



UNIVERSIDADES PÚBLICAS DE LA COMUNIDAD DE MADRID
EVALUACIÓN PARA EL ACCESO A LAS ENSEÑANZAS
UNIVERSITARIAS OFICIALES DE GRADO
Curso 2023-2024
MATERIA: FÍSICA

INSTRUCCIONES GENERALES Y CALIFICACIÓN

Después de leer atentamente todas las preguntas, responda a cinco preguntas cualesquiera a elegir entre las diez que se proponen.

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

TIEMPO: 90 minutos.

Pregunta A.1.- El cometa Halley, con una masa de $2,2 \cdot 10^{14}$ kg, describe una órbita elíptica alrededor del Sol con un periodo de 75,571 años. En su afelio, situado a $5,26 \cdot 10^{12}$ m del Sol, posee una velocidad orbital de 900 m s^{-1} .

- Obtenga la energía mecánica del cometa y el módulo de su momento angular.
- Halle el semieje mayor de su trayectoria elíptica y la velocidad orbital del cometa en el perihelio.

Datos: Constante de Gravitación Universal, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$; Masa del Sol, $M_S = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$.

Pregunta A.2.- Una onda transversal armónica unidimensional, que se propaga en sentido positivo del eje x con una velocidad de $3,5 \text{ km s}^{-1}$, posee una frecuencia de 25 Hz y una amplitud de 21,2 cm. En la posición $x = 70 \text{ m}$ y para $t = 30 \text{ ms}$, el desplazamiento es de 15 cm y la velocidad de oscilación positiva.

- Halle el periodo y la longitud de onda de la onda.
- Escriba la expresión matemática de la onda.

Pregunta A.3.- Dos cargas puntuales idénticas, de valor q , están colocadas sobre el eje x , con una separación de 40 cm entre ellas. El campo electrostático total que crean en el punto P(10,10) cm del plano xy es:

$$\vec{E}_P = -805 \vec{j} \text{ V m}^{-1}$$

- Determine la posición de las cargas y obtenga el valor de la carga q .
- Calcule el campo electrostático y el potencial en el origen de coordenadas.

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

Pregunta A.4.- La imagen de un objeto situado delante de un espejo esférico cóncavo de 60 cm de radio de curvatura es tres veces mayor que el objeto. Determine la posición del objeto y de la imagen si:

- La imagen es invertida.
- La imagen es derecha.

Pregunta A.5.- La desintegración del polonio-212 (^{212}Po), cuyo periodo de semidesintegración es de 300 ns, produce plomo-208 y la emisión de una partícula alfa (α). En este proceso, la energía cinética de la partícula α emitida es de 9 MeV.

- Obtenga la actividad de una muestra de ^{212}Po al cabo de $1 \mu\text{s}$, si inicialmente la muestra contiene $3 \mu\text{g}$ de ^{212}Po .
- Considerando la partícula α como relativista, ¿con qué velocidad sale emitida tras el proceso de desintegración del ^{212}Po ?

Datos: Velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; Valor absoluto de la carga del electrón, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; Número de Avogadro, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; Masa atómica del ^{212}Po , $M_{212\text{Po}} = 212 \text{ u}$; Masa en reposo de la partícula alfa, $m = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Pregunta B.1.- El planeta Urano posee una densidad de $1,27 \text{ g cm}^{-3}$ y un radio de $2,54 \cdot 10^7 \text{ m}$. Una sonda espacial de 250 kg gira en una órbita circular alrededor del planeta, con una velocidad orbital de $9,5 \text{ km s}^{-1}$.

- Calcule la masa de Urano y la aceleración centrípeta de la sonda en su movimiento orbital.
- Si la sonda aumenta su velocidad orbital en 2 km s^{-1} en dirección tangencial al encender sus motores, obtenga la nueva energía mecánica que alcanzará y razone si la sonda espacial con esa energía mecánica escapará del campo gravitatorio del planeta.

