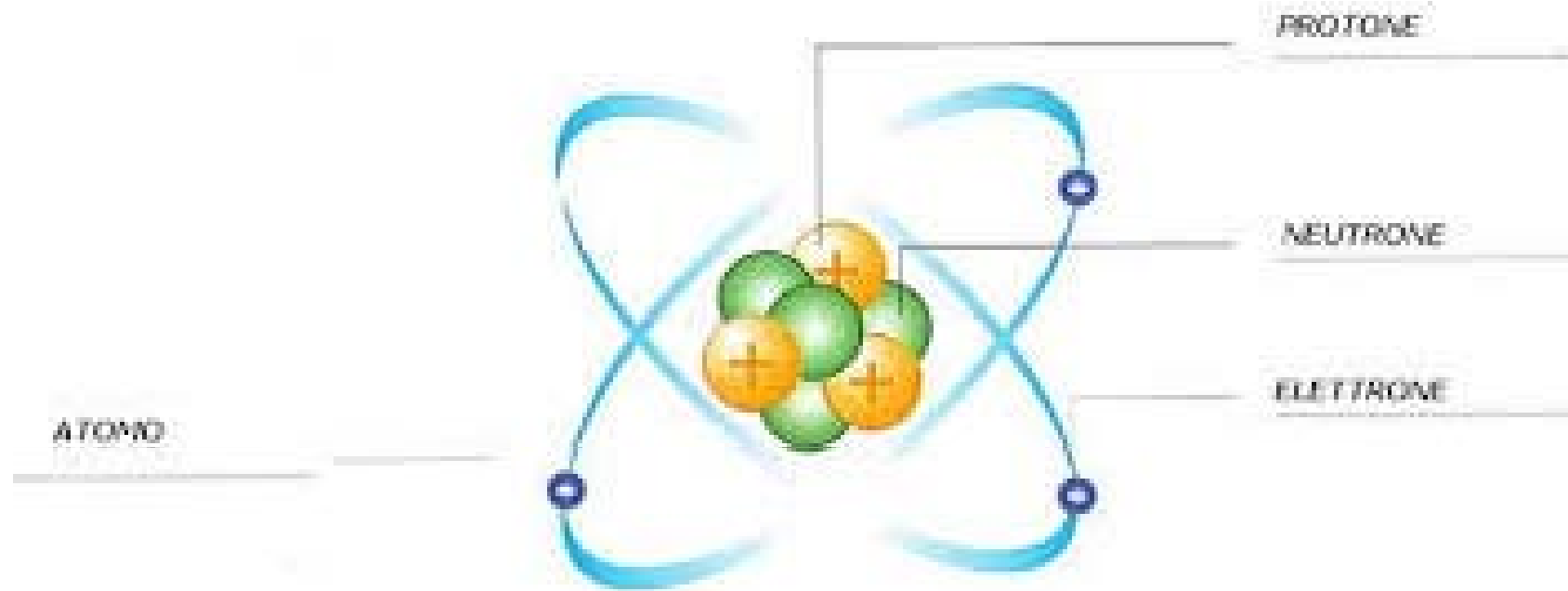


# Il nucleo dell'atomo

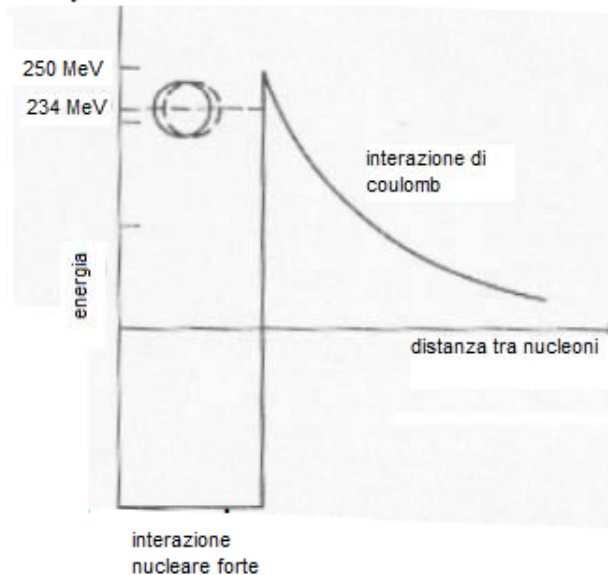


# Le forze

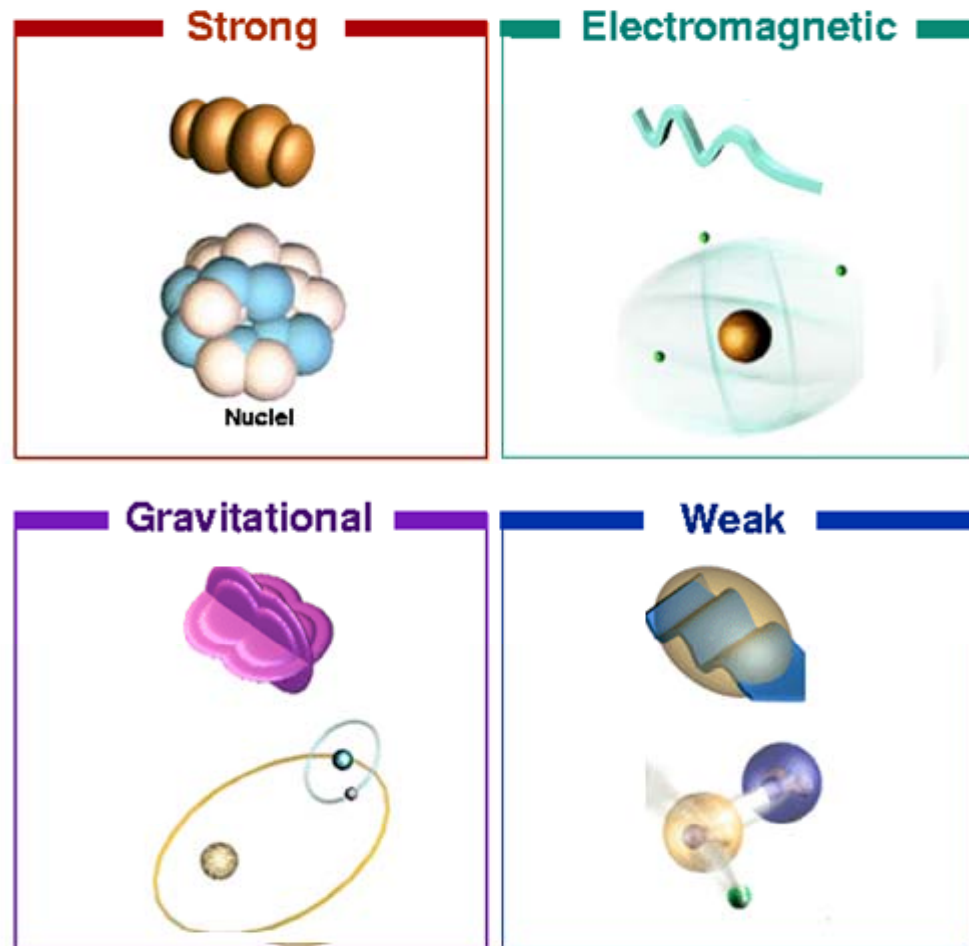
- Ci sono quattro interazioni(forze) tra le particelle:

