

Topic 7-Atomic, nuclear and particle physics

Formative Assessment

PROBLEM SET

NAME: _____ TEAM: _____

THIS IS A PRACTICE ASSESSMENT. Show formulas, substitutions, answers, and units!

- Resolver problemas relacionados con el defecto de masa y la energía de enlace
- Resolver problemas relacionados con la energía liberada en la desintegración radiactiva, la fisión nuclear y la fusión nuclear
- Dibujar aproximadamente e interpretar la forma general de la curva de la energía media de enlace por nucleón frente al número de nucleones

Topic 7.2 – Nuclear reactions/ Paper1

1. El defecto de masa del deuterio es de 4×10^{-30} kg. ¿Cuál es entonces la energía de enlace del deuterio?

- A. 4×10^{-7} eV B. 8×10^{-2} eV C. 2×10^6 eV D. 2×10^{12} eV

2. ¿Cuál opción proporciona el cambio total en la masa nuclear y en la energía de enlace nuclear como resultado de una reacción de fusión nuclear?

Masa nuclear

Energía de enlace nuclear

- | | |
|--------------|-----------|
| A. disminuye | disminuye |
| B. disminuye | aumenta |
| C. aumenta | disminuye |
| D. aumenta | aumenta |

3. La energía de enlace por nucleón del $^{11}_4\text{Be}$ es de 6 MeV. ¿Cuál es la energía necesaria para separar los nucleones de este núcleo?

- A. 24 MeV B. 42 MeV C. 66 MeV D. 90 MeV

4. El papel fundamental del moderador en un reactor nuclear de fisión es

- A. ralentizar a los neutrones.
B. absorber a los neutrones.
C. reflejar los neutrones hacia el reactor.
D. acelerar a los neutrones.

5. El defecto de masa del deuterio es de 4×10^{-30} kg. ¿Cuál es entonces la energía de enlace del deuterio?

- A. 4×10^{-7} eV B. 8×10^{-2} eV C. 2×10^6 eV D. 2×10^{12} eV

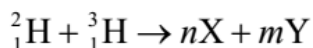
6. ¿Cuál de las siguientes definiciones es la correcta para la energía de enlace de un núcleo?

- A. El producto de la energía de enlace por nucleón por el número de nucleones
- B. El mínimo trabajo requerido para separar completamente los nucleones entre sí
- C. La energía que mantiene al núcleo unido
- D. La energía liberada durante la emisión de una partícula alfa

7. Para material fisible, el enriquecimiento de combustible consiste en

- A. el aumento en la relación $\frac{\text{uranio}-235}{\text{uranio}-238}$.
- B. la conversión de uranio-235 en uranio-238.
- C. la conversión de uranio-238 en plutonio-239.
- D. el aumento en la relación $\frac{\text{uranio}-238}{\text{uranio}-235}$.

8. Un alumno sugiere la siguiente reacción nuclear entre deuterio ${}^2_1\text{H}$ y tritio ${}^3_1\text{H}$



en la que n y m son enteros. ¿Qué son X e Y?

X

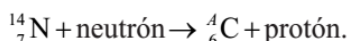
Y

- A. electrón neutrón
- B. electrón protón
- C. partícula alfa neutrón
- D. partícula alfa protón

9. ¿Cómo se define la unidad de masa atómica (unificada)?

- A. La masa de un átomo de hidrógeno.
- B. 1/12 de la masa de un átomo de carbono-12.
- C. La masa de un átomo de carbono-12.
- D. 1/16 de la masa de un átomo de oxígeno-16.

10. Se bombardean núcleos del isótopo nitrógeno-14 con neutrones y así se producen núcleos de un isótopo de carbono. La ecuación de la reacción nuclear para este proceso puede escribirse como



¿Cuál es el número de nucleones A del isótopo de carbono?

