Ejercicios básicos

① Una partícula cargada se desplaza en un campo magnético uniforme sin experimentar ninguna fuerza ¿Cómo debe ser la dirección y magnitud de la intensidad del campo magnético?

✧✧✧⊕⊕⊕⊕⊕✧✧✧

Como la fuerza producida por un campo magnético sobre una carga eléctrica viene dada por $\vec{F} = q\cdot\left(\vec{v} \times \vec{B}\right)$ para que sea nula (no siendo nulos la carga, el campo o la velocidad) ha de ser nulo el producto vectorial $\vec{v} \times \vec{B}$ y como $\vec{v} \times \vec{B} = v\cdot B\cdot \text{sen}\alpha$, ha de ser nulo el seno del ángulo que forman la velocidad y el campo, lo cual ocurre cuando ambos son paralelos.

Resumiendo, para que no la carga en movimiento no experimente ninguna fuerza al penetrar en un campo no nulo, la velocidad y el campo han de ser vectores paralelos.

✧✧✧⊕⊕⊕⊕⊕✧✧✧

② Si en el problema anterior hay, además, un campo eléctrico, ¿cómo deben ser estos campos para que la fuerza resultante sea nula?

✧✧✧⊕⊕⊕⊕⊕✧✧✧

Como $\vec{F} = q\cdot\left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}\right) = q\cdot\vec{E} + q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) = 0 \Leftrightarrow \vec{E} = -\vec{v} \times \vec{B}$, luego han de ser perpendiculares y cumplir la relación anterior.

✧✧✧⊕⊕⊕⊕⊕✧✧✧

③ Indica si es cierta o falsa la siguiente afirmación: una fuerza magnética que actúa sobre una carga en movimiento no realiza trabajo. Justifica la respuesta.

✧✧✧⊕⊕⊕⊕⊕✧✧✧

Es cierto ya que la fuerza magnética se contrarresta con la fuerza centrífuga al describir una trayectoria circular, con v constante.

✧✧✧⊕⊕⊕⊕⊕✧✧✧

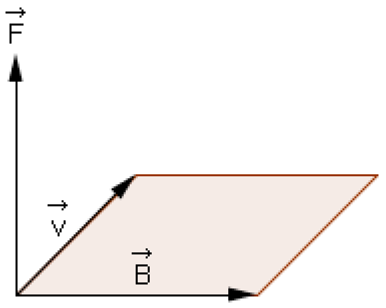
④ Indica si es cierta o falsa la siguiente afirmación: e radio de la trayectoria circular que describe una partícula cargada en un campo magnético uniforme e independiente de la velocidad de la partícula. Justifica la respuesta.

✧✧✧⊕⊕⊕⊕⊕✧✧✧

Es falso ya que el radio de la trayectoria es $R = \dfrac{mv}{|q|B}$ (si la partícula entra perpendicularmente al campo con velocidad v) que depende de v.

✧✧✧⊕⊕⊕⊕⊕✧✧✧

⑤ En la ecuación $\vec{F} = q\cdot\left(\vec{v} \times \vec{B}\right)$ algunos vectores sor siempre perpendiculares entre sí; otros pueden no serlo. Explícalo.



El producto vectorial de dos vectores da siempre un vector que es perpendicular al plano que forman ambos vectores, luego $\vec{v} \perp \vec{F}$ y $\vec{B} \perp \vec{F}$.

$\vec{v}$ y $\vec{B}$ pueden formar cualquier ángulo.

⑥ Un electrón describe una órbita circular con velocidad $v = 5{,}0 \cdot 10^{6}$ m /s en un campo magnético uniforme de intensidad B = $2{,}0 \cdot 10^{-2}$ T. ¿Qué fuerza, en newtons, experimenta el electrón?

a) $1{,}6 \cdot 10^{-14}$ **b)** $3{,}2 \cdot 10^{-24}$ **c)** $1{,}6 \cdot 10^{-44}$ **d)** $4 \cdot 10^{-11}$

Si describe una órbita circular es por que penetra perpendicularmente al campo, luego la fuerza que experimenta es:

$\vec{F} = q\cdot\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) = q\cdot v\cdot B\cdot \mathrm{sen}90º = q\cdot v\cdot B = 1{,}6\cdot 10^{-19}\cdot 5{,}0\cdot 10^{6}\cdot 2{,}0\cdot 10^{-2} = 1{,}6\cdot 10^{-14}\ \mathrm{T}$ que se corresponde con la respuesta del apartado **a)**.

⑦ ¿Qué aumento de energía en julios experimenta e electrón del ejercicio anterior en cada vuelta?

a) $2 \cdot 10^{-20}$ **b)** $3 \cdot 10^{-25}$ **c)** 0 **d)** $4 \cdot 10^{-10}$

Ninguno pues la energía se conserva, opción **c)**.

⑧ Una corriente de I = 5,0 A recorre una varilla de 1,0 m de longitud perpendicular a un campo magnético de intensidad B = 0,050 T. ¿Qué fuerza, en newtons actúa sobre la varilla?

a) 0 **b)** 0,25 **c)** 0,75 **d)** 35

$$\vec{F} = i\,\vec{l} \times \vec{B} \Rightarrow F = ilB\operatorname{sen}\alpha = 5{,}0\ A\cdot 1{,}0\ m\cdot 0{,}05\ T = 0{,}25\ N$$, opción **b)**.

---

⑨ Un neutrón penetra perpendicularmente a un campo uniforme B con velocidad elevada v. Razona la trayectoria que describe.

Como el neutrón carece de carga eléctrica su trayectoria no se ve modificada por el campo magnético y sigue con su trayectoria recta.

---

①⓪ Un campo magnético uniforme, de intensidad B = 0,80 T, dirigido en el sentido positivo del eje Z (vertical) actúa sobre un protón que se desplaza, siguiendo el eje y en sentido positivo, con velocidad $v_0 = 5{,}0 \cdot 10^6$ m/s. Calcula la fuerza magnética que actúa sobre la partícula.

