

Radioactividad Natural

3 series.

(a) ^{238}U
uranio

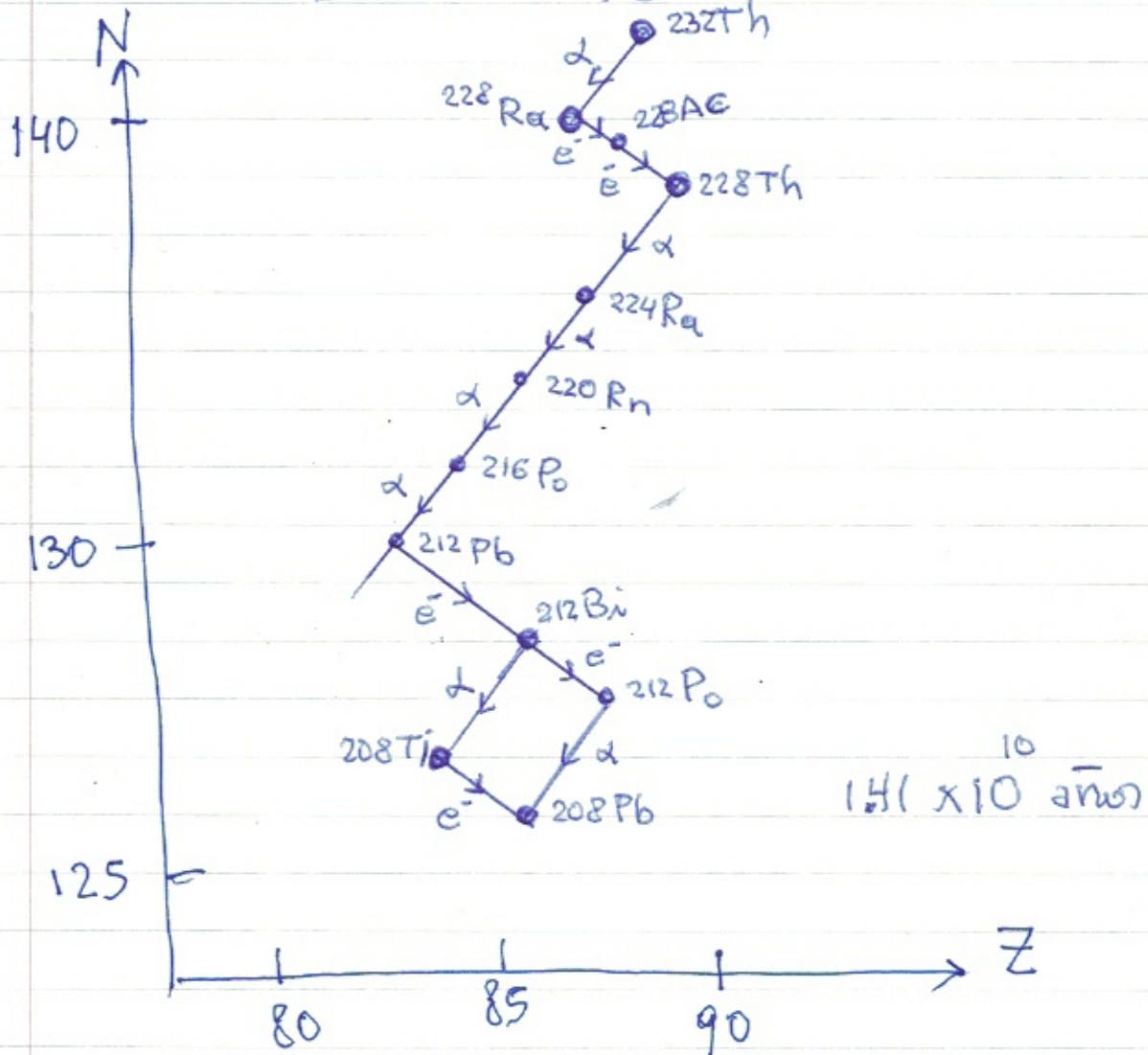
^{206}Pb

(b) ^{235}U

actinio

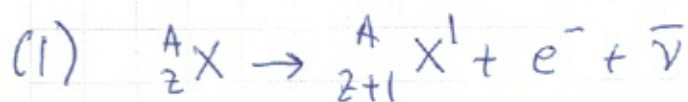
(c) ^{232}Th torio

^{208}Pb



ISÓTOPO de			
Serie	PARTIDA	$T_{1/2}$ (y)	Producto final (estable)
natural	$^{238}_{92}\text{U}$	4.47×10^9	$^{206}_{82}\text{Pb}$
	$^{235}_{92}\text{U}$	7.04×10^8	$^{207}_{82}\text{Pb}$
	$^{232}_{90}\text{Th}$	1.41×10^{10}	$^{208}_{82}\text{Pb}$
artificial	$^{237}_{93}\text{Np}$	2.14×10^6	$^{209}_{83}\text{Pb}$

