

PRUEBAS EBAU FÍSICA

Juan P. Campillo Nicolás

3 de octubre de 2017

Se proporcionan los valores de las siguientes constantes físicas: Aceleración de la gravedad en la superficie terrestre $g_0 = 9,80 \text{ m s}^{-2}$; Constante de gravitación universal $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$; Radio medio de la Tierra $R_T = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$; Masa de la Tierra $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; Constante eléctrica en el vacío $K_0 = 1/(4 \pi \epsilon_0) = 9,00 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$; Permeabilidad magnética del vacío $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$; Carga elemental $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; Masa del electrón $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; Masa del protón $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; Velocidad de la luz en el vacío $c_0 = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; Constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ Unidad de masa atómica $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; Electronvoltio $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

1. Gravitación.

1. Calcule la energía potencial gravitatoria de un satélite de masa $m = 100$ kg que está orbitando a una altura de 1000 km sobre la superficie terrestre. b) Explique si para el cálculo anterior podría utilizarse la expresión $E = m g h$.

Respuesta:

a)

b) No es posible, puesto que la aceleración de la gravedad no tiene un valor constante, sino que depende de la distancia r al centro de la Tierra, según la expresión:

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

2. Un meteorito de 350 kg que cae libremente hacia la Tierra, tiene una velocidad de 15 m s^{-1} a una altura de 500 km sobre la superficie terrestre. Determine: a) El peso del meteorito a dicha altura. b) La velocidad con la que impactará sobre la superficie terrestre (despreciando la fricción con la atmósfera).

Respuesta:

a) El peso del meteorito será:

$$P = \frac{GMm}{r^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \cdot 350}{(6,37 \cdot 10^6 + 5 \cdot 10^5)^2} = 2958 \text{ N}$$

b) Aplicando el Principio de Conservación de la Energía:

$$\frac{1}{2} 350 \cdot 15^2 - \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \cdot 350}{6,37 \cdot 10^6 + 5 \cdot 10^5} = \frac{1}{2} 350 \cdot v^2 - \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \cdot 350}{6,37 \cdot 10^6}$$

Despejando, se obtiene: $v = 3019 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

3. a) El periodo de rotación de Marte es de 24,6229 horas. Si el radio de la órbita areoestacionaria (equivalente a una órbita geostacionaria en la Tierra) es de 20425 km, ¿cuál es la masa del planeta? b) Se sabe que la velocidad de escape de Marte es 5,027 km/s ¿cuál es el radio del planeta?

Respuesta:

a) A partir de la expresión del periodo:

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}} \quad \text{Se deduce : } M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} = \frac{4\pi^2 (2,0425 \cdot 10^7)^3}{6,67 \cdot 10^{-11} (24,6229 \cdot 3600)^2} = 6,42 \cdot 10^{23} \text{ kg}$$

b) Teniendo en cuenta que la velocidad de escape es:

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{r}} \quad \text{despejamos } r : r = \frac{2GM}{v^2} = \frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,42 \cdot 10^{23}}{(5,027 \cdot 10^3)^2} = 3,39 \cdot 10^6 \text{ m}$$

4. Un satélite artificial de 250 kg describe una órbita circular a una altura h sobre la superficie terrestre. El valor de la gravedad a dicha altura es la quinta parte de su valor en la superficie de la Tierra. a) Calcule el periodo de revolución del satélite en la órbita. b) Calcule la energía mecánica del satélite.

Respuesta:

a) En primer lugar, calculamos la distancia r al centro de la Tierra:

$$\frac{9,8}{5} = \frac{GM}{r^2} \quad r = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24}}{1,96}} = 1,46 \cdot 10^7 \text{ m}$$

Con este dato, el periodo de revolución será:

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}} = T = \sqrt{\frac{4\pi^2 (1,46 \cdot 10^7)^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24}}} = 16951 \text{ s}$$

b) la energía mecánica será:

$$E = -\frac{GMm}{2r} = -\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \cdot 250}{2 \cdot 1,4625 \cdot 10^7} = -3,41 \cdot 10^9 \text{ J}$$

2. Vibraciones y ondas.

1. Dos ondas armónicas transversales se propagan por dos cuerdas a la misma velocidad en el sentido positivo del eje X. La primera tiene el doble de frecuencia que la segunda y se sabe que en el instante inicial, la elongación de los extremos izquierdos de ambas cuerdas es nula. a) Calcule la razón entre las longitudes de onda de ambas ondas. b) Para cada una de las ondas (y en el mismo instante de tiempo) determine la diferencia de fase (expresada en función de los respectivos números de ondas) para dos puntos que distan 3 m. Obtenga la relación entre dichas diferencias de fase.

