



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

PRUEBA DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD

PARA LOS MAYORES DE 25 AÑOS

AÑO 2019

Modelo

MATERIA: FÍSICA

INSTRUCCIONES GENERALES Y VALORACIÓN

La prueba consta de dos opciones, A y B, cada una de las cuales incluye cinco preguntas. El alumno deberá elegir la opción A o la opción B. Nunca se deben resolver preguntas de opciones distintas. Se podrá hacer uso de calculadora científica no programable.

PUNTUACIÓN:

Cada pregunta debidamente justificada y razonada con la solución correcta se calificará con un máximo de 2 puntos. Cada apartado tendrá una calificación máxima de 1 punto.

TIEMPO: 1 Hora y 30 minutos.

OPCIÓN A

Pregunta 1.- Considerando la Tierra como un planeta esférico de radio 6371 km, calcule:

- La aceleración de la gravedad en su superficie y la velocidad de escape desde la misma.
- La altura, sobre la superficie terrestre, a la que describe una órbita circular un satélite geostacionario.

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

Pregunta 2.- Una onda armónica transversal se propaga a lo largo del eje x, en el sentido positivo. La velocidad y aceleración máximas de vibración son, respectivamente, $0,6\pi \text{ m s}^{-1}$ y $0,6\pi^2 \text{ m s}^{-2}$. En un cierto instante de tiempo, en $x = 0$ la elongación es máxima y el primer punto a la derecha de $x = 0$ en el que la elongación es nula es $x = 0,5 \text{ m}$. Calcule:

- La amplitud y la frecuencia angular de la onda.
- El número de onda y la velocidad de propagación.

Pregunta 3.- Dos isótopos ionizados de potasio $^{39}\text{K}^+$ y $^{41}\text{K}^+$ entran en la cámara de un espectrógrafo de masas con una velocidad de $6 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$ perpendicular a un campo magnético uniforme de módulo $B = 0,4 \text{ T}$. Determine, para cada uno de los isótopos:

- El módulo de la fuerza que experimentan.
- El radio de la trayectoria que describen.

Datos: Valor absoluto de la carga del electrón, $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; Masa del isótopo $^{39}\text{K}^+$, $m(^{39}\text{K}) = 65,06 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; Masa del isótopo $^{41}\text{K}^+$, $m(^{41}\text{K}) = 68,40 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Pregunta 4.- Un foco emite un rayo de luz de frecuencia $5,6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ el cual incide desde el aire sobre un medio líquido de índice de refracción desconocido. Cuando el ángulo de incidencia es de 30° , el ángulo de refracción es de $18,21^\circ$.

- Determine el índice de refracción del medio líquido y la longitud de onda del rayo de luz en dicho medio.
- Si se sitúa el foco de luz en el fondo del medio líquido, ¿qué ángulo mínimo debe formar el haz de luz con respecto a la vertical para que se produzca la reflexión total?

Datos: Velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; Índice de refracción del aire, $n_{\text{aire}} = 1$.

Pregunta 5.- La longitud de onda umbral del litio para el efecto fotoeléctrico es de 520 nm. Dos rayos de luz de longitudes de onda $\lambda_1 = 300 \text{ nm}$ y $\lambda_2 = 600 \text{ nm}$ inciden sobre una lámina de litio.

- ¿Para cuál de los dos rayos de luz se producirá el efecto fotoeléctrico? Justifique la respuesta.
- Calcule la energía cinética máxima de los electrones emitidos y su longitud de onda de De Broglie.

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

OPCIÓN B

Pregunta 1.- Un satélite tiene una masa de 1700 kg. Para ponerlo en una órbita circular primero se sitúa a una altura de $2,02 \cdot 10^4$ km sobre la superficie terrestre. Calcule:

- El trabajo mínimo requerido para situar el satélite a esa altura.
- La velocidad que hay que imprimir al satélite para que, una vez situado a esa altura, describa una órbita circular.

Datos: Constante de Gravitación Universal, $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N m² kg⁻²; Masa de la Tierra, $M_T = 5,97 \cdot 10^{24}$ kg; Radio de la Tierra, $R_T = 6,37 \cdot 10^6$ m.