Sobre los Q-values



$$Q = [m_N({}^A_Z X) - m_N({}^A_{Z+1} X') - m_e - m_{\bar{\nu}}] c^2$$

pero $m({}^A_Z X) = m_N({}^A_Z X) + z m_e - \sum_{i=1}^Z B_i$ (0)

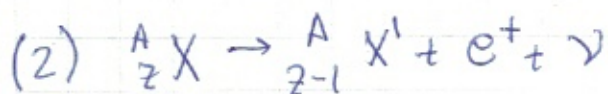
mase atómico $\swarrow$ $\nwarrow$ E. de enlace

típico/ $m_{\nu} \sim 0$; $B_i \sim 0$

$$\Rightarrow m_N({}^A_Z X) \simeq m({}^A_Z X) - z m$$

$$\Rightarrow Q = [m({}^A_Z X) - \underbrace{z m} - \underbrace{m({}^A_{Z+1} X') + (z+1)m - m}] c^2$$

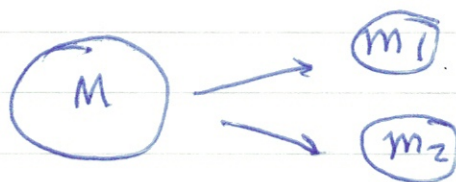
$$\therefore Q = [m({}^A_Z X) - m({}^A_{Z+1} X')] c^2 \quad (1)$$



$$Q = [m_N({}^A_Z X) - m_N({}^A_{Z-1} X') - m_e - m_{\nu}] c^2$$

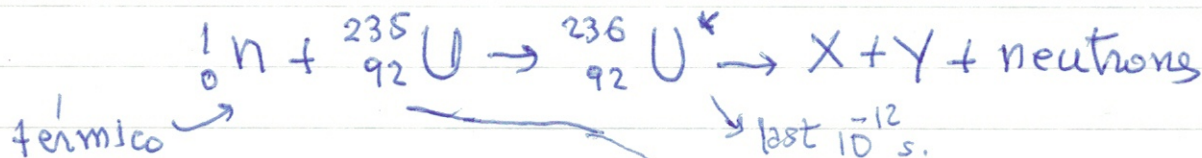
$$\stackrel{(0)}{=} [m({}^A_Z X) - \underbrace{z m_e} - m({}^A_{Z-1} X') + \underbrace{(z-1)m_e - m_e}] c^2$$