B = 0,8 T
$v_0 = 5{,}0\cdot 10^6$ m/s
$q_p = 1{,}6\cdot 10^{-19}$ C

$$\vec{F} = q_p\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) = q_p\left(v\,\vec{j} \times B\,\vec{k}\right) = q_p\cdot v\cdot B\cdot(\vec{j} \times \vec{k}) = q_p\cdot v\cdot B\cdot \vec{i} = 1{,}6\cdot 10^{-19}\cdot 5{,}0\cdot 10^{6}\cdot 0{,}8\,\vec{i} = 6{,}4\cdot 10^{-13}\,\vec{i}\ N$$

---

①① Un electrón penetra perpendicularmente en un campo magnético uniforme de intensidad B = 0,020 T con velocidad v0 = 10^5 m /s. Deduce la trayectoria que describe y el tiempo (periodo), que tarda en recorrerla.

Al penetrar perpendicularmente, $\vec{F} = q\cdot\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) \Rightarrow F = q\cdot v\cdot B\cdot \operatorname{sen}90^\circ = q\cdot v\cdot B$ = cte y, por tanto, la trayectoria es una circunferencia.

El período es $T = \dfrac{2\pi m_e}{|q_e|\cdot B} = \dfrac{2\pi\cdot 9{,}1\cdot 10^{-31}\,kg}{1{,}6\cdot 10^{-19}\,C\cdot 0{,}020\,T} = 1\cdot 10^{-9}$ s. Observa que la velocidad no influye.

---

①② Un protón se desplaza dentro de un campo magnético uniforme, de intensidad B = 0,80 T, orientado según el eje Y, en sentido positivo. Deduce la fuerza (valor, dirección y sentido) que actúa sobre el protón cuando se desplaza con velocidad:

a) $\vec{v}_0 = 2{,}0 \cdot 10^6\ \vec{k}$ (m/s) **b)** $\vec{v}_0 = 4{,}0 \cdot 10^6\ \vec{i}$ (m/s) **c)** $\vec{v}_0 = 3{,}5 \cdot 10^6\ \vec{j}$ (m/s).

✧✧✧⌖⌖⌖⌖⌖✧✧✧

$\vec{B} = 0{,}80\ \vec{j}$ T

a)

$$\vec{F} = q_p\left(\vec{v}_0 \times \vec{B}\right) = q_p\left(v_0\ \vec{k} \times B\ \vec{j}\right) = q_p \cdot v_0 \cdot B \cdot (\vec{k} \times \vec{j}) = q_p v_0 B \cdot (-\vec{i}) = -1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{6} \cdot 0{,}8\ \vec{i} = -2{,}56 \cdot 10^{-13}\ \vec{i}\ \text{N}$$

b)

$$\vec{F} = q_p\left(\vec{v}_0 \times \vec{B}\right) = q_p\left(v_0\ \vec{i} \times B\ \vec{j}\right) = q_p \cdot v_0 \cdot B \cdot (\vec{i} \times \vec{j}) = q_p v_0 B \cdot \vec{k} = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 4{,}0 \cdot 10^{6} \cdot 0{,}8\ \vec{k} = 5{,}12 \cdot 10^{-13}\ \vec{k}\ \text{N}$$

c)

$$\vec{F} = q_p\left(\vec{v}_0 \times \vec{B}\right) = q_p\left(v_0\ \vec{j} \times B\ \vec{j}\right) = q_p \cdot v_0 \cdot B \cdot (\vec{j} \times \vec{j}) = q_p v_0 B \cdot 0 = 0\ \text{N}$$

✧✧✧⌖⌖⌖⌖⌖✧✧✧

①③ Resuelve el problema anterior si la partícula es:

a) Un electrón. **b)** Un neutrón.

✧✧✧⌖⌖⌖⌖⌖✧✧✧

a) $q_e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

$$\vec{F} = q_e\left(\vec{v}_0 \times \vec{B}\right) = q_e\left(v_0\ \vec{k} \times B\ \vec{j}\right) = q_e \cdot v_0 \cdot B \cdot (\vec{k} \times \vec{j}) = q_e v_0 B \cdot (-\vec{i}) = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{6} \cdot 0{,}8\ \vec{i} = 2{,}56 \cdot 10^{-13}\ \vec{i}\ \text{N}$$

$$\vec{F} = q_e\left(\vec{v}_0 \times \vec{B}\right) = q_e\left(v_0\ \vec{i} \times B\ \vec{j}\right) = q_e \cdot v_0 \cdot B \cdot (\vec{i} \times \vec{j}) = q_e v_0 B \cdot \vec{k} = -1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{6} \cdot 0{,}8\ \vec{k} = -2{,}56 \cdot 10^{-13}\ \vec{k}\ \text{N}$$

$$\vec{F} = q_e\left(\vec{v}_0 \times \vec{B}\right) = q_e\left(v_0\ \vec{j} \times B\ \vec{j}\right) = q_e \cdot v_0 \cdot B \cdot (\vec{j} \times \vec{j}) = q_e v_0 B \cdot 0 = 0\ \text{N}$$

b) Como la carga del neutrón es nula la fuerza en todos los casos será nula.

✧✧✧⌖⌖⌖⌖⌖✧✧✧

①④ En el interior de un solenoide hay un campo magnético uniforme de intensidad B = 0,60 T. Calcula:

a) La fuerza que ejerce el solenoide sobre un conductor de 30 cm, situado en su interior y paralelo a su eje, por el que pasan 4,0 A de corriente.

b) La fuerza cuando el conductor forma un ángulo de 30° con el eje del solenoide.

