Universidad de Castilla La Mancha – Septiembre – 2016

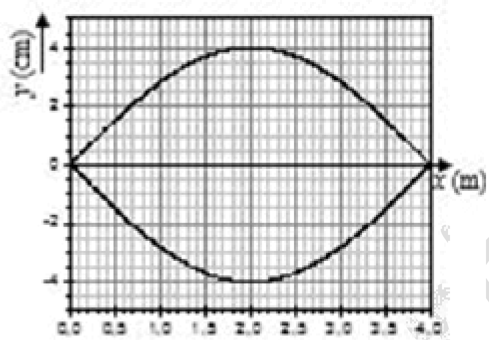
Opción A

Problema 1.- En una cuerda tensa de 4 m de longitud sujeta por ambos extremos se excita el primer armónico de una onda estacionaria, el cual presenta el aspecto visual que se muestra en el esquema. La ecuación de onda es $y = 0.04 \cdot sen\,\frac{\pi x}{4} \cdot cos\,32\pi t$, donde x, y están en metros y t en segundos.

a) ¿Cuál es la velocidad de propagación de las ondas transversales en esta cuerda? ¿Cuánto tiempo tarda la cuerda en una oscilación completa?

b) ¿Con qué amplitud vibra la cuerda en el punto situado en la posición x = 1 m de la figura? ¿Cuál es la máxima velocidad de vibración de ese punto?

c) Calcular la frecuencia y longitud de onda del segundo armónico y escribir su ecuación, suponiendo que la amplitud se mantiene invariable.



De la ecuación de la onda podemos deducir la amplitud, la frecuencia angular y el número de onda:

$$\begin{matrix} y = 2A \cdot sen\,kx \cdot cos\,\omega t \\ y = 0.04 \cdot sen\,\frac{\pi x}{4} \cdot cos\,32\pi t \end{matrix} \rightarrow \begin{cases} A = 0.02\,m \\ \omega = 32\pi\,{rad}/{s} \\ k = \frac{\pi}{4}\,rad \end{cases}$$

La velocidad de propagación es:

$$v = \lambda \cdot f = \frac{2\pi}{k} \cdot \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\omega}{k} = \frac{32\pi}{\pi/4} \rightarrow \boldsymbol{v = 128\ {m}/{s}}$$

El tiempo que tarda la cuerda en una oscilación completa es igual al periodo:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{32\pi} \rightarrow \boldsymbol{T = 0.0625\,s}$$

La amplitud de la vibración depende de la posición según:

$$A(x) = 2A \cdot sen\,kx \rightarrow A(x) = 0.04 \cdot sen\,\frac{\pi x}{4} \rightarrow A(1) = 0.04 \cdot sen\,\frac{\pi}{4} \rightarrow \boldsymbol{A(1) = 0.028\,m}$$

La velocidad de propagación la calculamos derivando:

$$v = \frac{dy}{dt} = 0.04 \cdot sen\,\frac{\pi x}{4} \cdot (-32\pi\,sen\,32\pi t) \xrightarrow{x=1} \boldsymbol{v = -1.28\pi \cdot sen\,\frac{\pi}{4} \cdot sen\,32\pi t}$$

La velocidad será máxima cuando $sen\,32\pi t = -1$:

$$v_{máx} = 1.28\pi \cdot sen\,\frac{\pi}{4} \rightarrow \boldsymbol{v_{máx} = 2.84\ {m}/{s}}$$

El segundo armónico está caracterizado por:

$$n = 2 \rightarrow \begin{cases} \lambda = \frac{2\ell}{n} \rightarrow \lambda'' = \ell = 4 \rightarrow \boldsymbol{\lambda = 4\,m} \\ f'' = nf = n\frac{\omega}{2\pi} = 2\frac{32\pi}{2\pi} \rightarrow \boldsymbol{f'' = 32Hz} \end{cases}$$