Pregunta 2.- Una onda armónica transversal se propaga por una cuerda tensa de gran longitud según el sentido positivo del eje X. En dos puntos de la cuerda de abscisas $x_1 = 0$ m y $x_2 = 0,25$ m, el movimiento vibratorio que realizan en la dirección del eje Y está definido, respectivamente, por las expresiones:

$$y_1(t) = 0,05 \operatorname{sen} 4\pi t \quad \text{e} \quad y_2(t) = 0,05 \operatorname{sen} \left(4\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \quad (y_1 \text{ e } y_2 \text{ en metros y } t \text{ en segundos})$$

Determine:

- La amplitud, la frecuencia, la longitud de onda y la velocidad de propagación de la onda.
- La expresión matemática que representa dicha onda y la velocidad de oscilación del punto de la cuerda que ocupa la posición $x = 1,5$ m en el instante $t = 2$ s.

Pregunta 3.- Dos cargas puntuales, de valor $2 \mu\text{C}$ cada una, se encuentran situadas en los puntos $(0, 4)$ m y $(0, -2)$ m. Determine:

- El trabajo necesario para trasladar una tercera carga $q' = 4 \mu\text{C}$ desde el infinito hasta el origen de coordenadas $(0, 0)$.
- La fuerza que actúa sobre la carga q' cuando está en el origen de coordenadas.

Dato: Constante de la Ley de Coulomb en el vacío; $K = 9 \cdot 10^9$ N m² C⁻²

Pregunta 4.- Se sitúa un objeto a la izquierda de una lente delgada cuya potencia, en valor absoluto, es de 0,1 dioptrías, formándose una imagen virtual y derecha de un tamaño cinco veces menor que el objeto.

- Indique si la lente es convergente o divergente, y determine la distancia focal y las posiciones del objeto y de la imagen.
- Dibuje el diagrama de rayos correspondiente a la formación de la imagen.

Pregunta 5.- La longitud de onda umbral del potasio, para que se produzca efecto fotoeléctrico, es de 560 nm. Calcule:

- La frecuencia umbral y la función de trabajo del potasio.
- La energía cinética máxima de los electrones emitidos y el potencial de frenado si la longitud de onda de la luz incidente es de 465 nm.

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

FÍSICA

CRITERIOS ESPECÍFICOS DE CORRECCIÓN Y CALIFICACIÓN

- 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 será la misma para cada uno de ellos.

SOLUCIONES (OPCION A)

Pregunta 1.- Considerando la Tierra como un planeta esférico de radio 6371 km, calcule:

- La aceleración de la gravedad en su superficie y la velocidad de escape desde la misma.
- La altura, sobre la superficie terrestre, a la que describe una órbita circular un satélite geoestacionario.

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 partir de la expresión del campo gravitatorio en la superficie terrestre se obtiene la aceleración de la gravedad:

$$g_T = \frac{GM_T}{R_T^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{(6371 \cdot 10^3)^2} = 9,81 \text{ m s}^{-2}$$

Cuando un cuerpo escapa del campo gravitatorio su energía mecánica es nula.

$$\frac{1}{2}mv_e^2 - \frac{GmM_T}{R_T} = 0$$

Y la velocidad de escape desde la superficie terrestre:

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM_T}{R_T}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{6371 \cdot 10^3}} = 11180 \text{ m s}^{-1}$$

- El periodo de revolución de un satélite geoestacionario es igual al de rotación de la Tierra alrededor de su eje. $T = 24\text{h} = 86400 \text{ s}$.

El periodo: $T = \frac{2\pi r}{v}$ y la velocidad orbital: $v = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$;

Despejando r : $r = \sqrt[3]{\frac{T^2 GM_T}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{86400^2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{4\pi^2}} = 4,22 \cdot 10^7 \text{ m}$

La altura h sobre la superficie de la Tierra: $r = R_T + h \rightarrow h = 4,22 \cdot 10^7 - 6,37 \cdot 10^6 = 3,59 \cdot 10^7 \text{ m}$

Pregunta 2.- Una onda armónica transversal se propaga a lo largo del eje x , en el sentido positivo. La velocidad y aceleración máximas de vibración son, respectivamente, $0,6\pi \text{ m s}^{-1}$ y $0,6\pi^2 \text{ m s}^{-2}$. En un cierto instante de tiempo, en $x = 0$ la elongación es máxima y el primer punto a la derecha de $x = 0$ en el que la elongación es nula es $x = 0,5 \text{ m}$. Calcule:

- La amplitud y la frecuencia angular de la onda.
- El número de onda y la velocidad de propagación.

