EVALUACIÓN DE BACHILLERATO PARA EL ACCESO A LA UNIVERSIDAD

LOMCE – JULIO 2021

FÍSICA

INDICACIONES

– **El alumno debe realizar un total de cuatro ejercicios, sin poder elegir dos ejercicios de un mismo bloque.** En caso de realizar dos ejercicios de un mismo bloque se corregirá de esos dos el que aparezca resuelto en primer lugar, sin tener en cuenta el que aparezca a continuación.

– Los dispositivos que puedan conectarse a internet, o que puedan recibir o emitir información, deben estar apagados durante la celebración del examen.

CONSTANTES FÍSICAS			
Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3\ 10^8$ m s^{-1}	Masa del protón	$m_{p+} = 1.67\ 10^{-27}$ kg
Constante de gravitación universal	$G = 6.67\ 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}	Masa del electrón	$m_{e-} = 9.1\ 10^{-31}$ kg
Constante de Coulomb	$k = 9\ 10^9$ N m^2 C^{-2}	Carga del protón	$q_{p+} = 1.6\ 10^{-19}$ C
Constante de Planck	$h = 6.63\ 10^{-34}$ J s	Carga del electrón	$q_{e-} = -1.6\ 10^{-19}$ C
Radio de la Tierra	$R_T = 6370$ km	Masa de la Tierra	$M_T = 6\ 10^{24}$ kg

Nota: estas constantes se facilitan a título informativo.

Bloque 1

Ejercicio 1. [2,5 PUNTOS] En una cuerda se propaga una onda armónica cuya ecuación, expresada en unidades del S. I., viene dada por la ecuación:

$$y(x,t) = 0{,}3\cos\left(\frac{\pi}{3}t - \frac{\pi}{5}x + \frac{\pi}{10}\right)$$

a) [1 PUNTO] Hallar la amplitud, el período, la frecuencia y la longitud de onda.
b) [0,5 PUNTOS] Calcular la velocidad de propagación de la onda.
c) [1 PUNTO] Determinar la velocidad transversal del punto de la cuerda situado en $x = 0$, en función del tiempo.

Ejercicio 2. [2,5 PUNTOS] Un altavoz emite un sonido que se percibe a una distancia d con un nivel de intensidad sonora de 70 dB.
a) [1 PUNTO] Hallar la intensidad sonora en ese punto.
b) [0,75 PUNTOS] Calcular el factor por el que debe incrementarse la distancia al altavoz para que el sonido se perciba con un nivel de intensidad sonora de 60 dB.
c) [0,75 PUNTOS] Calcular el factor por el que debe incrementarse la potencia, para que a la distancia d el sonido se perciba con un nivel de intensidad sonora de 80 dB.

DATOS: La mínima intensidad que puede percibir el oído humano es $I_0 = 10^{-12}$ W/m^2.
Se siente dolor cuando la intensidad supera 1 W/m^2.

Bloque 2

Ejercicio 3. [2,5 PUNTOS] Un material de caras planas y paralelas tiene un índice de refracción de 1,55. Si lo colocamos entre agua y aire e incidimos con un rayo de luz monocromática de $4{,}5 \times 10^{14}$ Hz de frecuencia desde el agua, con un ángulo de 20 ° respecto a la normal, calcular:
a) [0,5 PUNTOS] La longitud de onda del rayo en el agua y en el material.
b) [1 PUNTO] Los dos ángulos de refracción, con un dibujo explicativo.
c) [1 PUNTO] El ángulo de incidencia a partir del cual se produce reflexión interna total en la segunda cara.

DATOS: Índice de refracción del agua: $n_{agua} = 1{,}33$.
Índice de refracción del aire: $n_{aire} = 1$.

Ejercicio 4. [2,5 PUNTOS] Se dispone de una lente delgada divergente de distancia focal en valor absoluto de 15 cm. Determinar, efectuando un trazado de rayos cualitativo:

a) [1,5 PUNTOS] La posición y altura de la imagen formada por la lente si un objeto de 4 cm de altura se encuentra situado delante de ella, a una distancia de 10 cm.

b) [1 PUNTO] La naturaleza (real/virtual, derecha/invertida, mayor/menor) de la imagen formada, justificando la respuesta.

Bloque 3

Ejercicio 5. [2,5 PUNTOS] Un cuerpo de masa 2×10^{10} kg se encuentra fijado en el punto (–50, 0) de un cierto sistema de referencia. Otro cuerpo de masa 3×10^{10} kg se encuentra fijado en el punto (100, 0). Todas las distancias se dan en metros.

a) [1 PUNTO] Calcular y representar gráficamente el vector campo gravitatorio debido a los dos cuerpos en el punto (0,0).

b) [1 PUNTO] Calcular el potencial gravitatorio debido a los dos cuerpos en los puntos (0, 0) y (0, 50).

c) [0,5 PUNTOS] Calcular el trabajo realizado por el campo gravitatorio sobre una masa de 10 kg cuando se desplaza desde el punto (0, 0) hasta el punto (0, 50).