$$= [m({}^A_Z X) - m({}^A_{Z-1} X') - 2m_e] c^2 \quad (2) //$$

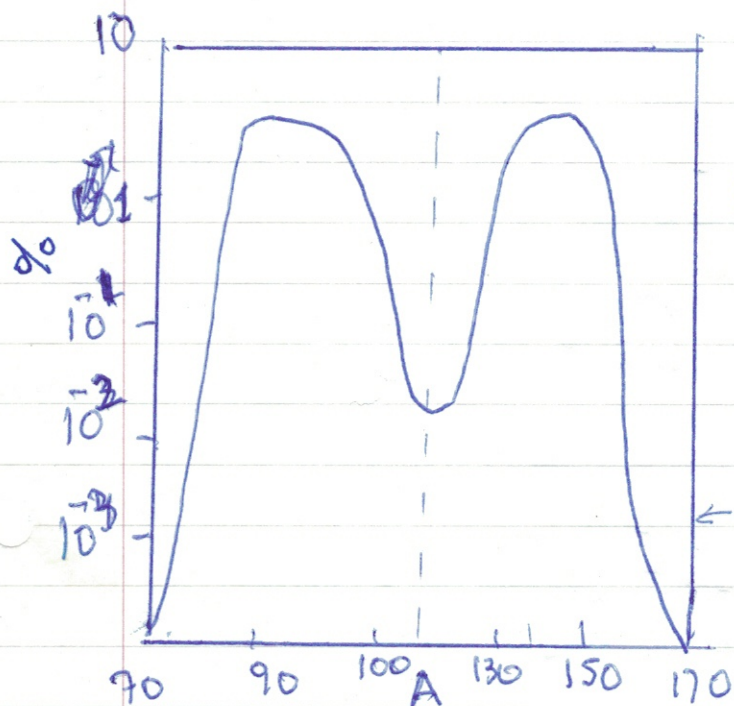
FISION NUCLEAR

$$m_1 \approx m_2$$

$$M > m_1 + m_2$$

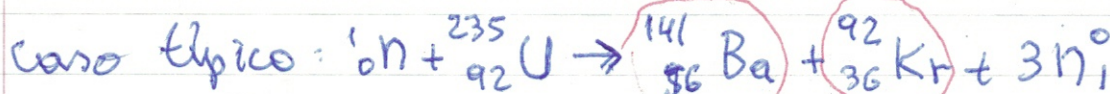


Existen muchos X e Y posibles



distribución de productos de fisión

← Simetric plot



- ^{235}U capture neutron fénico
- se forma $^{236}\text{U}^*$ q' ocasiona oscilaciones
- $^{236}\text{U}^*$ se distorsiona i Fcoel ayuda a la distorsión.
- Núcleo se fisiona en 2 fragmentos emitiendo neutrones en el proceso.

los fragmentos mas probables son $A \approx 140$ y $A \approx 95$

q'u tiene demasiados neutrones y decaen emitiendo neutrones. Los remanentes aun quedan inestables y decaen a nucleos más estables a través de decaimientos beta. También son emitidos rayos γ .

Q emitido en típica fisión

$A \approx 240 \Rightarrow 7.6 \text{ MeV}$ energía enlaze por nucleón
 8.5 MeV nengio A intermedio

✓
 Fig. 13.10

E. emitida por ~~nucleon~~ evento

$$Q = 240 \left(\frac{8.5 \text{ MeV}}{\text{nucleon}} - \frac{7.6 \text{ MeV}}{\text{nucleon}} \right) = 200 \text{ MeV}$$

85% va a K de los fragmentos pesados.

EX: Calc. Energía total emitida al fisionar
1 kg de ^{235}U cuando energía de desintegración
por evento $Q = 208 \text{ MeV}$

(a) # núcleos en 1 kg de Uranio

$$\begin{array}{l} N_0 \\ X \end{array} \left. \begin{array}{l} 235 \text{ gr.} \\ 1000 \text{ gr.} \end{array} \right\} X = \frac{6.02 \times 10^{23} \times 10^3}{235}$$

$$= 2.56 \times 10^{24} \text{ núcleos}$$

$$E = N \times Q = 2.56 \times 10^{24} \text{ núcleos} \times \left(208 \frac{\text{MeV}}{\text{núcleo}} \right)$$

$$= 5.32 \times 10^{26} \text{ MeV}$$

$$1 \text{ MeV} \approx 4.14 \times 10^{-20} \text{ kWh}$$

$$\Rightarrow E = 2.37 \times 10^7 \text{ kWh} \rightarrow \text{detonar } 20,000 \text{ toneladas de TNT}$$

$$= 20 \text{ kilotons.}$$

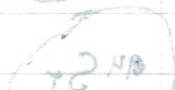
$$1 \text{ MeV} = (1.6 \times 10^{-19} \text{ J}) (3.6 \times 10^3 \text{ s/h}) = 5.76 \times 10^{-16} \text{ Wh}$$

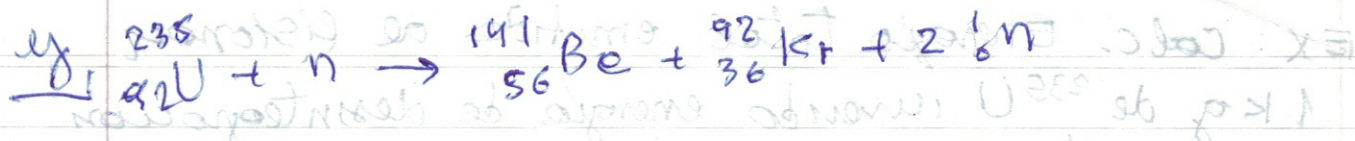
esto es equivalente a la explosión de 20 kilotones de TNT

¡energía enorme!