- Gravita'
- ElettroMagnetica
- Nucleare Forte
- Nucleare Debole

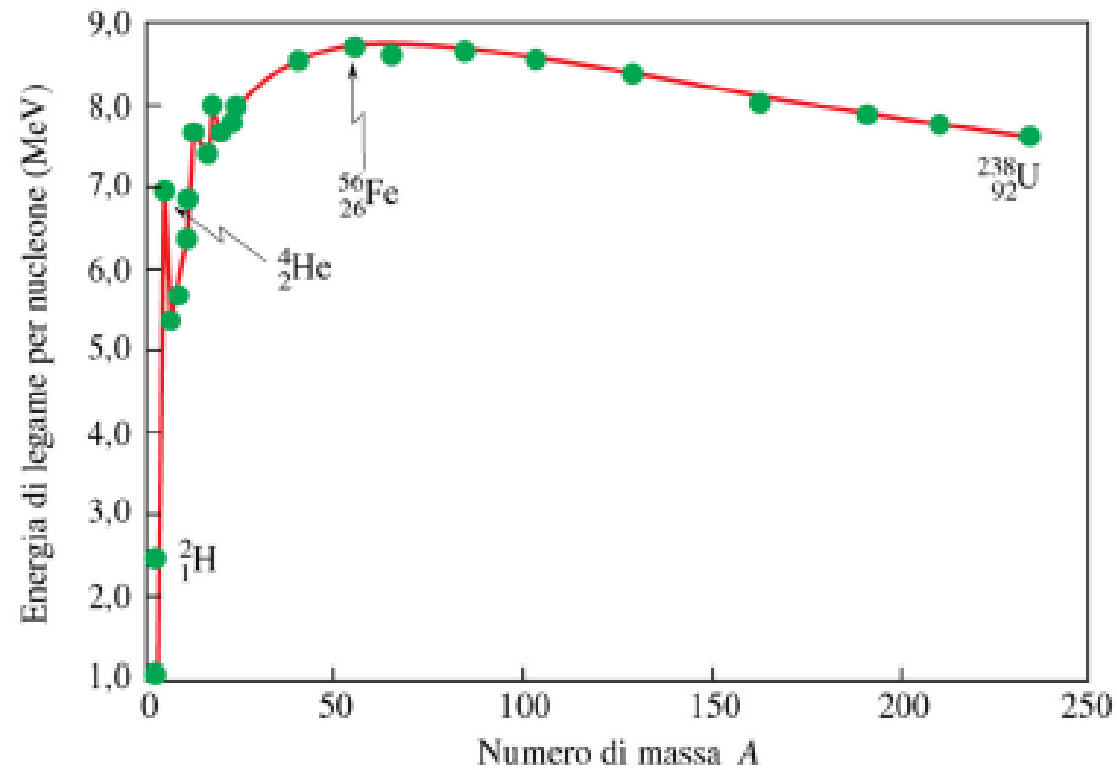
La **forza nucleare forte** è responsabile del legame tra i nucleoni ed agisce a corto raggio.



## Forces



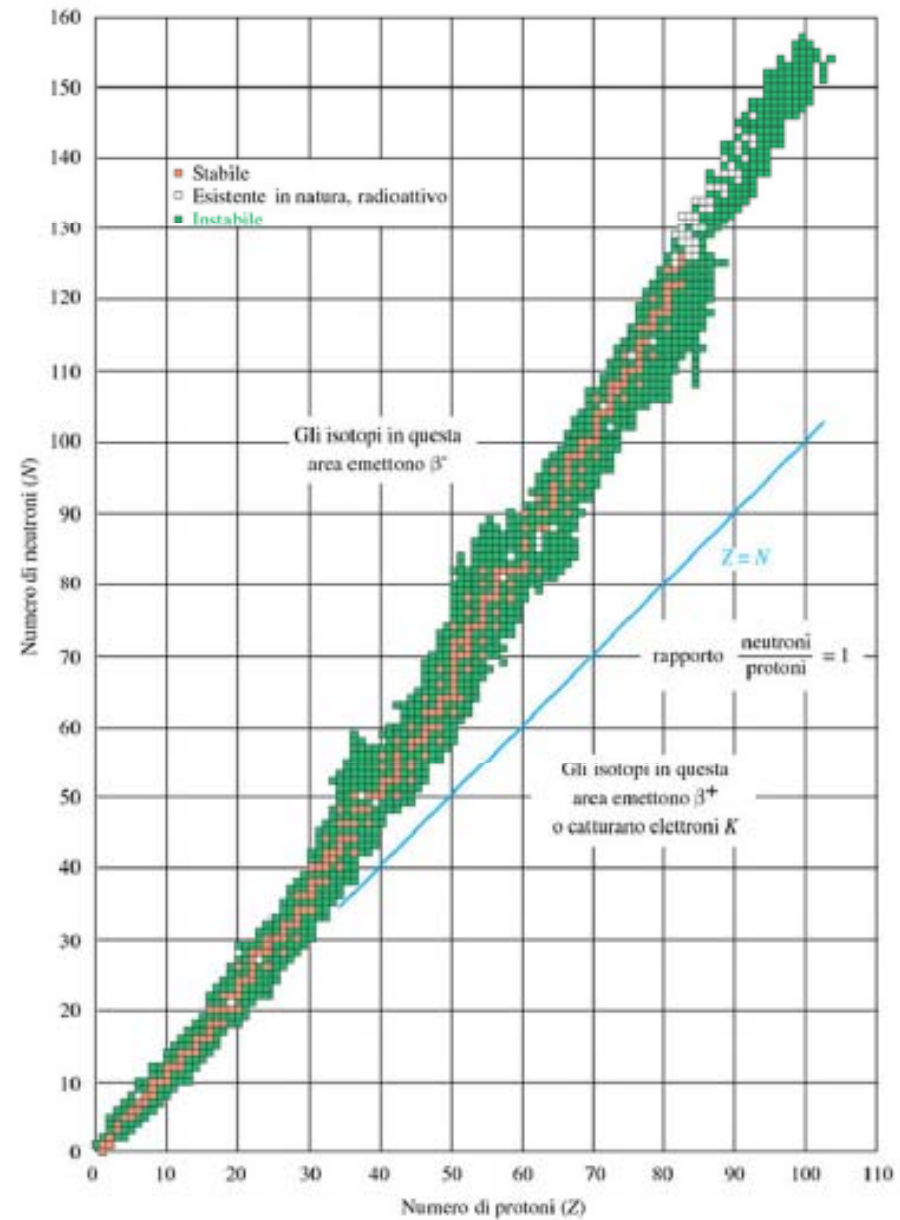
# Energia specifica di legame tra i nucleoni