Respuesta:

a) Las respectivas longitudes de onda son:

$$\lambda_1 = \frac{v}{\nu_1} = \frac{v}{2\nu_2} \quad \lambda_2 = \frac{v}{\nu_2}$$

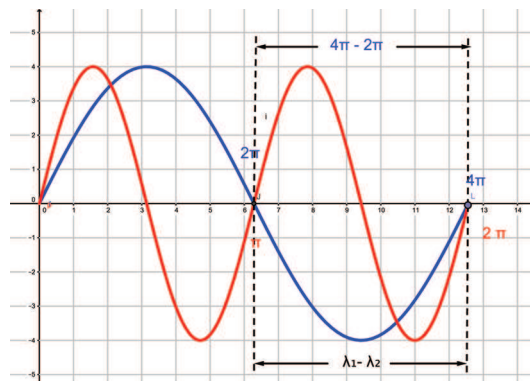
Así pues:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{1}{2}$$

b) Los respectivos números de onda son:

$$k_1 = \frac{2\pi}{\lambda_1} = \frac{4\pi}{\lambda_2} \quad k_2 = \frac{2\pi}{\lambda_2}$$

Es decir, el número de ondas de la primera de ellas es el doble que el de la segunda. A partir de la siguiente representación gráfica:



Podemos poner:

$$\frac{4\pi - 2\pi}{\lambda_1 - \lambda_2} = \frac{\Delta\varphi}{3} \quad \Delta\varphi = \frac{3 \cdot 2\pi}{\lambda_1 - \lambda_2} = \frac{3}{\frac{\lambda_1}{2\pi} - \frac{\lambda_2}{2\pi}} = \frac{3}{\frac{1}{k_1} - \frac{1}{k_2}}$$

2. Una onda armónica cuya frecuencia es 60 Hz se propaga en la dirección positiva del eje X con velocidad desconocida superior a 10 m s^{-1} . Sabiendo que la diferencia de fase, en un instante dado, para dos puntos separados 15 cm, es $\frac{\pi}{2}$ radianes, determine: a) El periodo, la longitud de onda y la velocidad de propagación de la onda. b) En un punto dado, ¿qué diferencia de fase existe entre los desplazamientos que tienen lugar en dos instantes separados por un intervalo de 0,01 s?

Respuesta:

a) El periodo es:

$$T = \frac{1}{60} = 1,67 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

Sabiendo que para una distancia de 0,15 m existe una diferencia de fase de $\pi/2$ radianes, podremos poner:

$$\frac{2\pi \text{ rad}}{\lambda \text{ m}} = \frac{\pi/2 \text{ rad}}{0,15 \text{ m}}$$

Con lo que $\lambda = 0,60 \text{ m}$

La velocidad de propagación es:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0,6}{1,67 \cdot 10^{-2}} = 36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

b) Para ese punto, teniendo en cuenta que:

$$\frac{2\pi \text{ rad}}{1,67 \cdot 10^{-2} \text{ s}} = \frac{\Delta\varphi \text{ rad}}{0,01 \text{ s}} \rightarrow \Delta\varphi = \frac{0,02\pi}{1,67 \cdot 10^{-2}} = 1,2\pi \text{ rad}$$

3. Si el oído humano es capaz de percibir frecuencias entre 20 y 20000 Hz, indique razonadamente si será audible un sonido cuya longitud de onda sea de 1 cm.

Respuesta:

a) La frecuencia de este sonido será:

$$\nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0,01} = 34000 \text{ Hz} \quad \text{El sonido no será audible}$$

4. Uno de los extremos de una cuerda de longitud 24 m se separa de su situación de reposo hasta una altura de 20 cm y empieza a oscilar con movimiento armónico simple, de forma que la onda resultante alcanza el otro extremo de la cuerda en 1,5 s. a) Sabiendo que la velocidad de vibración máxima de los puntos de la cuerda es de 6,4 m/s, determine la frecuencia y la longitud de onda en la cuerda. b) Determine, para un instante de tiempo dado, la diferencia de fase entre dos puntos que distan 2 y 13 m respecto del extremo inicial e indique si, aproximadamente, se encuentran en fase o en oposición de fase.