La ecuación para este segundo armónico sería:

$$y_2 = 2A \cdot sen\,k_2 x \cdot cos\,\omega_2 t \rightarrow \begin{cases} k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{4} \rightarrow \boldsymbol{k = \frac{\pi}{2} rad} \\ \omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 32 \rightarrow \boldsymbol{\omega = 64\pi\ {rad}/{s}} \end{cases} \rightarrow \boldsymbol{y_2 = 0.04\ sen\left(\frac{\pi}{2}x\right) cos\ (64\pi\, t)}$$

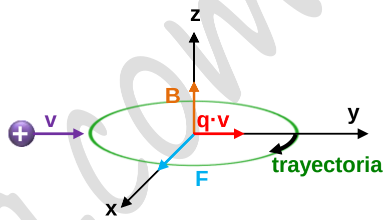
Problema 2.- Una partícula cargada positivamente que viaja a 1000 km/s en la dirección del eje Y, sentido positivo, entra en una región donde hay un campo magnético uniforme de 0.01 T orientado en el sentido positivo del eje Z. Una vez dentro del campo magnético describe una trayectoria circular de 1.04 m de radio. Si la masa de esta partícula es $1.67 \cdot 10^{-27}$ kg, se pide:

a) Dibujar un esquema de la trayectoria que sigue dentro del campo magnético y calcular la carga de la partícula.
b) Hallar la fuerza magnética que actúa sobre la partícula y la aceleración que produce sobre ella. Dibújese esquemáticamente dicha fuerza.
c) ¿Cómo debería disponerse un campo eléctrico en la misma región donde existe el campo magnético para que la partícula atravesara dicha región sin desviarse? ¿Qué módulo, dirección y sentido debería tener ese campo eléctrico? Dibújese esquemáticamente.

La fuerza del campo magnético viene dada por la fuerza de Lorentz:

$$\vec{F} = q\, \vec{v} \, x \, \vec{B}$$

Cuando la carga es positiva, como en este caso, la fuerza magnética tiene el mismo sentido que el producto vectorial $\vec{v} \, x \, \vec{B}$. Es decir, será perpendicular a ambos vectores, actuando como una fuerza centrípeta que cambia la dirección de la partícula pero sin cambiar el módulo de la velocidad. Por tanto, la partícula describirá una trayectoria circular en el plano XY en sentido horario.



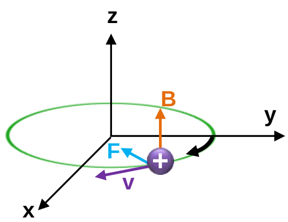
Para que la partícula describa una órbita circular, la fuerza magnética tiene que ser igual a la fuerza centrípeta:

$$\left.\begin{array}{r} |\vec{F_m}| = q \;\; v \;\; B \, sen\, \theta \\ |\vec{F_c}| = m \dfrac{v^2}{R} \end{array}\right\} \rightarrow q \;\; v \;\; B\, sen\,\theta = m\frac{v^2}{R} \rightarrow q = \frac{m\, v}{B\, R\, sen\,\theta} = \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \cdot 10^6}{0.01 \cdot 1.04 \cdot sen\, 90°} \rightarrow \mathbf{q = 1.6 \cdot 10^{-19}\, C}$$

La fuerza magnética tendrá como módulo:

$$|\vec{F_m}| = q \;\; v \;\; B\, sen\,\theta = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^6 \cdot 0.01\, sen\, 90° \rightarrow |\vec{F_m}| = \mathbf{1.6 \cdot 10^{-15}\, N}$$

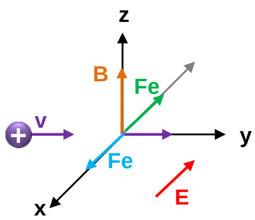
Su dirección y sentido es hacia el interior de la trayectoria (ver figura)



Para calcular las aceleraciones empleamos la ley fundamental de la dinámica:

$$F = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{1.6 \cdot 10^{-15}}{1.67 \cdot 10^{-27}} \rightarrow \mathbf{a = 9.58 \cdot 10^{11}\, {}^{m}/_{s^2}}$$

El vector de la fuerza eléctrica tendrá que ser opuesto al vector de la fuerza magnética, para que así los efectos queden anulados y la partícula pueda atravesar la región sin desviarse. Por tanto, la dirección y sentido del campo eléctrico es en sentido negativo del eje X.