Ejercicio 6. [2,5 PUNTOS] Un satélite natural, de 8×10^{10} kg de masa, gira en una órbita circular a una altura de 800 km sobre la superficie de un cierto planeta P, cuyos datos se proporcionan debajo.

a) [1 PUNTO] Hallar el periodo orbital del satélite.

b) [0,75 PUNTOS] Hallar la energía total del satélite.

c) [0,75 PUNTOS] Hallar el valor del campo gravitatorio en la superficie del planeta.

DATOS: Masa del planeta P: $M_P = 5 \times 10^{25}$ kg.
Radio del planeta P: $R_P = 2 \times 10^4$ km.

Bloque 4

Ejercicio 7. [2,5 PUNTOS] Dos cargas eléctricas puntuales de valor $Q_1 = 1$ μC y $Q_2 = -1$ μC, se encuentran situadas en el plano XY, en los puntos (2, 0) y (–2, 0) respectivamente. Todas las distancias se dan en metros.

a) [1 PUNTO] Calcular y representar gráficamente el vector campo eléctrico en el punto (0, 2).

b) [1 PUNTO] ¿Qué valor debe tener una tercera carga, Q_3, situada en (1, 2), para que una carga situada en el punto (0, 2) no experimente ninguna fuerza neta?

c) [0,5 PUNTOS] En el caso anterior, ¿cuánto vale el potencial eléctrico resultante en el punto (0, 2) debido a las cargas Q_1, Q_2 y Q_3?

Ejercicio 8. [2,5 PUNTOS] Un protón penetra en una zona donde hay un campo magnético $\vec{B} = 2\vec{i}$ T, con velocidad $\vec{v} = 2 \times 10^6 \vec{j}$ m/s.

a) [1 PUNTO] Calcular el vector fuerza que actúa sobre el protón.

b) [1 PUNTO] Calcular el radio de curvatura de la trayectoria.

c) [0,5 PUNTOS] Calcular el periodo de la trayectoria.

Bloque 5

Ejercicio 9. [2,5 PUNTOS] El trabajo de extracción del cobre es de 4,7 eV. Si se ilumina una superficie de este material con radiación de $2{,}5 \times 10^{-7}$ m, calcular:

a) [0,75 PUNTOS] La longitud de onda umbral para el cobre.

b) [1 PUNTO] La velocidad máxima de los electrones emitidos.

c) [0,75 PUNTOS] El potencial de frenado.

DATOS: 1 eV = $1{,}6 \times 10^{-19}$ J.

Ejercicio 10. [2,5 PUNTOS] En un instante determinado, una muestra de una sustancia radiactiva presenta una actividad inicial de 10^8 Bq. Al cabo de 100 días, la actividad de la muestra es de 2×10^7 Bq.

a) [1,25 PUNTOS] Calcular la constante de desintegración y el periodo de semidesintegración de dicha sustancia.

b) [1,25 PUNTO] La actividad de una segunda muestra de la misma sustancia es de 4×10^9 Bq cuando han transcurrido 10 días. Hallar cuántos núcleos radiactivos había inicialmente en esta segunda muestra.

DATOS: 1 Bq = 1 desintegración por segundo.

CONSTANTES FÍSICAS			
Velocidad de la luz en el vacío	$c = 3.0\ 10^8$ m s^{-1}	Masa del protón	$m_{p+} = 1.7\ 10^{-27}$ kg
Constante de gravitación universal	$G = 6.7\ 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}	Masa del electrón	$m_{e-} = 9.1\ 10^{-31}$ kg
Constante de Coulomb	$k = 9.0\ 10^9$ N m^2 C^{-2}	Carga del protón	$q_{p+} = 1.6\ 10^{-19}$ C
Constante de Planck	$h = 6.6\ 10^{-34}$ J s	Carga del electrón	$q_{e-} = -1.6\ 10^{-19}$ C

Nota: estas constantes se facilitan a título informativo

BLOQUE 1

Ejercicio 1. [2,5 PUNTOS] En una cuerda se propaga una onda armónica cuya ecuación, expresada en unidades del S. I., viene dada por la ecuación:

$$y\,(x.t) = 0,3 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{3}t - \frac{\pi}{5}x + \frac{\pi}{10}\right)$$

a) **(1 p)** Hallar la amplitud, el período, la frecuencia y la longitud de onda.