# La radioattività: i decadimenti

Gli **isotopi** presenti in natura sono quasi tutti stabili. Tuttavia, alcuni isotopi naturali, e quasi tutti gli isotopi artificiali, sono instabili, a causa di un eccesso di protoni e/o di neutroni. Tale instabilità provoca la loro **trasformazione spontanea** in altri isotopi accompagnata dall'emissione di particelle. Questi isotopi sono detti ***isotopi radioattivi***.

# Fascia di stabilità

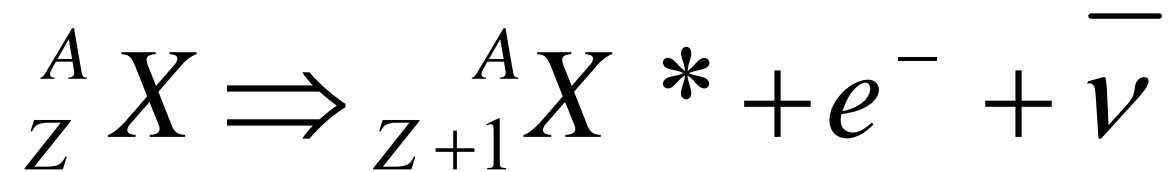


# Decadimento beta

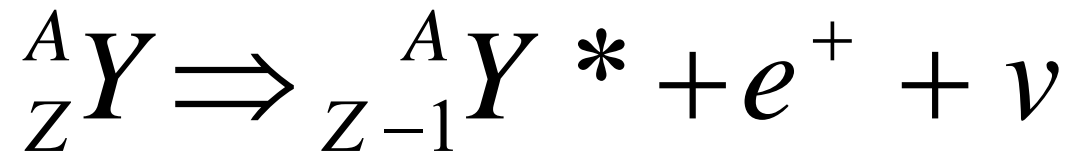
- Nel decadimento  $\beta$  un neutrone (**protone**) nel nucleo si trasforma in un protone (**neutrone**).
- A non cambia
- Le particelle  $\beta$  sono elettroni.
- L'elettrone emesso **NON** è un elettrone orbitale; **NON** è un elettrone già presente nel nucleo
- L'elettrone è prodotto durante il processo dall'energia disponibile

