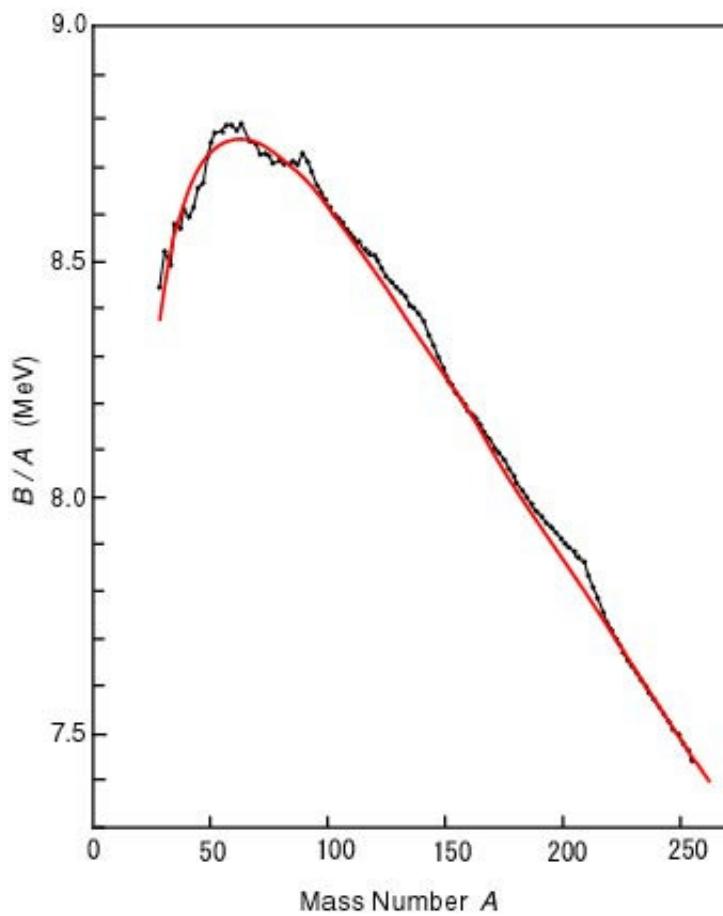
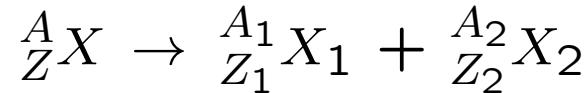