- A. 12 B. 13 C. 14 D. 15

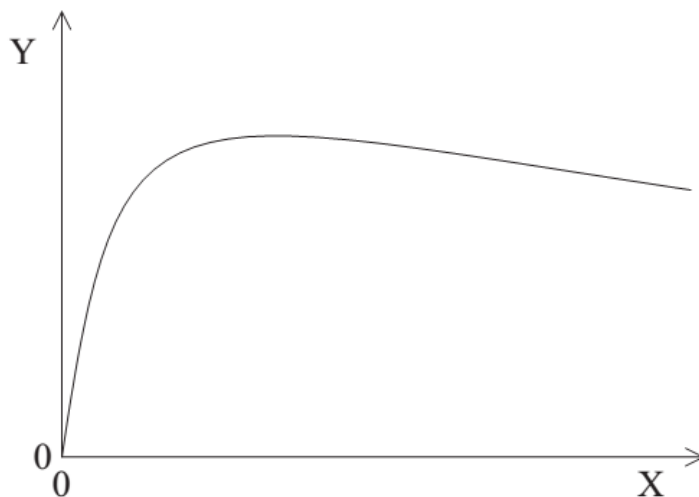
11. ¿Para qué magnitud puede usarse la unidad MeVc^{-2} ?

- A. Masa B. Momento lineal C. Energía cinética D. Energía de enlace

12. El uranio-238 ($^{238}_{92}\text{U}$) da lugar a un núcleo de plutonio-239 ($^{239}_{94}\text{Pu}$) como consecuencia de

- A. la captura de un electrón seguida de una desintegración alfa.
- B. la captura de un electrón seguida de una desintegración beta.
- C. la captura de un neutrón seguida de una desintegración alfa.
- D. la captura de un neutrón seguida de una desintegración beta.

13. Utilizando los ejes de más abajo se han representados datos concernientes a núclidos.



¿Cuáles son los rótulos para los ejes en este gráfico?

Y

X

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| A. energía de enlace por nucleón | número de nucleones |
| B. energía de enlace | número de protones |
| C. número de protones | energía de enlace por nucleón |
| D. número de nucleones | energía de enlace |

14. ¿Cuál de las siguientes secuencias de desintegración tendrá como resultado que el núcleo hijo tenga el mismo número de protones que el núcleo padre?

- A. Alfa seguida de gamma
- B. Beta (β^-) seguida de gamma
- C. Alfa seguida de beta (β^-) seguida de beta (β^-)
- D. Beta (β^-) seguida de gamma seguida de gamma

15. La diferencia entre la masa de un núcleo $^{12}_6\text{C}$ y la suma de las masas de los nucleones individuales es de 0,1u. ¿Cuál de las siguientes respuestas corresponde aproximadamente a la energía de enlace del núcleo?

- A. 90MeV
- B. 90MeVc⁻²
- C. 8 MeV
- D. 8 MeVc⁻²

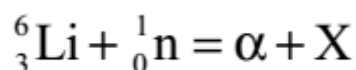
16. El proceso por el cual un núcleo pesado se descompone en dos núcleos más ligeros se conoce como

- A. fisión.
- B. fusión.
- C. desintegración radiactiva.
- D. transmutación artificial (inducida).

17. ¿Cuál de las siguientes fuentes de energía procede de la energía solar incidente sobre la Tierra?

- A. La fisión nuclear
- B. La energía eólica
- C. La fusión nuclear
- D. La energía geotérmica

18. En una reacción nuclear se produce una partícula α . La ecuación de la reacción se muestra a continuación.



¿Cuál de las siguientes opciones identifica correctamente el número atómico y el número másico del núclido X?

	Número atómico	Número másico
A.	1	1
B.	3	1
C.	1	3
D.	1	2

19. Un núcleo de ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ se desintegra por la emisión de un electrón. ¿Cuáles son los números másico (de nucleones) y atómico (de protones) del núcleo resultante?

