5.3. Modelo de examen

El alumnado tendrá que responder, a un número de preguntas determinado previamente y que figurará en el examen. En el supuesto de que el alumnado, de forma voluntaria o involuntaria, responda a un número de preguntas superior al establecido previamente, únicamente se corregirán las primeras respuestas, según el orden en que aparezcan, hasta completar el número de preguntas exigido. Las restantes preguntas contestadas no serán objeto de corrección ni calificación.

INSTRUCCIONES:

La prueba de Física se compone de nueve problemas estructurados de la siguiente manera:

Los ocho primeros problemas están distribuidos en cuatro grupos según los cuatro bloques de Saberes Básicos de la materia. Cada grupo consta de dos problemas de los que el estudiante debe realizar solo uno. Si se contesta a más de un problema de cada grupo, se corregirá el primero y el otro no se corregirá.

- **Grupo 1** con dos problemas correspondientes al bloque de Saberes Básicos A. De este Grupo 1, el estudiante debe realizar solo un problema.
- **Grupo 2** con dos problemas correspondientes al bloque de Saberes Básicos B. De este Grupo 2, el estudiante debe realizar solo un problema.
- **Grupo 3** con dos problemas correspondientes al bloque de Saberes Básicos C. De este Grupo 3, el estudiante debe realizar solo un problema.
- **Grupo 4** con dos problemas correspondientes al bloque de Saberes Básicos D. De este Grupo 4, el estudiante debe realizar solo un problema.

El último problema 5 es de carácter **obligatorio**, y corresponde al bloque B o C de Saberes Básicos.

GRUPO 1. El estudiante debe realizar solo un problema de este grupo.

Problema 1.1 (2 puntos) La Estación Espacial Internacional (ISS) tiene una masa aproximada de $m = 4{,}5 \times 10^5\ kg$. y da *15,49* vueltas por día alrededor de la Tierra siguiendo una órbita aproximadamente circular:

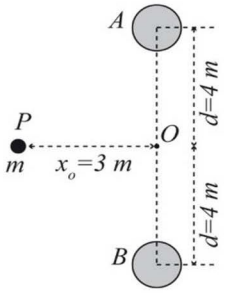
a) **(1 punto)** ¿A qué altura por encima de la superficie terrestre se encuentra la ISS?
b) **(1 punto)** ¿Qué energía mecánica tiene la ISS?

Datos: Constante de gravitación universal $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ N\ m^2 kg^{-2}$; masa de la Tierra $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}\ kg$; radio de la Tierra $R_T = 6{,}38 \times 10^3\ km$.

Problema 1.2 (2 puntos) Dos esferas iguales *A* y *B* de masa *M=10 kg* cada una se encuentran fijas y distantes entre sí una distancia *2d=8 m*, según la figura.

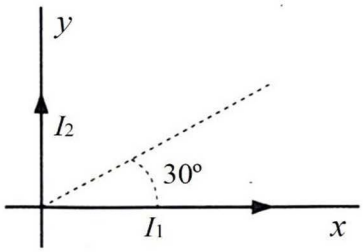
a) **(1,25 puntos)** Calcular la aceleración que experimentará la masa *m=0,1 g* que está situada en el punto *P*.
b) **(0,75 puntos)** Suponiendo que la masa *m* parte del reposo desde el punto *P*, ¿con qué velocidad pasará por el punto *O*?

Dato: Constante de gravitación universal $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ N\ m^2 kg^{-2}$.



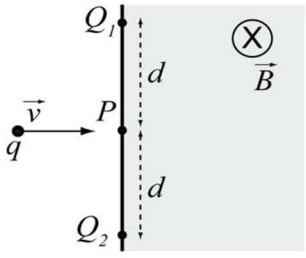
GRUPO 2. El estudiante debe realizar solo un problema de este grupo.

Problema 2.1 (1.5 puntos) Dos hilos infinitamente largos transportan corrientes I_1 e I_2 según indica la figura. Calcular la relación entre el valor de ambas corrientes para que el campo magnético total sea cero en cualquier punto del segmento punteado que forma 30° con la horizontal.