La ecuación general de una onda que se propaga en el sentido positivo del eje X es:

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

Por identificación:

$$A = 0,3\ m; \qquad \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{3} \Rightarrow T = \frac{6\pi}{\pi} = 6\ s; \qquad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{6} = 0,17\ Hz; \qquad \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\pi}{5} \Rightarrow \lambda = \frac{10\pi}{\pi} = 10\ m$$

b) **(0,5 p)** Calcular la velocidad de propagación de la onda.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{10}{6} = 1,67\ \ m/s\ \ (en\ sentido\ positivo\ del\ eje\ OX)$$

c) **(1 p)** Determinar la velocidad transversal del punto de la cuerda situado en x = 0, en función del tiempo.

$$v\,(x,t) = \frac{dy\,(x,t)}{dt} = -0,3 \cdot \frac{\pi}{3}\,.\,sen\left(\frac{\pi}{3}t - \frac{\pi}{5}x + \frac{\pi}{10}\right) = -0,1 \cdot \pi\,.\,sen\left(\frac{\pi}{3}t - \frac{\pi}{5}x + \frac{\pi}{10}\right)\ (m/s)$$

$$v\,(x = 0,t) = -0,1 \cdot \pi\,.\,sen\left(\frac{\pi}{3}t - \frac{\pi}{5} \cdot 0 + \frac{\pi}{10}\right) = -0,1 \cdot \pi\,.\,sen\left(\frac{\pi}{3}t + \frac{\pi}{10}\right)\ (m/s)$$

Ejercicio 2. [2,5 PUNTOS] Un altavoz emite un sonido que se percibe a una distancia d con un nivel de intensidad sonora de 70 dB.

DATOS: La mínima intensidad que puede percibir el oído humano es I_0= 10^{-12} W/m^2.
Se siente dolor cuando la intensidad supera 1 W/m^2.

a) **(1 p)** Hallar la intensidad sonora en ese punto.

De acuerdo con la Ley de Weber – Fechner, la sensación sonora o sonoridad, S, es proporcional a los logaritmos de las intensidades de los estímulos que las provocan:

$$S_1 = 10 \cdot log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) \Rightarrow 70 = 10 \cdot log\left(\frac{I_1}{10^{-12}}\right) \Rightarrow 70 = log\left(\frac{I_1}{10^{-12}}\right) \Rightarrow I_1 = 10^{-12} \cdot 10^7 = 10^{-5}\ W/m^2$$

b) **(0,75 p)** Calcular el factor por el que debe incrementarse la distancia al altavoz para que el sonido se perciba con un nivel de intensidad sonora de 60 dB.

Para que se perciba con una intensidad sonora de 60 dB, la intensidad del sonido debe ser:

$$S_2 = 10 \cdot log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) \Rightarrow 60 = 10 \cdot log\left(\frac{I_2}{10^{-12}}\right) \Rightarrow 60 = log\left(\frac{I_2}{10^{-12}}\right) \Rightarrow I_2 = 10^{-12} \cdot 10^6 = 10^{-6}\ W/m^2$$

Como el sonido se propaga en forma de ondas esféricas y la potencia del foco emisor es constante:

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow I_1 \cdot (d)^2 = I_2 \cdot (d')^2 \Rightarrow d' = d \cdot \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} = d \cdot \sqrt{\frac{10^{-5}}{10^{-6}}} = \left(\sqrt{10} \cdot d\right) m$$

c) **(0,75 p)** Calcular el factor por el que debe incrementarse la potencia, para que a la distancia "d" el sonido se perciba con un nivel de intensidad sonora de 80 dB.

$$S_3 = 10 \cdot log\left(\frac{I_3}{I_0}\right) \Rightarrow 80 = 10 \cdot log\left(\frac{I_3}{10^{-12}}\right) \Rightarrow 80 = log\left(\frac{I_3}{10^{-12}}\right) \Rightarrow I_3 = 10^{-12} \cdot 10^8 = 10^{-4}\ W/m^2$$

Como el sonido se propaga en forma de ondas esféricas y la distancia al foco emisor es la misma:

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow \frac{P_1}{I_1} = \frac{P_2}{I_3} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 \cdot I_3}{I_1} = \frac{P_1 \cdot 10^{-4}}{10^{-5}} = (10 \cdot P_1)\ W$$

<u>BLOQUE 2</u>

Ejercicio 3. [2,5 PUNTOS] Un material de caras planas y paralelas tiene un índice de refracción de 1,55. Si lo colocamos entre agua y aire e incidimos con un rayo de luz monocromática de $4{,}5 \cdot 10^{14}$ Hz de frecuencia desde el agua, con un ángulo de 20 ° respecto a la normal, calcular:

DATOS: Índice de refracción del agua: n_{agua} = 1,33.
Índice de refracción del aire: n_{aire} = 1.

a) **(0,5 p)** La longitud de onda del rayo en el agua y en el material.

