CAMPO MAGNÉTICO FCA 07 ANDALUCÍA

1. Una cámara de niebla es un dispositivo para observar trayectorias de partículas cargadas. Al aplicar un campo magnético uniforme, se observa que las trayectorias seguidas por un protón y un electrón son circunferencias.
a) Explique por qué las trayectorias son circulares y represente en un esquema el campo y las trayectorias de ambas partículas.
b) Si la velocidad angular del protón es $\omega_p = 10^6$ rad s^{-1}, determine la velocidad angular del electrón y la intensidad del campo magnético.
$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C; $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg; $m_p = 1{,}7 \cdot 10^{-27}$ kg

2. a) Explique el efecto de un campo magnético sobre una partícula cargada en movimiento.
b) Explique con ayuda de un esquema la dirección y sentido de la fuerza que actúa sobre una partícula con carga positiva que se mueve paralelamente a una corriente eléctrica rectilínea ¿Y si se mueve perpendicularmente al conductor, alejándose de él?

3. Dos conductores rectilíneos, muy largos y paralelos, distan entre si 0,5 m. Por ellos circulan corrientes de 1 A y 2 A, respectivamente.
a) Explique el origen de las fuerzas que se ejercen ambos conductores y su carácter atractivo o repulsivo. Calcule la fuerza que actúa sobre uno de los conductores por unidad de longitud.
b) Determine el campo magnético total en el punto medio de un segmento que una los dos conductores si las corrientes son del mismo sentido.
$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T m A^{-1}

4. Un haz de electrones penetra en una zona del espacio en la que existen un campo eléctrico y otro magnético.
a) Indique, ayudándose de un esquema si lo necesita, qué fuerzas se ejercen sobre los electrones del haz.
b) Si el haz de electrones no se desvía, ¿se puede afirmar que tanto el campo eléctrico como el magnético son nulos? Razone la respuesta.

5. Por un conductor rectilíneo muy largo, apoyado sobre un plano horizontal, circula una corriente de 150 A.
a) Dibuje las líneas del campo magnético producido por la corriente y calcule el valor de dicho campo en un punto situado en la vertical del conductor y a 3 cm de él.
b) ¿Qué corriente tendría que circular por un conductor, paralelo al anterior y situado a 0,8 cm por encima de él, para que no cayera, si la masa por unidad de longitud de dicho conductor es de 20 g m^{-1}?
$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T m A^{-1} ; $g = 10$ m s^{-2}

CAMPO MAGNÉTICO FCA 07 ANDALUCÍA

6. a) Fuerza magnética sobre una carga en movimiento.
b) Una partícula, con carga q, penetra en una región en la que existe un campo magnético perpendicular a la dirección del movimiento. Analice el trabajo realizado por la fuerza magnética y la variación de energía cinética de la partícula.

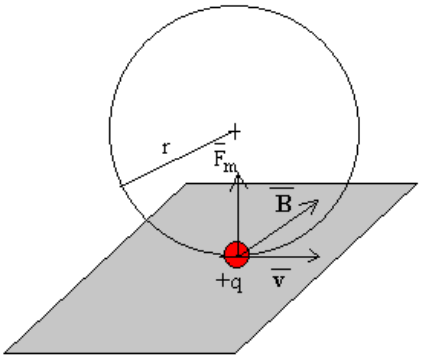
7. Por dos conductores rectilíneos y de gran longitud, dispuestos paralelamente, circulan corrientes eléctricas de la misma intensidad y sentido.
a) Dibuje un esquema, indicando la dirección y el sentido del campo magnético debido a cada corriente y del campo magnético total en el punto medio de un segmento que una a los dos conductores y coméntelo.
b) Razone cómo cambiaría la situación al duplicar una de las intensidades y cambiar su sentido.

