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:

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

Datos: Constante de Gravitación Universal, $G = 6,67\cdot 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}; *Masa de la Tierra,* $M_T = 5,97\cdot 10^{24}$ 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, $0,6\pi$ m s^{-1} y $0,6\pi^2$ 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 $x = 0,5$ m. Calcule:

a) La amplitud y la frecuencia angular de la onda.
b) El número de onda y la velocidad de propagación.

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

a) El módulo de la fuerza que experimentan.
b) El radio de la trayectoria que describen.

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

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

a) Determine el índice de refracción del medio líquido y la longitud de onda del rayo de luz en dicho medio.
b) 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, $c = 3\cdot 10^8$ m s^{-1}; *Índice de refracción del aire,* $n_{aire} = 1$.

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 $\lambda_1 = 300$ nm y $\lambda_2 = 600$ nm inciden sobre una lámina de litio.

a) ¿Para cuál de los dos rayos de luz se producirá el efecto fotoeléctrico? Justifique la respuesta.
b) 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.

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 $2{,}02\cdot10^4$ 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, $G = 6{,}67\cdot10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}; Masa de la Tierra, $M_T = 5{,}97\cdot10^{24}$ kg; Radio de la Tierra, $R_T = 6{,}37\cdot10^6$ 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:

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

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.

Pregunta 3.- Dos cargas puntuales, de valor 2 µC cada una, se encuentran situadas en los puntos (0, 4) m y (0, -2) m. Determine:

a) El trabajo necesario para trasladar una tercera carga $q´ = 4$ µC desde el infinito hasta el origen de coordenadas (0, 0).

b) 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; $K = 9\cdot10^9$ N m^2 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.

a) Indique si la lente es convergente o divergente, y determine la distancia focal y las posiciones del objeto y de la imagen.

b) 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:

a) La frecuencia umbral y la función de trabajo del potasio.

b) 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, $c = 3\cdot10^8$ m s^{-1}; Valor absoluto de la carga del electrón, $e = 1{,}6\cdot10^{-19}$ C; Constante de Planck, $h = 6{,}63\cdot10^{-34}$ 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:

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

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

---

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

$$g_T = \frac{GM_T}{R_T^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{(6371 \cdot 10^3)^2} = 9,81 \text{ m s}^{-1}$$

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

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

Y la velocidad de escape desde la superficie terrestre:

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

b) El periodo de revolución de un satélite geoestacionario es igual al de rotación de la Tierra alrededor de su eje. T = 24h = 86400 s.

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

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

La altura h sobre la superficie de la Tierra: $r = R_T + h \rightarrow h = 4,22 \cdot 10^7 - 6,37 \cdot 10^6 = 3,59 \cdot 10^7$ 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, 0,6π m s^{-1} y 0,6π^2 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 m. Calcule:

a) La amplitud y la frecuencia angular de la onda.
b) El número de onda y la velocidad de propagación.

---

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

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

La velocidad y aceleración de vibración son:

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

Por tanto:

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

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

El valor de la amplitud será:

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

Luego la amplitud es 0,6 m y la frecuencia angular ω = π rad s^{-1}

b) 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:

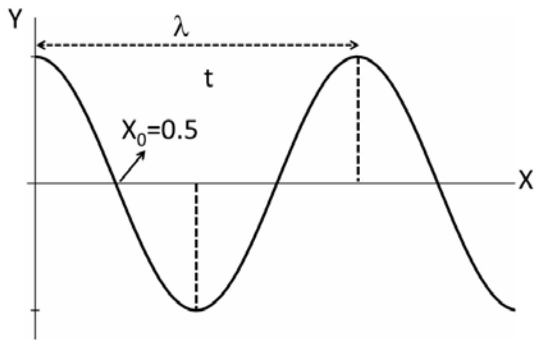
El primer mínimo estará a una distancia $d = \dfrac{\lambda}{4}$ del máximo en $x = 0$; por tanto:

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

La velocidad de propagación es:

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

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



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

a) El módulo de la fuerza que experimentan.

b) El radio de la trayectoria que describen.

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

---

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

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

b) El radio de la órbita que describen.

La fuerza centrípeta que actúa es la fuerza de Lorentz: $F = q\text{v}B = \dfrac{m\text{v}^2}{R} \to R = \dfrac{m\text{v}}{qB}$.

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

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

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

a) Determine el índice de refracción del medio líquido y la longitud de onda del rayo de luz en dicho medio.

b) 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 = 3·10^8 m s^{-1}; *Índice de refracción del aire, n_{aire} = 1.*

---

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

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

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

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

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

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

b) Si hay reflexión total el ángulo de refracción es de 90 º. Por tanto:

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

$\theta = arcsen(0,625) = 38,68^{o}$, 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 λ_1 = 300 nm y λ_2 = 600 nm inciden sobre una lámina de litio.

a) ¿Para cuál de los dos rayos de luz se producirá el efecto fotoeléctrico? Justifique la respuesta.

b) 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.