- Para una onda transversal que se propaga en la dirección positiva del eje x la ecuación es:

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

La velocidad y aceleración de vibración son:

$$v = \frac{dy(x, t)}{dt} = -A\omega \sin(\omega t - kx + \phi); \quad a = \frac{d^2 y(x, t)}{dt^2} = -A\omega^2 \cos(\omega t - kx + \phi)$$

Por tanto:

$$v_{\max} = A\omega; \quad a_{\max} = A\omega^2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v_{\max} = A\omega = 0,6\pi \\ a_{\max} = A\omega^2 = 0,6\pi^2 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{A\omega}{A\omega^2} = \frac{0,6\pi}{0,6\pi^2} \Rightarrow \frac{1}{\omega} = \frac{1}{\pi} \Rightarrow \omega = \pi \text{ rad s}^{-1}$$

El valor de la amplitud será:

$$v_{\max} = A\omega = A\pi = 0,6\pi \Rightarrow A = 0,6 \text{ m}$$

Luego la amplitud es 0,6 m y la frecuencia angular $\omega = \pi \text{ rad s}^{-1}$

- Según los datos del enunciado en un instante t , en $x = 0$ la elongación es máxima, mientras que el primer punto a su derecha en el que la elongación es nula es $x = 1/2$. Si representamos la onda:

El primer mínimo estará a una distancia $d = \frac{\lambda}{4}$ del máxi-

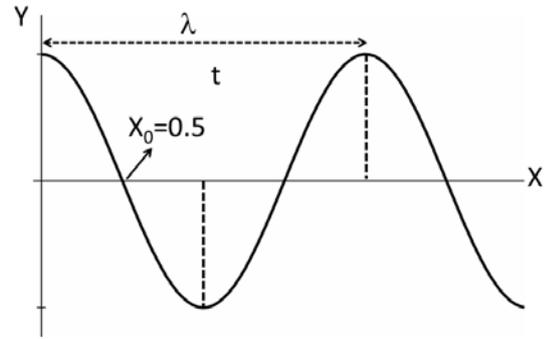
mo en $x = 0$; por tanto:

$$\frac{\lambda}{4} = x_0 = \frac{1}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{4}{2} = 2 \text{ m} \Rightarrow k = \frac{2\pi}{\lambda} = \pi \text{ m}^{-1}$$

La velocidad de propagación es:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\lambda}{2\pi/\omega} = \frac{\lambda\omega}{2\pi} = \frac{2\pi}{2\pi} = 1 \text{ m s}^{-1}$$

Por tanto, el vector de onda es $k = \pi \text{ m}^{-1}$ y la velocidad de propagación es $v = 1 \text{ m s}^{-1}$.



Pregunta 3.- Dos isótopos ionizados de potasio $^{39}\text{K}^+$ y $^{41}\text{K}^+$ entran en la cámara de un espectrógrafo de masas con una velocidad de $6 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$ perpendicular a un campo magnético uniforme de módulo $B = 0,4 \text{ T}$. Determine, para cada uno de los isótopos:

- El módulo de la fuerza que experimentan.
- El radio de la trayectoria que describen.

Datos: Valor absoluto de la carga del electrón, $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; Masa del isótopo $^{39}\text{K}^+$, $m(^{39}\text{K}) = 65,06 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; Masa del isótopo $^{41}\text{K}^+$, $m(^{41}\text{K}) = 68,40 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

- El módulo de la fuerza que experimentan (fuerza de Lorentz)

$$F = qvB \sin 90^\circ = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0,4 = 3,84 \cdot 10^{-14} \text{ N} . \text{ La fuerza es la misma para ambos isótopos}$$

- El radio de la órbita que describen.

$$\text{La fuerza centrípeta que actúa es la fuerza de Lorentz: } F = qvB = \frac{mv^2}{R} \rightarrow R = \frac{mv}{qB} .$$

$$\text{El radio del isótopo } ^{39}\text{K}: R = \frac{mv}{qB} = \frac{65,06 \cdot 10^{-27} \cdot 6 \cdot 10^5}{1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 0,4} = 0,61 \text{ m} .$$

$$\text{Y el del } ^{41}\text{K}: R = \frac{mv}{qB} = \frac{68,40 \cdot 10^{-27} \cdot 6 \cdot 10^5}{1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 0,4} = 0,64 \text{ m}$$

Pregunta 4.- Un foco emite un rayo de luz de frecuencia $5,6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ el cual incide desde el aire sobre un medio líquido de índice de refracción desconocido. Cuando el ángulo de incidencia es de 30° , el ángulo de refracción es de $18,21^\circ$.