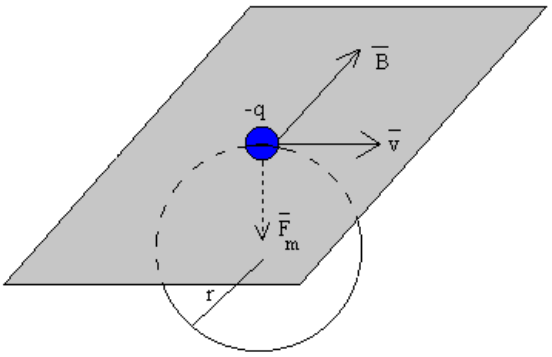
CAMPO MAGNÉTICO FCA 07 ANDALUCÍA

1.- a) El movimiento de una partícula cargada en el seno de un campo magnético uniforme está regido por la fuerza de Lorentz

$$\vec{F}_m = Q\vec{v} \times \vec{B}$$

en el momento en el que la partícula entra en el campo, actúa sobre ella una fuerza de valor constante que, como vemos, es en todo momento perpendicular al vector $\vec{v}$ y al campo $\vec{B}$. Al ser perpendicular a la velocidad, dicha fuerza resulta ser **centrípeta**, si la velocidad es perpendicular al campo la partícula describe un movimiento circular uniforme como se observa en las figuras





b) Como hemos visto en el apartado anterior, la partícula describe un movimiento circular uniforme cuya velocidad angular viene dada por la siguiente expresión

$\omega = \dfrac{Q}{m} \cdot B$ despejamos $B = \dfrac{\omega \cdot m}{Q}$ como el campo magnético es el mismo para el protón y para el electrón, podemos escribir la siguiente ecuación

$\dfrac{\omega_p \cdot m_p}{Q_p} = \dfrac{\omega_e \cdot m_e}{Q_e}$ en valor numérico la carga del protón y la del electrón son

iguales, por lo tanto $\omega_p \cdot m_p = \omega_e \cdot m_e$ despejando $\omega_e = \dfrac{\omega_p \cdot m_p}{m_e} = 1{,}87 \cdot 10^9\ rad\ s^{-1}$

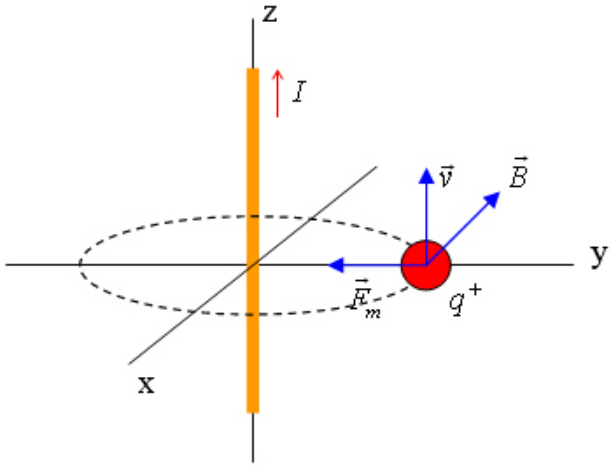
calculamos el campo magnético sustituyendo en la ecuación, por ejemplo del electrón

$$B = \frac{\omega_e \cdot m_e}{Q_e} = 0{,}01T$$

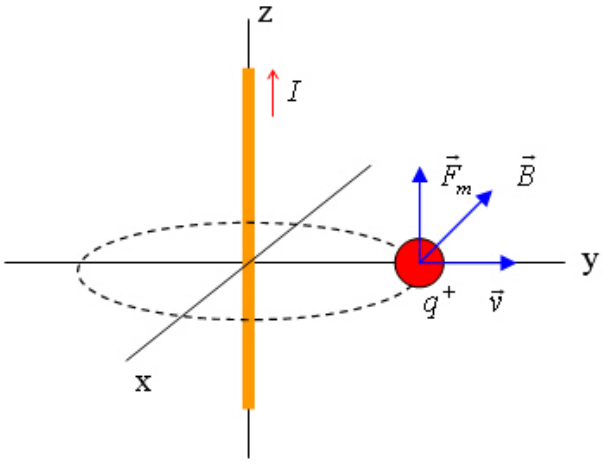
2.- a) Ver apartado a) del problema anterior.

CAMPO MAGNÉTICO FCA 07 ANDALUCÍA

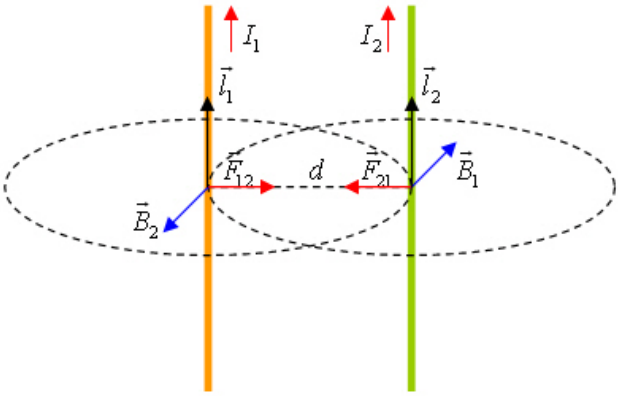
2.- b) El enunciado de este apartado no nos dice el sentido de la velocidad de la partícula con respecto a la intensidad de la corriente que circula por el conductor, por lo tanto suponemos uno, si el sentido es el mismo la fuerza magnética es atractiva



si se mueve perpendicularmente al conductor, alejándose de él la fuerza magnética es paralela al conductor



