UNIVERSIDADES PÚBLICAS DE LA COMUNIDAD DE MADRID
PRUEBA DE ACCESO A ESTUDIOS UNIVERSITARIOS (LOGSE)
Curso 2008-2009 (Septiembre)

MATERIA: FÍSICA

INSTRUCCIONES GENERALES y VALORACIÓN

La prueba consta de dos partes:

La primera parte consiste en un conjunto de cinco cuestiones de tipo teórico, conceptual o teórico-práctico, de las cuales el alumno debe responder solamente a **tres**.

La segunda parte consiste en dos repertorios A y B, cada uno de ellos constituido por dos problemas. El alumno debe optar por uno de los dos repertorios y resolver los **dos** problemas del mismo.

(El alumno podrá hacer uso de calculadora científica no programable).

TIEMPO: Una hora treinta minutos.

CALIFICACIÓN: Cada cuestión debidamente justificada y razonada con la solución correcta se calificará con un máximo de 2 puntos.

Cada problema debidamente planteado y desarrollado con la solución correcta se calificará con un máximo de 2 puntos.

En aquellas cuestiones y problemas que consten de varios apartados, la calificación será la misma para todos ellos, salvo indicación expresa en los enunciados.

Primera parte

Cuestión 1.- Razone si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

a) El valor de la velocidad de escape de un objeto lanzado desde la superficie de la Tierra depende del valor de la masa del objeto.

b) En el movimiento elíptico de un planeta en torno al Sol la velocidad del planeta en el perihelio (posición más próxima al Sol) es mayor que la velocidad en el afelio (posición más alejada del Sol).

Solución.

a. **FALSO.** Por el principio de conservación de la energía, la energía mecánica en la superficie terrestre (suma de cinética y potencial) debe ser igual a la que tendrá cuando escape del campo gravitatorio, que será nula debido a que suponemos que llega con velocidad nula ($E_c = 0$) y que esta a una distancia infinita ($E_p = 0$).

$$\frac{1}{2} m\, v^2 - G\frac{M\, m}{R_T} = 0$$

Simplificando las masas se despeja v.

$$\frac{1}{2} v^2 = G\frac{M}{R_T} \quad : \quad v = \sqrt{2G\frac{M}{R_T}}$$

b. **VERDADERO.** Teniendo en cuenta que el modulo del momento angular del planeta en su giro alrededor del Sol y en ausencia de fuerzas externas, permanece constante.

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \vec{r} \times m\vec{v}$$

$$\left|\vec{L}\right| = L = r \cdot m \cdot v \cdot \text{sen}\, 90 = r \cdot m \cdot v = \text{cte}$$

$$L_{Afelio} = L_{Perihelio}$$

$$r_A \cdot m \cdot v_A = r_P \cdot m \cdot v_P$$

$$r_A \cdot v_A = r_P \cdot v_P : \left\{ r_A > r_P \right\} \Rightarrow v_P > v_A$$

Cuestión 2.- Una partícula realiza un movimiento armónico simple de 10 cm de amplitud y tarda 2 s en efectuar una oscilación completa. Si en el instante t = 0 su velocidad es nula y la elongación positiva, determine:

a) La expresión matemática que representa la elongación en función del tiempo.

b) La velocidad y la aceleración de oscilación en el instante t = 0,25 s.

Solución.

a. La posición de un cuerpo que describe un M.A.S. viene dada por una ecuación de tipo senoidal:

$$y(t) = A \cdot \text{sen}\,(\omega \cdot t + \varphi) : \left\{ \begin{array}{c} A = 10\,\text{cm} = 0{,}1\,\text{m} \\ T = 2\,\text{s} : \omega = \dfrac{2\pi}{T} = \dfrac{2\pi}{2} = \pi\,\text{rad}/\text{s} \end{array} \right\} : y(t) = 0{,}1 \cdot \text{sen}\,(\pi \cdot t + \varphi)$$

Para calcular el desfase (φ) se tiene en cuenta que para t = 0, la velocidad es nula.