Problema 2.2 (1.5 puntos) Una carga *q=-1 nC* y masa $m = 8 \times 10^{-21} kg$ penetra con una velocidad $v = 2 \times 10^8 m/s$ por el punto *P* en una región con un campo magnético ***B*** perpendicular al papel y hacia adentro (zona de color gris en la figura). Tras un cierto tiempo t_f, sabemos que la carga regresará a la primera región bien por el punto Q_1 que está situado a una distancia *d* por encima de *P*, o bien por el punto Q_2 que está situado a esa misma distancia *d* pero por debajo de *P*.

a) **(0,5 puntos)** Razonar si *q* abandona la región sombreada por el punto Q_1 o Q_2.
b) **(0,5 puntos)** Determinar la intensidad de ***B*** para que la distancia *d* sea de *50 cm*.
c) **(0,5 puntos)** Calcular el tiempo t_f que la carga *q* permanece dentro de la región sombreada.



GRUPO 3. El estudiante debe realizar solo un problema de este grupo.

Problema 3.1 (3 puntos) Una onda transversal se propaga en una cuerda situada a lo largo del eje *x*. La propagación de la onda es en el sentido positivo del eje *x*. La expresión matemática de la onda en los instantes *t = 0 s* y *t = 2 s* es, respectivamente,

$$y(x, t = 0) = 0.1\ sen(\pi - 4\pi x)\ m, \quad y(x, t = 2) = 0.1\ sen(11\pi - 4\pi x)\ m,$$

donde todas las magnitudes están expresadas en el SI de unidades. Calcular:

a) **(1,1 puntos)** La frecuencia angular ω y la expresión matemática de la onda.
b) **(1,1 puntos)** La velocidad de propagación de la onda.
c) **(0,8 puntos)** La aceleración máxima de oscilación de un punto de la cuerda.

Problema 3.2 (3 puntos) Una lámina de vidrio de caras planas y paralelas de *4 cm* de espesor e índice de refracción n_v*=1,5* se encuentra rodeada de aire, cuyo índice de refracción es n_a*=1*. Un rayo de luz monocromática de frecuencia $\mathrm{f} = 4 \times 10^{14}$ *Hz* incide desde el aire formando un ángulo de 30º con la superficie de la lámina. Determinar:

a) **(1,5 puntos)** La longitud de onda del rayo en el aire y en la lámina de vidrio.
b) **(1,5 puntos)** El ángulo de refracción en la lámina de vidrio.

Dato: velocidad de la luz en el vacío: $c = 3 \times 10^8\ m/s$.

GRUPO 4. El estudiante debe realizar solo un problema de este grupo.

Problema 4.1 (2 puntos) Una nave espacial parte desde la Tierra hacia la estrella *X* con una velocidad *v=0,6c*. Respecto a los relojes de la Tierra, la nave tarda 10 años en llegar a la estrella *X*.

a) **(0,5 puntos)** Calcular en años-luz la distancia respecto a la Tierra a la que se encuentra la estrella *X*.
b) **(0,75 puntos)** Calcular en años-luz la distancia respecto a la nave a la que se encuentra la estrella *X*.
c) **(0,75 puntos)** Calcular en años el tiempo que los relojes de la nave atrasarán medidos respecto de la Tierra cuando la nave llegue a la estrella X.

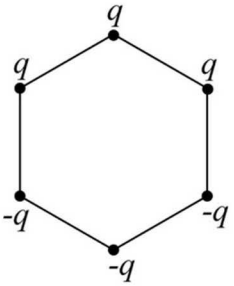
Problema 4.2 (2 puntos) Para el caso del espectro de emisión del Hidrógeno, calcular:

a) **(1,5 puntos)** La longitud de onda de la segunda raya de la serie espectral de Lyman.
b) **(0,5 puntos)** La energía de los fotones correspondientes a dicha emisión.

Constante de Rydberg: $R_H = 1.09 \times 10^7\ m^{-1}$; constante de Planck: $h \approx 6.63 \times 10^{-34}\ J.s$; velocidad de la luz en el vacío: $c = 3 \times 10^8\ m/s$.

PROBLEMA OBLIGATORIO

Problema 5. (1.5 puntos) En cada uno de los vértices del hexágono regular de la figura hay una carga eléctrica puntual *q= 1* μC. La longitud del lado del hexágono es *L=10 cm*.



a) **(1,2 puntos)** Calcular el vector campo eléctrico total en el centro del hexágono creado por las cargas situadas en los vértices del hexágono.
b) **(0,3 puntos)** Si en el centro del hexágono se coloca una carga puntual q_o*= -2* μC, calcular la fuerza total que las cargas situadas en los vértices ejercen sobre la carga q_o.

