio generando così una reazione detta **reazione a catena**.

Di seguito viene descritta brevemente la struttura atomica. Un atomo è composto da tre tipologie di particelle:

- **Protoni**
- **Neutroni**
- **Elettroni**

Mentre i protoni sono particelle con cariche positive e gli elettroni sono particelle cariche negativamente, i neutroni sono privi di carica. Detto ciò, la figura che segue mostra il nucleo atomico composto da protoni e neutroni, mentre gli elettroni ruotano su orbite ellittiche.

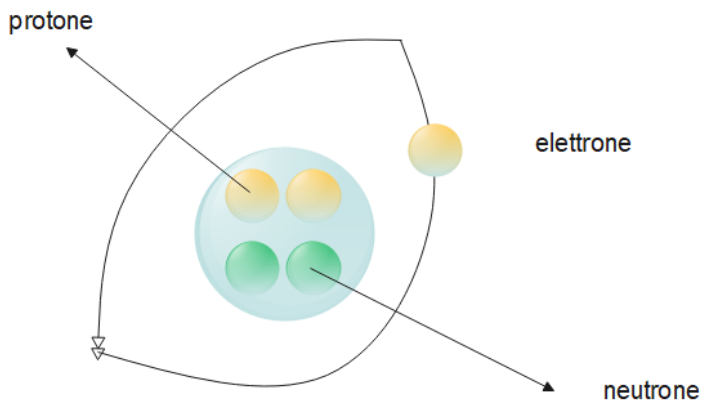


Figura 5.1: Modello atomico

La gran parte della massa dell'atomo è concentrata nel suo nucleo composto, per l'appunto dai nucleoni (neutroni e protoni). Si definisce **numero atomico** (si indica con Z) il numero di protoni che compongono il nucleo. Si definisce **numero di massa** (M) il numero di protoni e neutroni che compongono il nucleo. Solitamente un elemento chimico si rappresenta in questo modo:



Dove X è il nome dell'elemento. Ad ogni modo, le particelle (neutroni e protoni) del nucleo sono tenute insieme da delle forze particolari dette forze nucleari. Sono forze con un raggio estremamente ridotto ma molto forti. Bombardando i nuclei con dei neutroni è possibile alterare l'equilibrio del nucleo stesso. Per esempio, nuclei di Uranio (U) o di Torio, quando vengono bombardati da neutroni subiscono un processo di disintegrazione chiamato fissione. I frammenti del nucleo, dopo la rottura, hanno carica positiva e quindi si respingono con violenza allontanandosi con una altissima energia cinetica.

Un elemento che può andare incontro al processo di fissione viene detto **fissile**. Se la velocità dei neutroni è troppo elevata le probabilità che avvenga la scissione è bassa. Per questo motivo che, nei comuni reattori nucleari, si utilizza un **moderatore** per abbassare la velocità dei neutroni. Spesso nelle centrali nucleari a fissione, come moderatore si utilizza l'acqua. Così facendo, la velocità dei neutroni viene limitata a determinate velocità (ordine di 8000-10000 km/h). Di seguito viene mostrata la struttura di base di una centrale nucleare.