$$v(t) = \frac{d\,y(t)}{dt} = \frac{d}{dt}\left[0{,}1 \cdot \text{sen}\,(\pi \cdot t + \varphi)\right] = 0{,}1\pi \cdot \cos(\pi \cdot t + \varphi)$$

$$v(t = 0) = 0{,}1\pi \cdot \cos(\pi \cdot 0 + \varphi) = 0 : \ 0{,}1\pi \cos\varphi = 0 : \ \cos\varphi = 0 : \ \varphi = \pm\frac{\pi}{2}$$

Teniendo en cuenta que para t = 0, la elongación (y) es positiva:

$$\varphi = +\frac{\pi}{2}$$

La expresión matemática que expresa la elongación del movimiento es:

$$y(t) = 0{,}1 \cdot \text{sen}\left(\pi \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$$

b.

$$v(t) = \frac{d\,y(t)}{dt} = \frac{d}{dt}\left[0{,}1 \cdot \text{sen}\left(\pi \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)\right] = 0{,}1\pi \cdot \cos\left(\pi \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$v(t = 0{,}25) = 0{,}1\pi \cdot \cos\left(\pi \cdot 0{,}25 + \frac{\pi}{2}\right) = 0{,}1\pi \cdot \cos\frac{3\pi}{4} = -0{,}22\,\text{m}/\text{s}$$

$$a(t) = \frac{d\,v(t)}{dt} = \frac{d}{dt}\left[0{,}1\pi \cdot \cos\left(\pi \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)\right] = -0{,}1\pi^2 \cdot \text{sen}\left(\pi \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$a(t = 0{,}25) = -0{,}1\pi^2 \cdot \text{sen}\left(\pi \cdot 0{,}25 + \frac{\pi}{2}\right) = -0{,}1\pi^2 \cdot \text{sen}\frac{3\pi}{4} = -0{,}7\,\text{m}/\text{s}^2$$

Cuestión 3.- La distancia focal de un espejo esférico es de 20 cm en valor absoluto. Si se coloca un objeto delante del espejo a una distancia de 10 cm de él, determine la posición y la naturaleza de la imagen formada en los dos casos siguientes:

a) El espejo es cóncavo.

b) El espejo es convexo.

Efectúe la construcción geométrica de la imagen en ambos casos.

Solución.

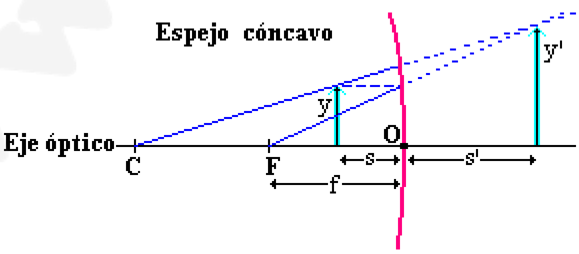
a. Espejo **CONCAVO**: R = 2|f|; f = –20 cm ⇒ R = 40 cm; s = –10 cm

Aplicando la ecuación de los espejos esféricos se calcula la posición de la imagen

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} : \ \frac{1}{-0{,}1} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{-0{,}2} : \ \frac{1}{s'} = \frac{1}{-0{,}2} - \frac{1}{-0{,}1} : \ \frac{1}{s'} = 5 : \ s' = \frac{1}{5} = 0{,}2$$

Por ser positiva la imagen es virtual

El tamaño se calcula con la ecuación del aumento lateral:



$$A = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} : \ y' = -\frac{s'}{s} \cdot y = -\frac{0{,}2}{-0{,}1} \cdot y = 2y$$

Conclusión: se obtiene una imagen virtual, derecha y de doble tamaño.

