mundoestudiante métodoBarbeito

FÍSICA
CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA SEPTIEMBRE 2017
OPCIÓN B

Ejercicio 1. (Calificación máxima: 2 puntos)

a) A partir de la ley fundamental de la dinámica, deduzca la expresión de la velocidad orbital de un satélite que gira en una órbita circular de radio *R* alrededor de un planeta de masa *M*.
b) Si un satélite de 21 kg gira alrededor del planeta Marte, calcule el radio de la órbita circular y la energía mecánica del satélite si su periodo es igual al de rotación del planeta.
Datos: Masa de Marte, $M_{Marte}=6{,}42\cdot10^{23}$ kg; Período de revolución del planeta, $T_{Marte}=24{,}62$ h; Constante de Gravitación Universal $G=6{,}67\cdot10^{-11}$ Nm^2/kg^2.

Solución:

a) El movimiento circular se produce debido a que en la dirección radial el sumatorio de fuerzas es nulo, lo que quiere decir que:

$$\left|\vec{F}_{\text{Centrífuga}}\right| = \left|\vec{F}_{\text{Gravitatoria}}\right| \rightarrow m\frac{v^2}{R} = \frac{GMm}{R^2} \rightarrow v_{orb} = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

b) Por ser movimiento circular uniforme:

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

Sustituyendo en la expresión obtenida en el apartado anterior y despejando el radio se tiene que:

$$R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} \rightarrow R = \sqrt[3]{\frac{6{,}67\cdot10^{-11}\cdot6{,}42\cdot10^{23}\cdot(24{,}62\cdot3600)^2}{4\pi^2}} = 2{,}04\cdot10^7\ \text{m}$$

La energía mecánica es la suma de potencial y cinética:

$$E_{mec} = E_p + E_c = -\frac{GMm}{R} + \frac{1}{2}mv^2 = -\frac{GMm}{R} + \frac{1}{2}m\frac{GM}{R} = -\frac{GMm}{2R}$$

Por tanto:

$$E_{mec} = -\frac{6{,}67\cdot10^{-11}\cdot6{,}42\cdot10^{23}\cdot21}{2\cdot2{,}04\cdot10^7} = -2{,}20\cdot10^7\ \text{J}$$

Ejercicio 2. (Calificación máxima: 2 puntos)

Una fuente puntual de 3 µW emite una onda sonora.
a) ¿Qué magnitud física "oscila" en una onda de sonido? ¿Es una onda longitudinal o transversal?

b) Calcule la intensidad sonora y el nivel de intensidad sonora a 5 m de la fuente. Determine a que distancia del foco emisor se debe situar un observador para dejar de percibir dicho sonido.
Dato: Intensidad umbral de audición, $I_0 = 10^{-12} W/m^2$

Solución:

a) La magnitud física que oscila en una onda de sonido es la presión.
El sonido es una onda longitudinal.

b) La intensidad sonora a 5 m de la fuente será:

$$I = \frac{P}{S} = \frac{3.10^{-6}}{4\pi \cdot 5^2} = 9{,}55.10^{-9}\ W/m^2$$

El nivel de intensidad sonora a 5 m de la fuente será:

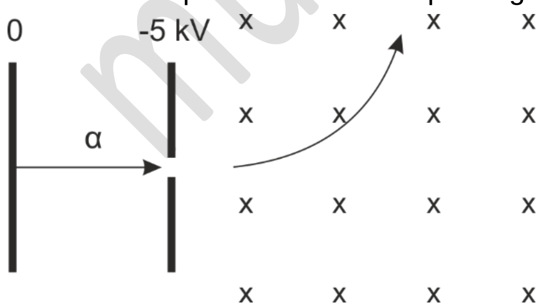
$$\beta = 10 \cdot \log\frac{I}{I_0} = 10 \cdot \log\frac{9{,}55.10^{-9}}{10^{-12}} = 39{,}80\ dB$$

Se calcula la distancia a la que la fuente deja de ser audible despejando de la expresión de la intensidad umbral de audición:

$$I_0 = \frac{P}{4\pi \cdot R^2} \to R = \sqrt{\frac{P}{4\pi I_0}} = \sqrt{\frac{3.10^{-6}}{4\pi \cdot 10^{-12}}} = 488{,}60\ m$$

<u>Ejercicio 3.</u> (Calificación máxima: 2 puntos)

Una partícula alfa (núcleo de helio) inicialmente en reposo se acelera a través de una diferencia de potencial de 5kV, y entra en una región con un campo magnético de 0,3 T perpendicular a su velocidad, como muestra la figura.
Determine al penetrar en el campo magnético:



a) La energía cinética adquirida por la partícula y el módulo de su velocidad.
b) La fuerza magnética que experimenta la partícula y el radio de curvatura de la trayectoria.
Dato: Valor absoluto de la carga del electrón, $e=1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C; masa de la partícula alfa, $m_\alpha=6{,}68 \cdot 10^{-27}$ kg.

