

Topic 7-Atomic, nuclear and particle physics

Formative Assessment

PROBLEM SET

NAME: _____ TEAM: _____

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

- Describir los espectros de emisión y absorción de gases comunes
- Resolver problemas relacionados con espectros atómicos, incluido el cálculo de la longitud de onda de los fotones emitidos durante las transiciones atómicas
- Completar ecuaciones de desintegración alfa y beta
- Determinar la semivida de un núclido a partir de una curva de desintegración
- Investigar la semivida experimentalmente (o mediante simulación)

Topic 7.1 – Discrete energy and radioactivity-P1

1. ¿Cuál de las siguientes enumera las partículas emitidas durante la desintegración radiactiva en orden creciente de poder de ionización?

A. γ , β , α

B. β , α , γ

C. α , γ , β

D. α , β , γ

2. Cuando una partícula alfa colisiona con un núcleo de nitrógeno 14 ($^{14}_7\text{N}$), puede producirse un núcleo X junto con un protón. ¿Cuál será X?

A. $^{18}_8\text{X}$

B. $^{17}_8\text{X}$

C. $^{18}_9\text{X}$

D. $^{17}_9\text{X}$

3. ¿Cuál de los siguientes enunciados acerca de los espectros atómicos **no** es cierto?

A. Proporcionan pruebas de la existencia de niveles discretos de energía en los átomos.

B. Las líneas de emisión y absorción de igual frecuencia corresponden a transiciones entre el mismo par de niveles de energía.

C. Las líneas de absorción surgen cuando los electrones ganan energía.

D. Las líneas de emisión siempre aparecen en la parte visible del espectro electromagnético.

4. Los espectros atómicos se originan cuando cierta partícula realiza transiciones entre niveles de energía. ¿Cuál es dicha partícula?

A. Electrón

B. Protón

C. Neutrón

D. Partícula alfa

5. La semivida de un elemento radiactivo es de 5,0 días. Una muestra recién preparada contiene 128g de este elemento. ¿Después de cuántos días quedarán 16g de este elemento en la muestra?

A. 5,0 días

B. 10 días

C. 15 días

D. 20 días

6. Sobre un vapor de baja presión inciden fotones con energía de 2,3 eV. Se muestran los niveles de energía de los átomos del vapor.

0eV ———

–1,6eV ———

–2,5eV ———

–3,9eV ———

no a escala

¿Qué transición de energía ocurrirá cuando un fotón sea absorbido por el vapor?

A. –3,9eV a –1,6eV

B. –1,6eV a 0eV

C. –1,6eV a –3,9eV

D. 0eV a –1,6eV

7. Cuando una partícula alfa colisiona con un núcleo de nitrógeno 14 (${}^{14}_7\text{N}$), puede producirse un núcleo X junto con un protón. ¿Cuál será X?

A. ${}^{18}_8\text{X}$

B. ${}^{17}_8\text{X}$

C. ${}^{18}_9\text{X}$

D. ${}^{17}_9\text{X}$

8. Un modelo sencillo de un átomo tiene cinco niveles de energía. ¿Cuál es el máximo número de frecuencias diferentes en el espectro de emisión de ese átomo?

A. 4

B. 6

C. 10

D. 25

9. Un modelo sencillo del átomo de hidrógeno sugiere que el electrón está en órbita alrededor del protón. ¿Cuál es la fuerza que mantiene al electrón en órbita?

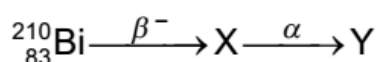
A. Electrostática

B. Gravitatoria

C. Nuclear fuerte

D. Centrípeta

10. El bismuto-210 ($^{210}_{83}\text{Bi}$) es un isótopo radiactivo que se desintegra de la siguiente forma.



¿Cuáles son el número de nucleones y el número de protones de Y?

	Número de nucleones	Número de protones
A.	206	86
B.	206	82
C.	210	82
D.	214	83

11. ¿Cuál es la relación entre número de nucleones A , número de protones Z y número de neutrones N ?

A. $A=Z=N$

B. $A+Z=N$

C. $A-Z=N$

D. $Z-A=N$

12. ¿Cuál de las siguientes opciones muestra un ejemplo de transmutación artificial (inducida)?