Su módulo será:

$$\left.\begin{array}{r} |\vec{F_e}| = q \;\; E \\ |\vec{F_m}| = q \;\; v \;\; B \end{array}\right\} \rightarrow |\vec{F_e}| = |\vec{F_m}| \rightarrow q\, E = q\, v\, B \rightarrow E = v\, B = 10^6 \cdot 0.01 \rightarrow |\vec{E}| = \mathbf{10^4\, {}^{V}/_{m}}$$

Cuestión 1.- Dos satélites artificiales describen órbitas circulares alrededor de un planeta de radio R, siendo los radios de sus órbitas respectivas 1,050R y 1,512R. ¿Cuál es la relación entre las velocidades orbitales de ambos satélites? ¿Qué satélite lleva mayor velocidad?

Para que los satélites no se salgan de su órbita: $|\vec{F_g}| = |\vec{F_c}|$

$$\left.\begin{array}{r} |\vec{F_g}| = G \dfrac{m \cdot M}{R^2} \\ |\vec{F_c}| = m \cdot a_c = m \cdot \dfrac{v^2}{R} \end{array}\right\} \rightarrow G \frac{m \cdot M}{R^2} = m \frac{v^2}{R} \rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}}$$

Para cada satélite:

$$\left.\begin{aligned} v_1 &= \sqrt{\frac{G\cdot M}{R_1}} \\ v_2 &= \sqrt{\frac{G\cdot M}{R_2}} \end{aligned}\right\} \rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} = \sqrt{\frac{1.512R}{1.050R}} \rightarrow \boldsymbol{\frac{v_1}{v_2} = 1.20}$$

Es decir, el satélite 1 tiene una velocidad 1,20 veces mayor que el satélite 2.

Cuestión 2.- ¿Qué es la constante de desintegración radiactiva de un isótopo? Si la constante de desintegración radiactiva del isótopo ^{228}Ra es 0.1205 años^{-1}, calcular su periodo de semidesintegración (semivida).

La desintegración radiactiva es un proceso por el cual isótopos radiactivos inestables tratan de adquirir una mayor estabilidad emitiendo radiactividad (partículas y energía), transformándose en otros más estables. Es imposible predecir cuándo se va a desintegrar un isótopo radiactivo determinado, sin embargo, se puede saber cuántos van a desintegrarse (o quedar) al cabo de un cierto tiempo:

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

Lamda es la constante de desintegración (constante de primer orden), es característica de cada isótopo radiactivo y representa la probabilidad de desintegración por unidad de tiempo.

El periodo de semidesintegración es el tiempo que tardan en desintegrarse la mitad de los isótopos presentes:

$$t_{1/2} = \frac{Ln\ 2}{\lambda} = \frac{Ln\ 2}{0.1205} \rightarrow \boldsymbol{t_{1/2} = 5.75\ años}$$

Cuestión 3.-

a) Explicar brevemente a qué se llama frecuencia umbral (o frecuencia de corte) en el efecto fotoeléctrico.
b) Si la frecuencia umbral del cesio es de $5.17\cdot10^{14}$ Hz, ¿se producirá algún efecto sobre este metal si lo iluminamos con luz roja de 632 nm? (Velocidad de la luz $3\cdot10^{8}$ m/s; 1 nm = 10^{-9} m).