Lezione 9

# Fissione



## Fissione



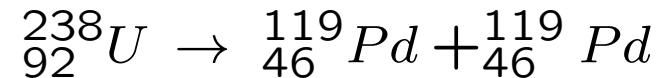
$$A = A_1 + A_2 ; ; Z = Z_1 + Z_2$$

Il Q-valore del processo di fissione deve essere positivo

$$Q = [M(A, Z) - M(A_1, Z_1) - M(A_2, Z_2)] > 0$$

- fissione spontanea
- fissione indotta

Esempio con uranio

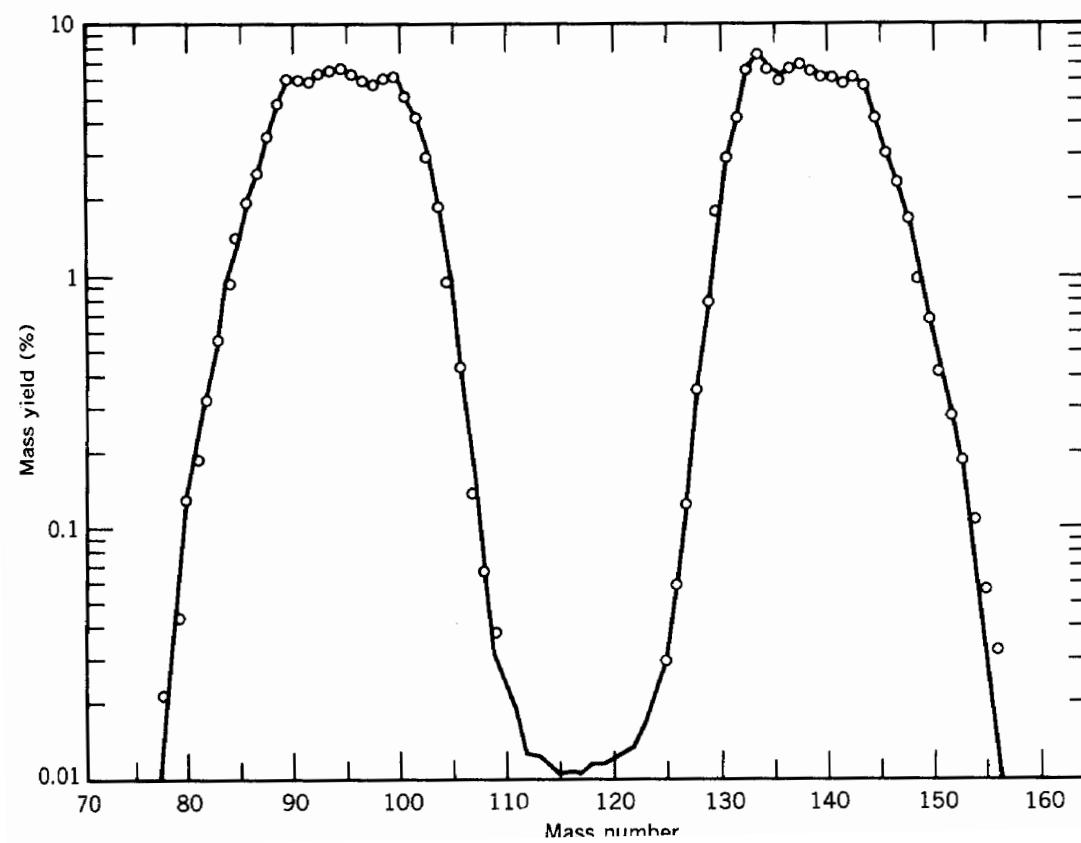


$$B(238, 92)/A \simeq 7.6 \text{ MeV} \quad ; \quad B(119, 46)/A \simeq 8.5 \text{ MeV}$$

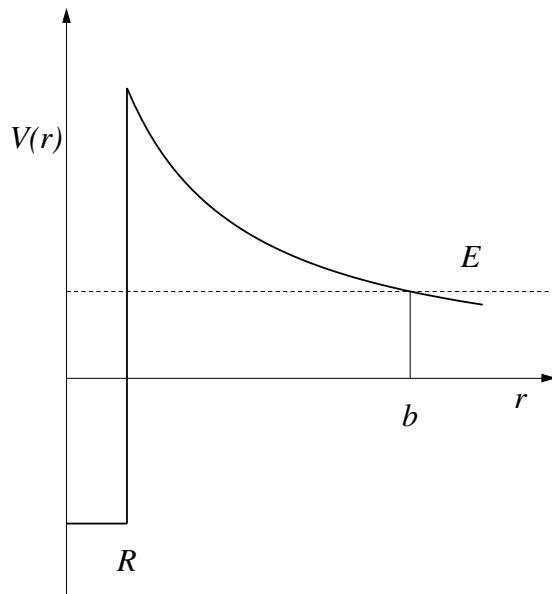
$$M(A, Z) = Zm_p + Nm_n - B(A, Z) \simeq Am_N - B(A, Z)$$

In MeV

$$Q = 238m_N - (7.6)(238) - 2[119m_N - (8.5)(119)] = -1809 + 2023 = 214$$



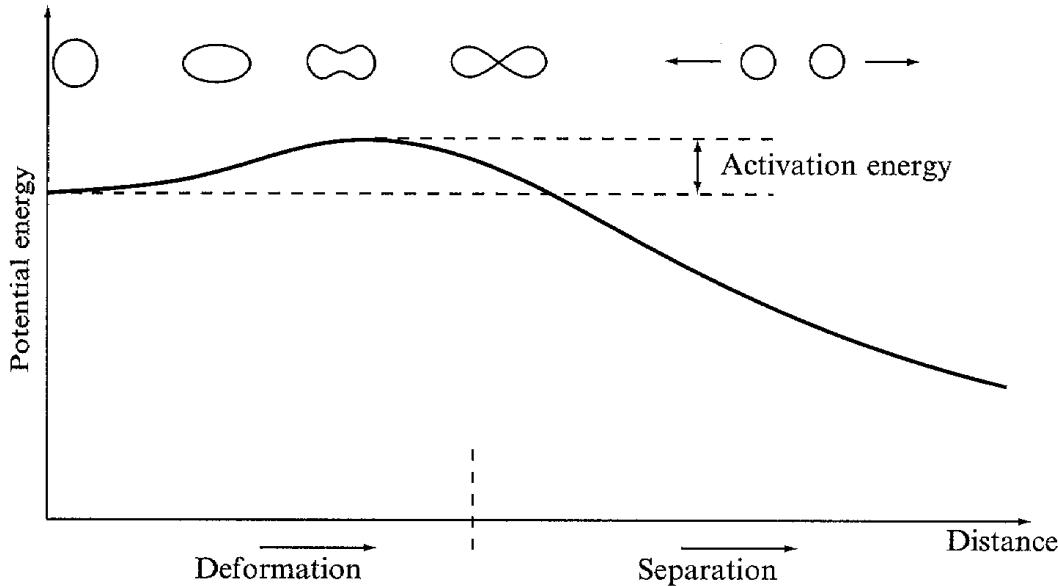
Distribuzione dei frammenti di fissione del nucleo  $^{235}\text{U}$ .