Dato: Constante de Coulomb $k = 9 \times 10^9\ N\ m^2 C^{-2}$.

5.4. Solucionario del modelo propuesto

Problema 1.1 Dos apartados, de valor 1 punto cada uno de ellos

a) El periodo en horas es $\tau = 24/15,49$. Se calcula el periodo τ en segundos:

$$\tau = \frac{24}{15.49} \times 3600 \approx 5578\ s \quad \text{(0,15 puntos)}$$

Para determinar la altura h sobre la superficie terrestre de la ISS, siendo m la masa de la ISS, aplicamos la segunda Ley de Newton:

$$F_G = \frac{GM_T m}{r^2} = ma_N, \quad \text{(0,5 puntos)}$$

donde la aceleración normal a_N de la ISS en su movimiento orbital circular alrededor de la Tierra es:

$$a_N = \omega^2 r, \quad \omega = 2\pi/\tau \longrightarrow a_N = \frac{4\pi^2 r}{\tau^2},$$

siendo ω la velocidad o frecuencia angular de la ISS. La distacia $r = R_T + h$, siendo R_T el radio de la Tierra. Por tanto:

$$F_G = \frac{GM_T m}{r^2} = m\frac{4\pi^2 r}{\tau^2}. \quad \text{(0,25 puntos)}$$

Despejando r:

$$r = \left(\frac{GM_T\tau^2}{4\pi^2}\right)^{1/3} = \left(\frac{(6,67\times10^{-11})\times(5,97\times10^{24})\times(5578^2)}{4\pi^2}\right)^{1/3} \approx 6,80\times10^6\ m = 6800\ km.$$

Finalmente: $h = r - R_T = 6800 - 6380 = 420\ km$

(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

b) Siendo v la velocidad orbital de la ISS, sabemos que su energía mecánica es suma de la energía cinética $E_c = mv^2/2$ y la energía potencial $U = -GM_T m/r$:

$$\text{Energía} = E = E_c + U = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GM_T m}{r}. \quad \text{(0,1 puntos)}$$

Podemos seguir ahora dos caminos:

i) Usamos de nuevo la segunda Ley Newton:

$$F_G = \frac{GM_T m}{r^2} = ma_N = m\frac{v^2}{r} \longrightarrow \frac{GM_T m}{r} = mv^2. \quad \text{(0,4 puntos)}$$

Por tanto:

$$E = E_c + U = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GM_T m}{r} = \frac{1}{2}\frac{GM_T m}{r} - \frac{GM_T m}{r} = -\frac{1}{2}\frac{GM_T m}{r}. \quad \text{(0,4 puntos)}$$

Sustituyendo los datos:

$$E = -\frac{1}{2}\frac{GM_T m}{r} = -\frac{1}{2}\frac{(6,67\times10^{-11})\times(5,97\times10^{24})\times(4,5\times10^5)}{6,80\times10^6} \approx 1,32\times10^{13}\ J.$$

(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

ii) Sabemos que:

$$v = \omega\ r = 2\pi\ r/\tau. \quad \text{(0,1 puntos)}$$

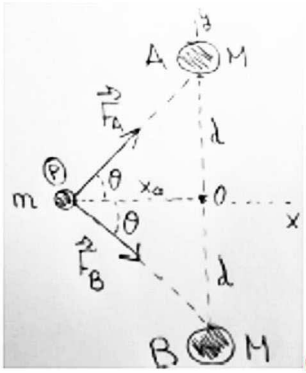
Sustituimos en la segunda Ley de Newton y tendremos que:

$$E = E_c + U = \frac{1}{2}m\frac{4\pi^2 r^2}{\tau^2} - \frac{GM_T m}{r}. \quad \text{(0,7 puntos)}$$

Solo queda sustituir los datos usando el valor de r obtenido en el apartado anterior y llegar al mismo resultado.

(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

Problema 1.2 Dos apartados, de valor 1,25 puntos el apartado a) y de 0,75 el apartado b).



