UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

PRUEBAS DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD

LOGSE – JUNIO 2009

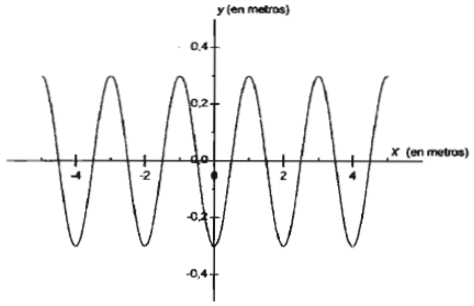
FÍSICA

INDICACIONES

1. El alumno elegirá tres de las cinco cuestiones propuestas, así como sólo una de las dos opciones de problemas.
2. No deben resolverse problemas de opciones diferentes, ni tampoco más de tres cuestiones.

PROBLEMAS [2 PUNTOS CADA UNO]

Opción de problemas nº 1



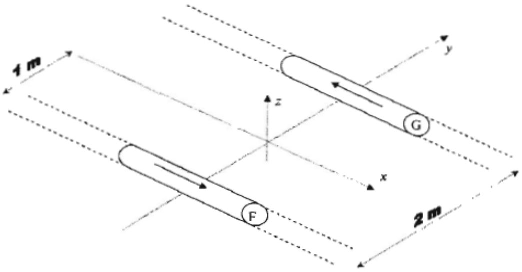
1-1. La expresión matemática de una onda transversal que se propaga por una cuerda es: $y(x,t) = 0.3 \cos[\pi(10t - x)]$ en unidades del Sistema Internacional.

a) [0,5 PUNTOS] ¿En qué dirección y sentido se propaga la onda? ¿En qué dirección se mueven los puntos de la cuerda?

b) [0,5 PUNTOS] Hallar la velocidad transversal máxima de un punto de la cuerda.

c) [0,5 PUNTOS] Hallar la amplitud, el periodo, la frecuencia y la longitud de onda.

d) [0,5 PUNTOS] La figura representa la situación de una sección de la cuerda en cierto instante; ¿es ese instante $t = 0$ o $t = T/2$, donde T es el periodo? ¿A qué otros instantes podría corresponder la figura?



1-2. Sean dos cables conductores rectilíneos, situados en el plano OXY, paralelos al eje OX y tan largos que se pueden considerar indefinidos. La distancia entre los cables es de 2 m y ambos distan 1 m del eje OX, como indica la figura. Por el cable F circulan 10 A y por el G, 20 A en sentido contrario.

a) [0,5 PUNTOS] ¿Cuál es la dirección del campo magnético total creado por los cables en cualquier punto del eje OY?

b) [1 PUNTO] Hallar en qué punto del eje OY el campo magnético total es nulo.

c) [0,5 PUNTOS] ¿Es la fuerza magnética que cada conductor ejerce sobre el otro atractiva o repulsiva?

Nota: razonar las respuestas.

Opción de problemas nº 2

2-1. La Luna describe una órbita circular alrededor de la Tierra, que se puede considerar inmóvil.

a) [0,5 PUNTOS] Hallar la velocidad de la Luna en su órbita.

b) [0,5 PUNTOS] Hallar el periodo del movimiento de la Luna.

c) [0,5 PUNTOS] Hallar la energía cinética de la Luna.

d) [0,5 PUNTOS] Hallar la energía total.

Datos: constante de gravitación universal $G = 6.67\ 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}, masa de la Tierra = $5.97\ 10^{24}$ kg, distancia Tierra-Luna = 384000 km, masa de la Luna = $7.35\ 10^{22}$ kg.

2-2. En una pieza extraída de una central nuclear existen 10^{20} núcleos de un material radiactivo cuyo periodo de semidesintegración es de 29 años.

a) [1 PUNTO] Hallar el número de núcleos que se desintegran a lo largo del primer año.

b) [1 PUNTO] Si la pieza se considera segura cuando su actividad es menor de 600 desintegraciones por segundo, hallar cuantos años han de transcurrir para que se alcance dicha actividad.

