

1. a) Escriba la ley de desintegración de una muestra radiactiva y explique el significado físico de las variables y parámetros que aparecen en ella.
 b) Supuesto que pudiéramos aislar un átomo de la muestra anterior discuta, en función del parámetro apropiado, si cabe esperar que su núcleo se desintegre pronto, tarde o nunca.

2. Un haz de luz de longitud de onda $546 \cdot 10^{-9}$ m incide en una célula fotoeléctrica de cátodo de cesio, cuyo trabajo de extracción es de 2 eV:
 - a) Explique las transformaciones energéticas en el proceso de fotoemisión y calcule la energía cinética máxima de los electrones emitidos.
 - b) ¿Qué ocurriría si la longitud de onda de la radiación incidente en la célula fotoeléctrica fuera doble de la anterior?
$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

SOL: a) $E_{c \text{ max}} = 4,2 \cdot 10^{-20} \text{ J}$
b) No hay fotoemisión

3. a) ¿Qué significado tiene la expresión "longitud de onda asociada a una partícula"?
 b) Si la energía cinética de una partícula aumenta, ¿aumenta o disminuye su longitud de onda asociada?
SOL: b) Disminuye.

4. En la bomba de hidrógeno se produce una reacción termonuclear en la que se forma helio a partir de deuterio y de tritio.
 - a) Escriba la reacción nuclear.
 - b) Calcule la energía liberada en la formación de un átomo de helio y la energía de enlace por nucleón del helio.
$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; m({}_2^4\text{He}) = 4,0026 \text{ u} ; m({}_1^3\text{H}) = 3,0170 \text{ u} ;$$

$$m({}_1^2\text{H}) = 2,0141 \text{ u} ; m_p = 1,0078 \text{ u} ; m_n = 1,0086 \text{ u} ; 1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

SOL: b) $E = 2,99 \cdot 10^{-12} \text{ J} ; \frac{E_{ent}}{\text{nucleón}} = 1,135 \cdot 10^{-12} \frac{\text{J}}{\text{nucleón}} .$

5. a) ¿Cuál es la interacción responsable de la estabilidad del núcleo? Compárela con la interacción electromagnética.
 b) Comente las características de la interacción nuclear fuerte.

6. Al iluminar la superficie de un cierto metal con un haz de luz ultravioleta de frecuencia $f = 2 \cdot 10^{15}$ Hz, la energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos es de 2,5 eV.
 - a) Determine el trabajo de extracción del metal .
 - b) Explique qué ocurriría si la frecuencia de la luz incidente fuera: i) 2f; ii) f/2.
$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

SOL: a) $W_{ext} = 9,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

FÍSICA MODERNA FCA 01 ANDALUCÍA

7. a) Algunos átomos de nitrógeno (${}^{14}_7\text{N}$) atmosférico chocan con un neutrón y se transforman en carbono (${}^{14}_6\text{C}$) que, por emisión β , se convierte de nuevo en nitrógeno. Escriba las correspondientes reacciones nucleares.
b) Los restos de animales recientes contienen mayor proporción de ${}^{14}_6\text{C}$ que los restos de animales antiguos. ¿A qué se debe este hecho y qué aplicación tiene?
8. Al incidir luz de longitud de onda $\lambda = 620 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ sobre una fotocélula se emiten electrones con una energía cinética máxima de 0,14 eV.
a) Calcule el trabajo de extracción y la frecuencia umbral de la fotocélula.
b) ¿Qué diferencia cabría esperar en los resultados del apartado a) si la longitud de onda incidente fuera doble?
 $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
SOL: a) $W_{ext} = 2,96 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $f_{umb} = 4,49 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
b) No hay fotoemisión.
9. a) De entre las siguientes opciones, elija la que crea correcta y explique por qué. La energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos por un metal depende de: i) la intensidad de la luz incidente; ii) la frecuencia de la luz incidente; iii) la velocidad de la luz.
b) Razone si es cierta o falsa la siguiente afirmación: “En un experimento sobre el efecto fotoeléctrico los fotones con frecuencia menor que la frecuencia umbral no pueden arrancar electrones del metal”.
10. Una muestra de isótopo radiactivo recién obtenida tiene una actividad de 84 s^{-1} y, al cabo de 30 días, su actividad es de 6 s^{-1} .
a) Explique si los datos anteriores dependen del tamaño de la muestra.
b) Calcule la constante de desintegración y la fracción de núcleos que se han desintegrado después de 11 días.
SOL: b) $\lambda = 0,088 \text{ días}^{-1}$; $N = 0,38N_0$
11. Comente las siguientes afirmaciones relativas al efecto fotoeléctrico:
a) El trabajo de extracción de un metal depende de la frecuencia de la luz incidente.
b) La energía cinética máxima de los electrones emitidos varía linealmente con la frecuencia de la luz incidente.
12. En una reacción nuclear se produce un defecto de masa de 0,2148 u por cada núcleo de ${}^{235}\text{U}$ fisionado.
a) Calcule la energía liberada en la fisión de 23,5 g de ${}^{235}\text{U}$.
b) Si se producen 10^{20} reacciones idénticas por minuto, ¿cuál será la potencia disponible?
 $1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $NA = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
SOL: a) $E = 1,94 \cdot 10^{12} \text{ J}$
b) $P = 5,38 \cdot 10^7 \text{ w}$

1. Un haz de luz de longitud de onda $477 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ incide sobre una célula fotoeléctrica de cátodo de potasio, cuya frecuencia umbral es $5,5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$.

a) Explique las transformaciones energéticas en el proceso de fotoemisión y calcule la energía cinética máxima de los electrones emitidos.

b) Razone si se produciría efecto fotoeléctrico al incidir radiación infrarroja sobre la célula anterior. (La región infrarroja comprende longitudes de onda entre 10^{-3} m y $7,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}$).

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

SOL: a) $E_{c \text{ max}} = 5,2 \cdot 10^{-20} \text{ J}$.

b) No hay fotoemisión.

2. El isótopo del hidrógeno denominado tritio (${}^3_1\text{H}$) es inestable ($T_{1/2} = 12,5$ años) y se desintegra con emisión de una partícula beta. Del análisis de una muestra tomada de una botella de agua mineral se obtiene que la actividad debida al tritio es el 92 % de la que presenta el agua en el manantial de origen.

a) Escriba la correspondiente reacción nuclear.

b) Determine el tiempo que lleva embotellada el agua de la muestra.

SOL: b) $t = 1,5$ años.

3. a) Enuncie la ley de desintegración radiactiva e indique el significado físico de cada uno de los parámetros que aparecen en ella.

b) ¿Por qué un isótopo radiactivo de período de semidesintegración muy corto (por ejemplo, dos horas) no puede encontrarse en estado natural y debe ser producido artificialmente

4. Un haz de electrones se acelera, desde el reposo, mediante una diferencia de potencial de 104 V.

a) Haga un análisis energético del proceso y calcule la longitud de onda asociada a los electrones tras ser acelerados, indicando las leyes físicas en que se basa.

b) Repita el apartado anterior, si en lugar de electrones, aceleramos protones, en las mismas condiciones.

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

SOL: a) $\lambda_e = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

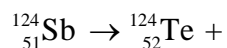
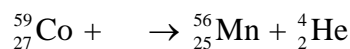
b) $\lambda_p = 2,8 \cdot 10^{-12} \text{ m}$.

5. Razone si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

a) La energía de los electrones emitidos por efecto fotoeléctrico no depende de la intensidad de la luz para una frecuencia dada.

b) El efecto fotoeléctrico no tiene lugar en un cierto material al incidir sobre él luz azul, y sí al incidir luz naranja.

6. a) Complete las siguientes reacciones nucleares:



b) Explique en qué se diferencian las reacciones nucleares de las reacciones químicas ordinarias.

FÍSICA MODERNA FCA 02 ANDALUCÍA

7. El núcleo radiactivo ${}_{92}^{232}\text{U}$ se desintegra, emitiendo partículas alfa, con un período de semidesintegración de 72 años.

a) Escriba la ecuación del proceso de desintegración y determine razonadamente el número másico y el número atómico del núcleo resultante.

b) Calcule el tiempo que debe transcurrir para que su masa se reduzca al 75 % de la masa original.

SOL: b) $t = 29,9$ años.

8. Una lámina metálica comienza a emitir electrones al incidir sobre ella radiación de longitud de onda $5 \cdot 10^{-7}$ m.

a) Calcule con qué velocidad saldrán emitidos los electrones si la radiación que incide sobre la lámina tiene una longitud de onda de $4 \cdot 10^{-7}$ m.

b) Razone, indicando las leyes en que se basa, qué sucedería si la frecuencia de la radiación incidente fuera de $4,5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$.

$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

SOL: a) $v = 4,66 \cdot 10^5 \text{ ms}^{-1}$

b) No hay fotoemisión.

9. a) Enuncie la hipótesis de De Broglie e indique de qué depende la longitud de onda asociada a una partícula.

b) ¿Se podría determinar simultáneamente, con exactitud, la posición y la cantidad de movimiento de una partícula? Razone la respuesta

10. El ${}_{5}^{12}\text{B}$ se desintegra radiactivamente en dos etapas: en la primera el núcleo

resultante es ${}_{6}^{12}\text{C}^*$ (* = estado excitado) y en la segunda el ${}_{6}^{12}\text{C}^*$ se desexcita, dando ${}_{6}^{12}\text{C}$ (estado fundamental).

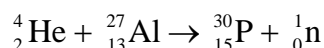
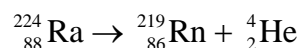
a) Escriba los procesos de cada etapa, determinando razonadamente el tipo de radiación emitida en cada caso.

b) Calcule la frecuencia de la radiación emitida en la segunda etapa si la diferencia de energía entre los estados energéticos del isótopo del carbono es de 4,4 MeV.

$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

SOL: b) $f = 1,07 \cdot 10^{21} \text{ s}^{-1}$.

11. a) Razone cuáles de las siguientes reacciones nucleares son posibles:



b) Deduzca el número de protones, neutrones y electrones que tiene un átomo de ${}_{13}^{27}\text{Al}$.

1. a) La masa de un núcleo atómico no coincide con la suma de las masas de las partículas que lo constituyen. ¿Es mayor o menor? Justifique la respuesta.
 b) Complete las siguientes ecuaciones de reacciones nucleares, indicando en cada caso las características de X:



2. Al estudiar experimentalmente el efecto fotoeléctrico en un metal se observa que la mínima frecuencia a la que se produce dicho efecto es de $1,03 \cdot 10^{15}$ Hz.

a) Calcule el trabajo de extracción del metal y el potencial de frenado de los electrones emitidos si incide en la superficie del metal una radiación de frecuencia $1,8 \cdot 10^{15}$ Hz.

b) ¿Se produciría efecto fotoeléctrico si la intensidad de la radiación incidente fuera el doble y su frecuencia la mitad que en el apartado anterior? Razone la respuesta.

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

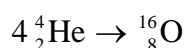
SOL: a) $W_{\text{ext}} = 6,8 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $V_f = 3,2 \text{ V}$.

b) No se produce fotoemisión.

3. a) ¿Es cierto que las ondas se comportan también como corpúsculos en movimiento? Justifique su respuesta.

b) Comente la siguiente frase: “Sería posible medir simultáneamente la posición de un electrón y su cantidad de movimiento, con tanta exactitud como quisiéramos, si dispusiéramos de instrumentos suficientemente precisos”

4. Suponga una central nuclear en la que se produjera energía a partir de la siguiente reacción nuclear de fusión:



a) Determine la energía que se produciría por cada kilogramo de helio que se fusionase.

b) Razone en cuál de los dos núcleos anteriores es mayor la energía de enlace por nucleón.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; 1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} ; m({}^4_2\text{He}) = 4,0026 \text{ u} ; m({}^{16}_8\text{O}) = 15,9950 \text{ u}$$

SOL: a) $E = 8,65 \cdot 10^{13} \text{ J}$ (para llegar a este resultado es necesario usar el número de Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$).

5. Justifique la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones:

a) Cuanto mayor es el período de semidesintegración de un material, más deprisa se desintegra.

b) En general, los núcleos estables tienen más neutrones que protones.

6. Se acelera un protón mediante una diferencia de potencial de 3000 V.
- Calcule la velocidad del protón y su longitud de onda de De Broglie.
 - Si en lugar de un protón fuera un electrón el que se acelera con la misma diferencia de potencial, ¿tendría la misma energía cinética? ¿Y la misma longitud de onda asociada? Razone sus respuestas.
- $m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- SOL:** a) $v_p = 7,5 \cdot 10^5 \text{ ms}^{-1}$; $\lambda_p = 5,18 \cdot 10^{-13} \text{ m}$.
- b) La energía cinética es igual; $\lambda_e = 2,23 \cdot 10^{-11} \text{ m}$.

7. En una muestra de madera de un sarcófago ocurren 13536 desintegraciones en un día por cada gramo, debido al ^{14}C presente, mientras que una muestra actual de madera análoga experimenta 920 desintegraciones por gramo en una hora. El período de semidesintegración del ^{14}C es de 5730 años.

- Establezca la edad del sarcófago.
- Determine la actividad de la muestra del sarcófago dentro de 1000 años.

SOL: a) $t = 4045$ años.

- $A_{ct} = 499$ desintegraciones por gramo en una hora.

8. a) Describa el origen y las características de los procesos de emisión radiactiva alfa, beta y gamma.

- Indique el significado de: período de semidesintegración, constante radiactiva y actividad.

9. Se trata de medir el trabajo de extracción de un nuevo material. Para ello se provoca el efecto fotoeléctrico haciendo incidir una radiación monocromática sobre una muestra A de ese material y, al mismo tiempo, sobre otra muestra B de otro material cuyo trabajo de extracción es $\Phi_B = 5 \text{ eV}$. Los potenciales de frenado son $V_A = 8 \text{ V}$ y $V_B = 12 \text{ V}$, respectivamente. Calcule:

- La frecuencia de la radiación utilizada.

- El trabajo de extracción Φ_A .

$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

SOL: a) $f = 4,12 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$.

- $\Phi_A = 9 \text{ eV}$.

10. a) Un átomo que absorbe un fotón se encuentra en un estado excitado. Explique qué cambios han ocurrido en el átomo. ¿Es estable ese estado excitado del átomo?

- ¿Por qué en el espectro emitido por los átomos sólo aparecen ciertas frecuencias? ¿Qué indica la energía de los fotones emitidos?

1. a) En la reacción del ${}^6_3\text{Li}$ con un neutrón se obtiene un núcleo X y una partícula alfa. Escriba la reacción nuclear y determine las características del núcleo X resultante.

b) Calcule la energía liberada en la reacción de fusión: ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He}$

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $m({}^4_2\text{He}) = 4,0026 \text{ u}$; $m({}^2_1\text{H}) = 2,0141 \text{ u}$

2. Un haz de luz de longitud de onda $546 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ penetra en una célula fotoeléctrica de cátodo de cesio, cuyo trabajo de extracción es de 2 eV:

a) Explique las transformaciones energéticas en el proceso de fotoemisión.

b) Calcule la energía cinética máxima de los electrones emitidos. ¿Qué ocurriría si la longitud de onda incidente en la célula fotoeléctrica fuera el doble de la anterior?

$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

3. El ${}^{237}_{94}\text{Pu}$ se desintegra, emitiendo partículas alfa, con un periodo de semidesintegración de 45,7 días.

a) Escriba la reacción de desintegración y determine razonadamente el número másico y el número atómico del elemento resultante.

b) Calcule el tiempo que debe transcurrir para que la actividad de una muestra de dicho núcleo se reduzca a la octava parte.

4. Si iluminamos la superficie de un cierto metal con un haz de luz ultravioleta de frecuencia $2,1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$, los fotoelectrones emitidos tienen una energía cinética máxima de 2,5 eV.

a) Explique por qué la existencia de una frecuencia umbral para el efecto fotoeléctrico va en contra de la teoría ondulatoria de la luz.

b) Calcule la función trabajo del metal y su frecuencia umbral.