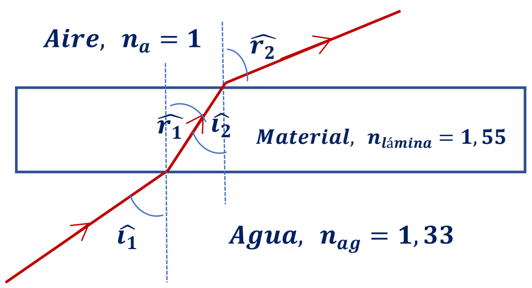
Al pasar el rayo de un medio a otro de diferente índice de refracción no varía su frecuencia.

$$v_{agua} = \frac{c}{n_{agua}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,33} = 2,25.10^8\ \frac{m}{s} \Rightarrow \lambda_{agua} = \frac{v_{agua}}{f} = \frac{2,25 \cdot 10^8}{4,5 \cdot 10^{14}} = 5 \cdot 10^{-7}\ m = 500\ nm$$

$$f_{lámina} = f_{agua} \Rightarrow \frac{v_{lámina}}{\lambda_{lámina}} = \frac{v_{agua}}{\lambda_{agua}} \Rightarrow \frac{c/n_{lámina}}{\lambda_{lámina}} = \frac{c/n_{agua}}{\lambda_{agua}} \Rightarrow \lambda_{lámina} = \lambda_{agua} \cdot \frac{n_{agua}}{n_{lámina}}$$

$$\lambda_{lámina} = 5.10^{-7} \cdot \frac{1,33}{1,55} = 4,29.10^{-7}\ m = 429\ nm$$

b) **(1 p)** Los dos ángulos de refracción, con un dibujo explicativo.



Se produce una doble refracción.

Agua – Aire: si aplicamos la ley de Snell de la refracción

$$n_{agua} \cdot sen\ \widehat{\iota_1} = n_{lámina} \cdot sen\ \widehat{r_1}$$

$$1,33 \cdot sen\ 20° = 1,55 \cdot sen\ \widehat{r_1} \Rightarrow \widehat{r_1} = 17°$$

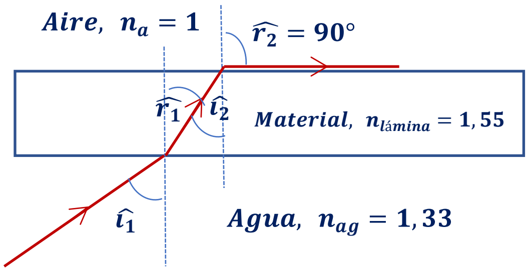
Lámina – Aire: por tratarse de ángulos internos alternos

$$\widehat{r_1} = \widehat{\iota_2}$$

$$n_{lámina} \cdot sen\ \widehat{\iota_2} = n_{aire} \cdot sen\ \widehat{r_2} \Rightarrow 1,55 \cdot sen\ 17° = 1 \cdot sen\ \widehat{r_2} \Rightarrow \widehat{r_2} = 27°$$

En la primera refracción, al pasar el rayo de un medio menos refringente a uno más refringente, se acerca a la normal, mientras que, en la segunda refracción, al pasar el rayo de un medio más refringente a uno menos refringente, se aleja de la normal.

c) **(1 p)** El ángulo de incidencia a partir del cual se produce reflexión interna total en la segunda cara.



Se produce una doble refracción.

Lámina - Aire (reflexión total). Si aplicamos la ley de Snell de la refracción:

$$n_{lámina} \cdot sen\ \widehat{\iota_2} = n_{aire} \cdot sen\ 90° \ \Rightarrow\ 1,55 \cdot sen\ \widehat{\iota_2} = 1$$

$$\widehat{\iota_2} = 40,2°$$

Agua - Lámina: $\widehat{r_1} = \widehat{\iota_2}$, ya que se trata de ángulos internos alternos

$$n_{agua} \cdot sen\ \widehat{\iota_1} = n_{lámina} \cdot sen\ \widehat{r_2} \Rightarrow 1,33 \cdot sen\ \widehat{\iota_1} = 1,55 \cdot sen\,40,2° \quad \Rightarrow \quad \widehat{\iota_1} = 48,8°$$

Ejercicio 4. [2,5 PUNTOS] Se dispone de una lente delgada divergente de distancia focal en valor absoluto de 15 cm. Determinar, efectuando un trazado de rayos cualitativo:

a) **(1,5 p)** La posición y altura de la imagen formada por la lente si un objeto de 4 cm de altura se encuentra situado delante de ella, a una distancia de 10 cm.