---

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

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

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

Por tanto, sólo el rayo de luz con λ_1 = 300 nm es menor que la longitud de onda umbral y producirá el efecto fotoeléctrico.

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

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

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

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

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

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

Por consiguiente, la energía cinética máxima es $T_{max} = 2,80\cdot 10^{-19}$ J y la longitud de onda de De Broglie es λ = 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 2,02·10⁴ 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 = 6,67·10^{-11} N m^2 kg^{-2}; *Masa de la Tierra, M_T = 5,97·10^{24}* kg; *Radio de la Tierra, R_T = 6,37·10^6* m.

---

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

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,

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

Pregunta 3.- Dos cargas puntuales, de valor 2 μC cada una, se encuentran situadas en los puntos (0, 4) m y (0, -2) m. Determine:

a) El trabajo necesario para trasladar una tercera carga *q´* = 4 μC desde el infinito hasta el origen de coordenadas (0, 0).

b) 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; $K = 9\cdot10^9$ N m^2 C^{-2}

---

a) El trabajo necesario para trasladar una tercera carga *q´* = 4 μC desde el infinito hasta el origen de coordenadas (0,0).

$$W = q'V(0,0) = q'k\left(\frac{q_1}{r_1}+\frac{q_2}{r_2}\right) = 4{\cdot}10^{-6}9\cdot10^9\left(\frac{2\cdot10^{-6}}{4}+\frac{2\cdot10^{-6}}{2}\right) = 54\cdot10^{-3}\,\text{J}$$

b) La fuerza que actúa sobre la carga *q´* situada en el origen de coordenadas,

$$\vec{F}(0,0) = q'\vec{E}(0,0) = 4{\cdot}10^{-6}9\cdot10^9\left[\frac{2\cdot10^{-6}}{16}(-\vec{j})+\frac{2\cdot10^{-6}}{4}(\vec{j})\right] = 1{,}35\cdot10^{-2}\,\vec{j}\ \text{ N}$$

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.

a) Indique si la lente es convergente o divergente, y determine la distancia focal y las posiciones del objeto y de la imagen.

b) Dibuje el diagrama de rayos correspondiente a la formación de la imagen.

---

a) 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: $|P| = \dfrac{1}{|f'|} \Rightarrow |f'| = \dfrac{1}{|P|}$

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

Determinamos las posiciones del objeto y de la imagen:

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

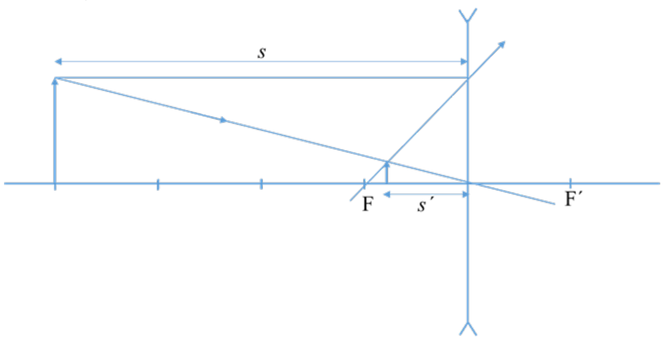
Por otro lado : $M_L = \dfrac{y'}{y}=\dfrac{s'}{s}$; como $y' = \dfrac{y}{5} \Rightarrow \dfrac{y'}{y}=\dfrac{1}{5} \Rightarrow \dfrac{s'}{s}=\dfrac{1}{5} \Rightarrow s = 5s'$

Luego:

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

Por consiguiente, *s* = - 40 m y *s´* = - 8 m

b) 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:

a) La frecuencia umbral y la función de trabajo del potasio.

b) 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 = $3\cdot10^{8}$ m s^{-1}*; Valor absoluto de la carga del electrón, e =* $1,6\cdot10^{-19}$ C*; Constante de Planck, h =* $6,63\cdot10^{-34}$ J s.

---

a) La frecuencia umbral es, $f_0 = \dfrac{c}{\lambda_0} = \dfrac{3\cdot10^{8}}{560\cdot10^{-9}} = 5,36\cdot10^{14}\,\text{Hz}$

Y la función de trabajo, $W_0 = hf_0 = 6,63\cdot10^{-34}\cdot5,36\cdot10^{14} = 3,55\cdot10^{-19}\,\text{J}$

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

$$E_{C_{\max}} = hf - hf_0 = 6,63\cdot10^{-34}\left(\frac{3\cdot10^{8}}{465\cdot10^{-9}} - 5,36\cdot10^{14}\right) = 7,24\cdot10^{-20}\,\text{J}$$

Y el potencial de frenado, $V_D = \dfrac{E_{C_{\max}}}{e} = \dfrac{7,24\cdot10^{-20}}{1,6\cdot10^{-19}} = 0,45\ \text{V}$.