CAMPO MAGNÉTICO FCA 08 ANDALUCÍA

1. a) Explique las experiencias de Öersted y comente cómo las cargas en movimiento originan campos magnéticos.
b) ¿En qué casos un campo magnético no ejerce ninguna fuerza sobre una partícula cargada? Razone la respuesta.

2. Dos conductores rectilíneos, indefinidos y paralelos distan entre sí 1,5 cm. Por ellos circulan corrientes de igual intensidad y del mismo sentido.
a) Explique con la ayuda de un esquema la dirección y sentido del campo magnético creado por cada una de las corrientes y de la fuerza que actúa sobre cada conductor.
b) Calcule el valor de la intensidad de la corriente que circula por los conductores si la fuerza que uno de ellos ejerce sobre un trozo de 25 cm del otro es de 10^{-3} N.
$\mu_0 = 4\,\pi \cdot 10^{-7}$ N A^{-2}

3. Comente razonadamente la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones:
a) La fuerza magnética entre dos conductores rectilíneos e indefinidos por los que circulan corrientes de diferente sentido es repulsiva.
b) Si una partícula cargada en movimiento penetra en una región en la que existe un campo magnético siempre actúa sobre ella una fuerza.

4. a) Fuerza magnética sobre una carga en movimiento; ley de Lorentz.
b) Explique, con ayuda de un esquema, la dirección y el sentido de la fuerza que actúa sobre una partícula con carga positiva que se mueve paralelamente a un conductor rectilíneo por el que circula una corriente eléctrica. ¿Y si la carga se mueve perpendicularmente al conductor, alejándose de él?

5. En una región en la que existe un campo magnético uniforme de 0,8 T, se inyecta un protón con una energía cinética de 0,2 MeV, moviéndose perpendicularmente al campo.
a) Haga un esquema en el que se representen el campo, la fuerza sobre el protón y la trayectoria seguida por éste y calcule el valor de dicha fuerza.
b) Si se duplicara la energía cinética del protón, ¿en qué forma variaría su trayectoria? Razone la respuesta.
$m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg ; $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C ; 1 eV = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J

6. Un electrón entra con velocidad $\vec{v} = 10\,\vec{j}$ m s^{-1} en una región en la que existen un campo eléctrico, $\vec{E} = 20\,\vec{k}$ N C^{-1}, y un campo magnético, $\vec{B} = B_0\,\vec{i}$ T.
a) Dibuje las fuerzas que actúan sobre el electrón en el instante en que entra en la región donde existen los campos eléctrico y magnético y explique las características del movimiento del electrón.
b) Calcule el valor de B_0 para que el movimiento del electrón sea rectilíneo y uniforme.

CAMPO MAGNÉTICO FCA 08 ANDALUCÍA

1.-a) En 1820 Öersted impartía clases de física en la universidad de Copenhague, mientras explicaba a sus alumnos la generación de calor por corrientes eléctricas, dejó casualmente una brújula debajo del hilo conductor. Cuando el circuito entró en funcionamiento, la brújula cambió de dirección y se orientó de forma perpendicular al hilo. Tantas veces repitió la prueba, tantas veces obtuvo el mismo resultado.

Öersted publicó sus observaciones en un documento, la conclusión era: "Una corriente eléctrica (cargas en movimiento) produce un campo magnético".

Cuando analizamos el campo eléctrico y el gravitatorio, centramos nuestra atención en el efecto que producen sobre ciertas partículas testigo (carga o masa en uno u otro caso) situadas en su seno. Este efecto se manifiesta en forma de fuerza que actúa sobre la entidad testigo.

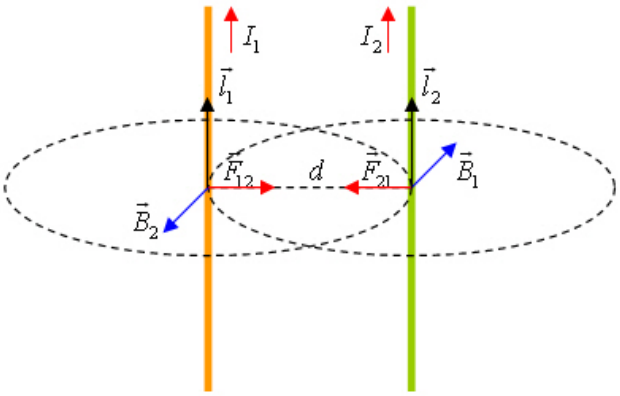
El campo magnético lo definiremos según su acción sobre partículas cargadas en movimiento, por tanto el agente testigo de un campo magnético será una carga eléctrica en movimiento, ya que los campos magnéticos no ejercen influencia sobre cargas en reposo.

b) Sólo en dos casos, cuando la partícula esté en reposo, o bien cuando la partícula se mueva en dirección paralela al campo, como la fuerza que actúa sobre una carga en movimiento en el interior de un campo magnético viene dada por la fuerza de Lorentz

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

$\vec{v}$ y $\vec{B}$ forman un ángulo de 0º, por lo tanto no existe fuerza magnética (sen 0º = 0).