Por tratarse de una lente divergente, de acuerdo con las normas DIN, la distancia focal imagen es negativa.

$$f' = -15\ cm$$

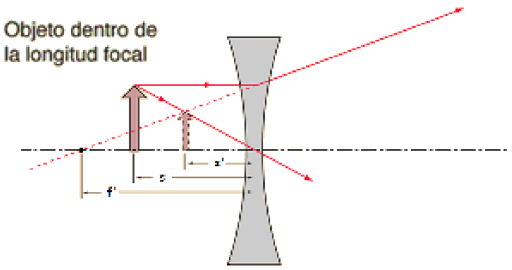
Aplicando la ecuación fundamental de las lentes delgadas:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s'} - \frac{1}{(-10)} = \frac{1}{(-15)} \quad \Rightarrow \quad s' = -6\ cm$$

Para una lente delgada, el aumento lateral es:

$$M_L = \frac{s'}{s} = \frac{-6}{-10} = 0,6 \quad \Rightarrow \quad M_L = \frac{y'}{y} \quad \Rightarrow \quad y' = y \cdot M_L = 4 \cdot 0,6 = 2,4\ cm$$

Trazado cualitativo de rayos:



b) **(1 p)** La naturaleza (real/virtual, derecha/invertida, mayor/menor) de la imagen formada, justificando la respuesta.

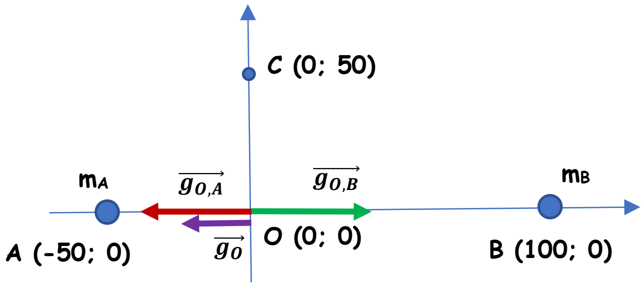
$$s' < 0 \ \Rightarrow \ imagen\ virtual\ (se\ forma\ delante\ de\ la\ lente)$$

$$M_L > 0\ y < 1 \ \Rightarrow \ imagen\ derecha\ y\ menor\ que\ el\ objeto$$

BLOQUE 3

Ejercicio 5. [2,5 PUNTOS] Un cuerpo de masa $2{\cdot}10^{10}$ kg se encuentra fijado en el punto (–50, 0) de un cierto sistema de referencia. Otro cuerpo de masa $3{\cdot}10^{10}$ kg se encuentra fijado en el punto (100, 0). Todas las distancias se dan en metros.

a) **(1 p)** Calcular y representar gráficamente el vector campo gravitatorio debido a los dos cuerpos en el punto (0,0).



$$r_{A,O} = 50\ m; \quad r_{B,O} = 100\ \ m$$

$$r_{A,C} = \sqrt{50^2 + 50^2} = \sqrt{5000}\, m$$

$$r_{A,C} = \sqrt{100^2 + 50^2} = \sqrt{12500}\, m$$

$$\overrightarrow{g_O} = \overrightarrow{g_{O,A}} + \overrightarrow{g_{O,B}} = G \cdot \left[-\frac{m_A}{(r_{A,O})^2} + \frac{m_B}{(r_{B,O})^2} \right] \cdot \vec{\imath} = 6,67.10^{-11} \cdot \left[-\frac{2 \cdot 10^{10}}{(50)^2} + \frac{3 \cdot 10^{10}}{(100)^2} \right] \cdot \vec{\imath} = -3,34.10^{-4}\, \vec{\imath}\ \ N/kg$$

b) **(1 p)** Calcular el potencial gravitatorio debido a los dos cuerpos en los puntos (0, 0) y (0, 50).

$$V_O = V_{O,A} + V_{O,B} = -G \cdot \left[\frac{m_A}{r_{A,O}} + \frac{m_B}{r_{B,O}} \right] = -6,67.10^{-11} \cdot \left[\frac{2 \cdot 10^{10}}{50} + \frac{3 \cdot 10^{10}}{100} \right] = -0,047\ \ J/kg$$

$$V_C = V_{C,A} + V_{C,B} = -G \cdot \left[\frac{m_A}{r_{A,C}} + \frac{m_B}{r_{B,C}} \right] = -6,67.10^{-11} \cdot \left[\frac{2 \cdot 10^{10}}{\sqrt{5000}} + \frac{3 \cdot 10^{10}}{\sqrt{12500}} \right] = -0,037\ \ J/kg$$

c) **(0,5 p)** Calcular el trabajo realizado por el campo gravitatorio sobre una masa de 10 kg cuando se desplaza desde el punto (0, 0) hasta el punto (0, 50).

