

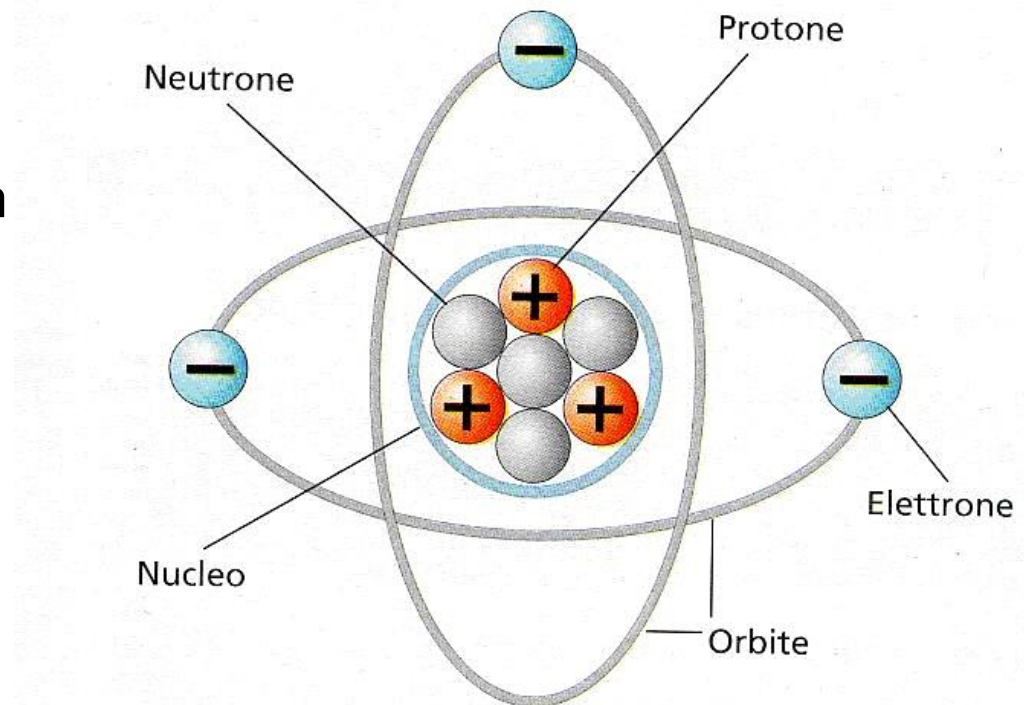


# **ENERGIA E CENTRALE NUCLEARE**

Prof. Paolo Callaci

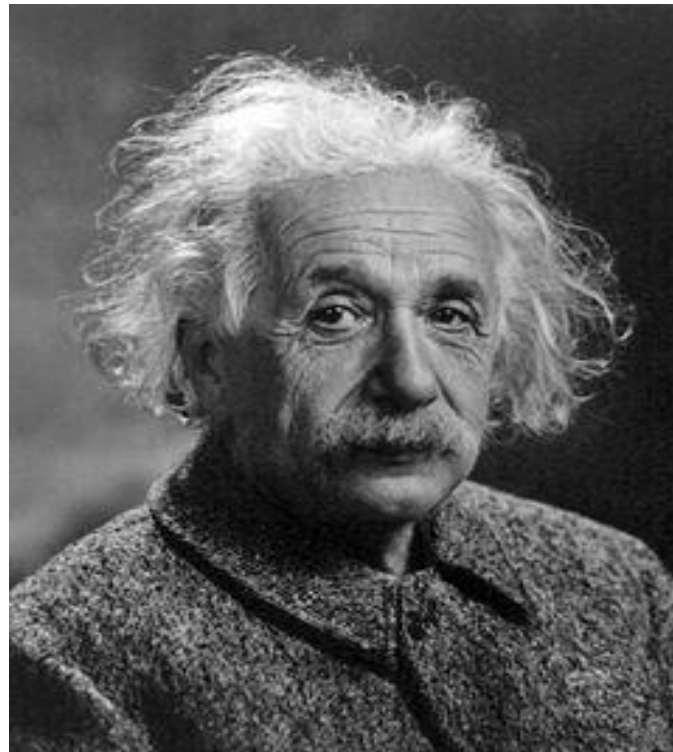
Con energia nucleare si intendono tutti quei fenomeni in cui si ha la produzione di energia in seguito a trasformazioni nei nuclei atomici.

In fisica col termine "**nucleo**" si intende la parte centrale e densa di un atomo (la parte più piccola di ogni elemento esistente in natura e che ne conserva le caratteristiche chimiche), costituita da **protoni** (particelle dotate di carica elettrica positiva) e **neutroni** di carica nulla.