$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

5. Una muestra de una sustancia radiactiva de 0,8 kg se desintegra de tal manera que, al cabo de 20 horas, su actividad se ha reducido a la cuarta parte. Calcule:

a) El periodo de semidesintegración.

b) El tiempo necesario para que se desintegren 0,7 kg.

6. Al incidir luz de longitud de onda 620 nm sobre la superficie de una fotocélula, se emiten electrones con una energía cinética máxima de 0,14 eV. Determine:

a) El trabajo de extracción del metal y la frecuencia umbral.

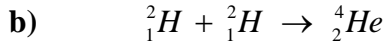
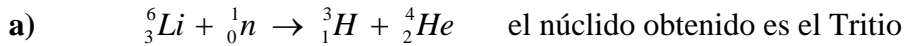
b) Si la fotocélula se iluminara con luz de longitud de onda doble que la anterior, ¿cuál sería la energía cinética máxima de los electrones emitidos?

$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

- 7.** a) Describa las características de los procesos de emisión radiactiva alfa, beta y gamma.
b) Uno de ellos consiste en la emisión de electrones. ¿Cómo es posible que un núcleo emita electrones? Razone su respuesta.
- 8.** Analice las siguientes proposiciones razonando si son verdaderas o falsas:
a) El trabajo de extracción de un metal depende de la frecuencia de la luz incidente.
b) La energía cinética máxima de los electrones emitidos en el efecto fotoeléctrico varía linealmente con la frecuencia de la luz incidente.
- 9.** a) Dibuje de forma aproximada la gráfica que representa la energía de enlace por nucleón en función del número másico e e indique qué puede deducirse de ella en relación con la estabilidad de los núcleos.
b) Razone, a partir de la gráfica, cuál de los dos procesos, la fusión o la fisión nucleares, proporciona mayor energía por nucleón.
- 10.** Un protón y un electrón se mueven con la misma velocidad.
a) Explique cuál de los dos tiene una longitud de onda asociada mayor.
b) Razone cuál de ellos tendría una longitud de onda mayor si ambos tuvieran la misma energía cinética.

FÍSICA MODERNA FCA 04 ANDALUCÍA

1. -



$\Delta m = 2 \cdot m({}^2_1\text{H}) - m({}^4_2\text{He}) = 0,0256u$ transformamos esta masa a Kg

$\Delta m = 0,0256u \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \frac{\text{Kg}}{u} = 4,25 \cdot 10^{-29} \text{Kg}$

$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 4,25 \cdot 10^{-29} \text{Kg} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 3,82 \cdot 10^{-12} \text{J}$

2. -

a) $f_{\text{fotón}} = \frac{c}{\lambda_{\text{fotón}}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{546 \cdot 10^{-9} \text{m}} = 5,49 \cdot 10^{14} \text{s}^{-1}$

$E_{\text{fotón}} = h \cdot f_{\text{fotón}} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s} \cdot 5,49 \cdot 10^{14} \text{s}^{-1} = 3,64 \cdot 10^{-19} \text{J}$

$W_{\text{ext}} = 2 \text{eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{J}$

se produce fotoemisión ya que se cumple que $E_{\text{fotón}} > W_{\text{ext}}$

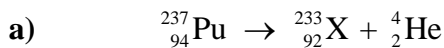
b) $E_{C \text{ max}} = E_{\text{fotón}} - W_{\text{ext}} = 4,4 \cdot 10^{-20} \text{J}$

si la longitud de onda incidente fuera el doble de la anterior

$f_{\text{fotón}} = 2,75 \cdot 10^{14} \text{s}^{-1}$ $E_{\text{fotón}} = 1,82 \cdot 10^{-19} \text{J}$

no se produce fotoemisión ya que se cumple que $E_{\text{fotón}} < W_{\text{ext}}$

3. -



el elemento cuyo número atómico es 92 es el Uranio.

b) $T_{1/2} = 45,7 \text{ días}$

en el instante inicial se cumple $Act_0 = \lambda \cdot N_0$

transcurrido un tiempo t se cumple $Act = \frac{Act_0}{8} = \lambda \cdot N$

dividiendo ambas ecuaciones nos queda $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{8}$

como $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda \cdot t}$ y $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ sustituyendo $\frac{1}{8} = e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t}$ $-\ln 8 = -\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t$

$t = \frac{\ln 2^3}{\ln 2} \cdot T_{1/2} = 3 \cdot T_{1/2} = 137,1 \text{ días}$

4. –

a) Se observó que el efecto fotoeléctrico obedecía a una serie de fenómenos para los que no se encontraba explicación en los modelos clásicos, algunos de los más importantes eran:

- Solo se emiten electrones cuando la frecuencia incidente supera cierto valor f_0 llamado frecuencia umbral que es característico de cada metal.
- Por debajo de la frecuencia umbral no hay emisión, aunque se aumente la intensidad de la luz incidente.

Estas observaciones entran en contradicción con la naturaleza ondulatoria de la luz, según la cual el efecto fotoeléctrico debería producirse para cualquier frecuencia siempre que la intensidad fuese lo suficientemente elevada.

$$b) \quad E_{\text{fotón}} = h \cdot f_{\text{fotón}} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot s \cdot 2,1 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1} = 1,39 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$E_{C_{\text{max}}} = 2,5 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} = 4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$W_{\text{ext}} = E_{\text{fotón}} - E_{C_{\text{max}}} = 9,9 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad f_0 = \frac{W_{\text{ext}}}{h} = 1,49 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

5. –

a) en el instante inicial se cumple $Act_0 = \lambda \cdot N_0$

transcurrido un tiempo $t = 20 \text{ h}$ se cumple $Act = \frac{Act_0}{4} = \lambda \cdot N$

dividiendo ambas ecuaciones nos queda $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{4}$

$$\text{como } \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda \cdot t} \text{ y } \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \text{ sustituyendo } \frac{1}{4} = e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot 20} \quad -\ln 4 = -\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot 20$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\ln 2^2} \cdot 20 = \frac{1}{2} \cdot 20 = 10 \text{ h}$$

b) El número inicial de átomos $N_0 = \frac{m_0}{\text{masa At}} \cdot N_A$ ($N_A = \text{n}^\circ \text{ de Avogadro}$)

transcurrido un tiempo t el número de átomos $N = \frac{m}{\text{masa At}} \cdot N_A$

dividiendo ambas ecuaciones $\frac{N}{N_0} = \frac{m}{m_0}$ $m = 0,8 \text{ Kg}$ $m = m_0 - m_{\text{Des}} = 0,1 \text{ Kg}$

$$\text{como } \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda \cdot t} \quad \ln \frac{N}{N_0} = \ln \frac{m}{m_0} = -\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t \quad \ln \frac{0,1}{0,8} = -\frac{\ln 2}{10} \cdot t$$

$$t = 30 \text{ horas}$$

FÍSICA MODERNA FCA 04 ANDALUCÍA

6. –

a) $\lambda = 620 \text{ nm} = 6,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ $E_{C_{\max}} = 0,14 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} = 2,24 \cdot 10^{-20} \text{ J}$

$$E_{\text{fotón}} = h \cdot \frac{c}{\lambda_{\text{fotón}}} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad W_{\text{ext}} = E_{\text{fotón}} - E_{C_{\max}} = 2,97 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$f_0 = \frac{W_{\text{ext}}}{h} = 4,48 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

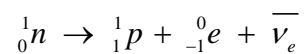
b) Si $\lambda'_{\text{fotón}} = 2 \cdot \lambda_{\text{fotón}} = 1,24 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ $E'_{\text{fotón}} = h \cdot \frac{c}{\lambda'_{\text{fotón}}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

como $E'_{\text{fotón}} < W_{\text{ext}}$ no hay fotoemisión.

7. –

a) Ver teoría (Mecanismos de desintegración).

b) En la emisión beta negativa se produce en el núcleo la siguiente reacción:

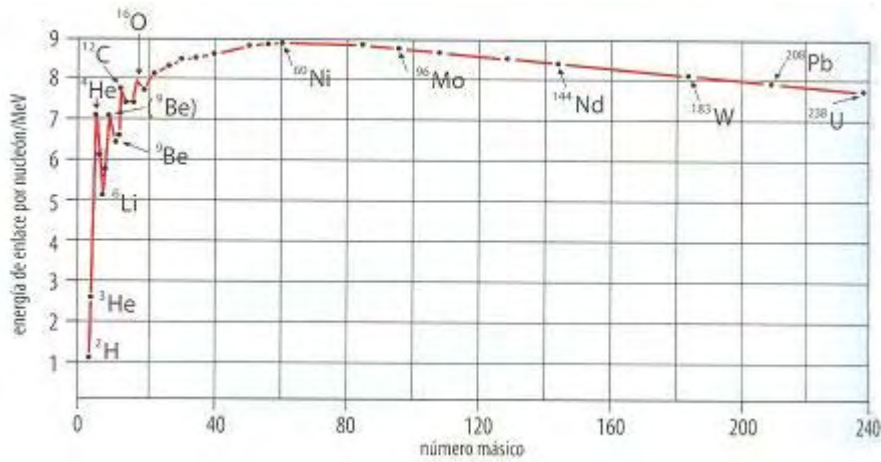


así la conversión de un neutrón en un protón, un electrón y un antineutrino, lo justifica.

8. - Ver problema nº 11 de la relación FÍSICA MODERNA FCA 01

9. –

a)



Si recordamos que en el fondo las energías de enlace son debidas a defectos de masa, entenderemos que los núcleos más estables son aquellos que tienen una energía de enlace por nucleón mayor, es decir aquellos que están en torno al hierro 56.

b) Si nos fijamos en la gráfica, la fisión de un núcleo pesado para dar lugar a dos más ligeros, puede producir liberación de energía. Tomemos por ejemplo el ${}^{235}_{92}\text{U}$ y supongamos que podemos fragmentarlo en dos partes iguales; la energía de enlace por nucleón del núcleo original es de unos 7,5 MeV, mientras que para los núcleos cuyos números másicos sean la mitad, es decir aproximadamente 117, la correspondiente energía de enlace por nucleón vale 8,4 MeV.

La misma curva sugiere que también se obtendrá liberación de energía con los núcleos ligeros si consiguiésemos provocar en ellos el proceso de fusión, por ejemplo la unión de dos núcleos de ${}^2_1\text{H}$ para formar uno de ${}^4_2\text{He}$, aquí las diferencias de energía de enlace por nucleón son mayores ya que al deuterio le corresponden 1,2 MeV y sin embargo al helio le corresponden 7 MeV.

Por lo tanto, el proceso que proporciona mayor liberación de energía es la fusión.

10. –

a) Aplicando la ecuación de De Broglie $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$ como la velocidad del protón y la del electrón son iguales, al ser $m_{\text{protón}} > m_{\text{electrón}}$ implica que $\lambda_{\text{electrón}} > \lambda_{\text{protón}}$

b) $E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ despejando $m \cdot v = \frac{2 \cdot E_C}{v}$ y sustituyendo en la ecuación de De Broglie nos queda $\lambda = \frac{h \cdot v}{2 \cdot E_C}$ para que $E_{C\text{electrón}} = E_{C\text{protón}}$ como $m_{\text{protón}} > m_{\text{electrón}}$

la $v_{\text{electrón}} > v_{\text{protón}}$ por lo tanto $\lambda_{\text{electrón}} > \lambda_{\text{protón}}$.

1. Conteste razonadamente a las siguientes cuestiones:

- ¿Cuál es el origen de las partículas beta en una desintegración radiactiva, si en el núcleo sólo hay protones y neutrones?
- ¿Por qué la masa de un núcleo atómico es menor que la suma de las masas de las partículas que lo constituyen?

2. El trabajo de extracción del aluminio es 4,2 eV. Sobre una superficie de aluminio incide radiación electromagnética de longitud de onda $200 \cdot 10^{-9}$ m. Calcule razonadamente:

- La energía cinética de los fotoelectrones emitidos y el potencial de frenado.
- La longitud de onda umbral para el aluminio.

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

3. a) Explique qué es el defecto de masa y calcule su valor para el isótopo ${}^{15}_7\text{N}$

b) Calcule su energía de enlace por nucleón.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; m_p = 1,007276 \text{ u}; m_n = 1,008665 \text{ u}; m({}^{15}_7\text{N}) = 15,0001089 \text{ u};$$

$$1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

4. a) Describa la explicación de Einstein del efecto fotoeléctrico y relaciónela con el principio de conservación de la energía.

b) Suponga un metal sobre el que incide radiación electromagnética produciendo efecto fotoeléctrico. ¿Por qué al aumentar la intensidad de la radiación incidente no aumenta la energía cinética de los electrones emitidos?

5. a) ¿Cuál es la energía cinética de un electrón cuya longitud de onda de De Broglie es de 10^{-9} m?

b) Si la diferencia de potencial utilizada para que el electrón adquiriera la energía cinética se reduce a la mitad, ¿cómo cambia su longitud de onda asociada?

Razone la respuesta.

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

6. Dos muestras A y B del mismo elemento radiactivo se preparan de manera que la muestra A tiene doble actividad que la B.

a) Razone si ambas muestras tienen el mismo o distinto período de desintegración.

b) ¿Cuál es la razón entre las actividades de las muestras después de haber transcurrido cinco períodos?

7. Al iluminar una superficie metálica con luz de frecuencia creciente empieza a emitir fotoelectrones cuando la frecuencia corresponde al color amarillo.

a) Explique razonadamente qué se puede esperar cuando el mismo material se irradie con luz roja. ¿Y si se irradia con luz azul?

b) Razone si cabría esperar un cambio en la intensidad de la corriente de fotoelectrones al variar la frecuencia de la luz, si se mantiene constante el número de fotones incidentes por unidad de tiempo y de superficie.

FÍSICA MODERNA FCA 05 ANDALUCÍA

8. El núcleo radiactivo ${}_{92}^{232}\text{U}$ se desintegra, emitiendo partículas alfa, con un período de semidesintegración de 72 años.

- Escriba la ecuación del proceso de desintegración y determine razonadamente el número másico y el número atómico del núcleo resultante.
- Calcule el tiempo que debe transcurrir para que su actividad se reduzca al 75 % de la inicial.

9. a) Explique cualitativamente la dependencia de la estabilidad nuclear con el número másico.

b) Considere dos núcleos pesados X e Y de igual número másico. Si X tiene mayor energía de enlace, ¿cuál de ellos es más estable?

10. a) Cuál es la energía de un fotón cuya cantidad de movimiento es la misma que la de un neutrón de energía 4 eV.

b) ¿Cómo variaría la longitud de onda asociada al neutrón si se duplicase su energía?

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_n = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

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

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

b) Calcule la energía liberada en el proceso.

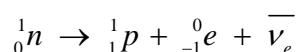
$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; m_{\text{Ra}} = 225,9771 \text{ u} ; m_{\text{Rn}} = 221,9703 \text{ u} ; m_{\text{He}} = 4,0026 \text{ u} ;$$
$$1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

12. a) Enuncie la hipótesis de De Broglie. Comente el significado físico y las implicaciones de la dualidad onda-corpúsculo.

b) Un mesón π tiene una masa 275 veces mayor que un electrón. ¿Tendrían la misma longitud de onda si viajasen a la misma velocidad? Razone la respuesta.

1. -

a) En la emisión beta negativa se produce en el núcleo la siguiente reacción:



así la conversión de un neutrón en un protón, un electrón y un antineutrino, lo justifica.

b) Cuando se mide muy precisamente la masa del núcleo resulta sorprendente comprobar que esta siempre es algo menor que la suma de las masas de las partículas que lo componen. Concretamente se puede restar la masa de las partículas que lo componen de su masa real y obtener así

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_X$$

siendo m_X la masa real del núcleo del átomo de A_ZX

¿Qué ha sucedido con esta masa que se ha perdido?. Recordemos que según la teoría de la relatividad de Einstein masa y energía son intercambiables, por lo que podemos afirmar que el núcleo como tal tiene una energía $E = \Delta mc^2$ menor que las partículas que lo forman. Esta energía, por tanto, se desprendió cuando se formó el núcleo y su carencia es lo que ahora posibilita su existencia como agregado. Si la volviéramos a reintegrar al núcleo obtendríamos otra vez los neutrones y protones correspondientes y por tanto disgregaríamos el átomo en sus componentes. Se trata de la energía de enlace del núcleo atómico.