# Decadimento beta + e beta -

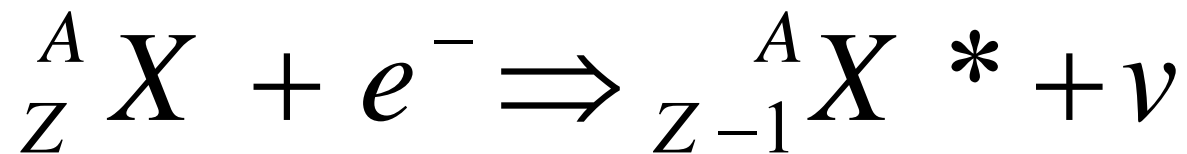
- Decadimento beta -



- Decadimento beta +

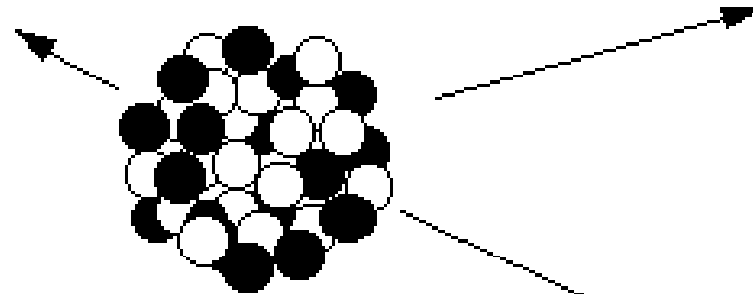


- Cattura elettronica



# Decadimento beta -

Nucleus  
Calcium-40



Parent Nucleus  
Potassium-40



Antineutrino

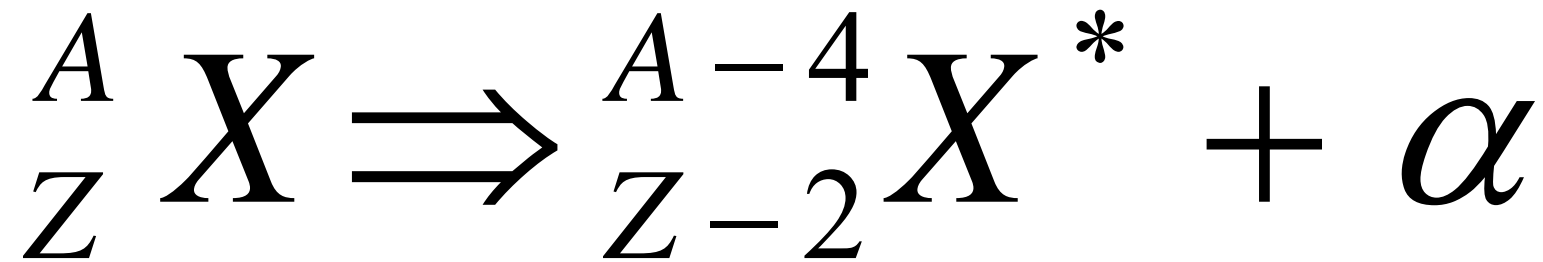


Beta Particle

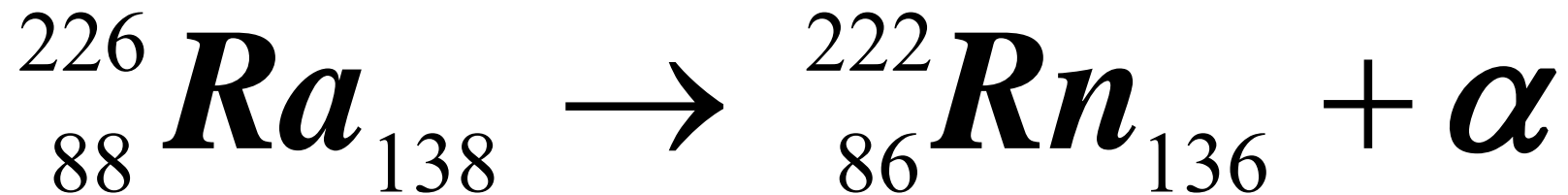


# Decadimento alfa

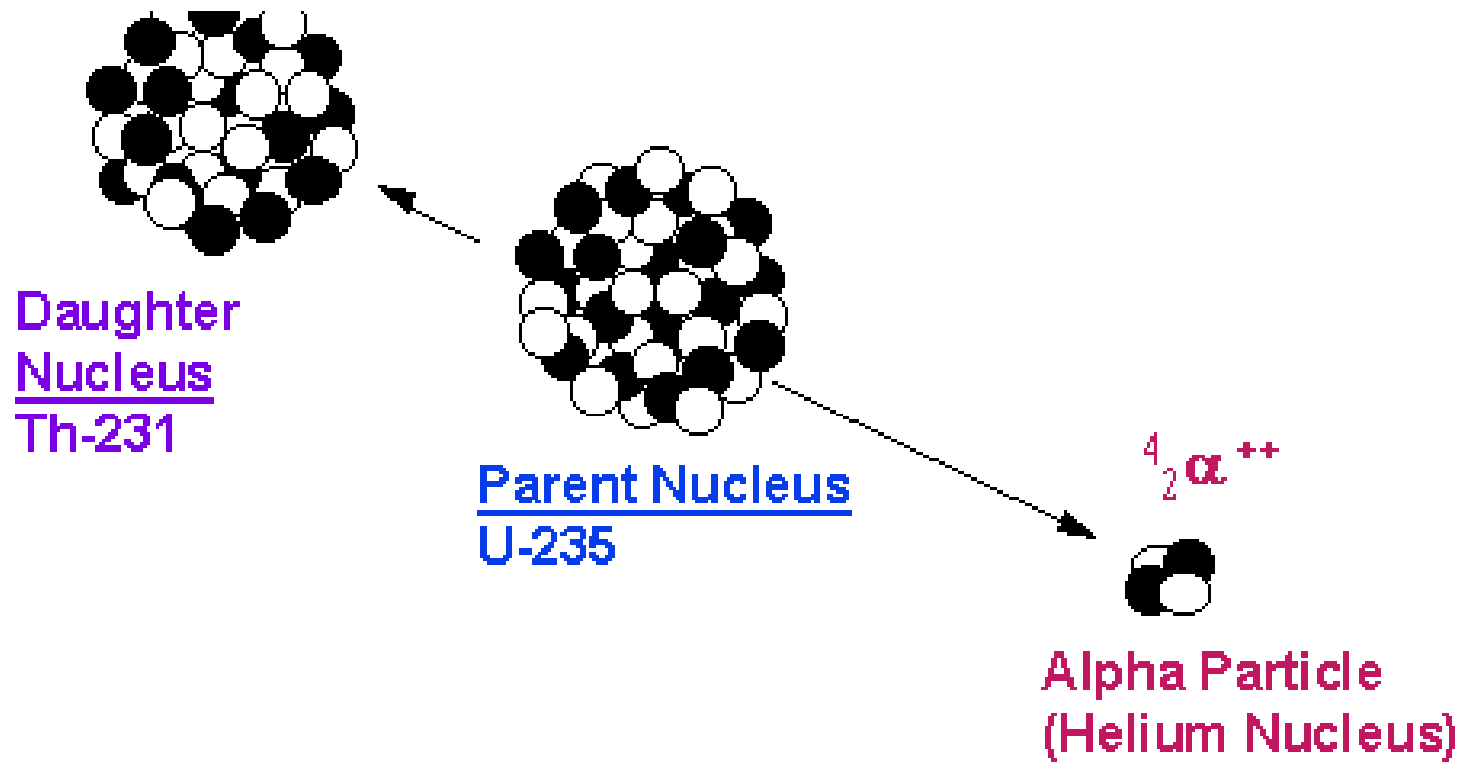
- Per  $Z > 83$  e  $A > 220$  il decadimento alfa è favorito
- Alfa molto stabile e con alta energia di legame