Respuesta:

a) La velocidad de propagación de la onda será: $v = 24/1,5 = 16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. La amplitud será $A = 0,2 \text{ m}$. Sabiendo que la velocidad de vibración es:

$$v_t = \frac{dy}{dt} = A\omega \cos(\omega t - kx) \quad v_t(\text{máx}) = A\omega \quad \omega = \frac{v_t}{A} = \frac{6,4}{0,2} = 32 \text{ s}$$

Con estos datos, podremos hacer los siguientes cálculos:

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{16}{\pi} \text{ s}^{-1} \quad \lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{16}{16/\pi} = \pi \text{ m}$$

b) Teniendo en cuenta que a dos puntos separados por una longitud de onda les corresponde una diferencia de fase de 2π radianes, podremos escribir:

$$\frac{2\pi}{\pi \text{ m}} = \frac{\varphi_1}{2} = \frac{\varphi_2}{13} \quad \varphi_1 = 4 \text{ rad} \quad \varphi_2 = 26 \text{ rad} \quad \Delta\varphi = 22 \text{ rad}$$

Esta diferencia de fase corresponde a un número de longitudes de onda:

$$n = \frac{22}{2\pi} = \frac{11}{\pi} \simeq 3,5 \text{ longitudes de onda}$$

Lo que indica que ambos puntos se encuentran, aproximadamente, en **oposición de fase**.

3. Óptica.

- Demuestre que al atravesar un rayo de luz una lámina de vidrio de caras planas y paralelas, el rayo emergente es paralelo al rayo incidente si los medios en contacto con las caras de la lámina son idénticos. b) Un rayo de luz atraviesa una lámina de vidrio ($n_v = 1,37$) plana de 3 cm de espesor incidiendo con un ángulo de 30° . Al salir el rayo se ha desplazado paralelamente a sí mismo una distancia d . Si la lámina está contenida en aire, determine la distancia desplazada.

Respuesta:

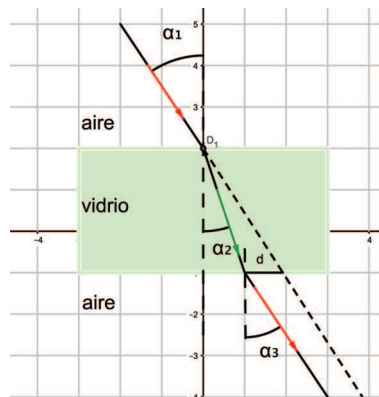
a) Aplicando la Ley de Snell:

$$\text{Al penetrar en el vidrio: } \frac{\text{sen } \alpha_1}{\text{sen } \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{sen } \alpha_1 = \frac{n_2 \text{sen } \alpha_2}{n_1}$$

$$\text{Al salir del vidrio: } \frac{\text{sen } \alpha_2}{\text{sen } \alpha_3} = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{sen } \alpha_3 = \frac{n_2 \text{sen } \alpha_2}{n_1}$$

Con lo que se comprueba que $\alpha_1 = \alpha_3$

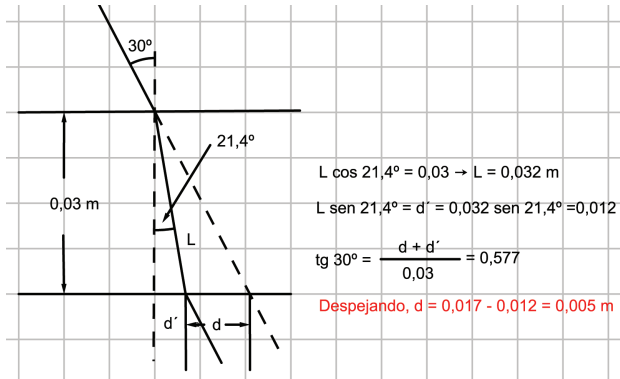
La trayectoria del rayo luminoso es la siguiente:



b) El ángulo de refracción en el vidrio se hallará de la siguiente forma:

$$\frac{\text{sen } 30^\circ}{\text{sen } \alpha_2} = \frac{1,372}{1} \rightarrow \alpha_2 = 21,4^\circ$$