Esta energía nuclear está asociada a su vez a la fuerza nuclear fuerte, la interacción que evita que los protones se alejen (se repelen entre sí) manteniéndoles fuertemente unidos.

2. - $W_{ext} = 4,2 \text{ eV}$ $\lambda = 200 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

a) $W_{ext} = 4,2 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} = 6,72 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$$E_{fotón} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 9,9 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_C = E_{fotón} - W_{ext} = 3,18 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

para calcular el potencial de frenado V_f , usamos su definición $E_C = e \cdot V_f$

$$V_f = \frac{E_C}{e} = \frac{3,18 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 1,99 \text{ V}$$

b) $W_{ext} = h \cdot f_{umb} = h \cdot \frac{c}{\lambda_{umb}}$ despejando

$$\lambda_{umb} = h \cdot \frac{c}{W_{ext}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{6,72 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 2,95 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

3. -

a) Se ha medido la masa de muchos núcleos atómicos mediante técnicas de espectrometría de masas. Esto ha permitido comprobar que la masa de los núcleos es menor que la suma de las masas de los nucleones (protones y neutrones) que lo componen. Esta diferencia de masa es conocida como defecto de masa, Δm

$$\Delta m = \sum m_{\text{nucleones}} - m_{\text{núcleo}}$$

aplicando esta ecuación al caso del isótopo $^{15}_7\text{N}$ nos quedaría

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m(^{15}_7\text{N}) = 7 \cdot 1,007276u + 8 \cdot 1,008665u - 15,0001089u = 0,120144u$$

transformándola a unidades del S. I.

$$\Delta m = 0,120144u \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \frac{\text{kg}}{u} = 2,006 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

b) La energía de enlace se calcula por medio de la ecuación de Einstein

$$E_{\text{enlace}} = \Delta m \cdot c^2 = 2,006 \cdot 10^{-28} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 1,8 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

como el isótopo $^{15}_7\text{N}$ tiene 15 nucleones

$$\frac{E_{\text{enlace}}}{\text{nucleón}} = \frac{1,8 \cdot 10^{-11} \text{ J}}{15 \text{ nucleones}} = 1,2 \cdot 10^{-12} \frac{\text{J}}{\text{nucleón}}$$

4. -

a) Las distintas experiencias realizadas sobre el efecto fotoeléctrico descubierto por Hertz en 1.887, tuvieron como resultado un hecho por entonces inexplicable. Al aumentar la intensidad de la luz incidente sobre el metal, por tanto la energía por unidad de tiempo, no aumenta la energía cinética de los electrones emitidos

Einstein demostró en 1.905 que estas experiencias podían entenderse suponiendo que la energía luminosa no se distribuye de manera continua, como dice el modelo clásico de la luz, sino cuantizada en paquetes pequeños llamados fotones.

La energía de un fotón es $E = h \cdot f$, la relación que Planck usó para la explicación del cuerpo negro. Einstein supuso que un electrón emitido desde la superficie del cátodo es de alguna forma “arrancado” por el impacto con el fotón, de forma que toda la energía del fotón pasa al electrón. Ahora bien, el electrón recibe su energía de un único fotón. Así, cuando se aumenta la intensidad de la luz lo que sucede es que al incidir más fotones sobre el cátodo por unidad de tiempo quedan más electrones liberados, pero la energía que ha absorbido cada electrón no varía, es la misma.

Si a la energía necesaria para que se desprenda un electrón de la superficie de un metal, que es una cantidad característica de cada metal, le llamamos trabajo de extracción W_{ext} , podemos aplicar a cada choque fotón-electrón el principio de conservación de la energía

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{ext}} + E_{\text{Electrón}} \quad \text{o bien} \quad h \cdot f = W_{\text{ext}} + \frac{1}{2} m_e v^2$$

b) Ver apartado anterior.

5. -

a) Usando la ecuación de De Broglie $\lambda = \frac{h}{m_e \cdot v}$ despejando la velocidad $v = \frac{h}{m_e \cdot \lambda}$

y sustituyéndola en la ecuación de la energía cinética

$$E_C = \frac{1}{2} m_e \left(\frac{h}{m_e \cdot \lambda} \right)^2 = \frac{h^2}{2 \cdot m_e \cdot \lambda^2} = \frac{(6.6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})^2}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} (10^{-9} \text{ m})^2} = 2,39 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad (1)$$

b) La energía cinética del electrón es igual al trabajo que realiza el campo eléctrico sobre él, $E_C = e \cdot V$ si el potencial se reduce a la mitad ($V' = \frac{V}{2}$), la energía cinética lo hará en la misma proporción ($E_C' = \frac{E_C}{2}$).

Despejando λ^2 de la ecuación (1) $\lambda^2 = \frac{h^2}{2 \cdot m_e \cdot E_C}$ englobamos las constantes en

otra constante $K = \frac{h^2}{2 \cdot m_e}$ y nos queda $\lambda^2 = \frac{K}{E_C}$.

$$\lambda'^2 = \frac{K}{E_C'} = \frac{K}{E_C/2} = 2 \frac{K}{E_C} = 2\lambda^2 \quad \lambda' = \sqrt{2} \cdot \lambda$$

6. -

a) La expresión que relaciona el periodo de semidesintegración ($T_{1/2}$) con al constante radiactiva (λ) es $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ al ser λ una característica de cada elemento radiactivo, el $T_{1/2}$ será el mismo para las dos muestras.

b) Trascurridos cinco periodos, las actividades de ambas muestras se habrán reducido a una treintaidosava (2^5) parte de la actividad inicial, por lo tanto su razón seguirá siendo la misma, la actividad de la muestra A, doble que la de la B

$$\frac{Act'(A)}{Act'(B)} = \frac{Act_0(A)/32}{Act_0(B)/32} = \frac{Act_0(A)}{Act_0(B)}$$

7. -

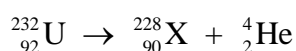
a) De la lectura del enunciado del problema se deduce que la frecuencia umbral del metal es la que corresponde al color amarillo. Al iluminar el metal con luz roja, de frecuencia menor que la amarilla, no se obtiene fotoemisión.

Al iluminar el metal con luz azul, de mayor frecuencia que la amarilla, se emitirán fotoelectrones con cierta velocidad.

b) Al mantener constante el número de fotones incidentes por unidad de tiempo y de superficie, también permanecerá constante el número de electrones emitidos, ya que cada fotón “arranca” un electrón. Al variar la frecuencia, varía el contenido en energía de cada fotón y cambiará la energía cinética de los electrones emitidos pero no su número, por lo tanto la intensidad de la corriente de fotoelectrones permanecerá constante.

8. -

a) las partículas α son núcleos de helio ${}^4_2\text{He}$, por lo tanto el núcleo resultante tendrá cuatro unidades menos de número másico y dos de número atómico. La ecuación del proceso de desintegración es



el elemento cuyo número atómico es 90 es el Thorio.

b) $T_{1/2} = 72$ años

en el instante inicial se cumple $Act_0 = \lambda \cdot N_0$

transcurrido un tiempo t se cumple $Act = 0,75Act_0 = \lambda \cdot N$

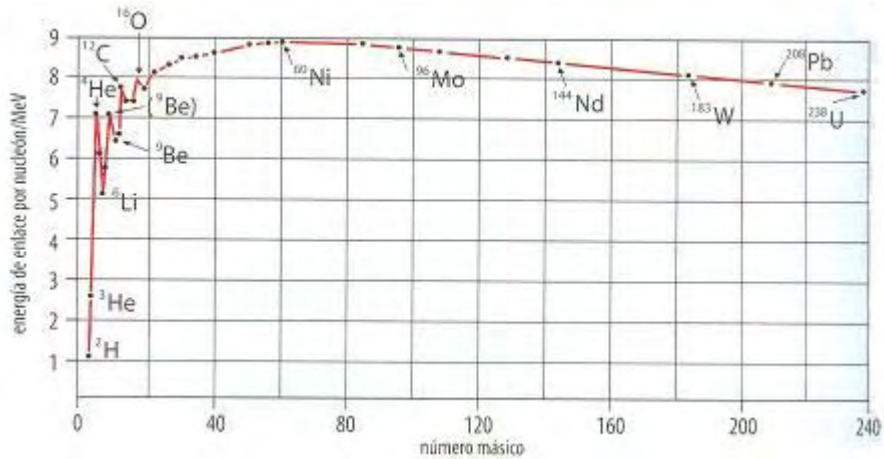
dividiendo ambas ecuaciones nos queda $\frac{N}{N_0} = 0,75$

como $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$ y $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ sustituyendo $0,75 = e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t}$ $\ln 0,75 = -\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t$

$$t = -\frac{\ln 0,75}{\ln 2} \cdot T_{1/2} = 0,415 \cdot T_{1/2} = 29,9 \text{ años}$$

9. -

a) Si recordamos que en el fondo las energías de enlace son debidas a defectos de masa, entenderemos que los núcleos más estables son aquellos que tienen una energía de enlace por nucleón mayor, es decir aquellos que están en torno al hierro 56, como puede verse en la figura que representa la energía de enlace por nucleón en función del número másico



b) Como hemos visto en el apartado anterior, los núcleos más estables son aquellos que tienen una energía de enlace por nucleón mayor. Al tener X e Y el mismo número másico, será más estable el que tenga mayor energía de enlace, es decir X.

10. -

a)
$$E_{\text{neutrón}} = 4 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} = 6,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_C = \frac{1}{2} \cdot m_n \cdot v_n^2 \quad \text{despejando} \quad v_n = \sqrt{\frac{2 \cdot E_C}{m_n}}$$

$$p_n = m_n \cdot v_n = m_n \sqrt{\frac{2 \cdot E_C}{m_n}} = \sqrt{2 \cdot E_C \cdot m_n} = \sqrt{2 \cdot 6,4 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} = 4,66 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

como las cantidades de movimiento de neutrón y del fotón son iguales, utilizamos la expresión de De Broglie para calcular la longitud de onda asociada al fotón

$$\lambda_{\text{fotón}} = \frac{h}{p_{\text{fotón}}} \quad \text{como} \quad \lambda = \frac{c}{f} \quad \text{sustituyendo} \quad \frac{c}{f_{\text{fotón}}} = \frac{h}{p_{\text{fotón}}} \quad \text{despejando}$$

$$f_{\text{fotón}} = \frac{c \cdot p_{\text{fotón}}}{h} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot 4,66 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} = 2,12 \cdot 10^{19} \text{ s}^{-1} \quad \text{y por lo tanto}$$

$$E_{\text{fotón}} = h \cdot f_{\text{fotón}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 2,12 \cdot 10^{19} \text{ s}^{-1} = 1,4 \cdot 10^{-14} \text{ J}$$

10. -

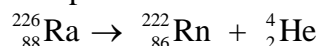
$$b) \quad \lambda_n = \frac{h}{p_n} = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot E_{Cn} \cdot m_n}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{\sqrt{2 \cdot 6,4 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}} = 1,41 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

si se duplica la energía cinética del neutrón

$$\lambda_n' = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot E_{Cn}' \cdot m_n}} = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot 2 \cdot E_{Cn} \cdot m_n}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{h}{\sqrt{2 \cdot E_{Cn} \cdot m_n}} = \frac{\lambda_n}{\sqrt{2}} = 10^{-11} \text{ m}$$

11. -

a) Aplicando las leyes de desplazamiento radiactivo obtenemos



es una emisión α .

b) El defecto de masa de la reacción anterior es $\Delta m = m(\text{Ra}) - [m(\text{Rn}) + m(\text{He})]$

sustituyendo los valores que nos dan en el enunciado del problema, obtenemos

$$\Delta m = 0,0042 \text{ u} \text{ lo transformamos a unidades del S. I.}$$

$$\Delta m = 0,0042 \text{ u} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \frac{\text{kg}}{\text{u}} = 7 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

aplicamos la ecuación de Einstein

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 7 \cdot 10^{-30} \text{ kg} (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 6,3 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

12. -

a) De Broglie, después de que se estableciera la doble naturaleza de la luz (ondulatoria y corpuscular), sugirió que la naturaleza debía regirse por leyes simétricas, de modo que si una onda tenía propiedades corpusculares, un corpúsculo tendría propiedades ondulatorias y afirmó:

Toda partícula material que se mueve con velocidad v tiene una longitud de onda asociada, dada por la expresión

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

De alguna manera esta expresión relaciona una propiedad corpuscular (momento lineal) con una propiedad ondulatoria (longitud de onda).

Las implicaciones de la hipótesis de De Broglie junto con otros dos puntos de partida, el principio de indeterminación de Heisenberg y la función de probabilidad de Schrodinger, se pueden resumir en que a partir de entonces se estructura una nueva mecánica llamada "mecánica cuántica".

b) Aplicando la hipótesis de De Broglie

$$\lambda_{\text{mesón}} = \frac{h}{m_{\text{mesón}} \cdot v} = \frac{h}{275 \cdot m_e \cdot v} = \frac{1}{275} \cdot \frac{h}{m_e \cdot v} = \frac{\lambda_e}{275}$$

la longitud de onda del mesón sería 275 veces menor que la del electrón, si ambos viajan a la misma velocidad v .

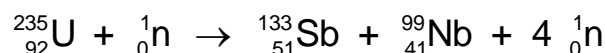
1.- Al incidir luz de longitud de onda 620 nm en la superficie de una fotocélula, la energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos es 0,14 eV.

a) Determine la función trabajo del metal y el potencial de frenado que anula la fotoemisión.

b) Explique, con ayuda de una gráfica, cómo varía la energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos al variar la frecuencia de la luz incidente.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

2.- Considere la reacción nuclear:



a) Explique de qué tipo de reacción se trata y determine la energía liberada por átomo de Uranio.

b) ¿Qué cantidad de ${}_{92}^{235}\text{U}$ se necesita para producir 106 Kwh.?

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} ; m_U = 235,128 \text{ u} ;$$

$$m_{\text{Sb}} = 132,942 \text{ u} ; m_{\text{Nb}} = 98,932 \text{ u} ; m_n = 1,0086 \text{ u} ; 1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

3.- a) Analice el origen de la energía liberada en una reacción nuclear de fisión.

b) En la reacción de fisión del ${}_{92}^{235}\text{U}$, éste captura un neutrón y se produce un isótopo del Kr, de número másico 92; un isótopo del Ba, cuyo número atómico es 56; y 3 neutrones. Escriba la reacción nuclear y determine razonadamente el número atómico del Kr y el número másico del Ba.

4.- a) Explique la conservación de la energía en el proceso de emisión de electrones por una superficie metálica al ser iluminada con luz adecuada.

b) Razone qué cambios cabría esperar en la emisión fotoeléctrica de una superficie metálica: i) al aumentar la intensidad de la luz incidente; ii) al aumentar el tiempo de iluminación; iii) al disminuir la frecuencia de la luz.

5.- El período de semidesintegración del ${}^{226}\text{Ra}$ es de 1620 años.

a) Explique qué es la actividad y determine su valor para 1 g de ${}^{226}\text{Ra}$.

b) Calcule el tiempo necesario para que la actividad de una muestra de ${}^{226}\text{Ra}$ quede reducida a un dieciseisavo de su valor original.