Valore del potenziale Coulombiano nel punto  $R$

$$V_c(R) = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_1 Z_2}{R} = (1.44 \text{ MeV fm}) \frac{(46)^2}{12.2 \text{ fm}} = 250 \text{ MeV}$$

Energia di attivazione = 250 - 214 MeV



Bassa probabilità di effetto tunnel. La probabilità è legata a  $\exp(-\sqrt{M})$  con  $M = M_1 M_2 / (M_1 + M_2)$ .

Modifiche a questo potenziale relativo sono dovute alla deformazione.

Modello a goccia di liquido incompressibile. Volume costante. Elissoide di rotazione.

$$a = R(1 + \epsilon) \quad ; \quad b = \frac{R}{\sqrt{1 + \epsilon}}$$

Volume

$$V = \frac{4}{3}\pi ab^2 = \frac{4}{3}\pi(1 + \epsilon)\frac{R^2}{1 + \epsilon} = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$B(A, Z) = a_v A + a_s A^{2/3} + a_c \frac{Z^2}{A^{1/3}} + a_i \frac{(N - Z)^2}{A} + \delta(A)$$

$a_v$	15.68 MeV	volume
$a_s$	-18.56 MeV	superficie
$a_c$	-0.717 MeV	Coulomb
$a_i$	-28.1 MeV	simmetria
$\delta$		appaiamento

Termine di superficie  $\simeq R^2 \rightarrow R^2(1 + \epsilon)^2 = R^2(1 + 2\epsilon + \epsilon^2) = R^2(1 + 2\epsilon + \dots)$

Termine coulombiano  $\simeq 1/R \rightarrow R^{-1}(1 + \epsilon)^{-1} = R^{-1}(1 - \epsilon + \dots)$

## Modello semplice

$$\begin{aligned}\Delta B &= B(\epsilon) - B(\epsilon = 0) \\&= \text{Termine di superficie} - \text{Termine coulombiano} \\&= \epsilon \left[ 2 a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z^2}{A^{1/3}} \right] \\&= \epsilon \left[ 2(-18.56) A^{2/3} + 0.717 \frac{Z^2}{A^{1/3}} \right]\end{aligned}$$

I nuclei sferici sono più stabili di quelli deformati.