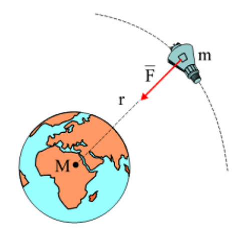
$$W_{O \to C} = -\Delta E_p = -m \cdot (V_C - V_O) = m \cdot (V_O - V_C) = 10 \cdot \big(-0,047 - (-0,037)\big) = -0,1\ \ J$$

El trabajo negativo significa que el proceso no es espontáneo, por lo que es necesaria una fuerza externa para realizar el traslado. El resultado es lógico, ya que estamos alejando la masa de 10 kg de las otras dos y la fuerza gravitatoria es siempre atractiva.

Ejercicio 6. [2,5 PUNTOS] Un satélite natural, de $8{\cdot}10^{10}$ kg de masa, gira en una órbita circular a una altura de 800 km sobre la superficie de un cierto planeta P, cuyos datos se proporcionan debajo.

DATOS: Masa del planeta P: $M_P = 5{\cdot}10^{25}$ kg
Radio del planeta P: $R_P = 2{\cdot}10^4$ km

a) **(1 p)** Hallar el periodo orbital del satélite.



La fuerza gravitatoria del planeta actúa como fuerza centrípeta del movimiento del satélite:

$$F_G = m \cdot a_n \quad \Rightarrow \quad G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = m \cdot \frac{(v_{orb})^2}{r}$$

$$v_{orb} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} = \sqrt{\frac{6,67.10^{-11} \cdot 5.10^{25}}{(800 + 2.10^4).10^3}} = 12662,4\ \ m/s$$

Como el satélite se mueve con movimiento circular uniforme:

$$T = \frac{2\pi r}{v_{orb}} = \frac{2\pi \cdot (800 + 2.10^4).10^3}{12662,4} = 10321\ s \cong 2,87\ h$$

b) **(0,75 p)** Hallar la energía total del satélite.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_{orb})^2 = \frac{1}{2} \cdot 8.10^{10} \cdot (12662,4)^2 = 6,4.10^{18}\ J$$

$$E_p = -G.\frac{M \cdot m}{r} = -6,67.10^{-11}.\frac{5.10^{25} \cdot 8.10^{10}}{(800 + 2.10^4).10^3} = -1,3 \cdot 10^{19}\ J$$

$$E_m = E_c + E_p = 6,4.10^{18} + (-1,33 \cdot 10^{19}) = -6,6.10^{18}\ J$$

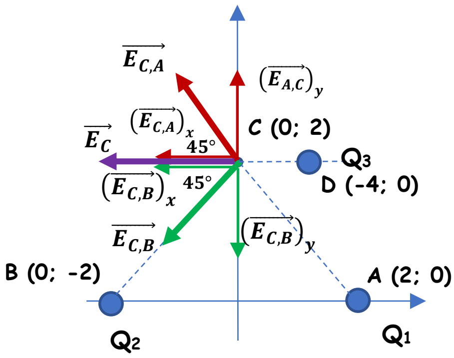
c) **(0,75 p)** Hallar el valor del campo gravitatorio en la superficie del planeta.

$$g_{0,P} = G \cdot \frac{M}{R^2} = 6,67.10^{-11} \cdot \frac{5.10^{25}}{(2.10^7)^2} = 8,34\ m/s^2$$

BLOQUE 4

Ejercicio 7. [2,5 PUNTOS] Dos cargas eléctricas puntuales de valor $Q_1 = 1\ \mu C$ y $Q_2 = -1\ \mu C$, se encuentran situadas en el plano XY, en los puntos (2, 0) y (–2, 0) respectivamente. Todas las distancias se dan en metros.

a) **(1 p)** Calcular y representar gráficamente el vector campo eléctrico en el punto (0, 2).



$$r_{A,C} = r_{B,C} = \sqrt{8}\ m$$

$$r_{C,D} = 1\ m$$

Se da una situación de simetría, ya que las cargas situadas en A y B tienen igual valor absoluto y, además, se encuentran a la misma distancia del punto C. Esto hace que se anulen las componentes verticales y que las dos componentes horizontales sean iguales.

$$\overrightarrow{E_C} = \overrightarrow{E_{C,A}} + \overrightarrow{E_{C,B}} = 2 \cdot (\overrightarrow{E_{C,A}})_x = -2 \cdot K \cdot \frac{Q_1}{(r_{A,C})^2} \cdot \cos 45° \vec{\imath}\ N/C$$

$$\overrightarrow{E_C} = -2 \cdot 9.10^9 \cdot \frac{10^{-6}}{8} \cdot \cos 45° \vec{\imath} = -1591 \vec{\imath}\ N/C$$

b) **(1 p)** ¿Qué valor debe tener una tercera carga, Q_3, situada en (1, 2), para que una carga situada en el punto (0, 2) no experimente ninguna fuerza neta?