Solución:

La energía potencial eléctrica creada por la diferencia de potencial sobre la partícula ($^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow q_\alpha = 2|q_e|$) se transforma en energía cinética:

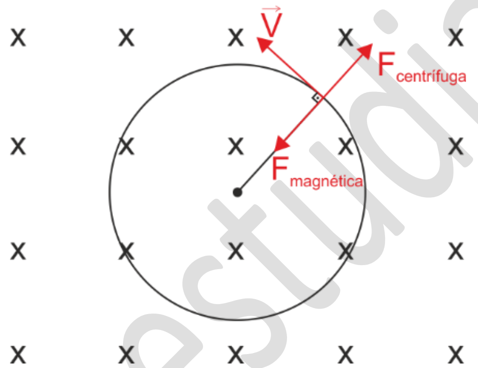
$$-q_\alpha \cdot \Delta V = E_c \rightarrow E_c = -2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot (-5 - 0) \cdot 10^3 = 1{,}6 \cdot 10^{-15}\ \mathrm{J}$$

Despejando la velocidad de la expresión de la energía cinética resulta:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-15}}{6{,}68 \cdot 10^{-27}}} = 6{,}92 \cdot 10^5\ \mathrm{m/s}$$

b) La fuerza magnética originada por el campo es un vector siempre perpendicular al campo magnético y a la velocidad de la partícula, y cuyo módulo es:

$$\left|\vec{F}_{magnética}\right| = qvB = 2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 6{,}92 \cdot 10^5 \cdot 0{,}3 = 6{,}64 \cdot 10^{-14}\ \mathrm{N}$$



Al entrar en el campo magnético, la partícula alfa comienza a describir un movimiento circular uniforme debido a que en la dirección radial el sumatorio de fuerzas es nulo, por lo que:

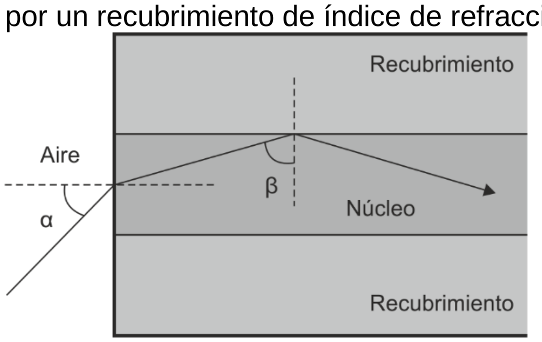
$$\left|\vec{F}_{Centrífuga}\right| = \left|\vec{F}_{magnética}\right| \rightarrow m\frac{v^2}{R} = \left|\vec{F}_{magnética}\right| \rightarrow R = \frac{mv^2}{\left|\vec{F}_{magnética}\right|}$$

Por tanto:

$$R = \frac{6{,}68 \cdot 10^{-27} \cdot (6{,}92 \cdot 10^5)^2}{6{,}64 \cdot 10^{-14}} = 0{,}048\ \mathrm{m}$$

Ejercicio 4. (Calificación máxima: 2 puntos)

Una fibra óptica de vidrio posee un núcleo con un índice de refracción de 1,55, rodeado por un recubrimiento de índice de refracción de 1,45.



Determine:
a) El ángulo mínimo β que debe tener un rayo que viaja por la fibra óptica a partir del cual se produce reflexión total interna entre el núcleo y el recubrimiento.
b) El ángulo máximo de entrada α a la fibra para que un rayo viaje confinado en la región del núcleo.