- Determine el índice de refracción del medio líquido y la longitud de onda del rayo de luz en dicho medio.
- Si se sitúa el foco de luz en el fondo del medio líquido, ¿qué ángulo mínimo debe formar el haz de luz con respecto a la vertical para que se produzca la reflexión total?

Datos: Velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; Índice de refracción del aire, $n_{\text{aire}} = 1$.

$$\text{a) Según la ley de Snell: } n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r \Rightarrow n_2 = \frac{n_1 \sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{1 \cdot \sin 30}{\sin 18,21} = 1,5999$$

Por tanto, el índice de refracción del líquido es 1,60.

Determinemos la longitud de onda del rayo de luz en el líquido:

$$n = \frac{c}{v} ; \text{ donde } c \text{ es la velocidad de la luz en el vacío, y } v \text{ es la velocidad de la luz en el medio.}$$

$$\text{Por otro lado: } v = \lambda f \Rightarrow n = \frac{c}{v} = \frac{c}{\lambda f} \Rightarrow \lambda = \frac{c}{nf} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,60 \cdot 5,6 \cdot 10^{14}} = 334,82 \cdot 10^{-9} \text{ m} .$$

Luego la longitud de onda en el medio es 334,82 nm.

- Si hay reflexión total el ángulo de refracción es de 90° . Por tanto:

$$n_2 \text{sen}(\theta) = n_1 \text{sen}(\theta_r) \Rightarrow n_2 \text{sen}(\theta) = 1 \cdot \text{sen}(90) = 1 \Rightarrow \text{sen}(\theta) = \frac{1}{n_2} = \frac{1}{1,60} = 0,625$$

$\theta = \arcsen(0,625) = 38,68^\circ$, que es el ángulo que debe formar el haz de luz con la vertical.

Pregunta 5.- La longitud de onda umbral del litio para el efecto fotoeléctrico es de 520 nm. Dos rayos de luz de longitudes de onda $\lambda_1 = 300$ nm y $\lambda_2 = 600$ nm inciden sobre una lámina de litio.

- ¿Para cuál de los dos rayos de luz se producirá el efecto fotoeléctrico? Justifique la respuesta.
- Calcule la energía cinética máxima de los electrones emitidos y su longitud de onda de De Broglie.

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

- El efecto fotoeléctrico se producirá si la energía de los fotones incidentes es superior a la energía necesaria para arrancar un electrón. Es decir:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \geq W_{\text{umbral}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{umbral}}} \Rightarrow \frac{1}{\lambda} \geq \frac{1}{\lambda_{\text{umbral}}} \Rightarrow \lambda \leq \lambda_{\text{umbral}}$$

La longitud de onda umbral es: $\lambda_{\text{umbral}} = 520$ nm

Por tanto, sólo el rayo de luz con $\lambda_1 = 300$ nm es menor que la longitud de onda umbral y producirá el efecto fotoeléctrico.

- La ecuación fundamental del efecto fotoeléctrico para los electrones que salgan con la energía cinética máxima es:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_{\text{umbral}}} + T_{\text{max}} \Rightarrow T_{\text{max}} = -\frac{hc}{\lambda_{\text{umbral}}} + \frac{hc}{\lambda} = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\text{umbral}}} \right)$$

$$T_{\text{max}} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \left(\frac{1}{300 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{520 \cdot 10^{-9}} \right) = 0,02805 \cdot 10^{-17} \text{ J}$$

La longitud de onda de De Broglie es: $\lambda = \frac{h}{m v}$. La velocidad puede obtenerse a partir de la energía cinética máxima, pues:

$$T_{\text{max}} = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2T_{\text{max}}}{m}}$$

$$\text{Por tanto: } \lambda = \frac{h}{m \sqrt{\frac{2T_{\text{max}}}{m}}} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{\sqrt{2mT_{\text{max}}}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 0,02805 \cdot 10^{-17}}} = 9,28 \cdot 10^{-10} \text{ m.}$$

Por consiguiente, la energía cinética máxima es $T_{\text{max}} = 2,80 \cdot 10^{-19}$ J y la longitud de onda de De Broglie es $\lambda = 0,928$ nm.