A. $\text{Am} \rightarrow \text{Np} + \alpha$

B. $\text{Al} + \alpha \rightarrow \text{P} + \text{n}$

C. $\text{C} \rightarrow \text{B} + \text{e} + \bar{\nu}$

D. $\text{n} \rightarrow \text{p} + \text{e} + \bar{\nu}$

13. El número inicial de átomos en una muestra radiactiva pura es N . La semivida radiactiva de la muestra se define como

A. el tiempo necesario para que un átomo sufra desintegración.

B. la probabilidad de que $N/2$ átomos sufran desintegración.

C. el tiempo necesario para que $N/2$ átomos sufran desintegración.

D. la probabilidad de que un átomo se desintegre por unidad de tiempo.

14. ¿Cuál de las respuestas describe la capacidad de ionización y la capacidad de penetración de las partículas alfa?

	Capacidad de ionización	Capacidad de penetración
A.	baja	alta
B.	alta	baja
C.	baja	baja
D.	alta	alta

15. ¿Cuál de los siguientes fenómenos proporciona evidencia de la existencia de los niveles de energía atómica?

A. Los espectros de absorción

B. La fisión nuclear

C. El experimento de Geiger–Marsden

D. La desintegración radiactiva

16. En un átomo, el número de nucleones es el número total de

A. protones.

B. neutrones.

C. electrones.

D. protones y neutrones.

17. ¿Sobre qué partícula actúan tanto la fuerza nuclear fuerte como la fuerza de Coulomb?

A. Antineutrino

B. Electrón

C. Neutrón

D. Protón

18. Un núcleo de californio (Cf) contiene 98 protones y 154 neutrones. ¿Cuál de las siguientes respuestas identifica correctamente este núcleo de californio?

A. ${}_{252}^{98}\text{Cf}$

B. ${}_{98}^{154}\text{Cf}$

C. ${}_{98}^{252}\text{Cf}$

D. ${}_{154}^{350}\text{Cf}$

19. ¿Cuál de las siguientes respuestas enumera las partículas de igual energía en orden creciente de capacidad de ionización?

A. β , α , γ

B. α , β , γ

C. γ , α , β

D. γ , β , α

20. El experimento de Geiger–Marsden constituye una evidencia de

A. la existencia de niveles atómicos de energía discretos.

B. la existencia del neutrón.

C. un núcleo denso cargado positivamente.

D. la estabilidad de algunos núcleos.

21. Un isótopo radiactivo tiene una semivida de dos minutos. Una muestra contiene dieciséis gramos del isótopo. ¿Cuánto tiempo tiene que transcurrir hasta que quede un gramo del isótopo?

A. 6 minutos

B. 8 minutos

C. 10 minutos

D. 12 minutos

22. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta para la desintegración beta menos (β^-)?

A. Se absorbe un antineutrino.

B. La carga del núclido hijo es menor que la del núclido padre.

C. Se emite un antineutrino.

D. El número másico del núclido hijo es menor que el del núclido padre.

23. La relación entre el número de protones Z , el número de neutrones N y el número de nucleones A es

A. $A = Z - N$.

B. $Z = A + N$.

C. $N = A - Z$.

D. $N = A + Z$.

24. En el experimento de Geiger-Marsden, las partículas α son dispersadas por núcleos de oro. Los resultados experimentales proporcionan evidencia de que

A. las partículas α tienen cantidades discretas de energía cinética.

B. la mayor parte de la masa y la carga positiva de un átomo está concentrada en un pequeño volumen.

C. el núcleo contiene protones y neutrones.

D. los átomos de oro tienen una alta energía de enlace por nucleón.

25. Un radioisótopo tiene una actividad de 400Bq y una semivida de 8 días. Después de 32 días, la actividad de la muestra es

- A. 200Bq.
- B. 100Bq.
- C. 50Bq.
- D. 25Bq.**

26. ¿Cuál de las siguientes opciones proporciona evidencia que apoye la existencia de niveles atómicos de energía?

- A. La dispersión de partículas α
- B. Los espectros de absorción**
- C. La existencia de isótopos
- D. La desintegración β

27. Una muestra recién preparada contiene 4,0 μ g del isótopo yodo-131. La semivida del yodo-131 es de 8 días. ¿Cuál de las siguientes es la mejor estimación de la masa de yodo-131 aún presente después de 24 días?

- A. 1,3 μ g
- B. 1,0 μ g
- C. 0,5 μ g**
- D. Cero

28. Un núclido X tiene una semivida de 10s. Al desintegrarse, se forma el núclido estable Y. Inicialmente, una muestra contiene solamente átomos de X.