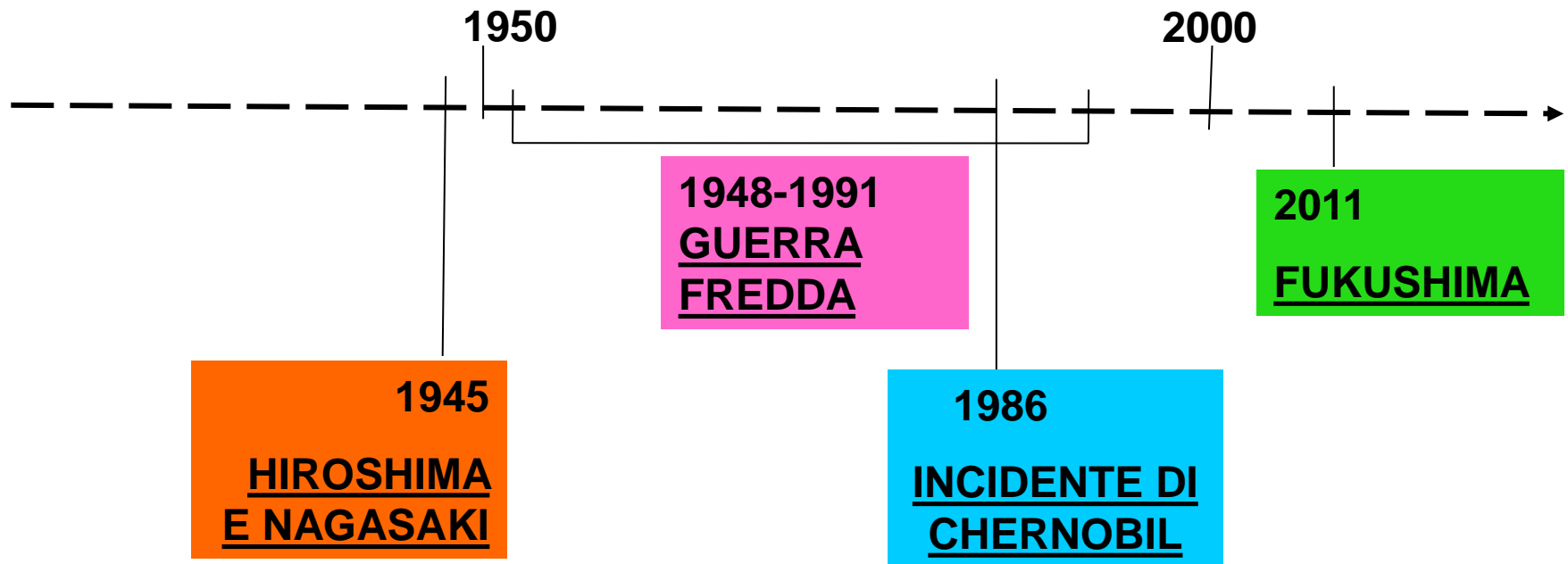
L'energia nucleare, insieme alle fonti rinnovabili e le fonti fossili, è una fonte di energia primaria, ovvero è presente in natura e non deriva dalla trasformazione di altra forma di energia.

La prima persona che intuì la possibilità di ricavare energia dal nucleo di un atomo fu lo scienziato Albert Einstein nel 1905.





# UN PO DI STORIA

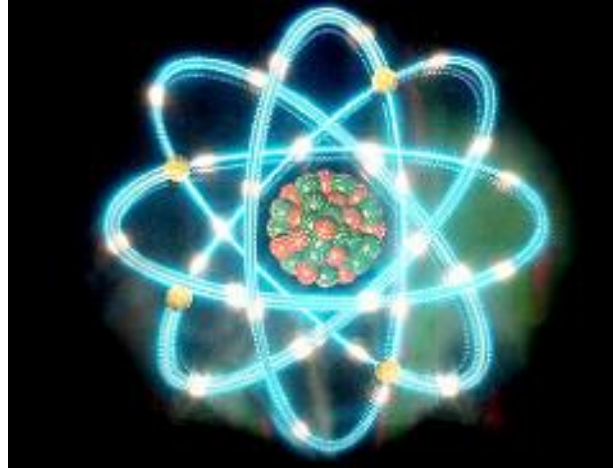




L'energia nucleare è data dalla

- **fissione** (separazione di nuclei pesanti)

- **fusione** (unione di nuclei leggeri)



# FISSIONE NUCLEARE

La fissione consiste nel rompere il nucleo dell'atomo di uranio con successiva liberazione di notevoli quantità di energia

<https://youtu.be/YvbR-tJ47xs>

# L'URANIO

L'uranio (simbolo **U**) è l'elemento chimico di numero atomico 92. Il metallo si presenta bianco-argenteo. È malleabile e duttile. L'uranio è tossico e radioattivo. Insieme al torio l'uranio è il combustibile nucleare disponibile in grandi quantità. Il suo isotopo **235U** è utilizzato come **combustibile nei reattori nucleari** e nella fabbricazione delle armi nucleari.

L'uranio naturale è composto da tre isotopi:

- **U-238 (99,27%);**
- **U-235 (0,72%);**
- **U-233 (0,0006%).**

Soltanto gli isotopi U-235 e U-233 sono fissili, ossia danno luogo a una reazione a fissione nucleare. L'uranio U-238 è fertile, può essere trasformato in materiale fissile (plutonio 239) quando viene bombardato con neutroni lenti. Il processo di arricchimento dell'uranio consente di aumentare la percentuale dell'isotopo U-235 fissile presente nella miscela naturale.