CUESTIONES [2 PUNTOS CADA UNA]

A. Una partícula de masa $m = 4$ kg realiza un movimiento armónico simple a lo largo del eje OX, entre los puntos $x = -5\ m$ y $x = 5\ m$. En el instante inicial la partícula pasa por $x = 0\ m$ con velocidad $\vec{v} = 3\,\vec{i}\ m/s$.

a) [0,5 PUNTOS] Calcular la frecuencia angular (pulsación) y el periodo del movimiento.

b) [0,5 PUNTOS] Calcular la posición de la partícula en función del tiempo.

c) [0,5 PUNTOS] Calcular la velocidad de la partícula en función del tiempo.

d) [0,5 PUNTOS] Calcular la energía total; ¿es esta energía función del tiempo?

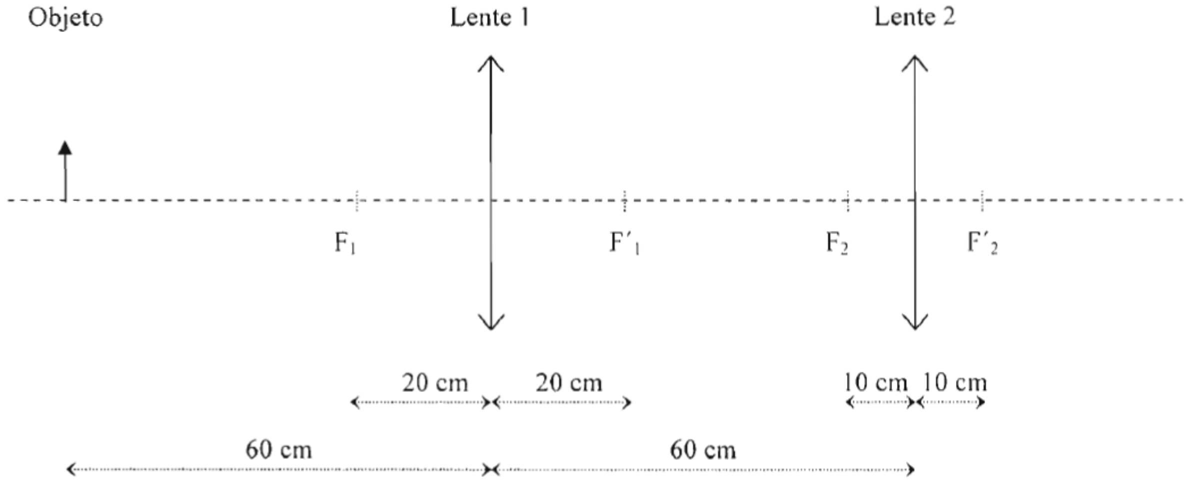
B. Dos lentes delgadas convergentes forman el sistema óptico centrado que muestra la figura. La focal de la primera lente es 20 cm, y la de la segunda 10 cm. La distancia entre las lentes es 60 cm. Un objeto perpendicular al eje óptico de las lentes se sitúa 60 cm a la izquierda de la primera lente.

a) [1 PUNTO] Obtener la imagen del objeto a través de las dos lentes mediante trazado de rayos.

b) [0,5 PUNTOS] Indicar si esta imagen es real o virtual, derecha o invertida, mayor o menor que el objeto.

c) [0,5 PUNTOS] Calcular numéricamente la posición de esta imagen.

Nota: explicar el procedimiento seguido para trazar los rayos y razonar las respuestas.



C. La siguiente tabla muestra la distancia entre dos objetos idénticos y la correspondiente fuerza gravitatoria entre ellos.

a) [0,5 PUNTOS] Completar los datos que faltan en la tabla.

b) [0,5 PUNTOS] Hallar la masa de los objetos.

c) [1 PUNTO] Hallar el peso de los objetos sobre la superficie de la Tierra y de la Luna.

Datos: constante de gravitación universal $G = 6.67\ 10^{-11}\ N\ m^2\ kg^{-2}$, aceleración de la gravedad en la superficie terrestre $g = 9.8\ m/s^2$, masa de la Luna = 0.012 masa de la Tierra, radio lunar = 0.27 radio terrestre.

Distancia entre los objetos (m)	Fuerza gravitatoria (N)
	$14.4\ 10^{-9}$
0.1	$3.6\ 10^{-9}$
0.2	
0.3	

D. Una carga puntual de 2 μC realiza un movimiento rectilíneo uniforme con velocidad $\vec{v} = 2\vec{i}\ m/s$ en una región donde existen un campo eléctrico y un campo magnético uniformes. El campo magnético es $\vec{B} = 5\vec{j}$ T.

a) [0,5 PUNTOS] Calcular el valor y la dirección de la fuerza magnética que actúa sobre la carga.

b) [1 PUNTO] Calcular el valor y la dirección del campo eléctrico.

c) [0,5 PUNTOS] Calcular el trabajo que el campo eléctrico realiza sobre la carga cuando ésta se desplaza desde el origen al punto $(x = 5,\ y = 0, z = 0)$ m.

