

**INSTRUCCIONES GENERALES Y CALIFICACIÓN**

Después de leer atentamente todas las preguntas, el alumno deberá escoger **una** de las dos opciones propuestas y responder a las cuestiones de la opción elegida.

**CALIFICACIÓN:** Cada pregunta se valorará sobre 2 puntos (1 punto cada apartado).

**TIEMPO:** 90 minutos.

**OPCIÓN A**

**Pregunta 1.-** Dos masas  $m_1 = 10 \text{ kg}$  y  $m_2 = 20 \text{ kg}$  cuelgan del techo y están separadas 1 m de distancia. Determine:

- La fuerza  $\vec{F}_{12}$  que ejerce la masa  $m_1$  sobre la  $m_2$ , y el peso  $\vec{P}_2$  de la masa  $m_2$ .
- Explique razonadamente por qué el módulo de  $\vec{P}_2$  es mucho mayor que el módulo de  $\vec{F}_{12}$ .

*Datos:* Radio de la Tierra,  $R_T = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$ ; Constante de Gravitación Universal,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ .

*Masa de la Tierra,  $M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ .*

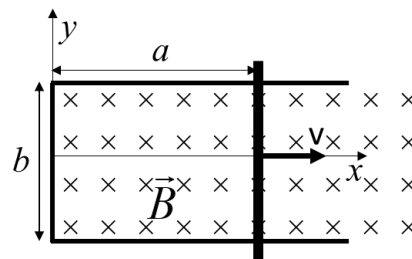
**Pregunta 2.-** Dos altavoces de 60 W y 40 W de potencia están situados, respectivamente, en los puntos (0, 0, 0) y (4, 0, 0) m. Determine:

- El nivel de intensidad sonora en el punto (4, 3, 0) m debido a cada uno de los altavoces.
- El nivel de intensidad sonora en el punto (4, 3, 0) m debido a ambos altavoces.

*Dato:* Intensidad umbral de audición,  $I_0 = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ .

**Pregunta 3.-** Sea un campo magnético uniforme  $\vec{B} = -B_0 \vec{k}$ , con  $B_0 = 0,3 \text{ T}$ . En el plano xy, hay una espira rectangular cuyos lados miden, inicialmente,  $a = 1 \text{ m}$  y  $b = 0,5 \text{ m}$ . La varilla de longitud  $b$  se puede desplazar en la dirección del eje x, tal y como se ilustra en la figura. Determine, para  $t = 2 \text{ s}$ , el flujo a través de la espira y la fuerza electromotriz inducida en la misma si,

- La varilla se desplaza con velocidad constante de  $3 \text{ m s}^{-1}$ .
- Partiendo del reposo la varilla se desplaza con aceleración constante de  $2 \text{ m s}^{-2}$ .



**Pregunta 4.-** Un sistema óptico está constituido por dos lentes situadas a 50 cm de distancia. La primera es de 10 dioptrías y la segunda de -10 dioptrías. Se sitúa un objeto de altura 10 cm a una distancia de 15 cm, a la izquierda de la primera lente.

- Determine la posición y el tamaño de la imagen producida por la primera lente y de la imagen final formada por el sistema.
- Realice un diagrama de rayos de la formación de la imagen final.

**Pregunta 5.-**

- Explique, clara y brevemente, en qué consiste el efecto fotoeléctrico.
- Si el trabajo de extracción de un metal es de 2 eV, ¿con fotones de qué frecuencia habría que iluminar el metal para que los electrones extraídos tuvieran una velocidad máxima de  $7 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$ ?

*Datos:* Constante de Planck,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ ; Valor absoluto de la carga del electrón,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;

*Masa del electrón,  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .*

## OPCIÓN B

**Pregunta 1.-** Considérese un satélite de masa  $10^3$  kg que orbita alrededor de la Tierra en una órbita circular geostacionaria.

a) Determine el radio que tendría que tener la órbita para que su periodo fuese doble del anterior.

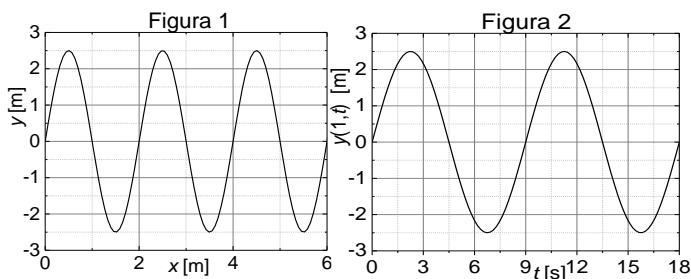
b) ¿Cuál es la diferencia de energía del satélite entre la primera y la segunda órbita?