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

6.- Al iluminar la superficie de un metal con luz de longitud de onda 280 nm, la emisión de fotoelectrones cesa para un potencial de frenado de 1,3 V.

a) Determine la función trabajo del metal y la frecuencia umbral de emisión fotoeléctrica.

b) Cuando la superficie del metal se ha oxidado, el potencial de frenado para la misma luz incidente es de 0,7 V. Razone cómo cambian, debido a la oxidación del metal: i) la energía cinética máxima de los fotoelectrones; ii) la frecuencia umbral de emisión; iii) la función trabajo.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

FÍSICA MODERNA FCA 06 ANDALUCÍA

7.- a) Explique el proceso de emisión fotoeléctrica por una superficie metálica y las condiciones necesarias para que se produzca.

b) Razone por qué la teoría clásica no puede explicar el efecto fotoeléctrico.

8.- a) ¿Qué cambios experimenta un núcleo atómico al emitir una partícula alfa? ¿Qué sucedería si un núcleo emitiera una partícula alfa y después dos partículas beta?

b) ¿A qué se denomina período de semidesintegración de un elemento radiactivo? ¿Cómo cambiaría una muestra de un radionúclido transcurridos tres períodos de semidesintegración?. Razone las respuestas.

9.- El $^{226}_{88}\text{Ra}$, emite partículas alfa dando lugar a Rn.

a) Escriba la ecuación de la reacción nuclear y determine la energía liberada en el proceso.

b) Calcule la energía de enlace por nucleón del Ra y del Rn y discuta cuál de ellos es más estable.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; m_{\text{Ra}} = 226,025406 \text{ u} ; m_{\text{Rn}} = 222,017574 \text{ u} ; \\ m_{\text{p}} = 1,00795 \text{ u} ; m_{\text{n}} = 1,00898 \text{ u} ; m_{\alpha} = 4,002603 \text{ u} ; 1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

10.- a) En un microscopio electrónico se aplica una diferencia de potencial de 20 kV para acelerar los electrones. Determine la longitud de onda de los fotones de rayos X de igual energía que dichos electrones.

b) Un electrón y un neutrón tienen igual longitud de onda de de Broglie. Razone cuál de ellos tiene mayor energía.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_{\text{e}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; \\ m_{\text{n}} = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

11.- a) ¿Cómo se puede explicar que un núcleo emita partículas β si en él sólo existen neutrones y protones?

b) El $^{232}_{90}\text{Th}$ se desintegra, emitiendo 6 partículas α y 4 partículas β , dando lugar a un isótopo estable del plomo. Determine el número másico y el número atómico de dicho isótopo.

FÍSICA MODERNA FCA 06 ANDALUCÍA

1.- $\lambda = 6,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ $E_{c \text{ max}} = 0,14 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV} = 2,24 \cdot 10^{-20} \text{ J}$

a) Calculamos la energía del fotón y el trabajo de extracción del metal

$$E_{\text{fotón}} = h \cdot f_{\text{fotón}} = h \cdot \frac{c}{\lambda_{\text{fotón}}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \frac{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{6,2 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$W_{\text{ext}} = E_{\text{fotón}} - E_{c \text{ max}} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J} - 2,24 \cdot 10^{-20} \text{ J} = 2,98 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

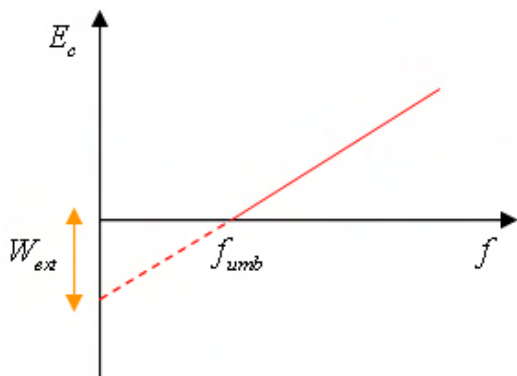
el potencial de frenado se calcula mediante la expresión

$$V_f = \frac{E_{c \text{ max}}}{e} = \frac{2,24 \cdot 10^{-20} \text{ J}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 0,14 \text{ V}$$

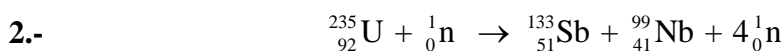
b) La expresión de la energía cinética máxima de los electrones emitidos, con respecto a la frecuencia de la luz con la que se ilumina el metal es

$$E_{c \text{ max}} = h \cdot f - W_{\text{ext}}$$

donde h y W_{ext} son constantes, por lo tanto se trata de la ecuación de una recta cuya pendiente es la constante de Planck y cuya ordenada en el origen (en positivo), es el trabajo de extracción



es decir los electrones empiezan a tener energía cinética a partir de un determinado valor de la frecuencia al que llamamos frecuencia umbral y a partir de ese valor, la dependencia es lineal.



a) Se trata de una reacción de fisión en la que un átomo de gran tamaño es bombardeado por un neutrón y se escinde en dos átomos más pequeños, desprendiéndose cuatro neutrones.

FÍSICA MODERNA FCA 06 ANDALUCÍA

2.- a) (continuación) La energía liberada por átomo de uranio la calculamos a partir del defecto de masa de la reacción anterior

$$\Delta m = \sum m_{\text{reactivos}} - \sum m_{\text{productos}}$$

$$\Delta m = \left(m_{\text{}_{92}^{235}\text{U}} + m_{\text{}_{0}^1\text{n}} \right) - \left(m_{\text{}_{51}^{133}\text{Sb}} + m_{\text{}_{41}^{99}\text{Nb}} + 4m_{\text{}_{0}^1\text{n}} \right) = 0,2282 u$$

$$\Delta m = 0,2282 u \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \frac{\text{Kg}}{u} = 3,7881 \cdot 10^{-28} \text{ Kg}$$

calculamos ahora la energía liberada en la reacción, en la que solo participa un átomo de uranio, sustituyendo estos datos en la ecuación de Einstein

$$E_{\text{átomo}} = \Delta m \cdot c^2 = 3,41 \cdot 10^{-11} \text{ J / átomo}$$

b) El Kwh es una unidad de energía, la transformamos a unidades del Sistema Internacional, julios, es decir, w·s

$$E_{\text{total}} = 106 \text{ Kwh} \cdot 10^3 \frac{\text{W}}{\text{Kw}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 3,82 \cdot 10^8 \text{ J}$$

calculamos el número de átomos de uranio necesarios para obtener dicha energía, dividiendo la energía total entre la energía que produce la fisión de un átomo de uranio

$$N_{\text{}_{92}^{235}\text{U}} = \frac{3,82 \cdot 10^8 \text{ J}}{3,41 \cdot 10^{-11} \text{ J / átomo}} = 1,12 \cdot 10^{19} \text{ átomos}$$

calculamos el número de moles que son dichos átomos, dividiendo por el número de Avogadro

$$n = \frac{N_{\text{}_{92}^{235}\text{U}}}{N_A} = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

calculamos la masa de uranio en gramos, multiplicando por la masa molar de dicho metal

$$m = n \cdot Mm = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 235,138 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 4,37 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

para producir una energía de 106 Kwh hemos de fisiónar 4,37 mg de uranio.

3.-

a) La energía liberada en una reacción nuclear de fisión proviene de la pérdida de masa que se produce en el transcurso de la reacción

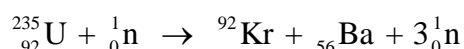
3.- a) (continuación)

$$\Delta m = \sum m_{\text{reactivos}} - \sum m_{\text{productos}}$$

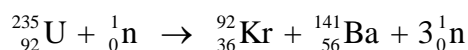
esta pérdida de masa se transforma en energía según la ecuación de Einstein

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

b) Los datos que nos dan en este apartado los podemos reflejar de la siguiente forma



para calcular los datos que nos piden partimos de la base de que la suma, tanto de los números másicos como de los números atómicos, han de ser iguales en los reactivos y en los productos de la reacción. La reacción queda de la siguiente manera



4.-

a) Iluminar la superficie metálica con “luz adecuada” significa que esta tenga una frecuencia mayor que cierto valor f_0 que se denomina **frecuencia umbral**, y que es característico de cada metal. Por debajo de este valor no hay fotoemisión.

El trabajo necesario para arrancar un electrón de la superficie metálica, se llama **trabajo de extracción** y se calcula multiplicando la constante de Planck por la frecuencia umbral

$$W_{\text{ext}} = h \cdot f_0$$

según la explicación de Einstein del efecto fotoeléctrico, cada electrón es arrancado del átomo por el choque con un fotón que le entrega toda su energía que viene dada por la expresión

$$E_{\text{fotón}} = h \cdot f$$

el electrón transforma dicha energía en el trabajo necesario que debe efectuar contra la fuerza de atracción electrostática que lo liga al átomo (W_{ext}). La energía restante es la energía cinética que adquiere el electrón una vez extraído de la superficie metálica, es decir

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{ext}} + E_{\text{electrón}}$$

o bien

$$h \cdot f = h \cdot f_0 + \frac{1}{2} m_e \cdot v^2$$

4.-

b) i) Al aumentar la intensidad de la luz incidente aumenta el número de fotones pero no la energía de cada uno, por lo tanto, aumentará el número de electrones emitidos pero lo harán con la misma energía cinética.

ii) Al aumentar el tiempo de iluminación, no ocurre nada, siguen emitiéndose el mismo número de electrones por segundo y con la misma energía cinética.

iii) Al disminuir la frecuencia de la luz, disminuye la energía de cada fotón y en consecuencia, disminuye la energía cinética de los electrones emitidos, pudiendo llegar a que cese la fotoemisión si el valor de la frecuencia de la luz incidente disminuye por debajo de la frecuencia umbral.

5.-

$$T_{1/2}({}^{226}\text{Ra}) = 1620 \text{ años} = 5,11 \cdot 10^{10} \text{ s}$$

a) La **actividad** de una muestra de una sustancia radiactiva es el número de núcleos que se desintegran en la unidad de tiempo, su valor depende linealmente de dos factores:

- De la propia sustancia, a través de la constante radiactiva λ .
- Del número de átomos presentes en la muestra N .

Si llamamos dN al número de desintegraciones que se producen en un tiempo dt , podemos expresar matemáticamente la actividad

$$Act = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N$$

el signo negativo expresa que la cantidad de átomos N va disminuyendo.

Para determinar su valor en una muestra de 1 g de ${}^{226}\text{Ra}$, calculamos la constante radiactiva

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{5,11 \cdot 10^{10} \text{ s}} = 1,36 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

calculamos el número de átomos presentes en la muestra

$$n = \frac{m}{Mm} = \frac{1 \text{ g}}{226 \text{ g/mol}} = 4,42 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$N = n \cdot N_A = 4,42 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{\text{átomos}}{\text{mol}} = 2,66 \cdot 10^{21} \text{ átomos}$$

por lo tanto la actividad será

$$Act = \lambda \cdot N = 1,36 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1} \cdot 2,66 \cdot 10^{21} \text{ átomos} = 3,62 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

b) Transcurrido un tiempo t la actividad es

$$Act = \lambda \cdot N$$

5.- b) (continuación) La actividad inicial es

$$Act_0 = \lambda \cdot N_0$$

dividiendo ambas ecuaciones y teniendo en cuenta la **ley de desintegración radiactiva** obtenemos

$$\frac{Act}{Act_0} = \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

aplicamos logaritmos neperianos y sustituimos los datos de ejercicio

$$\ln \frac{Act}{Act_0} = -\lambda \cdot t \quad \ln \frac{1}{16} = -1,36 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1} \cdot t$$

$$t = \frac{-2,772}{-1,36 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}} = 2,039 \cdot 10^{11} \text{ s} = 6480 \text{ años}$$

6.- $\lambda = 2,8 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

a) Mediante la expresión del potencial de frenado calculamos la energía cinética máxima de los electrones emitidos

$$E_{c\max} = e \cdot V_f = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1,3 \text{ V} = 2,08 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

calculamos la energía del fotón y el trabajo de extracción del metal

$$E_{\text{fotón}} = h \cdot f_{\text{fotón}} = h \cdot \frac{c}{\lambda_{\text{fotón}}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \frac{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{2,8 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 7,07 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$W_{\text{ext}} = E_{\text{fotón}} - E_{c\max} = 7,07 \cdot 10^{-19} \text{ J} - 2,08 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 4,99 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

calculamos la frecuencia umbral

$$f_0 = \frac{W_{\text{ext}}}{h} = \frac{4,99 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}} = 7,56 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

b) Como la superficie del metal se ilumina con la misma luz incidente, la energía del fotón sigue siendo la misma que en el apartado anterior.

i) Al disminuir el potencial de frenado, disminuye la energía cinética máxima de los electrones emitidos

$$E_{c\max} = e \cdot V_f = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0,7 \text{ V} = 1,12 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

6.- b) (continuación)

iii) El trabajo de extracción aumentará ya que la energía del fotón es la misma

$$W_{ext} = E_{fotón} - E_{c\max} = 7,07 \cdot 10^{-19} \text{ J} - 1,12 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 5,95 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

ii) L a frecuencia umbral también aumentará

$$f_0 = \frac{W_{ext}}{h} = \frac{5,95 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}} = 9,01 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

7.-

a) El proceso de emisión fotoeléctrica por una superficie metálica, consiste en la emisión de electrones cuando esta se ilumina con luz adecuada. Iluminar la superficie metálica con “luz adecuada” significa que esta tenga una frecuencia mayor que cierto valor f_0 que se denomina **frecuencia umbral**, y que es característico de cada metal.

Por debajo de este valor no hay fotoemisión.

El trabajo necesario para arrancar un electrón de la superficie metálica, se llama **trabajo de extracción** y se calcula multiplicando la constante de Planck por la frecuencia umbral

$$W_{ext} = h \cdot f_0$$

según la explicación de Einstein del efecto fotoeléctrico, cada electrón es arrancado del átomo por el choque con un fotón que le entrega toda su energía que viene dada por la expresión

$$E_{fotón} = h \cdot f$$

el electrón transforma dicha energía en el trabajo necesario que debe efectuar contra la fuerza de atracción electrostática que lo liga al átomo (W_{ext}). La energía restante es la energía cinética que adquiere el electrón una vez extraído de la superficie metálica, es decir

$$E_{fotón} = W_{ext} + E_{c\text{electrón}}$$

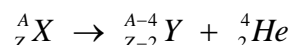
b) Se observó que el efecto fotoeléctrico obedecía a una serie de fenómenos para los que no se encontraba explicación en los modelos clásicos, algunos de los más importantes eran:

- Solo se emiten electrones cuando la frecuencia incidente supera cierto valor f_0 llamado frecuencia umbral que es característico de cada metal.
- Por debajo de la frecuencia umbral no hay emisión, aunque se aumente la intensidad de la luz incidente.

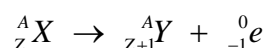
Estas observaciones entran en contradicción con la naturaleza ondulatoria de la luz, según la cual el efecto fotoeléctrico debería producirse para cualquier frecuencia siempre que la intensidad fuese lo suficientemente elevada.

8.-

a) Cuando un núcleo radiactivo emite una partícula alfa, se transforma en otro cuyo número atómico es dos unidades menor y cuyo número másico es cuatro unidades menor.



cuando un núcleo radiactivo emite una partícula beta, se transforma en otro cuyo número atómico es una unidad mayor y cuyo número másico no cambia.



si un núcleo emitiese una partícula alfa y después dos partículas beta, se transformaría en otro con el mismo número atómico y con cuatro unidades menos de número másico, es decir en un isótopo diferente del mismo elemento.

b) Se denomina **periodo de semidesintegración** al tiempo que ha de transcurrir para que se desintegren la mitad de los núcleos iniciales presentes en la muestra del radionúclido. Se puede demostrar, utilizando la ley de desintegración radiactiva que se relaciona con la constante λ mediante la siguiente expresión

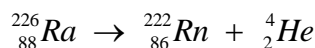
$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

si le llamamos n al número de periodos de desintegración transcurridos, el número de átomos presentes en la muestra se puede calcular mediante la siguiente expresión

$$N = N_0 \frac{1}{2^n} = \frac{N_0}{8}$$

transcurridos tres periodos, el número de átomos existentes se ha reducido a la octava parte, esto mismo también se puede decir de la siguiente forma, la actividad de la muestra se ha reducido a una octava parte de la inicial.