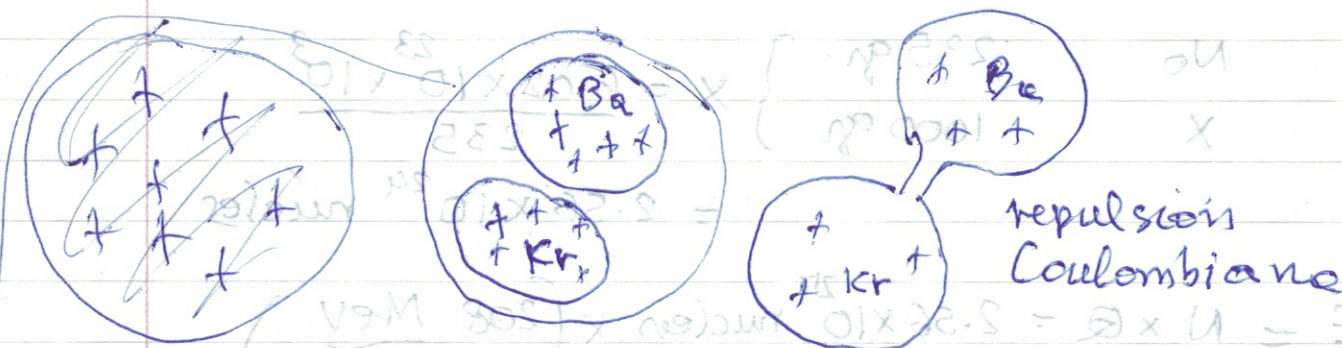


¡otro!





modelo del proceso de fisión: Separación electrostática



Let r be the distance at which the nuclear force goes to zero: $r \approx r_{\text{Ba}} + r_{\text{Kr}}$

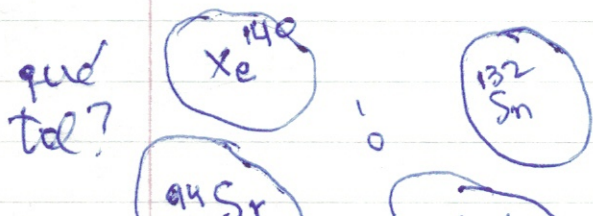
$$r_{\text{Ba}} = (1.2 \times 10^{-15} \text{ m})(141)^{1/3} = 6.2 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$r_{\text{Kr}} = (1.2 \times 10^{-15} \text{ m})(92)^{1/3} = 5.4 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$U = \frac{k(Z_1 e)(Z_2 e)}{r} = 240 \text{ MeV}$$

durante la separación U se convierte en energía cinética

→ random process?



Nuclear Reactors

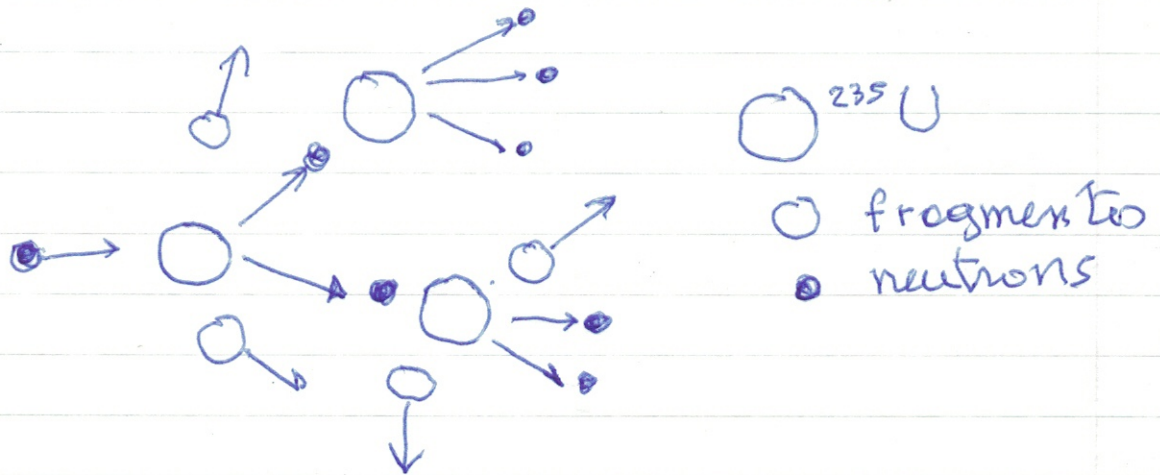
$^{235}\text{U} \rightarrow 2.5 \text{ n por evento}$