(0,25 puntos)

a) La estrategia es determinar el vector aceleración $\mathbf{a}$ de m como el cociente entre el vector fuerza $\mathbf{F}$ y m: $\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$. Calculamos la fuerza $\mathbf{F}$ que ejercen las dos masas M sobre m. El esquema vectorial a realizar sería el de la figura, de forma que la fuerza efectiva sobre m es suma de las componentes horizontales (eje x) de las fuerzas $\mathbf{F_A}$ y $\mathbf{F_B}$:

$$\mathbf{F} = (F_A \cos\theta + F_B \cos\theta)\,\hat{\mathbf{i}}, \quad F_A = F_B = \frac{GMm}{(x_o^2 + d^2)} \quad \cos\theta = \frac{x_o}{\sqrt{x_o^2 + d^2}}. \quad \text{(0,5 puntos)}$$

Por tanto:

$$\mathbf{F} = \frac{2GMmx_o}{(x_o^2 + d^2)^{3/2}}\,\hat{\mathbf{i}} = \frac{2 \times (6,67 \times 10^{-11}) \times 10 \times 10^{-4} \times 3}{(3^2 + 4^2)^{3/2}}\,\hat{\mathbf{i}} \approx 3,20 \times 10^{-15}\,\hat{\mathbf{i}}\ N. \quad \text{(0,25 puntos)}$$

Calculamos la aceleración:

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m} = \frac{3,20 \times 10^{-15}}{10^{-4}}\,\hat{\mathbf{i}} = 3,20 \times 10^{-14}\,\hat{\mathbf{i}}\ m/s^2. \quad \text{(0,15 puntos)}$$

(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

b) Aplicamos el teorema de conservación de la energía E, de forma que la energía inicial E_i en el punto P es igual a la final E_f en el punto O entre las masas M.

$$E_i = \frac{1}{2}mv_i^2 - 2\frac{GMm}{r_i} = \frac{1}{2}mv_f^2 - 2\frac{GMm}{r_f}. \quad \text{(0,5 puntos)}$$

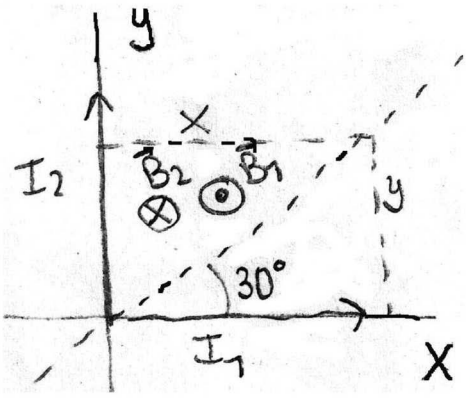
Sabemos que: $v_i = 0$, $r_i = \sqrt{x_o^2 + d^2}$, $r_f = d$. Por tanto la incógnita es v_f. Sustituyendo los datos:

$$-2\frac{(6,67 \times 10^{-11}) \times 10 \times 10^{-4}}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = \frac{1}{2}10^{-4}v_f^2 - 2\frac{(6,67 \times 10^{-11}) \times 10 \times 10^{-4}}{4}. \quad \text{(0,15 puntos)}$$

Despejando: $v_f \approx 1,15 \times 10^{-5}\ m/s$

(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

Problema 2.1



(0,3 puntos)

En el primer cuadrante del plano XY, los campos magnéticos creados por ambas corrientes eléctricas son:

$$\mathbf{B_1} = \frac{\mu_o}{2\pi}\frac{I_1}{y}\,\widehat{\mathbf{k}} \quad \text{Hacia fuera del papel} \qquad\qquad \mathbf{B_2} = -\frac{\mu_o}{2\pi}\frac{I_2}{x}\,\widehat{\mathbf{k}} \quad \text{Hacia dentro del papel} \quad \text{(0,3 puntos)}$$

Por lo tanto, para que el campo magnético total sea nulo a lo largo de toda esa recta, deben ser iguales los módulos de $\mathbf{B_1}$ y $\mathbf{B_2}$:

$$B_1 = B_2 \quad \longrightarrow \quad \frac{\mu_o}{2\pi}\frac{I_1}{y} = \frac{\mu_o}{2\pi}\frac{I_2}{x} \quad \longrightarrow \quad \frac{I_1}{y} = \frac{I_2}{x} \quad \longrightarrow \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{y}{x} \quad \text{(0,3 puntos)}$$