E. a) [1 PUNTOS] Hallar longitud de onda asociada a un electrón cuya velocidad es $v = 10^6$ m/s.

b) [1 PUNTO] Hallar la longitud de onda asociada a una partícula de 2 g de masa cuya energía cinética es 10^{16} veces la del electrón.

Datos: masa del electrón $m_{e^-} = 9.1\ 10^{-31}$ kg, constante de Planck $h = 6.6\ 10^{-34}$ J s.

SOLUCIÓN EXAMEN DE SELECTIVIDAD JUNIO DE 2009

PROBLEMAS (2 puntos cada uno)

OPCIÓN 1

1.- La expresión matemática de una onda transversal que se propaga por *m* cuerda es: $\boldsymbol{y\,(x,t) = 0,3\,.\cos\,[\pi\,.\,(10t - x)]}$, en unidades del Sistema Internacional:

a) **(0,5 p)** ¿En qué dirección y sentido se propaga la onda? ¿En qué dirección se mueven los puntos de la cuerda?

Se propaga en el sentido positivo del eje OX, ya que en la fase de la ecuación de la onda existe un signo negativo entre el término espacial y el temporal. Los puntos de la cuerda se mueven transversalmente, vibrando en la dirección del eje OY.

b) **(0,5 p)** Halla la velocidad transversal máxima de un punto de la cuerda

$$v = \frac{dy}{dt} = -\,0,3\,.\,10\pi\,.\,\text{sen}\,[\pi\,.\,(10\,.\,t - x)]\,; \qquad v_{máx} \Rightarrow\ \text{sen}\,[\pi\,.\,(10\,.\,t - x)] = \pm 1$$

$$v_{máx} = 3\pi\ \ m/s = \pm\,9,42\ m/s$$

c) **(0,5 p)** Halla la amplitud, el período, la frecuencia y la longitud de onda.

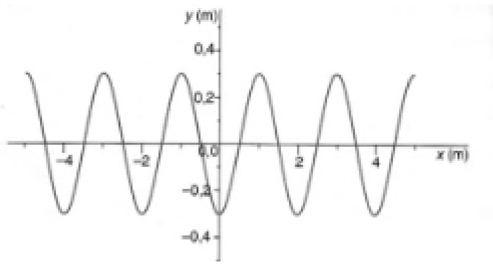
La ecuación general de una onda armónica que se desplaza en el sentido izquierda-derecha es:

$$y\,(x;t) = A\,.\ sen\ (\omega\,.\,t - k\,.\,x\ +\ \varphi_0) = A\,.\ sen\left(2\pi\,.\,f\,.\,t - \frac{2\pi}{\lambda}\,.\,x + \varphi_0\right)$$

Por identificación:

$$A = 0,3\ \ m; \qquad \frac{2\pi}{T} = 10\pi\ \Rightarrow\ T = 0,2\ \ s; \qquad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,2} = 5\ Hz; \qquad \frac{2\pi}{\lambda} = \pi\ \ \Rightarrow\ \lambda = 2\ \ m$$

d) **(0,5 p)** La figura representa la situación de una sección de la cuerda en cierto instante; ¿es ese instante t = 0 o t = T/2, donde T es el período? ¿A qué otros instantes podría corresponder la figura?

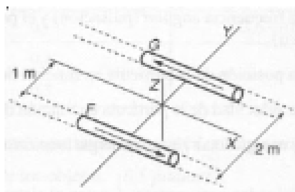


$$y\,(0\,;\,0) = 0,3\,.\cos\,[\pi\,.\,(10\,.\,0 - 0)] = 0,3$$

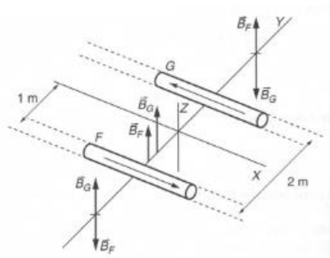
$$y\,(0\,;\,0,1) = 0,3\,.\cos\,[\pi\,.\,(10\,.\,0,1 - 0)] = -\,0,3$$