# PROCESSO DI FISSIONE NUCLEARE

La fissione è il processo usato nelle centrali nucleari per produrre energia.

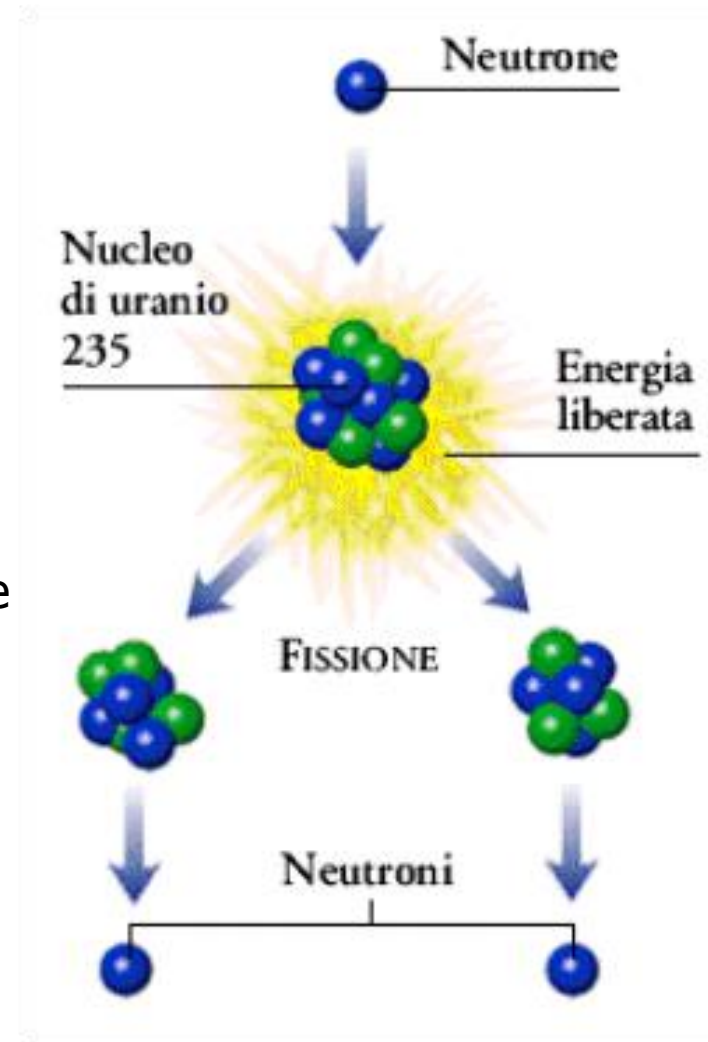
Bombardando il nucleo di un atomo con neutroni l'atomo si "spacca": questa è la fissione.

Nella fissione si liberano altri neutroni che colpiscono altri atomi: così si innesca una reazione a catena.

In questo processo si perde massa, e questa perdita provoca la liberazione di grandi quantità di energia.

La prima fissione nucleare con una reazione a catena controllata fu ottenuta a Chicago nel 1942 da un gruppo di scienziati diretto da Enrico Fermi; egli ebbe l'intuizione di utilizzare barrette di grafite o di altro materiale in grado di assorbire neutroni per arrestare la reazione a catena.