9.- a)



calculamos el defecto de masa de la reacción y lo transformamos a Kg

$$\Delta m = \sum m_{\text{reactivos}} - \sum m_{\text{productos}} = m_{Ra} - (m_{Rn} + m_{\alpha}) = 5,229 \cdot 10^{-3} u$$

$$\Delta m = 5,229 \cdot 10^{-3} u \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \frac{Kg}{u} = 8,68 \cdot 10^{-30} Kg$$

calculamos ahora la energía liberada en la reacción, sustituyendo estos datos en la ecuación de Einstein

FÍSICA MODERNA FCA 06 ANDALUCÍA

9.- a) (continuación)

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 8,68 \cdot 10^{-30} \text{ Kg} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} = 7,8 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

b) Calculamos los defectos de masa producidos en la formación de ambos núcleos

$$\Delta m \left({}^{226}_{88}\text{Ra} \right) = 88m_p + 138m_n - m_{\text{Ra}} = 1,913434 u$$

$$\Delta m \left({}^{222}_{86}\text{Rn} \right) = 86m_p + 136m_n - m_{\text{Rn}} = 1,887406 u$$

los pasamos a Kg

$$\Delta m \left({}^{226}_{88}\text{Ra} \right) = 1,913434 u \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \frac{\text{Kg}}{u} = 3,1763 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$\Delta m \left({}^{222}_{86}\text{Rn} \right) = 1,887406 u \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \frac{\text{Kg}}{u} = 3,1331 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$$

calculamos las energías de enlace mediante la ecuación de Einstein

$$E_{\text{enl}}(\text{Ra}) = \Delta m_{\text{Ra}} \cdot c^2 = 2,8587 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

$$E_{\text{enl}}(\text{Rn}) = \Delta m_{\text{Rn}} \cdot c^2 = 2,8198 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

dividiendo ambas por el número de nucleones de cada núcleo, obtenemos la energía de enlace por nucleón

$$\frac{E_{\text{enl}}(\text{Ra})}{A_{\text{Ra}}} = \frac{2,8587 \cdot 10^{-10} \text{ J}}{226 \text{ nucleones}} = 1,2649 \cdot 10^{-12} \frac{\text{J}}{\text{nucleón}}$$

$$\frac{E_{\text{enl}}(\text{Rn})}{A_{\text{Rn}}} = \frac{2,8198 \cdot 10^{-10} \text{ J}}{222 \text{ nucleones}} = 1,2702 \cdot 10^{-12} \frac{\text{J}}{\text{nucleón}}$$

cuanto mayor es la energía de enlace por nucleón, más estable es el radionúclido, en consecuencia el Rn es más estable que el Ra.

10.-

a) Se producen rayos X cuando electrones de gran velocidad, acelerados mediante diferencias de potencial del orden de 10^3 a 10^6 V, golpean una superficie metálica.

Los rayos X son de la misma naturaleza que luz o cualquier otra onda electromagnética y, como las ondas luminosas, están regidos por relaciones cuánticas en su interacción con la materia. Se puede hablar, por consiguiente, de fotones o cuantos de rayos X, estando dada la energía de tales fotones por la conocida relación

$$E = h \cdot f$$

FÍSICA MODERNA FCA 06 ANDALUCÍA

10.- a) (continuación) Las longitudes de onda de los rayos X se hallan comprendidas, aproximadamente, entre 10^{-12} y 10^{-9} m.

Los rayos X resultan de la transformación de la energía cinética del electrón en radiación, es decir son como un **efecto fotoeléctrico inverso** sin trabajo de extracción (se expulsa un fotón que no tiene carga), en el caso más favorable en que toda la energía cinética se convierta en un fotón, este tendrá una frecuencia f máxima (o λ mínima) tal que

$$E_{\text{fotón}} = E_{c \text{ electrón}} = W_{\text{elec}} \quad h \cdot f = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = e \cdot V$$

siendo V la diferencia de potencial con la que son acelerados los electrones, en consecuencia

$$f = \frac{e \cdot V}{h} \quad \text{o bien} \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{c \cdot h}{e \cdot V}$$

sustituimos los datos del ejercicio

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ V}} = 6,1875 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

b) La longitud de onda de de Broglie viene dada por la expresión

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

si ambas partículas tienen la misma longitud de onda, tendrán también el mismo momento lineal ($p = m \cdot v$)

$$m_e \cdot v_e = m_n \cdot v_n$$

como la masa del electrón es menor que la del neutrón, la velocidad del electrón ha de ser mayor que la del neutrón para que se cumpla la igualdad anterior ($v_e > v_n$).

Establecemos la relación que existe entre el momento lineal y la energía cinética

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} p \cdot v \quad \text{o bien} \quad p = \frac{2E_c}{v}$$

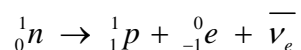
como ambas partículas tienen el mismo momento lineal, se cumple que

$$\frac{E_{c \text{ electrón}}}{v_e} = \frac{E_{c \text{ neutrón}}}{v_n}$$

como $v_e > v_n$, implica que $E_{c \text{ electrón}} > E_{c \text{ neutrón}}$

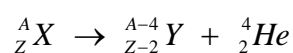
11.-

a) En la emisión beta negativa se produce en el núcleo la siguiente reacción:

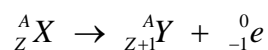


así la conversión de un neutrón en un protón, un electrón y un antineutrino, lo justifica.

b) Cuando un núcleo radiactivo emite una partícula alfa, se transforma en otro cuyo número atómico es dos unidades menor y cuyo número másico es cuatro unidades menor.



cuando un núcleo radiactivo emite una partícula beta, se transforma en otro cuyo número atómico es una unidad mayor y cuyo número másico no cambia.



como el ${}^{232}_{90}\text{Th}$ se desintegra emitiendo 6 partículas α y 4 partículas β , por lo tanto el isótopo estable del plomo al que da lugar tiene 8 unidades menos de número atómico y 24 unidades menos de número másico, es decir, ${}^{208}_{82}\text{Pb}$.

1. a) Comente la siguiente frase: “debido a la desintegración del ^{14}C , cuando un ser vivo muere se pone en marcha un reloj...” ¿En qué consiste la determinación de la antigüedad de los yacimientos arqueológicos mediante el ^{14}C ?

b) ¿Qué es la actividad de una muestra radiactiva? ¿De qué depende?

2. Cuando se ilumina un metal con un haz de luz monocromática se observa emisión fotoeléctrica.

a) Explique, en términos energéticos, dicho proceso.

b) Si se varía la intensidad del haz de luz que incide en el metal, manteniéndose constante su longitud de onda, ¿variará la velocidad máxima de los electrones emitidos? ¿Y el número de electrones emitidos en un segundo? Razone las respuestas.

3. a) Calcule el defecto de masa de los núclidos $^{11}_5\text{B}$ y $^{222}_{86}\text{Rn}$ razone cuál de ellos es más estable.

b) En la desintegración del núcleo $^{222}_{86}\text{Rn}$ se emiten dos partículas alfa y una beta, obteniéndose un nuevo núcleo. Indique las características del núcleo resultante.

$m_{\text{B}} = 11,009305 \text{ u}$; $m_{\text{Rn}} = 222,017574 \text{ u}$; $m_{\text{p}} = 1,007825 \text{ u}$; $m_{\text{n}} = 1,008665 \text{ u}$

4. Un haz de electrones se acelera con una diferencia de potencial de 30 kV.

a) Determine la longitud de onda asociada a los electrones.

b) Se utiliza la misma diferencia de potencial para acelerar electrones y protones. Razone si la longitud de onda asociada a los electrones es mayor, menor o igual a la de los protones. ¿Y si los electrones y los protones tuvieran la misma velocidad?

$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_{\text{e}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

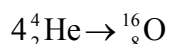
5. Sobre una superficie de sodio metálico inciden simultáneamente dos radiaciones monocromáticas de longitudes de onda $\lambda_1 = 500 \text{ nm}$ y $\lambda_2 = 560 \text{ nm}$. El trabajo de extracción del sodio es 2,3 eV.

a) Determine la frecuencia umbral de efecto fotoeléctrico y razone si habría emisión fotoeléctrica para las dos radiaciones indicadas.

b) Explique las transformaciones energéticas en el proceso de fotoemisión y calcule la velocidad máxima de los electrones emitidos.

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_{\text{e}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

6. Imagine una central nuclear en la que se produjera energía a partir de la siguiente reacción nuclear:



a) Determine la energía que se produciría por cada kilogramo de helio que se fusionase.

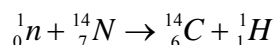
b) Razone en cuál de los dos núcleos anteriores es mayor la energía de enlace por nucleón. $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $m(\text{}^4_2\text{He}) = 4,0026 \text{ u}$;

$m(\text{}^{16}_8\text{O}) = 15,9950 \text{ u}$; $m_{\text{p}} = 1,007825 \text{ u}$; $m_{\text{n}} = 1,008665 \text{ u}$

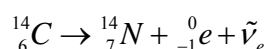
7. Todas las fuerzas que existen en la naturaleza se explican como manifestaciones de cuatro interacciones básicas: gravitatoria, electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil.
- Explique las características de cada una de ellas.
 - Razone por qué los núcleos son estables a pesar de la repulsión eléctrica entre sus protones.
8. Razone si la longitud de onda de de Broglie de los protones es mayor o menor que la de los electrones en los siguientes casos:
- ambos tienen la misma velocidad.
 - ambos tienen la misma energía cinética.
9. La actividad de ^{14}C de un resto arqueológico es de 60 desintegraciones por segundo. Una muestra actual de idéntica composición e igual masa posee una actividad de 360 desintegraciones por segundo. El periodo de semidesintegración del ^{14}C es 5700 años.
- Explique a qué se debe dicha diferencia y calcule la antigüedad de la muestra arqueológica.
 - ¿Cuántos núcleos ^{14}C tiene la muestra arqueológica en la actualidad?
¿Tienen las dos muestras el mismo número de átomos de carbono? Razone las respuestas.
10. Un fotón incide sobre un metal cuyo trabajo de extracción es 2 eV. La energía cinética máxima de los electrones emitidos por ese metal es 0,47 eV.
- Explique las transformaciones energéticas que tienen lugar en el proceso de fotoemisión y calcule la energía del fotón incidente y la frecuencia umbral de efecto fotoeléctrico del metal.
 - Razone cuál sería la velocidad de los electrones emitidos si la energía del fotón incidente fuera 2 eV.
 $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
11. a) Explique, en términos de energía, el proceso de emisión de fotones por los átomos en un estado excitado.
- b) Razone por qué un átomo sólo absorbe y emite fotones de ciertas frecuencias.
12. a) La masa de un núcleo atómico no coincide con la suma de las masas de las partículas que los constituyen. ¿Es mayor o menor? ¿Cómo justifica esa diferencia?
- b) ¿Qué se entiende por estabilidad nuclear? Explique, cualitativamente, la dependencia de la estabilidad nuclear con el número másico.

1.- a) Esta técnica es muy utilizada para datar objetos que contengan restos humanos, animales o vegetales.

El C-14 se forma por la acción de los rayos cósmicos, que al interactuar con las capas altas de la atmósfera, producen neutrones que colisionan con núcleos de N-14 y originan el C-14 según la reacción:



El isótopo formado se mezcla con el isótopo estable C-12 en el medio ambiente y a través del proceso de intercambio, es ingerido por los seres vivos. Una vez que el ser vivo fallece, el proceso de intercambio cesa y la proporción de C-14 comienza a disminuir por desintegración beta, según el siguiente proceso:



Así pues, midiendo la proporción residual de C-14 en la muestra y teniendo en cuenta que el periodo de semidesintegración es de 5730 años, puede determinarse la antigüedad de un resto arqueológico.

b) La actividad de una sustancia radiactiva es el número de desintegraciones que se producen en un segundo, depende de dos factores, del tipo de sustancia, que introducimos a través de la constante de desintegración radiactiva de la muestra (λ) y del número de átomos que contenga la muestra (N). La podemos representar de la siguiente forma:

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N$$

el signo negativo se debe a que el número de átomos de la muestra va disminuyendo.

2.- a) Si al iluminar la superficie metálica con luz de una determinada longitud de onda se produce fotoemisión, significa que esta tiene una frecuencia mayor que cierto valor f_0 que se denomina **frecuencia umbral**, y que es característico de cada metal. Por debajo de este valor no hay fotoemisión.

El trabajo necesario para arrancar un electrón de la superficie metálica, se llama **trabajo de extracción** y se calcula multiplicando la constante de Planck por la frecuencia umbral

$$W_{ext} = h \cdot f_0$$

Según la explicación de Einstein del efecto fotoeléctrico, cada electrón es arrancado del átomo por el choque con un fotón que le entrega toda su energía que viene dada por la expresión

$$E_{fotón} = h \cdot f$$

el electrón transforma dicha energía en el trabajo necesario que debe efectuar contra la

2.- a) (continuación) fuerza de atracción electrostática que lo liga al átomo (W_{ext}). La energía restante es la energía cinética que adquiere el electrón una vez extraído de la superficie metálica, es decir

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{ext}} + E_{\text{electrón}}$$

o bien

$$h \cdot f = h \cdot f_0 + \frac{1}{2} m_e \cdot v^2$$

b) Al variar la intensidad de la luz incidente, varía el número de fotones pero no la energía de cada uno, que sólo depende de la frecuencia, por lo tanto, variará el número de electrones emitidos en un segundo, pero lo harán con la misma energía cinética y en consecuencia, con la misma velocidad.