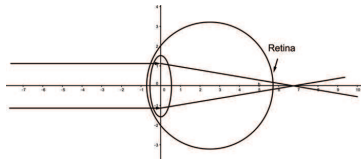
La resolución del problema está contenida en el siguiente gráfico:



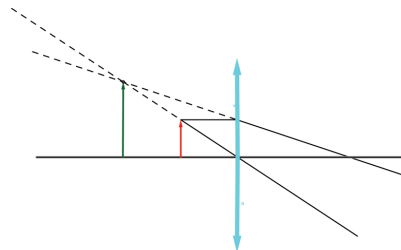
2. a) Explique en qué consiste el defecto del ojo conocido como hipermetropía. Trace para ello un diagrama de rayos. b) Mediante un diagrama de marcha de rayos, describa las características de la imagen que forma una lente convergente cuando el objeto está situado entre el foco objeto y la lente.

Respuesta:

a) La hipermetropía es un defecto de la visión por el cual, los rayos luminosos procedentes del infinito, tras refractarse en el cristalino, convergen por detrás de la retina. Las personas que padecen hipermetropía tienen dificultades para enfocar objetos cercanos.



b) El diagrama sería el siguiente:

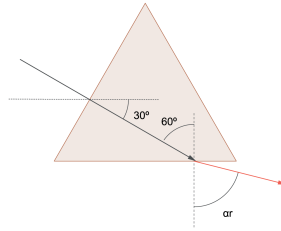


La imagen es mayor, derecha y virtual.

3. Un rayo de luz incide perpendicularmente sobre una de las caras de una pieza de vidrio ($n_{\text{vidrio}} = 1,48$) cuya sección es un triángulo equilátero y está sumergida en agua ($n_{\text{agua}} = 1,33$). Determine el ángulo que forma el rayo emergente con el incidente.

Respuesta:

a) La situación planteada por el enunciado se puede representar de la siguiente forma:



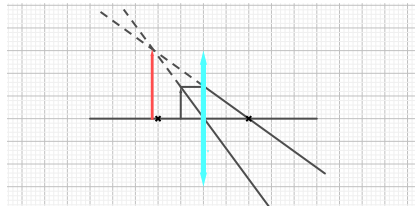
Aplicando la ley de Snell:

$$\frac{\text{sen } 60^\circ}{\text{sen } \alpha_r} = \frac{1,33}{1,48} \quad \alpha_r = 74,5^\circ$$

4. a) Pueden formarse imágenes virtuales con lentes convergentes? b) Un rayo de luz se propaga a través de un medio de índice de refracción n_1 e incide en la superficie de separación con otro medio de índice n_2 . Razone si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: " Si $n_1 > n_2$ se puede producir reflexión total".

Respuesta:

a) Sí, siempre que el objeto esté situado entre el foco y la lente, como puede verse en la siguiente imagen:



b) La afirmación es **verdadera**, puesto que, cuando un rayo luminoso pasa de un medio de mayor a otro de menor índice de refracción, el rayo refractado tiene a separarse de la normal:

$$\frac{\text{sen } \alpha_1}{\text{sen } 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1} < 1$$

4. Electromagnetismo.

1. Una espira cuadrada de 5 cm de lado, se encuentra inicialmente en un campo magnético uniforme de 1,2 T perpendicular a ella. Calcule el flujo magnético en la espira y exprese el resultado en unidades del S.I. Razone cómo cambiaría el valor de este flujo si se modificara la orientación de la espira respecto del campo. b) Si en la situación de perpendicularidad entre espira y campo éste se reduce bruscamente, de manera que se anula completamente en un intervalo de 0,01 s, determine la fem inducida en la espira. Represente en un diagrama el campo magnético, la espira y el sentido de la corriente inducida en la misma.

Respuesta:

a) El flujo magnético será el siguiente:

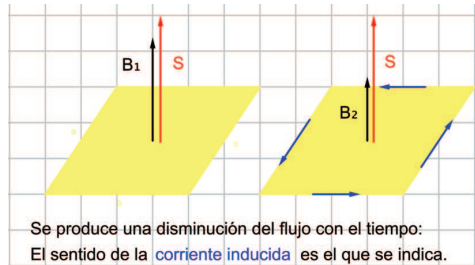
$$\varphi = \vec{B} \cdot \vec{S} = |\vec{B}| |\vec{S}| \cos 0^\circ = (5 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 1,2 = 3 \cdot 10^{-3} \text{wb}$$

Al tratarse de un producto escalar, el flujo variaría con el coseno del ángulo formado entre el campo, B y la superficie de la espira, S.