El efecto fotoeléctrico es el proceso por el cual se liberan electrones de un metal por la acción de la radiación. Como en un metal no todos los electrones están ligados con idéntica fuerza, se le llama trabajo de extracción a la energía mínima necesaria para arrancar un electrón de un metal venciendo las fuerzas de ligadura. Si un fotón le comunica su energía el electrón saltará del metal con una energía cinética igual a la diferencia entre la energía absorbida y la empleada en romper las fuerzas de ligadura.

$$E_{incidente} = W_{ext} + E_{cinética}$$

El trabajo de extracción está asociado a una frecuencia denominada frecuencia umbral, que es la frecuencia mínima de la radiación electromagnética incidente por debajo de la cual no se produce emisión de fotones:

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

Si iluminamos el cesio con luz roja de longitud de onda 632 nm, lo haremos con una frecuencia:

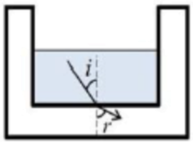
$$f_{roja} = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\cdot10^{8}}{632\cdot10^{-9}} \rightarrow \boldsymbol{f_{roja} = 4.75\cdot10^{14} Hz}$$

Como la frecuencia de la luz roja es menor que la frecuencia umbral del cesio ($5.17\cdot10^{14}$ Hz), quiere decir que **no se producirá el efecto fotoeléctrico**.

Cuestión Experimental.- Se tiene una cubeta de vidrio parcialmente llena con un líquido de índice de refracción 1.56. Cuando la luz llega al fondo de la cubeta, se observa que se refracta alejándose de la normal (ver figura). Se hacen las tres medidas de ángulo de incidencia y ángulo de refracción que aparecen en la tabla.

a) Razónese si el índice de refracción del vidrio es mayor o menor que el índice de refracción del líquido que contiene.
b) Calcular el índice de refracción del vidrio.

iº	rº
12	12.5
18	18.7
28	29.2



La refracción sigue la Ley de Snell:

$$n_{liquido}\, sen\, \hat{\imath} = n_{vidrio}\, sen\, \hat{r} \rightarrow \frac{n_{liquido}}{n_{vidrio}} = \frac{sen\, \hat{r}}{sen\, \hat{\imath}}$$

Si nos fijamos en la tabla, conforme aumenta el ángulo de incidencia, también lo hace el refractado. Por tanto, aplicando la relación anterior:

$$\hat{r} > \hat{\imath} \rightarrow sen\, \hat{r} > sen\, \hat{\imath} \rightarrow n_{liquido} > n_{vidrio}$$

Para calcular el índice de refracción aplicamos la ley de Snell a los datos de la tabla:

$$n_{vidrio} = \frac{sen\, \hat{\imath}}{sen\, \hat{r}} \cdot n_{liquido} \rightarrow n_{vidrio} = 1.56 \cdot \frac{sen\, \hat{\imath}}{sen\, \hat{r}}$$

iº	rº	$sen\, \hat{\imath}$	$sen\, \hat{r}$	n_{vidrio}
12	12.5	0.2079	0.2162	1.5
18	18.7	0.3090	0.3214	1.5
28	29.2	0.4695	0.4882	1.5

$$n_{vidrio} = \frac{1.5 + 1.5 + 1.5}{3} \rightarrow n_{vidrio} = 1.5$$

Opción B

Problema 1.- Un satélite artificial de masa m = 500 kg se encuentra en órbita ecuatorial geoestacionaria.

a) Determinar cuál es la velocidad angular del satélite y a qué altura se encuentra por encima de la superficie de la Tierra.
b) Explicar y calcular qué energía deberíamos suministrar a este satélite en su órbita para alejarlo indefinidamente de la Tierra de modo que alcanzase el infinito con velocidad cero.
c) Supongamos un meteorito que se acerca a la Tierra viajando a 20 km/s cuando está a la misma distancia que el satélite geoestacionario. ¿Con qué velocidad se estrellará contra la superficie? (Despreciamos los efectos de rozamiento con la atmósfera).

Datos. Constante de gravitación G = $6.67 \cdot 10^{-11}$ N·m²·kg⁻².
Datos de la Tierra: masa M = $5.98 \cdot 10^{24}$ kg; radio R = 6370 km; periodo rotación T = 86400 s.