¿Tras cuánto tiempo se habrá desintegrado el 87,5 % de los átomos de la muestra para producir el núclido Y?

- A. 9.0 s
- B. 30s**
- C. 70 s
- D. 80 s

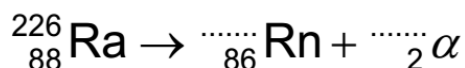
29. ¿Cuál de las siguientes respuestas describe mejor por qué las partículas alfa se desplazan sólo distancias cortas en el aire?

- A. Sufren desintegración radiactiva.
- B. Sufren colisiones elásticas con las moléculas del aire.
- C. Ionizan las moléculas del aire.**
- D. Son atraídas por los núcleos de las moléculas del aire.

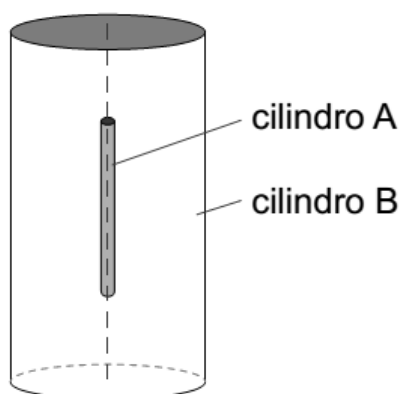
Topic 7.1 – Discrete energy and radioactivity-P2

1. Los primeros científicos que identificaron las partículas alfa usando un método directo fueron Rutherford y Royds. Ellos sabían que el radio-226 (${}^{226}_{88}\text{Ra}$) se desintegra por emisión alfa hasta formar un núclido conocido como radón (Rn).

(a) Escriba los valores que faltan en la ecuación nuclear para esta desintegración. [1]



(b) Rutherford y Royds pusieron algo de radio-226 puro en un pequeño cilindro cerrado A. El cilindro A estaba situado en el centro de otro gran cilindro cerrado B.



Al inicio del experimento se extrajo todo el aire del cilindro B. Las partículas alfa, que atraviesan la pared del cilindro A, se combinaron con electrones para formar gas helio en el cilindro B.

La pared del cilindro A está hecha de vidrio. Resuma por qué esta pared de vidrio ha de ser muy delgada. [1]

(c) Rutherford y Royds esperaban que durante el experimento se emitieran $2,7 \times 10^{15}$ partículas alfa. El experimento se llevó a cabo a una temperatura de 18°C . El cilindro B tenía un volumen de $1,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ y el volumen del cilindro A era despreciable. Calcule la presión del gas helio acumulado en el cilindro B. [3]

(d) Rutherford y Royds identificaron el gas helio en el cilindro B observando su espectro de emisión. Haciendo referencia a los niveles atómicos de energía, resuma cómo se forma un espectro de emisión. [3]

(e) El trabajo se presentó en primer lugar a una revista científica (revisada por expertos). Resuma por qué Rutherford y Royds eligieron publicar su trabajo de esa manera. [1]

Question	Answers	Notes	Total
4. a	222 AND 4 ✓	Both needed.	1
b	alpha particles highly ionizing OR alpha particles have a low penetration power OR thin glass increases probability of alpha crossing glass OR decreases probability of alpha striking atom/nucleus/molecule ✓		1
c	conversion of temperature to 291 K ✓ $p = 4.5 \times 10^{-9} \times 8.31 \times \left\langle \frac{291}{1.3 \times 10^{-5}} \right\rangle$ OR $p = 2.7 \times 10^{15} \times 1.38 \times 10^{-23} \times \left\langle \frac{291}{1.3 \times 10^{-5}} \right\rangle$ ✓ 0.83 or 0.84 «Pa» ✓	Allow ECF for 2.7×10^{15} from (b)(ii).	3

Question	Answers	Notes	Total
d	electron/atom drops from high energy state/level to low state ✓ energy levels are discrete ✓ wavelength/frequency of photon is related to energy change or quotes $E = hf$ or $E = \frac{hc}{\lambda}$ and is therefore also discrete ✓		3
e	peer review guarantees the validity of the work OR means that readers have confidence in the validity of work ✓	OWTTE	1

2. Modelo nuclear del átomo y desintegración radiactiva

(a) Resuma cómo la evidencia proporcionada por el experimento de Geiger–Marsden apoya el modelo nuclear del átomo. [4]

(b) Resuma por qué la física clásica no permite un modelo con un electrón orbitando alrededor del núcleo. [3]

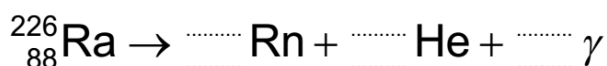
(c) El núclido radio-226 ($^{226}_{88}\text{Ra}$) se desintegra en un isótopo del radón (Rn) por medio de la emisión de una partícula alfa y un fotón de rayos gamma.