Solución:

a) Hay que aplicar la ley de Snell teniendo en cuenta que el ángulo del rayo refractado es de 90º y, por tanto, nos están pidiendo el ángulo límite:

$$n_i \operatorname{sen}\hat{i} = n_r \operatorname{sen}\hat{r} \rightarrow n_{núcleo} \operatorname{sen}\widehat{\beta_{lím}} = n_{recubrimiento} \operatorname{sen} 90°$$

Por tanto:

$$1{,}55 \cdot \operatorname{sen}\widehat{\beta_{lím}} = 1{,}45 \cdot \operatorname{sen} 90° \rightarrow \widehat{\beta_{lím}} = \arcsen\left(\frac{1{,}45}{1{,}55} \cdot 1\right) = 69{,}31°$$

b) Para que el rayo viaje confinado debe ocurrir que el ángulo con el que incide desde el exterior tenga un ángulo de desviación respecto a la normal igual al complementario del apartado anterior, por ser las normales perpendiculares en una y otra situación. Esto es:

$$n_i \operatorname{sen}\hat{i} = n_r \operatorname{sen}\hat{r} \rightarrow n_{aire} \operatorname{sen}\hat{\alpha} = n_{núcleo} \operatorname{sen}(90° - \widehat{\beta_{lím}})$$

Por tanto:

$$1{,}00 \cdot \operatorname{sen}\hat{\alpha} = 1{,}55 \cdot \operatorname{sen} 20{,}69° \rightarrow \hat{\alpha} = \arcsen\left(\frac{1{,}55}{1{,}00} \cdot 0{,}3533\right) = 33{,}21°$$

Ejercicio 5. (Calificación máxima: 2 puntos)

Para observar el efecto fotoeléctrico sobre un metal que posee una función de trabajo de 2,1 eV se utiliza una lámpara de Cd que emite en cuatro líneas espectrales de distinta longitud de onda: línea roja a 643,8 nm; línea verde a 538,2 nm; línea azul a 480,0 nm y línea violeta a 372,9 nm.
a) ¿Qué líneas espectrales provocarán el efecto fotoeléctrico en ese material? Justifique la respuesta. Calcule la energía cinética máxima de los fotoelectrones si se utiliza la línea espectral azul.
b) Determine la longitud de onda de De Broglie asociada a los fotoelectrones con energía cinética máxima utilizando la línea azul. ¿Podrían ser considerados esos electrones como relativistas? Justifique la respuesta.
Datos: Velocidad luz en el vacío, $c=3\cdot10^{8}$ m/s; Constante de Planck, $h=6{,}63\cdot10^{-34}$ Js; Valor absoluto de la carga del electrón, $e=1{,}60\cdot10^{-19}$ C; Masa en reposo del electrón, $m_e=9{,}1\cdot10^{-31}$ kg.

Solución:

a) Producirán efecto fotoeléctrico aquellas líneas espectrales en las que se cumpla que:

$$E \geq W_0 \rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} \geq h \cdot \frac{c}{\lambda_0} \rightarrow \lambda \leq \lambda_0$$

Así que habrá que calcular la longitud de onda umbral y compararla con las de las distintas líneas espectrales:

$$W_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda_0} \rightarrow \lambda_0 = \frac{h \cdot c}{W_0} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{2{,}1 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} = 591{,}96 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m}$$

Las longitudes de onda cuyo valor es menor que el valor umbral y, por tanto, producen efecto fotoeléctrico son las de las líneas espectrales verde, azul y violeta.

En el caso de la línea azul, despejando la energía cinética máxima de la ecuación del efecto fotoeléctrico se tiene que:

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} = W_0 + E_{c_{max}} \rightarrow E_{c_{max}} = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_0$$

Resultando un valor de:

$$E_{c_{max}} = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{480 \cdot 10^{-9}} - 2{,}1 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} = 7{,}84 \cdot 10^{-20}\ \mathrm{J}$$

b) Para calcular la longitud de onda de De Broglie asociada a los fotoelectrones con energía cinética máxima utilizando la línea azul es necesario obtener el valor de la velocidad adquirida por los electrones:

$$E_{c_{max}} = \frac{1}{2} \cdot mv^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_{c_{max}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7{,}84 \cdot 10^{-20}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}}} = 4{,}15 \cdot 10^5\ \mathrm{m/s}$$

Por tanto la longitud de onda de De Broglie es:

$$\lambda_{\mathrm{De\ Broglie}} = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 4{,}15 \cdot 10^5} = 1{,}76 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{m}$$

Al ser la velocidad adquirida por los electrones menor inferior al 1% de la velocidad de la luz, es correcta la hipótesis no relativista.