$\downarrow 1 \text{ Kg } ^{235}\text{U} \rightarrow 20 \text{ kilotones}$

nuclear reactor $\rightarrow$ cadena auto-sostenida

1st reactor : Fermi 1942, usando ^{238}U

$\text{U natural} = 99.3\% \text{ } ^{238}\text{U} + 0.7\% \text{ } ^{235}\text{U}$



reacción en cadena

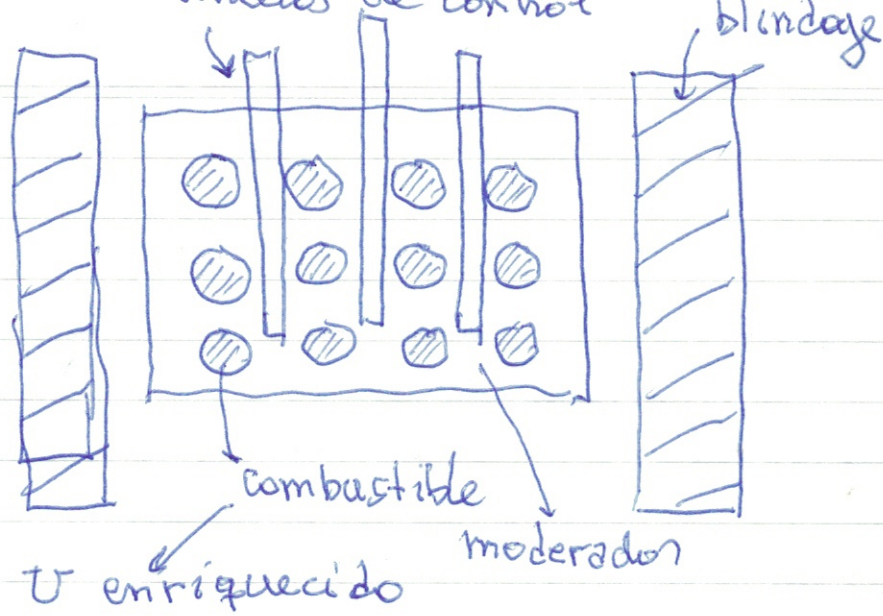
cte. de reproducción $K \equiv$ # promedio de n de evento de fisión q' conduce a otra fisión.

$K_{\text{max}} = 2.5$ para ^{235}U

$K = 1$ reacción auto-sostenida

$K < 1$ " subcrítica

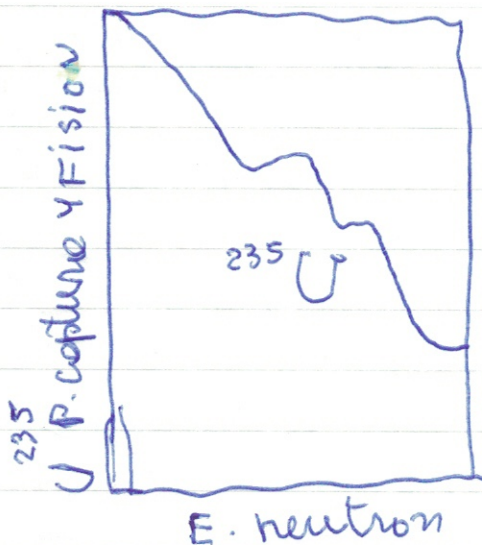
$K > 1$ " supercrítica



perdida de n_s : depende de la razon S/V

Regulando la E de los n_s : la E de el n despues' de una fision es alto $\sim 2\text{MeV} \Rightarrow$ hay q' bajarla para q' pueda inducir otra evento de fision con ^{235}U . $\rightarrow$ Moderador

$\downarrow$
Agua, grafito



Varillas de control : absorbe neutrones
 $\rightarrow$ controla la velocidad de la reaccion.