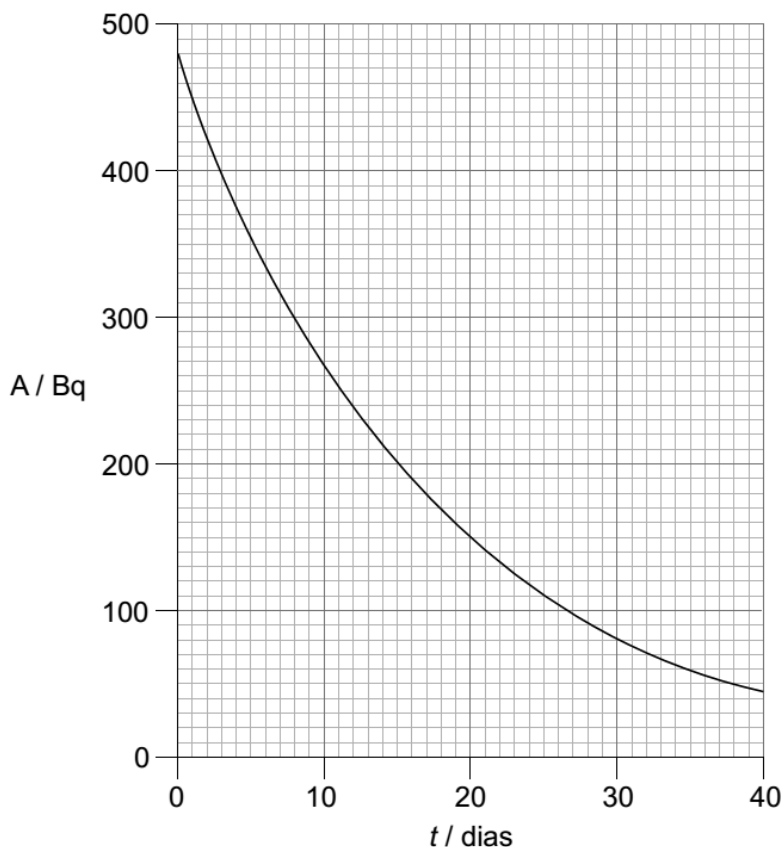
	Número másico	Número de protones
A.	89	38
B.	90	39
C.	91	38
D.	91	39

Topic 7.2 – Nuclear reactions/ Paper2

1. (a) Un núcleo de fósforo-32 ($^{32}_{15}\text{P}$) se desintegra por desintegración beta menos (β^-) en un núcleo de azufre-32 ($^{32}_{16}\text{S}$). La energía de enlace por nucleón del $^{32}_{15}\text{P}$ es de 8,398MeV y para el $^{32}_{16}\text{S}$ es de 8,450MeV.

Determine la energía liberada en esta desintegración. [2]

(b) En la gráfica se muestra la variación con el tiempo t de la actividad A de una muestra que contiene fósforo-32 ($^{32}_{15}\text{P}$).

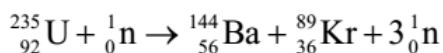


Determine la semivida del $^{32}_{15}\text{P}$. [1]

(c) Los quarks fueron postulados como hipótesis mucho antes de que se verificara experimentalmente su existencia. Discuta las razones por las que los físicos desarrollaron una teoría que incorpora quarks. [3]

2. Fisión nuclear

(d) Se muestra a continuación una reacción que tiene lugar en el núcleo de un reactor nuclear concreto.



En el reactor nuclear, tienen lugar $9,5 \times 10^{19}$ fisiones cada segundo. Cada fisión da lugar a 200MeV de energía disponible para su conversión a energía eléctrica. El rendimiento global de la central nuclear es de un 32%.

(i) Determine la masa de U-235 que es objeto de fisión en el reactor cada día. [3]

(ii) Calcule la potencia de salida de la central nuclear. [2]

(e) Además de U-235, el reactor nuclear contiene un moderador y barras de control. Explique la función de:

(i) el moderador. [3]

(ii) las barras de control. [2]

3. Esta pregunta trata de la energía de enlace y del defecto de masa.

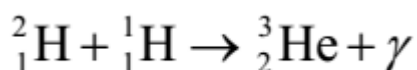
(a) Indique qué se entiende por defecto de masa. [1]

(b) (i) A continuación se dan datos para esta pregunta.

