

TEMA 8. FISIÓN NUCLEAR

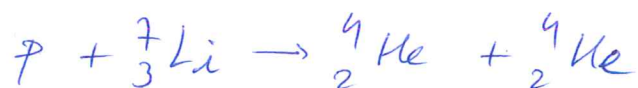
Interacción de núcleos entre ellos, intercambiando protones y/o neutrones \Rightarrow nuevos núcleos. (*)

• Si $\Sigma B_{\text{final}} - \Sigma B_{\text{ini}} > 0$ ($Q > 0$), se libera energía en la reacción.

• En caso contrario, \exists K_{in} inicial para que la reacción se produzca.

(*) Se llama transmutación nuclear

• 1^{er} experimento (Cockcroft, Walton, 1932)



• Descubrimiento:

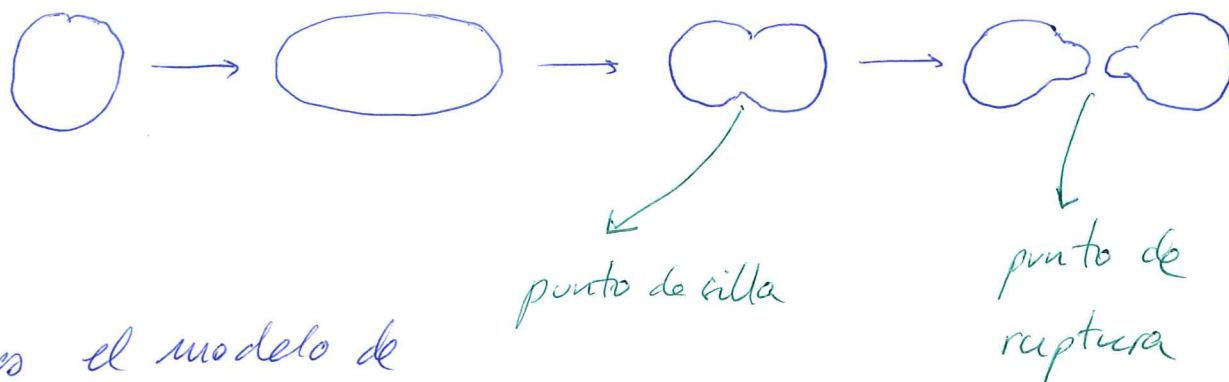


• en realidad el U se divide (Ida Noddack)

• hipótesis verificada (1939) (Hahn, Strassmann)



Mecanismo de fisión (Meitner, Frisch)



Usamos el modelo de la gota líquida para explicar qué está ocurriendo en el proceso de fisión nuclear.

- A no varía \Rightarrow término $\overset{\text{(volumen)}}{\alpha_v}$ no varía
- Varía término de superficie $(\text{O} \rightarrow \text{O})$ (la 1ª en variar)

Para mismo V , la elipse $>$ área que la esfera.

$\epsilon \equiv$ excentricidad $\ll 1$

$$-\overset{\alpha_s}{A}^{2/3} \rightarrow -\overset{\alpha_s}{A}^{2/3} \left(1 + \frac{2\epsilon^4}{45} \right)$$

- La distancia promedio entre protones decreciente.

$$-\frac{\alpha_c z^2}{A^{1/3}} \rightarrow -\frac{\alpha_c z^2}{A^{1/3}} \left(1 - \frac{\epsilon^4}{45} \right)$$

El cambio total en la energía de ligadura para un elipsoide, será:

$$\Delta B_{BE} = \frac{\epsilon^4}{45} \left(\alpha_c \frac{Z^2}{A^{1/3}} - 2\alpha_s A^{2/3} \right) + O(\epsilon^6)$$

(Nota: como α_A y α_p no están relacionados con la forma del núcleo, no intervienen)

Entonces

$$\Delta B_{BE} > 0 \Rightarrow \frac{Z^2}{A} > 2 \frac{\alpha_s}{\alpha_c} \approx 50$$

Núcleo con

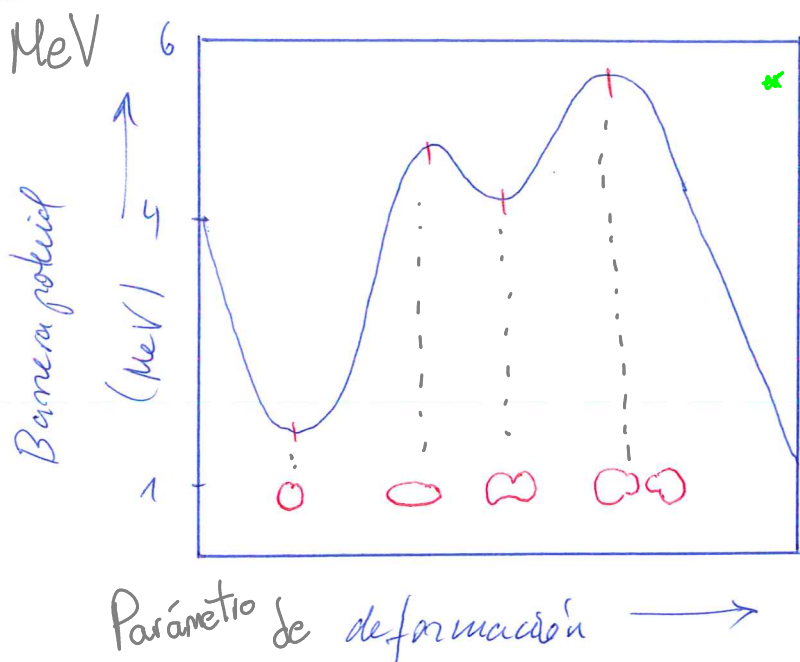
\Rightarrow preferencia por deformarse y dividirse

