

ley de la conservación de la carga \Rightarrow

$$92 + 0 = 38 + Z \Rightarrow Z = 54$$

ley de la conservación del número total de nucleones \Rightarrow

$$235 + 1 = 90 + 136 + a \cdot 1 \Rightarrow a = 10$$

b)
$$\Delta m = \left[M_{{}_{92}^{235}\text{U}} + m_n \right] - \left[M_{{}_{38}^{90}\text{Sr}} + M_{{}_{54}^{136}\text{Xe}} + 10 m_n \right]$$

$$\Delta m = 235.043944 \text{ u} + 1.008665 \text{ u} - 89.907167 \text{ u} - 135.907294 \text{ u} - 10 \cdot 1.008665 \text{ u}$$

$$\Delta m = 0.151498 \text{ u} \cdot \frac{1.7 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}}{1 \text{ u}} = 2.58 \cdot 10^{-28} \text{ Kg}$$

Teoría de la relatividad de Einstein \Rightarrow

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

$$E = 2.58 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2$$

$$E = 2.32 \cdot 10^{-11} \text{ J, por cada núcleo de } {}_{92}^{235}\text{U} \text{ fisionado.}$$

Calcularemos el número de núcleos de ${}^{235}_{92}\text{U}$ que hay en 1g de



hay que saberlo de 2 maneras distintas:

⊛ Mediante el cálculo del número de moles en el caso de que nos proporcionen el número de Avogadro,

$$n = \frac{m(g)}{M(\text{atómica})} \quad n = \frac{1}{235.043944} = 4.25 \cdot 10^{-3} \text{ moles de } {}^{235}_{92}\text{U}$$

Casi la totalidad de la masa atómica se concentra en el núcleo.

$$4.25 \cdot 10^{-3} \text{ moles } {}^{235}_{92}\text{U} \cdot \frac{6.02 \cdot 10^{23} \text{ núcleos } {}^{235}_{92}\text{U}}{1 \text{ mol } {}^{235}_{92}\text{U}} = 2.56 \cdot 10^{21} \text{ núcleos de } {}^{235}_{92}\text{U}$$

⇒ Es el nº de núcleos que hay en 1g de ${}^{235}_{92}\text{U}$

$$E = 2.32 \cdot 10^{11} \frac{\text{J}}{\text{núcleo } {}^{235}_{92}\text{U fisionado}} \cdot 2.56 \cdot 10^{21} \text{ núcleos } {}^{235}_{92}\text{U} = 5.94 \cdot 10^{10} \text{ J} \Rightarrow \text{Energía total liberada.}$$

⊛ Mediante el cálculo de la masa de un núcleo de ${}^{235}_{92}\text{U}$ en el caso de que no nos proporcionen el número de Avogadro.

$$M_{{}^{235}_{92}\text{U}} = 235.043944 \text{ u} \cdot \frac{1.7 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}}{1 \text{ u}} = 4 \cdot 10^{-25} \text{ Kg es la masa de un núcleo de } {}^{235}_{92}\text{U}$$

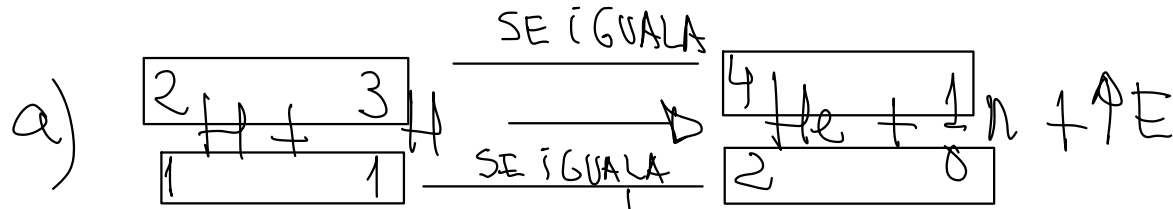
$$1 \text{ g } {}^{235}_{92}\text{U} = 10^{-3} \text{ Kg } {}^{235}_{92}\text{U} \quad 10^{-3} \text{ Kg } {}^{235}_{92}\text{U} \cdot \frac{1 \text{ núcleo } {}^{235}_{92}\text{U}}{4 \cdot 10^{-25} \text{ Kg}} = 2.5 \cdot 10^{21} \text{ núcleos de } {}^{235}_{92}\text{U}$$

⇒ Es el nº de núcleos que hay en 1g de ${}^{235}_{92}\text{U}$

$$E = 2.32 \cdot 10^{11} \frac{\text{J}}{\text{núcleo } {}^{235}_{92}\text{U fisionado}} \cdot 2.5 \cdot 10^{21} \text{ núcleos } {}^{235}_{92}\text{U} = 5.8 \cdot 10^{10} \text{ J} \Rightarrow \text{Energía total liberada}$$

77

LEY DE LA CONSERVACIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE NUCLEONES.