3.- a) El origen de las fuerzas que se ejercen ambos conductores está en la corriente eléctrica que circula por ellos, cada conductor crea un campo magnético a su alrededor que afecta al otro ejerciéndole una fuerza que viene dada por la expresión $\vec{F} = I\,\vec{l} \times \vec{B}$



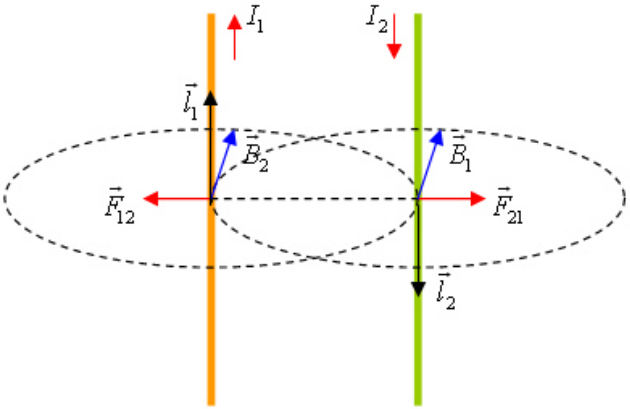
CAMPO MAGNÉTICO FCA 07 ANDALUCÍA

3.- a) (continuación) para saber el sentido de la fuerza ($\vec{F}_{21}$) que ejerce el campo magnético creado por el conductor 1 ($\vec{B}_1$) sobre el conductor 2, hemos de multiplicar vectorialmente $\vec{l}_2$ (en el sentido de I_2) por $\vec{B}_1$, si hacemos lo mismo para la fuerza $\vec{F}_{12}$, vemos que son atractivas como se observa en la figura.

Ambas fuerzas son iguales y de sentido contrario y su expresión es

$$\vec{F}_{21} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 I_2 l}{d} \vec{u}_r$$

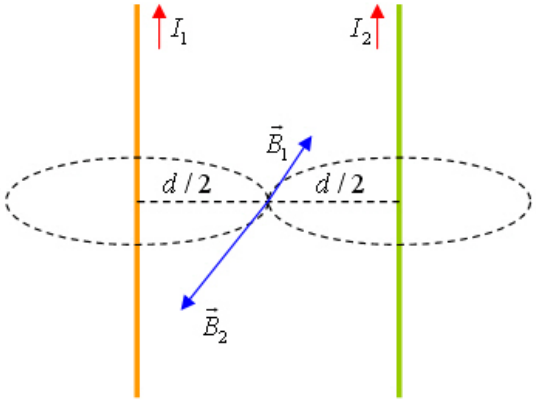
para que las fuerzas sean repulsivas, las corrientes ha de ser de sentido contrario



para calcular la fuerza que actúa sobre uno de los conductores por unidad de longitud despejamos de la ecuación anterior

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} = 8 \cdot 10^{-7}\ N$$

b) Calculamos los campos magnéticos creados en el punto medio



CAMPO MAGNÉTICO FCA 07 ANDALUCÍA

3.- b) (continuación)

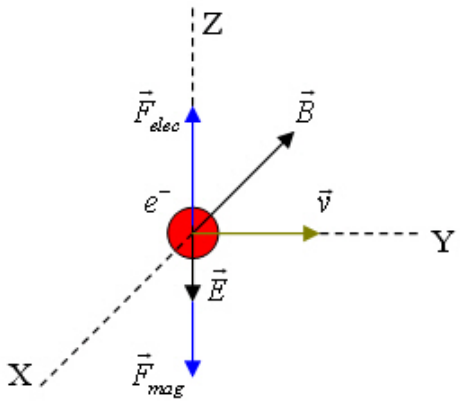
$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi \cdot d/2} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}\, TmA^{-1} \cdot 1A}{2\pi \cdot 0,25m} = 8 \cdot 10^{-7}\, T$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi \cdot d/2} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}\, TmA^{-1} \cdot 2A}{2\pi \cdot 0,25m} = 1,6 \cdot 10^{-6}\, T$$