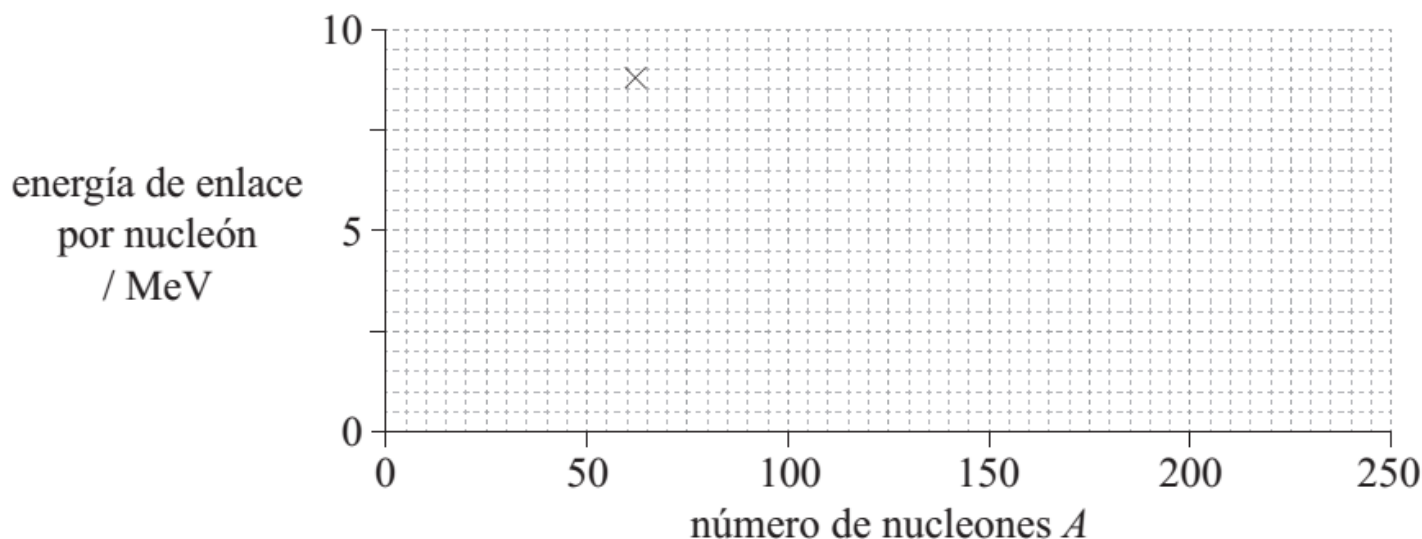
La energía de enlace por nucleón para el deuterio (${}^2_1\text{H}$) es 1,1MeV.

La energía de enlace por nucleón para el helio-3 (${}^3_2\text{He}$) es 2,6MeV.

Utilizando los datos, calcule la variación de energía en la siguiente reacción. [2]



(ii) La cruz sobre la cuadrícula muestra la energía de enlace por nucleón y el número de nucleones A del núclido níquel-62.

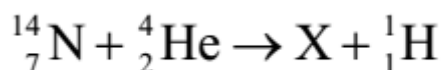


Sobre la cuadrícula, esquematice una gráfica que muestre cómo varía con el número de nucleones A la energía media de enlace por nucleón. [2]

(iii) Indique y explique, según la gráfica esquemática, si se libera o absorbe energía en la reacción de (b)(i). [2]

4. La parte 1 trata sobre desintegración radiactiva

(d) Los protones se pueden producir bombardeando núcleos de nitrógeno-14 con partículas alfa. La ecuación de la reacción nuclear para este proceso figura a continuación.



Identifique el número de protones y el número de nucleones del núcleo X. [1]

Número de protones:

Número de nucleones:

(e) Se dispone de los siguientes datos, relativos a la reacción de (d).

Masa en reposo del núcleo de nitrógeno-14 = 14,0031u

Masa en reposo de la partícula alfa = 4,0026u

Masa en reposo del núcleo X = 16,9991u

Masa en reposo del protón = 1,0073u

Demuestre que la energía cinética mínima que debe tener la partícula alfa para que tenga lugar la reacción es, aproximadamente, de 0,7MeV. [3]

(f) Un núcleo de otro isótopo del elemento X de (d) se desintegra, con una semivida $T_{1/2}$ en un núcleo de un isótopo del flúor-19 (F-19).

