Problemas & Resoluciones de

CAMPO MAGNÉTICO

(Física, PAU-UNED 2013 & 14, «**B**»)

► **CONTENIDOS:** En la tabla siguiente, los problemas del año *2013* aparecen con los nombres **B-01** a **B-20**. Los del *2014* se corresponden con **B'-21** a **B'-32**.

La página indicada en los problemas del *2013* se refiere al Dossier de la Academia; la de los problemas del *2014* se corresponde al pdf de la web en el cual están todos los enunciados y soluciones de este año ordenados.

El contenido temático de cada problema se especifica en la columna de "Comentarios".

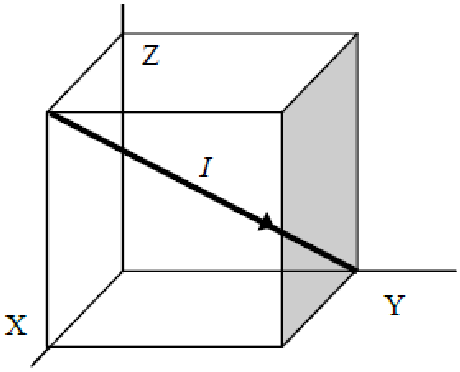
Los años 2013 y 2014 aparecieron sólo 14 tipos diferentes de problema, representados por los que están en negrita en la tabla: **B-01**, **B-02**, **B-03**, **B-07**, etc.

NOMBRE	mod.	op.	probl.	pág.	Comentarios
B-01	1	A	2	*98*	***Fm*** sobre cable recto
B-02	2	B	2	*102*	Selector de velocs
B-03	3	B	2	*105*	***B*** que crean 2 cables perp
B-04	4	A	2	*107*	Idéntico al B-01
B-05	5	A	2	*110*	Idéntico al B-02
B-06	6	B	2	*114*	Similar al B-03
B-07	7	A	2	*116*	**Fm** entre cargas punts
B-08	8	A	2	*118*	Similar al B-02
B-09	9	B	2	*132*	Idéntico al B-07
B-10	10	B	2	*134*	Similar al B-02
B-11	11	B	2	*122*	Deducir **B** a partir de **Fm**
B-12	12	A	2	*123*	Idéntico al B-11
B-13	13	A	2	*126*	MCU en **B** cte y uniforme
B-14	14	B	2	*129*	Espira cuadr en **B** unif
B-15	15	B	2	*138*	Idéntico al B-16
B-16	16	B	2	*140*	Similar al B-07
B-17	17	B	3	*143*	**Fm** entre 2 cables paral
B-18	18	B	2	*145*	Idéntico al B-12
B-19	19	A	2	*146*	Similar al B-14
B-20	20	B	3	*151*	Idéntico al B-17
B'-21	1	B	2	*3*	Espira cuadr en **B** unif

B'-22	4	B	2	*26*	Idéntico al B'-21
B'-23	7	A	2	*48*	**B** creado por **dl** (difícil)
B'-24	8	B	2	*57*	**F** = *q*(**E** + **v** x **B**)
B'-25	9	B	2	*63*	Idéntico al B'-24
B'-26	10	A	2	*70*	Idéntico al B'-23
B'-27	12	A	2	*87*	Espira circular en **B** unif
B'-28	14	B	2	*105*	Idéntico al B'-27
B'-29	15	A	2	*113*	**Fm** sobre cable recto
B'-30	16	B	2	*122*	Idéntico al B'-29
B'-31	17	B	2	*130*	Espectrógrafo de masas
B'-32	19	B	2	*145*	Poner negritas !!

► B-01 [m01—A2; *pág.98*]

2. Un segmento de alambre conductor por el que circula una corriente de intensidad I viene definido por la diagonal de un cubo imaginario de lado a, tal y como se muestra en la figura. Si se introduce en un campo magnético uniforme $\mathbf{B} = B\,\mathbf{k}$, encontrar el vector fuerza magnética ejercida por el campo sobre el segmento de hilo en función de los datos del enunciado. **(3 puntos)**



Solución

El vector que define el segmento diagonal es $(-a, a, -a)$, de módulo $a\sqrt{3}$. La fuerza magnética sobre éste es

$$\mathbf{F} = I(\mathbf{L} \times \mathbf{B})$$

$$\vec{l} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ -a & a & -a \\ 0 & 0 & B \end{vmatrix} = Ba(\mathbf{i} + \mathbf{j})$$

Finalmente obtenemos

$$\mathbf{F} = I(\mathbf{L} \times \mathbf{B}) = IBa(\mathbf{i} + \mathbf{j})$$

► B-02 [m02—B2; *pág.102*]

2. En una misma región del espacio coexisten un campo eléctrico uniforme de módulo $0{,}5 \times 10^4$ V/m y un campo magnético uniforme de valor 0,3 T, siendo sus direcciones perpendiculares entre sí. ¿Cuál debería ser la energía cinética de un protón que penetra en esa región con dirección perpendicular a ambos campos para que pase a través de la misma sin ser desviado? **(2 puntos)**
Datos: $m_p = 1{,}7 \times 10^{-27}$ kg

