

## Algunos ejercicios resueltos del tema 8: Física nuclear. ( III ): Reacciones nucleares.

### Resumen para estas cuestiones:

En una reacción nuclear, tenemos núcleos que reaccionan (normalmente un núcleo que choca con una partícula, dos núcleos) y núcleos y/o partículas que se producen. Ejemplo:  ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_0^1\text{n}$

Se cumple: Suma de Z de reactivos = suma de Z de productos (conservación de la carga)  
Suma de A de reactivos = Suma de A de productos

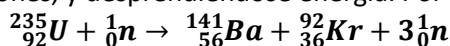
$$\text{Energía de reacción } E_r = \Delta m \cdot c^2 \quad \Delta m = \sum m_{\text{Reactivos}} - \sum m_{\text{Productos}}$$

$E_r > 0$  : Energía desprendida  
 $E_r < 0$  : Energía absorbida

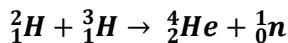
$$E_r \text{ en J en el S.I. También se usa MeV} = 10^6 \text{ eV} = 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J} \quad (1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J})$$

Importante: Calculamos primero  $\Delta m$  en u, pero HAY QUE PASARLO a kg.

**Fisión:** Ruptura de núcleos pesados al chocar con un neutrón. Se descomponen en dos o más núcleos, desprendiéndose uno o más neutrones, y desprendiéndose energía. Por ejemplo:



**Fusión:** Unión de dos núcleos ligeros, formando un núcleo de mayor número másico. Pueden o no producirse otras partículas. Ejemplo:



### 2019. Reserva B. A.4. b

Calcule la energía liberada en la fisión de 1 kg de  ${}_{92}^{235}\text{U}$  según la reacción:  ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$   
 $m({}_{92}^{235}\text{U}) = 235,043930 \text{ u}$ ;  $m({}_{56}^{141}\text{Ba}) = 140,914403 \text{ u}$ ;  $m({}_{36}^{92}\text{Kr}) = 91,926173 \text{ u}$ ;  $m_n = 1,008665 \text{ u}$ ;  
 $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

La energía liberada en esta reacción proviene de la pérdida de masa, que se ha transformado en energía según la expresión de Einstein

$E_r = \Delta m \cdot c^2$ , donde  $\Delta m$  es el defecto másico  $\Delta m = \sum m_{\text{Reactivos}} - \sum m_{\text{Productos}}$ , y c la velocidad de la luz en el vacío. Así, por cada núcleo de uranio fisionado,

$$\Delta m = m({}_{92}^{235}\text{U}) + m({}_0^1\text{n}) - m({}_{56}^{141}\text{Ba}) - m({}_{36}^{92}\text{Kr}) - 3 \cdot m({}_0^1\text{n}) = 0,186024 \text{ u}$$

$$\text{Pasamos a kg: } 0,186024 \text{ u} \cdot \frac{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} = 3,089 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

$$\text{La energía de reacción: } E_r = \Delta m \cdot c^2 = 3,089 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2,78 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

Como  $E_r$  es positiva, se trata de energía desprendida. Cada núcleo de U desprende  $2,78 \cdot 10^{-11} \text{ J}$

Ese resultado corresponde a cada átomo fisionado. Para 1 kg.

$$1 \text{ kg U} \cdot \frac{1 \text{ u}}{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ átomo U}}{235,043930 \text{ u}} \cdot \frac{2,78 \cdot 10^{-11} \text{ J}}{1 \text{ átomo U}} = 7,12 \cdot 10^{13} \text{ J se desprenden}$$

**14.- En un proceso nuclear se bombardean núcleos de  ${}^7_3\text{Li}$  con protones, produciéndose dos partículas  $\alpha$ . Si la energía liberada en la reacción es exclusivamente cinética. ¿Qué energía cinética, en MeV, tendrá cada una de las partículas  $\alpha$ ? [ $m({}^7_3\text{Li})$ : 7,01818 uma;  $m({}^1_1\text{H})$ : 1,00813 uma;  $m({}^4_2\text{He})$ : 4,0026033 uma]**

Se trata en este problema de una reacción nuclear, en la que el litio, al captar un protón, se vuelve inestable y se descompone en dos partículas alfa.

La reacción que tiene lugar es:  ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow 2 {}^4_2\text{He}$

La energía liberada en esta reacción (en forma de energía cinética de las dos partículas alfa, según nos dicen) proviene de la pérdida de masa, que se ha transformado en energía según la expresión de Einstein

$E_r = \Delta m \cdot c^2$ , donde  $\Delta m$  es el defecto másico  $\Delta m = \sum m_{\text{Reactivos}} - \sum m_{\text{Productos}}$ , y  $c$  la velocidad de la luz en el vacío. Así:

Defecto másico:  $\Delta m = m({}^7_3\text{Li}) + m({}^1_1\text{H}) - 2 \cdot m({}^4_2\text{He}) = 0,0211034 \text{ u}$

Pasamos a kg:  $0,0211034 \text{ u} \cdot \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} = 3,0503 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$

