

Entre la **física conceptual**
y la **física aplicada**

Método **IDEA**

PROCESOS
NUCLEARES
1º DE BACHILLERATO

Félix A. Gutiérrez Múzquiz

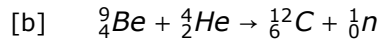
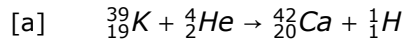
Contenidos

1. REACCIONES NUCLEARES	... 3
2. FISIÓN NUCLEAR	... 5
3. FUSIÓN NUCLEAR	... 9

1. REACCIONES NUCLEARES

1. El valor Q

Calcula el valor Q de las siguientes reacciones nucleares:



Las masas de los átomos y de las partículas son: $n = 1,008665 \text{ u}$, ${}^1_1\text{H} = 1,007825 \text{ u}$, ${}^4_2\text{He} = 4,002603 \text{ u}$, ${}^{39}_{19}\text{K} = 38,963710 \text{ u}$, ${}^{42}_{20}\text{Ca} = 41,958621 \text{ u}$, ${}^9_4\text{Be} = 9,012192 \text{ u}$, ${}^{12}_6\text{C} = 12,000000 \text{ u}$.
[DATO: $(1 \text{ u}) \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$]

2. ¿Otra notación?

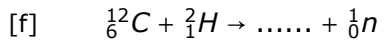
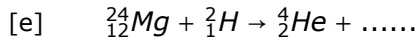
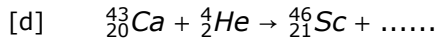
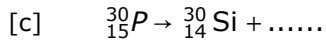
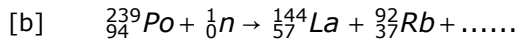
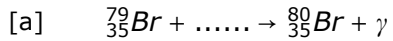
Se utiliza una muestra de tántalo-181 ($Z = 73$) para producir distintos núcleos.

[a] En un primer experimento, se somete esta muestra de tántalo a un flujo de neutrones en un reactor. ¿Cuál es el núcleo formado?

[b] En una segunda prueba, se irradia la muestra de tántalo con protones procedentes de un ciclotrón -acelerador de partículas- y se provocan las reacciones $(p, 5n)$ y $(p, 6n)$. ¿Cuáles son los núcleos que se obtienen?

3. Balance en las reacciones

Completa e iguala las siguientes reacciones nucleares:



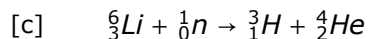
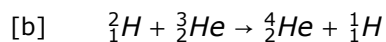
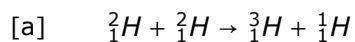
4. En busca de la masa perdida

En la reacción nuclear ${}_{13}^{27}\text{Al} ({}_1^2\text{H}, {}_0^1n)$? se libera 9,357 MeV de energía. Sabiendo que las masas de las partículas implicadas en el reacción son 26,981540 u, 2,014102 u y 1,008665 u, respectivamente, calcula la masa del núcleo obtenido en la misma. Iguala la citada reacción nuclear.

{DATO: $(1 \text{ u}) \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$ }

5. ¿Cuál da más?

El Determina en cuál de las siguientes reacciones nucleares se libera más energía:



Las masas de las especies implicadas en las reacciones son: $n = 1,008665 \text{ u}$, ${}^1_1\text{H} = 1,007825 \text{ u}$, ${}^2_1\text{H} = 2,014102 \text{ u}$, ${}^3_1\text{H} = 3,016050 \text{ u}$, ${}^3_2\text{He} = 3,016030 \text{ u}$, ${}^4_2\text{He} = 4,002603 \text{ u}$ y ${}^6_3\text{Li} = 6,015125 \text{ u}$.

{DATO: $(1 \text{ u}) \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$ }

2. FISIÓN NUCLEAR

1. Primeras ideas

[a] Fíjate en la animación y describe el proceso que tiene lugar.

[b] ¿Qué es una reacción en cadena?

2. A vueltas con la masa... crítica

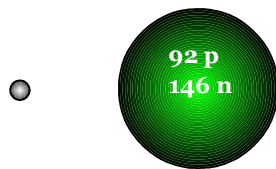
El uranio natural está compuesto principalmente de dos isótopos: el uranio-238 y el uranio-235.

[a] ¿Por qué no se producen reacciones en cadena en los depósitos de mineral de uranio que existen en la naturaleza?

[b] ¿En qué caso es más probable que se produzca una reacción en cadena de gran energía: en el caso de dos trozos de uranio-235 o en el caso de los mismos trozos juntos?

3. El plutonio

[a] Escribe las ecuaciones asociadas a las reacciones nucleares mostradas en la siguiente animación.



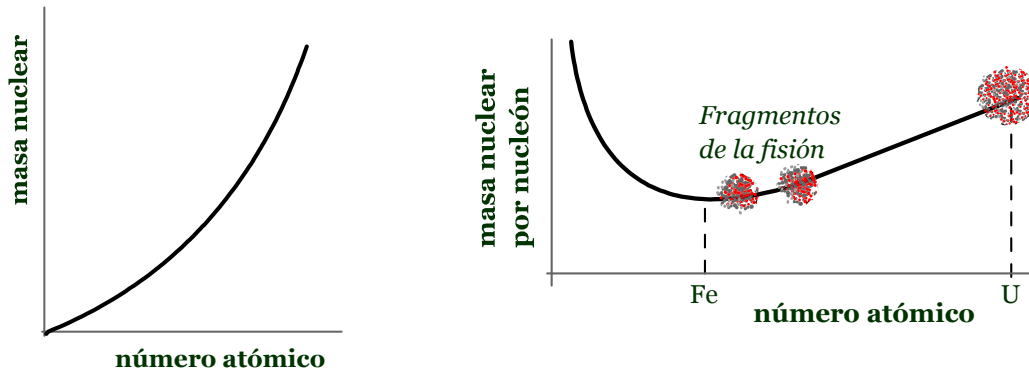
Uranio

[b] Indica qué ventajas e inconvenientes tiene el uso del plutonio.