Uranio





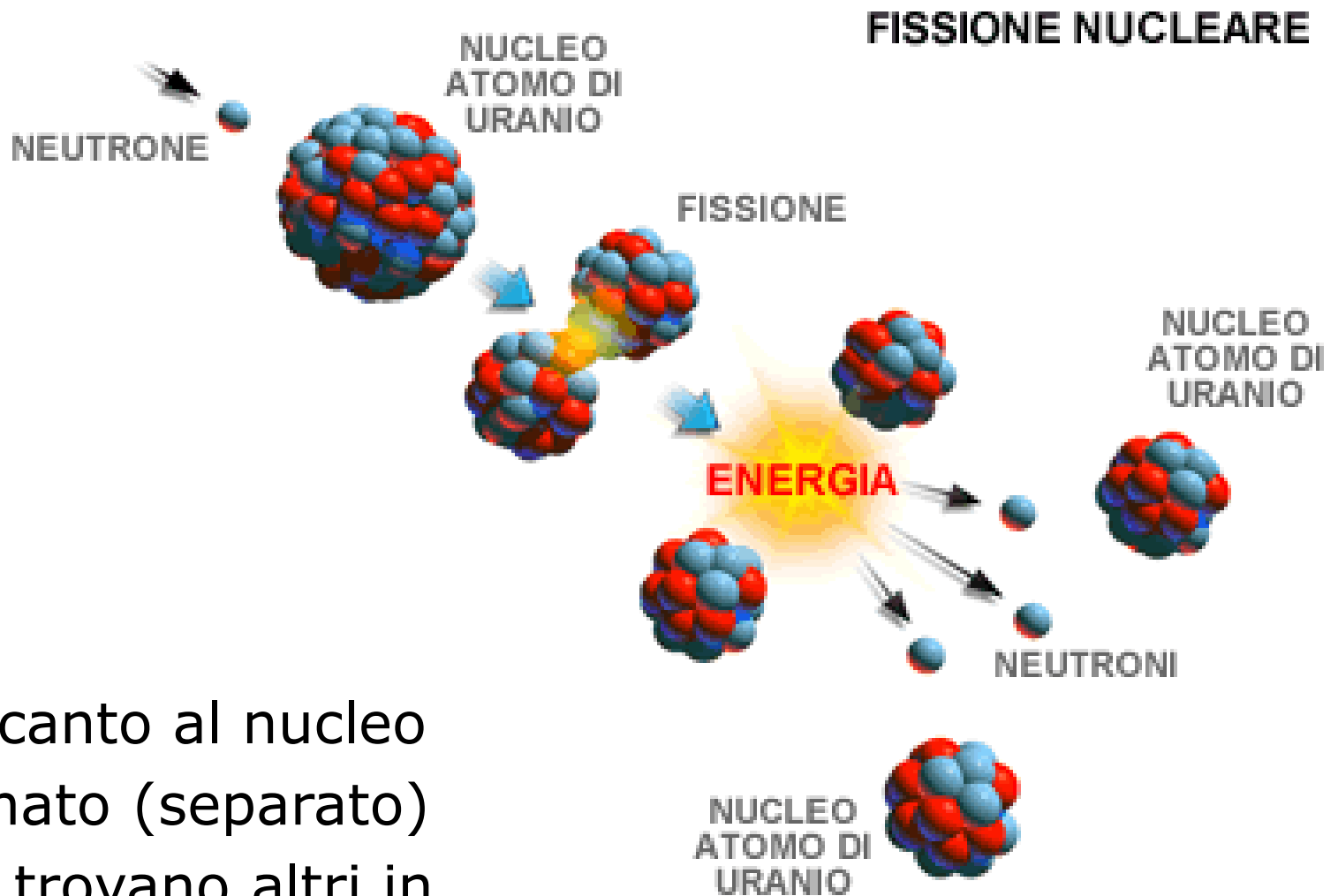
Purtroppo, però, i suoi esperimenti vennero usati per **scopi bellici** e il **6 agosto 1945** gli statunitensi sganciarono la prima bomba atomica a fissione nucleare sulla città giapponese di **Hiroshima**, provocando la morte di 50 000 persone; altre 100 000 si ammalarono e morirono negli anni successivi per effetto delle radiazioni da essa provocate.



# Reazione nucleare a catena

La reazione a catena nucleare è un fenomeno fisico che si verifica quando una reazione, una volta innestata, si propaga e si estende su tutta la massa di un corpo fino all'esaurimento della massa stessa. Un esempio di reazione a catena è la reazione a fissione nucleare utilizzata nelle centrali atomiche per la produzione dell'energia elettrica. La reazione a catena nucleare può essere di due tipi:

- **Reazione a catena nucleare controllata.** Il sistema consente di rallentare e controllare la reazione a catena. Ciò avviene, ad esempio, nei reattori nucleari delle centrali atomiche.
- **Reazione a catena nucleare incontrollata.** Il sistema non è in grado di controllare la reazione a catena che, pertanto, si consuma in breve tempo sprigionando una elevata quantità di energia. Ciò accade, ad esempio, nell'esplosione di una bomba atomica.



Se accanto al nucleo fissionato (separato) se ne trovano altri in quantità sufficiente, si svilupperà una reazione a catena.