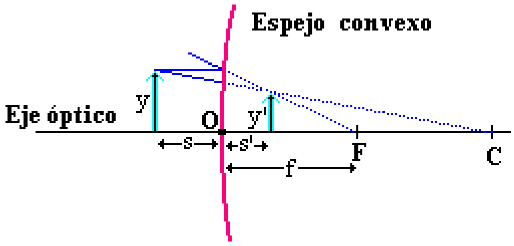
b. Espejo **CONVEXO**: $R = 2|f|$; $f = 20$ cm $\Rightarrow R = 40$ cm; $s = -10$ cm

Aplicando la ecuación de los espejos esféricos se calcula la posición de la imagen

$$\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}=\frac{1}{f} \ : \ \frac{1}{-0,1}+\frac{1}{s'}=\frac{1}{0,2} \ : \ \frac{1}{s'}=\frac{1}{0,2}-\frac{1}{-0,1} \ : \ \frac{1}{s'}=15 \ : \ s'=\frac{1}{15}=0,067$$

Por ser positiva la imagen es virtual

El tamaño se calcula con la ecuación del aumento lateral:



$$A=\frac{y'}{y}=-\frac{s'}{s} \ : \ y'=-\frac{s'}{s}\cdot y=-\frac{0,067}{-0,1}\cdot y=0,67y$$

Conclusión: se obtiene una imagen virtual, derecha y de menor tamaño.

Cuestión 4.- Una superficie esférica de radio R tiene una carga eléctrica Q distribuida uniformemente en ella.

a) Deduzca la expresión del módulo del vector campo eléctrico en un punto situado en el exterior a dicha superficie haciendo uso del teorema de Gauss.

b) ¿Cuál es la razón entre los módulos de los vectores campo eléctrico en dos puntos situados a las distancias del centro de la esfera $r_1 = 2$ R y $r_2 = 3$ R?

Solución.

a. Según la ley de Columb, el campo eléctrico creado por un carga Q en un punto de una superficie esférica vale $E = K\frac{Q}{r^2}$, y es perpendicular a la superficie.

El flujo a través de esta superficie será: $\Phi = \oint_S \vec{E}\circ d\vec{S} = K\frac{Q}{r^2}\oint_S dS = K\frac{Q}{r^2}4\pi r^2 = \frac{Q}{\varepsilon_o}$

Si aplicamos el teorema de Gauss a dicha superficie esférica, el flujo a través de la superficie será:

$$\Phi = \oint_S \vec{E}\circ dS = \oint_S E\ dS = E\oint_S dS = E\ 4\pi\, r^2$$

Teniendo en cuenta que el flujo según el teorema de Gauss es: $\Phi = \frac{Q}{\varepsilon_o}$

$$\frac{Q}{\varepsilon_o} = E\ 4\pi\, r^2 \ : \ E = \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_o}\frac{Q}{r^2} = K\frac{Q}{r^2}$$

Resultado que es idéntico al encontrado por la Ley de Coulomb para una carga puntual.

b. Según la expresión deducida en el apartado a:

$$r_1 = 2R : E_1 = K\frac{Q}{(2R)^2} = K\frac{Q}{4R^2} \ : \ r_2 = 3R : E_2 = K\frac{Q}{(3R)^2} = K\frac{Q}{9R^2}$$

Comparando los módulos de los campos eléctricos:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{K\frac{Q}{4R^2}}{K\frac{Q}{9R^2}} = \frac{9}{4} \ : \ \frac{E_1}{E_2} = \frac{9}{4}$$

Cuestión 5.- La energía en reposo de un electrón es 0,511 MeV. Si el electrón se mueve con una velocidad v = 0,8 c, siendo c la velocidad de la luz en el vacío:

a) ¿Cuál es la masa relativista del electrón para esta velocidad?

b) ¿Cuál es la energía relativista total?

Datos: Valor absoluto de la carga del electrón $e = 1{,}6\times10^{-19}$ C

Velocidad de la luz en el vacío $c = 3\times10^{8}$ m/s

Solución.

a. Según la teorema de la relatividad, la masa de una partícula en movimiento es:

$m = \dfrac{m_o}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$ Donde m_o representa la masa de la partícula en reposo.

Para calcular la masa en reposo del electrón se utiliza el dato de la energía del electrón en reposo (0,511 MeV).

$$E = m\cdot c^2 \;:\; m_o = \frac{E_o}{c^2} = \frac{0{,}511\,\text{MeV}\cdot 10^6\,\frac{\text{eV}}{\text{MeV}}\cdot 1{,}6\times10^{-19}\,\frac{\text{J}}{\text{eV}}}{\left(3\cdot10^8\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 9{,}08\times10^{-31}\,\text{kg}$$

Conocida la masa en reposo, se calcula la masa a la velocidad del enunciado.