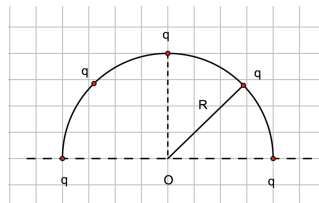
b) La fuerza electromotriz inducida será:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = -\frac{0 - 3 \cdot 10^{-3}}{0,01} = 0,3 \text{ V}$$

Siendo la representación gráfica la siguiente:



2. Cinco cargas iguales q de 3 μC se sitúan equidistantes sobre el arco de una semicircunferencia de radio 10 cm, según se observa en la figura.



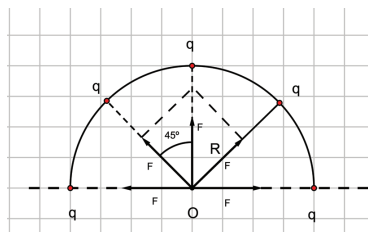
Si se sitúa una carga Q de -2 μC en el centro de curvatura O del arco: a) Calcule la fuerza sobre Q debida a las cinco cargas q. b) Calcule el trabajo que ha sido necesario para traer la carga Q desde un punto muy alejado hasta el punto O donde se encuentra. Interprete el signo del resultado.

Respuesta:

a) El módulo de cada una de las fuerzas es el mismo, y tiene un valor:

$$|\vec{F}| = \frac{Kqq'}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{0,1^2} = 5,4 \text{ N}$$

La distribución de fuerzas puede apreciarse en la siguiente imagen:



Como puede verse, las dos fuerzas horizontales se anulan entre sí, mientras que la suma de las componentes horizontales de las otras tres fuerzas es nula. Según el dibujo, podremos escribir que:

$$\vec{F} = (F \cos 45 + F \cos 45 + F) \vec{j} = 13,04 \vec{j}$$

b) El trabajo vendrá expresado por: $W = q(V_\infty - V_o)$. El potencial en el infinito será cero, mientras que en punto O tendrá el valor:

$$V_O = 5 \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{0,1} = 1,35 \cdot 10^6$$

Por tanto, el trabajo necesario para trasladar la carga negativa desde el infinito hasta el punto O valdrá:

$$W = q(V_\infty - V_o) = -2 \cdot 10^{-5}(0 - 1,35 \cdot 10^6) = 27 \text{ J}$$

El signo positivo del trabajo nos indica que éste ha sido realizado por el campo eléctrico.

3. Considere una espira circular de radio $R = 5 \text{ cm}$ que es atravesada por un campo magnético perpendicular al plano de la espira, y cuyo módulo varía con el tiempo de acuerdo a la siguiente expresión: $B(t) = 10 + 5t^2 - t^3$ (S.I.). Determine la f.e.m. inducida en la espira en el instante $t = 3 \text{ s}$.

Respuesta:

La fuerza electromotriz inducida es:

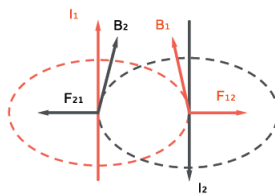
$$\varepsilon = -\frac{d\varphi}{dt} = -\frac{d(\vec{B} \cdot \vec{S})}{dt} = -\frac{d[\pi \cdot 0,05^2 \cdot (10 + 5t^2 - t^3)]}{dt} = -0,025\pi t + 0,0075\pi t^2$$

Para $t = 3 \text{ s}$, tendremos: $\varepsilon = -0,075\pi + 0,0675\pi = -0,0075\pi \text{ V}$

4. Se tienen dos conductores rectilíneos e indefinidos, dispuestos paralelamente, por los que circulan corrientes eléctricas de la misma intensidad y de sentido contrario.. Realice un esquema explicativo de la fuerza que actúa sobre cada conductor. ¿Cuál es el módulo de la fuerza por unidad de longitud sobre cada conductor?