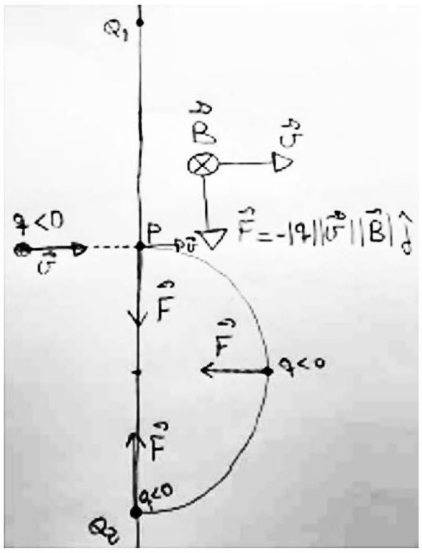
Por otra parte, en esa recta sus coordenadas x e y cumplen la relación:

$$\frac{y}{x} = \tan 30^o = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad \text{(0,3 puntos)}$$

Por lo tanto, combinando las dos últimas ecuaciones, se tiene que:

$$\frac{I_1}{I_2} = \tan 30^o = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad \longrightarrow \quad I_2 = I_1\,\sqrt{3} \quad \text{(0,3 puntos)}$$

Problema 2.2 Tres apartados, de valor 0,6 puntos los apartados a) y b) y de 0,3 el apartado c).



(0,4 puntos)

a) El esquema vectorial a realizar sería es el de la figura. La carga al penetrar en la región de campo magnético $\mathbf{B}$ se ve sometida a la fuerza de Lorentz:

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} = -|q|vB\,\widehat{\mathbf{j}} \quad \text{Hacia abajo, según el eje } y \text{ negativo}$$

Por tanto, ese fuerza, que es central, hará que la carga $q < 0$ describa una trayectoria circular como la de la figura. Por tanto, abandonará la zona de campo magnético por el punto Q_2. (0,2 puntos)

b) Para que la distancia de P a Q_2 sea de $d = 50\ cm$, según la figura, esa distancia d es el doble del radio R de la trayectoria circular que describe la carga q. (0,15 puntos)

Por tanto, aplicando la segunda Ley de Newton:

$$F = ma_N = |q|vB = m\frac{v^2}{R} = 2m\frac{v^2}{d}. \quad \text{(0,35 puntos)}$$

Despejando B:

$$B = \frac{2mv}{d|q|} = \frac{2 \times (8 \times 10^{-21}) \times (2 \times 10^8)}{0,5 \times (10^{-9})} = 6,4 \times 10^{-3}\ T$$

(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

c) Como la carga describe media circunferencia, el tiempo t_f que estará dentro de la zona de campo la mitad del periodo de rotación τ. (0,1 puntos)

Aplicando de nuevo la segunda Ley de Newton.

$$F = ma_N = |q|\omega RB = m\omega^2 R, \quad v = \omega R, \quad \omega = 2\pi/\tau \quad \text{(0,1 puntos)}$$

Por tanto:

$$\omega = \frac{|q|B}{m} \quad \longrightarrow \quad t_f = \frac{\tau}{2} = \frac{\pi m}{|q|B} = \frac{\pi \times (8 \times 10^{-21})}{(10^{-9}) \times (6,4 \times 10^{-3})} \approx 3,93 \times 10^{-9}\ s$$

(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

Problema 3.1 Tres apartados, de valor 1,1 puntos los apartados a) y b) y de 0,8 el apartado c).

a) La expresión general de la onda plana será:

$$y(x,t) = A\sin(\omega t - kx + \phi),$$

siendo A la amplitud, ω su frecuencia angular, $k = 2\pi/\lambda$ el vector de onda con λ su longitud de onda y ϕ un cierto desfase a determinar.

Según los datos del problema, con los valores de la onda en $t = 0$ y en $t = 2\ s$ sacamos que:

$$A = 0,1\ m, \quad k = 4\pi\ m^{-1}. \quad \text{(0,3 puntos)}$$

Además:

$$t = 0 \longrightarrow \phi = \pi\ rad, \quad t = 2\ s \longrightarrow 11\pi = 2\omega + \phi \longrightarrow \omega = 5\pi\ rad/s. \quad \text{(0,7 puntos)}$$

Finalmente tendremos que:

$$y(x,t) = A\sin(\omega t - kx + \phi) = 0,1\sin(5\pi t - 4\pi x + \pi)\ m$$

(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

b) La velocidad de propagación v la calculamos como:

$$v = \frac{\lambda}{\tau}, \text{ siendo } \tau \text{ el periodo dado por } \tau = \frac{2\pi}{\omega}. \quad \text{(0,75 puntos)}$$