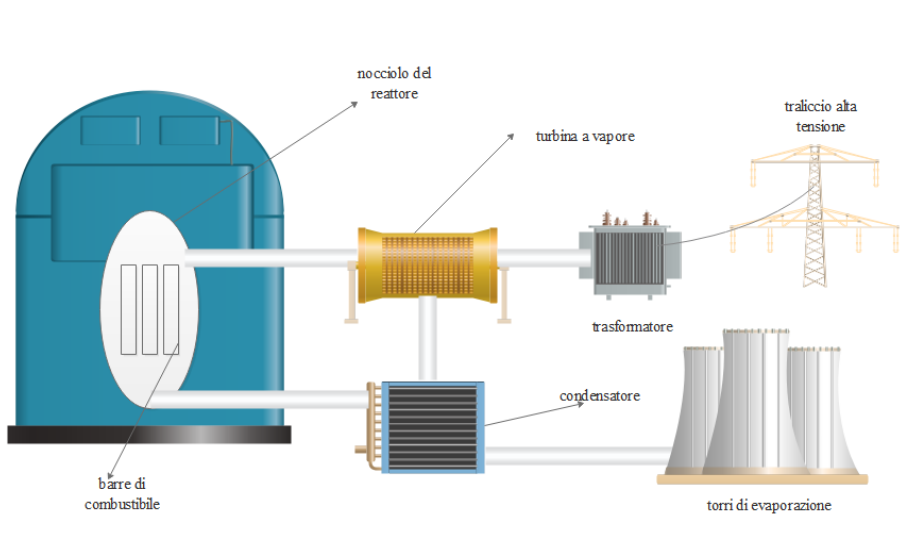


Figura 5.2: Funzionamento centrale nucleare

In breve, si chiama nocciolo il cuore della centrale nucleare. E' nel nocciolo che avviene la reazione di fissione. Nel nocciolo sono presenti le barre di combustibile (Uranio). Per poter controllare la reazione a catena vengono usate delle barre di controllo che permettono di abbassare la temperatura del nocciolo. Inoltre, le barre di controllo servono ad assorbire i neutroni prodotti durante la reazione di fissione. L'acqua serve dunque sia a raffreddare all'interno del reattore sia a trasformare parte di questo calore in energia. Infatti, il calore trasforma l'acqua in vapore utile per fare muovere una turbina a vapore e generare quindi energia.

5.2 LA FISICA NUCLEARE

Ricapitolando, nel campo nucleare si hanno due importantissime tipologie di reazioni:

- **Reazione di fusione**
- **Reazione di fissione**

La reazione di fusione consiste essenzialmente nell'unione di due nuclei atomici. L'energia che si produce nelle stelle è, per esempio, un tipo di energia che deriva proprio dalla reazione di fusione. La fissione, invece, consiste nel processo inverso, ossia nella disintegrazione di grandi nuclei attraverso un bombardamento di neutroni. Oggi giorno siamo in grado di produrre energia controllata solo tramite fissione. Quindi l'energia nucleare si produce per fissione. In fase di studio sono invece i reattori di fusione. Il combustibile utilizzato solitamente per produrre energia tramite fissione è l'Uranio (U).

Esso è un elemento che possiedono un numero atomico $Z=92$. Quando un nucleo di Uranio viene bombardato da un neutrone ad alta velocità, esso si scinde in nuclei figli più piccoli liberando così calore e altri neutroni che a loro volta colpiranno altri nuclei generando una reazione a catena. La sostanziale differenza tra una centrale nucleare a fissione ed una bomba atomica (bomba A) è che mentre nella centrale la reazione a catena è controllata, in una bomba tale reazione è incontrollata. In una centrale nucleare la reazione a catena avviene in un "grosso recipiente" chiamato reattore nucleare. Oggi i reattori nucleari fanno parte di una classe di reattori che va sotto il nome di reattori termici. In questi reattori si usa, come liquido di raffreddamento, l'acqua leggera, ed il calore prodotto viene utilizzato per trasformare l'acqua stessa (facente parte di un altro circuito) in vapore che a sua volta viene utilizzato per fare girare le turbine e quindi per produrre energia. Il combustibile utilizzato, ossia l'Uranio, è presente nel reattore sotto forma di barre chiamate barre di combustibile.

Oltre alle barre di combustibile, nel reattore, sono presenti anche delle barre di controllo, le quali hanno il compito di assorbire parte dei neutroni in modo

tale da poter limitare l'espandersi della reazione a catena. Di solito si utilizza il Boro nelle barre di controllo.