SOLUCIONES (OPCION B)

Pregunta 1.- Un satélite tiene una masa de 1700 kg. Para ponerlo en una órbita circular primero se sitúa a una altura de $2,02 \cdot 10^4$ km sobre la superficie terrestre. Calcule:

- a) El trabajo mínimo requerido para situar el satélite a esa altura.
- b) La velocidad que hay que imprimir al satélite para que, una vez situado a esa altura, describa una órbita circular.

Datos: Constante de Gravitación Universal, $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N m² kg⁻²; Masa de la Tierra, $M_T = 5,97 \cdot 10^{24}$ kg; Radio de la Tierra, $R_T = 6,37 \cdot 10^6$ m.

a) El trabajo en el campo gravitatorio terrestre: $W = m_s (V_A - V_B)$

$$W = m_s \left(-\frac{GM_T}{R_T} \right) - \left(-\frac{GM_T}{R_T + h} \right)$$

$$W = 1700 \left(-\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{6,37 \cdot 10^6} \right) - \left(-\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{6,37 \cdot 10^6 + 20,20 \cdot 10^6} \right) = -8,08 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

b) En la órbita circular se cumple que sobre el satélite la fuerza centrífuga es igual a la fuerza de atracción gravitatoria que ejerce la Tierra:

$$\frac{GM_T m}{(R_T + h)^2} = \frac{m v^2}{R_T + h} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{6,37 \cdot 10^6 + 20,20 \cdot 10^6}} = 3871,28 \text{ m s}^{-1}$$

Pregunta 2.- Una onda armónica transversal se propaga por una cuerda tensa de gran longitud según el sentido positivo del eje X. En dos puntos de la cuerda de abscisas $x_1 = 0$ m y $x_2 = 0,25$ m, el movimiento vibratorio que realizan en la dirección del eje Y está definido, respectivamente, por las expresiones:

$$y_1(t) = 0,05 \text{ sen } 4\pi t \quad \text{e} \quad y_2(t) = 0,05 \text{ sen } \left(4\pi t - \frac{\pi}{2} \right) \quad (y_1 \text{ e } y_2 \text{ en metros y } t \text{ en segundos})$$

Determine:

- a) La amplitud, la frecuencia, la longitud de onda y la velocidad de propagación de la onda.
- b) La expresión matemática que representa dicha onda y la velocidad de oscilación del punto de la cuerda que ocupa la posición $x = 1,5$ m en el instante $t = 2$ s.

a) Para calcular la amplitud, frecuencia y la longitud de onda y la velocidad de propagación de la onda comparamos la expresión: $y = A \text{ sen}(\omega t - kx + \varphi_0)$

con los valores de las elongaciones y_1 e y_2 en los puntos $x_1=0$ y $x_2 = 0,25$ m.

$$y_1 = 0,05 \text{ sen}(4\pi t) \rightarrow A = 0,05 \text{ m}, \quad \omega = 2\pi f = 4\pi \rightarrow f = 2 \text{ Hz}; \varphi_0 = 0$$

$$y_2 = 0,05 \text{ sen}\left(4\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \rightarrow -\frac{\pi}{2} = -\frac{2\pi}{\lambda} \cdot 0,25 \rightarrow \lambda = 1 \text{ m} \rightarrow v = \lambda f = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

b) Y la expresión matemática de la onda es: $y = 0,05 \text{ sen}(4\pi t - 2\pi x)$ m

Y la velocidad en $x = 1,5$ m y el instante $t = 2$ s,

$$v = 0,05 \cdot 4\pi \cos(4\pi t - 2\pi x) \text{ m}; \quad v = 0,05 \cdot 4\pi \cos(4\pi \cdot 2 - 2\pi \cdot 1,5) = -6,28 \cdot 10^{-1} \text{ m s}^{-1}.$$

Pregunta 3.- Dos cargas puntuales, de valor $2 \mu\text{C}$ cada una, se encuentran situadas en los puntos $(0, 4) \text{ m}$ y $(0, -2) \text{ m}$. Determine:

- El trabajo necesario para trasladar una tercera carga $q' = 4 \mu\text{C}$ desde el infinito hasta el origen de coordenadas $(0, 0)$.
- La fuerza que actúa sobre la carga q' cuando está en el origen de coordenadas.