(i) Defina los términos isótopo y semivida. [2]

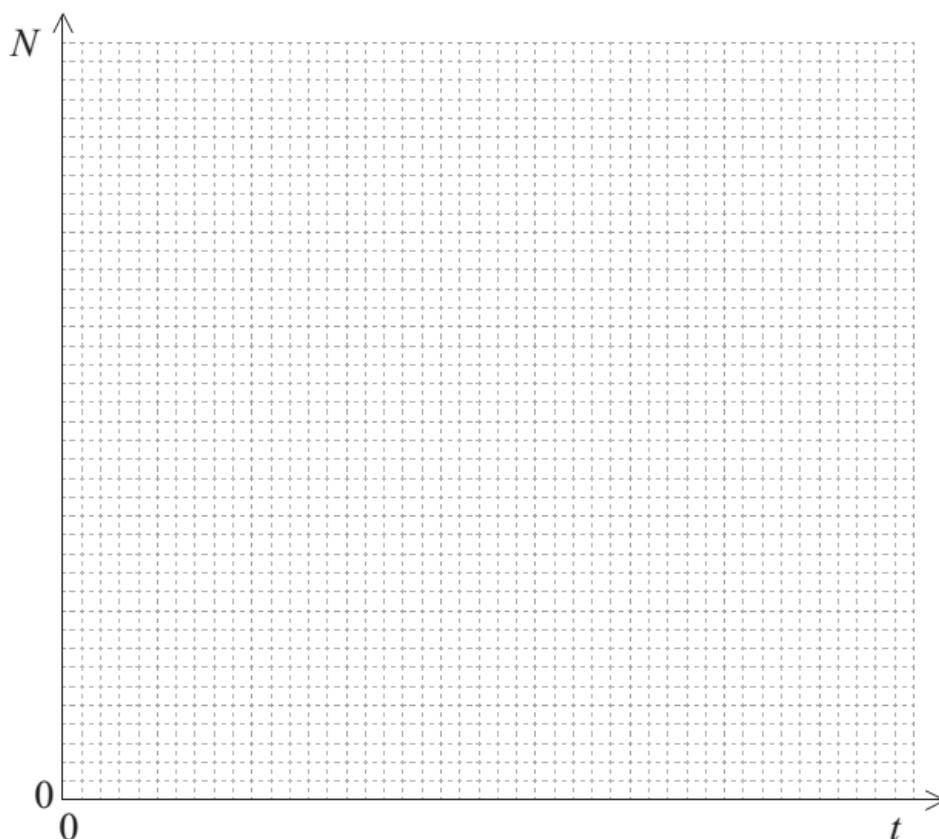
Isótopo:

.....

Semivida:

.....

(ii) Utilizando los ejes de más abajo, esquematice una gráfica para mostrar cómo el número de átomos N de una muestra de X varía con el tiempo t, desde $t = 0$ hasta $t = 3T_{1/2}$. En $t=0$, la muestra contiene N_0 átomos. [3]



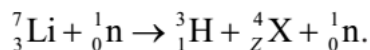
5. Reacciones nucleares y desintegración radiactiva

(a) El isótopo tritio (hidrógeno-3) tiene una semivida radiactiva de 12 días.

(i) Indique qué se entiende por el término isótopo. [1]

(ii) Defina semivida radiactiva. [1]

(b) El tritio puede generarse al bombardear un núcleo del isótopo litio-7 con un neutrón de alta energía. La ecuación de la reacción para esta interacción es



(i) Identifique el número de protones Z de X. [1]

Z=

(ii) Utilice los siguientes datos para demostrar que la energía mínima que ha de tener un neutrón para iniciar la reacción en (b)(i) es de alrededor de 2,5MeV. [2]

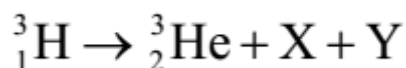
Masa en reposo del núcleo de litio-7 = 7,0160 u