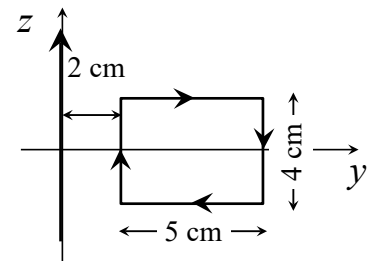
Dato: Constante de Gravitación Universal, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$.

Pregunta B.2.- En el punto del eje x de coordenada $x = 2 \text{ m}$ se percibe un sonido con una intensidad de $1 \cdot 10^{-4} \text{ W m}^{-2}$.

- Calcule el nivel de intensidad sonora en el punto indicado. Si el sonido procediese de un foco puntual situado en el origen de coordenadas, ¿cuál sería la potencia de dicho foco?
- Si el sonido procediese de dos focos idénticos, cada uno con $1 \cdot 10^{-2} \text{ W}$ de potencia, ubicados en el eje y , en los puntos de coordenadas $y = -a$ e $y = +a$, ¿cuál sería el valor de a ?

Dato: Intensidad umbral, $I_0 = 1 \cdot 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$.

Pregunta B.3.- Por un conductor rectilíneo colocado a lo largo del eje z pasa una corriente de 10 A en el sentido positivo del eje. Además, una espira conductora rectangular, de lados 4 y 5 cm , se sitúa en el plano zy a 2 cm del eje z , por la cual circula una corriente de 3 A en sentido horario (ver figura).



- Calcule el campo magnético que genera el hilo conductor en cada uno de los dos tramos verticales de la espira.
- Obtenga la fuerza que dicho campo magnético ejerce sobre cada uno de los tramos verticales de la espira.

Dato: Permeabilidad magnética del vacío, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$.

Pregunta B.4.- Un rayo de luz magenta, que está compuesto de radiación violeta (de frecuencia $f_V = 7,8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$) y roja ($f_R = 4,2 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$), incide desde el aire sobre la superficie de un vidrio con un ángulo de incidencia de 30° . Los índices de refracción del vidrio para luz violeta y roja son $n_V = 1,53$ y $n_R = 1,38$, respectivamente.

- Obtenga las longitudes de onda de los rayos reflejados y de los rayos transmitidos para la luz violeta y la luz roja.
- Calcule el ángulo que forman entre sí los rayos violeta y rojo reflejados, y el que forman entre sí los rayos violeta y rojo transmitidos.

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

Pregunta B.5.- El trabajo de extracción en el efecto fotoeléctrico para el cerio es de $2,90 \text{ eV}$.

- Calcule la energía de los fotoelectrones emitidos, expresada en eV, si una muestra de cerio se ilumina con luz de 330 nm .
- Obtenga la frecuencia umbral y la frecuencia de los fotones necesaria para que el potencial de frenado de los fotoelectrones sea de 1 V .

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

CRITERIOS ESPECÍFICOS DE CORRECCIÓN Y CALIFICACIÓN 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).

FÍSICA- SOLUCIONES

OPCIÓN A

(Documento de trabajo orientativo)

Pregunta A.1.- El cometa Halley, con una masa de $2,2 \cdot 10^{14}$ kg, describe una órbita elíptica alrededor del Sol con un periodo de 75,571 años. En su afelio, situado a $5,26 \cdot 10^{12}$ m del Sol, posee una velocidad orbital de 900 m s^{-1} .

- Obtenga la energía mecánica del cometa y el módulo de su momento angular.
- Halle el semieje mayor de su trayectoria elíptica y la velocidad orbital del cometa en el perihelio.

Datos: Constante de Gravitación Universal, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$; Masa del Sol, $M_S = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$.

Solución:

- La energía mecánica es la suma de las energías cinética y potencial. Como la energía mecánica se conserva, podemos usar los datos suministrados en el afelio:

$$E = \frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{G m M_S}{r_A} = -5,46 \cdot 10^{21} \text{ J.}$$

El momento angular, por su parte, se obtiene como:

$$|\vec{L}| = |m\vec{r} \times \vec{v}| = mr_A v_A = 1,04 \cdot 10^{30} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$$

donde se ha utilizado el hecho de que el momento angular se conserva (al ser la fuerza central) y de que en el afelio el radio vector y la velocidad son perpendiculares. La dirección del momento angular será perpendicular al plano de la órbita.