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9{,}08\times10^{-31}}{\sqrt{1-\frac{(0{,}8c)^2}{c^2}}} = \frac{9{,}08\times10^{-31}}{\sqrt{1-0{,}64}} = 1{,}51\times10^{-30}\,\text{kg}$$

b. Según la teoría de la relatividad:

$$E = m\cdot c^2 = 1{,}51\times10^{-30}\cdot\left(3\times10^8\right)^2 = 1{,}359\times10^{-13}\,\text{J}$$

$$E = 1{,}359\times10^{-13}\,\text{J}\cdot\frac{1}{1{,}6\times10^{-19}\,\frac{\text{J}}{\text{eV}}}\cdot10^{-6}\,\frac{\text{MeV}}{\text{eV}} = 0{,}849\,\text{MeV}$$

Segunda parte

REPERTORIO A

Problema 1.- Una onda armónica transversal de amplitud 8 cm y longitud de onda 140 cm se propaga en una cuerda tensa, orientada en el sentido positivo del eje X, con una velocidad de 70 cm/s. El punto de la cuerda de coordenada x = 0 (origen de la perturbación) oscila en la dirección del eje Y y tiene en el instante t = 0 una elongación de 4 cm y una velocidad de oscilación positiva. Determine:

- **a)** Los valores de la frecuencia angular y del número de onda.
- **b)** La expresión matemática de la onda.
- **c)** La expresión matemática del movimiento del punto de la cuerda situado a 70 cm del origen.
- **d)** La diferencia de fase de oscilación, en un mismo instante, entre dos puntos de la cuerda que distan entre sí 35 cm.

Solución.

La ecuación de una onda armónica transversal viene dada por la expresión:

$$y = A\ \mathrm{sen}\left(\omega\, t \pm k\, x + \varphi_o\right)$$

donde A es la amplitud, ω es la velocidad angular, k es el número de onda y φ_o es el desfase inicial

a. A = 0,08 m; λ = 1,4 m. El número de onda se puede calcular por la expresión:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{1{,}4} = \frac{10}{7}\pi\ \mathrm{rad}/\mathrm{m}$$

conocido el número de onda se calcula la velocidad angular.

$$v = \frac{\omega}{k} : k = v \cdot k = 0{,}7\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot \frac{10}{7}\pi\frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{m}} = \pi\ \mathrm{rad}/\mathrm{s}$$

b. Para expresar la ecuación de la onda se necesita conocer el desfase inicial el cuál se puede calcular con los datos del enunciado (Para t = 0; x = 0; y = 4 cm = 4×10^{-2} m) aplicados a la ecuación general (el signo de la fase se escoge negativo debido a que la onda se propaga en el sentido positivo del eje OX.

$$4\times10^{-2} = 8\times10^{-2}\mathrm{sen}\left(\pi\cdot 0 - \frac{10}{7}\pi\cdot 0 + \varphi_o\right) : \mathrm{sen}\ \varphi_o = \frac{1}{2} \Rightarrow \varphi_o = \frac{\pi}{6}\ \mathrm{rad}$$

Conocido el desfase la ecuación de la onda queda:

$$y = 8\times10^{-2}\mathrm{sen}\left(\pi\, t - \frac{10}{7}\pi\, x + \frac{\pi}{6}\right)$$

c. Para x = 70 cm = 70×10^{-2} m: $y = 8\times10^{-2}\mathrm{sen}\left(\pi\, t - \frac{10}{7}\pi\cdot 70\times10^{-2} + \frac{\pi}{6}\right)$

$$y = 8\times10^{-2}\mathrm{sen}\left(\pi\, t - \frac{5\pi}{6}\right)$$

d. $\Delta\varphi = \left(\pi\, t_o - \frac{10\pi}{7}x_1 + \frac{\pi}{6}\right) - \left(\pi\, t_o - \frac{10\pi}{7}x_2 + \frac{\pi}{6}\right) = \frac{10\pi}{7}x_2 - \frac{10\pi}{7}x_1 = \frac{10\pi}{7}\left(x_2 - x_1\right)$

$$\Delta\varphi = \frac{10\pi}{7}\Delta x = \frac{10\pi}{7}\cdot 0{,}35 = \frac{\pi}{2}\ \mathrm{rad}$$

