

## TEMA 8. FISIÓN NUCLEAR

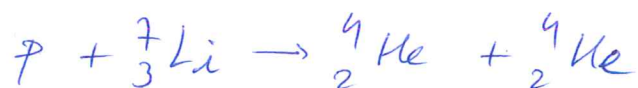
Interacción de núcleos entre ellos, intercambiando protones y/o neutrones  $\Rightarrow$  nuevos núcleos. (\*)

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

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

(\*) Se llama transmutación nuclear

• 1<sup>er</sup> experimento (Cockcroft, Walton, 1932)



• Descubrimiento:

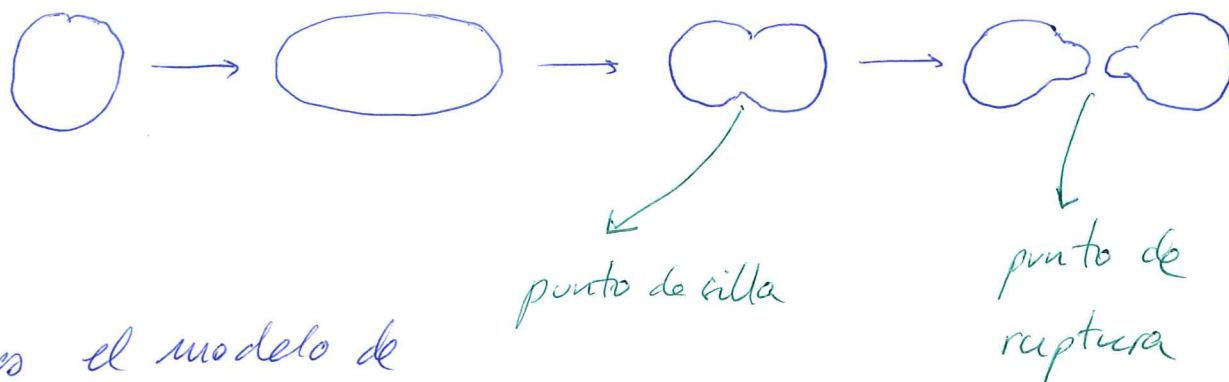


• en realidad el U se divide (Ida Noddack)

• 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  $a_v$  no varía
- Varía término de  $s_y$  ( $\bigcirc \rightarrow \text{elipse}$ )

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

excentricidad  $\ll 1$

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

- La distancia promedio entre protones incrementa.

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

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

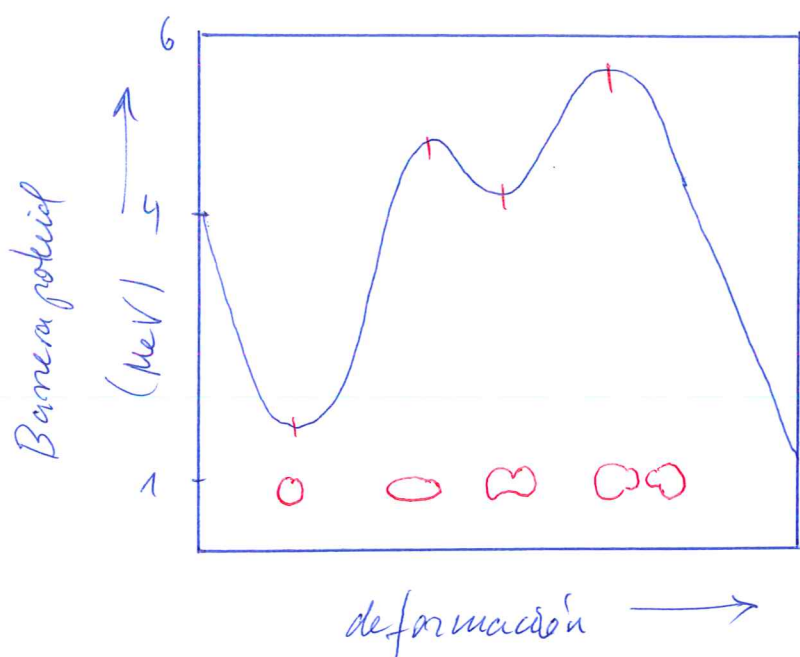
$$\Delta_{BE} = \frac{\epsilon^4}{45} \left( \alpha_c \frac{Z^2}{A^{1/3}} - 2\alpha_s A^{2/3} \right) + O(\epsilon^6)$$

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

$\Rightarrow$  preferencia por deformarse y dividirse

Finión espontánea

- Mucho menos probable que el decaimiento  $\alpha$ ;  
 $\tau_{1/2} \gg \tau_{1/2}(\alpha)$ .



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

- finión espontánea  
 barrera  $\lesssim 10$  MeV

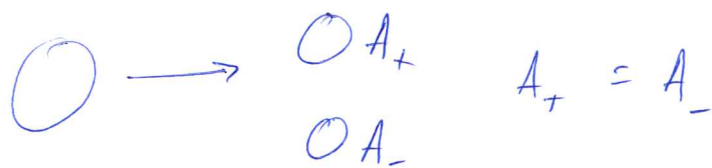
$$\Downarrow$$

$$A \gtrsim 220.$$

## Productos producidos

- Normalmente 2 (ó 3) fragmentos de fisión.  
2  
(una de cada 300 fisiones).

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 (ó 3) neutrones.

("prompt neutrons" - inmediatos). Se producen simultáneamente a la fisión.

## Fisión inducida



El neutrón se absorbe y

$B(A+1) > B(A)$  y el exceso de energía se libera en forma de vibración. Si esta energía es  $>$  altura de la barrera de fisión, se produce 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 fisionables

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



## Cadenas de fisión (Anderson, Fermi, Szilard).

los neutrones emitidos pueden ser absorbidos por otro núcleo que también se fisura, etc.  
(reacción en cadena).

$k_n \sim 1$  MeV no sirve para los fisurables pero puede servir para los fisibles.

- 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 ( $\sim \text{UO}_2$ )

$$\left[ {}_{92}^{235}\text{U} \right] \sim 0.7\% \quad (\text{resto es } {}_{92}^{238}\text{U})$$

$\hookrightarrow$  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  $n$ )

$$N_f(n) \propto K^n$$

- $K < 1 \Rightarrow$  el proceso se detendrá rápidamente. Sucede en  $\text{VO}_2$  de forma natural.

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

Se necesita enriquecer y una cierta masa

crítica (para que se absorba algún  $n$  y no por completo a través del material).

(10 kg de uranio, aprox.)

- $K = 1 \Rightarrow$  reacción controlada. Reactor nuclear