- Conociendo el periodo de la órbita, la tercera ley de Kepler permite obtener el semieje mayor de la elipse:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{G M_S} a^3 \Rightarrow a = \sqrt[3]{\frac{G M_S}{4\pi^2} T^2} = 2,67 \cdot 10^{12} \text{ m}$$

Alternativamente se puede calcular a partir de la energía mecánica calculada anteriormente:

$$E = -\frac{G m M_S}{2a} \Rightarrow a = -\frac{G m M_S}{2E} = 2,67 \cdot 10^{12} \text{ m}$$

Una vez conocido el semieje mayor es posible obtener la distancia del perihelio a partir del dato conocido del afelio:

$$a = \frac{r_P + r_A}{2} \Rightarrow r_P = 2a - r_A = 8,58 \cdot 10^{10} \text{ m}$$

De ahí calculamos la velocidad en el perihelio utilizando la conservación del momento angular:

$$mr_A v_A = mr_P v_P \Rightarrow v_P = \frac{r_A v_A}{r_P} = 5,52 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$$

Pregunta A.2.- Una onda transversal armónica unidimensional, que se propaga en sentido positivo del eje x con una velocidad de $3,5 \text{ km s}^{-1}$, posee una frecuencia de 25 Hz y una amplitud de $21,2 \text{ cm}$. En la posición $x = 70 \text{ m}$ y para $t = 30 \text{ ms}$, el desplazamiento es de 15 cm y la velocidad de oscilación positiva.

- Halle el periodo y la longitud de onda de la onda.
- Escriba la expresión matemática de la onda.

Solución:

- El periodo de la onda es:

$$T = \frac{1}{f} = 0,04 \text{ s}$$

La longitud de onda, por otra parte, cumple:

$$v = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = 140 \text{ m}$$

- La onda se puede expresar de la forma:

$$y(x, t) = A \text{ sen} \left[\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi \right]$$

De todas esas variables, falta determinar la fase φ . Para ello imponemos la condición de que para $x = 70 \text{ m}$ y $t = 30 \text{ ms}$ la elongación es $y = 15 \text{ cm}$:

$$15 = 21,2 \text{ sen} \left[\frac{2\pi}{T}0,03 - \frac{2\pi}{\lambda}70 + \varphi \right]$$

$$\frac{2\pi}{0,04}0,03 - \frac{2\pi}{140}70 + \varphi = \text{arc sen} \left[\frac{15}{21,2} \right] \Rightarrow \frac{3\pi}{2} - \pi + \varphi = \begin{cases} \pi/4 \\ \pi - \pi/4 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \varphi = \begin{cases} -\pi/4 \text{ rad} \\ \pi/4 \text{ rad} \end{cases}$$

La velocidad viene dada por: $v(x, t) = \frac{2\pi A}{T} \cos \left[\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi \right]$

Para $\varphi = -\pi/4 \text{ rad} \Rightarrow v > 0$

Para $\varphi = \pi/4 \text{ rad} \Rightarrow v < 0$

Entonces:

$$y(x, t) = 21,2 \text{ sen} \left[\frac{2\pi}{0,04}t - \frac{2\pi}{140}x - \frac{\pi}{4} \right] \text{ cm}$$

donde t está en s y x en m.

Nota: si la expresión para la elongación se formula en función del coseno, la solución final sería:

$$y(x, t) = 21,2 \text{ cos} \left[\frac{2\pi}{0,04}t - \frac{2\pi}{140}x - \frac{3\pi}{4} \right] \text{ cm}$$

donde t está en s y x en m.