(i) Indique lo que significan los términos núclido e isótopo. [2]

Núclido:

Isótopo:

(ii) Construya la ecuación nuclear de la desintegración del radio-226. [3]



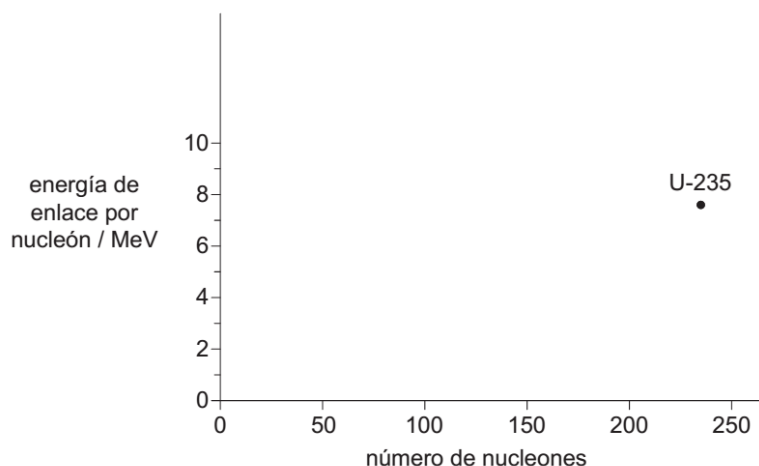
(iii) El radio-226 tiene una semivida de 1600 años. Determine el tiempo, en años, que debe transcurrir para que la actividad del radio-226 disminuya hasta $\frac{1}{64}$ de su actividad original. [2]

4. Part 1 Nuclear model of the atom and radioactive decay

- (a) most undeflected/pass straight through;
hence mostly empty space;
few deflected;
hence small dense nucleus;
positive / positively charged; [4 max]
- (b) electron accelerated / mention of centripetal force;
should radiate EM waves/energy;
and spiral into the nucleus; [3]
- (c) (i) *nuclide*: nucleus characterized by specified number of protons and neutrons/its constituents;
isotope: nuclide with same number of protons / same element and different numbers of nucleons/neutrons; [2]
- (ii) $^{222}_{86}\text{Rn}$;
 ^4_2He **or** $^0_0\gamma$;
top and bottom numbers balanced correctly; [3]
- (iii) 6 half-lives occurred;
9600 years; [2]

3. Energía nuclear y radiactividad

La gráfica muestra la variación de la energía de enlace por nucleón con el número de nucleones. Se muestra la posición del uranio-235 (U-235).



(c) Indique qué se entiende por energía de enlace de un núcleo. [1]

- (d) (i) Sobre los ejes, esquematice una gráfica que muestre la variación del número de nucleones con la energía de enlace por nucleón. [2]
(ii) Explique, en relación con su gráfica, por qué se libera energía durante la fisión del U-235. [3]

(e) El U-235 (${}^{235}_{92}\text{U}$) puede sufrir desintegración alfa para formar un isótopo de torio (Th).

(i) Indique la ecuación nuclear de esta desintegración. [1]

(ii) Defina la expresión semivida radiactiva. [1]

(iii) Una muestra de rocas contiene en la actualidad una masa de 5,6mg de U-235. La semivida del U-235 es de $7,0 \times 10^8$ años. Calcule la masa inicial de U-235 si la muestra de rocas se formó hace $2,1 \times 10^9$ años. [2]