La gráfica corresponde a t = T/2. También podría corresponder a cualquier instante de tiempo que cumpla la condición: $t = \frac{T}{2} + n\,.\,T = 0,1 + n\,.\,0,2\ \ s,\ \ siendo\ n = 0,1,2,3\,\ldots.$

2.- Sean dos cables conductores rectilíneos, situados en el plano OXY, paralelos al eje OX y tan largos que se pueden considerar indefinidos. La distancia entre los cables es de 2 m y ambos distan 1 m del eje OX, como indica la figura. Por el cable F circulan 10 A, y por el G, 20 A en sentido contrario:



a) **(0,5 p)** ¿Cuál es la dirección del campo magnético total creado por los cables en cualquier punto del eje OY?



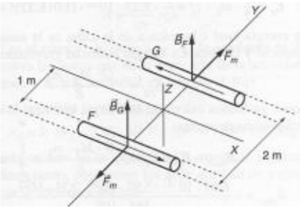
b) **(1 p)** Halla en qué punto del eje OY el campo magnético total es nulo

El campo sólo puede anularse a la izquierda del conductor F. Aunque a la derecha del conductor G los campos son de sentido contrario, B_G es siempre mayor que B_F, ya que la corriente que circula por G es mayor y el punto se encuentra más cerca de G.
Por lo tanto:

$$B_F = B_G \quad \Rightarrow \quad \frac{\mu_0 \, . \, I_F}{2\pi \, . \, x} = \frac{\mu_0 \, . \, I_G}{2\pi \, . \, (2 + x)} \quad \Rightarrow \quad \frac{10}{x} = \frac{20}{(2 + x)} \quad \Rightarrow \quad x = 2 \; m$$

El campo es nulo 2 m a la izquierda del conductor F

c) **(0,5 p)** ¿Es la fuerza magnética que cada conductor ejerce sobre el otro atractiva o repulsiva?



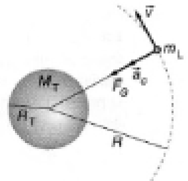
Como podemos ver en el diagrama, entre ambos conductores se ejercen fuerzas repulsivas debido a que las corrientes circulan en sentido contrario.

OPCIÓN 2

1.- La Luna describe una órbita circular alrededor de la Tierra que se puede considerar inmóvil:

DATOS: constante de gravitación universal: G = 6,67.10^{-11} N.m^2.kg^{-2}; masa de la Tierra = 5,97. 10^{24} kg; distancia Tierra-Luna = 384.000 km; masa de la Luna = 7,35. 10^{22} kg.

a) **(0,5 p)** Halla la velocidad de la Luna en su órbita



La fuerza gravitatoria de la Tierra actúa como fuerza centrípeta del movimiento de la Luna:

$$G \, . \, \frac{M_T \, . \, M_L}{R^2} = M_L \, . \frac{v^2}{R} \; \Rightarrow \; v = \sqrt{\frac{G \, . \, M_T}{R}} = \sqrt{\frac{6,67.10^{-11} \, . \, 5,97.10^{24}}{3,84.10^8}} = 1018,3 \; m/s$$

b) **(0,5 p)** Halla el período del movimiento de la Luna

Por tratarse de un movimiento circular uniforme:

$$T = \frac{2\pi \, . \, R}{v} = \frac{2\pi \, . \, 3,84.10^8}{1018,3} = 2,37.10^6 \; s \; = 27,4 \; días$$

c) **(0,5 p)** Halla la energía cinética de la Luna.

$$E_C = \frac{1}{2} \, . \, M_L \, . \, v^2 = \frac{1}{2} \, . \, 7,35.10^{22} \, . \, (1018,3)^2 = 3,81.10^{28} \; J$$

d) **(0,5 p)** Halla la energía total.

$$E_m = E_p + E_C = \frac{-G \, . \, M_T \, . \, M_L}{R} + \frac{1}{2} \, . \, M_L \, . \, v^2 = \frac{-G \, . \, M_T \, . \, M_L}{2 \, . \, R}$$

$$E_m = \frac{-6,67.10^{-11} \, . \, 5,97.10^{24} \, . \, 7,35.10^{22}}{2 \, . \, 3,84.10^8} = -3,81.10^{28} \; J$$

2.- En una pieza extraída de una central nuclear existen 10^{20} núcleos de un material radiactivo cuyo período de semidesintegración es de 29 años.

a) **(1 p)** Halla el número de núcleos que se desintegran a lo largo del primer año.