Problema 2.- En un tiempo determinado, una fuente radiactiva A tiene una actividad de $1{,}6\times10^{11}$ Bq y un periodo de semidesintegración de $8{,}983\times10^{5}$ s y una segunda fuente B tiene una actividad de $8{,}5\times10^{11}$ Bq. Las fuentes A y B tienen la misma actividad 45,0 días más tarde. Determine:

- **a)** La constante de desintegración radiactiva de la fuente A.
- **b)** El número de núcleos iniciales de la fuente A.
- **c)** El valor de la actividad común a los 45 días.
- **d)** La constante de desintegración radiactiva de la fuente B.

Nota: *1 Bq = 1 desintegración/segundo*

Solución.

a. La constante radioactiva se puede calcular a partir del periodo de semidesinteración.

$$T_{1/2} = \frac{\mathrm{Ln}\ 2}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{\text{Ln } 2}{T_{1/2}} = \frac{\text{Ln } 2}{8{,}983\times 10^{5}} = 7{,}716\times 10^{-7}\,s^{-1}$$

b. Conocida la actividad y la constante de desintegración se puede calcular el número de núcleos que hay en ese instante.

$$A = \lambda \cdot N \ : \ \ N_o = \frac{A_o}{\lambda} = \frac{1{,}6\times 10^{11}\text{Bq}}{7{,}716\times 10^{-7}\,s^{-1}} = 2{,}07\times 10^{17} \text{ Núcleos}$$

c. Conocida la actividad en el momento actual, se puede calcular al actividad 45 días después.

$$A = A_o \cdot e^{-\lambda\, t} = 1{,}6\times 10^{11} \cdot e^{-7{,}716\times 10^{-7}\cdot 45\cdot 24\cdot 3600} = 8\times 10^{9}\,\text{Bq}$$

d. Conociendo la actividad en el instante inicial y 45 días después, se calcula la constante de desintegración de la fuente B.

$$A = A_o \cdot e^{-\lambda\, t} \ : \ \ 8\times 10^{9} = 8{,}5\times 10^{11} \cdot e^{-\lambda\cdot 45\cdot 24\cdot 3600}$$

$$\lambda = \frac{-1}{45\cdot 24\cdot 3600}\cdot \text{Ln}\frac{8\times 10^{9}}{8{,}5\times 10^{11}} = 1{,}2\times 10^{-6}\,s^{-1}$$

REPERTORIO B

Problema 1.- Un rayo de luz roja que se propaga en el aire tiene una longitud de onda de 650 nm. Al incidir sobre la superficie de separación de un medio transparente y penetrar en él, la longitud de onda del rayo pasa a ser de 500 nm.

- **a)** Calcule la frecuencia de la luz roja.
- **b)** Calcule el índice de refracción del medio transparente para la luz roja.
- **c)** Si el rayo incide desde el aire con un ángulo de 30° respecto a la normal, ¿cuál será el ángulo de refracción en el medio transparente?
- **d)** Si el rayo se propagara por el medio transparente en dirección hacia el aire, ¿cuál sería el ángulo de incidencia a partir del cual no se produce refracción?

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

Solución.

a. Considerando que la velocidad de la luz en el aire es prácticamente igual que en el vacío:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times 10^{8}\,m\,s^{-1}}{650\times 10^{-9}\,m} = 4{,}62\times 10^{14}\,s^{-1}$$

b. Teniendo en cuenta que la frecuencia de la luz no varia cuando cambia de medio material de propagación, se puede calcular la velocidad de propagación en el medio transparente.

$$v = f\cdot\lambda = 4{,}62\times 10^{14}\cdot 500\times 10^{9} = 2{,}31\times 10^{8}\,m\,s^{-1}$$

Conocida la velocidad en el medio transparente, se calcula el índice de refracción por su definición (relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad en el medio).