Masa en reposo del núcleo de tritio = 3,0161u

Masa en reposo del núcleo de X = 4,0026u

(c) Suponiendo que el núcleo de litio-7 de (b) se encuentra en reposo, sugiera por qué, basándose en la conservación del momento, el neutrón que origina la reacción ha de tener una energía mayor de 2,5MeV. [2]

(d) Un núcleo de tritio se desintegra en un núcleo de helio-3. Identifique las partículas X e Y en la ecuación de la reacción nuclear para esta desintegración. [2]

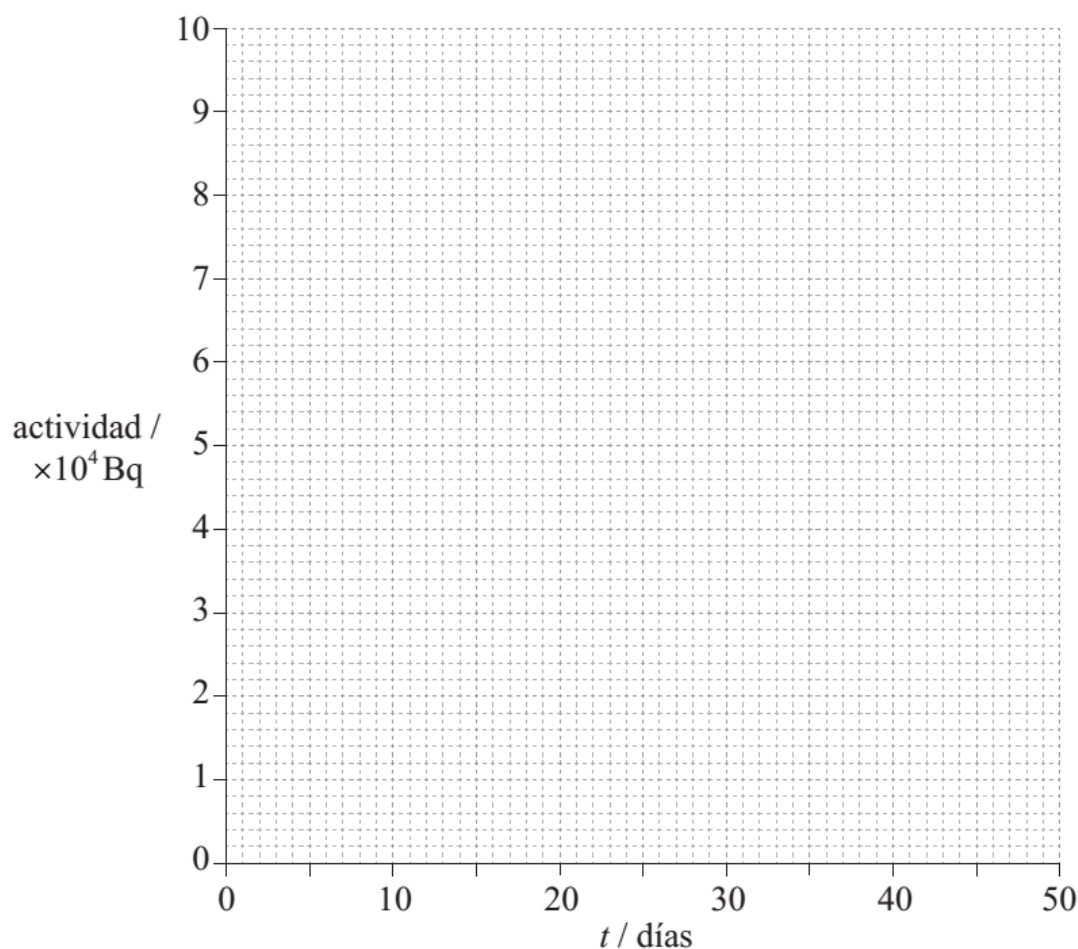


X:

Y:

(e) Una muestra de tritio tiene una actividad de $8,0 \times 10^4 \text{Bq}$ en el instante $t = 0$. La semivida del tritio es de 12 días.