Pregunta A.3.- Dos cargas puntuales idénticas, de valor q , están colocadas sobre el eje x , con una separación de 40 cm entre ellas. El campo electrostático total que crean en el punto P(10,10) cm del plano xy es:

$$\vec{E}_P = -805 \vec{j} \text{ V m}^{-1}$$

- Determine la posición de las cargas y obtenga el valor de la carga q .
- Calcule el campo electrostático y el potencial en el origen de coordenadas.

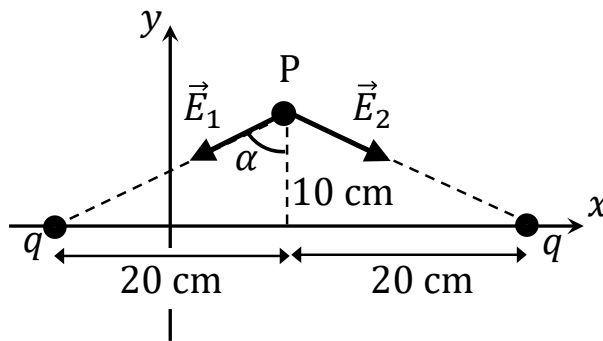
Dato: Constante de la ley de Coulomb, $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$.

Solución:

- El hecho de que el campo en el punto P carezca de componente x revela que equidista de las cargas y que el punto medio entre ellas sobre el eje x es (10, 0) cm. Las cargas están, por lo tanto, situadas en (-10, 0) cm y (30, 0) cm, respectivamente. El campo que crean en el punto P es igual al doble de la componente y del campo debido a una sola de ellas:

$$\vec{E}_P = 2K \frac{q}{d^2} \cos \alpha \vec{j} = -805 \vec{j} \Rightarrow q = -805 \frac{d^2}{2K \cos \alpha}$$

$$q = -805 \frac{5 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{1}{\sqrt{5}}} = -5,00 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$



- El campo y el potencial en el origen de coordenadas vienen dados por la superposición de las contribuciones de cada carga:

$$\vec{E}_O = K |q| \left(\frac{1}{d_2^2} - \frac{1}{d_1^2} \right) \vec{i} = 9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \left(\frac{1}{0,3^2} - \frac{1}{0,1^2} \right) \vec{i} = -4 \cdot 10^3 \vec{i} \text{ V m}^{-1}$$

$$V_O = Kq \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) = -9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \left(\frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,3} \right) = -600 \text{ V}$$

Pregunta A.4.- La imagen de un objeto situado delante de un espejo esférico cóncavo de 60 cm de radio de curvatura es tres veces mayor que el objeto. Determine la posición del objeto y de la imagen si:

- a) La imagen es invertida.
- b) La imagen es derecha.

Solución:

- a) Las posiciones del objeto y la imagen cumplen:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R}, \text{ con } R = -60 \text{ cm}$$

Si la imagen es invertida, su aumento lateral será $m = -3$:

$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} = -3 \Rightarrow s' = 3s$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{3s} = \frac{2}{R} \Rightarrow s = \frac{2}{3}R = -40 \text{ cm} \Rightarrow s' = 3s = -120 \text{ cm}$$

- b) Utilizando de nuevo:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R}$$

Si ahora la imagen es derecha, su aumento lateral será $m = +3$:

$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} = +3 \Rightarrow s' = -3s$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{-3s} = \frac{2}{R} \Rightarrow s = \frac{R}{3} = -20 \text{ cm} \Rightarrow s' = -3s = +60 \text{ cm}$$

Pregunta A.5.- La desintegración del polonio-212 (^{212}Po), cuyo periodo de semidesintegración es de 300 ns, produce plomo-208 y la emisión de una partícula alfa (α). En este proceso, la energía cinética de la partícula α emitida es de 9 MeV.

- Obtenga la actividad de una muestra de ^{212}Po al cabo de 1 μs , si inicialmente la muestra contiene 3 μg de ^{212}Po .
- Considerando la partícula α como relativista, ¿con qué velocidad sale emitida tras el proceso de desintegración del ^{212}Po ?