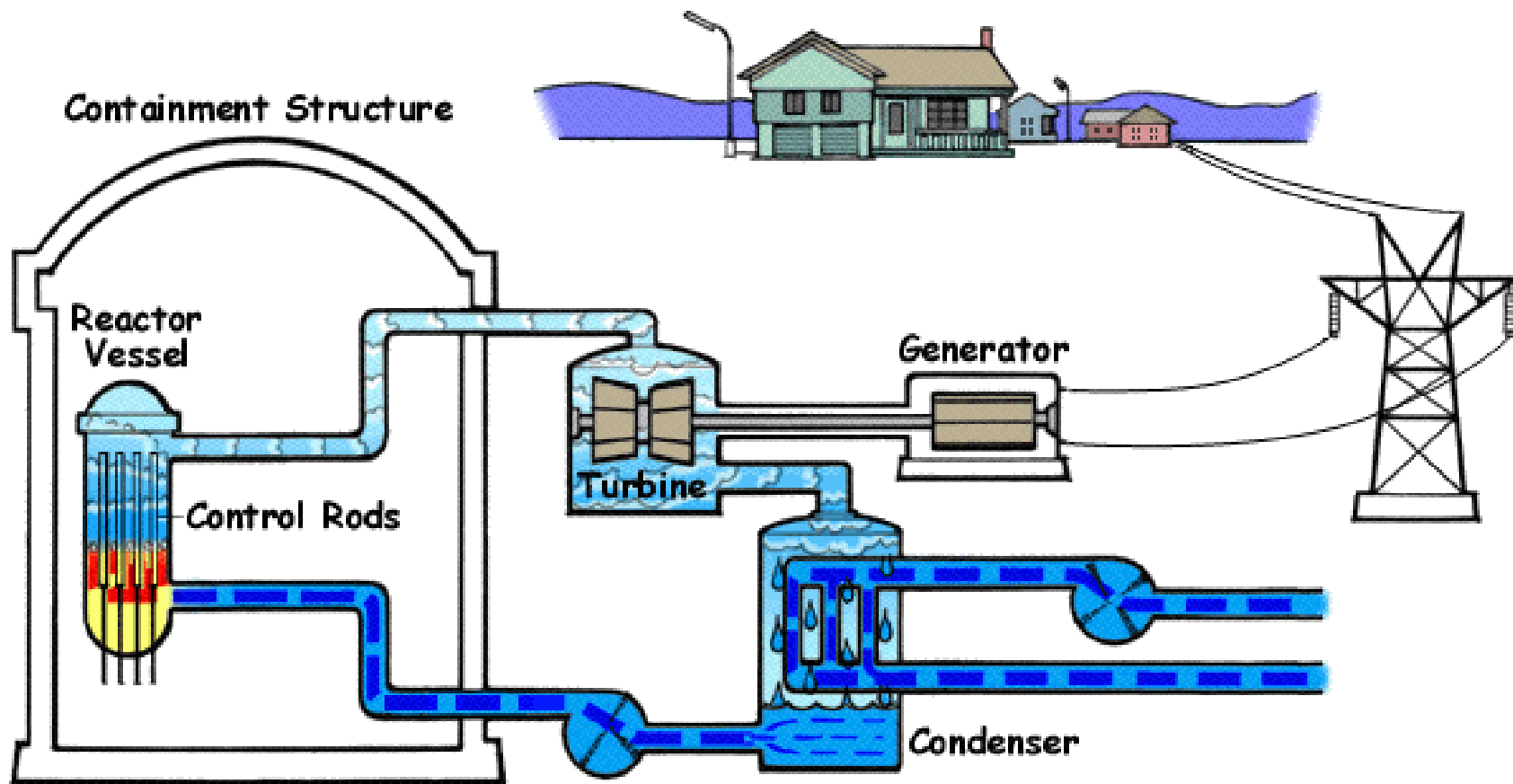
# FUNZIONAMENTO CENTRALE

Il principio di funzionamento delle centrali nucleari é simile alle centrali termoelettriche. La differenza sostanziale è la modalità di **produzione del vapore**.

Nelle centrali nucleari la produzione del vapore per azionare la turbina si compie nel **reattore nucleare**. La parte fondamentale di quest'ultimo é il **nocciolo**, costituito da contenitori nei quali viene inserito il combustibile nucleare: cilindretti di uranio.

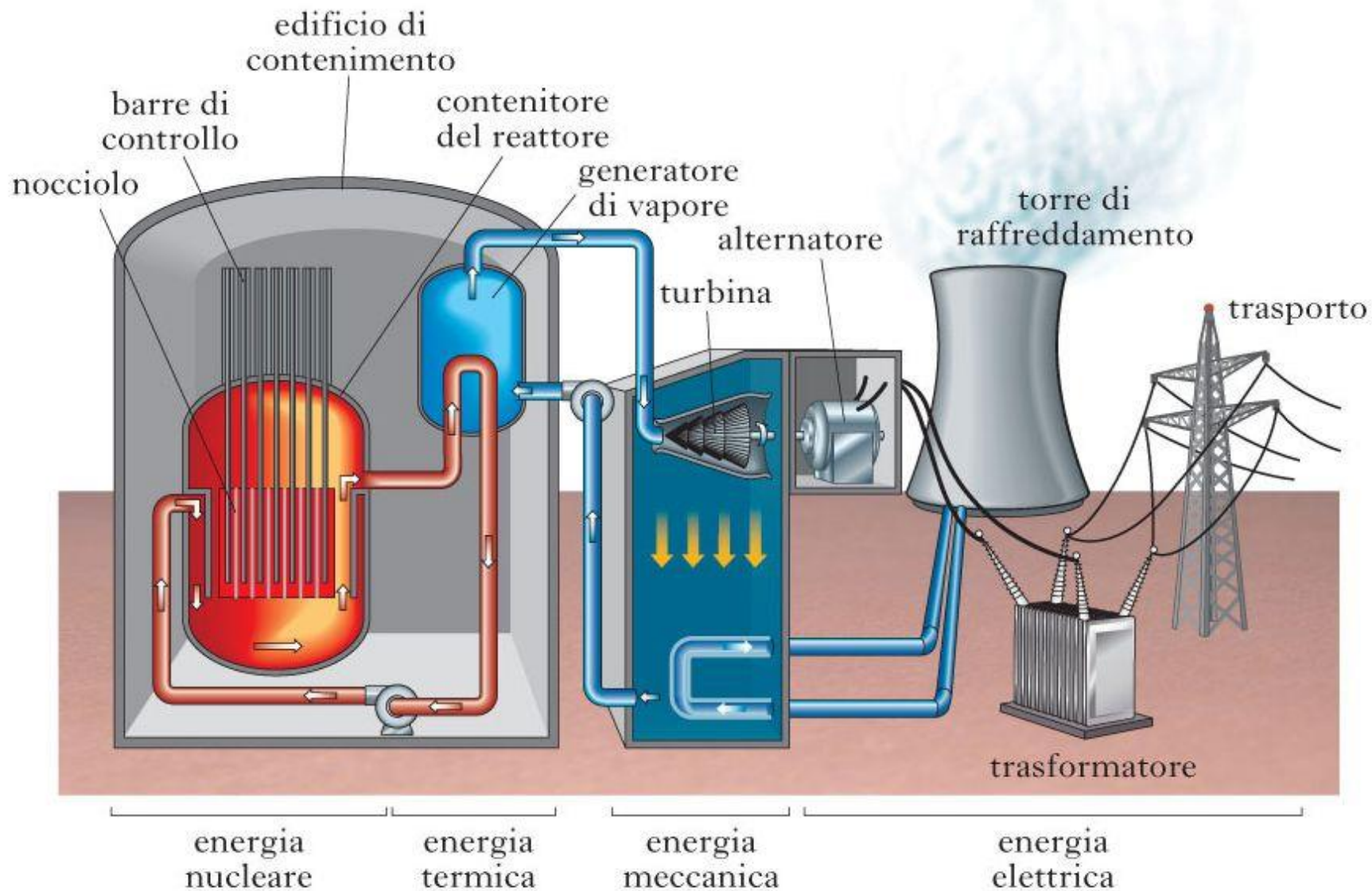
All'interno del nocciolo viene innescato il processo di **fissione nucleare** controllato che produce il calore necessario a scaldare l'acqua e trasformarla in vapore ad alta pressione. Il vapore viene convogliato sulla **turbina** che ruotando trasmette la sua energia meccanica all'**alternatore** che a sua volta la trasforma in energia elettrica grazie al fenomeno dell'induzione elettromagnetica.