✧✧✧⌖⌖⌖⌖⌖✧✧✧

a) Como el campo en el interior de un solenoide es paralelo a su eje, el campo y el vector longitud del conductor son paralelos y , por tanto, su producto vectorial es nulo, es decir :

$$\vec{F} = i\cdot \vec{l} \times \vec{B} = 0 \text{ ya que } \cdot \vec{l} \text{ y } \vec{B} \text{ son } \parallel.$$

b) $\vec{F} = i\cdot \vec{l} \times \vec{B} = i l B \operatorname{sen} 30^{\circ} = 4{,}0\ A \cdot 0{,}3\ m \cdot 0{,}60\ T \cdot \frac{1}{2} = 0{,}36\ N$

✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧

①⑤ Se aceleran una partícula α y un protón mediante una diferencia de potencial ΔV y penetran perpendicularmente en un campo magnético uniforme de intensidad $\vec{B}$ Determina:

a) La relación entre las energías cinéticas con que entran en el campo magnético.
b) La relación entre los radios de sus respectivas trayectorias.

✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧

a) Como el trabajo eléctrico es igual a la variación de la energía cinética, $E_c = q\cdot\Delta V$, luego:

$$\frac{E_{cp}}{E_{c\alpha}} = \frac{q_p \Delta V}{q_\alpha \Delta V} = \frac{q_p}{q_\alpha} = \frac{q_p}{2q_p} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow E_{c\alpha} = 2E_{cp}$$ ya que una partícula α es un núcleo de Helio que tiene, por tanto, una carga igual a la dos protones.

b) Como $R = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2m\Delta V}{|q|}}$ establecemos la relación entre radios:

$$\frac{R_p}{R_\alpha} = \frac{\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2m_p\Delta V}{|q_p|}}}{\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2m_\alpha\Delta V}{|q_\alpha|}}} = \sqrt{\frac{q_\alpha \cdot m_p}{q_p \cdot m_\alpha}} = \sqrt{\frac{2q_p \cdot m_p}{q_p \cdot 4m_p}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow R_\alpha = \sqrt{2}R_p$$ ya que las partículas alfa tiene una carga de 2 y una masa de 4.

✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧

①⑥ Por un conductor de 0,12 m de longitud, orientado según el eje Y, circula una corriente de 3,0 A dirigida en el sentido positivo de dicho eje. Si se coloca el conductor dentro de un campo magnético uniforme de 0,040 T dirigido en el sentido positivo del eje Z, calcula:
a) La fuerza que se ejerce sobre el conductor.
b) Lo mismo si el campo magnético se orienta en el sentido positivo del eje X.
c) La fuerza cuando el campo es paralelo al plano XY y forma con el eje X un ángulo de 30°.

✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧✧

$\vec{l} = 0{,}12\,\vec{j}$ m; i = 3,0 A.

a) $\vec{B} = 0{,}040\,\vec{k}$

$$\vec{F} = i\cdot\vec{l}\times\vec{B} = 3{,}0\cdot(0{,}12\,\vec{j})\times(0{,}040\,\vec{k}) = 0{,}0144\,\vec{j}\times\vec{k} = 0{,}0144\,\vec{i}\ \text{N}$$

b) $\vec{B} = 0{,}040\,\vec{i}$

$$\vec{F} = i\cdot\vec{l}\times\vec{B} = 3{,}0\cdot(0{,}12\,\vec{j})\times(0{,}040\,\vec{i}) = 0{,}0144\,\vec{j}\times\vec{i} = 0{,}0144\,(-\vec{k})\ \text{N} = -0{,}0144\,\vec{k}\ \text{N}$$

c) $\vec{B} = 0{,}040\cdot\cos 30^\circ\,\vec{i} + 0{,}040\cdot\text{sen}30^\circ\,\vec{j} = 0{,}0346\,\vec{i} + 0{,}02\,\vec{j}$ ya que es paralelo al plano XY y forma un ángulo de 30º, sus componentes son las proyecciones del vector campo sobre ambos ejes.

$$\vec{F} = i\cdot\vec{l}\times\vec{B} = 3{,}0\cdot(0{,}12\,\vec{j})\times(0{,}0346\,\vec{i} + 0{,}02\,\vec{j}) = 3{,}0\cdot0{,}12\cdot0{,}0346\cdot\,\vec{j}\times\vec{i} + 3{,}0\cdot0{,}12\cdot0{,}02\,\vec{j}\times\vec{j} = -0{,}0124\,\vec{k}\ \text{N}$$

ya que el segundo sumando es nulo por serlo el producto $\vec{j}\times\vec{j} = 1\cdot1\cdot\text{sen}0^\circ = 0$.

✧✧✧⊕⊕⊕⊕⊕✧✧✧

Ejercicios de consolidación

① Una partícula con carga eléctrica penetra en un campo magnético uniforme. Indica cuándo la trayectoria es:

a) Rectilínea. **b)** Circular. **c)** Helicoidal.

✧✧✧⊕⊕⊕⊕⊕✧✧✧

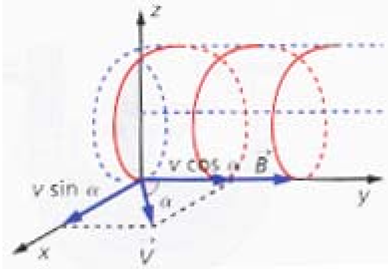
Si q ≠ 0, v ≠ 0 y B ≠ 0

a) Par que siga con una trayectoria recta ha de entrar paralelamente al campo, de manera que al ser paralelos los vectores campo y velocidad, el ángulo que forman es nulo y el producto vectorial entre ambos es nulo. La fuerza magnética dada por:

$\vec{F} = q\cdot\left(\vec{v}\times\vec{B}\right) \Rightarrow F = q\cdot v\cdot B\cdot\text{sen}0^\circ = 0$, si no actúa ninguna fuerza la trayectoria seguirá siendo la que llevaba, rectilínea.