Por tanto.

$$v = \frac{\lambda}{\tau} = \frac{2\pi\omega}{2\pi k} = \frac{5\pi}{4\pi} = 1,25\ m/s \quad \text{(0,25 puntos)}$$

(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

c) Para calcular la aceleración $a(x,t)$ de la oscilación, derivamos dos veces respecto al tiempo la expresión de la onda:

$$a(x,t) = \frac{d^2y(x,t)}{dt^2} = -w^2 A\sin(\omega t - kx + \phi). \quad \text{(0,55 puntos)}$$

El valor máximo se alcanza cuando el argumento del seno es la unidad, es decir la $a_{\max} = \omega^2 A = (5\pi)^2 \times (0,1) = 2,5\pi^2\ m/s^2$. (0,15 puntos)

(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

Problema 3.2 Dos apartados de 1,5 puntos cada uno.

a) Calculamos la longitud de onda λ del rayo como $\lambda = v/f$, siendo $v = c/n$ la velocidad de la luz en un medio cuyo índice refracción es n, con c la velocidad de la luz en el vacío. Cuando el rayo está en el aire, $v = c$ ($n_a \approx 1$). Cuando el rayo está en la lámina de vidrio, tenemos que $v = c/n_v$, siendo $n_v = 1,5$ el índice de refracción del vidrio. (1,1 puntos)

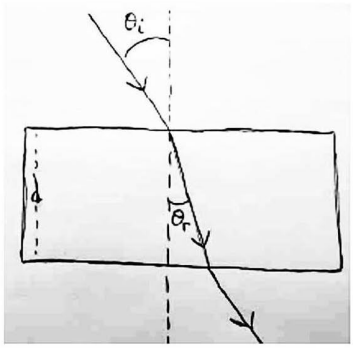
Por tanto:

$$\text{En el aire: } \lambda_a = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{4 \times 10^{14}} = 7,5 \times 10^{-7}\ m. \quad \text{(0,15 puntos)}$$

$$\text{En el vidrio: } \lambda_v = \frac{c}{n_v f} = \frac{3 \times 10^8}{1,5 \times 4 \times 10^{14}} = 5 \times 10^{-7}\ m. \quad \text{(0,15 puntos)}$$

(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

b) Aplicamos la Ley de Snell al rayo cuando pasa del aire al vidrio.



(0,4 puntos)

$$n_a \sin\theta_i = n_v \sin\theta_r, \quad \theta_i = 90^0 - 30^o = 60^o.$$
$$\sin 60^o = 1,5 \sin\theta_r, \quad \longrightarrow \quad \theta_r \approx 35,26^o. \quad \text{(1 punto)}$$

(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

Problema 4.1 Tres apartados con valores de 0,5, 0,75 y 0,75 puntos cada uno de ellos.

a) Respecto a la Tierra, el cálculo de la distancia S_T es:

$$S_T = v_T \times t_T = (0,6c) \times (10 \text{ años}) = 6 \text{ años-luz}.$$

De hecho, S_T es la distancia propia en el problema ya que es una *longitud* que está en reposo respecto al observador en la Tierra. (0,5 puntos)

b) Respecto a la nave, la distancia S_N es:

$$S_N = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\ S_T = \sqrt{1 - \frac{(0,6c)^2}{c^2}} = 0,8 \times (6 \text{ años-luz}) = 4,8 \text{ años-luz}.$$

La distancia S_N es en efecto más corta que la distancia S_N, ya que la distancia entre la Tierra y el planeta X es una *longitud* que no está en reposo respecto a la nave. (0,75 puntos)

c) Lo que ocurre es que los relojes de la nave van a atrasar respecto de los de la Tierra según:

$$t_N = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\ t_T = 0,8 \times (10 \text{ años}) = 8 \text{ años}.$$

De igual forma, el tiempo propio es el medido en la Tierra, por tanto, los relojes de la nave respecto de los de la Tierra atrasarán $10 - 8 = 2$ años. (0,75 puntos)

Problema 4.2 Dos apartados con valores de 1,5 y 0,5 puntos cada uno de ellos.