# SCHEMA DI FUNZIONAMENTO





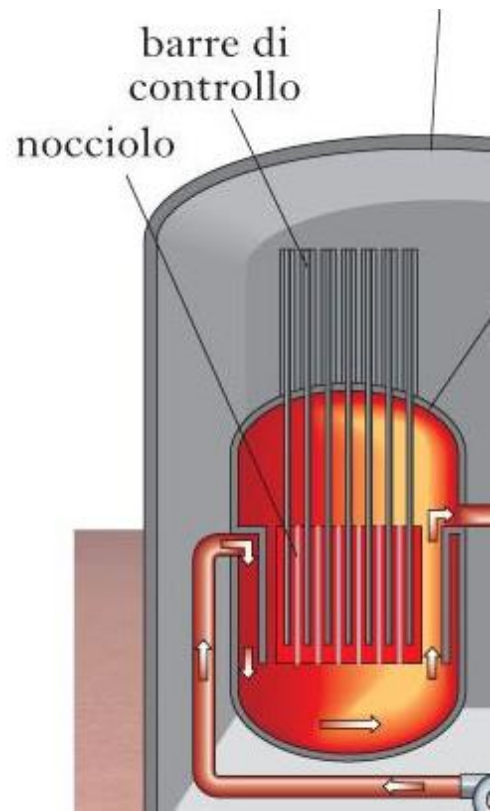
# Funzionamento





# SISTEMI DI CONTROLLO

Il controllo del processo di fissione avviene attraverso le **barre di controllo**, le quali si inseriscono nel reattore per regolarne la potenza e, all'occorrenza, per spegnerlo. Il reattore deve avere una struttura in grado di non lasciare fuoriuscire le sostanze radioattive che si sprigionano durante il processo di fissione. Il reattore è inserito in un cilindro d'acciaio inossidabile posto all'interno di un contenitore in cemento armato dello spessore di almeno un metro. Anche l'edificio che contiene il reattore è fatto di una solida struttura in cemento armato.



# Le barre di controllo

Le barre di controllo servono a **controllare la reazione di fissione nucleare** da parte del combustibile nucleare all'interno del nocciolo o nucleo del reattore a fissione. Tali barre possono essere composte da metalli (quali **argento, cadmio, indio o carburo di boro**) vengono **inserite** a seconda delle esigenze in alternanza alle barre di combustibile fissile, ad esempio per modulare la potenza di produzione energetica del reattore. Praticamente agiscono nella scissione dei nuclei di atomi **assorbendo i neutroni liberati dalla fissione** e controllando quindi anche eventuali reazioni a catena instabili durante l'intero processo di creazione dell'energia per trasmutazione. Possono eventualmente arrestare il processo di fissione in caso di criticità risultando così un meccanismo di sicurezza primario nel reattore.

Queste barre furono ideate da **Enrico Fermi nel 1942**. Egli volle capire come tenere sotto controllo una fissione nucleare senza che questa degenerasse in una reazione incontrollata, e ci riuscì inserendo nel nocciolo delle barre di grafite che limitassero la reattività della pila (reattore nucleare).