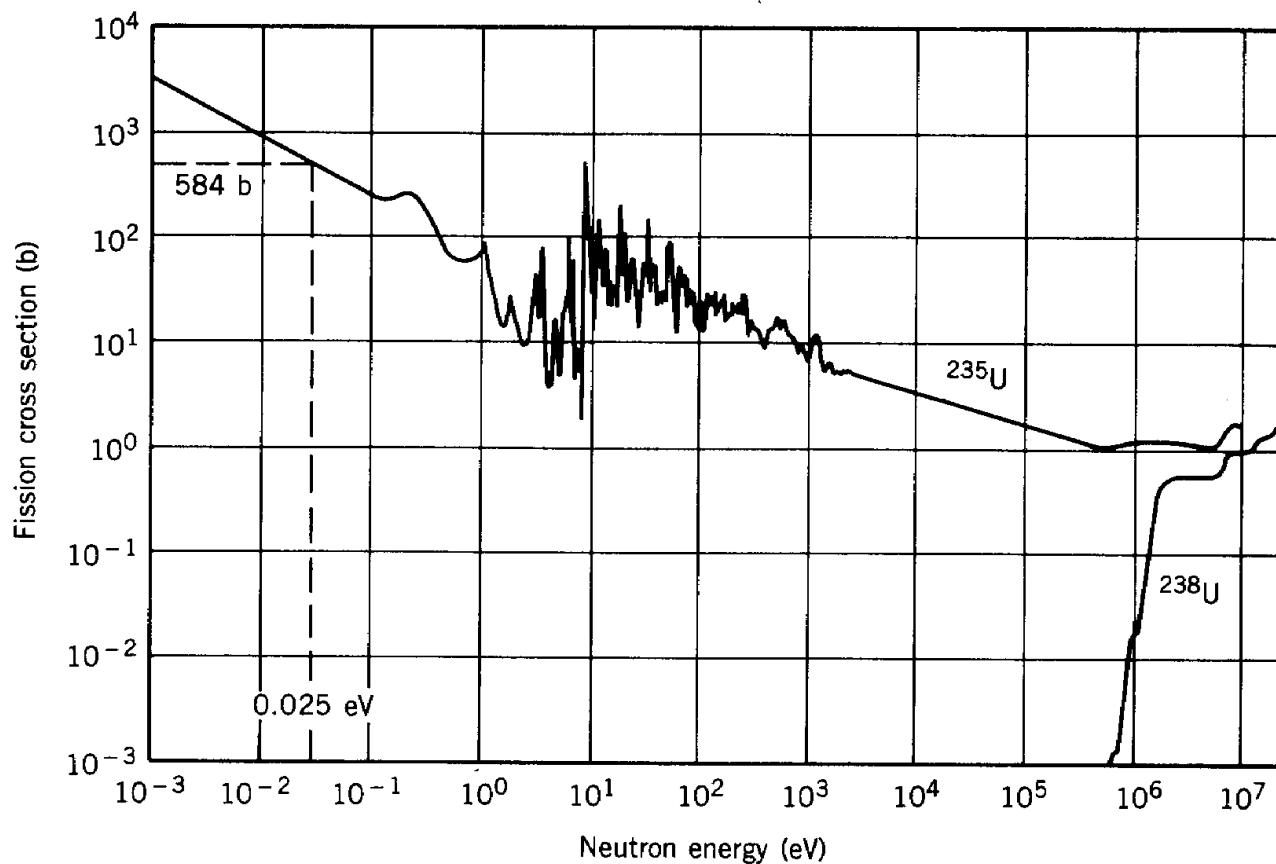
Avendo definito  $B > 0$ , questo implica che  $\Delta B < 0$ , questo avviene per  $Z^2/A < 52$

Un modello più accurato indica

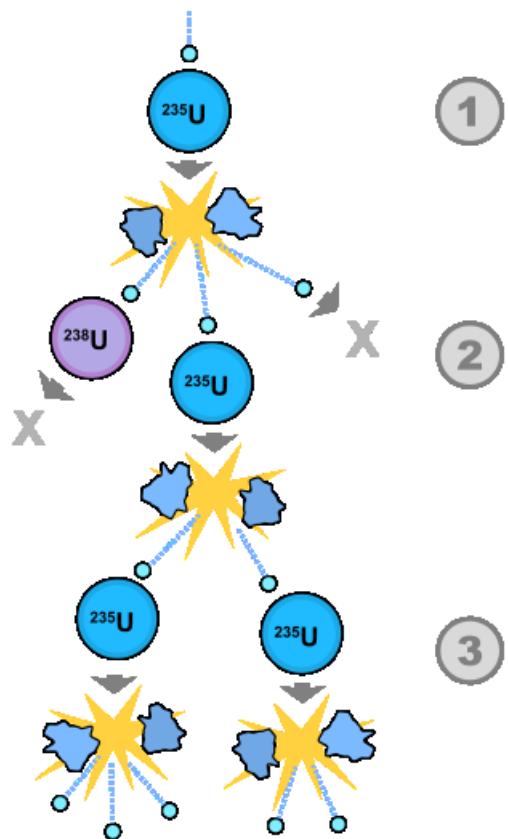
$$\begin{aligned}&\text{Termine di superficie} + \text{Termine coulombiano} \\&= \epsilon^2 \left[ \frac{2}{5} a_s A^{2/3} - \frac{1}{5} a_c \frac{Z^2}{A^{1/3}} \right]\end{aligned}$$