DEUTERIO TRITIO

HELIO NEUTRÓN

LEY DE LA CONSERVACIÓN DE LA CARGA.

→ MAYOR MASA.

← MENOR MASA

LEY DE LA CONSERVACIÓN DEL CONJUNTO MASA-ENERGÍA

$+ \Delta E$

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

TEORÍA DE LA RELATIVIDAD DE EINSTEIN

$$\Delta m = \left[m_{2,1H} + m_{3,1H} \right] - \left[m_{4,2He} + m_n \right]$$

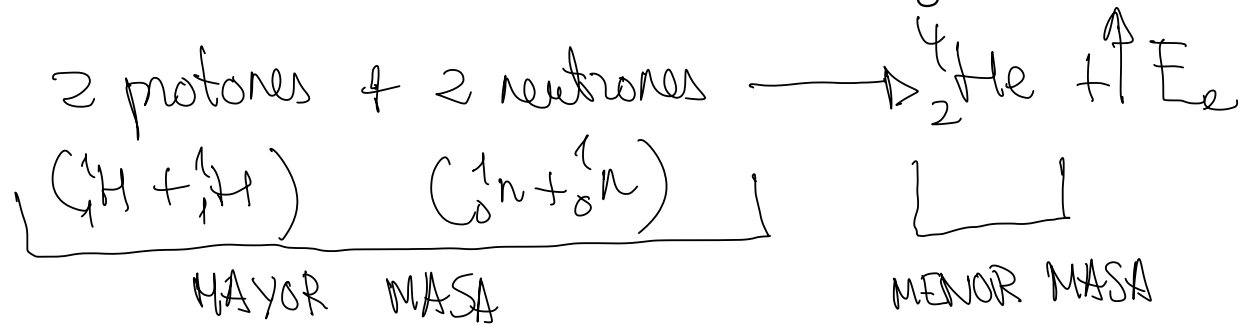
$$\Delta m = 2.0141u + 3.0170u - 4.0026u - 1.0086u = 0.0199u$$

$$\Delta m = 0.0199u \cdot \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \text{Kg}}{1u} = 3.32 \cdot 10^{-29} \text{Kg}$$

Energía liberada en la reacción (es la energía que se libera al formar un átomo de ${}^4_2\text{He}$)

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 3.32 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2.97 \cdot 10^{-12} \text{J}$$

La energía de enlace E_e del ${}^4_2\text{He}$ es la energía liberada en la formación de un núcleo de ${}^4_2\text{He}$ a partir de los nucleones que lo constituyen (o la energía necesaria que debemos suministrar para descomponerlo en sus nucleones constituyentes)



$$\Delta m = [2m_p + 2m_n] - M_{{}^4_2\text{He}}$$

$$\Delta m = 2 \cdot 1.0078 \text{ u} + 2 \cdot 1.0086 \text{ u} - 4.0026 \text{ u} = 0.0302 \text{ u} \xrightarrow[1 \text{ u}]{1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} = 5.043 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

$$E_e = \Delta m \cdot c^2 = 5.043 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 4.54 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

La energía de enlace por nucleón E_n es la energía necesaria para separar a cada nucleón del núcleo atómico, nos da una idea de su estabilidad (a mayor E_n , más difícil será que se separe cada uno de los nucleones)

$$E_n = \frac{E_e}{A} = \frac{4.54 \cdot 10^{-12} \text{ J}}{4 \text{ nucleones}} = 1.12 \cdot 10^{-12} \text{ J/nucleón.}$$

$A \rightarrow$ número másico o número total de nucleones (protones + neutrones)

79) a) $\Delta m = 0.2148 \text{ u}$ por cada núcleo de ^{235}U fisionado, con ese dato y usando la teoría de la Relatividad de Einstein, calculamos la energía liberada

$$E = \Delta m \cdot c^2 = \left[0.2148 \text{ u} \cdot \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}}{1 \text{ u}} \right] \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 3.23 \cdot 10^{-11} \text{ J} / \text{núcleo de } ^{235}\text{U fisionado}$$

Calcularemos el número de núcleos de ^{235}U que hay en 235 g de

^{235}U
92

hay que saberlo de 2 maneras distintas:

⊛ Mediante el cálculo del número de moles en el caso de que nos proporcionen el número de Avogadro,

$$n = \frac{m(g)}{M(\text{atómica})} \Rightarrow n = \frac{235}{235} = 0.1 \text{ moles de } ^{235}\text{U}$$

Casi la totalidad de la masa atómica se concentra en el núcleo.