b) Si la carga entra perpendicularmente $\vec{F} = q\cdot\left(\vec{v}\times\vec{B}\right) \Rightarrow F = q\cdot v\cdot B\cdot\text{sen}90^\circ = q\cdot v\cdot B$ la fuerza es constante y dirigida perpendicularmente al plano formado por los vectores velocidad y campo. Si una fuerza constante y perpendicular actúa sobre una partícula sabemos que la fuerza a describir una trayectoria circular, movimiento circular uniforme.

c) Una partícula de masa m y carga q penetra con velocidad $\vec{v}$ en un campo magnético uniforme, en una dirección que forma un ángulo α con $\vec{B}$. Si elegimos unos ejes de manera que el OY sea paralelo al campo $\vec{B}$, tenemos:



$$\begin{cases} \vec{v} = v\,\text{sen}\alpha\ \vec{i} + v\cos\alpha\ \vec{j} \\ \vec{B} = B\ \vec{j} \end{cases}$$

Como la fuerza sobre una carga móvil es $\vec{F} = q\cdot\left(\vec{v} \times \vec{B}\right)$, dicha fuerza sólo actúa sobre la componente perpendicular de la velocidad, el producto vectorial del campo por la componente horizontal es nulo ya que su producto vectorial es nulo sen0º = sen 180º = 0. Como consecuencia la partícula describe un movimiento circular uniforme en un plano perpendicular a $\vec{B}$ (plano ZX), como la componente paralela al campo (vcos α) se mantiene constante la trayectoria circular se modifica, transformándose en una helicoidal en la dirección del eje OY.

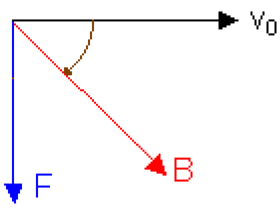
② Un chorro de electrones penetra por la izquierda con velocidad $\vec{v}_0$ paralela al plano del papel. Si hay un campo magnético uniforme, perpendicular al plano y dirigido hacia abajo, razona:

a) Por qué la trayectoria de los electrones es circular.

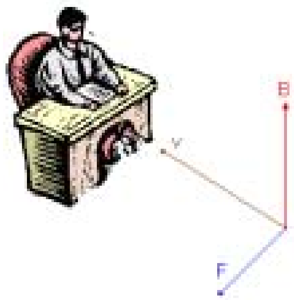
b) Cuál es el sentido de giro.

a) Como los vectores velocidad y campo son perpendiculares la trayectoria será una circunferencia (*apartado* **b)** *anterior*).

b) Como vemos en la figura adjunta, la fuerza es perpendicular al plano formado por ambos vectores y en el sentido en que vamos desde v a B o sea en sentido horario.



③ Un alumno sentado en clase ve que un haz de electrones lanzado horizontalmente hacia él, desde una posición frontal, en el interior de un dispositivo adecuado en cuyo interior se ha hecho el vacío, se desvía hacia la derecha. ¿Qué dirección y sentido tiene el campo magnético que actúa en la clase?



Como vemos en la figura, para que el haz de electrones que se dirige hacia nosotros se desvíe hacia la derecha, el campo magnético de la clase se ha de dirigir hacia arriba de manera que según el sentido de giro del sacacorchos al ir desde v hacia B el sentido sería el dibujado.

④ Se conectan los extremos de un muelle del que pende una pequeña masa m a una fuente de alimentación de modo que por el muelle pasa una corriente continua de intensidad I. ¿Se moverá la masa?

Cuando la corriente continua atraviesa el muelle el campo magnético generado produce un par de fuerzas entre espiras que tiende a contraer el muelle y hace subir la masa a él unida.

⑤ Indica qué función desempeñan, en el ciclotrón:

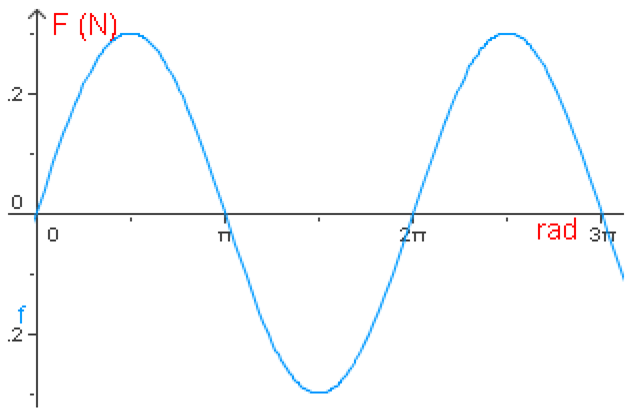
a) El campo eléctrico. **b)** El campo magnético.

a) Como vimos en el tema de electricidad una partícula sometida a un campo eléctrico $\vec{E}$, experimenta una fuerza $\vec{F} = q\vec{E}$ que imprime al electrón una aceleración $\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}$, luego el campo eléctrico se usa para acelerar las partículas.

b) En este tema hemos visto, en varias ocasiones, que un campo magnético perpendicular a una carga móvil crea una fuerza de intensidad constante y perpendicular al plano de los vectores que hace que la partícula describa una trayectoria circular. Como la partícula es acelerada, en cada D, por el campo eléctrico, al penetrar en la otra D con velocidad mayor describe una trayectoria circular de radio creciente. El campo magnético curva la trayectoria de la partícula haciendo que vuelva a penetrar en la otra D.