Part 2 Nuclear energy and radioactivity

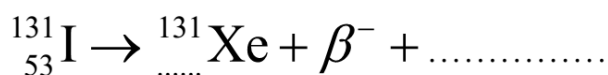
- (c) energy released when a nucleus forms from constituent nucleons / (minimum) energy needed/work done to break a nucleus up into its constituent nucleons; [1]
Award [0] for energy to assemble nucleus.
Do not allow "particles" or "components" for "nucleons".
Do not accept "energy that binds nucleons together" OWTTE.
- (d) (i) generally correct shape with maximum shown, trending down to U-235; maximum shown somewhere between 40 and 70; [2]
Award [0] for straight line with positive gradient from origin.
Award [1] if maximum position correct but graph begins to rise or flatlines beyond or around U-235.
- (ii) identifies fission as occurring at high nucleon number / at right-hand side of graph; fission means that large nucleus splits into two (or more) smaller nuclei/nuclei to left of fissioning nucleus (on graph); (graph shows that) fission products have higher (average) binding energy per nucleon than U-235; energy released related to difference between initial and final binding energy; [3 max]
Award [2 max] if no reference to graph.
- (e) (i) ${}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{231}_{90}\text{Th} + {}^4_2\alpha$; (allow He for α ; treat charge indications as neutral) [1]
- (ii) time taken for number of unstable nuclei/(radio)activity to halve; [1]
Accept atom/isotope.
Do not accept mass/molecule/amount/substance.
- (iii) three half-lives identified; 45 (mg); [2]
Award [2] for bald correct answer.

4. Esta pregunta trata de la desintegración radiactiva.

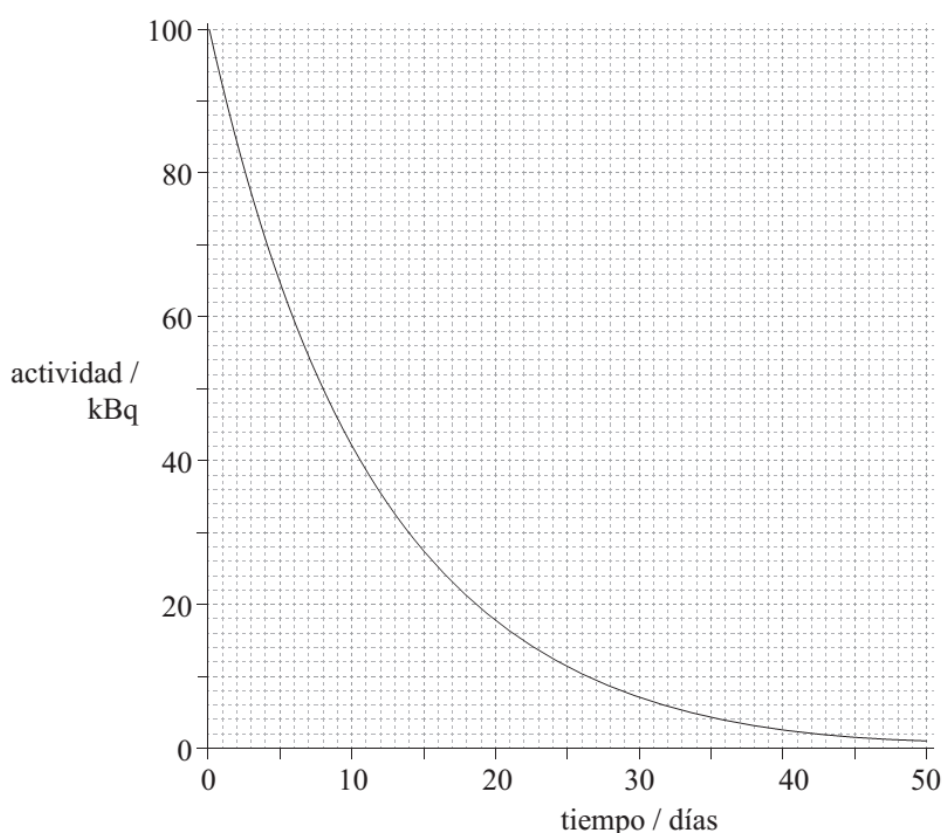
Un núcleo de un isótopo de yodo, I-131, sufre desintegración radiactiva formando un núcleo del nucleido xenon-131. El Xe-131 es estable.

(a) Explique qué se entiende por isótopo. [2]

(b) Identifique los elementos que faltan para completar la reacción nuclear para la desintegración del I-131. [1]



(c) La actividad inicial de una muestra de I-131 es de 100kBq. En la gráfica se muestra la posterior variación de la actividad de la muestra con el tiempo.