3.- a) El defecto de masa se calcula mediante la expresión:

$$\Delta m = \sum m_{\text{nucleones}} - m_{\text{núcleo}}$$

aplicando esta ecuación al caso del isótopo $^{11}_5\text{B}$ nos quedaría

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_N - m(^{11}_5\text{B}) = 5 \cdot 1,007825 u + 6 \cdot 1,008665 u - 11,009305 u = 0,08181 u$$

como el boro tiene 11 nucleones, el defecto de masa por nucleón es

$$\frac{\Delta m}{\text{nucleón}} = \frac{0,08181 u}{11 \text{ nucleones}} = 7,44 \cdot 10^{-3} \frac{u}{\text{nucleón}}$$

Hacemos el mismo cálculo para el $^{222}_{86}\text{Rn}$

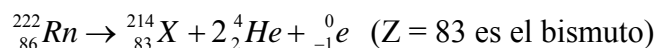
$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_N - m(^{222}_{86}\text{Rn}) = 86 \cdot 1,007825 u + 136 \cdot 1,008665 u - 222,017825 u = 1,83357 u$$

como el radón tiene 222 nucleones, el defecto de masa por nucleón es

$$\frac{\Delta m}{\text{nucleón}} = \frac{1,83357 u}{222 \text{ nucleones}} = 8,26 \cdot 10^{-3} \frac{u}{\text{nucleón}}$$

Es más estable el radón, al tener mayor defecto de masa por nucleón.

b) Cada emisión alfa disminuye el número másico en 4 unidades y el número atómico en 2 unidades. Cada emisión beta no cambia el número másico y aumenta el atómico en 1 unidad, en consecuencia el nuevo núcleo será:



4.- a) El trabajo eléctrico se transforma en energía cinética

$$E_c = W_{elec} \quad \frac{1}{2} m_e v_e^2 = e \cdot V \quad v_e = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot V}{m_e}}$$

sustituimos la velocidad en la expresión de De Broglie

$$\lambda = \frac{h}{m_e v_e} = \frac{h}{m_e \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot V}{m_e}}} = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m_e \cdot e \cdot V}} = 7,06 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

b) Tanto el protón como el electrón tienen la misma carga (e), por lo tanto, la expresión que relaciona la longitud de onda asociada es la que hemos deducido en el apartado anterior

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot e \cdot V}}$$

El potencial de aceleración es el mismo para las dos partículas y la masa del protón es mayor que la del electrón, en consecuencia la longitud de onda asociada al electrón será mayor que la del protón

$$\lambda_e > \lambda_p$$

Si los electrones y los protones tuvieran la misma velocidad, solo hemos de fijarnos en la expresión de De Broglie y en la relación de masas de ambas partículas, para llegar a igual conclusión que en el caso anterior

$$\lambda_e > \lambda_p$$

5.- a) Calculamos la frecuencia umbral $W_{ext} = 2,3 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV} = 3,68 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$$W_{ext} = h \cdot f_0 \quad f_0 = \frac{W_{ext}}{h} = \frac{3,68 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}} = 5,57 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

calculamos la frecuencia de las dos radiaciones incidentes

$$f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{500 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 6 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} \quad f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{560 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 5,35 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

como $f_1 > f_0$ y $f_2 < f_0$ habrá fotoemisión para la radiación 1 y no para la 2.

b) La energía del fotón se emplea en arrancar el electrón (W_{ext}) y la sobrante se convierte en energía cinética. Solo calculamos la energía cinética de los electrones emitidos con la radiación 1

5.- b) (continuación)

$$E_C = E_{fotón1} - W_{ext} = h \cdot f_1 - W_{ext}$$

$$E_C = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 6 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} - 3,68 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2,8 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

calculamos la velocidad de los electrones $E_C = \frac{1}{2} m_e \cdot v^2$

$$v = \sqrt{\frac{2E_C}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,8 \cdot 10^{-20} \text{ J}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 248069 \text{ ms}^{-1}$$

6.- a) Calculamos el defecto de masa de la reacción $4 {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_8^{16}\text{O}$

$$\Delta m = 4m({}_2^4\text{He}) - m({}_8^{16}\text{O}) = 0,0154 u$$

lo transformamos a unidades del S. I.

$$\Delta m = 0,0154 u \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} / u = 2,56 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

calculamos la energía liberada en la fusión de cuatro átomos de helio, aplicando la ecuación de Einstein

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 2,3 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

calculamos la masa en kg de cuatro átomos de helio

$$m = 4 \cdot 4,0026 u \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} / u = 2,66 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

establecemos la proporción

$$\frac{2,66 \cdot 10^{-26} \text{ kg He}}{2,3 \cdot 10^{-12} \text{ J}} = \frac{1 \text{ kg He}}{x} \quad x = 8,65 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

b) Calculamos la energía de enlace por nucleón para el helio

$$\Delta m = 2m_p + 2m_n - m({}_2^4\text{He}) = 0,0304 u = 5,043 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

$$E_{ent} = \Delta m \cdot c^2 = 4,54 \cdot 10^{-12} \text{ J} \quad \frac{E_{ent}}{\text{nucleón}} = \frac{4,54 \cdot 10^{-12} \text{ J}}{4 \text{ nucleones}} = 1,13 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

y para el oxígeno

$$\Delta m = 8m_p + 8m_n - m({}_8^{16}\text{O}) = 0,1369 u = 2,272 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

6.- b) (continuación)

$$E_{ent} = \Delta m \cdot c^2 = 2,04 \cdot 10^{-11} \text{ J} \quad \frac{E_{ent}}{\text{nucleón}} = \frac{2,04 \cdot 10^{-11} \text{ J}}{16 \text{ nucleones}} = 1,27 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

vemos que es mayor la energía de enlace por nucleón en el oxígeno, como era de suponer, en caso contrario no se produciría la fusión.

7.- VER TEORÍA

8.- a) Si los electrones y los protones tuvieran la misma velocidad, solo hemos de fijarnos en la expresión de De Broglie

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

y en la relación de masas de ambas partículas ($m_p > m_e$), para llegar a la siguiente conclusión

$$\lambda_p < \lambda_e$$

b) Partiendo de la ecuación de la energía cinética despejamos el momento lineal

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \quad p = m v = \frac{2 E_c}{v}$$

sustituimos en la ecuación de De Broglie $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h \cdot v}{2 E_c}$

como tienen la misma energía cinética

$$\lambda_e = \frac{h \cdot v_e}{2 E_c} \quad \lambda_p = \frac{h \cdot v_p}{2 E_c}$$

dividiendo ambas expresiones $\frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \frac{v_e}{v_p}$

como la masa del protón es 1800 veces mayor que la del electrón y tienen la misma energía cinética podemos escribir

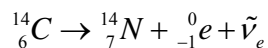
$$\frac{1}{2} 1800 m_e v_p^2 = \frac{1}{2} m_e v_e^2 \quad \text{con lo que} \quad \frac{v_e}{v_p} = \sqrt{1800} = 42,4$$

por lo tanto

$$\frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \frac{v_e}{v_p} = 42,4$$

es decir $\lambda_p < \lambda_e$

9.- a) El isótopo C-14, formado en las capas altas de la atmósfera, se mezcla con el isótopo estable C-12 en el medio ambiente y a través del proceso de intercambio, es ingerido por los seres vivos. Una vez que el ser vivo fallece, el proceso de intercambio cesa y la proporción de C-14 comienza a disminuir por desintegración beta, según el siguiente proceso:



La actividad de una muestra radiactiva se puede expresar de la siguiente manera

$$Act = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N$$

dividiendo ambas actividades entre sí y aplicando la ley de desintegración radiactiva, obtenemos

$$\frac{Act}{Act_0} = \frac{\lambda \cdot N}{\lambda \cdot N_0} = \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

sustituyendo los valores de las actividades y la constante de desintegración por su relación con el periodo de semidesintegración

$$\frac{60}{360} = \frac{1}{6} = e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t}$$

aplicamos logaritmos neperianos

$$-\ln 6 = -\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t \quad t = \frac{\ln 6}{\ln 2} \cdot 5700 \text{ años} = 14734 \text{ años}$$

b) Aplicando la ecuación de la actividad (60 desintegraciones/s) y teniendo cuidado de expresar el periodo de semidesintegración en segundos (S.I.), obtenemos

$$N = \frac{Act}{\lambda} = \frac{Act \cdot T_{1/2}}{\ln 2} = \frac{60 \text{ des/s} \cdot 1,8 \cdot 10^{11} \text{ s}}{\ln 2} = 1,56 \cdot 10^{13} \text{ átomos C-14}$$

En cuanto al número de átomos de carbono (de todos los isótopos), es menor en el resto arqueológico que en la muestra moderna, ya que cuando el C-14 se desintegra por emisión β , da lugar a N-14 como hemos visto en el apartado anterior.

10.- a) Al chocar el fotón contra el electrón, la energía del fotón se emplea en arrancar el electrón (W_{ext}) y la sobrante se convierte en energía cinética en el electrón.

Calculamos ambas energías en unidades del S. I.

$$W_{\text{ext}} = 2 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_c = 0,47 \text{ eV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/eV} = 7,52 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

10.- a) (continuación) Aplicamos el principio de conservación de la energía al choque fotón electrón

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{ext}} + E_c = 3,952 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Calculamos la frecuencia umbral

$$f_0 = \frac{W_{\text{ext}}}{h} = \frac{3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}} = 4,85 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

b) Si la energía del fotón incidente fuera igual al trabajo de extracción del metal, el electrón sería arrancado del átomo pero no tendría energía cinética, en consecuencia su velocidad sería cero.

11.- a) Cuando el electrón de un átomo es excitado, absorbe energía y pasa a órbitas superiores. Cuando cesa la causa de la excitación, regresa al nivel fundamental y emite una energía en forma de fotones que es igual a la diferencia de energía de los niveles involucrados en dicha transición.

b) Los niveles de energía de un átomo están cuantizados, esto significa que solo son permitidos aquellos que contengan una energía que sea múltiplo del cuanto de acción de Planck. Los átomos solo emitirán o absorberán aquellas energías que corresponden a diferencias de energía entre los distintos niveles.

12.- a) Se ha medido la masa de muchos núcleos atómicos mediante técnicas de espectrometría de masas. Esto ha permitido comprobar que la masa de los núcleos es menor que la suma de las masas de los nucleones que los componen. Esta diferencia de masas es conocida como **defecto de masa**, Δm :

$$\Delta m = \sum m_{\text{nucleones}} - m_{\text{núcleo}}$$

El defecto de masa explica, a la luz de la teoría de la relatividad de Einstein, la estabilidad que adquiere el núcleo que viene dada por la expresión

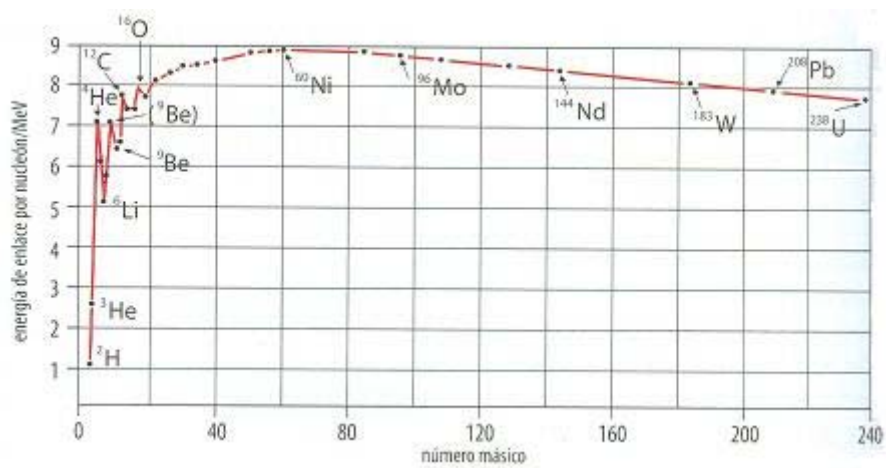
$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

b) El parámetro que nos permite comparar la estabilidad de los distintos núcleos de los átomos es la **energía de enlace por nucleón** que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\frac{E_{\text{enl}}}{\text{nucleón}} = \frac{\Delta E}{n^\circ \text{ nucleones}} = \frac{\Delta m \cdot c^2}{n^\circ \text{ nucleones}}$$

los núcleos más estables son aquellos que tienen una energía de enlace por nucleón mayor, es decir aquellos que están en torno al níquel 60, como podemos observar en la siguiente gráfica

12.- b) (continuación)



1. a) Describa la estructura de un núcleo atómico y explique en qué se diferencian los isótopos de un elemento.
b) Razone cómo se transforman los núcleos al emitir radiación alfa, beta o gamma.
2. Razone si las siguientes afirmaciones son ciertas o falsas:
a) “Los electrones emitidos en el efecto fotoeléctrico se mueven con velocidades mayores a medida que aumenta la intensidad de la luz que incide sobre la superficie del metal”.
b) “Cuando se ilumina la superficie de un metal con una radiación luminosa sólo se emiten electrones si la intensidad de luz es suficientemente grande”.
3. a) Explique en qué consisten las reacciones de fusión y fisión nucleares. ¿En qué se diferencian?
b) Comente el origen de la energía que producen.
4. Al incidir un haz de luz de longitud de onda $625 \cdot 10^{-9}$ m sobre una superficie metálica, se emiten electrones con velocidades de hasta $4,6 \cdot 10^5$ m s⁻¹
a) Calcule la frecuencia umbral del metal.
b) Razone cómo cambiaría la velocidad máxima de salida de los electrones si aumentase la frecuencia de la luz ¿Y si disminuyera la intensidad del haz de luz?
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J s ; $c = 3 \cdot 10^8$ m s⁻¹ ; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg
5. Una sustancia radiactiva se desintegra según la ecuación:
$$N = N_0 e^{-0,005 t} \quad (\text{S. I.})$$

a) Explique el significado de las magnitudes que intervienen en la ecuación y determine razonadamente el periodo de semidesintegración.
b) Si una muestra contiene en un momento dado 10^{26} núcleos de dicha sustancia, ¿cuál será la actividad de la muestra al cabo de 3 horas?
6. La masa atómica del isótopo ${}^{14}_7\text{N}$ es 14,0001089 u.
a) Indique los nucleones de este isótopo y calcule su defecto de masa.
b) Calcule su energía de enlace.
 $c = 3,0 \cdot 10^8$ m s⁻¹ ; $1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg ; $m_p = 1,007276$ u ; $m_n = 1,008665$ u
7. a) Un haz de electrones se acelera bajo la acción de un campo eléctrico hasta una velocidad de $6 \cdot 10^5$ m s⁻¹. Haciendo uso de la hipótesis de De Broglie calcule la longitud de onda asociada a los electrones.
b) La masa del protón es aproximadamente 1800 veces la del electrón. Calcule la relación entre las longitudes de onda de De Broglie de protones y electrones suponiendo que se mueven con la misma energía cinética.
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J s ; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.

8. a) Explique qué se entiende por defecto de masa y por energía de enlace de un núcleo y cómo están relacionados ambos conceptos.
b) Relacione la energía de enlace por nucleón con la estabilidad nuclear y, ayudándose de una gráfica, explique cómo varía la estabilidad nuclear con el número másico.
9. a) Escriba la ecuación de De Broglie y comente su significado físico.
b) Considere las longitudes de onda asociadas a protones y a electrones, e indique razonadamente cuál de ellas es menor si las partículas tienen la misma velocidad. ¿Y si tienen el mismo momento lineal?
10. a) Enumere los diferentes tipos de desintegración radiactiva y explique sus características.
b) Razone qué desviación sufren los distintos tipos de radiación al ser sometidos a un campo magnético.
11. a) Enuncie y comente el principio de incertidumbre de Heisenberg.
b) Explique los conceptos de estado fundamental y estados excitados de un átomo y razone la relación que tienen con los espectros atómicos.
12. El $^{126}_{55}\text{Cs}$ tiene un periodo de semidesintegración de 1,64 minutos.
a) ¿Cuántos núcleos hay en una muestra de $0,7 \cdot 10^{-6}$ g?
b) Explique qué se entiende por actividad de una muestra y calcule su valor para la muestra del apartado a) al cabo de 2 minutos.
 $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $m(\text{Cs}) = 132,905 \text{ u}$

1.-a) El núcleo atómico está constituido fundamentalmente por **protones** y **neutrones**.

Llamamos Z al **número atómico** que es el número de protones existentes en el núcleo.

Llamamos A al **número másico** que es el número de nucleones (protones y neutrones) existentes en el núcleo.

La forma establecida de representar los núclidos es mediante su símbolo atómico, precedido por los números másico y atómico escritos como superíndice y subíndice, respectivamente. Es decir:

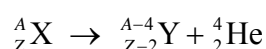


Según estas definiciones el número de neutrones, N , es:

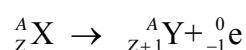
$$N = A - Z$$

Llamamos isótopos a los distintos núclidos que forman a un elemento, por tanto, son átomos con el mismo número de protones y diferente número de neutrones, es decir tienen el mismo número atómico y diferente número másico.

b) Cuando un núcleo radiactivo emite una **partícula alfa**, se transforma en otro cuyo número atómico es dos unidades menor y cuyo número másico es cuatro unidades menor



Cuando un núcleo radiactivo emite un **electrón beta**, se transforma en otro cuyo número atómico es una unidad mayor y cuyo número másico es igual



Cuando un núcleo radiactivo excitado emite **radiación gamma**, se desexcita energéticamente, pero no sufre transmutación alguna.

2.-a) Es falsa. Fue precisamente este hecho experimental el que sugirió a Einstein la solución al efecto fotoeléctrico, retomando la teoría corpuscular de la luz en la que al aumentar la intensidad, no se aumenta la energía (al contrario que en la teoría ondulatoria) sino que aumenta el número de fotones emitidos pero todos con la misma energía al no cambiar la frecuencia ($E_{\text{fotón}} = h \cdot f$).