⑥ Un conductor de 0,20 m situado en un campo magnético de intensidad B = 0,50 T forma un ángulo φ = 45° con el campo. Si pasa por el conductor una corriente de 3,0 A:

a) Calcula la fuerza que actúa sobre el conductor.
b) Represente la variación de la fuerza en función del ángulo si este varía de 0° a 90°.



l = 0,20 m.
B = 0,50 T.
I = 3,0 A

a) $\varphi = 45^{o}$

$\vec{F} = i\,\vec{l} \times \vec{B} \Rightarrow F = i{\cdot}l{\cdot}B\,\mathrm{sen}\varphi = 3{,}0\,A \cdot 0{,}20\,m \cdot 0{,}50\,T \cdot \mathrm{sen}45^{o} = 0{,}21\,N$.

b) $F = i{\cdot}l{\cdot}B\,\mathrm{sen}\varphi = 3{,}0\,A \cdot 0{,}20\,m \cdot 0{,}50\,T \cdot \mathrm{sen}\varphi = 0{,}3\,\mathrm{sen}\varphi\ N$, que representamos en la figura de más arriba

⑦ Por un conductor de 0,50 m de longitud situado en el eje OY pasa una corriente de 1,0 A en el sentido positivo del eje. Si el conductor está dentro de un campo magnético de intensidad $\vec{B} = 0{,}010\ \vec{i} + 0{,}030\ \vec{k}$ (T), calcula la fuerza que actúa sobre el conductor.

✧✧✧⌗⌗⌖⌗⌗✧✧✧

Longitud = $\vec{l} = 0{,}50\ \vec{j}$ m
Intensidad de la corriente = i = 1, 0 A.
Campo magnético = $\vec{B} = 0{,}010\ \vec{i} + 0{,}030\ \vec{k}$

$$\vec{F} = i\left(\vec{l} \times \vec{B}\right) = 1{,}0\ \mathrm{A}\left[0{,}50\ \vec{j} \times \left(0{,}010\ \vec{i} + 0{,}030\ \vec{k}\right)\right] = 1{,}0\ \mathrm{A}\left[0{,}50 \cdot 0{,}010 \cdot \left(\vec{j} \times \vec{i}\right) + 0{,}5 \cdot 0{,}030\left(\vec{j} \times \vec{k}\right)\right] =$$

$$= 1{,}0\mathrm{A}\left(0{,}005(-\vec{k} + 0{,}015\ \vec{i}\right) = 0{,}015\ \vec{i} - 0{,}005\ \vec{k}\ \mathrm{N}$$

✧✧✧⌗⌗⌖⌗⌗✧✧✧

⑧ Un electrón con una energía cinética de 1,0 eV recorre una órbita circular plana y horizontal dentro de un campo magnético uniforme cuya intensidad vale $1{,}0 \cdot 10^{-4}$ T, dirigido perpendicularmente a la misma y de arriba hacia abajo. Averigua:

a) El radio de la órbita del electrón. **b)** El periodo del movimiento.

✧✧✧⌗⌗⌖⌗⌗✧✧✧

Energía cinética = E = 1, 0 eV = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J.
Campo magnético = B = $1{,}0 \cdot 10^{-4}$ T.

a) Hallamos la velocidad : $E = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{9{,}1 \cdot 10^{-31}}} = 592999{,}45\ \frac{m}{s}$

Y ahora el radio: $R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B} = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 592999{,}45}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-4}} = 0{,}0337\ \mathrm{m}$

b) $T = \frac{2\pi m}{|q| \cdot B} = \frac{2\pi \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31}}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-4}} = 3{,}57 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{s}$

✧✧✧⌗⌗⌖⌗⌗✧✧✧

⑨ En una región donde hay un campo eléctrica $\vec{E} = 1\ 000\ \vec{k}$ (V m^{-1}) unto a un campo magnético de intensidad $\vec{B} = 0{,}5\ \vec{j}$ (T) penetra un protón perpendicularmente a ambos sin desviarse. Determina el valor de la velocidad $\vec{v}_0$ del protón.

✧✧✧⌗⌗⌖⌗⌗✧✧✧

Si no se desvía es porque la fuerza resultante de ambos campos es nula, luego:

$\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v}_0 \times \vec{B}\right) \Rightarrow F = q{\cdot}E + qv_0B \Rightarrow 0 = q{\cdot}E + qv_0B \Leftrightarrow E = -v_0B \Leftrightarrow v_0 = -\frac{E}{B} = \frac{1000}{0{,}5} = -2000\ \text{m/s}$ la dirección y sentido ha de ser la del eje Ox negativo para que $\vec{i} \times \vec{j} = \vec{k}$ que es la dirección del campo eléctrico, luego $\vec{v}_0 = -2000\ \vec{i}$ m/s.

①⓪ Una bobina plana de 0,030 m de radio consta de 30 espiras y se sitúa dentro de un campo magnético de intensidad 0,60 T. Calcula el momento magnético y el momento del par que actúa sobre la bobina cuando es recorrida por una intensidad de corriente de 4,0 A, si el campo magnético forma un ángulo de 60° con la normal al plano de la bobina.

Radio = R = 0,030 m.
Número de espiras = N = 30 espiras.
Campo magnético = B = 0,60 T.
Intensidad = i = 4,0 A.
Ángulo = α = 60º

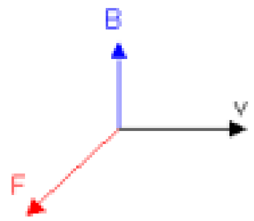
Momento del par = $\vec{m} = N{\cdot}i{\cdot}\vec{S} \Rightarrow m = N{\cdot}i(\pi R^2) = 30{\cdot}4{,}0{\cdot}(\pi{\cdot}0{,}030^2) = 0{,}34\ \text{A}{\cdot}\text{m}^2$

Momento magnético = $\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B} \Rightarrow M = m{\cdot}B{\cdot}\text{sen}\alpha = 0{,}34{\cdot}0{,}60{\cdot}\text{sen}60º = 0{,}177\ \text{N.m}$

①① En una cámara de ionización se inyecta hidrógeno y se obtienen iones H^+_2 que, posteriormente, se aceleran mediante una diferencia de potencial ΔV y penetran en un campo magnético uniforme de intensidad $\vec{B}$ perpendicular a la velocidad de los iones $\vec{v}_0$.

a) Averigua el sentido del vector intensidad de campo $\vec{B}$ si el detector de los iones está a la derecha de la cámara de ionización.

b) Si el detector está a 20 cm del punto de salida de los iones, calcula la diferencia de potencial ΔV que se debe aplicar a los iones para que lleguen al detector. Datos: B = 0,080 T; masa del ión H^+_2 = 3,34 . 10^{-27} kg.



a) Perpendicular al plano del papel y hacia dentro

b) D = 0,20 m $\Rightarrow$ R= 0,10 m.