(i) El I-131 puede utilizarse en aplicaciones médicas pero solamente cuando su actividad cae dentro del rango de $(20 \pm 10)\text{kBq}$. Determine una estimación para el tiempo durante el cual puede utilizarse el yodo. [2]

(ii) Otro isótopo diferente tiene la mitad de la actividad inicial y el doble de la semivida del I-131. Sobre la gráfica de (c), esquematice la variación de la actividad con el tiempo para este isótopo. [2]

3. (a) same number of protons / atoms of the same element; different number of neutrons; [2]
- (b) 54 and antineutrino/ $\bar{\nu}$; (both needed) [1]
- (c) (i) range is 14 to 26 **or** 14 to 27;
12 **or** 13 days; [2]
Award [2] if marking points added to the graph.
- (ii) starts at 50 kBq and approximately exponential decay curve;
half-life is ~ 16 days / line passes through [16, 25] to within a small square; [2]

5. Modelo atómico de Rutherford

- (a) La mayoría de las partículas alfa utilizadas para bombardear una fina hoja de oro atraviesan la hoja sin cambio significativo en su dirección. Unas pocas partículas alfa se desvían de su trayectoria original según ángulos mayores de 90° . Utilice estas observaciones para describir el modelo atómico de Rutherford. [5]
- (b) El isótopo oro-197($^{197}_{79}\text{Au}$) es estable, pero el isótopo oro-199($^{199}_{79}\text{Au}$) no lo es.
- (i) Resuma, en términos de las fuerzas que actúan entre nucleones, por qué, para núcleos grandes estables tales como el oro-197, el número de neutrones excede al de protones. [3]
- (ii) Un núcleo de $^{199}_{79}\text{Au}$ se desintegra en un núcleo de $^{199}_{80}\text{Hg}$, emitiendo un electrón y otra partícula. Indique el nombre de la otra partícula. [1]

Part 2 Rutherford model of the atom

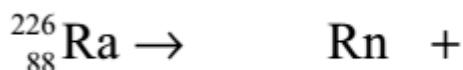
- (a) most of the atom is empty space;
most of the mass/(protonic) charge of the atom is concentrated in the nucleus/
nucleus is dense;
nucleus is positively charged;
(most) alphas not close enough to nuclei to be deflected;
(very few) alphas (are) close enough to nuclei to be deflected; { These points can
be awarded to a
labelled diagram. [5]
- (b) (i) mention of Coulomb repulsion between protons;
mention of strong (nuclear) force (between nucleons);
overall balance must be correct (and more neutrons needed for this); [3]
Award [0] for a statement that neutron is negative.
- (ii) anti neutrino / $\bar{\nu}$; [1]

6. Dispersión de partículas α y procesos nucleares

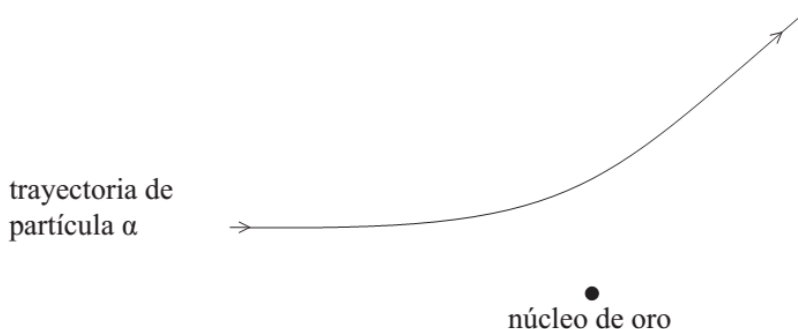
Dispersión de partículas α

El radio-226 se desintegra con la emisión de partículas α formando radón (Rn).

- (a) Complete la ecuación de la reacción nuclear. [2]



(b) La evidencia experimental que apoya un modelo nuclear del átomo se basó en la dispersión de partículas α . El diagrama representa la trayectoria de una partícula α cuando se aproxima a un núcleo de oro estacionario para después alejarse de este.



(i) Sobre el diagrama, dibuje líneas que muestren el ángulo de desviación de la partícula α . Rotule este ángulo como D. [1]

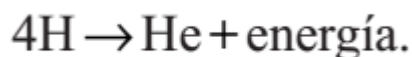
(ii) Se sustituye el núcleo de oro por otro núcleo de oro que tiene mayor número de nucleones. Sugiera y explique el cambio, si lo hay, en el ángulo D de una partícula α con la misma energía y que sigue la misma trayectoria inicial que en (b)(i). [2]

(c) El diagrama muestra la trayectoria inicial de una partícula α que se aproxima al núcleo de oro a lo largo de una línea que une sus centros. Dibuje sobre el diagrama la continuación de la trayectoria de la partícula α . [1]



Procesos nucleares

(d) El principal proceso nuclear que da lugar a la emisión de energía del Sol puede simplificarse como