2.-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 $\vec{F} = I\,\vec{l} \times \vec{B}$



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.

CAMPO MAGNÉTICO FCA 08 ANDALUCÍA

2.-b) Ambas fuerzas son iguales y de sentido contrario y como las intensidades son iguales, su expresión es

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

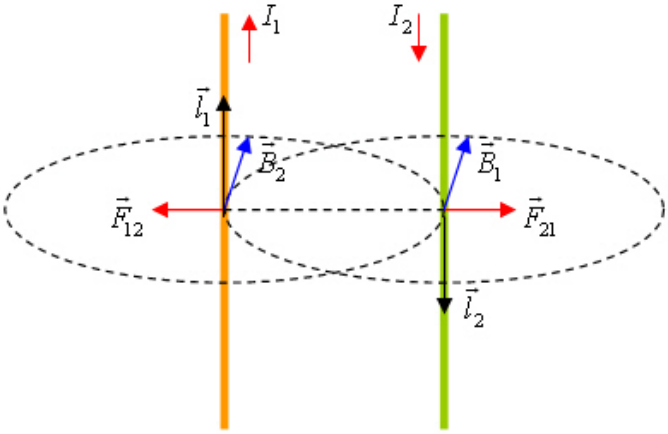
despejamos la intensidad y sustituimos

$$I = \sqrt{\frac{2\pi F d}{\mu_0 l}} = \sqrt{\frac{2\pi \cdot 10^{-3}\, N \cdot 0,015\, m}{4\pi \cdot 10^{-7}\, NA^{-2} \cdot 0,25\, m}} = 17,3\, A$$

3.-a) Aplicamos la expresión de la fuerza que ejerce un campo magnético sobre un conductor rectilíneo

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

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 repulsivas como se observa en la figura.



La afirmación a es verdadera.

b) Esta afirmación es falsa. En el caso en el que la partícula se mueva en dirección paralela al campo, como la fuerza que actúa sobre una carga en movimiento en el interior de un campo magnético viene dada por la fuerza de Lorentz

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

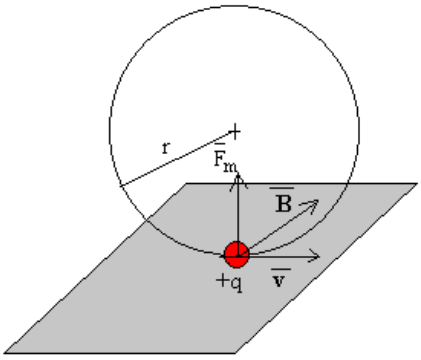
$\vec{v}$ y $\vec{B}$ forman un ángulo de 0º, por lo tanto no existe fuerza magnética (sen 0º = 0).

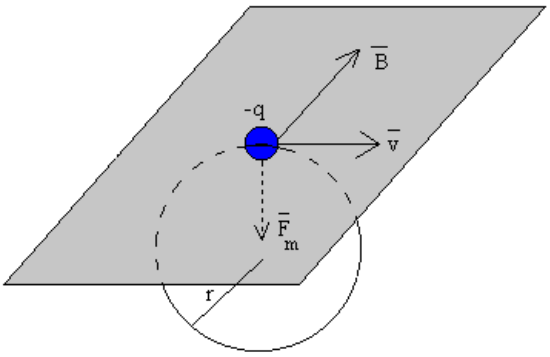
CAMPO MAGNÉTICO FCA 08 ANDALUCÍA

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

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

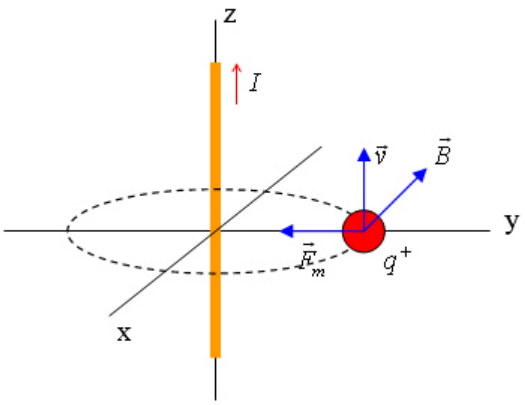
en el momento en el que la partícula entra en el campo, actúa sobre ella una fuerza de valor constante que, como vemos, es en todo momento perpendicular al vector $\vec{v}$ y al campo $\vec{B}$. Al ser perpendicular a la velocidad, dicha fuerza resulta ser **centrípeta**, si la velocidad es perpendicular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