esempio



# Decadimento alfa



# Decadimento gamma

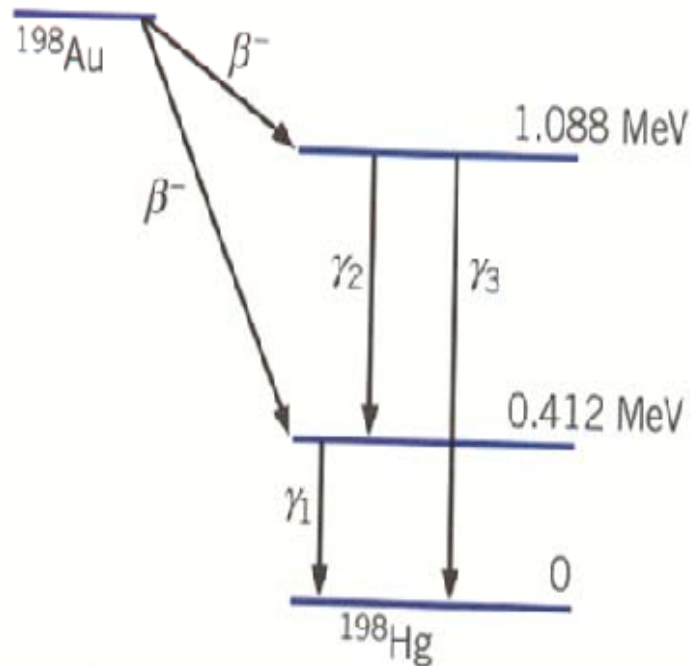


FIGURE 12.15 Some gamma rays emitted following beta decay.

Gran parte dei decadimenti  $\alpha$  e  $\beta$  (nella maggior parte delle reazioni nucleari) lasciano il nucleo in uno stato eccitato. Questi stati decadono tramite emissione di fotoni con energia tipica **0.1-10MeV** e lunghezze d'onda tra  **$10^4$  e 100 fm**.

# Radioattività naturale

Tutti gli elementi sono stati creati all'intero delle stelle (eccetto H e He) da reazioni nucleari. Alcuni di loro hanno vite medie che sono comparabile con l'età della terra e sono quelli che in parte determinano la radioattività naturale.

Un decadimento radioattivo può essere parte di una catena fino a quando non si raggiunge un elemento stabile

# Radioattività naturale

La trasformazione di un nucleo radioattivo porta alla produzione di un altro nucleo, che può essere anch'esso radioattivo oppure stabile.

Questa trasformazione è chiamata **decadimento radioattivo**.

Di una determinata quantità di un elemento radioattivo è *praticamente impossibile* stabilire in che istante decadrà il singolo atomo ma si può prevedere **statisticamente il decadimento complessivo** di tutti gli atomi radioattivi

# Legge del decadimento radioattivo

Il decadimento radioattivo avviene con la legge statistica:

$$dN / dt = -\lambda N$$

$N$  = numero di atomi presenti al tempo  $t$ ;

$\lambda$  = costante di decadimento: probabilita' che ogni singolo nucleo ha di decadere nell'unita' di tempo.