La energía de reacción:  $E_r = \Delta m \cdot c^2 = 3,0503 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 3,153 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

Suponiendo que ambas partículas alfa llevan la misma energía cinética, a cada una corresponde la mitad de la energía desprendida, es decir  $1,5765 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

En MeV:  $1,5765 \cdot 10^{-12} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 9,853 \cdot 10^6 \text{ eV} = 9,853 \text{ MeV}$

**4.- Un gramo de carbón, al arder, produce 7 kcal. Calcular la cantidad de carbón necesaria para producir la misma energía que 1 kg de  ${}^{235}_{92}\text{U}$ , si la fisión de un núcleo de este elemento libera 200 Mev.**

El uranio es un elemento pesado (de masa atómica superior a la del hierro) que desprende energía al fisionarse. Para resolver este ejercicio debemos usar las siguientes relaciones entre unidades.

Mat ( ${}^{235}_{92}\text{U}$ ) = 235  $\rightarrow$  1 mol U = 235 g U      1 mol U =  $6,02 \cdot 10^{23}$  átomos U

1 MeV =  $10^6 \text{ eV} = 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$       1 kcal = 1000 cal =  $1000 \cdot 4,18 \text{ J} = 4180 \text{ J}$

Así, partiendo de 1000 g de U-235

$$1000 \text{ g U} \cdot \frac{1 \text{ mol U}}{235 \text{ g U}} \cdot \frac{6,02 \cdot 10^{23} \text{ át. U}}{1 \text{ mol U}} \cdot \frac{200 \text{ MeV}}{1 \text{ át. U}} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}}{1 \text{ MeV}} \cdot \frac{1 \text{ kcal}}{4180 \text{ J}} \cdot \frac{1 \text{ g Carbón}}{7 \text{ kcal}} = 2,8 \cdot 10^9 \text{ g carbón}$$

Son necesarias 2800 toneladas de carbón

**(Selectividad junio 05. Opción A. 4.)**

El  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  se desintegra radiactivamente para dar  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ .

a) Indique el tipo de emisión radiactiva y escriba la correspondiente ecuación.

b) Calcule la energía liberada en el proceso.

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ;  $m_{\text{Ra}} = 225,9771 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Rn}} = 221,9703 \text{ u}$ ;  $m_{\text{He}} = 4,0026 \text{ u}$ .  $1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

a) La radiactividad natural consiste en la emisión espontánea de partículas por parte de núcleos inestables, transformándose en otros núclidos distintos. En este caso se trata de una emisión  $\alpha$ , ya que el núclido inicial se transforma en otro con 2 unidades menos de número atómico y 4 unidades menos de número másico. El núcleo de radio ha desprendido una partícula  $\alpha$  ( ${}^4_2\text{He}$ ).

La reacción que tiene lugar es:  ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$

b) En el proceso de emisión radiactiva se libera energía debido a la pérdida de masa (defecto másico) que tiene lugar en la reacción. La masa total de los productos es menor que la masa del núcleo inicial. La cantidad de masa que se transforma en energía (energía liberada) se calcula mediante la relación de Einstein  $E_r = \Delta m \cdot c^2$ , donde c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\text{Defecto másico: } \Delta m = \sum m_{\text{Reactivos}} - \sum m_{\text{Productos}} = m({}^{226}_{88}\text{Ra}) - m({}^{222}_{86}\text{Rn}) - m({}^4_2\text{He}) = 0,0042 \text{ u}$$

$$\text{Pasamos a kg: } 0,0042 \text{ u} \cdot \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} = 7,014 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

$$\text{La energía de reacción: } E_r = \Delta m \cdot c^2 = 7,014 \cdot 10^{-30} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 6,31 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

Obtenemos una  $E_r$  positiva, ya que es energía desprendida.

(Nota: hemos usado en los cálculos el valor que nos dan de u, aunque es incorrecto, es un fallo del enunciado. El valor correcto es  $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ )

#### Septiembre 2019. A. 4

a) Cuando el  ${}^{235}_{92}\text{U}$  captura un neutrón experimenta su fisión, produciéndose un isótopo del Xe, de número másico 140, un isótopo del Sr de número atómico 38 y 2 neutrones. Escriba la reacción nuclear y determine razonadamente el número atómico del Xe y el número másico del Sr.

$$\text{La reacción es } {}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{140}_{?}\text{Xe} + {}^{?}_{38}\text{Sr} + 2 {}^1_0\text{n}$$

Sabemos que en toda reacción, se conservan tanto la suma de números atómicos como la suma de números másicos.

Así, la suma de Z en los reactivos y productos debe ser la misma

$$92 + 0 = ? + 38 + 0 \rightarrow ? = 54 \text{ (Z del Xe)}$$

La suma de números másicos en reactivos y productos debe ser la misma.

$$235 + 1 = 140 + ? + 2 \cdot 1 \rightarrow ? = 94 \text{ (A del Sr)}$$

$$\text{La reacción queda } {}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{140}_{54}\text{Xe} + {}^{94}_{38}\text{Sr} + 2 {}^1_0\text{n}$$