$$N = N_0 \, . \, e^{-\lambda \, . \, t} = 10^{20} \, . \, e^{-\left(\frac{\ln 2}{29}\right) . \, 1} = 9,76.10^{19} \; átomos \; quedan \; \Rightarrow \; 2,4.10^{18} \; átomos \; desintegrados$$

b) **(1 p)** Si la pieza se considera segura cuando su actividad es menor de 600 desintegraciones por segundo, halla cuántos años han de transcurrir para que se alcance dicha actividad.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{29 \,.\, 365 \,.\, 24 \,.\, 3600} = 7,58.10^{-10} \ s^{-1}$$

$$A_0 = \lambda \,.\, N_0 = 7,58.10^{-10} \,.\, 1.10^{20} = 7,58.10^{10} \ Bq$$

$$A = A_0 \,.\, e^{-\lambda \,.\, t} = A_0 \,.\, e^{-\left(\frac{\ln 2}{T_{1/2}}\right) . \, t} \Rightarrow 600 = 7,58.10^{10} \,.\, e^{-\left(\frac{\ln 2}{29}\right) . \, t} \Rightarrow t = 780,5 \text{ años}$$

CUESTIONES (2 puntos cada una)

A.- Una partícula de masa m = 4 kg realiza un movimiento armónico simple a lo largo del eje *OX*, entre los puntos x = -5 m y x = 5 m. En el instante inicial la partícula pasa por *x* = 0 m con velocidad $\vec{v} = 3 \ \vec{i} \ m/s$

a) **(0,5 p)** Calcula la frecuencia angular (pulsación) y el período del movimiento

La ecuación que relaciona la velocidad de oscilación con la posición es:

$$v = \pm \ \omega \,.\sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow v\,(x = 0) = 3 = \omega \,.\, A \Rightarrow \omega = \frac{3}{A} = \frac{3}{5} = 0,6 \ rad/s$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{0,6} = 10,5 \ s$$

b) **(0,5 p)** Calcula la posición de la partícula en función del tiempo.

Si expresamos la posición en función del seno, tenemos:

$$x\,(t) = A \,.\, sen\,(\omega \,.\, t + \varphi_0) = A \,.\, sen \left(\frac{2\pi}{T} \,.\, t + \varphi_0\right) = 5 \,.\, sen\,(0,6 \,.\, t + \varphi_0)$$

Para calcular el desfase inicial:

$$x\,(t = 0) = 0 \ m \Rightarrow 0 = 5 \,.\, sen \ \varphi_0 \Rightarrow \varphi_0 = arcsen\,0 \Rightarrow \varphi_0 = \begin{cases} 0 \ rad \\ \pi \ rad \end{cases}$$

Como además sabemos que:

$$v = \frac{dx}{dt} = A \,.\, \omega \,.\, cos\,(\omega \,.\, t + \varphi_0)$$

Y que:

$$v\,(t = 0) = A \,.\, \omega \,.\, cos\,(\varphi_0) > 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0 \ rad$$

Por lo que la ecuación del m.a.s. es:

$$x\,(t) = 5 \,.\, sen\,(0,6 \,.\, t) \ \ (m)$$

c) **(0,5 p)** Calcula la velocidad de la partícula en función del tiempo.

$$v\,(t) = \frac{dx}{dt} = 3 \,.\, cos\,(06 \,.\, t) \ \ (^{m}/_{s})$$

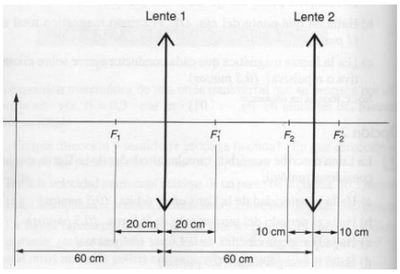
d) **(0,5 p)** Calcula la energía total; ¿es esta energía función del tiempo?

$$E_m = E_p + E_C = \frac{1}{2} \,.\, K \,.\, x^2 + \frac{1}{2} \,.\, m \,.\, v^2$$

$$E_m = \frac{1}{2} \,.\, K \,.\, x^2 + \frac{1}{2} \,.\, K \,.\, (A^2 - x^2) = \frac{1}{2} \,.\, K \,.\, x^2 = \frac{1}{2} \,.\, K \,.\, A^2 = \frac{1}{2} \,.\, m \,.\, \omega^2 \,.\, A^2 = 18 \ J$$

La energía mecánica de un oscilador armónico es constante durante todo el movimiento, no depende del tiempo.