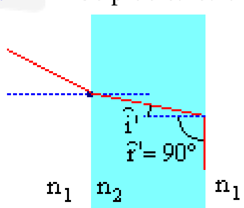
$$n_2 = \frac{c}{v} = \frac{3\times 10^{8}}{2{,}31\times 10^{8}} = 1{,}30$$

c. Aplicando la Ley de Snell, se calcula el ángulo de refracción en el medio transparente.

$$n_1\cdot \text{sen}\,\hat{i} = n_2\cdot \text{sen}\,\hat{r} \ : \ \text{sen}\,\hat{r} = \frac{n_1}{n_2}\cdot \text{sen}\,\hat{i} = \frac{1}{1{,}30}\cdot \text{sen } 30^{\circ} = 0{,}385$$

$$\hat{r} = \text{arcsen } 0{,}385 = 22{,}6^{\circ}$$

d. Se pide calcular el ángulo límite (ángulo a partir del cual no se produce refracción $\hat{r}' = 90^{\circ}$).



Aplicando la ley de Snell.

$$n_2\cdot \text{sen}\,\hat{i}' = n_1\cdot \text{sen}\,\hat{r}' \ : \ \text{sen}\,\hat{i}' = \frac{n_1}{n_2}\cdot \text{sen}\,\hat{r}' = \frac{1}{1{,}30}\cdot \text{sen } 90^{\circ} = 0{,}77$$

$$\hat{i}' = \text{arcsen } 0{,}77 = 50{,}4^{\circ}$$

Problema 2.- Un hilo conductor rectilíneo de longitud infinita está situado en el eje Z y transporta una corriente de 20 A en el sentido positivo de dicho eje. Un segundo hilo conductor, también infinitamente largo y paralelo al anterior, corta al eje X en el punto de coordenada x = 10 cm. Detennine:

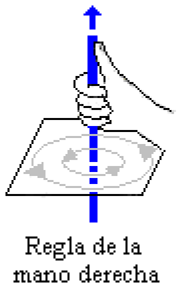
a) La intensidad y el sentido de la corriente en el segundo hilo, sabiendo que el campo magnético resultante en el punto del eje X de coordenada x = 2 cm es nulo.

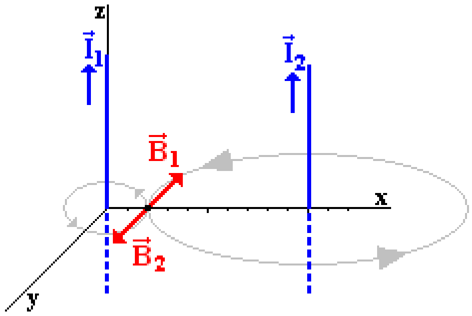
b) La fuerza por unidad de longitud que actúa sobre cada conductor, explicando cuál es su dirección y sentido.

Dato *Permeabilidad magnética del vacío* $\mu_o = 4\pi\times10^{-7}\ N\,A^{-2}$

Solución.

a. El sentido de la corriente del segundo hilo (I_2), se obtiene teniendo en cuenta que en el punto x = 2, el campo es nulo y por tanto, los campos magnéticos creados por los dos conductores deben ser igual módulo y sentidos opuestos.





Conociendo el sentido de la intensidad en el primer conductor (I_1), y aplicando la regla de la mano derecha se obtiene la dirección y sentido del campo creado por él, y por tanto el creado por el segundo conductor (opuesto).

La dirección y sentido del campo creado por el segundo conductor nos permite establecer el sentido de las líneas de campo y el sentido de la intensidad (I_2) aplicando de nuevo la regla de la mano derecha.