Datos: Constante de Gravitación Universal,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  N m<sup>2</sup> kg<sup>-2</sup>; Masa de la Tierra,  $M_T = 5,97 \cdot 10^{24}$  kg.

**Pregunta 2.-** Considérese una onda armónica transversal que se propaga en el sentido positivo del eje  $x$ . La figura 1 muestra la variación de la elongación en función de  $x$  en un instante  $t$ , mientras que en la figura 2, se representa la oscilación, en función del tiempo, de un punto situado en  $x = 1$  m. Determine:

a) La longitud de onda, la amplitud, el periodo y la velocidad de propagación de la onda.

b) La expresión matemática de la onda.



**Pregunta 3.-** Considérese una carga  $q_1 = 6 \mu\text{C}$ , situada en el origen de coordenadas. Determine:

a) El trabajo necesario para llevar una carga  $q_2 = 10 \mu\text{C}$  desde una posición muy alejada, digamos  $x \rightarrow \infty$ , hasta la posición  $x = 10$  m.

b) El punto entre ambas cargas en el que una carga  $q$  estaría en equilibrio.

Dato: Constante de la Ley de Coulomb,  $K = 9 \cdot 10^9$  N·m<sup>2</sup> C<sup>-2</sup>.

**Pregunta 4.-** En un medio de índice de refracción  $n_1 = 1$  se propaga un rayo luminoso de frecuencia  $f_1 = 6 \cdot 10^{14}$  Hz.

a) ¿Cuál es su longitud de onda?

b) ¿Cuál sería la frecuencia y la longitud de onda de la radiación si el índice de refracción del medio fuese  $n_2 = 1,25 n_1$ ?

Dato: Velocidad de propagación de la luz en el vacío,  $c = 3 \cdot 10^8$  m s<sup>-1</sup>

**Pregunta 5.-** Determine:

a) La velocidad a la que debe desplazarse un electrón para que su longitud de onda asociada sea la misma que la de un fotón de 0,02 MeV de energía.

b) La energía que tiene el electrón en eV y su momento lineal.

Datos: Constante de Planck,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J s; Valor absoluto de la carga del electrón,  $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$  C; Masa del electrón,  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$  kg; Velocidad de la luz en el vacío;  $c = 3 \cdot 10^8$  m s<sup>-1</sup>.

## **CRITERIOS ESPECÍFICOS DE CORRECCIÓN**

### **FÍSICA**

- \* Las preguntas deben contestarse razonadamente, valorando en su resolución una adecuada estructuración y el rigor en su desarrollo.
- \* Se valorará positivamente la inclusión, de pasos detallados, así como la realización de diagramas, dibujos y esquemas.
- \* En la corrección de las preguntas se tendrá en cuenta el proceso seguido en la resolución de las mismas, valorándose positivamente la identificación de los principios y leyes físicas involucradas.
- \* Se valorará la destreza en la obtención de resultados numéricos y el uso correcto de las unidades en el Sistema Internacional.
- \* Cada pregunta, debidamente justificada y razonada con la solución correcta, se calificará con un máximo de 2 puntos.
- \* En las preguntas que consten de varios apartados, la calificación máxima será la misma para cada uno de ellos (desglosada en múltiplos de 0,25 puntos).

## SOLUCIONES FÍSICA

### OPCIÓN A

**Pregunta 1.-** Dos masas  $m_1 = 10 \text{ kg}$  y  $m_2 = 20 \text{ kg}$  cuelgan del techo y están separadas 1 m de distancia. Determine:

- La fuerza  $\vec{F}_{12}$  que ejerce la masa  $m_1$  sobre la  $m_2$ , y el peso  $\vec{P}_2$  de la masa  $m_2$ .
- Explique razonadamente por qué el módulo de  $\vec{P}_2$  es mucho mayor que el módulo de  $\vec{F}_{12}$ .

Datos: Radio de la Tierra,  $R_T = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$ ; Constante de Gravitación Universal,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ .  
Masa de la Tierra,  $M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ .

- La fuerza que ejerce la masa  $m_1$  sobre la  $m_2$  viene dada por:  $\vec{F}_{12} = \frac{Gm_1m_2}{r_{12}^2} \vec{u}_{21} = 1,33 \cdot 10^{-8} \vec{u}_{21} \text{ N}$ ,

siendo  $r_{12}$  la distancia entre  $m_1$  y  $m_2$  y  $\vec{u}_{21}$  un vector unitario contenido en la recta que une las masas  $m_1$  y  $m_2$  cuyo sentido apunta hacia  $m_1$  (fuerza atractiva).

$$\vec{P}_2 = \frac{GM_T m_2}{R_T^2} (-\vec{u}_r) = m_2 g (-\vec{u}_r) = 196,2 (-\vec{u}_r) \text{ N. siendo } \vec{u}_r \text{ un vector unitario radial saliente}$$

desde el centro de la Tierra.

- La fuerza entre masas es proporcional a las masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. El peso  $P_2$  es en realidad la fuerza entre la masa  $m_2$  y la masa de la Tierra,  $M_T$ , a una

$$\text{distancia que es el radio de la Tierra, } R_T. \quad \frac{P_2}{F_{12}} = \frac{GM_T m_2 / R_T^2}{Gm_1 m_2 / r_{12}^2} = \frac{M_T}{R_T^2} \frac{r_{12}^2}{m_1} = 1,47 \cdot 10^{11} \frac{r_{12}^2}{m_1}.$$

De esta expresión se desprende que es  $P_2 \gg F_{12}$ .

**Pregunta 2.-** Dos altavoces de 60 W y 40 W de potencia están situados, respectivamente, en los puntos (0, 0, 0) y (4, 0, 0) m. Determine:

- El nivel de intensidad sonora en el punto (4, 3, 0) m debido a cada uno de los altavoces.
- El nivel de intensidad sonora en el punto (4, 3, 0) m debido a ambos altavoces.

Dato: Intensidad umbral de audición,  $I_o = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ .

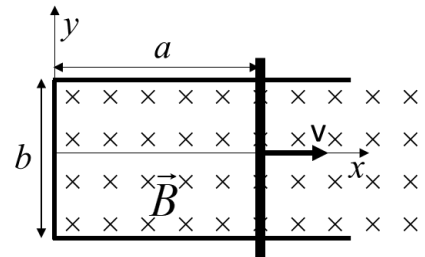
$$\text{a) } I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2}; \quad I_1 = \frac{60}{4\pi 5^2} = 0,19 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}. \quad I_2 = \frac{40}{4\pi 3^2} = 0,35 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}.$$

$$\beta_i = 10 \log \frac{I_i}{I_o}; \quad \beta_1 = 112,8 \text{ dB}; \quad \beta_2 = 115,5 \text{ dB}.$$

$$\text{b) } I = I_1 + I_2 = 0,54 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}. \quad \beta = 10 \log \frac{I}{I_o} = 117,3 \text{ dB}.$$

**Pregunta 3.-** Sea un campo magnético uniforme  $\vec{B} = -B_o \vec{k}$ , con  $B_o = 0,3 \text{ T}$ . En el plano xy, hay una espira rectangular cuyos lados miden, inicialmente,  $a = 1 \text{ m}$  y  $b = 0,5 \text{ m}$ . La varilla de longitud  $b$  se puede desplazar en la dirección del eje x, tal y como se ilustra en la figura. Determine, para  $t = 2 \text{ s}$ , el flujo a través de la espira y la fuerza electromotriz inducida en la misma si,

- La varilla se desplaza con velocidad constante de  $3 \text{ m s}^{-1}$ .
- Partiendo del reposo, la varilla se desplaza con aceleración constante de  $2 \text{ m s}^{-2}$ .



El flujo a través de la espira es:  $\phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B_o b \cdot x$

- a)  $x = a + vt$ ;  $x = 1 + 3t$ .  $\phi(t) = 0,3 \cdot 0,5(1 + 3t) = 0,15(1 + 3t)$  Wb.  $\phi(2) = 0,15 \cdot 7 = 1,05$  Wb.  
 $\varepsilon = -d\phi/dt = -0,45$  V.
- b)  $x = 1 + \frac{1}{2}2t^2$ ;  $x = 1 + t^2$ .  $\phi(t) = 0,3 \cdot 0,5(1 + t^2) = 0,15(1 + t^2)$  Wb.  $\phi(2) = 0,15 \cdot 5 = 0,75$  Wb  
 $\varepsilon = -d\phi/dt = -0,30 \cdot t$  V.  $\varepsilon = -0,60$  V.