B.- Dos lentes delgadas convergentes forman el sistema óptico centrado que muestra la figura.



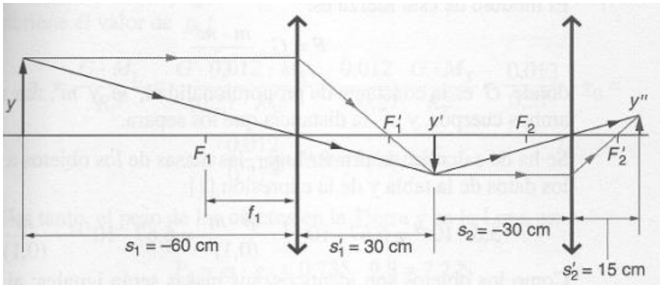
La distancia focal de la primera lente es 20 cm, y la de la segunda, 10 cm. La distancia entre las lentes es 60 cm. Un objeto perpendicular al eje óptico de las lentes se sitúa 60 cm a la izquierda de la primera lente.

NOTA: Explica el procedimiento seguido para trazar los rayos y razona las respuesta

a) **(1 p)** Obtén la imagen del objeto a través de las dos lentes mediante trazado de rayos.

Para construir gráficamente las imágenes de una lente delgada es necesario dibujar al menos la trayectoria de dos rayos y hallar su intersección después de refractarse en la lente. Existen tres rayos cuyas trayectorias pueden ser trazadas fácilmente:

- **Un rayo paralelo al eje óptico una vez refractado pasa por el foco imagen F'**
- **Un rayo que pase por el foco objeto F se refracta paralelo al eje óptico**
- **Un rayo que pase por el centro geométrico de la lente (centro óptico) no se desvía**



b) **(0,5 p)** Indica si esta imagen es real o virtual, derecha o invertida, mayor o menor que el objeto.

Como vemos por el trazado de rayos la imagen es real, derecha y menor

c) **(0,5 p)** Calcula numéricamente la posición de esta imagen.

$$\frac{1}{s_1'} - \frac{1}{s_1} = \frac{1}{f_1'} \Rightarrow \frac{1}{s_1'} - \frac{1}{-60} = \frac{1}{20} \Rightarrow s_1' = 30\ cm$$

$$s_2 = -60 + 30 = -30\ cm; \quad \frac{1}{s_2'} - \frac{1}{s_2} = \frac{1}{f_2'} \Rightarrow \frac{1}{s_2'} - \frac{1}{-30} = \frac{1}{10} \Rightarrow s_2' = 15\ cm$$

C.- La siguiente tabla muestra la distancia entre dos objetos idénticos y la correspondiente fuerza gravitatoria entre ellos:

Distancia entre los objetos (m)	Fuerza gravitatoria (N)
	$14{,}4.10^{-9}$
0,1	$3{,}6.10^{-9}$
0,2	
0,3	

DATOS: constante de gravitación universal: $G = 6{,}67.10^{-11}\ N.m^2.kg^{-2}$; aceleración de la gravedad en la superficie terrestre: $g_0 = 9{,}8\ m/s^2$; masa de la Luna = 0,012 . masa de la Tierra radio de la Luna = 0,27. radio terrestre.

a) **(0,5 p)** Completa los datos que faltan en la tabla.

$$F_G = G\,.\,\frac{m\,.\,m'}{r^2} \Rightarrow F_G\,.\,r^2 = cte;\ De\ la\ segunda\ experiencia\ obtenemos:\ F_G\,.\,r^2 = 3{,}6.10^{-11}\ N.m^2$$

Haciendo uso de esta relación podemos completar la tabla:

Distancia entre los objetos (m)	Fuerza gravitatoria (N)
0,05	$14{,}4.10^{-9}$
0,1	$3{,}6.10^{-9}$
0,2	9.10^{-10}
0,3	4.10^{-10}

b) **(0,5 p)** Halla la masa de los objetos.