# IMPATTO AMBIENTALE

Lo sfruttamento dell'energia nucleare comporta l'impiego e la produzione di materiali che emettono **radiazioni alfa, beta e gamma** che danneggiano in modo grave i tessuti biologici, in quanto possono intaccare il patrimonio genetico delle cellule, causando il cancro o mutazioni genetiche ereditarie.

I rischi immediati sono rappresentati dalla radioattività che tali impianti sprigionano, nelle zone dove sono installati, dai fluidi di raffreddamento contaminati e dal pericolo di incidenti fortuiti, che prima sembravamo tecnicamente impossibili, ma che gli incidenti di Chernobyl hanno dimostrato tragicamente probabili.

I rischi futuri provengono dall'**accumulo delle scorie della fissione**, che conserveranno per **millenni** la loro radioattività residua.

In seguito all'incidente di Cernobyl nell'ex Unione Sovietica nel 1986 molti Paesi decisero di bloccare i loro programmi nucleari e spesso addirittura di chiudere gli impianti in funzione: è il caso dell'**Italia**.

Da qualche anno si è ripreso a parlare della necessità di sfruttare l'energia nucleare che, priva di emissioni di anidride carbonica, non contribuisce all'effetto serra.

I problemi dell'energia nucleare rimangono però legati alla **sicurezza delle centrali**, dove il reattore deve essere protetto per evitare perdite di materiale radioattivo. Infatti le particelle emesse da elementi radioattivi, se vengono a contatto con le cellule di un organismo animale o vegetale, producono danni molto gravi ai tessuti biologici e possono causare malattie rilevabili a volte solo dopo molti anni.

Esiste inoltre il problema dello **smaltimento del materiale** utilizzato nel funzionamento dei reattori, perché i residui del combustibile nucleare restano **radioattivi anche per migliaia di anni**. Si tratta perciò di confinare i rifiuti radioattivi in robusti contenitori e di sotterrarli a grandi profondità, e in ogni caso non esiste l'assoluta certezza che i contenitori resistano fino a che la radioattività non sarà esaurita.

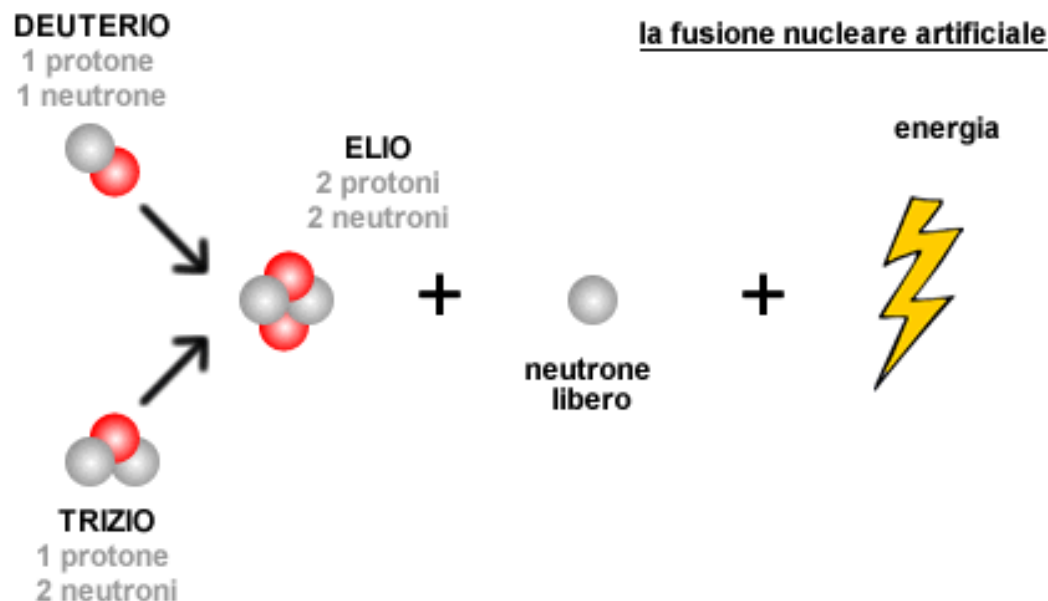
# FUSIONE NUCLEARE

La fusione consiste nell'unione di nuclei di idrogeno con successiva liberazione di notevoli quantità di energia

# LA FUSIONE NUCLEARE

La fusione è un altro metodo per ottenere energia dall'atomo. Essa è esattamente opposto alla fissione: invece di spezzare nuclei pesanti in piccoli frammenti, si **uniscono nuclei leggeri** (a partire dall'idrogeno, composto da un solo protone) in nuclei più pesanti. Perché la fusione avvenga, i nuclei degli atomi devono essere fatti avvicinare nonostante la forza di repulsione elettrica che tende a respingerli gli uni dagli altri, e sono quindi necessarie temperature elevatissime, **milioni di gradi centigradi**.

La fusione nucleare avviene normalmente nel nucleo delle stelle, compreso il **Sole**, dove tali condizioni sono normali. A causa di questa difficoltà, al giorno d'oggi l'uomo non è finora riuscito a far avvenire la fusione in modo controllato e affidabile se non per qualche decina di secondi (al contrario esiste la fusione incontrollata: la bomba termonucleare).