el módulo del campo magnético total en el punto medio será $B_2 - B_1$ y su sentido es el de B_2

$$B = B_2 - B_1 = 8 \cdot 10^{-7}\, T$$

4.- a) El enunciado del ejercicio no nos dice la dirección de los campos eléctrico y magnético ni tampoco la del haz de electrones, supongo que los campos son perpendiculares entre sí y a la velocidad de los electrones



como vemos en el esquema el campo eléctrico le ejerce una fuerza en su misma dirección pero de sentido contrario (es una carga negativa), el campo magnético le ejerce una fuerza ($\vec{F} = Q\vec{v} \times \vec{B}$) en la misma dirección que el producto vectorial $\vec{v} \times \vec{B}$ pero de sentido contrario (es una carga negativa).

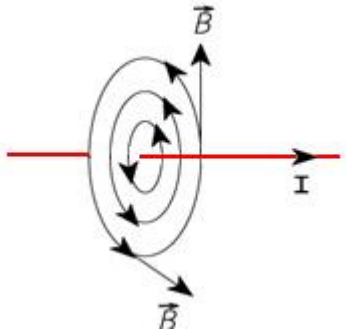
b) Si se cumplen las condiciones del apartado anterior ($\vec{v}, \vec{B}\, y\, \vec{E}$ perpendiculares entre sí) las fuerzas eléctrica y magnética pueden anularse si tienen el mismo módulo

$$F_E = F_M \qquad Q \cdot E = Q \cdot v \cdot B \qquad v = \frac{E}{B}$$

es decir, los electrones no se desvían si se cumplen las condiciones anteriores y su velocidad es la correcta, aunque existan campos eléctrico y magnético.

CAMPO MAGNÉTICO FCA 07 ANDALUCÍA

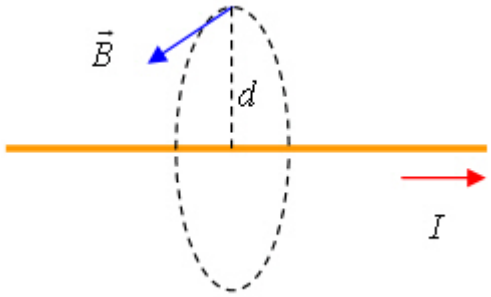
5.- a) Las líneas del campo magnético producido por la corriente son concéntricas con el conductor



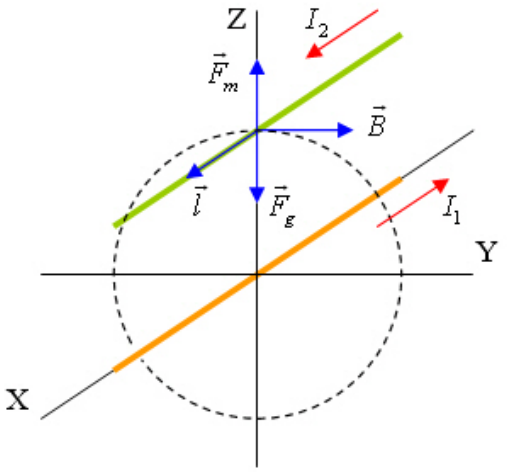
para calcular el valor del campo magnético a 3 cm del conductor usamos la ecuación correspondiente

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}\, TmA^{-1} \cdot 150\, A}{2\pi \cdot 0,03 m} = 10^{-3}\, T$$

su dirección y sentido se observan en el siguiente esquema



b) Como vemos en la figura de este apartado, la corriente en el conductor 2 ha de ser de sentido contrario a la del conductor 1 para que la fuerza magnética (dirección y sentido del producto vectorial $\vec{l} \times \vec{B}$) se oponga al peso ($\vec{F}_g$)



CAMPO MAGNÉTICO FCA 07 ANDALUCÍA

5.- b) (continuación) La expresión de la fuerza por unidad de longitud que le hace el conductor 1 al 2 (F_m) es

$$\frac{F_m}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 I_2}{d}$$

como el ejercicio nos da como dato la masa del conductor por unidad de longitud ($\frac{m}{l} = 0,02\, kgm^{-1}$) calculamos el peso por unidad de longitud ($\frac{F_g}{l}$), multiplicando por la gravedad

$$\frac{F_g}{l} = \frac{m}{l} g$$

para que el conductor 2 permanezca en equilibrio a una distancia de 0,008 m, los módulos de ambas fuerzas por unidad de longitud han de ser iguales