Es por esto que a medida que aumenta la intensidad de la luz que incide sobre la superficie del metal, crece el número de electrones emitidos pero lo hacen a la misma velocidad.

b) Es falsa. Por el mismo motivo explicado en el apartado anterior, deberíamos decir: “Cuando se ilumina la superficie de un metal con una radiación luminosa sólo se emiten electrones si la frecuencia de la luz es suficientemente grande”.

A la mínima frecuencia que produce fotoemisión la denominamos frecuencia umbral. Con ella los fotones tienen suficiente energía como para vencer el trabajo de extracción del metal.

3.- Ver libro de texto.

4.-a) Calculamos primero la frecuencia de la luz incidente

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{625 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 4,8 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

aplicamos el principio de conservación de energía al efecto fotoeléctrico y despejamos la frecuencia umbral

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{ext}} + E_{\text{Ce}} \quad hf = hf_0 + \frac{1}{2} m_e v^2$$

$$f_0 = f - \frac{mv^2}{2h} = 4,8 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} - \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (4,6 \cdot 10^5 \text{ ms}^{-1})^2}{2 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}} = 1,45 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

b) Despejamos la velocidad de los electrones de la expresión del principio de conservación de energía

$$v_e = \sqrt{\frac{2h(f - f_0)}{m_e}}$$

como vemos en la ecuación, la velocidad de los electrones aumentaría al aumentar la frecuencia de la luz.

Al disminuir la intensidad del haz de luz incidente, la velocidad de los electrones no varía, sí lo hace, disminuyendo, el número de electrones emitidos.

5.-a) En la ecuación

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad N = N_0 e^{-0,005t}$$

N, es el número de núcleos existentes a tiempo t

N₀, es el número de núcleos a tiempo 0

λ, es la constante radiactiva que en este caso es igual a 0,005 s⁻¹.

Para calcular el periodo de semidesintegración, establecemos matemáticamente la relación existente entre este y la constante de desintegración radiactiva λ

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{0,005 \text{ s}^{-1}} = 138 \text{ s}$$

b) Aplicando la ley de desintegración radiactiva, calculamos el número de núcleos sin desintegrar

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = 10^{26} \text{ núcleos} \cdot e^{-0,005 \cdot 10800} = 353 \text{ núcleos}$$

5.-b) (continuación) La actividad de una sustancia radiactiva es el número de desintegraciones que se producen en un segundo, la podemos representar de la siguiente forma:

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N = 0,005 \cdot 353 = 1,76 \text{ des. s}^{-1}$$

6.-a) Este isótopo tiene 7 protones y 7 neutrones. el defecto de masa es

$$\Delta m = 7m_p + 7m_n - m({}_{7}^{14}\text{N}) = 0,111479 u$$

b) Transformamos el defecto de masa a kg

$$\Delta m = 0,111479 u \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} / u = 1,86 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

calculamos la energía de enlace

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 1,675 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

7.-a) Aplicando la hipótesis de De Broglie obtenemos

$$\lambda_e = \frac{h}{m_e v_e} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ ms}^{-1}} = 1,21 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

b) Partiendo de la ecuación de la energía cinética despejamos el momento lineal

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \quad p = m v = \frac{2E_c}{v}$$

sustituimos en la ecuación de De Broglie

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h \cdot v}{2E_c}$$

como tienen la misma energía cinética

$$\lambda_e = \frac{h \cdot v_e}{2E_c} \quad \lambda_p = \frac{h \cdot v_p}{2E_c}$$

dividiendo ambas expresiones

$$\frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \frac{v_e}{v_p}$$

7.-b) (continuación) como la masa del protón es 1800 veces mayor que la del electrón y tienen la misma energía cinética podemos escribir

$$\frac{1}{2}1800m_e v_p^2 = \frac{1}{2}m_e v_e^2 \quad \text{con lo que} \quad \frac{v_e}{v_p} = \sqrt{1800} = 42,4$$

por lo tanto

$$\frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \frac{v_e}{v_p} = 42,4$$

8.-a) Se ha medido la masa de muchos núcleos atómicos mediante técnicas de espectrometría de masas. Esto ha permitido comprobar que la masa de los núcleos es menor que la suma de las masas de los nucleones que los componen. Esta diferencia de masas es conocida como **defecto de masa**, Δm :

$$\Delta m = \sum m_{\text{nucleones}} - m_{\text{núcleo}}$$

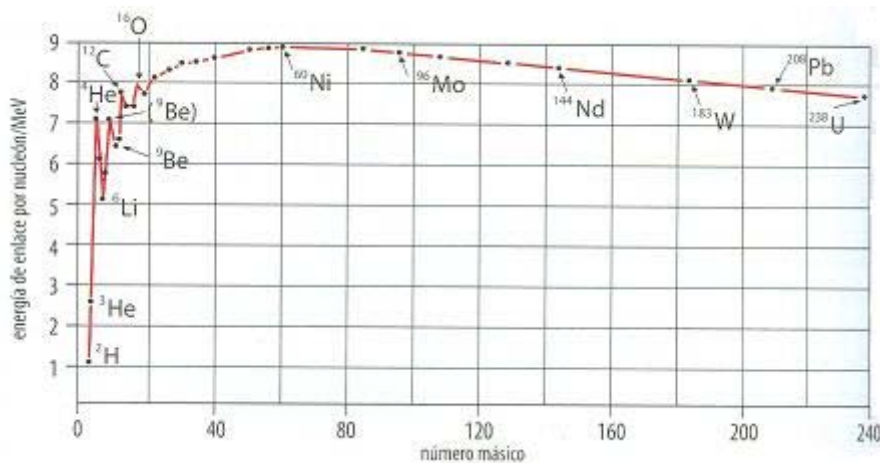
El defecto de masa explica, a la luz de la teoría de la relatividad de Einstein, la estabilidad que adquiere el núcleo que viene dada por la expresión

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

b) El parámetro que nos permite comparar la estabilidad de los distintos núcleos de los átomos es la **energía de enlace por nucleón** que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\frac{E_{\text{enl}}}{\text{nucleón}} = \frac{\Delta E}{n^\circ \text{ nucleones}} = \frac{\Delta m \cdot c^2}{n^\circ \text{ nucleones}}$$

los núcleos más estables son aquellos que tienen una energía de enlace por nucleón mayor, es decir aquellos que están en torno al níquel 60, como podemos observar en la siguiente gráfica



9.-a) De Broglie, después de que se estableciera la doble naturaleza de la luz (ondulatoria y corpuscular), sugirió que la naturaleza debía regirse por leyes simétricas, de modo que si una onda tenía propiedades corpusculares, un corpúsculo tendría propiedades ondulatorias y afirmó:

Toda partícula material que se mueve con velocidad v tiene una longitud de onda asociada, dada por la expresión

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

De alguna manera esta expresión relaciona una propiedad corpuscular (momento lineal) con una propiedad ondulatoria (longitud de onda).

Las implicaciones de la hipótesis de De Broglie junto con otros dos puntos de partida, el principio de indeterminación de Heisenberg y la función de probabilidad de Schrodinger, se pueden resumir en que a partir de entonces se estructura una nueva mecánica llamada “mecánica cuántica”.

b) Si los electrones y los protones tuvieran la misma velocidad, solo hemos de fijarnos en la expresión de De Broglie

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$$

y en la relación de masas de ambas partículas ($m_p > m_e$), para llegar a la siguiente conclusión

$$\lambda_p < \lambda_e$$

Es obvio que si tienen el mismo momento lineal su longitudes de onda asociadas serán iguales.

10.-a) Ver ejercicio 1 apartado b de esta relación

b) Tanto la radiación alfa como la beta, al tener carga eléctrica (positiva y negativa respectivamente), si su velocidad es perpendicular al campo magnético describirán trayectorias circulares.

La radiación gamma no sufrirá ninguna desviación al no tener carga ni masa ya que se trata de ondas electromagnéticas.

11.-a) Ver libro de texto.

b) Un átomo se encuentra en su estado fundamental cuando todos sus electrones están situados en los niveles más bajos de energía posibles. Cuando uno o varios electrones de un átomo en su estado fundamental absorben energía, saltan a órbitas superiores, diciéndose entonces que el átomo se encuentra en un estado excitado.

Cuando cesa la causa de la excitación, regresan al nivel fundamental y emiten una energía en forma de fotones que es igual a la diferencia de energía de los niveles involucrados en dicha transición. El estudio fotográfico de dichas emisiones es lo que llamamos espectro del átomo.

12.-a) Calculamos el número de moles (n) de cesio existentes en la muestra:

$$n = \frac{m}{Mm} = \frac{0,7 \cdot 10^{-6} \text{ g}}{132,905 \text{ g mol}^{-1}} = 5,267 \cdot 10^{-9} \text{ mol}$$

utilizando el número de Avogadro, calculamos los núcleos de cesio existentes en la muestra

$$\frac{1 \text{ mol}}{6.023 \cdot 10^{23} \text{ núcleos}} = \frac{5,267 \cdot 10^{-9} \text{ mol}}{x \text{ núcleos}} \quad x = 3,172 \cdot 10^{15} \text{ núcleos}$$

b) La actividad de una sustancia radiactiva es el número de desintegraciones que se producen en un segundo, depende de dos factores, del tipo de sustancia, que introducimos a través de la constante de desintegración radiactiva de la muestra (λ) y del número de átomos que contenga la muestra (N). La podemos representar de la siguiente forma:

$$Act = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N$$

el signo negativo se debe a que el número de átomos de la muestra va disminuyendo.

Calculamos primero la constante radiactiva

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{98,4 \text{ s}} = 7,043 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

Teniendo en cuenta la ley de desintegración radiactiva y que $N_0 = 3,172 \cdot 10^{15}$ núcleos la actividad para $t = 120 \text{ s}$ quedaría

$$Act = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = 9,595 \cdot 10^{12} \text{ des. s}^{-1}$$

1. a) Explique qué se entiende por frecuencia umbral en el efecto fotoeléctrico.
b) Razone si al aumentar la intensidad de la luz con que se ilumina el metal aumenta la energía cinética máxima de los electrones emitidos.

2. El ${}_{83}^{210}\text{Bi}$ emite una partícula beta y se transforma en polonio que, a su vez, emite una partícula alfa y se transforma en plomo.
a) Escriba las reacciones de desintegración descritas.
b) Si el periodo de semidesintegración del ${}_{83}^{210}\text{Bi}$ es de 5 días, calcule cuántos núcleos se han desintegrado al cabo de 10 días si inicialmente se tenía un mol de átomos de ese elemento.
 $N_a = 6,02 \cdot 10^{23}$.
SOL: b) $N_{\text{desintegrados}} = 4,5 \cdot 10^{23}$ núcleos.

3. El isótopo radiactivo ${}_{5}^{12}\text{B}$ se desintegra en carbono emitiendo radiación beta.
a) Escriba la ecuación de la reacción.
b) Sabiendo que las masas atómicas del boro y del carbono son 12,01435 u y 12 u, respectivamente, calcule la energía que se desprendería si un mol de boro se transformara íntegramente en carbono.
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $N_a = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
SOL: b) $E = 1,24 \cdot 10^{12} \text{ J}$.

4. Sobre un metal cuyo trabajo de extracción es 3 eV se hace incidir radiación de longitud de onda $2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.
a) Calcule la velocidad máxima de los electrones emitidos, analizando, los cambios energéticos que tienen lugar.
b) Determine la frecuencia umbral de fotoemisión del metal.
 $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
SOL: a) $v = 1,06 \cdot 10^6 \text{ m s}^{-1}$
b) $f_{\text{umbral}} = 7,27 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

5. a) Explique el origen de la energía liberada en una reacción nuclear basándose en el balance masa-energía.
b) Dibuje aproximadamente la gráfica que relaciona la energía de enlace por nucleón con el número másico y, a partir de ella, justifique por qué en una reacción de fisión se desprende energía.

6. a) Enuncie la ley que rige la desintegración radiactiva, identificando cada una de las magnitudes que intervienen en la misma, y defina periodo de semidesintegración y actividad de un isótopo radiactivo.
b) La antigüedad de una muestra de madera se puede determinar a partir de la actividad del ${}_{6}^{14}\text{C}$ presente en ella. Explique el procedimiento.

7. Un haz de electrones se acelera desde el reposo mediante una diferencia de potencial. Tras ese proceso, la longitud de onda asociada a los electrones es $8 \cdot 10^{-11}$ m.

a) Haga un análisis energético del proceso y determine la diferencia de potencial aplicada.

b) Si un haz de protones se acelera con esa diferencia de potencial, determine la longitud de onda asociada a los protones.

$h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J s ; $c = 3 \cdot 10^8$ m s⁻¹ ; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C ; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg
 $m_p = 1840 m_e$

SOL: a) $V = 233,7$ V

b) $\lambda_{\text{protón}} = 1,86 \cdot 10^{-12}$ m

8. Considere los nucleidos ${}^3_1\text{H}$ y ${}^4_2\text{He}$.

a) Defina defecto de masa y calcule la energía de enlace de cada uno.

b) Indique cuál de ellos es más estable y justifique la respuesta.

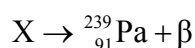
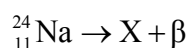
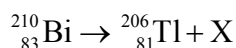
$c = 3 \cdot 10^8$ m s⁻¹ ; $u = 1,7 \cdot 10^{-27}$ kg ; $m({}^3_1\text{H}) = 3,0160494$ u ; $m({}^4_2\text{He}) = 4,00260$ u

$m_p = 1,007277$ u ; $m_n = 1,008665$ u

SOL: a) $E({}^3_1\text{H}) = 1,3 \cdot 10^{-12}$ J ; $E({}^4_2\text{He}) = 4,5 \cdot 10^{-12}$ J

9. a) Describa los procesos de desintegración radiactiva alfa, beta y gamma y justifique las leyes de desplazamiento.

b) Complete las reacciones nucleares siguientes especificando el tipo de nucleón o de átomo representado por la letra X y el tipo de emisión radiactiva de que se trata.



10. Razone si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

a) Cuando un electrón de un átomo pasa de un estado más energético a otro menos energético emite energía y esta energía puede tomar cualquier valor en un rango continuo.

b) La longitud de onda asociada a una partícula es inversamente proporcional a su masa.

11. a) Defina energía de enlace por nucleón.

b) Analice energéticamente las reacciones de fusión y fisión nucleares.

12. a) Enuncie la hipótesis de De Broglie. ¿Depende la longitud de onda asociada a una partícula de su masa?

b) Enuncie el principio de incertidumbre y explique su origen.

1. Al iluminar potasio con luz amarilla de sodio de $\lambda=5890 \cdot 10^{-10}$ m se liberan electrones con una energía cinética máxima de $0,577 \cdot 10^{-19}$ J y al iluminarlo con luz ultravioleta de una lámpara de mercurio de $\lambda=2537 \cdot 10^{-10}$ m, la energía cinética máxima de los electrones emitidos es $5,036 \cdot 10^{-19}$ J.
 - a) Explique el fenómeno descrito en términos energéticos y determine el valor de la constante de Planck.
 - b) Calcule el valor del trabajo de extracción del potasio.
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

2. a) Estabilidad nuclear.
 b) Explique el origen de la energía liberada en los procesos de fisión y fusión nucleares.

3. a) Calcule la energía cinética de un electrón cuya longitud de onda de de Broglie es $5 \cdot 10^{-10}$ m
 b) Razone si un protón con la misma longitud de onda asociada tendría la misma energía cinética.
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

4. a) Explique la teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico.
 b) Razone cómo cambiarían el trabajo de extracción y la velocidad máxima de los electrones emitidos si se disminuyera la longitud de onda de la luz incidente.

5. Un núcleo de tritio ${}^3_1\text{H}$ se desintegra por emisión β dando lugar a un núcleo de helio.
 a) Escriba la reacción de desintegración nuclear y explique en qué consiste la emisión β .
 b) Determine razonadamente la cantidad de ${}^3_1\text{H}$ que quedará de una muestra inicial de 0,1 g al cabo de tres años sabiendo que el periodo de semidesintegración del tritio es 12,3 años.