La carga situada en el punto D debe ejercer una fuerza de igual módulo, pero de sentido contrario, sobre la carga q que la ejercida por las otras dos cargas. Para ello la carga Q_3 debe ser negativa.

$$\overrightarrow{F_{Q_3}} = -q \cdot \overrightarrow{E_C} \quad \Rightarrow \quad K \cdot \frac{|Q_3| \cdot q}{(r_{C,D})^2} \cdot \vec{\imath} = -q \cdot (-1591\, \vec{\imath}) \quad \Rightarrow \quad |Q_3| = \frac{1591 \cdot (r_{C,D})^2}{K} = \frac{1591 \cdot (1)^2}{9.10^9} = 1,77.10^{-7}\ C$$

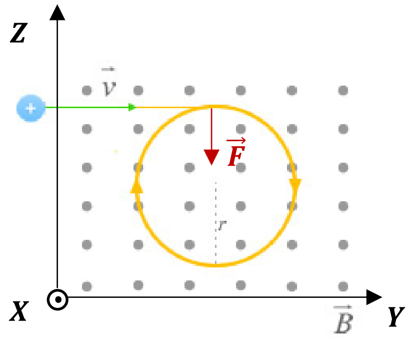
Por lo tanto, la carga que deberíamos situar en el punto D debería tener un valor de:

$$Q_3 = -1,77.10^{-7}\ C = -0,177\ \mu C$$

c) **(0,5 p)** En el caso anterior, ¿cuánto vale el potencial eléctrico resultante en el punto (0, 2) debido a las cargas Q_1, Q_2 y Q_3?

$$V_C = V_{C,A} + V_{C,B} + V_{C,B} = K \cdot \left(\frac{Q_1}{r_{A,C}} + \frac{Q_2}{r_{B,C}} + \frac{Q_3}{r_{D,C}}\right) = 9.10^9 \cdot \left(\frac{10^{-6}}{\sqrt{8}} + \frac{(-10^{-6})}{\sqrt{8}} + \frac{(-1,77.10^{-7})}{1}\right) = -1593\ V$$

Ejercicio 8. [2,5 PUNTOS] Un protón penetra en una zona donde hay un campo magnético $\vec{B} = 2\,\vec{\imath}\ T$, con velocidad $\vec{v} = 2 \cdot 10^6\ \vec{\jmath}\ m/s$.



a) **(1 p)** Calcular el vector fuerza que actúa sobre el protón.

Calculamos la fuerza magnética, fuerza de Lorentz, sobre el protón:

$$\overrightarrow{F_m} = q \cdot (\vec{v}\,x\,\vec{B}) = 1,6.10^{-19} \cdot \begin{vmatrix} \vec{\imath} & \vec{\jmath} & \vec{k} \\ 0 & 2.10^6 & 0 \\ 2 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\overrightarrow{F_m} = 1,6.10^{-19} \cdot (-4.10^6\,\vec{k}) = -6,4.10^{-13}\ \vec{k}\ \ N$$

b) **(1 p)** Calcular el radio de curvatura de la trayectoria.

El protón es sometido a la fuerza de Lorentz. Esta fuerza constante es perpendicular en todo momento a la intensidad del campo magnético y a la velocidad del protón. Debido a esto último, la fuerza de Lorentz actúa como fuerza centrípeta, obligando al protón a seguir una trayectoria circular.

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v}\,x\,\vec{B}) \quad \Rightarrow \quad F = q \cdot v \cdot B \cdot sen\,\alpha$$

$$F_{centrípeta} = m \cdot a_n \quad \Rightarrow \quad q \cdot v \cdot B \cdot sen\,\alpha = m \cdot \frac{v^2}{R} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B \cdot sen\,\alpha}$$

$$R = \frac{1,7.10^{-27} \cdot 2.10^6}{1,6,10^{-19} \cdot 2 \cdot sen\,90°} = 0,011\ \ m = 1,1\ \ cm$$

c) **(0,5 p)** Calcular el periodo de la trayectoria.

El tiempo que tarda el protón en describir una órbita completa, con velocidad constante, es el período.

$$v = \frac{2\pi \cdot R}{T} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{2\pi \cdot R}{v} = \frac{2\pi \cdot 0,011}{2.10^6} = 3,46.10^{-8}\ \ s$$

BLOQUE 5

Ejercicio 9. [2,5 PUNTOS] El trabajo de extracción del cobre es de 4,7 eV. Si se ilumina una superficie de este material con radiación de $2,5 \cdot 10^{-7}$ m, calcular:

DATOS: 1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J

a) **(0,75 p)** La longitud de onda umbral para el cobre.