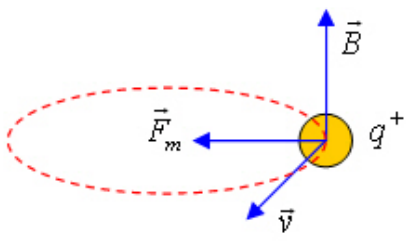
$$\frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 I_2}{d} = \frac{m}{l} g \qquad \text{despejando}$$

$$I_2 = \frac{m}{l} \frac{2\pi \cdot d \cdot g}{\mu_0 \cdot I_1} = 0,02\, kgm^{-1} \frac{2\pi \cdot 0,008\, m \cdot 10\, ms^{-2}}{4\pi \cdot 10^{-7}\, TmA^{-1} \cdot 150\, A} = 2666,7\, A$$

6.- a) La fuerza magnética sobre una carga en movimiento es la llamada **fuerza de Lorentz**

$$\vec{F} = Q\vec{v} \times \vec{B}$$

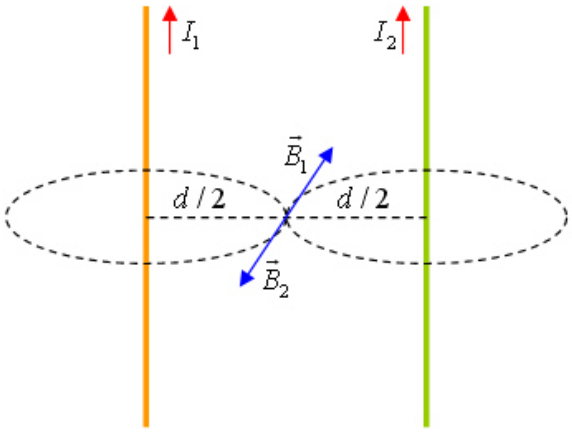
b) Cuando una partícula con carga q (consideremos que es positiva) y velocidad v penetra en un campo magnético perpendicular a la dirección de movimiento, esta describe una trayectoria circular porque la fuerza de Lorentz es, por definición, perpendicular a la velocidad y por lo tanto actúa de fuerza centrípeta



en estas condiciones dicha fuerza no realiza trabajo alguno sobre la partícula porque la fuerza y el desplazamiento son perpendiculares (cos 90º = 0), tampoco cambia el módulo de la velocidad, solo cambia su dirección, por lo tanto la energía cinética de la partícula permanece constante.

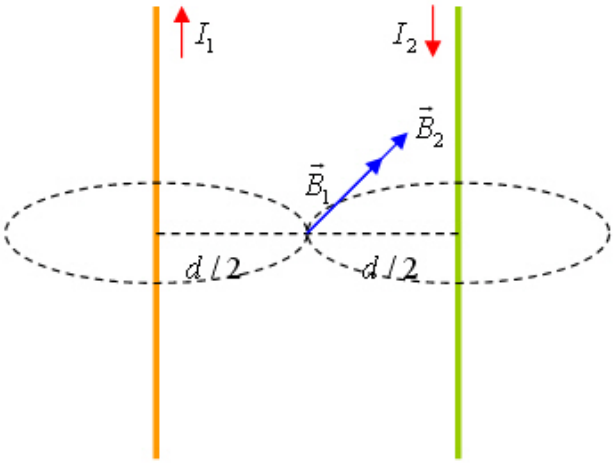
CAMPO MAGNÉTICO FCA 07 ANDALUCÍA

7.- a) Dibujamos un esquema para el caso en que circulan corrientes eléctricas de la misma intensidad y sentido



Al ser $I_1 = I_2$ y las distancias de los dos conductores al punto donde se quiere calcular B iguales, los módulos de ambos campos son iguales también, por lo tanto el campo magnético total en el punto medio es cero.

b) Al duplicar una de las intensidades y cambiar su sentido



el campo magnético total en el punto medio es de la misma dirección y sentido que $\vec{B}_1$ y $\vec{B}_2$ y su módulo es suma de los dos, como se ve el la figura.