Datos: Velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; Valor absoluto de la carga del electrón, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; Número de Avogadro, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; Masa atómica del ^{212}Po , $M_{212\text{Po}} = 212 \text{ u}$; Masa en reposo de la partícula alfa, $m = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Solución:

- En primer lugar calculamos la constante de desintegración radiactiva a través de la vida media τ :

$$\tau = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} = 4,33 \cdot 10^{-7} \text{ s} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{1}{\tau} = 2,31 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$$

El número de átomos de polonio iniciales se obtendrá como:

$$N_0 = \frac{m_{\text{Po}} N_A}{M_{\text{Po}}} = 8,52 \cdot 10^{15} \text{ átomos Po} \quad \Rightarrow \quad A_0 = \lambda N_0 = 1,97 \cdot 10^{22} \text{ Bq}$$

La actividad al cabo de 1 μs es:

$$A = A_0 e^{-t/\tau} = 1,95 \cdot 10^{21} \text{ Bq}$$

- La energía desprendida en la desintegración, expresada en J, será:

$$E_{\text{cin}}(\text{J}) = e E_{\text{cin}}(\text{eV}) = 1,44 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

Por otro lado, la energía relativista de la partícula α es:

$$E_{\text{cin}} + m_0 c^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad \Rightarrow \quad \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{m_0 c^2}{E_{\text{cin}} + m_0 c^2} \right)^2} = 0,069$$

De ahí puede obtenerse la velocidad de la partícula:

$$\beta = \frac{v}{c} \quad \Rightarrow \quad v = c \beta = 2,08 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

FÍSICA-SOLUCIONES

OPCIÓN B

(Documento de trabajo orientativo)

Pregunta B.1.- El planeta Urano posee una densidad de $1,27 \text{ g cm}^{-3}$ y un radio de $2,54 \cdot 10^7 \text{ m}$. Una sonda espacial de 250 kg gira en una órbita circular alrededor del planeta, con una velocidad orbital de $9,5 \text{ km s}^{-1}$.

- Calcule la masa de Urano y la aceleración centrípeta de la sonda en su movimiento orbital.
- Si la sonda aumenta su velocidad orbital en 2 km s^{-1} en dirección tangencial al encender sus motores, obtenga la nueva energía mecánica que alcanzará y razone si la sonda espacial con esa energía mecánica escapará del campo gravitatorio del planeta.

Dato: Constante de Gravitación Universal, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$.

Solución:

- Al ser un planeta con forma esférica, su masa se obtiene mediante:

$$M_U = \rho \text{ Vol} = \rho \frac{4}{3} \pi R_U^3 = 8,72 \cdot 10^{25} \text{ kg}$$

Para hallar la aceleración centrípeta en la órbita, en primer lugar calculamos el radio de dicha órbita:

$$F_{\text{centrpeta}} = F_{\text{gravitatoria}} \Rightarrow m \frac{v^2}{R_{\text{orb}}} = \frac{G m M_U}{R_{\text{orb}}^2} \Rightarrow$$
$$R_{\text{orb}} = \frac{G M_U}{v^2} = 6,44 \cdot 10^7 \text{ m}$$

La aceleración centrípeta será entonces:

$$a_c = \frac{v^2}{R_{\text{orb}}} = 1,40 \text{ m s}^{-2}$$

- Al dar impulso adicional a la sonda, la nueva velocidad será: $v = 11,5 \text{ km s}^{-1}$. La energía mecánica de la sonda en su órbita es ahora:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{G m M_U}{R_{\text{orb}}} = -6,03 \cdot 10^9 \text{ J}$$

No podrá escapar del campo gravitatorio de Urano al ser su energía mecánica negativa.

Pregunta B.2.- En el punto del eje x de coordenada $x = 2$ m se percibe un sonido con una intensidad de $1 \cdot 10^{-4} \text{ W m}^{-2}$.