Solución

Cuando el protón penetra dentro de esta región se verá sometido a las fuerzas producidas por los dos campos. Al ser v perpendicular a ambos campos, ambas fuerzas tendrán la misma dirección. Para que la carga no se desvíe las dos fuerzas deberán tener sentidos opuestos y mismo módulo. Igualando módulos

$$F_e = F_m \quad \rightarrow \quad qE = qvB$$

obtenemos que el módulo de la velocidad debe ser:

$$v = \frac{E}{B} = 1{,}67 \times 10^4 \text{ m/s}$$

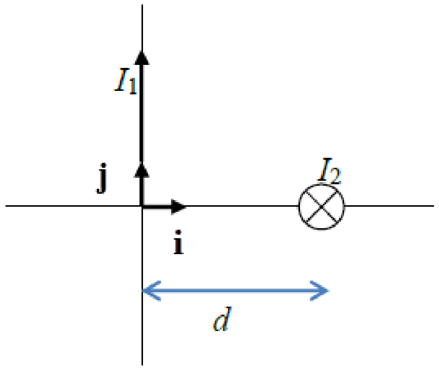
y su energía cinética:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = 2{,}36 \times 10^{-19} \text{ J}$$

► B-03 [m03—B2; *pág.105*]

2. Dos conductores rectilíneos infinitamente largos están situados en planos perpendiculares tal y como se muestra en la figura. La dirección del conductor 1 coincide con el eje Y, y por él circula una corriente en el sentido positivo de intensidad I_1. La corriente que circula por el conductor 2 es I_2 y tiene la dirección del eje Z y sentido negativo (entrando en el papel), cortando al eje X a una distancia d del origen. Calcular el vector inducción magnética en el punto $(d/2, 0, 0)$ en función de los datos del enunciado. **(2,5 puntos)**

Datos: El módulo del campo magnético producido por un conductor rectilíneo infinitamente largo por el que circula una corriente I, a una distancia r perpendicular al mismo es $B = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r}$.



Solución

El campo magnético en el punto $(d/2, 0, 0)$ producido por el conductor 1 vale:

$$\mathbf{B}_1 = -\frac{\mu_0 I_1}{\pi d}\mathbf{k}\,,$$

donde hemos aplicado la regla de la mano derecha para obtener la dirección y sentido.

Para el conductor 2 tenemos

$$\mathbf{B}_2 = \frac{\mu_0 I_2}{\pi d}\mathbf{j}$$

El campo magnético resultante será

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_1 + \mathbf{B}_2 = \frac{\mu_0}{\pi d}\left(-I_1\mathbf{k} + I_2\mathbf{j}\right)$$

► B-04 [m04—A2; *pág.107*]

El enunciado de este problema es idéntico al del **B-01**

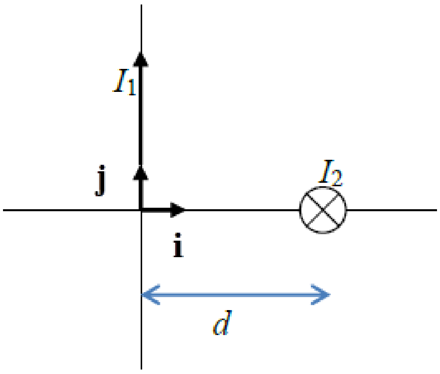
► B-05 [m05—A2; *pág.110*]

El enunciado de este problema es idéntico al del **B-02**

► B-06 [m06—B2; *pág.114*] (Nota: enunciado parecido al **B-03**)

2. Dos conductores rectilíneos infinitamente largos están situados en planos perpendiculares tal y como se muestra en la figura. La dirección del conductor 1 coincide con el eje Y, y por él circula una corriente en el sentido positivo de intensidad I_1. La corriente que circula por el conductor 2 es I_2 y tiene la dirección del eje Z y sentido negativo (entrando en el papel), cortando al eje X a una distancia d del origen. Calcular el vector inducción magnética en el punto $(d,d,0)$ en función de los datos del enunciado. **(2,5 puntos)**

Datos: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ N/A^2. El módulo del campo magnético producido por un conductor rectilíneo infinitamente largo por el que circula una corriente I, a una distancia r perpendicular al mismo es $B = \dfrac{\mu_0}{2\pi}\dfrac{I}{r}$.