El trabajo de extracción, W_0, se corresponde con la energía mínima necesaria para arrancar el electrón. Si la energía del fotón incidente es mayor que el trabajo de extracción, el electrón escapa del metal con una determinada energía cinética. Este trabajo de extracción se corresponde con una frecuencia mínima de la radiación (frecuencia umbral) o una longitud de onda máxima (longitud de onda umbral) necesaria para que se produzca el efecto fotoeléctrico.

$$W_0 = h\,.\,f_0 = h\,.\,\frac{c}{\lambda_0} \quad \Rightarrow \quad \lambda_0 = \frac{h\,.\,c}{W_0} = \frac{6,6.10^{-34}\,.\,3.10^8}{4,7 \cdot 1,6.10^{-19}} = 2,63.10^{-7}\ \ m = 263\ \ nm$$

b) **(1 p)** Velocidad máxima de los electrones emitidos.

Si aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico:

$$E_{fotón\ incidente} = W_0 + (E_{C,máx})_{electrón\ emitido} \quad \Rightarrow \quad (E_{C,máx})_{electrón\ emitido} = E_{fotón\ incidente} - W_0$$

$$(E_{C,máx})_{electrón\ emitido} = \left(h\,.\,\frac{c}{\lambda}\right) - W_0 = \left(6,6.10^{-34}\,.\,\frac{3.10^8}{2,5.10^{-7}}\right) - 4,7 \cdot 1,6.10^{-19} = 4.10^{-20}\ \ J$$

$$\left(E_{C,máx}\right)_{electrón\ emitido} = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot (v_{máx})^2{}_{electrón\ emitido} \Rightarrow v_{máx} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{C,máx}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4.10^{-20}}{9,1.10^{-31}}} \cong 3.10^5\ m/s$$

c) **(1 p)** El potencial de frenado.

Los electrones extraídos del metal pueden ser frenados mediante la aplicación de un campo eléctrico. Se llama potencial de frenado a la diferencia de potencial necesaria para impedir que los electrones salgan del metal del que han sido arrancados. El trabajo que hace el campo sobre cada electrón es igual a la energía cinética adquirida por el electrón, por lo que aplicando el principio de conservación de la energía:

$$|q| \,.\, \Delta V = \Delta E_c \quad \Rightarrow \quad |q| \,.\, \Delta V = E_{c,máx} \quad \Rightarrow \quad \Delta V = \frac{E_{c,máx}}{|q|} = \frac{4 \cdot 10^{-20}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,25\ V$$

Ejercicio 10. [2,5 PUNTOS] En un instante determinado, una muestra de una sustancia radiactiva presenta una actividad inicial de 10^8 Bq. Al cabo de 100 días, la actividad de la muestra es de $2 \cdot 10^7$ Bq.

DATOS: 1 Bq = 1 desintegración por segundo.

a) **(1,25 p)** Calcular la constante de desintegración y el periodo de semidesintegración de dicha sustancia.

La actividad de una muestra radiactiva decae de forma exponencial en función del tiempo y de la constante radiactiva característica del isótopo radiactivo. Se llama periodo de semidesintegración al tiempo que debe transcurrir para que la actividad de una muestra radiactiva se reduzca a la mitad.

$$A = A_0 \,.\, e^{-\lambda\,.\,t} \quad \Rightarrow \quad 2.10^7 = 10^8 \,.\, e^{-\lambda\,.\,100} \quad \Rightarrow \quad ln\left(\frac{2.10^7}{10^8}\right) = -\lambda \,.\, 100$$

$$\lambda = -\frac{ln\left(\frac{2.10^7}{10^8}\right)}{100} = 1,61.10^{-2}\ día^{-1} = 1,86.10^{-7}\ s^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda} = \frac{ln\,2}{1,61.10^{-2}} \cong 43\ días = 3,72.10^6\ s$$

b) **(1,25 p)** La actividad de una segunda muestra de la misma sustancia es de $4 \cdot 10^9$ Bq cuando han transcurrido 10 días. Hallar cuántos núcleos radiactivos había inicialmente en esta segunda muestra.

$$A = A_0 \,.\, e^{-\lambda\,.\,t} \quad \Rightarrow \quad 4.10^9 = A_0 \,.\, e^{-\lambda\,.\,t} \quad \Rightarrow \quad ln\left(\frac{4.10^9}{A_0}\right) = -\lambda \,.\, t = 1,61.10^{-2} \cdot 10 = -0,161$$

$$\frac{4.10^9}{A_0} = e^{-0,161} \quad \Rightarrow \quad A_0 = \frac{4.10^9}{e^{-0,161}} = 4,7.10^9\ Bq$$

$$A_0 = \lambda \,.\, N_0 \quad \Rightarrow \quad N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{4,7.10^9}{1,86.10^{-7}} \cong 2,5.10^{16}\ núcleos$$