**Pregunta 4.-** Un sistema óptico está constituido por dos lentes situadas a 50 cm de distancia. La primera es de 10 dioptrías y la segunda de -10 dioptrías. Se sitúa un objeto de altura 10 cm a una distancia de 15 cm, a la izquierda de la primera lente.

- a) Determine la posición y el tamaño de la imagen producida por la primera lente y de la imagen final formada por el sistema.  
 b) Realice un diagrama de rayos de la formación de la imagen final.

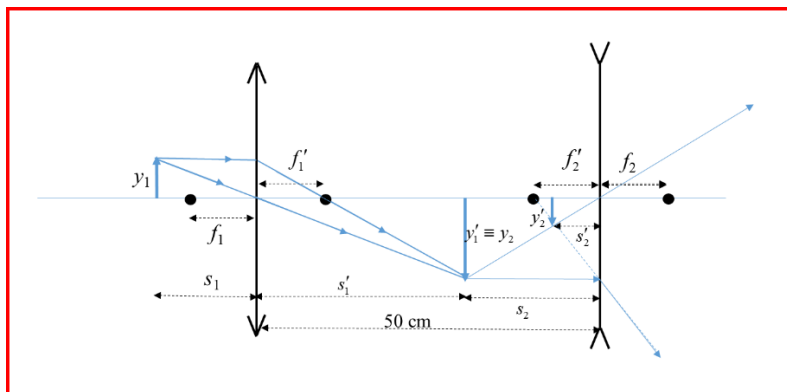
a)  $f'_1 = 0,1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$ ;  $f'_2 = -0,1 \text{ m} = -10 \text{ cm}$ ;  $y = 10 \text{ cm}$ ;  $s_1 = -15 \text{ cm}$ .

$$\frac{1}{s'_1} - \frac{1}{s_1} = \frac{1}{f'_1}; \frac{1}{s'_1} - \frac{1}{-15} = \frac{1}{10}; s'_1 = 30 \text{ cm}. \frac{y_1}{y'_1} = \frac{s_1}{s'_1}; s'_1 = 30 \text{ cm}; s_2 = -(50 - 30) \text{ cm}$$

$$y'_1 = \frac{s'_1}{s_1} y_1 = \frac{30}{-15} 10 = -20 \text{ cm} = y_2$$

$$\frac{1}{s'_2} - \frac{1}{s_2} = \frac{1}{f'_2}; s'_2 = -\frac{20}{3} = -6,7 \text{ cm}; \frac{y_2}{y'_2} = \frac{s_2}{s'_2}; y'_2 = \frac{s'_2}{s_2} y_2 = \frac{-20}{3 \cdot (-20)} (-20) = -6,7 \text{ cm}$$

b)



**Pregunta 5.-**

- a) Explique, clara y brevemente, en qué consiste el efecto fotoeléctrico.  
 b) Si el trabajo de extracción de un metal es de 2 eV, ¿con fotones de qué frecuencia habría que iluminar el metal para que los electrones extraídos tuvieran una velocidad máxima de  $7 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$ ?

Datos: Constante de Planck,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ ; Valor absoluto de la carga del electrón,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  
 Masa del electrón,  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .

- a) La iluminación de un metal con fotones de frecuencia  $f$ , puede dar lugar a la extracción de electrones. Denominemos  $W_e$  al trabajo necesario para que un electrón supere la barrera del potencial de la superficie (denominado potencial de extracción). Un electrón podrá ser extraído si, absorbiendo toda la energía del fotón,  $hf$ , ésta es mayor que  $W_e$ . La energía sobrante,  $hf - W_e$ , sería la energía cinética máxima del electrón. Si el electrón está más ligado podría salir pero con menor energía,  $E$ , siendo  $E < (hf - W_e) = E_{\text{max}}$ .

$$b) E_{\max} = \frac{1}{2} m_e v^2 = 0,5 \cdot 9,11 \times 10^{-31} \cdot (7 \cdot 10^5)^2 = 2,23 \cdot 10^{-19} \text{ J}; W_e = 2 \text{ eV} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

$$E_{\max} = hf - W_e; f = \frac{E_{\max} + W_e}{h} = \frac{2,23 \cdot 10^{-19} + 3,2 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 8,19 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

### OPCIÓN B

**Pregunta 1.-** Considérese un satélite de masa  $10^3 \text{ kg}$  que orbita alrededor de la Tierra en una órbita circular geostacionaria.

a) Determine el radio que tendría que tener la órbita para que su periodo fuese doble del anterior.

b) ¿Cuál es la diferencia de energía del satélite entre la primera y la segunda órbita?