Aplicamos la fórmula $\frac{q}{m} = \frac{2\Delta V}{B^2R^2} \Rightarrow \Delta V = \frac{qB^2R^2}{2m} = \frac{1{,}6{\cdot}10^{-19}{\cdot}0{,}080^2{\cdot}0{,}10^2}{2{\cdot}3{,}34{\cdot}10^{-27}} = 1533\ \text{V}$

①② Un electrón se mueve por una órbita circular de 0,50 m de radio, perpendicular a un campo magnético uniforme de 2,5 T. Determina:

a) La velocidad angular del electrón. b) El periodo del movimiento. c) La energía que posee, en MeV.

✧✧✧⌖⌖⌖⌖⌖✧✧✧

Radio = R = 0,50 m.
Campo magnético = B = 2,5 T.
Carga del electrón = q = - 1,6 · 10 $^{-19}$ C.
Masa del electrón = m = 9,1· 10^{-31} kg.

a) $\omega = \frac{|q|}{m}B = \frac{1{,}6\cdot 10^{-19}}{9{,}1\cdot 10^{-31}}\cdot 2{,}5T = 4{,}39\cdot 10^{11}\ \frac{rad}{s}$.

b) $T = \frac{2\pi m}{|q|\cdot B} = \frac{2\pi\cdot 9{,}1\cdot 10^{-31}}{|-1{,}6\cdot 10^{-19}|\cdot 2{,}5} = 1{,}43\cdot 10^{-11}s.$

c) $v = \frac{|q|}{m}R\cdot B = \frac{|-1{,}6\cdot 10^{-19}|}{9{,}1\cdot 10^{-31}}\cdot 0{,}50\cdot 2{,}5 = 2{,}2\cdot 10^{11}m/s$, luego $E_c = \frac{1}{2}m\cdot v^2 = \frac{1}{2}\cdot 9{,}1\cdot 10^{-31}\cdot(2{,}2\cdot 10^{11})^2 = 2{,}2\cdot 10^{-8}$ J $= 1{,}37\cdot 10^{11}$ eV $= 1{,}37\cdot 10^{5}$ MeV.

✧✧✧⌖⌖⌖⌖⌖✧✧✧

①③ Un protón se desplaza siguiendo una trayectoria circular en un campo magnético uniforme con una energía cinética de 1,5 MeV. Halla la energía cinética que posee:

a) Un deuterón. b) Una partícula a.

Considera que ambas partículas describen la misma trayectoria que el protón.

✧✧✧⌖⌖⌖⌖⌖✧✧✧

Sea :

❉ Masa del deuterón = m_d , masa del protón = m_p y masa de la partícula α = m_α.

❉ Carga del deuterón = q_d , carga del protón = q_p y carga de la partícula α = q_α.

❉ Energía cinética del protón = E_p = 1,5 MeV, energía cinética del deuterón = E_d y energía cinética de la partícula α = E_α.

a) Como $v = \frac{R\cdot B|q|}{m}$ y $R_p = R_d, q_d = q_p, m_d = 2m_p \Rightarrow \frac{v_d}{v_p} = \frac{\frac{R\cdot B|q_d|}{m_d}}{\frac{R\cdot B|q_p|}{m_p}} = \frac{m_p}{m_d} = \frac{m_p}{2m_p} = \frac{1}{2} \Rightarrow v_d = \frac{1}{2}v_p$

$$\frac{E_p}{E_d} = \frac{\frac{1}{2}m_p\cdot v_p^2}{\frac{1}{2}m_d\cdot v_d^2} = \frac{m_p}{2m_p}\left(\frac{v_p}{v_d}\right)^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{v_p}{\frac{1}{2}v_p}\right)^2 = 2 \Rightarrow E_d = \frac{1}{2}E_p = \frac{1}{2}1{,}5 = 0{,}75\ \text{MeV}.$$

b) $\left.\begin{matrix} m_\alpha = 4m_p \\ q_\alpha = 2q_p \end{matrix}\right\} \Rightarrow \frac{v_\alpha}{v_p} = \frac{\frac{R\cdot B|q_\alpha|}{m_\alpha}}{\frac{R\cdot B|q_p|}{m_p}} = \frac{m_p|q_\alpha|}{m_\alpha|q_p|} = \frac{m_p\cdot 2q_p}{4m_p\cdot q_p} = \frac{1}{2} \Rightarrow v_\alpha = \frac{1}{2}v_p$

$$\frac{E_p}{E_\alpha} = \frac{\frac{1}{2}m_p\cdot v_p^2}{\frac{1}{2}m_\alpha\cdot v_\alpha^2} = \frac{m_p}{4m_p}\left(\frac{v_p}{v_\alpha}\right)^2 = \frac{1}{4}\left(\frac{v_p}{\frac{1}{2}v_p}\right)^2 = 1 \Rightarrow E_\alpha = E_p = 1{,}5\ \text{MeV}$$

✧✧✧⌖⌖⌖⌖⌖✧✧✧

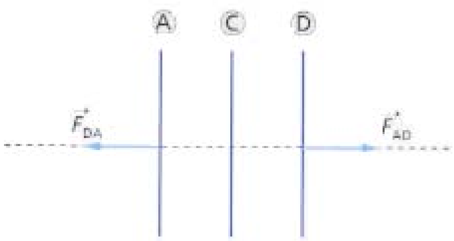
14 Por dos conductores A y D rectilíneos, paralelos e indefinidos, separados por 0,12 m, circulan corrientes iguales. Si dichos conductores se repelen con una fuerza de $6{,}0 \cdot 10^{-8}$ N / m, determina:

a) El sentido de la corriente en los conductores.

b) El valor de la corriente.

c) La fuerza que ejercen, por unidad de longitud, sobre otro conductor C, equidistante de ambos y en el mismo plano, si circula por él una corriente de intensidad 0,20 A en el mismo sentido que la de A.