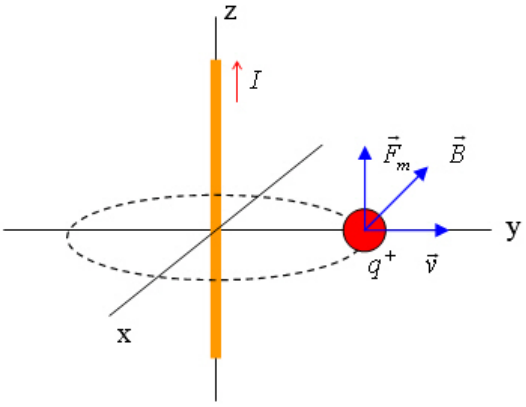




b) El enunciado de este apartado no nos dice el sentido de la velocidad de la partícula con respecto a la intensidad de la corriente que circula por el conductor, por lo tanto suponemos uno, si el sentido es el mismo la fuerza magnética es atractiva.

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

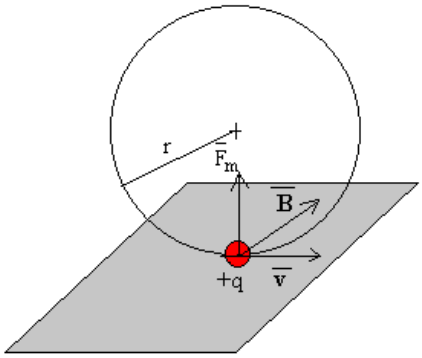




como puede observarse en las figuras.

CAMPO MAGNÉTICO FCA 08 ANDALUCÍA

5.-a)



como vemos en la figura la trayectoria del protón es circular, ya que la fuerza magnética ejerce de fuerza centrípeta.

Calculamos la velocidad del protón, partiendo de la ecuación de la energía cinética y transformando la unidades de esta

$$E_c = 0,2\,MeV = 200000\,eV \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}\,J/eV = 3,2 \cdot 10^{-14}\,J$$

$$v = \sqrt{\frac{2E_c}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-14}\,J}{1,67 \cdot 10^{-27}\,kg}} = 6,19 \cdot 10^{6}\,ms^{-1}$$

aplicamos la ley de Lorentz teniendo en cuenta que la velocidad y el campo magnético son perpendiculares (sen 90º = 1)

$$F = QvB = 1,6 \cdot 10^{-19}\,C \cdot 6,19 \cdot 10^{6}\,ms^{-1} \cdot 0,8T = 7,92 \cdot 10^{-13}\,N$$

b) Si llamamos $E_c^{'}$ a la nueva energía cinética podemos escribir

$$E_c^{'} = 2E_c \qquad \frac{1}{2}m_p v'^2 = 2\frac{1}{2}m_p v^2 \qquad v' = \sqrt{2}\,v$$

para calcular el radio de la órbita del protón partimos de la base que la fuerza centrípeta es la fuerza magnética

$$m_p \frac{v^2}{r} = QvB \qquad r = \frac{m_p v}{QB}$$

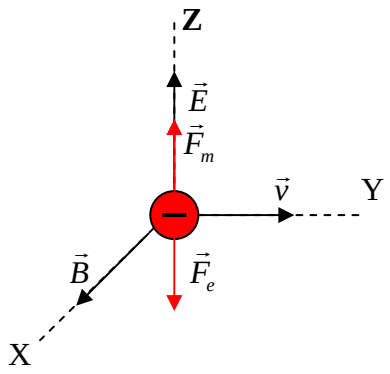
el nuevo radio sería

$$r' = \frac{m_p v'}{QB} = \frac{m_p \sqrt{2}\,v}{QB} = \sqrt{2}\,r$$

la nueva trayectoria sería también circular pero con un radio $\sqrt{2}$ veces mayor.

CAMPO MAGNÉTICO FCA 08 ANDALUCÍA

6.-a)



El movimiento del electrón dependerá de los valores de la fuerza magnética y de la fuerza eléctrica, que como vemos en el esquema son de la misma dirección pero de sentidos opuestos.

- En el caso en que $\vec{F}_m > \vec{F}_e$ la trayectoria será una rama parabólica hacia arriba (composición de dos movimientos perpendiculares, uno uniforme horizontal y otro uniformemente acelerado hacia arriba).
- En el caso en que $\vec{F}_e > \vec{F}_m$ la trayectoria será una rama parabólica hacia abajo. (composición de dos movimientos perpendiculares, uno uniforme horizontal y otro uniformemente acelerado hacia abajo).
- En el caso en que $\vec{F}_e = \vec{F}_m$ la trayectoria será rectilínea y el movimiento uniforme (a=0)

b) Para que el movimiento del electrón sea rectilíneo y uniforme, como hemos visto en el apartado anterior, los módulos de la fuerza eléctrica y magnética han de ser iguales

$$QE = QvB_0 \qquad B_0 = \frac{E}{v} = \frac{20\,NC^{-1}}{10\,ms^{-1}} = 2\,T$$