Datos: Constante de Gravitación Universal,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ ; Masa de la Tierra,  $M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ .

a) Órbita geostacionaria  $T_{\text{geo}} = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$ . Si  $T = 2T_{\text{geo}} = 172800 \text{ s}$ .

Para que la órbita sea estable se requiere que

$$m\omega^2 R_{\text{orb}} = \frac{GM_T m}{R_{\text{orb}}^2}; \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{GM_T}{R_{\text{orb}}^3}; R_{\text{orb}}^3 = \frac{GM_T T^2}{4\pi^2} = 301,18 \cdot 10^{21}; R_{\text{orb}} = 6,70 \cdot 10^7 \text{ m}.$$

$$b) R_{\text{orb,geo}}^3 = \frac{GM_T T_{\text{geo}}^2}{4\pi^2} = \frac{1}{4} \frac{GM_T T^2}{4\pi^2} = \frac{R_{\text{orb}}^3}{4}; R_{\text{orb,geo}} = 6,70 \cdot 10^7 / 1,59 = 4,22 \cdot 10^7 \text{ m}.$$

$$\Delta E_p = GM_T m \left[ \frac{1}{R_{\text{orb}}} - \frac{1}{R_{\text{orb,geo}}} \right] = -3,98 \cdot 10^{17} \cdot 8,77 \cdot 10^{-9} = -3,49 \cdot 10^9 \text{ J}.$$

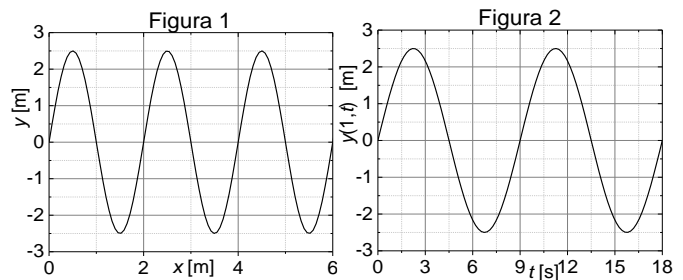
$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m(v_{\text{orb,geo}}^2 - v_{\text{orb}}^2) = \frac{1}{2} m \left( \frac{GM_T}{R_{\text{orb,geo}}} - \frac{GM_T}{R_{\text{orb}}} \right) = \frac{1}{2} GM_T m \left[ \frac{1}{R_{\text{orb,geo}}} - \frac{1}{R_{\text{orb}}} \right] = -\frac{1}{2} \Delta E_p;$$

$$\Delta E = \Delta E_c + \Delta E_p = -\frac{1}{2} \Delta E_p + \Delta E_p = \frac{1}{2} \Delta E_p = -1,75 \cdot 10^9 \text{ J}.$$

**Pregunta 2.-** Considérese una onda armónica transversal que se propaga en el sentido positivo del eje x. La figura 1 muestra la variación de la elongación en función de x en un instante t, mientras que en la figura 2, se representa la oscilación, en función del tiempo, de un punto situado en  $x = 1 \text{ m}$ . Determine:

a) La longitud de onda, la amplitud, el periodo y la velocidad de propagación de la onda.

b) La expresión matemática de la onda.



a) Según la fig. 1 es  $\lambda = 2 \text{ m}$ , la amplitud  $A = 2,5 \text{ m}$ . De la fig. 2 es  $T = 9 \text{ s}$ . La velocidad de propagación será:  $v = \lambda / T = 0,22 \text{ m s}^{-1}$ .

b) La ecuación de la onda es:  $y(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \varphi)$ .

Donde  $k = 2\pi/\lambda = \pi \text{ m}^{-1}$ .  $\omega = 2\pi/T = 0,70 \text{ rad s}^{-1}$ . Falta  $\varphi$ ,

La fig. 2 representa  $y(1, t) = 2,5 \cos(0,7t - \pi + \varphi)$ ;  $y(1, 0) = 2,5 \cos(-\pi + \varphi) = 0$  luego  $-\pi + \varphi = \pm\pi/2$ ;  $\varphi = \pi/2$  ó  $3\pi/2$ .