(i) Indique el nombre de este proceso nuclear. [2]

(ii) La masa total de cuatro núcleos de hidrógeno (H) es de $6,693 \times 10^{-27} \text{kg}$ y la masa de un núcleo de helio (He) es de $6,645 \times 10^{-27} \text{kg}$. Demuestre que la energía liberada en esta reacción es de $4,3 \times 10^{-12} \text{J}$. [2]

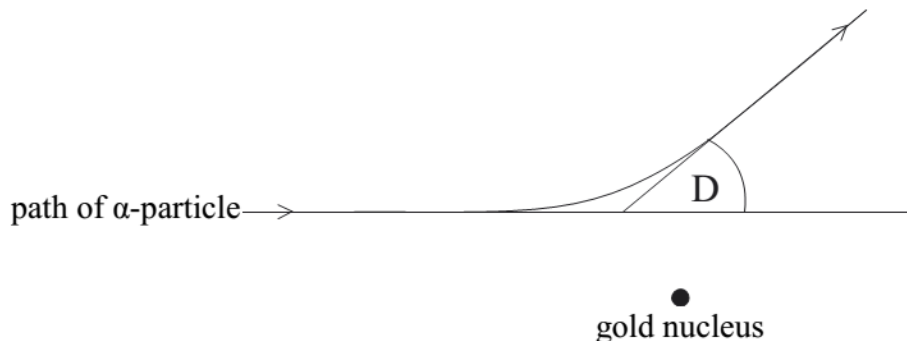
(iii) El Sol tiene un radio R de $7,0 \times 10^8 \text{m}$ y emite energía a un ritmo de $3,9 \times 10^{26} \text{W}$. Las reacciones nucleares tienen lugar en el núcleo esférico del Sol, de radio $0,25R$. Utilice estos datos y la respuesta en (d)(ii) para determinar el número de reacciones nucleares que ocurren por metro cúbico por segundo en el núcleo del Sol. [3]

Part 2 α - particle scattering and nuclear processes

(a) ${}_{86}^{222}\text{Rn}$;
 ${}_{2}^{4}\alpha$;

[2]

(b) (i)



angle shown correctly;

Horizontal line must be present, angle can be marked to straight portion of deviated path.

[1]

(ii) same number of protons / additional number of neutrons / nuclei are isotopes;
no charge change so deviation unchanged;

Award [0] for bald answer or answer with incorrect explanation.

[2]

(c) shows alpha-particle returning along original path and path must not touch gold nucleus;

[1]

(d) (i) fusion;

[1]

(ii) $\Delta m = 0.048 \times 10^{-27} \text{ kg}$;
 $\Delta E = 0.048 \times 10^{-27} \times (3.0 \times 10^8)^2$ shown clearly;
to give $4.3 \times 10^{-12} \text{ J}$

[2]

(iii) number of reactions $\left(= \frac{3.9 \times 10^{26}}{4.3 \times 10^{-12}} \right)$
 $= 9.1 \times 10^{37} \text{ s}^{-1}$;

volume of core $= \frac{4}{3} \pi [0.25 \times 7.0 \times 10^8]^3$;
 $(= 2.2 \times 10^{25} \text{ m}^3)$

number $= 4.0 \times 10^{12} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$ **or** $= 4.1 \times 10^{12} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$;

[3]

Award [3] for bald correct answer.

7. Radiactividad

(a) En la atmósfera se están produciendo continuamente núcleos del isótopo del carbono, C-14, debido a los choques de neutrones con núcleos de nitrógeno N-14.