El valor de la intensidad del segundo conductor se obtiene a partir de la igualdad de los módulos de los vectores de campo creados por cada conductor en el punto x = 2.

$$\left|\vec{B}_1\right| = \left|\vec{B}_2\right|$$

Empleando la expresión del modulo del campo magnético:

$$\frac{\mu_o I_1}{2\pi\, a_1} = \frac{\mu_o I_2}{2\pi\, a_2}$$

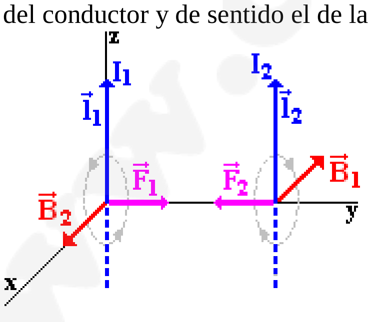
Simplificando las constantes y sustituyendo los datos, se calcula I_2.

$$\frac{20\ \text{A}}{2\times10^{-2}\,\text{m}} = \frac{I_2}{8\times10^{-2}} : \ I_2 = 80\ \text{A}$$

b. La fuerza que ejerce un campo magnético $\left(\vec{B}\right)$ sobre un hilo conductor de longitud l por el que circula una corriente I viene dada por la expresión:

$$\vec{F} = I\cdot\left|\vec{l}\times\vec{B}\right|$$

donde l es la longitud del hilo que, se considera un vector de módulo la longitud del hilo, de dirección la del conductor y de sentido el de la corriente.



El módulo de la fuerza será:

$$F = I\cdot l\cdot B\cdot \text{sen}\,\alpha$$

la dirección, perpendicular al plano que determinan $\vec{l}$ y $\vec{B}$ y el sentido el de avance del tornillo que gira de l sobre B como muestra la figura.

La dirección y sentido de la fuerza, también se puede obtener mediante el producto vectorial de los vectores $\vec{l}$ y $\vec{B}$.

$$\vec{F}_1 = I_1\cdot\left|\vec{l}_1\times\vec{B}_2\right|$$

$$\left.\begin{array}{l}\vec{l}_1 = l_1(0,0,1)\\ \vec{B}_2 = B_2(1,0,0)\end{array}\right\} : \vec{F}_1 = I_1\cdot\left(l_1(0,0,1)\times B_2(1,0,0)\right) = I_1\cdot l_1\cdot B_1\cdot\begin{vmatrix}\vec{i} & \vec{j} & \vec{k}\\ 0 & 0 & 1\\ 1 & 0 & 0\end{vmatrix} = I_1 l_1 B_1\ \vec{i}$$

$$\vec{F}_2 = I_2 \cdot \left|\vec{l}_2 \times \vec{B}_1\right|$$

$$\left.\begin{array}{l} \vec{l}_2 = l_2(0,0,1) \\ \vec{B}_1 = B_1(-1,0,0) \end{array}\right\} : \vec{F}_2 = I_2 \cdot \left(l_2(0,0,1) \times B_1(-1,0,0)\right) = I_1 \cdot l_1 \cdot B_1 \cdot \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{vmatrix} = -I_1 l_1 B_1\ \vec{i}$$

La fuerza por unidad de longitud será el cociente entre la fuerza y la longitud del hilo conductor.

$$\frac{F}{l} = I \cdot B \cdot \text{sen}\ \alpha$$

El módulo de la fuerza por unidad de longitud sobre el 2º conductor es:

$$\frac{F_2}{l_2} = I_2 \cdot B_1 \cdot \text{sen}\ 90 = I_2 \cdot \frac{\mu_o I_1}{2\pi \cdot d} = 80 \cdot \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 20}{2\pi \cdot 0{,}1} = 3{,}2 \times 10^{-3}\ \frac{N}{m}$$

El módulo de la fuerza por unidad de longitud sobre el 1º conductor es:

$$\frac{F_1}{l_1} = I_1 \cdot B_2 \cdot \text{sen}\ 90 = I_1 \cdot \frac{\mu_o I_2}{2\pi \cdot d} = 20 \cdot \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 80}{2\pi \cdot 0{,}1} = 3{,}2 \times 10^{-3}\ \frac{N}{m}$$