Fisión espontánea
(Efecto túnel) ✱

vs

Fisión inducida

- Mucho menos probable que el decaimiento $(\alpha;)$
 $\tau_{1/2} \gg \tau_{1/2}(\alpha)$. Por la escala de energía asociada



- probabilidad de túnel \downarrow exponencial.
con \uparrow altura barrera.

fisión espontánea

barrera $\lesssim 10$ MeV



$A \gtrsim 220$ ✱

Productos producidos

- Normalmente **2** (o 3) fragmentos de fisión.
²
(una de cada 300 fisiones) $\equiv 0.3\%$

gota líquida predice



se observan más fisiones cuando

$$\frac{A_+}{A_-} \in [1.3 - 1.5] \text{ (razón todavía desconocida)}$$

- Además, se suelen producir 2 (o 3) neutrones.
("prompt neutrons" - inmediatos). Se producen simultáneamente a la fisión.

Fisión inducida



El neutrón se absorbe y

E. ligadura CONDICIÓN

$$B(A+1) > B(A) \Rightarrow \text{exceso de energía}$$



se libera en forma de vibración. Si esta
(energía ^(de vibración) $E_0 >$ altura de la barrera de fisión,

\Rightarrow fisión sin necesidad de efecto túnel.

Ejemplo:



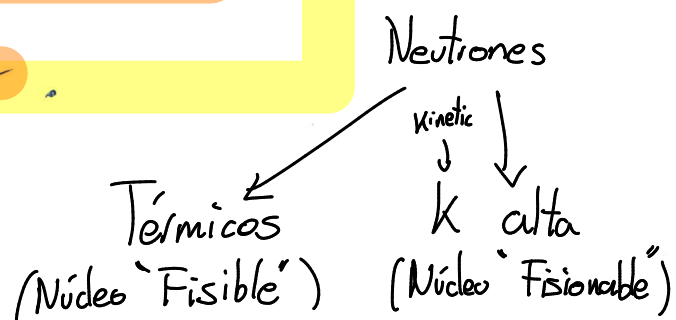
$$B({}^{236}_{92}) = 1790.4 \text{ MeV}$$

- Altura barrera (5.6 MeV) $<$ B del neutrón extra en el ${}^{236}_{92}\text{U} \Rightarrow$ la absorción es suficiente para superar la barrera.

En este caso, los n pueden ser térmicos
(no se necesita $K_n \uparrow \uparrow$).

↓
núcleos fisibles

• Si se necesitan n con K_n altas, se llaman núcleos fisiónables.



Condensação de finição (Andersson, Ferrari, Szilard).

los neutrones emitidos pueden ser absorbidos
 (hijo) $\rightarrow n + \text{hijo} \rightarrow \dots$
 por otro núcleo que también se fisiona, etc.
 fisiona
 (reacción en cadena).

- Hay que tener una cantidad suficiente del isótopo fisible para que comience. En caso contrario, los n son absorbidos por los isótopos no fisibles y no ocurre nada.

- mineral de uranio ($\sim \text{UO}_2$)

Concentración $[^{235}_{92}\text{U}] \sim 0.7\%$ (resto es $^{238}_{92}\text{U}$)
 \hookrightarrow fisible

- reactores requieren 3.5 - 4.5% para comenzar reacción en cadena.

- $\uparrow\uparrow [\]$ del isótopo fisible \equiv enriquecimiento

El último concepto que vamos a ver en este tema es el del factor de multiplicación neutrónica (K).

$(n-1) \rightarrow (n) \rightarrow (n+1) \rightarrow (n+2)$ (etapas cadena)

$$K \equiv \frac{\# \text{ neutrones } (n+1)}{\# \text{ neutrones } (n)}$$

El número de fisiones será (en la etapa n)
on el paso n de la cadena
 \downarrow proporcional
 $N_f(n) \propto K^n$

- $K < 1 \Rightarrow$ el proceso se detendrá rápidamente.

Sucede en VO_2 de forma natural.

$K = 1 \Rightarrow$ reacción controlada (reactor)

- $K > 1 \Rightarrow$ la reacción crece sin control hasta que se gasta todo el material fisible.

\rightarrow Enriquecer

\rightarrow Masa crítica

$\sim 10 \text{ kg U}$

(Se necesita enriquecer y una cierta masa crítica (para que se absorba algún n y no poro simplemente a través del material).
(10 kg de uranio, aprox.)