Un satélite geoestacionario es aquel que siempre se encuentra sobre el mismo punto terrestre, es decir, tiene el mismo periodo de rotación que la tierra (1 día = 24 h). Por tanto:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{24 \cdot 3600} \rightarrow \omega = 7.27 \cdot 10^{-5}\, {rad}/{s}$$

Para calcular la altura del satélite, tenemos en cuenta que para que no se salga de su órbita $|\vec{F_g}| = |\vec{F_c}|$:

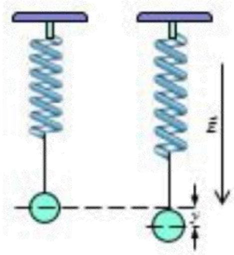
$$\left. \begin{array}{l} |\vec{F_g}| = G\, \dfrac{m \cdot M}{R^2} \\ |\vec{F_c}| = m\, \omega^2\, R \end{array} \right\} \rightarrow G\, \frac{m \cdot M}{R^2} = m\, \omega^2\, R \rightarrow R = \sqrt[3]{\frac{G\, M}{\omega^2}} = \sqrt[3]{\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 5.98 \cdot 10^{24}}{(7.27 \cdot 10^{-5}\ )^2}} \rightarrow R = 4.225 \cdot 10^{7}\, m$$

El radio de la órbita será el radio total menos el radio terrestre:

$$R_O = R - R_T = 4.225 \cdot 10^7 - 6370 \cdot 10^3 \rightarrow R_O = 3.58 \cdot 10^6 m = 35889\, km$$

Para que el satélite se escape de la acción del campo gravitatorio terrestre, hay que suministrarle como mínimo una energía suficiente como para que su energía mecánica total sea nula. De esta forma, llegará al infinito con velocidad cero.
La energía cinética será:

$$\left.\begin{array}{l}\left|\vec{F_g}\right| = \left|\vec{F_c}\right| \rightarrow G\,\dfrac{m \cdot M}{R^2} = m\,\dfrac{v^2}{R} \rightarrow v^2 = \dfrac{G\,M}{R} \\ E_C = \dfrac{1}{2} m\, v^2\end{array}\right\} \rightarrow E_C = \frac{1}{2} m\,\frac{G\,M}{R} \rightarrow \boldsymbol{E_C = G\,\frac{M\,m}{2R}}$$



$$E_m = E_C + E_P = G\,\frac{M\,m}{2R} - G\,\frac{M\,m}{R} \rightarrow \boldsymbol{E_m = -G\,\frac{M\,m}{2R}} = -6.67 \cdot 10^{-11}\,\frac{5.98 \cdot 10^{24} \cdot 500}{2 \cdot 4.225 \cdot 10^{7}} \rightarrow \boldsymbol{E_m} = \boldsymbol{-2.36 \cdot 10^{9} Jul}$$

Por tanto, habrá que aplicarle una energía como mínimo de $2.36 \cdot 10^{9}$ Jul.

Si despreciamos el rozamiento con la atmósfera, la energía mecánica del meteorito permanecerá constante a lo largo de su caída a la Tierra. Si tenemos en cuenta el momento en el que está a la misma altura que el satélite geoestacionario ($R = 4.225 \cdot 10^{7}$ m y $v = 2 \cdot 10^{4}$ $m \cdot s^{-1}$) y el momento en el que llega a la superficie terrestre:

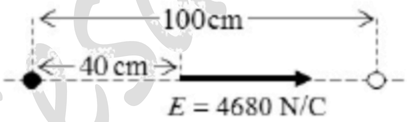
$$\left.\begin{array}{l} E_O = \dfrac{1}{2} m\, v_O^2 - G\,\dfrac{M\,m}{R_O} \\ E_{Sup} = \dfrac{1}{2} m\, v_{Sup}^2 - G\,\dfrac{M\,m}{R_{Sup}}\end{array}\right\} \rightarrow E_O = E_{Sup} \rightarrow \frac{1}{2} m\, v_O^2 - G\,\frac{M\,m}{R_O} = \frac{1}{2} m\, v_{Sup}^2 - G\,\frac{M\,m}{R_{Sup}} \rightarrow v_{Sup} = \sqrt{2\,G\,M\left(\frac{1}{R_{Sup}} - \frac{1}{R_O}\right) + v_O^2}$$

$$= \sqrt{2 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 5.98 \cdot 10^{24}\left(\frac{1}{6370 \cdot 10^{3}} - \frac{1}{4.225 \cdot 10^{7}}\right) + (2 \cdot 10^{4})^2} \rightarrow \boldsymbol{v_{Sup} = 22502.25\ {}^{m}/_{s}}$$