ej: Aleación $\text{Ag}-\text{Cd}$

Captura de neutrones

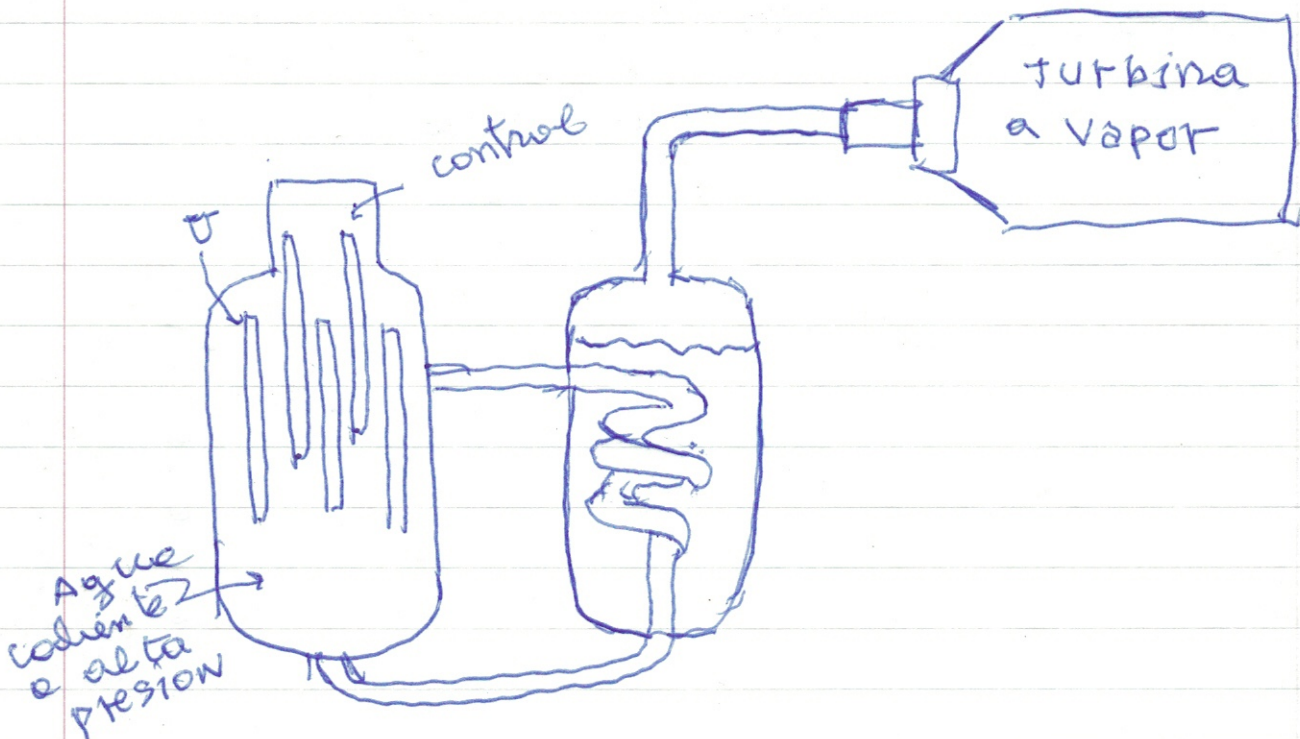
frenamientos de $n_s \rightarrow$ capturados por núcleos q'
NO fisiónar

Por ej, ^{238}U (90% del U del combustible)
sin embargo el ^{238}U sólo captura n rápidos
 $\Rightarrow$ la acción del moderador tiene un doble
beneficio.

Control de potencia

Se necesita mantener $K \approx 1$

se controla con cd absorbe n eficiente?



Accidentes Three Mile Island (1979)



Fallo controles

Mala capacidad de reacción para emergencias

se fundió 1/3 del combustible

Chernobyl → se liberaron 1.2×10^{19} Bq

135 000 evacuados

30 muertes de inmediato

2500 muertes posteriores

Mal diseño del reactor

violación reglas de seguridad.