- Calcule el nivel de intensidad sonora en el punto indicado. Si el sonido procediese de un foco puntual situado en el origen de coordenadas, ¿cuál sería la potencia de dicho foco?
- Si el sonido procediese de dos focos idénticos, cada uno con $1 \cdot 10^{-2} \text{ W}$ de potencia, ubicados en el eje y , en los puntos de coordenadas $y = -a$ e $y = +a$, ¿cuál sería el valor de a ?

Dato: *Intensidad umbral*, $I_0 = 1 \cdot 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$.

Solución:

- El nivel de intensidad sonora en el punto dado es:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{10^{-4}}{10^{-12}} = 80 \text{ dB}$$

Para obtener el valor de la potencia utilizaremos la expresión de la intensidad debida a un foco puntual de potencia P a una distancia d del mismo:

$$I = \frac{P}{4\pi d^2} \rightarrow P = 4\pi d^2 I = 4\pi \cdot 2^2 \cdot 10^{-4} = 5,02 \cdot 10^{-3} \text{ W m}^{-2}$$

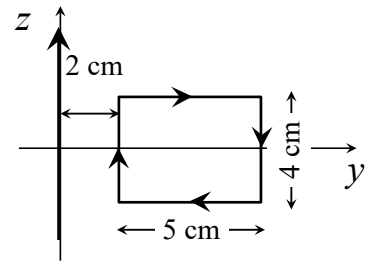
- En esta situación, la intensidad en el punto $x = d$ ($d = 2$ m) debida a los dos focos de potencia P' vendría dada por:

$$I = 2 \frac{P'}{4\pi \left(\frac{1}{d^2 + a^2} \right)},$$

de donde encontramos:

$$a = \sqrt{\frac{P'}{2\pi I} - d^2} = \sqrt{\frac{10^{-2}}{2\pi \cdot 10^{-4}} - 2^2} = 3,45 \text{ m}$$

Pregunta B.3.- Por un conductor rectilíneo colocado a lo largo del eje z pasa una corriente de 10 A en el sentido positivo del eje. Además, una espira conductora rectangular, de lados 4 y 5 cm, se sitúa en el plano zy a 2 cm del eje z , por la cual circula una corriente de 3 A en sentido horario (ver figura).



- Calcule el campo magnético que genera el hilo conductor en cada uno de los dos tramos verticales de la espira.
- Obtenga la fuerza que dicho campo magnético ejerce sobre cada uno de los tramos verticales de la espira.

Dato: Permeabilidad magnética del vacío, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$.

Solución:

- El campo magnético producido por una corriente rectilínea viene dado por:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$

cuya dirección y sentido vienen determinados por las propiedades del producto vectorial:

- Segmento vertical situado a $d = 2 \text{ cm}$:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I_{\text{hilo}}}{2\pi d} (-\vec{i}) = -1,00 \cdot 10^{-4} \vec{i} \text{ T}$$

- Segmento vertical situado a $d = 7 \text{ cm}$:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I_{\text{hilo}}}{2\pi d} (-\vec{i}) = -2,86 \cdot 10^{-5} \vec{i} \text{ T}$$

- La fuerza magnética sobre un tramo rectilíneo viene dado por:

$$\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}$$

Segmento vertical situado a $d = 2 \text{ cm}$: $\vec{l} = l \vec{k}$

$$\vec{F} = I_{\text{espira}} \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & l \\ -B & 0 & 0 \end{vmatrix} = -I_{\text{espira}} l B \vec{j} = -1,20 \cdot 10^{-5} \vec{j} \text{ N}$$

Segmento vertical situado a $d = 7 \text{ cm}$: $\vec{l} = -l \vec{k}$

$$\vec{F} = I_{\text{espira}} \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & -l \\ -B & 0 & 0 \end{vmatrix} = I_{\text{espira}} l B \vec{j} = 3,43 \cdot 10^{-6} \vec{j} \text{ N}$$

Pregunta B.4.- Un rayo de luz magenta, que está compuesto de radiación violeta (de frecuencia $f_V = 7,8 \cdot 10^{14}$ Hz) y roja ($f_R = 4,2 \cdot 10^{14}$ Hz), incide desde el aire sobre la superficie de un vidrio con un ángulo de incidencia de 30° . Los índices de refracción del vidrio para luz violeta y roja son $n_V = 1,53$ y $n_R = 1,38$, respectivamente.