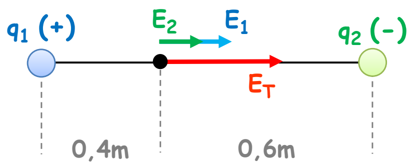
Problema 2.- Dos cargas puntuales del mismo valor y signos opuestos están separadas por una distancia de 100 cm. En el punto intermedio situado a 40 cm de la carga de la izquierda el campo eléctrico tiene la orientación mostrada en la figura y su valor es 4680 N/C. Se pide:

a) Explicar razonadamente cuál es el signo de cada carga y calcular el valor de dicha carga. Se valorará un esquema apropiado.
b) Calcular la diferencia de potencial entre el punto intermedio situado a 40 cm de la carga de la izquierda y otro punto intermedio situado a 40 cm de la carga de la derecha.
c) Calcular la energía potencial electrostática de estas dos cargas. ¿Cómo interpretamos su signo?

Dato. Constante de la ley de Coulomb $k = 9 \cdot 10^{9}\ N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$.



En el diagrama vemos como el campo eléctrico resultante está orientado hacia la derecha (q_2). Al ser las dos cargas de la misma magnitud, la contribución al campo de la carga de la izquierda (q_1) será mayor al estar más cerca del punto. Por tanto, la única posibilidad es que q_1 sea positiva y q_2 sea negativa:

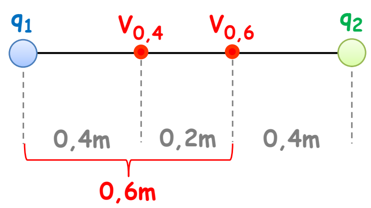


Para calcula la carga, usamos el valor del campo eléctrico resultante, ya que tiene que ser la suma de los dos campos debidos a cada partícula, teniendo en cuenta que $q_1 = q_2$:

$$E_T = E_1 + E_2 = k\,\frac{q}{R_1^2} + k\,\frac{q}{R_2^2} \rightarrow 4680 = k \cdot q\left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2}\right) \rightarrow q = \frac{4680}{k \cdot \left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2}\right)} = \frac{4680}{9 \cdot 10^{9} \cdot \left(\frac{1}{0.4^2} + \frac{1}{0.6^2}\right)} \rightarrow \boldsymbol{q = 5.76 \cdot 10^{-8} C}$$

Por tanto, q_1 = +0.057 μC y q_2 = -0.057 μC

La diferencia de potencial eléctrico entre ambos puntos será:



$$\Delta V = V_{0.6} - V_{0.4}$$

El potencial a 0.6 m de q_1 será:

$$V_{0.6} = V_1 + V_2 = k\,\frac{q_1}{R_1} + k\,\frac{q_2}{R_2} = k\left(\frac{q_1}{R_1} + \frac{q_2}{R_2}\right) = 9 \cdot 10^{9}\left(\frac{5.76 \cdot 10^{-8}}{0.6} + \frac{-5.76 \cdot 10^{-8}}{0.4}\right) \rightarrow \boldsymbol{V_{0.6} = -432\ V}$$

El potencial a 0.4 m de q_1 será:

$$V_{0.4} = V_1 + V_2 = k\left(\frac{q_1}{R_1} + \frac{q_2}{R_2}\right) = 9 \cdot 10^9 \left(\frac{5.76 \cdot 10^{-8}}{0.4} + \frac{-5.76 \cdot 10^{-8}}{0.6}\right) \rightarrow \boldsymbol{V_{0.4} = +432\,V}$$