Respuesta:

a) El esquema es el siguiente:



El módulo de la fuerza por unidad de longitud tiene el valor:

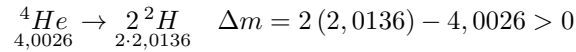
$$\frac{F}{L} = \frac{\mu I_1 I_2}{2\pi r}$$

5. Física moderna.

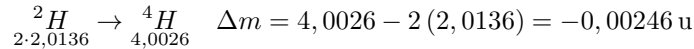
1. a) La masa del núcleo de deuterio es $2,0136 \text{ u}$ y la del ^4He $4,0026 \text{ u}$. Explique si el proceso por el que se obtendría energía sería la fisión del ^4He en dos núcleos de deuterio o la fusión de dos núcleos de deuterio para dar helio. b) Se acelera un electrón hasta una velocidad de 300 m s^{-1} , medida con una incertidumbre del $0,01 \%$ (luego $\Delta v = 0,03 \text{ m s}^{-1}$). ¿Con qué incertidumbre se puede determinar la posición de este electrón?

Respuesta:

a) La reacción de fisión del ${}^4\text{He}$ en dos núcleos de deuterio ${}^2\text{H}$ tendría el siguiente balance de masa:



Mientras que para la fusión de dos átomos de deuterio:



En la **fusión** se produce un defecto de masa, por lo que habría producción de energía

b) Al aplicar el Principio de Incertidumbre de Heisenberg, tendremos:

$$\Delta x \cdot \Delta v \geq \frac{h}{4\pi \cdot m} \rightarrow \Delta x \geq \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{0,03 \cdot 4\pi \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}} = 1,93 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

2. Explique razonadamente qué aspectos del efecto fotoeléctrico no se podían entender en el marco de la física clásica. b) Un electrón y un neutrón tienen igual longitud de onda de De Broglie. Razone cuál de ellos tiene mayor energía cinética. Dato: masa del neutrón 1,0087 u.

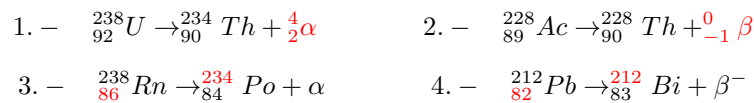
Respuesta:

a) La emisión fotoeléctrica se produce solamente a partir de una energía mínima. Determinados tipos de luz no producen emisión fotoeléctrica sobre un material, mientras que otros tipos sí dan lugar a dicha emisión. La explicación está en la teoría cuántica, según la cual, la energía no se absorbe en forma continua, sino en «paquetes» o cuantos de energía.

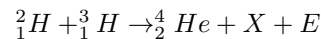
Respuesta:

b) La longitud de onda de De Broglie es: $\lambda = \frac{h}{p}$, por lo que, a igualdad de λ (y, por tanto, cantidad de movimiento), tendrá mayor velocidad la partícula de menor masa, en este caso, el electrón. La ser la energía cinética: $E_c = \frac{1}{2} p \cdot v$, la mayor energía cinética corresponderá al electrón.

3. Complete y explique las siguientes desintegraciones:



4. a) Un protón y un electrón tienen la misma longitud de onda de De Broglie. Calcule la relación entre las energías cinéticas de ambas partículas. b) En la fusión entre deuterio y tritio se origina un núcleo de helio y otra partícula X, y se desprende una energía E .



¿Qué partícula se genera? ¿Cuánto vale E? Datos: masa nuclear neutrón = 1,0087 u; masa nuclear deuterio = 2,0141 u; masa nuclear tritio = 3,0160 u; masa nuclear helio = 4,0039 u;

Respuesta:

a) La longitud de onda de De Broglie es:

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

Al ser iguales las longitudes de onda de De Broglie para el protón y el electrón se deduce que: $m_p v_p = m_e v_e$ y $\frac{v_p}{v_e} = \frac{m_e}{m_p}$. La relación entre las energías cinéticas será:

$$\frac{E_c(p)}{E_c(e)} = \frac{\frac{1}{2} m_p v_p^2}{\frac{1}{2} m_e v_e^2} = \frac{m_p v_p^2}{m_e v_e^2} = \frac{m_p v_p v_p}{m_e v_e v_e} = \frac{v_p}{v_e} = \frac{m_e}{m_p} = \frac{9,11 \cdot 10^{-31}}{1,67 \cdot 10^{-27}} = 5,45 \cdot 10^{-4}$$

b) En la reacción: ${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + X + E$, la partícula X es un neutrón, 1_0n . Para calcular la energía desprendida, tendremos:

$$E = \Delta mc^2 = (2,0141 + 3,0160 - 4,0039 - 1,0087) 1,66 \cdot 10^{-27} (3 \cdot 10^8)^2 = 2,61 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$