[c] ¿Qué es un reactor generador?

4. Equivalencia entre masa y energía

[a] Se va a mostrar a continuación la gráfica de las masas nucleares de los elementos, desde el hidrógeno hasta el uranio, en función del número atómico. La gráfica se curva hacia arriba a medida que aumenta el número atómico. ¿Por qué?



[b] ¿Por qué se libera energía cuando el núcleo de uranio se divide en dos núcleos de menor número atómico? Contesta a partir de la gráfica de la masa nuclear por nucleón frente al número atómico.

5. Energía liberada

[a] Completa la siguiente reacción nuclear de fisión: ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{54}^{136}\text{Xe} + {}_{38}^{90}\text{Sr} + \dots$

[b] Halla la energía liberada en la misma sabiendo que las masas de las especies implicadas son: 235,044 u, 1,00867 u, 136,295 u y 89,6212 u.

[DATO: $(1 \text{ u}) \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$]

6. Comparando, que es gerundio

Cuando el uranio-235 se fisiona, alrededor del 0,10% de su masa se libera como energía.

[a] ¿Cuánta energía se libera cuando se fisiona 1,00 kg de uranio-235?

[b] ¿Qué masa de uranio-235 debe fisionarse por día en un reactor nuclear que suministra energía a una planta de 100 MW de potencia?

[c] Cuando se quema carbón se libera aproximadamente $3,26 \cdot 10^7$ J/kg. ¿Qué masa de carbón consumiría por día una central térmica de 100 MW de potencia?

7. ¿Cuántos kWh, dices?

Se admite que cuando se fisiona un núcleo de uranio-235 se libera 200 MeV de energía. Calcula, en kWh, la energía liberada en la fisión de 1,00 g de uranio-235.

[DATOS: $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; masa atómica relativa del uranio = 235; $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ partículas/mol]

3. FUSIÓN NUCLEAR

1. La masa del neutrón

En la reacción nuclear de fusión: ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ se liberan 3,26 MeV de energía. Si las masas de los núcleos de deuterio y helio-3 son 2,014102 u y 3,016030 u, respectivamente, calcula la masa del neutrón.

[DATO: $(1 \text{ u}) \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$].

2. En algunas estrellas

En algunas estrellas, tres núcleos de helio-4 (${}^4_2\text{He}$), cada uno de masa 4,002603 u, se fusionan sucesivamente para formar un núcleo de carbono-12 (${}^{12}_6\text{C}$), de 12,000000 u de masa. ¿Cuánta energía se libera cada vez que sucede esto?

[DATO: $(1 \text{ u}) \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$]

3. Futuro imperfecto

Hay quien opina que en los siglos venideros se podrá utilizar la reacción nuclear de fusión: ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He}$ para producir energía eléctrica a nivel industrial. Si se quisieran obtener diariamente 100.000 kWh y suponiendo que el rendimiento de la reacción para dicho propósito fuera del 15%, ¿cuántos gramos de deuterio se necesitarían cada día? Las masas del deuterio y del helio-4 son 2,014102 u y 4,002603 u, respectivamente.

[DATOS: $(1 \text{ u}) \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}$; $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$]

4. ¿Qué pasa en el Sol?

En el Sol y en la mayoría de las estrellas, el principal proceso de liberación de energía es la conversión de hidrógeno en helio mediante una serie de reacciones de fusión en las cuales se emiten positrones.

[a] Escribe la ecuación nuclear para el proceso en el que cuatro protones forman un núcleo de helio-4.

[b] ¿Cuánta energía se libera en este proceso? Las masas del hidrógeno y del helio-4 son 1,007825 u y 4,002603 u, respectivamente.

[c] El Sol irradia energía con una potencia de aproximadamente $4 \cdot 10^{26} \text{ W}$. Suponiendo que esto es debido a la conversión de cuatro protones en helio, ¿cuál es el número de protones consumidos por segundo en el Sol?

[d] ¿Cuándo se extinguirá el Sol si continúa irradiando al ritmo actual. Supón que los protones constituyen la mitad de la masa del Sol.

[DATOS: $(1 \text{ u}) \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $M_{\text{Sol}} = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$]

5. La energía del agua

En un reactor de fusión que utiliza sólo el deuterio como combustible se produce la siguiente reacción: ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$, en la que se libera 17,6 MeV de energía. La proporción entre los átomos de ${}^2_1\text{H}$ y de ${}^1_1\text{H}$ en el hidrógeno natural es $1,5 \cdot 10^{-4}$. ¿Cuánta energía se produciría a partir de 4 L de agua si todos los núcleos de ${}^2_1\text{H}$ experimentasen la fusión?

[DATO: $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$]