$$0.1 \text{ moles } ^{235}\text{U} \cdot \frac{6.02 \cdot 10^{23} \text{ núcleos } ^{235}\text{U}}{1 \text{ mol } ^{235}\text{U}} = 6.02 \cdot 10^{22} \text{ núcleos de } ^{235}\text{U}$$

Es el n.º de núcleos que hay en 235g de ^{235}U

$$E = 3.23 \cdot 10^{-11} \text{ J} / \text{núcleo } ^{235}\text{U fisionado} \cdot 6.02 \cdot 10^{22} \text{ núcleos } ^{235}\text{U} = 1.94 \cdot 10^{12} \text{ J} \Rightarrow \text{Energía total liberada al fisionar los 235 g de } ^{235}\text{U}$$

⊛ Mediante el cálculo de la masa de un núcleo de ${}_{92}^{235}\text{U}$ en el caso de que no nos proporcionen el número de Avogadro.

$$M_{{}_{92}^{235}\text{U}} = 235 \text{ u} \cdot \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}}{1 \text{ u}} = 4 \cdot 10^{-25} \text{ Kg}$$

es la masa de 1 núcleo de ${}_{92}^{235}\text{U}$

$$23.5 \text{ g } {}_{92}^{235}\text{U} = 23.5 \cdot 10^{-3} \text{ Kg } {}_{92}^{235}\text{U} \left[\frac{1 \text{ núcleo } {}_{92}^{235}\text{U}}{4 \cdot 10^{-25} \text{ Kg}} \right] = 5.875 \cdot 10^{22} \text{ núcleos de } {}_{92}^{235}\text{U}$$

Es el nº de núcleos de ${}_{92}^{235}\text{U}$ que hay en 23,5 g ${}_{92}^{235}\text{U}$

$$E = 3.23 \cdot 10^{-11} \frac{\text{J}}{\text{núcleo } {}_{92}^{235}\text{U} \text{ fisionado}} \cdot 5.875 \cdot 10^{22} \text{ núcleos } {}_{92}^{235}\text{U} = 1.9 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

⇒ Energía total liberada al fisionar los 23,5 g ${}_{92}^{235}\text{U}$

b) En cada reacción es decir, por cada núcleo de ${}_{92}^{235}\text{U}$ fisionado se liberaban $3.23 \cdot 10^{-11} \text{ J}$.

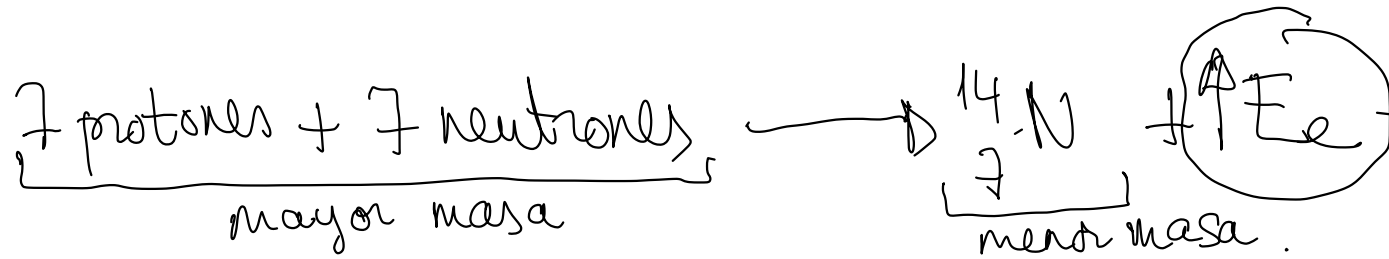
$$\text{Potencia} = \frac{\text{trabajo o energía}}{\text{tiempo}} \Rightarrow P = \frac{E}{t} = \frac{10^{20} \text{ reacciones} \cdot 3.23 \cdot 10^{-11} \text{ J}}{\text{reacción} \cdot 60 \text{ s}}$$

$$P = 5.383 \cdot 10^7 \text{ W} \cdot \frac{1 \text{ MW}}{10^6 \text{ W}} = 53.83 \text{ MW}$$

$P = 5.383 \cdot 10^7 \text{ W}$
 Con ellos bastaría, pero se suele cambiar a megavatios.