con  $Z^2/A < 47$

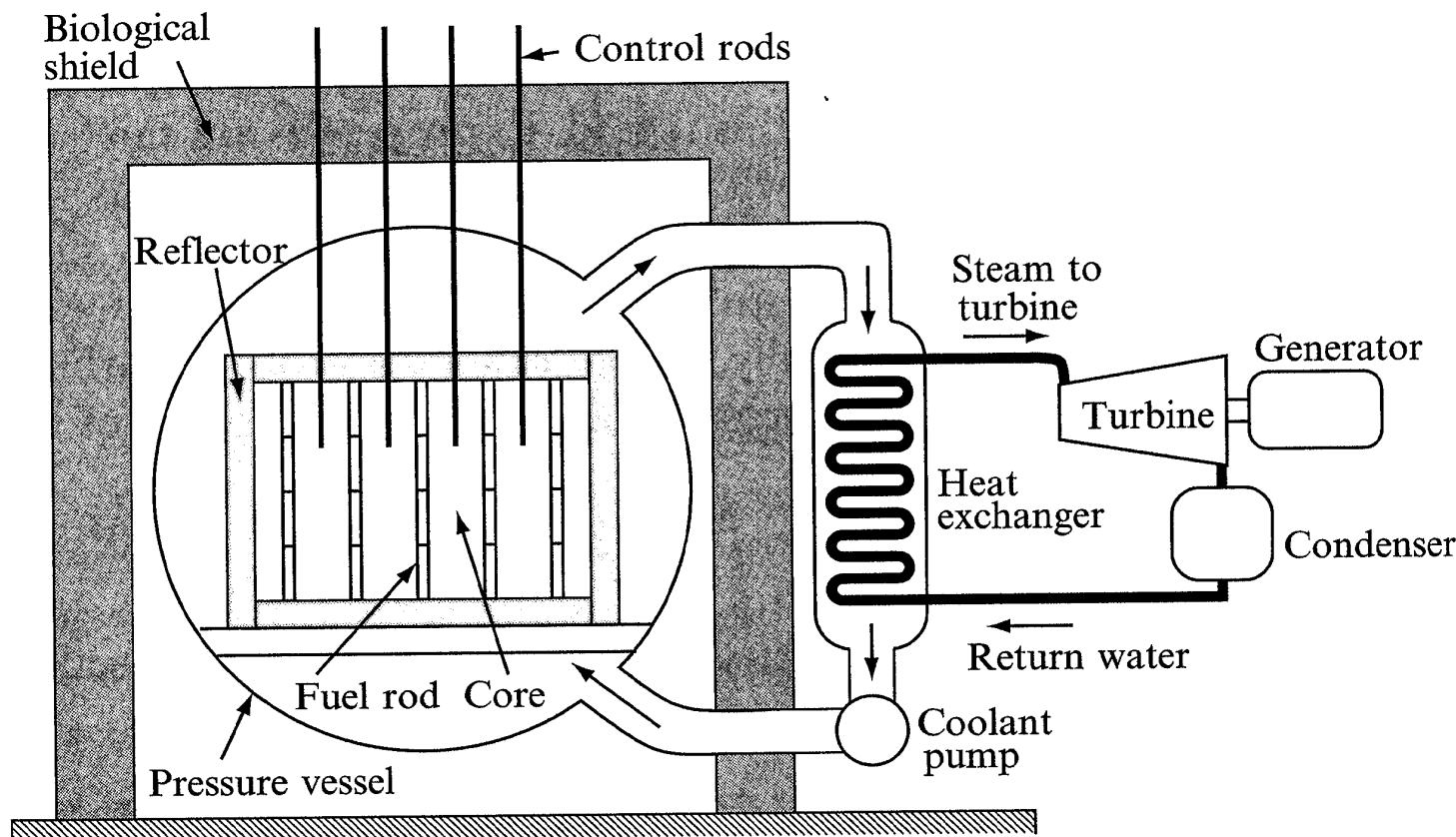
Per nuclei con  $Z \simeq 92$  il nucleo fissiona per cattura neutronica



# Reazione a catena



# Schema di reattore a fissione



### Abbondanze isotopi di uranio %

$^{235}U$	Natura $\leq 0.72$	Reattori 2-3	Bombe 90	$\tau$ (anni) $4.4 \cdot 10^9$
$^{238}U$	99.275			$7 \cdot 10^8$

## Domande

[N1-10] In cosa consiste il processo di fissione spontanea e in quale regione della tavola degli isotopi avviene?

[N2-8] Il meccanismo che, in alcuni nuclei, produce la fissione spontanea è lo stesso che governa l'emissione  $\alpha$ ? Perché?

[N4-12] La sezione d'urto di fissione per l'assorbimento di un neutrone lento (termico) è maggiore per i nuclei pari-dispari, come ad esempio l'isotopo  $^{235}\text{U}$ , che per i nuclei pari-pari, come l' $^{238}\text{U}$ . Perché?