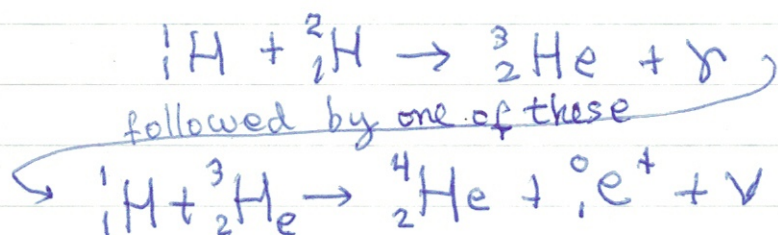
Desperdicio → contenedores enterrados en minas del sol

- lanzarlos al sol

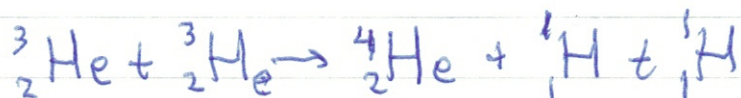
- placas de subducción

FUSION NUCLEAR

2 núcleos livianos ($A < 20$) se combinan para formar un núcleo más pesado, liberando energía

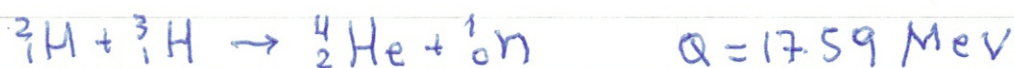
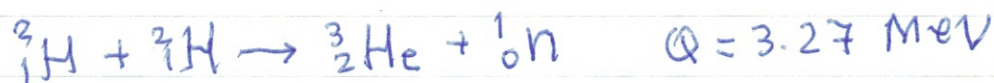


CICLO
PROTON-
PROTON

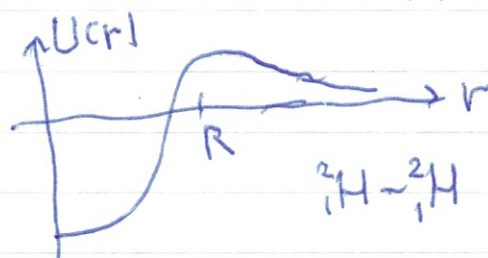


$$T_{\text{sol}} = 1.5 \times 10^7 \text{ K}$$

FUSION CONTROLADA



barera Coulombiana

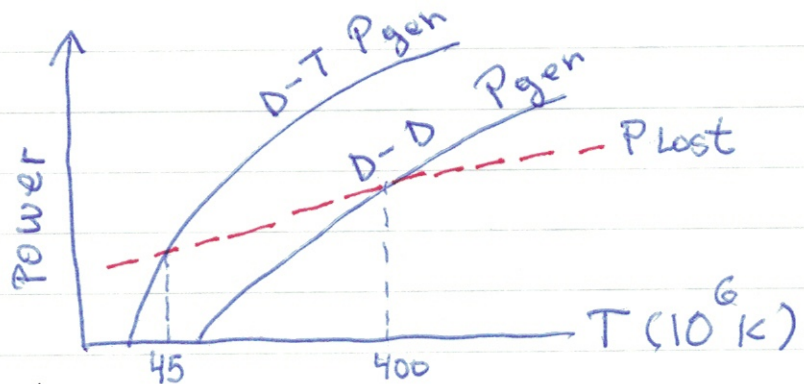


Cuando generación energía = pérdidas

→ "T de encendido crítico"

$$D-D : 4 \times 10^8 \text{ K}$$

$$D-T : 4.5 \times 10^7 \text{ K}$$



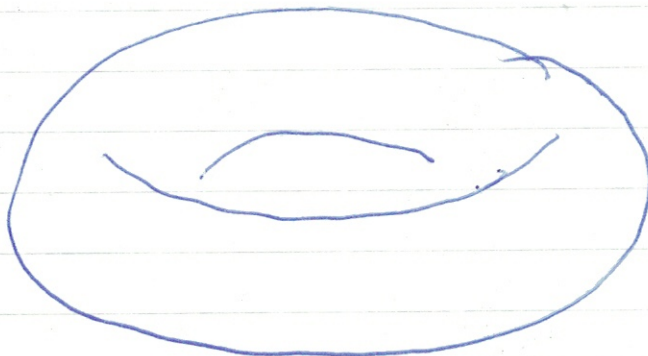
Densidad y t. de confinamiento

J.D. LAWSON

$$n\tau \geq 10^{14} \text{ s/cm}^3 \quad (D-T)$$

$$n\tau \geq 10^{16} \text{ s/cm}^3 \quad (D-D)$$

Asegure q' se genere más energía de la q' se necesita para calentar el plasma.



TOKAMAK