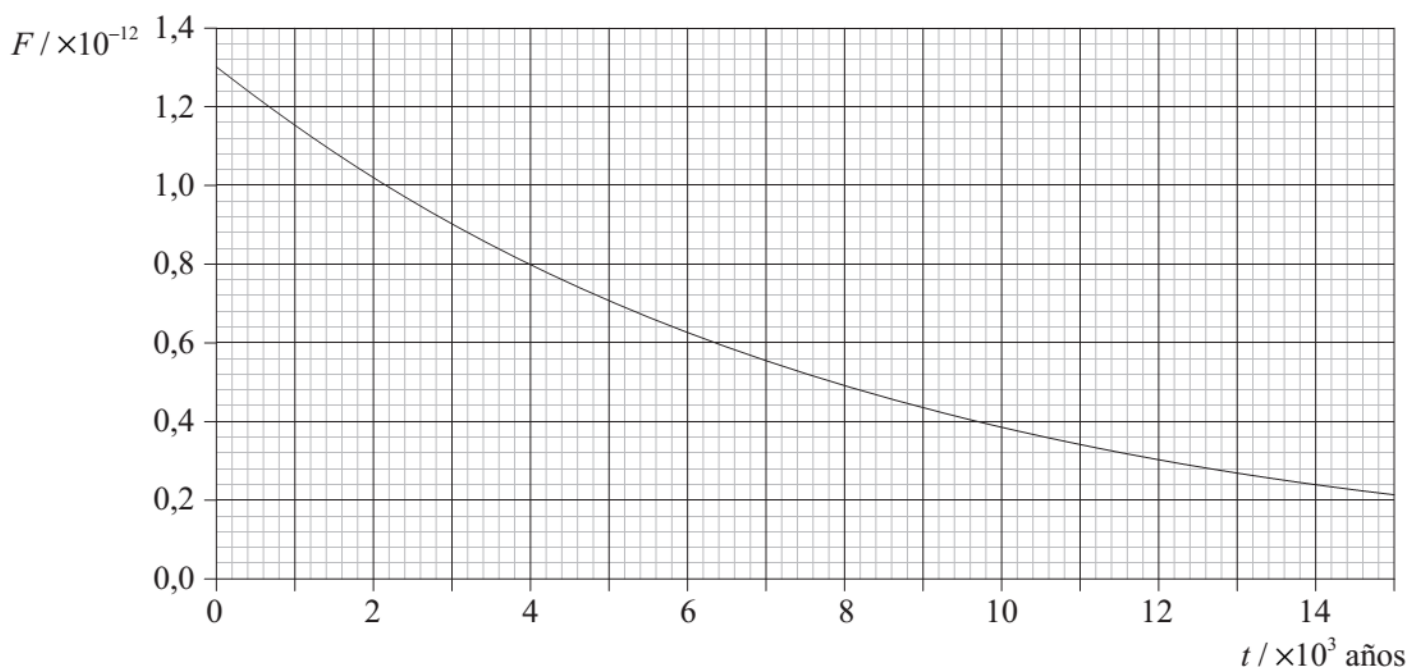
(i) Defina el término isótopo. [1]

(ii) Indique la ecuación de la reacción nuclear para producir un núcleo de C-14

(número de protones (atómico) del carbono = 6, número de protones (atómico) del nitrógeno = 7). [2]

(b) En un animal vivo, el cociente $F = \frac{\text{número de núcleos de } {}^{14}_6\text{C}}{\text{número de núcleos de } {}^{12}_6\text{C}}$ es constante, debido a la reposición de carbono en los huesos.

El gráfico muestra la variación con el tiempo t (desde la muerte) del cociente F en los huesos de un animal muerto.



Explique por qué el cociente F no permanece constante en los huesos de un animal muerto. [2]

(c) Utilice el gráfico de (b) para determinar

(i) el valor del cociente F para los huesos de un animal mientras está vivo. [1]

(ii) la semivida del carbono C-14. [2]

(d) Estime la edad de un hueso para el cual $F = 6,0 \times 10^{-13}$. [2]

(e) Sugiera por qué un gráfico de F frente a t no es apropiado para determinar la edad de un hueso de dinosaurio. [2]

Part 2 Radioactivity

- (a) (i) nuclei with the same atomic number but different mass number; [1]
- (ii) identification of a proton/ ${}^1_1\text{H}/\text{p}$;
correct equation *i.e.* ${}_0^1\text{n} + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^1_1\text{p} + {}^{14}_6\text{C}$; [2]
- (b) ${}^{14}_6\text{C}$ is unstable while ${}^{12}_6\text{C}$ is stable;
neither ${}^{14}_6\text{C}$ nor ${}^{12}_6\text{C}$ may be replenished (through food/breathing as in an animal that is alive) after bone is dead;
 ${}^{14}_6\text{C}$ decays, decreasing its concentration in the bone; [2 max]
- (c) (i) 1.3×10^{-12} ; [1]
- (ii) evidence of locating the point in the graph with F value half of the initial;
to get half-life 5700 (± 100) years; [2]
- (d) evidence of locating the point in the graph with F value 0.6×10^{-12} ;
to get age = 6400 (± 100) years; [2]
- (e) the dinosaur bone has been dead for millions of years;
the F value is negligibly small/too small to be measured with any accuracy /
 F value in atmosphere might have varied; [2]