# Radioattività naturale

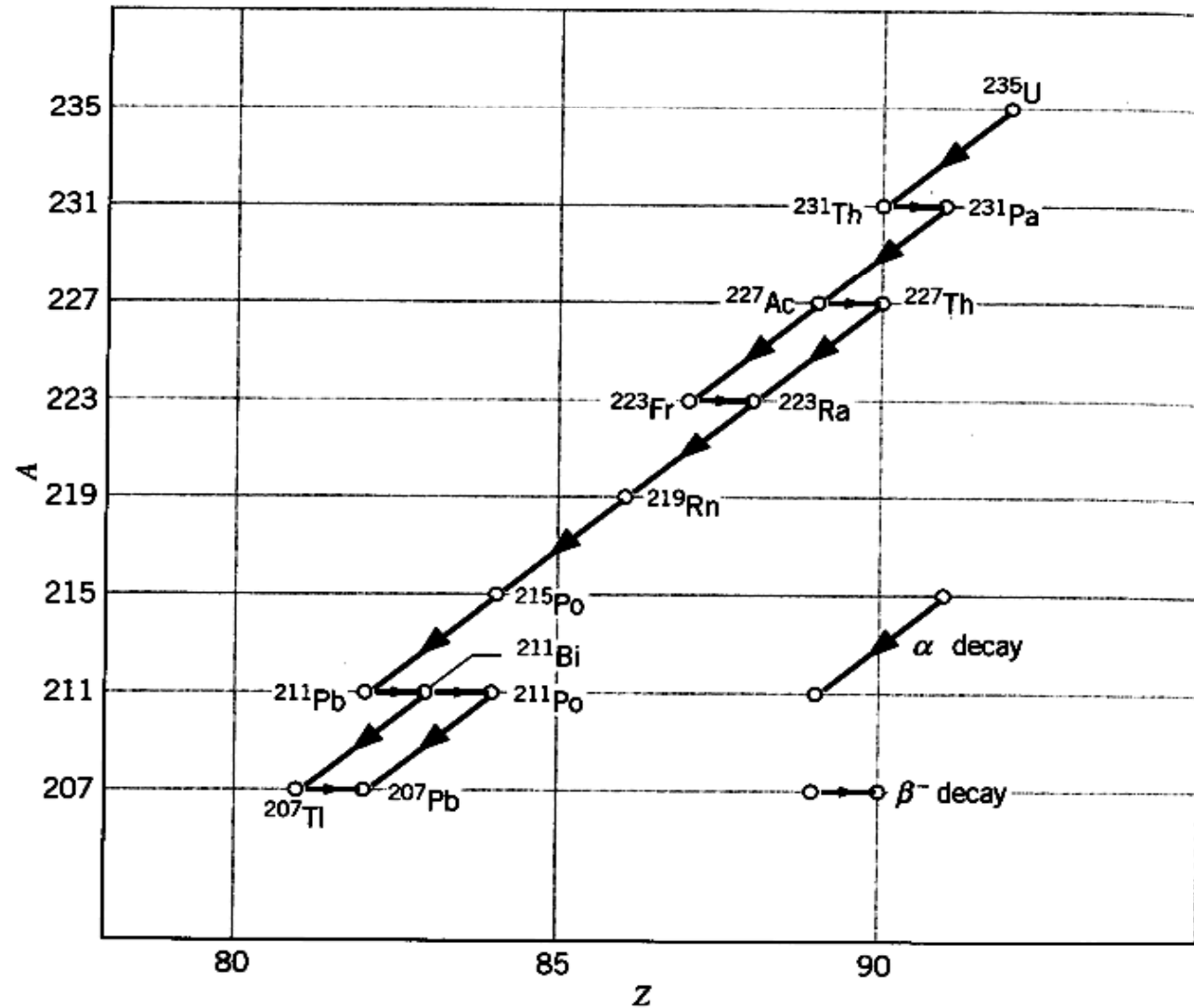


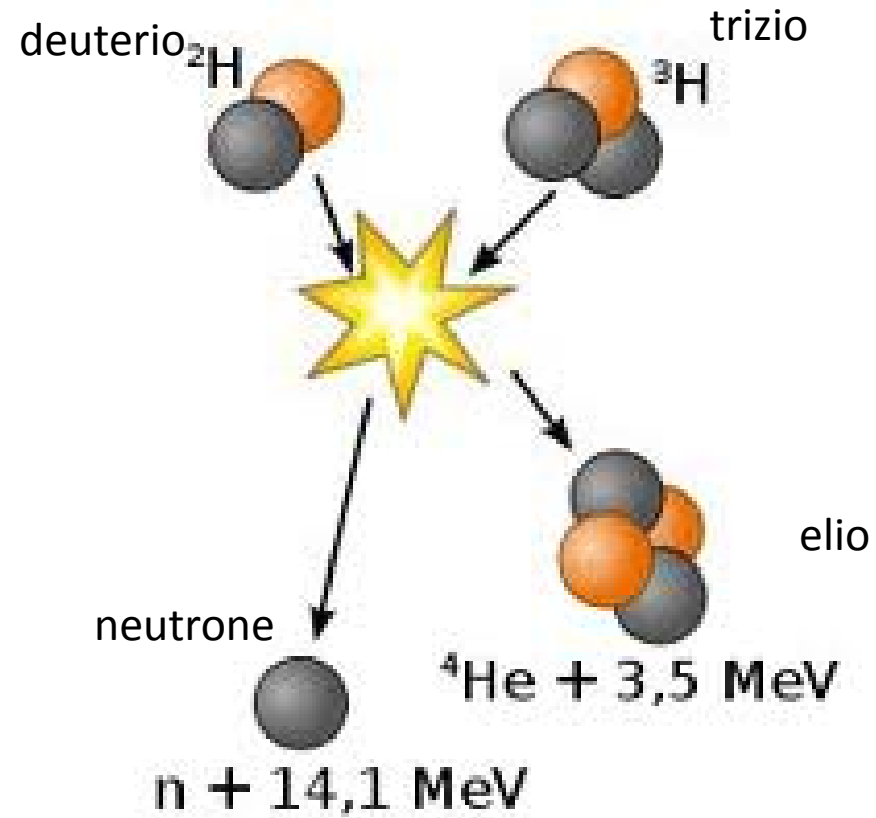
FIGURE 12.17 The  $^{235}\text{U}$  decay chain.

# Radioattività - Datazione

- Il C in natura è al 98,89 %  $^{12}\text{C}$  e per 1,18%  $^{13}\text{C}$  ambedue stabili. Il  $^{14}\text{C}$  è radioattivo ed è formato nell'atmosfera come risultato del bombardamento dei raggi cosmici sull'azoto dell'atmosfera. Il tempo di dimezzamento è 5730 anni.
- Quando un organismo muore non è più in equilibrio con il carbone atmosferico e il suo contenuto di  $^{14}\text{C}$  decresce secondo la legge del decadimento radioattivo. Pertanto l'età di un campione è misurata dalla sua specifica attività (attività per grammo) del suo contenuto di carbonio.



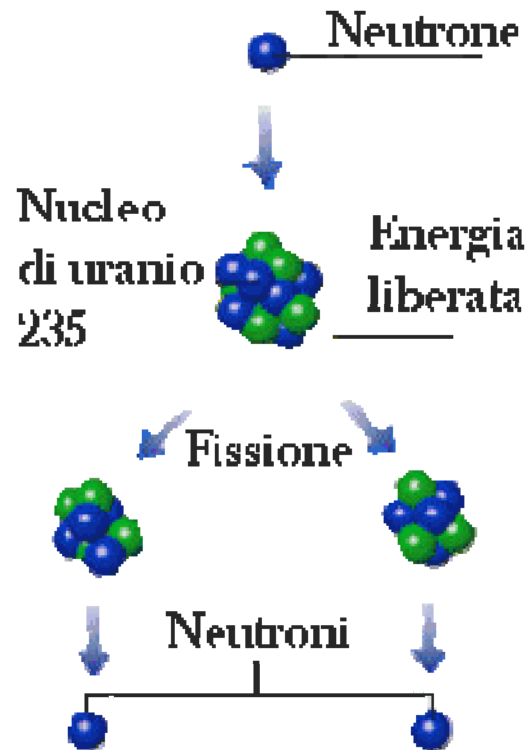
# La fusione nucleare



# La fissione nucleare

Fissione SPONTANEA e' meccanismo piu' probabile solo per nuclei con  $A > 250$ , altrimenti decadimento  $\alpha$  piu' favorito

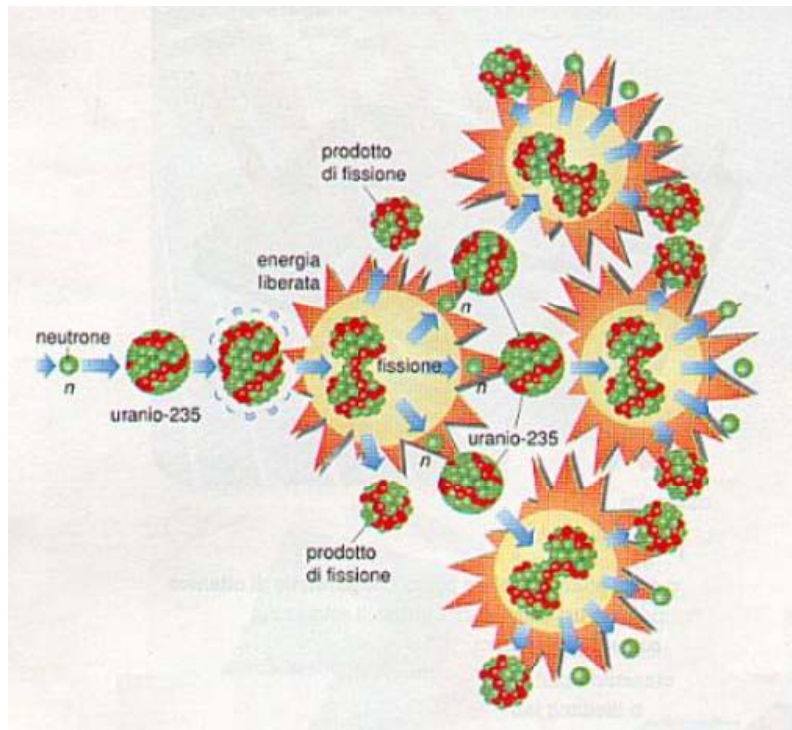
L'unico elemento fissile presente in natura è l'uranio, costituito da una miscela di  $U_{235}$ ,  $U_{238}$  e  $U_{234}$ . L'  $U_{238}$  non è fissile mentre  $U_{235}$  e  $U_{234}$  sono fissili a neutroni di tutte le energie.