Esistono anche altre classi di reattori nucleari raffreddati con un fluido metallico. Tali reattori si chiamano **reattori veloci**. In questi reattori, come fluido di raffreddamento, inizialmente si usò il Piombo ed una miscela di Piombo-Bismuto (**LBE**), ma successivamente si optò per il Sodio, grazie alla sua maggiore capacità di trasmettere il calore. Esempi di utilizzo dei reattori veloci si trovano nei sottomarini di attacco russi chiamati **Alpha** che, con il loro scafo in Titanio, erano i più veloci al mondo.

La reazione di fusione è un tipo di reazione nucleare molto differente rispetto alla reazione nucleare di fissione. Infatti, in questo tipo di reazione non si ha la fissione bensì i nuclei di due o più atomi si uniscono formando un nucleo di un nuovo elemento chimico. Per superare la forza di repulsione elettromagnetica tra i nuclei degli atomi che si vorrà unire è necessario impiegare una grande energia. Si consideri, a titolo di esempio, l'idrogeno (H). Il nucleo di un atomo di idrogeno è composto soltanto da un protone. Quindi si ha: $Z=1$.

Quando due atomi di idrogeno si avvicinano, i loro nuclei si uniscono per formare un nucleo atomico più pesante. La fusione si verifica soltanto in particolari condizioni ambientali (estreme) ossia con una pressione ed una temperatura estremamente elevate. Per esempio, queste condizioni in natura è possibile trovarle sulle stelle, dove un enorme massa di gas idrogeno è concentrata in uno spazio ridotto dalla forza di gravità.

Dalla fusione si libera anche una grande quantità di energia. Nelle stelle questa energia viene trasmessa dai raggi solari in ogni direzione. Allo stato attuale non esiste ancora una centrale a fusione ossia una centrale avente un reattore a fusione in grado di produrre, in maniera controllata, energia elettrica. Nei reattori sperimentali (per esempio **ITER** in Francia) si utilizzano come combustibili due isotopi dell'idrogeno: il deuterio ed il trizio.

La fusione di un nucleo di trizio e deuterio genera un nucleo di elio e libera dai legami nucleari un neutrone.

La differenza tra la massa iniziale e finale libera una quantità di energia pari a 17,6 MeV. In un reattore a fusione gli isotopi di idrogeno sono sottoposti a correnti elettriche intense per raggiungere temperature elevatissime, qualche milione di gradi centigradi. Così facendo, gli elettroni si staccano dagli atomi di idrogeno e si ottiene il plasma in modo artificiale. A queste temperature qualsiasi struttura fonderebbe. Per questo motivo il plasma viene confinato nel vuoto dentro un campo magnetico.

Siccome la quantità di energia impiegata per vincere la forza di repulsione tra i nuclei è alta fino ad ora il bilancio energetico è risultato negativo, ossia l'energia prodotta dal reattore a fusione è inferiore all'energia necessaria a fare avvicinare i nuclei degli isotopi di idrogeno.

5.3 VANTAGGI E SVANTAGGI

In questo paragrafo verranno mostrati i vantaggi e gli svantaggi di una centrale nucleare.

VANTAGGI:

- Rispetto alle classiche centrali termoelettriche, le centrali nucleari possono produrre molta più energia a parità di combustibile utilizzato. Con poche tonnellate di Uranio si possono produrre 1000 MW (mega Watt), mentre ci vogliono migliaia di tonnellate di petrolio o carbone per produrre un centinaio di MW.

SVANTAGGI:

- Le centrali nucleari sfruttano tecnologie tante potenti quanto pericolose. Un minimo errore può comportare incidenti gravi o gravissimi con conseguenze che si possono portare avanti nel tempo per secoli. Esiste una scala legata alla gravità degli incidenti nucleari chiamata scala **INES** con i valori che partono da 1 fino a 7 (gravità

massima). Ad oggi solo due incidenti risultano essere di grado 7 nella scala INES:

- Chernobyl (aprile del 1986)
- Fukushima (11 marzo 2011)
- Problema del corretto ed efficiente smaltimento del combustibile esausto