Con lo que la diferencia de potencial será:

$$\Delta V = V_{0.6} - V_{0.4} = -432 - 432 \rightarrow \boldsymbol{\Delta V = -864\,V}$$

El signo negativo de la ΔV, nos indica que si queremos separar estas dos cargas tendremos que aportar trabajo (W > 0):

$$W = -q\,\Delta V \rightarrow si\ \Delta V < 0 \rightarrow W > 0$$

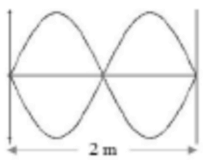
La energía potencial electrostática viene dada por:

$$E_p = k\frac{q_1 \cdot q_2}{R} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5.76 \cdot 10^{-8} \cdot (-5.76 \cdot 10^{-8})}{1} \rightarrow \boldsymbol{E_p = -2.99 \cdot 10^{-5} Jul}$$

El signo negativo de la E_p nos quiere decir, al igual que antes, que si queremos separar estas dos cargas tendremos que aportar trabajo (W > 0). Como el campo eléctrico es conservativo, el trabajo es igual a la variación de energía potencial:

$$\left.\begin{array}{l} W = -q\,\Delta V \\ \Delta V = \dfrac{\Delta E_p}{q} \end{array}\right\} \rightarrow W = -q\,\frac{\Delta E_p}{q} \rightarrow W = -E_p \rightarrow si\ E_p < 0 \rightarrow W > 0$$

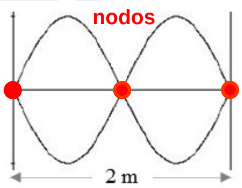
Cuestión 1.- Estudiamos una onda estacionaria en una cuerda tensa de 2 m de longitud fija por ambos extremos, en la cual la velocidad de propagación de las ondas transversales es 34 m/s. La onda estacionaria está representada en la figura. ¿De qué armónico se trata? ¿Cuál es su frecuencia? Contestar razonadamente.



Las ondas estacionarias en una cuerda se deben a la superposición de ondas viajeras idénticas que se propagan por la cuerda en sentidos opuestos. La condición necesaria para que se formen es que su longitud sea:

$$\ell = n \cdot \frac{\lambda}{2}$$

Siendo n un número entero que corresponde con el armónico. Por otro lado, la mitad de la longitud de onda es la distancia que hay entre dos vientres o nodos consecutivos, por tanto:



$$\frac{\lambda}{2} = 1 \rightarrow \boldsymbol{\lambda = 2m} \rightarrow n = \frac{2\,\ell}{\lambda} = \frac{2 \cdot 2}{2} \rightarrow \boldsymbol{n = 2}$$

Es decir, se trata del **segundo armónico**.
La frecuencia la calculamos a partir de la expresión de la velocidad de propagación:

$$v = \lambda \cdot f \rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{34}{2} \rightarrow \boldsymbol{f = 17\,Hz}$$

Cuestión 2.- Enunciado de la ley de Ampère. ¿Cómo puede utilizarse para calcular el campo magnético en un punto situado en las inmediaciones de un conductor rectilíneo muy largo que conduce una corriente constante?

La ley de Àmpere nos permite calcular campos magnéticos a partir de las corrientes eléctricas:

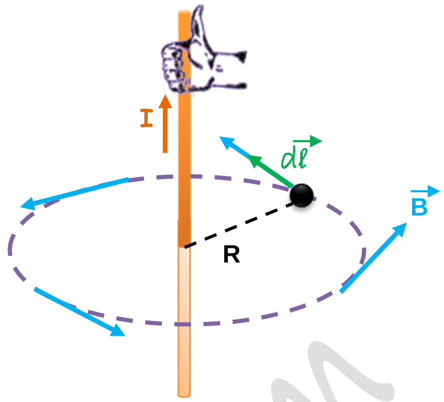
$$\oint \vec{B}\,d\vec{\ell} = \mu_0\,I_T$$

La integral del primer miembro es la circulación o integral de línea del campo magnético a lo largo de una trayectoria cerrada, y:

- μ_0 es la permeabilidad del vacío
- $d\vec{\ell}$ es un vector tangente a la trayectoria elegida en cada punto
- I_T es la corriente neta que atraviesa la superficie delimitada por la trayectoria, y será positiva o negativa según el sentido con el que atraviese a la superficie.