# La fissione nucleare

**Reazione a catena controllata**, il sistema è in grado di controllare la reazione a catena, rallentando la sequenza di propagazione (o effetto valanga) del fenomeno;

**Reazione a catena non controllata** (quella utilizzata per la [bomba atomica](#)), il sistema non è in grado di controllare l'effetto valanga della reazione che si verifica e si consuma in breve tempo.



In caso di massa critica, nella fissione nucleare, il naturale decadimento radioattivo del materiale fissile determina l'avvio spontaneo di una reazione a catena che si autosostenta a partire dai neutroni rilasciati dai precedenti eventi o processi di fissione, con conseguente emissione di grandi quantitativi di energia e radiazioni ionizzanti.

La massa critica dipende dalla concentrazione di nuclei  ${}_{235}\text{U}$

La massa critica è di circa 5 kg per il plutonio 239 e di 10 kg per l'uranio 235;

# La fissione nucleare

L'uranio naturale è composto da tre isotopi:

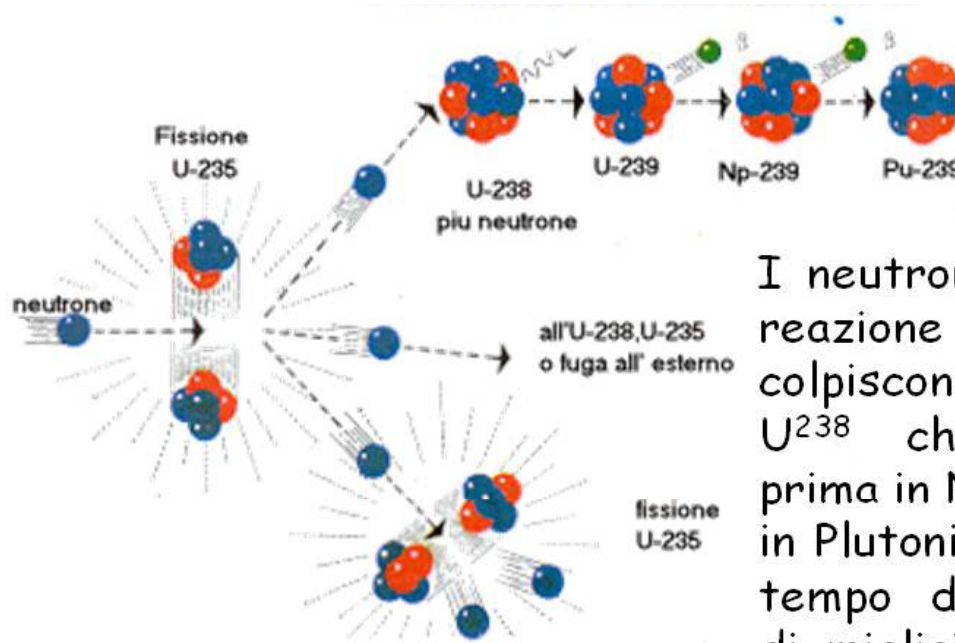
U-238 (99,27%);

U-235 (0,72%);

U-233 (0,0006%).

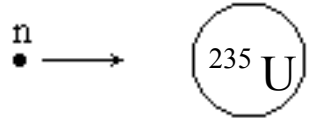
Soltanto gli isotopi U-235 e U-233 sono fissili, ossia danno luogo a una reazione a fissione nucleare. L'uranio U-238 è fertile, può essere trasformato in materiale fissile plutonio 239 quando viene bombardato con neutroni lenti. Il processo di arricchimento dell'uranio consente di aumentare la percentuale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

# La fissione nucleare

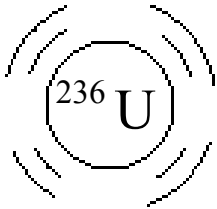


I neutroni prodotti dalla reazione a catena colpiscono anche l'isotopo  $U^{238}$  che si trasforma prima in Nettunio 239 poi in Plutonio 239 che ha un tempo di dimezzamento di migliaia di anni (si usa per costruire le bombe)

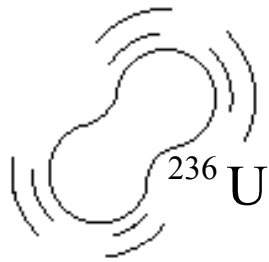
# Modello a goccia



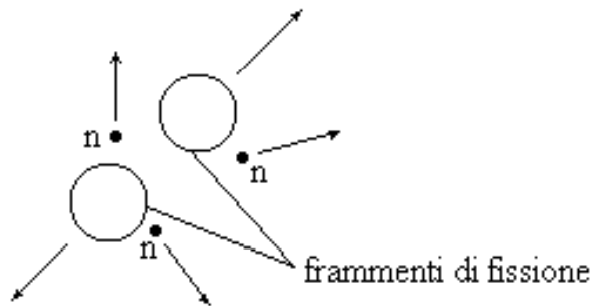
Assorbimento di un neutrone da parte di  $^{235}\text{U}$