✧✧✧⌖⌖⌖⌖⌖✧✧✧



Fuerza por unidad de longitud = F/l = $6{,}0\cdot 10^{-8}$ N/m.

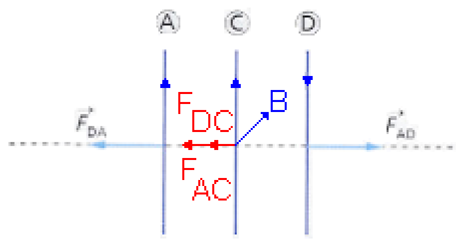
a) Como las fuerzas son de sentido contrario, la corriente en los conductores ha de tener sentidos contrarios

b) Como las corrientes son iguales, es decir $i_A = i_D = i$

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{i_A\cdot i_D}{d} = \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{i^2}{d} \Leftrightarrow i = \sqrt{\frac{F}{l}\cdot\frac{2\pi}{\mu_0}\cdot d} = \sqrt{6{,}0\cdot 10^{-8}\cdot\frac{2\pi}{4\pi\cdot 10^{-7}}\cdot 0{,}12} =$$

= 0,19 A.

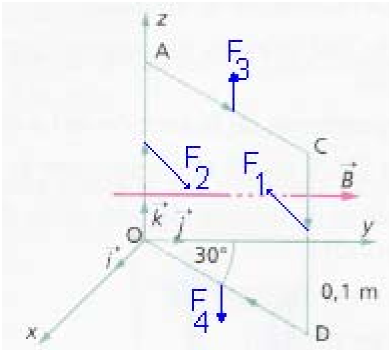
c) El campo magnético de los dos conductores A y D sobre C es perpendicular al plano de los conductores y hacia dentro (ver figura adjunta) al aplicar la regla de la mano derecha, luego la fuerza que producen los conductores A y D sobre l el C van en la misma dirección y sentido de manera que el módulo de la fuerza resultante será la suma de los módulos de las fuerzas:



$$F = F_{AC} + F_{DC} = \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{i_A\cdot i_C\cdot l}{d_{AC}} + \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{i_D\cdot i_C\cdot l}{d_{DC}} \Rightarrow \frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi}\left(\frac{i_A\cdot i_C}{d/2} + \frac{i_D\cdot i_C}{d/2}\right) = \frac{4\pi\cdot 10^{-7}}{2\pi}\left(2\cdot\frac{0{,}19\cdot 0{,}2}{0{,}6}\right) = 2{,}5\cdot 10^{-7}\ \text{N/m}$$

✧✧✧⌖⌖⌖⌖⌖✧✧✧

①⑤ Una espira rectangular de 0,10 m x 0,25 m de lado está orientada, como indica la figura adjunta, dentro de un campo magnético uniforme de 0,010 T de intensidad en la dirección y sentido positivo del eje OY Calcula la fuerza que actúa sobre cada lado de la espira y el momento del correspondiente par de fuerzas si pasa por ella una corriente de intensidad 5,0 A.



Intensidad = i = 5,0 A

Campo magnético = $0{,}010\ \vec{j}$

Las fuerzas F_3 y F_4 son iguales, de la misma dirección y de sentidos opuestos luego se anulan, hallamos sus valores:

Los vectores longitud correspondientes a los lados AC y OD son $\vec{l}_{AC} = \vec{l}_{OD} = l_{AC}\left(\cos 30^\circ\cdot\vec{j} + \text{sen}30^\circ\cdot\vec{i}\right) = 0{,}25\left(\frac{1}{2}\vec{i} + \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{j}\right)$ m

Como $\vec{F} = i\cdot\left(\vec{l}\times\vec{B}\right)$

$$\vec{F}_3 = i\cdot\left(\vec{l}_{AC}\times\vec{B}\right) = 5{,}0\cdot\left[0{,}25\left(\frac{1}{2}\vec{i} + \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{j}\right)\times 0{,}010\ \vec{j}\right] = 1{,}25\cdot\left(\frac{1}{2}0{,}010\cdot(\vec{i}\times\vec{j}) + \frac{\sqrt{3}}{2}0{,}010\cdot(\vec{j}\times\vec{j})\right) =$$

$= 1{,}25\cdot\frac{1}{2}0{,}010\cdot\vec{k} + 0 = 0{,}0625\ \vec{k}$ N, luego $\vec{F}_4 = -0{,}0625\ \vec{k}$ N.

Ahora hallamos las otras dos fuerzas sobre los otros dos lados:

$\vec{l}_{DC} = \vec{l}_{OA} = 0{,}1\vec{k}$ m

$\vec{F}_1 = i\cdot\left(\vec{l}_{DC}\times\vec{B}\right) = 5{,}0\cdot\left[0{,}1\vec{k}\times 0{,}010\ \vec{j}\right] = 5{,}0\cdot 0{,}1\cdot 0{,}010\cdot\left(\vec{k}\times\vec{j}\right) = -0{,}005\ \vec{i}$ N, luego $\vec{F}_2 = 0{,}005\ \vec{i}$ N.