Sobre cualquier circunferencia de radio R concéntrica con el conductor rectilíneo, el módulo del campo magnético será el mismo, ya que todos los puntos de la circunferencia se encuentran a igual distancia de los elementos de corriente que constituyen las fuentes del campo magnético (ver figura). Además, existen tantos elementos de corriente a un lado como a otro del plano determinado por la superficie del círculo delimitado por la circunferencia, que el campo magnético debe estar contenido por simetría en el plano de dicho círculo, y debe ser paralelo al elemento de longitud tangente a la circunferencia.

El sentido del campo magnético nos lo da la regla de la mano derecha.



$$\oint \vec{B}\, d\vec{\ell} = \oint B\ d\ell \cos 0° = B \oint d\ell = B \cdot 2\pi R = \mu_0\, I \rightarrow \boldsymbol{B} = \frac{\boldsymbol{\mu_0\, I}}{\boldsymbol{2\pi R}}$$

Cuestión 3.- El Sol convierte cada segundo 600 millones de toneladas de hidrógeno en 596 millones de toneladas de helio. Estimar a partir de este dato cuánta potencia irradia el Sol (energía por unidad de tiempo). Velocidad de la luz c = $3 \cdot 10^8$ m/s.

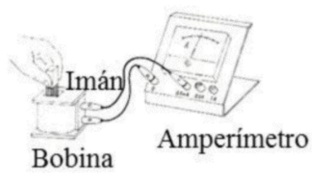
La masa se convierte en energía según la ecuación de Einstein:

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

La masa convertida por unidad de tiempo es la potencia:

$$\mathcal{P} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\Delta m \cdot c^2}{\Delta t} = \frac{(600 - 596) \cdot 10^6 \cdot 10^3 \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{1\ seg} \rightarrow \boldsymbol{\mathcal{P} = 3.6 \cdot 10^{26}\ W}$$

Cuestión Experimental.- En una demostración de Física el profesor toma un imán potente, lo introduce rápidamente en el hueco de una bobina formada por espiras de cobre estrechamente arrolladas y después lo deja inmóvil dentro del hueco. La bobina se encuentra conectada con un amperímetro como se indica en el esquema. Acerca de lo que sucede al realizar esta experiencia, indicar cuál de las siguientes opciones es la correcta y explicar por qué.



a) La aguja del amperímetro no se mueve en ningún momento porque no hay ninguna fuente de corriente en la bobina.
b) La aguja del amperímetro se mueve indicando el paso de corriente mientras el imán se está moviendo y cuando el imán se queda inmóvil vuelve a marcar cero.
c) La aguja del amperímetro se mueve indicando el paso de corriente mientras el imán se está acercando y cuando el imán se queda finalmente inmóvil alojado dentro del hueco, el amperímetro marca el máximo de corriente porque el campo magnético cuando el imán está dentro de la bobina es el máximo posible.

La opción correcta es la **b** ya que mientras el imán se acerca, el campo magnético en cada punto de la superficie de las espiras de cobre, va aumentando. Esto ocasiona la variación del flujo magnético a través de la bobina (ley de Faraday) que origina una fuerza electromotriz inducida en el cobre. Es decir, en el conductor aparece un campo eléctrico inducido por la variación de flujo magnético. Este campo eléctrico es capaz de mover las cargas libres del conductor, produciendo una corriente eléctrica que es registrada por el amperímetro.

Sin embargo, cuando el imán se queda quieto, aunque a través del conductor exista un flujo magnético, no habrá variación de flujo y por tanto, no habrá ni fuerza electromotriz inducida ni corriente (aguja del amperímetro inmóvil).