Stato eccitato dell'  $^{236}\text{U}$

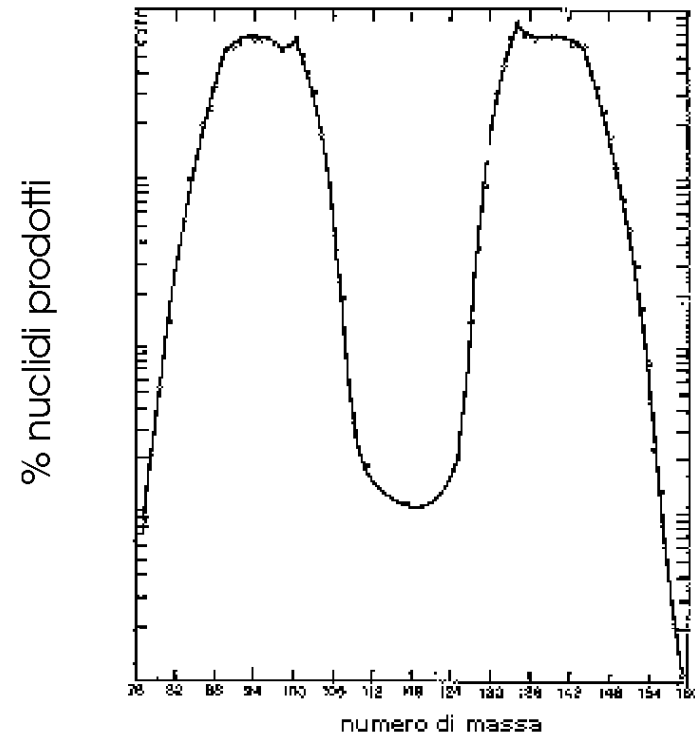


Oscillazione instabile dell'  $^{236}\text{U}$



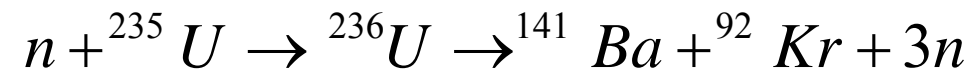
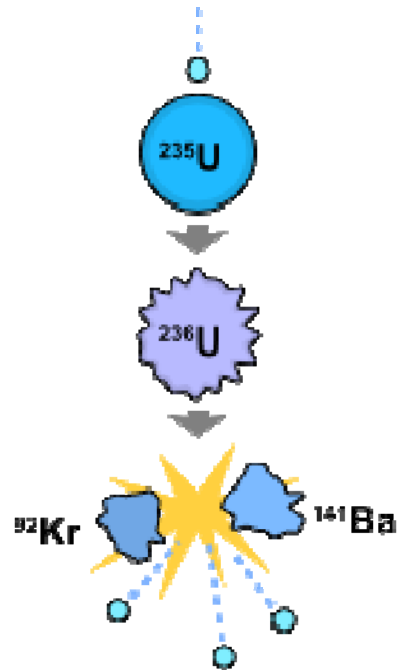
Scissione in due nuclei di massa intermedia ed emissione di alcuni neutroni

# Frammenti di fissione dell'uranio



Un nucleo che subisce la fissione può scindersi in molti modi diversi in due frammenti di masse intermedie ed è maggiormente probabile che i due frammenti, originati dalla scissione di , siano di masse disuguali

# Tipica reazione di fissione dell'uranio

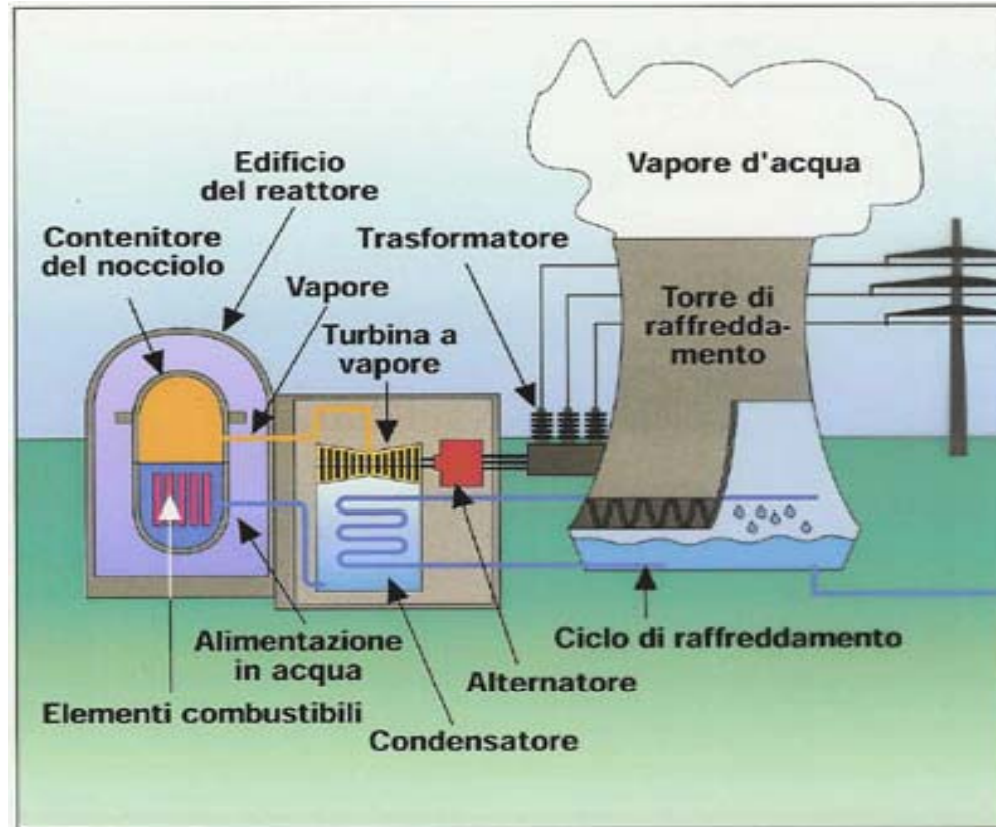


Secondo la particolare reazione, possono venire emessi 1, 2 o 3 neutroni

Il numero medio di neutroni emessi nella fissione di  ${}^{235}\text{U}$  è circa 2,5



# Centrale nucleare



Il **nocciolo** o *nucleo* è la parte del reattore nucleare a fissione contenente le componenti del combustibile e nella quale avvengono le reazioni nucleari.