Dato: Constante de la Ley de Coulomb en el vacío; $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$

- El trabajo necesario para trasladar una tercera carga $q' = 4 \mu\text{C}$ desde el infinito hasta el origen de coordenadas $(0,0)$.

$$W = q'V(0,0) = q'k \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} \right) = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 9 \cdot 10^9 \left(\frac{2 \cdot 10^{-6}}{4} + \frac{2 \cdot 10^{-6}}{2} \right) = 54 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

- La fuerza que actúa sobre la carga q' situada en el origen de coordenadas,

$$\vec{F}(0,0) = q' \vec{E}(0,0) = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 9 \cdot 10^9 \left[\frac{2 \cdot 10^{-6}}{16} (-\vec{j}) + \frac{2 \cdot 10^{-6}}{4} (\vec{j}) \right] = 1,35 \cdot 10^{-2} \vec{j} \text{ N}$$

Pregunta 4.- Se sitúa un objeto a la izquierda de una lente delgada cuya potencia, en valor absoluto, es de $0,1$ dioptrías, formándose una imagen virtual y derecha de un tamaño cinco veces menor que el objeto.

- Indique si la lente es convergente o divergente, y determine la distancia focal y las posiciones del objeto y de la imagen.
- Dibuje el diagrama de rayos correspondiente a la formación de la imagen.

- Para un lente convergente, si el objeto se coloca a una distancia superior a la del foco la imagen es real e invertida. Si el objeto se sitúa entre el foco y la lente la imagen obtenida es virtual, derecha y de mayor tamaño que el objeto. Por consiguiente, la única posibilidad es que la lente sea divergente para que la imagen sea virtual, derecha y menor que el objeto.

La distancia focal y la potencia de la lente están relacionadas con la expresión:

$$|P| = \frac{1}{|f'|} \Rightarrow |f'| = \frac{1}{|P|}$$

Luego: $|f'| = \frac{1}{|P|} = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ m} \Rightarrow f' = -10 \text{ m}$; el signo menos por la lente divergente.

Determinamos las posiciones del objeto y de la imagen:

La ecuación fundamental para las lentes es: $\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$;

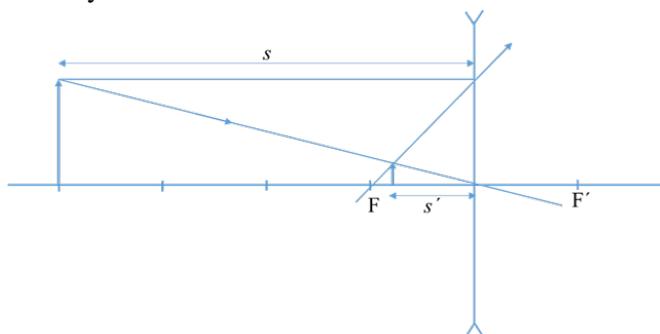
Por otro lado: $M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$; como $y' = \frac{y}{5} \Rightarrow \frac{y'}{y} = \frac{1}{5} \Rightarrow \frac{s'}{s} = \frac{1}{5} \Rightarrow s = 5s'$

Luego:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{s'} - \frac{1}{(s/5)} = \frac{1}{-10} \Rightarrow \frac{5}{s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{s} (5-1) = \frac{4}{s} = -\frac{1}{10} \Rightarrow s = -40 \text{ m} \Rightarrow s' = \frac{s}{5} = \frac{-40}{5} = -8 \text{ m}$$

Por consiguiente, $s = -40 \text{ m}$ y $s' = -8 \text{ m}$

- Dibujamos el diagrama de rayos.



Pregunta 5.- La longitud de onda umbral del potasio, para que se produzca efecto foto-eléctrico, es de 560 nm. Calcule:

- La frecuencia umbral y la función de trabajo del potasio.
- La energía cinética máxima de los electrones emitidos y el potencial de frenado si la longitud de onda de la luz incidente es de 465 nm.

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

a) La frecuencia umbral es, $f_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3 \cdot 10^8}{560 \cdot 10^{-9}} = 5,36 \cdot 10^{14}$ Hz

Y la función de trabajo, $W_0 = hf_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 5,36 \cdot 10^{14} = 3,55 \cdot 10^{-19}$ J

b) La energía cinética máxima de un electrón arrancado si la luz incidente es de 465 nm,

$$E_{C_{\max}} = hf - hf_0 = 6,63 \cdot 10^{-34} \left(\frac{3 \cdot 10^8}{465 \cdot 10^{-9}} - 5,36 \cdot 10^{14} \right) = 7,24 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

Y el potencial de frenado, $V_D = \frac{E_{C_{\max}}}{e} = \frac{7,24 \cdot 10^{-20}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,45$ V .