6. a) Explique qué se entiende por defecto de masa y por energía de enlace.
 b) Considere los núclidos ${}^{232}_{90}\text{Th}$ y ${}^{232}_{92}\text{U}$. Si el ${}^{232}_{90}\text{Th}$ tiene mayor energía de enlace, razone cuál de ellos es más estable.

7. a) Explique la hipótesis de de Broglie.
 b) Considere un haz de protones y un haz de electrones de igual energía cinética. Razone cuál de ellos tiene mayor longitud de onda.

8. Para controlar la fusión nuclear se está construyendo en Cadarache (Francia) el ITER (Reactor Internacional de Fusión Termonuclear). Se pretende fusionar deuterio, ${}^2_1\text{H}$, y tritio, ${}^3_1\text{H}$, para dar lugar a helio ${}^4_2\text{He}$.

a) Escriba la reacción nuclear.

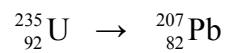
b) Determine la energía liberada en la formación de 0,1 g de ${}^4_2\text{He}$.

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $m({}^2_1\text{H}) = 2,01474 \text{ u}$; $m({}^3_1\text{H}) = 3,01700 \text{ u}$;

$m({}^4_2\text{He}) = 4,00388 \text{ u}$; $m({}^1_0\text{n}) = 1,0087 \text{ u}$; $1\text{u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

9. a) Explique qué es la radiactividad y describa en qué consisten los procesos alfa, beta y gamma.

b) Razone cuál es el número total de emisiones alfa y beta que permiten completar la siguiente transmutación:



FÍSICA MODERNA FCA 10 ANDALUCÍA

1.-a) $\lambda_1 = 5890 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ $E_{C1} = 0,577 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 $\lambda_2 = 2537 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ $E_{C2} = 5,036 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

El fenómeno descrito se trata del efecto fotoeléctrico. Un fotón choca contra un electrón, comunicándole toda su energía la cual utiliza en desprenderse de la superficie del metal (trabajo de extracción) y la sobrante se transforma en energía cinética

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{ext}} + E_C$$

siendo $E_{\text{fotón}} = hf$ y $f = \frac{c}{\lambda}$ nos queda $h \frac{c}{\lambda} = W_{\text{ext}} + E_C$, despejamos el trabajo de extracción del potasio

$$W_{\text{ext}} = h \frac{c}{\lambda} - E_C$$

planteamos las ecuaciones de ambos casos, teniendo en cuenta que el trabajo de extracción es el mismo ya que es una característica del metal

$$W_{\text{ext}} = h \frac{c}{\lambda_1} - E_{C1} \qquad W_{\text{ext}} = h \frac{c}{\lambda_2} - E_{C2}$$

igualamos los segundos miembros

$$h \frac{c}{\lambda_1} - E_{C1} = h \frac{c}{\lambda_2} - E_{C2}$$

despejamos h

$$h = \frac{E_{C2} - E_{C1}}{c \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right)} = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

b) Para calcular el trabajo de extracción del potasio usamos la ecuación

$$W_{\text{ext}} = h \frac{c}{\lambda_1} - E_{C1} = 2,79 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

2.- a) Se ha medido la masa de muchos núcleos atómicos mediante técnicas de espectrometría de masas. Esto ha permitido comprobar que la masa de los núcleos es menor que la suma de las masas de los nucleones que los componen. Esta diferencia de masas es conocida como **defecto de masa**, Δm :

$$\Delta m = \sum m_{\text{nucleones}} - m_{\text{núcleo}}$$

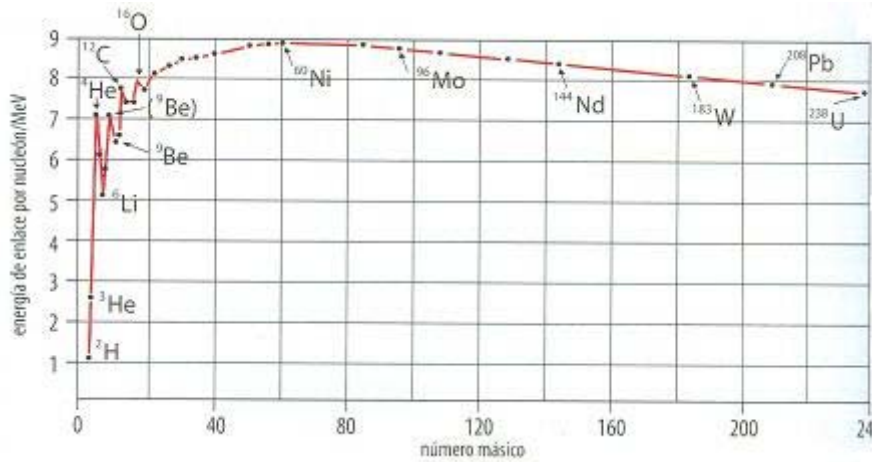
2.- a) (continuación) El defecto de masa explica, a la luz de la teoría de la relatividad de Einstein, la estabilidad que adquiere el núcleo que viene dada por la expresión

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

El parámetro que nos permite comparar la estabilidad de los distintos núcleos de los átomos es la **energía de enlace por nucleón** que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\frac{E_{enl}}{\text{nucleón}} = \frac{\Delta E}{n^{\circ} \text{ nucleones}} = \frac{\Delta m \cdot c^2}{n^{\circ} \text{ nucleones}}$$

los núcleos más estables son aquellos que tienen una energía de enlace por nucleón mayor, es decir aquellos que están en torno al níquel 60, como podemos observar en la siguiente gráfica



b) La energía liberada tanto en una reacción nuclear de fisión como en una de fusión, proviene de la pérdida de masa que se produce en el transcurso de la reacción

$$\Delta m = \sum m_{\text{productos}} - \sum m_{\text{reactivos}}$$

esta pérdida de masa se transforma en energía según la ecuación de Einstein

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

3.- a) Usando la ecuación de De Broglie $\lambda = \frac{h}{m_e \cdot v}$ despejando la velocidad $v = \frac{h}{m_e \cdot \lambda}$ y sustituyéndola en la ecuación de la energía cinética

$$E_c = \frac{1}{2} m_e \left(\frac{h}{m_e \lambda} \right)^2 = \frac{h^2}{2 m_e \lambda^2} = \frac{(6.6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s})^2}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} (5 \cdot 10^{-10} \text{ m})^2} = 9,57 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

3.- b) La expresión de De Broglie para la longitud de onda asociada a una partícula es

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$$

siendo h la constante de Planck, al tener las dos partículas la misma longitud de onda asociada, tendrán el mismo momento lineal, $p_p = p_e = p$.

Escribimos la expresión de la energía cinética en función del momento lineal

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}pv$$

para ambas partículas será

$$E_{cp} = \frac{1}{2}pv_p \quad E_{ce} = \frac{1}{2}pv_e$$

estudiamos ahora la velocidad de cada partícula

$$v_p = \frac{h}{m_p\lambda} \quad v_e = \frac{h}{m_e\lambda}$$

la $m_p > m_e$, esto implica que $v_p < v_e$, con lo cual la energía cinética del protón será menor que la del electrón.

Este estudio también podría hacerse, más fácilmente, calculando directamente la energía cinética del protón comprobando que sale menor. Estaría bien resuelto el ejercicio, pero de la primera manera me parece más elegante.

4.- a) Las distintas experiencias realizadas sobre el efecto fotoeléctrico descubiertas por Hertz en 1.887, tuvieron como resultado un hecho por entonces inexplicable. Al aumentar la intensidad de la luz incidente sobre el metal, por tanto la energía por unidad de tiempo, no aumenta la energía cinética de los electrones emitidos

Einstein demostró en 1.905 que estas experiencias podían entenderse suponiendo que la energía luminosa no se distribuye de manera continua, como dice el modelo clásico de la luz, sino cuantizada en paquetes pequeños llamados fotones.

La energía de un fotón es $E = hf$, la relación que Planck usó para la explicación del cuerpo negro. Einstein supuso que un electrón emitido desde la superficie del cátodo es de alguna forma “arrancado” por el impacto con el fotón, de forma que toda la energía del fotón pasa al electrón. Ahora bien, el electrón recibe su energía de un único fotón. Así, cuando se aumenta la intensidad de la luz lo que sucede es que al incidir más fotones sobre el cátodo por unidad de tiempo quedan más electrones liberados, pero la energía que ha absorbido cada electrón no varía, es la misma.

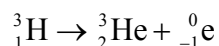
Si a la energía necesaria para que se desprenda un electrón de la superficie de un metal, que es una cantidad característica de cada metal, le llamamos trabajo de extracción W_{ext}

4.- a) (continuación) podemos aplicar a cada choque fotón-electrón el principio de conservación de la energía

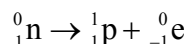
$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{ext}} + E_{\text{Celectrón}} \quad \text{o bien} \quad h \cdot f = W_{\text{ext}} + \frac{1}{2} m_e v^2$$

b) teniendo en cuenta la expresión $c = \lambda \cdot f$ y que c (la velocidad de la luz en el vacío) es constante, al disminuir la longitud de onda, aumenta la frecuencia y por lo tanto aumenta la energía del fotón. Por otro lado, el trabajo de extracción no cambia ya que es una característica del material, en consecuencia aumentaría la energía cinética de los electrones emitidos y también su velocidad.

5.- a) Escribimos la reacción de desintegración



la emisión β consiste en la expulsión desde el núcleo de un electrón que proviene de la transformación de un neutrón en un protón y un electrón según



con lo cual, el núclido emisor se transforma en otro con el mismo número másico y con una unidad más en el número atómico.

b) El número inicial de átomos

$$N_0 = \frac{m_0}{\text{masa At}} \cdot N_A \quad (N_A = \text{n}^\circ \text{ de Avogadro})$$

transcurrido un tiempo t el número de átomos

$$N = \frac{m}{\text{masa At}} \cdot N_A$$

dividiendo ambas ecuaciones

$$\frac{N}{N_0} = \frac{m}{m_0}$$

podemos escribir la ley de desintegración radiactiva en función de la masa y del periodo de semidesintegración

$$\frac{m}{m_0} = e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t}$$

5.- b) (continuación) despejamos la masa y sustituimos

$$m = m_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t} = 0,1 \text{ g} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{12,3} 3} = 0,084 \text{ g}$$

6.- a) Se ha medido la masa de muchos núcleos atómicos mediante técnicas de espectrometría de masas. Esto ha permitido comprobar que la masa de los núcleos es menor que la suma de las masas de los nucleones que los componen. Esta diferencia de masas es conocida como **defecto de masa**, Δm :

$$\Delta m = \sum m_{\text{nucleones}} - m_{\text{núcleo}}$$

El defecto de masa explica, a la luz de la teoría de la relatividad de Einstein, la estabilidad que adquiere el núcleo que viene dada por la expresión

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

la energía liberada en la formación del núcleo (ΔE) recibe el nombre de **energía de enlace**.

b) El parámetro que nos permite comparar la estabilidad de los distintos núcleos de los átomos es la **energía de enlace por nucleón** que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\frac{E_{\text{enl}}}{\text{nucleón}} = \frac{\Delta E}{n^\circ \text{ nucleones}}$$

los núcleos más estables son aquellos que tienen una energía de enlace por nucleón mayor, en este caso, al tener el ${}^{232}_{90}\text{Th}$ mayor energía de enlace que el ${}^{232}_{92}\text{U}$ y teniendo ambos el mismo número de nucleones (232), es el torio el más estable.

7.- a) De Broglie, después de que se estableciera la doble naturaleza de la luz (ondulatoria y corpuscular), sugirió que la naturaleza debía regirse por leyes simétricas, de modo que si una onda tenía propiedades corpusculares, un corpúsculo tendría propiedades ondulatorias y afirmó:

Toda partícula material que se mueve con velocidad v tiene una longitud de onda asociada, dada por la expresión

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

De alguna manera esta expresión relaciona una propiedad corpuscular (momento lineal) con una propiedad ondulatoria (longitud de onda).

Las implicaciones de la hipótesis de De Broglie junto con otros dos puntos de partida, el principio de indeterminación de Heisenberg y la función de probabilidad de Schrodinger, se pueden resumir en que a partir de entonces se estructura una nueva mecánica llamada “mecánica cuántica”.

7.- b) Partiendo de la ecuación de la energía cinética despejamos el momento lineal

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad p = mv = \frac{2E_c}{v}$$

sustituimos en la ecuación de De Broglie

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h \cdot v}{2E_c}$$

como tienen la misma energía cinética

$$\lambda_e = \frac{h \cdot v_e}{2E_c} \quad \lambda_p = \frac{h \cdot v_p}{2E_c}$$

dividiendo ambas expresiones

$$\frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \frac{v_e}{v_p}$$

como la masa del protón es 1800 veces mayor que la del electrón y tienen la misma energía cinética podemos escribir

$$\frac{1}{2}1800m_e v_p^2 = \frac{1}{2}m_e v_e^2 \quad \text{con lo que} \quad \frac{v_e}{v_p} = \sqrt{1800} = 42,4$$

por lo tanto son los electrones los que tienen mayor longitud de onda

$$\frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \frac{v_e}{v_p} = 42,4$$



b) Calculamos el defecto de masa de la reacción para la formación de un átomo de helio

$$\Delta m = \sum m_{\text{reactivos}} - \sum m_{\text{productos}} = m({}^2_1\text{H}) + m({}^3_1\text{H}) - [m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n})] = 0,01916u$$

la transformamos a unidades del Sistema Internacional

$$\Delta m = 0,01916u \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} / u = 3,2 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

calculamos la energía liberada en la formación de un átomo de helio

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 3,2 \cdot 10^{-29} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1})^2 = 2,88 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

8.- b) (continuación) calculamos la masa de un átomo de helio en kg

$$m({}_2^4\text{He}) = 4,00388u \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} / u = 6,686 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

calculamos el número de átomos de helio contenidos en 0,1 g (10^{-4} kg)

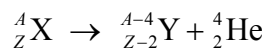
$$\frac{10^{-4} \text{ kg}}{6,686 \cdot 10^{-27} \text{ kg} / \text{átomo}} = 1,5 \cdot 10^{22} \text{ átomos}$$

calculamos la energía liberada en la formación de 0,1 g de helio

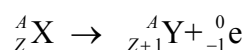
$$\Delta E = 2,88 \cdot 10^{-12} \frac{\text{J}}{\text{átomo}} \cdot 1,5 \cdot 10^{22} \text{ átomos} = 4,32 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

9.- a) La radiactividad es un fenómeno por el cual algunas sustancias son capaces de emitir radiaciones. La investigación experimental determinó que existen tres tipos de radiación, La radiación **alfa** son núcleos de helio (${}_2^4\text{He}$), la radiación **beta** consiste en electrones procedentes de la conversión en el núcleo de un neutrón en un protón y un electrón y la **gamma** son ondas electromagnéticas con la mayor frecuencia conocida.

Cuando un núcleo radiactivo emite una **partícula alfa**, se transforma en otro cuyo número atómico es dos unidades menor y cuyo número másico es cuatro unidades menor

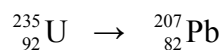


Cuando un núcleo radiactivo emite un **electrón beta**, se transforma en otro cuyo número atómico es una unidad mayor y cuyo número másico es igual



Cuando un núcleo radiactivo excitado emite **radiación gamma**, se desexcita energéticamente, pero no sufre transmutación alguna.

b) Para calcular el número total de emisiones alfa y beta que permiten completar la siguiente transmutación:



recurrimos a los criterios descritos en el apartado anterior y extraemos las siguientes ecuaciones, para el número másico

$$235 - 4n_\alpha = 207 \quad n_\alpha = \frac{235 - 207}{4} = 7$$

9.- b) (continuación) y para el número atómico

$$92 - 2n_{\alpha} + n_{\beta} = 82 \quad n_{\beta} = 82 - 92 + 14 = 4$$

se han emitido siete partículas α y cuatro partículas β .