a) La serie de Lyman del espectro de misión del átomo de Hidrógeno se corresponde a emisiones desde un estado inicial caracterizado por un nńero cuántico principal $n_i \geq 2$ al estado fundamental con $n_f = 1$. En particular, la longitud de onda de la segunda raya espectral de Lyman tiene lugar con $n_i = 3$. En cualquier caso, las emisiones viene descritas por la expresión:

$$\frac{1}{\lambda} = R_{\mathrm{H}} \left(\frac{1}{n_{\mathrm{f}}^2} - \frac{1}{n_{\mathrm{i}}^2} \right), \quad R_{\mathrm{H}} \approx 1,09 \times 10^7 \ m^{-1}.$$

Sustituyendo:

$$\frac{1}{\lambda} = 1,09 \times 10^7 \left(1 - \frac{1}{3^2} \right) \quad \longrightarrow \lambda \approx 1,03 \times 10^{-7} \ m. \quad \text{(1,4 puntos)}$$

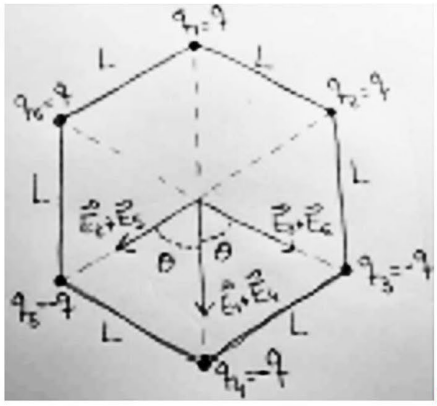
(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

b) Para calcular la energía E de los fotones emitidos en la emisión, aplicamos la ecuación de Planck:

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda} = (6,63 \times 10^{-34}) \times \frac{3 \times 10^8}{1,03 \times 10^{-7}} \approx 1,93 \times 10^{-18} \ J. \quad \text{(0,4 puntos)}$$

(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

Problema 5 Dos apartados, de valor 1,2 puntos el apartado a) y de 0,3 el apartado b).



(0,4 puntos)

a) El esquema vectorial a realizar sería es el de la figura, de forma que el campo eléctrico total $\mathbf{E_T}$ en el centro del exágono es la suma vectorial de los campos que crean cada una de las seis cargas de las esquinas. Las distancias r_i de las cargas al centro del hexágono son iguales a L, el módulo de todos los campos es el mismo y el ángulo $\theta = 60^o$:

$$E = E_i = \frac{k|q_i|}{r_i^2} = \frac{kq}{L^2}, \quad i = 1, ..., 6 \quad \text{(0,2 puntos)}$$

Haciendo la suma vectorial, tenemos que las componentes horizontales de $\mathbf{E_3} + \mathbf{E_6}$ y de $\mathbf{E_2} + \mathbf{E_5}$ se cancenlan entre sí. De este modo, el campo eléctrico neto es según el eje vertical y y hacia abajo (podemos considerarlo negativo):

$$\mathbf{E_T} = -(E_1 + E_4)\,\widehat{\mathbf{j}} - (E_2 + E_3 + E_5 + E_6)\cos\theta\,\widehat{\mathbf{j}}, \quad \cos\theta = \cos 60^o = \frac{1}{2}. \quad \text{(0,4 puntos)}$$

Sustituyendo:

$$\mathbf{E_T} = -2\frac{kq}{L^2}\,\widehat{\mathbf{j}} - 4\frac{kq}{L^2}\frac{1}{2}\,\widehat{\mathbf{j}} = -4\frac{kq}{L^2}\,\widehat{\mathbf{j}} = -4\frac{(9 \times 10^9) \times (10^{-6})}{10^{-2}}\,\widehat{\mathbf{j}}\ N/C = -3,6 \times 10^6\,\widehat{\mathbf{j}}\ N/C. \quad \text{(0,1 puntos)}$$

(0,1 punto por llegar al resultado numérico correcto, siempre que las unidades estén expresadas de forma correcta.)

b) Calculamos la fuerza $\mathbf{F}$ sobre la carga negativa q_o como:

$\mathbf{F} = q_o\,\mathbf{E_T} = (-2 \times 10^{-6}) \times (-3,6 \times 10^6\,\widehat{\mathbf{j}}) = 7,2\,\widehat{\mathbf{j}}\ N$ Hacia el centro del exágono, según el eje y positivo.

(0,3 puntos)