- Obtenga las longitudes de onda de los rayos reflejados y de los rayos transmitidos para la luz violeta y la luz roja.
- Calcule el ángulo que forman entre sí los rayos violeta y rojo reflejados, y el que forman entre sí los rayos violeta y rojo transmitidos.

Dato: Velocidad de la luz en el vacío, $c = 3 \cdot 10^8$ m s⁻¹.

Solución:

- Los dos rayos reflejados (al estar en un medio con índice de refracción de 1) tendrán longitudes de onda de:

$$\lambda_V = \frac{c}{f_V} = 3,85 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 385 \text{ nm}$$

$$\lambda_R = \frac{c}{f_R} = 7,14 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 714 \text{ nm}$$

Las longitudes de onda para los rayos transmitidos serán:

$$\lambda_V = \frac{c}{n_V f_V} = 2,51 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 251 \text{ nm}$$

$$\lambda_R = \frac{c}{n_R f_R} = 5,18 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 518 \text{ nm}$$

- El ángulo de reflexión es independiente de la longitud de onda, por lo que el ángulo entre los rayos reflejados para ambos colores será cero.

Por otra parte, los ángulos de refracción para la luz violeta y roja del rayo se obtienen aplicando la ley de Snell:

$$n_{\text{aire}} \text{ sen } \theta_{\text{inc}} = n_{\text{vidrio}} \text{ sen } \theta_{\text{trans}}$$

Para la luz violeta del rayo:

$$n_{\text{aire}} \text{ sen } 30^\circ = n_V \text{ sen } \theta_V \quad \Rightarrow \quad \theta_V = \text{arc sen} \left(\frac{\text{sen } 30^\circ}{n_V} \right) = 19,07^\circ$$

De forma similar, para la componente roja del haz de luz:

$$\theta_R = \text{arc sen} \left(\frac{\text{sen } 30^\circ}{n_R} \right) = 21,24^\circ$$

Por tanto, el ángulo entre los rayos transmitidos de color violeta y rojo será:

$$|\Delta\theta| = 2,17^\circ$$

Pregunta B.5.- El trabajo de extracción en el efecto fotoeléctrico para el cerio es de 2,90 eV.

- Calcule la energía de los fotoelectrones emitidos, expresada en eV, si una muestra de cerio se ilumina con luz de 330 nm.
- Obtenga la frecuencia umbral y la frecuencia de los fotones necesaria para que el potencial de frenado de los fotoelectrones sea de 1 V.

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

Solución:

- La ley para el efecto fotoeléctrico establece que:

$$E_{cin} = hf - W_{ext}$$

La frecuencia de fotones luz de 330 nm es:

$$f = \frac{c}{\lambda} = 9,09 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Esta frecuencia de luz corresponde a una energía, expresada en eV, de:

$$E = hf = 6,03 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3,77 \text{ eV}$$

De aquí, la energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos será:

$$E_{cin} = hf - W_{ext} = 3,77 - 2,90 = 0,87 \text{ eV}$$

- La frecuencia umbral (correspondiente a la energía del trabajo de extracción) es:

$$f = \frac{W_{umbral}}{h} = \frac{2,90 \text{ eV}}{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}} = \frac{4,64 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}} = 7,00 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

(Esta frecuencia corresponde a fotones de longitud de onda de $\lambda = \frac{c}{f} = 429 \text{ nm}$).

Para que el potencial de frenado de los fotoelectrones sea de 1 V la energía cinética máxima debe ser de 1 eV, de manera que tenemos:

$$E_{cin} = hf - W_{ext} \Rightarrow f = \frac{E_{cin} + W_{ext}}{h} = \frac{(1 + 2,90) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 9,41 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$