(i) Utilizando los ejes siguientes, construya una gráfica que muestre cómo varía con el tiempo la actividad de la muestra desde $t = 0$ hasta $t = 48$ días. [2]



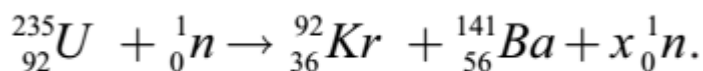
(ii) Utilice la gráfica para determinar la actividad de la muestra pasados 30 días. [1]

(iii) La actividad de una muestra radiactiva es proporcional al número de átomos que contiene. La muestra de tritio consta inicialmente de $1,2 \times 10^{11}$ átomos de tritio.

Determine, a partir de su respuesta a (e)(ii), el número de átomos de tritio que quedarán pasados 30 días. [2]

6. Producción de energía en la fisión nuclear

(a) Una posible reacción de fisión es



(i) Indique el valor de x. [1]

(ii) Demuestre que la energía liberada cuando un núcleo de uranio experimenta fisión, según la reacción de (a), es aproximadamente $2,8 \times 10^{-11}\text{J}$. [4]

Masa del neutrón = 1,00867u

Masa del núcleo de U-235 = 234,99333u

Masa del núcleo de Kr-92 = 91,90645 u

Masa del núcleo de Ba-141 = 140,88354u

(iii) Indique cómo la energía de los neutrones producidos en la reacción de (a) es comparable a la energía del neutrón que inició la reacción. [1]

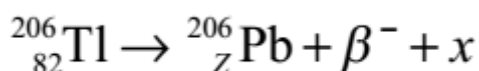
(b) Resuma el papel del moderador. [2]

(c) Una central nuclear que utiliza U-235 como combustible tiene una potencia útil de salida de 16MW y un rendimiento del 40%. Suponiendo que cada fisión de U-235 da lugar a $2,8 \times 10^{-11}\text{J}$ de energía, determine la masa de combustible U-235 utilizado cada día. [4]

7. Desintegración radiactiva y energía de enlace

(a) Describa qué se entiende por desintegración radiactiva. [2]

(b) Un núcleo de thallium-206 (Tl-206) sufre una desintegración radiactiva que da lugar a un núcleo de plomo-206 (Pb-206). En la siguiente ecuación de reacción, identifique el número de protones Z del plomo y la partícula x. [2]



Z:

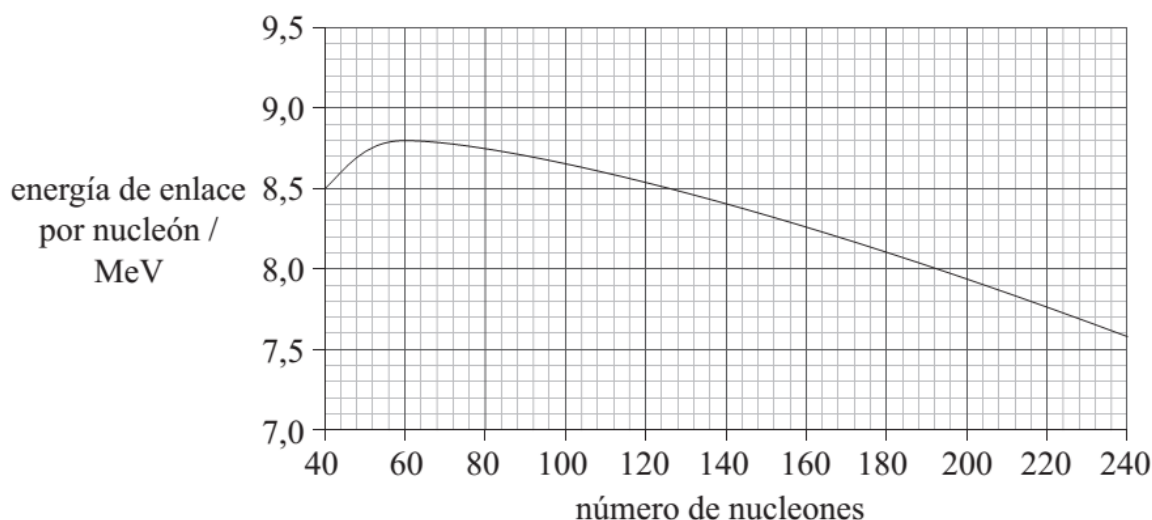
x:

(c) La masa de un núcleo de Tl-206 es de $191870\text{MeV}c^{-2}$. Determine la energía de enlace por nucleón del Tl-206.[4]

(d) Indique por qué la energía de enlace del Pb-206 es mayor que la del Tl-206. [1]

8. Fisión y fusión nucleares

(a) La gráfica muestra la variación de la energía de enlace por nucleón, para núclidos con un número de nucleones mayor que 40.

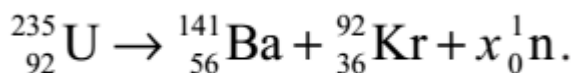


(i) Defina *energía de enlace*. [1]

(ii) Sobre la gráfica, rotule con la letra S la posición del núclido más estable. [1]

(iii) Indique por qué el núclido que ha rotulado es el más estable. [1]

(b) En un reactor nuclear, un núcleo de uranio (U)-235 se fisiona en bario(Ba)-141 y kriptón(Kr)-92. La ecuación para esta fisión es



(i) Utilice la gráfica para demostrar que la fisión de un núcleo de uranio-235 liberará aproximadamente 200MeV de energía. [4]

(ii) Indique el valor de x en la ecuación. [1]

(iii) El defecto de masa en esta reacción es $3,1 \times 10^{-28}\text{kg}$. Calcule el número de núcleos de uranio-235 que deben fisionarse para que se libere 1,0kJ de energía. [2]

(iv) Resuma cómo esta reacción de fisión puede conducir a una reacción en cadena. [2]

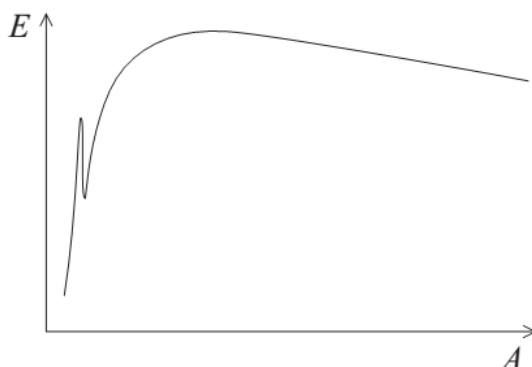
(c) Se está dedicando un intenso esfuerzo científico para desarrollar la fusión nuclear como una futura fuente de energía. Discuta cuáles podrían ser los beneficios sociales y para el medio ambiente que se derivarían del uso de la fusión nuclear, en comparación con la fisión nuclear como fuente de energía. [3]

9. Desintegración nuclear

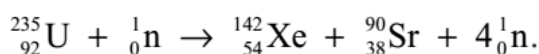
(a) (i) Describa el fenómeno de la desintegración radiactiva natural. [3]

(ii) Durante la desintegración radiactiva se emite radiación ionizante. Explique qué se entiende por radiación ionizante. [2]

(b) El siguiente esbozo de gráfica muestra la variación con el número másico (número de nucleones), A , de la energía de enlace por nucleón, E , de los núcleos.



Una posible reacción nuclear, que ocurre cuando se bombardea uranio-235 con un neutrón para dar lugar a xenón-142 y estroncio-90, se representa como



(i) Identifique el tipo de reacción nuclear representada arriba. [1]

(ii) Sobre la gráfica anterior, identifique mediante sus símbolos las posiciones aproximadas de los núcleos de uranio (U), xenón (Xe) y estroncio (Sr). [2]

(iii) A continuación se dan datos de las energías de enlace del xenón-142 y del estroncio-90.

isótopo	energía de enlace / MeV
xenón-142	1189
estroncio-90	784,8

La energía total liberada durante la reacción es de 187,9 MeV. Determine la energía de enlace por nucleón de uranio-235 [3]

(iv) Indique por qué no se menciona la energía de enlace de los neutrones formados en la reacción. [1]