99

a) ${}^{14}_7\text{N} \Rightarrow 14$ nucleones (7 protones y 7 neutrones)



$$\Delta m = [7 \cdot m_p + 7 m_n] - [M_{{}^{14}_7\text{N}}] = 7 \cdot 1.007276 \text{ u} + 7 \cdot 1.008665 \text{ u} - 14.003074 \text{ u}$$

$$\Delta m = 0.11 \text{ u}$$

$$\Delta m = 0.11 \text{ u} \cdot \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} = 1.84 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

b) La energía de enlace E_e del ${}^{14}_7\text{N}$ es la energía liberada en la formación de un núcleo de ${}^{14}_7\text{N}$ a partir de los nucleones que lo constituyen (o la energía necesaria que debemos suministrar para descomponerlo en sus nucleones constituyentes). Se halla mediante la Teoría de la Relatividad de Einstein.

$$E_e = \Delta m \cdot c^2 = 1.84 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1.66 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

119

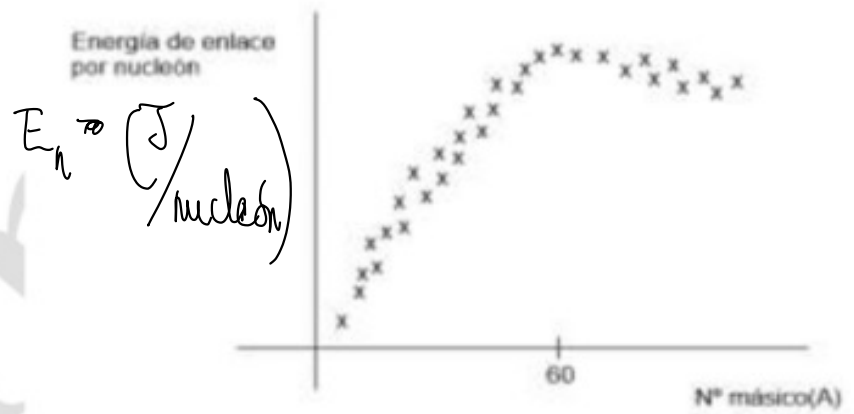
a) La masa de un núcleo atómico es menor que la suma de las masas de las partículas que lo constituyen. Al unirse las partículas constituyentes para formar el núcleo, se libera energía. Esta energía proviene de la conversión de masa en energía según la ecuación de Einstein: $E = \Delta m \cdot c^2$

Δm = defecto de masa (masa que se convierte en energía)

E = energía de enlace de ese núcleo

Un núcleo es más estable cuando hay que darle más energía para arrancarle un nucleón de su núcleo. Si se representa la energía de enlace por nucleón (~~E_n~~) frente a cada elemento conocido, la distribución de puntos sale aproximado a la gráfica siguiente:

$E_n = \frac{E_e}{A}$



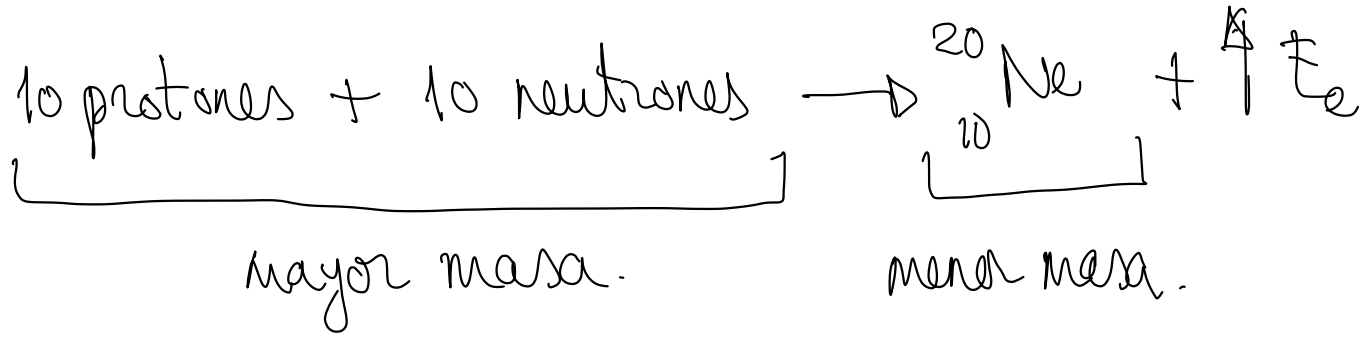
Para los núcleos ligeros $A < 60$ la E_e/n aumenta rápidamente con A .

Para los núcleos pesados $A > 60$ la E_e/n disminuye lentamente con A .

Los núcleos más estables están en torno a 60 de masa atómica.

119

b)



$$\Delta m = [10 m_p + 10 m_n] - M_{{}_{10}^{20}\text{Ne}}$$

$$\Delta m = 10 \cdot 1.0073 \text{ u} + 10 \cdot 1.0087 \text{ u} - 19.9924 \text{ u.}$$

$$\Delta m = 0.1676 \text{ u} \cdot \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} = 2.78 \cdot 10^{-28} \text{ kg.}$$

$$E_c = \Delta m \cdot c^2 = 2.78 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2.52 \cdot 10^{-11} \text{ J.}$$

$$E_n = \frac{E_c}{A} = \frac{2.52 \cdot 10^{-11} \text{ J}}{20 \text{ nucleones}} = 1.26 \cdot 10^{-12} \text{ J/nucleón.}$$