Según fig. 2 es  $y(1,1) = 2,5 \cos(0,7 - \pi + \varphi) > 0$ ;  $y(1,1) = 2,5 \cos(0,7 - \pi + \pi/2) = 1.61$   
 $y(1,1) = 2,5 \cos(0,7 - \pi + 3\pi/2) = -1.61$ , luego la  
 solución es:  $y(x,t) = 2,5 \cos(0,7t - \pi x + \pi/2)$

**Pregunta 3.-** Considérese una carga  $q_1 = 6 \mu\text{C}$ , situada en el origen de coordenadas. Determine:

- El trabajo necesario para llevar una carga  $q_2 = 10 \mu\text{C}$  desde una posición muy alejada, digamos  $x \rightarrow \infty$ , hasta la posición  $x = 10 \text{ m}$ .
- El punto entre ambas cargas en el que una carga  $q$  estaría en equilibrio.

Dato: Constante de la Ley de Coulomb,  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{ C}^{-2}$ .

- El potencial que crea la carga  $q_1$  en la posición  $x = 10 \text{ m}$ , si tomamos como referencia  $V = 0$  en  $x \rightarrow \infty$ , es, por definición, el trabajo necesario para trasladar la unidad de carga desde el infinito al punto  $x = 10 \text{ cm}$ . Por tanto,

$$V = K \frac{q_1}{R}; V = 9 \cdot 10^9 \frac{6 \cdot 10^{-6}}{10} = 5400 \text{ V}; \text{ El trabajo pedido es: } W = q_2 V = 5,40 \cdot 10^{-2} \text{ J}.$$

- El punto requerido es en el que se igualan los módulos de las fuerzas que ejercen  $q_1$  y  $q_2$  sobre  $q$ . esto

$$\text{es: } K \frac{q_1 q}{x^2} = K \frac{q_2 q}{(10-x)^2}; q_1(10-x)^2 = q_2 x^2; (q_1 - q_2)x^2 - 20q_1 x + 100q_1 = 0.$$

$$-4 \cdot 10^{-6} x^2 - 120 \cdot 10^{-6} x + 600 \cdot 10^{-6} = 0; x^2 + 30x - 150 = 0;$$

$$x = -15 \pm \sqrt{\frac{900 + 600}{4}} = -15 \pm 19,36 = 4,36 \text{ m es la solución válida.}$$

**Pregunta 4.-** En un medio de índice de refracción  $n_1 = 1$  se propaga un rayo luminoso de frecuencia  $f_1 = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ .

- ¿Cuál es su longitud de onda?
- ¿Cuál sería la frecuencia y la longitud de onda de la radiación si el índice de refracción del medio fuese  $n_2 = 1,25 n_1$ ?

Dato: Velocidad de propagación de la luz en el vacío,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

$$\text{a) } n_1 = \frac{c}{v_1} = \frac{c}{\lambda_1 f_1}; \lambda_1 = \frac{c}{n_1 f_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{6 \cdot 10^{14}} = 500 \text{ nm};$$

$$\text{b) La frecuencia no depende del medio. } f_2 = f_1. \text{ Y } \lambda_2 = \frac{c}{1,25 n_1 f_1} = \frac{\lambda_1}{1,25} = 400 \text{ nm.}$$

**Pregunta 5.-** Determine:

- La velocidad a la que debe desplazarse un electrón para que su longitud de onda asociada sea la misma que la de un fotón de  $0,02 \text{ MeV}$  de energía.
- La energía que tiene el electrón en eV y su momento lineal.

Datos: Constante de Planck,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ ; Valor absoluto de la carga del electrón,  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ; Masa del electrón,  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ; Velocidad de la luz en el vacío;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .

$$\text{a) } E_f = hf = h \frac{c}{\lambda}; \lambda = \frac{h}{m_e v_e}. \text{ De ambas, } v_e = \frac{h}{m_e \lambda} = \frac{h}{m_e h \frac{c}{E_f}} = \frac{E_f}{m_e c} = \frac{3,2 \cdot 10^{-15}}{9,11 \cdot 10^{-31} 3 \cdot 10^8} = 1,17 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}.$$

$$\text{b) } E_e = \frac{1}{2} m_e v_e^2 = 6,24 \cdot 10^{-17} \text{ J} = 390 \text{ eV}; p_e = m_e v_e = 1,07 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1};$$