Por último hallamos e el momento:

$$\left|\vec{M}\right| = i\left|\vec{S}\times\vec{B}\right| = i\cdot S\cdot B\cdot \text{sen}\varphi = 5{,}0\cdot(0{,}1\cdot 0{,}25)\cdot 0{,}010\cdot \text{sen}0^\circ = 0{,}00125\ \text{N}\cdot\text{m}$$

✧✧✧⊕⊕⊕⊕⊕✧✧✧

①⑥ Un electrón de 104 eV de energía se mueve horizontalmente y penetra en una región donde hay un campo eléctrico de 100 V/cm dirigido verticalmente hacia abajo.

a) Halla la magnitud y dirección del campo magnético capaz de lograr que el electrón conserve su movimiento horizontal en presencia de ambos campos.

b) Si fuera un protón, ¿cómo debe ser 8 para conseguir el mismo resultado? Despréciese la acción de la fuerza de la gravedad.

✧✧✧⊕⊕⊕⊕⊕✧✧✧

Energía cinética = 10^4 eV = 10^4 eV $\cdot\frac{1{,}60\cdot 10^{-19}\ \text{J}}{1\text{eV}} = 1{,}60\cdot 10^{-15}$ J

$\vec{E} = -10^4\,\vec{k}$ V/m

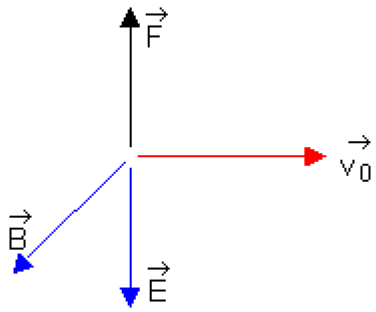
a) Si no se desvía es porque la fuerza resultante de ambos campos (eléctrico y magnético) es nula, luego:

$\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v}_0 \times \vec{B}\right) \Rightarrow F = q{\cdot}E + qv_0B \Rightarrow 0 = q{\cdot}E + qv_0B \Leftrightarrow E = -v_0B \Leftrightarrow B = -\dfrac{E}{v_0}$, luego necesitamos conocer la velocidad inicial con que penetra el electrón en la región de ambos campos, lo que hacemos a partir de su energía cinética

$$E_c = \frac{1}{2}m_e v_0^2 \Leftrightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2E_0}{m_e}} = \sqrt{\frac{2{\cdot}1{,}6{\cdot}10^{-15}}{9{,}1{\cdot}10^{-31}}} = 5{,}93{\cdot}10^7\,\frac{m}{s}\text{, que sustituyendo}$$

$$B = -\frac{E}{v_0} = -\frac{10^4\,V/m}{5{,}93{\cdot}10^7\,\frac{m}{s}} = -0{,}000169\,T$$

Como la fuerza debida al campo eléctrico va en la dirección y sentido de este, sentido negativo del eje Z, la fuerza ejercida por el campo magnético ha de ir en sentido contrario, hacia arriba del eje Z, para que la fuerza magnética sobre el electrón (que se mueve en sentido positivo del eje X) sea hacia arriba del eje Z, el campo debe dirigirse hacia el sentido positivo del eje X.

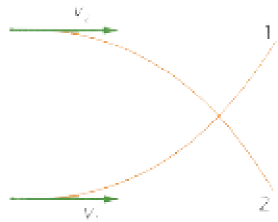


b) Dirección y el sentido debería ser el mismo pues no influye el signo de la carga, pero el módulo sí ya que la masa del protón es mayor que la del electrón:

$$E_c = \frac{1}{2}m_p v_0^2 \Leftrightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2E_0}{m_p}} = \sqrt{\frac{2{\cdot}1{,}6{\cdot}10^{-15}}{1{,}67{\cdot}10^{-27}}} = 1{,}38{\cdot}10^6\,\frac{m}{s};\ B = -\frac{E}{v_0} = -\frac{10^4\,V/m}{1{,}38{\cdot}10^6\,\frac{m}{s}} = -0{,}00722\,T$$

✧✧✧⌘⌘⌖⌘⌘✧✧✧

⑩⑦ En una cámara de burbujas se observan las trayectorias de la partícula 1 y de la 2, que es un protón.

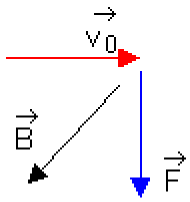


a) Si la intensidad del campo magnético $\vec{B}$ es perpendicular al plano de las trayectorias, deduce el sentido del mismo.

b) Si el radio de curvatura de la trayectoria 2 es R_2 = 14 cm y B = 1,5 T, deduce la cantidad de movimiento del protón.

c) Si el radio de la trayectoria de la partícula 1 es R_1 = 7,0 cm, deduce el signo de la carga de la partícula y la cantidad de movimiento de la misma.

✧✧✧⌘⌘⌖⌘⌘✧✧✧



a) La velocidad es en el sentido positivo del eje Y, como la partícula 2 se desvía hacia abajo, la fuerza centrípeta resultante ha de ser hacia el sentido negativo del eje Z, luego el campo magnético ha ser en el sentido positivo del eje X, hacia fuera del plano del papel.

b) R_2 = 14 cm = 0,14m, B = 1,5 T

La cantidad de movimiento es p = mv, como al igualar la fuerza magnética con la centrípeta obtenemos:

$$p = mv = qRB \Rightarrow p = q_p \cdot R_2 \cdot B = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}14 \cdot 1{,}5 = 3{,}36 \cdot 10^{-20} \frac{kg \cdot m}{s}$$

c) Como la fuerza es en sentido contrario ha de ser negativa, como el radio de la trayectoria es la mitad del anterior, su cantidad de movimiento:

$$p = mv = qRB \Rightarrow p = q_e \cdot R_1 \cdot B = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}07 \cdot 1{,}5 = 1{,}68 \cdot 10^{-20} \frac{kg \cdot m}{s}$$

✧✧✧⌖⌖⌖⌖⌖✧✧✧