Como las dos masas son iguales, utilizando los datos de cualquiera de las medidas:

$$F_G = G \,.\, \frac{m\,.\,m'}{r^2} = G \,.\, \frac{m^2}{r^2} \quad \Rightarrow \quad m = r\,.\,\sqrt{\frac{F_G}{G}} = 0{,}1\,.\,\sqrt{\frac{3{,}6.10^{-9}}{6{,}67.10^{-11}}} = 0{,}735\ kg$$

c) **(1 p)** Halla el peso de los objetos sobre la superficie de la Tierra y de la Luna.

$$P_T = m\,.\,g_{0T} = 0{,}735\,.\,9{,}8 = 7{,}203\ N$$

$$P_L = m\,.\,g_{0L} = m\,.\,G\,.\,\frac{M_L}{(R_L)^2} = m\,.\,G\,.\,\frac{0{,}012\,.\,M_T}{(0{,}27\,.\,R_T)^2} = m\,.\,\frac{0{,}012}{(0{,}27)^2}\,.\,g_{0T} = 0{,}735\,.\,\frac{0{,}012}{(0{,}27)^2}\,.9{,}8 = 1{,}18\ N$$

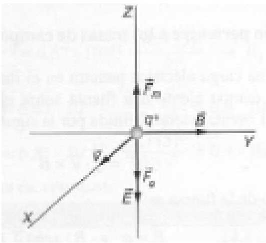
D.- Una carga puntual de 2 μC realiza un movimiento rectilíneo uniforme con velocidad $\vec{v} = 2\ \vec{\imath}\ m/s$ en una región donde existen un campo eléctrico y un campo magnético uniformes. El campo magnético es $\vec{B} = 5\ \vec{\jmath}\ T$.

a) **(0,5 p)** Calcula el valor y la dirección de la fuerza magnética que actúa sobre la carga.

La partícula se ve sometida a la fuerza de Lorentz:

$$\vec{F} = q\,.(\vec{v}\,x\,\vec{B}) = 2.10^{-6}\,.\begin{vmatrix} \vec{\imath} & \vec{\jmath} & \vec{k} \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 0 \end{vmatrix} = 2.10^{-6}\,.\,(10\,\vec{k}) = 2.10^{-5}\ \vec{k}\ \ N$$

b) **(1 p)** Calcula el valor y la dirección del campo eléctrico.



Para que el electrón se mueva en línea recta la fuerza neta sobre él debe ser nula. Por lo que la fuerza eléctrica debe tener el mismo módulo y dirección que la fuerza magnética, pero sentido contrario.

$$\vec{F}_e = -\vec{F}_m \ \Rightarrow\ q\,.\,\vec{E} = -\vec{F}_m \ \Rightarrow\ \vec{E} = \frac{-\vec{F}_m}{q} = \frac{-(2.10^{-5}\ \vec{k})}{2.10^{-6}} = -10\ \vec{k}\ \ N/C$$

c) **(0,5 p)** Calcula el trabajo que el campo eléctrico realiza sobre la carga cuando esta se desplaza desde el origen al punto (x = 5; y = 0; z = 0) m.

La fuerza eléctrica es en todo momento perpendicular al desplazamiento, por lo tanto:

$$W = \overrightarrow{F_e}\,.\,\overrightarrow{\Delta x} = 0\ J$$

E.-

a) **(1 p)** Halla la longitud de onda asociada a un electrón cuya velocidad es v = 10^6 m/s.

DATOS: masa del electrón: m_e = $9{,}1.10^{-31}$ kg; constante de Planck: h = $6{,}6.10^{-34}$ J.s

Aplicando la ecuación de De Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{m_e\,.\,v_e} = \frac{6{,}63.10^{-34}}{9{,}1.10^{-31}\,.\,10^6} = 7{,}28.10^{-10}\ m$$

b) **(1 p)** Halla la longitud de onda asociada a una partícula de 2 g de masa cuya energía cinética es 10^{16} veces la del electrón.

$$E'_C = 10^{16} \,.\, E_{C,e} \;\Rightarrow\; \frac{1}{2} \,.\, m \,.\, (v')^2 = \frac{10^{16}}{2} \,.\, m_e \,.\, (v_e)^2 \Rightarrow\; v' = v_e \,.\, \sqrt{\frac{m_e}{m}}$$

$$v' = 10^6 \,.\, \sqrt{\frac{10^{16} \,.\, 9{,}1.10^{-31}}{2.10^{-3}}} = 2{,}13 \;\; m/s$$

$$\lambda' = \frac{h}{m \,.\, v'} = \frac{6{,}63.10^{-34}}{2.10^{-3} \,.\, 2{,}13} = 1{,}56.10^{-31} \;\; m$$