# I vantaggi del nucleare

- **Non produce gas serra.** La produzione di energia dall'atomo, non essendo basata sulla combustione di fonti fossili o vegetali, non causa l'emissione in atmosfera dei gas responsabili del peggioramento dell'effetto serra (es. anidride carbonica);
- **Produzione di energia elettrica su vasta scala.** Da una piccola quantità di uranio una centrale atomica riesce a produrre una grande quantità di energia elettrica a ciclo continuo, infatti i costi dell'energia nucleare sono più bassi di quelli di altre fonti energetiche;
- **Ciclo di vita della centrale.** La centrale nucleare può funzionare ininterrottamente per 40-60 anni. Un periodo di tempo così lungo consente di ammortizzare l'elevato costo iniziale della centrale atomica;
- **Approvvigionamento energetico.** L'energia nucleare riduce la dipendenza dall'estero nell'approvvigionamento energetico, in quanto consente di produrre una parte dell'energia elettrica altrimenti prodotta importando gas, carbone o petrolio;
- **Costi contenuti.** Anche se il costo necessario alla costruzione di una centrale è considerevole, quelli relativi alla produzione di energia sono abbastanza contenuti.

# Gli svantaggi del nucleare

Il principale svantaggio dell'energia nucleare sono le conseguenze sull'ambiente e sull'uomo in caso di disastro nucleare. Complessivamente gli svantaggi dell'energia nucleare sono i seguenti:

- **Scorie radioattive.** Nel processo di fissione nucleare sono prodotti anche rifiuti radioattivi di vario grado che necessitano d'essere lavorati e/o stoccati in depositi di massima sicurezza per migliaia di anni. Lo stesso trasporto del materiale radioattivo (scorie) dalla centrale al deposito è un problema sia tecnologico che sociale;
- **Solo energia elettrica.** L'energia nucleare consente di produrre elettricità. Ciò consente di soddisfare la domanda di energia elettrica ma non risolve appieno il problema dell'approvvigionamento energetico di un paese;
- **Elevati costi iniziali e finali.** Una centrale nucleare richiede elevati investimenti iniziali per la costruzione dell'impianto e del combustibile. A questi costi si aggiungono i costi finali necessari per il decommissioning, cioè lo smaltimento e la messa in sicurezza delle scorie al termine del ciclo di vita dell'impianto.

- **Sicurezza centrali nucleari.** Le centrali nucleari richiedono un livello di sicurezza maggiore rispetto alle altre centrali elettriche poiché maggiori sono le conseguenze ambientali in caso di disastro o di incidente. Nella storia si ricordano, in particolar modo, l'incidente nucleare alla centrale sovietica di Chernobyl nel 1986 e il disastro nucleare alla centrale giapponese di Fukushima nel 2011.
- **Proliferazione nucleare.** Il ritrattamento del combustibile irraggiato negli impianti civili consente di produrre il plutonio tramite il quale si possono produrre le armi nucleari e la bomba atomica. Per tali ragioni il settore dell'energia nucleare è sottoposto a rigidi controlli da parte della comunità internazionale. Da questo punto di vista il nucleare è un importante argomento sui tavoli della diplomazia e della politica internazionale (es. nucleare in Iran).

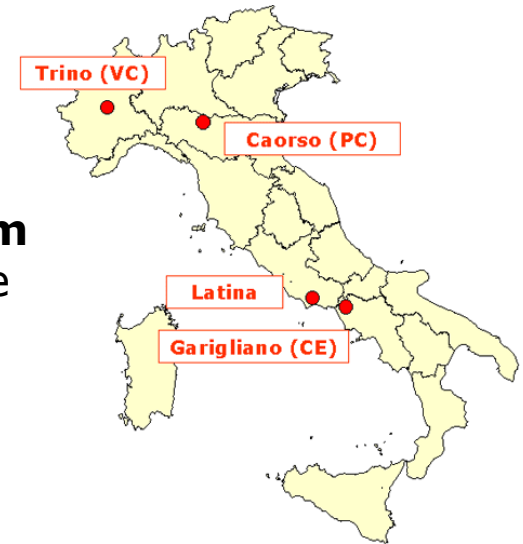
# IL NUCLEARE IN ITALIA

Le **4 centrali** nucleari presenti **in Italia** (tutte gestite da ENEL) non sono più attive dal 1987.

Originariamente destinate a produrre energia elettrica, questi impianti sono stati fermati dall'esito del **referendum del 1987** tramite il quale i cittadini hanno votato a sfavore del nucleare per usi civili.

Nel 2010 il Governo ha riproposto l'utilizzo dell'energia nucleare, ma il 23 marzo 2011 decide una moratoria di un anno.

Per questo motivo l'Italia è costretta ad importare enormi quantità di energia dai Paesi confinanti come la Francia.



## Le centrali attive in Europa



Sono attivi 13 impianti nucleari, a meno di 200 km dai nostri confini, in **Francia, Svizzera, Germania e Slovenia**.