Solución

El campo magnético en el punto $(d,d,0)$ producido por el conductor 1 vale:

$$\mathbf{B}_1 = -\frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}\mathbf{k},$$

donde hemos aplicado la regla de la mano derecha para obtener la dirección y sentido. Para el conductor 2 tenemos

$$\mathbf{B}_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d}\mathbf{i}$$

El campo magnético resultante será

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_1 + \mathbf{B}_2 = \frac{\mu_0}{2\pi d}\left(-I_1\mathbf{k} + I_2\mathbf{i}\right)$$

► B-07 [m07—A2; *pág.116*]

2. Una carga puntual q_1 se mueve con velocidad constante de módulo v_1 a lo largo del eje X en la dirección positiva. Determinar la fuerza que ejerce el campo magnético creado por esa carga sobre otra carga q_2 que se mueve sobre el eje Y en la dirección positiva con velocidad v_2, en el momento en el que la primera carga pasa por el origen de coordenadas y la segunda carga pasa por el punto (0, b, 0). Expresar el resultado en función de los datos del enunciado. **(2,5 puntos)**

Datos: El campo magnético creado por una carga puntual q con velocidad $\mathbf{v}$ en el punto $\mathbf{r} = r\hat{\mathbf{r}}$ vale $\mathbf{B} = \dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{q\mathbf{v}\times\hat{\mathbf{r}}}{r^2}$

Solución

Los datos que tenemos son:

$$\mathbf{v}_1 = v_1\mathbf{i}$$
$$\mathbf{v}_2 = v_2\mathbf{j}$$
$$\mathbf{r} = b\mathbf{j}$$

El campo magnético creado por la carga 1 en la posición ocupada por la carga 2 es

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q_1\mathbf{v}_1\times\hat{\mathbf{r}}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q_1 v_1}{b^2}\mathbf{i}\times\mathbf{j} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q_1 v_1}{b^2}\mathbf{k}$$

y la fuerza que este campo ejercerá sobre la carga 2

$$\mathbf{F} = q_2\mathbf{v}_2\times\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q_1 q_2 v_1 v_2}{b^2}\mathbf{j}\times\mathbf{k} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q_1 q_2 v_1 v_2}{b^2}\mathbf{i}$$

► B-08 [m08—A2; *pág.118*] (Nota: enunciado parecido al **B-02**)

2. En una zona del espacio hay un campo eléctrico en la dirección y sentido positivo del eje *Z*: $\mathbf{E} = 1000\ \mathbf{k}\ \ \mathrm{N/C}$, y un campo magnético en la dirección y sentido positivo del eje *Y*: $\mathbf{B} = 0,5\ \mathbf{j}\ \ \mathrm{T}$. Se lanza un protón en esa zona del espacio perpendicularmente a ambos campos. Calcular el vector velocidad con el que el protón debe penetrar en los campos para que una vez dentro de ellos su velocidad no varíe ni en dirección ni en módulo. **(2,5 puntos)**

Solución

De la geometría del problema está claro que el vector velocidad debe tener la dirección del eje *X*: $\mathbf{v} = v\ \mathbf{i}\ \mathrm{m/s}$. Por otro lado

$$\mathbf{F}_e = q\mathbf{E} = 1000q\ \mathbf{k}\ \mathrm{N}$$
$$\mathbf{F}_m = q(\mathbf{v}\times\mathbf{B}) = 0,5qv\ \mathbf{k}\ \mathrm{N}$$

Como $\sum\mathbf{F} = 0$ entonces tenemos que $\mathbf{F}_m = -\mathbf{F}_e \Rightarrow v = -2000\ \mathrm{m/s}$ y por consiguiente

$$\mathbf{v} = -2000\ \mathbf{i}\ \mathrm{m/s}.$$

► B-09 [m09—B2; *pág.132*]

El enunciado de este problema es idéntico al del **B-07**

► B-10 [m10—B2; *pág.134*] (Nota: enunciado parecido al **B-02**)

2. En una zona del espacio hay un campo eléctrico en la dirección y sentido positivo del eje Z: $\mathbf{E} = 1000\ \mathbf{k}$ N/C, y un campo magnético en la dirección y sentido positivo del eje Y: $\mathbf{B} = 0,5\ \mathbf{j}$ T. Se lanza un protón en esa zona del espacio perpendicularmente a ambos campos. Calcular el vector velocidad con el que el protón debe penetrar en los campos para que una vez dentro de ellos su velocidad no varíe ni en dirección ni en módulo. **(2,5 puntos)**

Solución

De la geometría del problema está claro que el vector velocidad debe tener la dirección del eje X: $\mathbf{v} = v\ \mathbf{i}$ m/s. Por otro lado

$$\mathbf{F}_e = q\mathbf{E} = 1000q\ \mathbf{k}\ \text{N}$$

$$\mathbf{F}_m = q(\mathbf{v}\times\mathbf{B}) = 0,5qv\ \mathbf{k}\ \text{N}$$

Como $\sum \mathbf{F} = 0$ entonces tenemos que $\mathbf{F}_m = -\mathbf{F}_e \Rightarrow v = -2000$ m/s y por consiguiente

$$\mathbf{v} = -2000\ \mathbf{i}\ \text{m/s}.$$

► B-11 [m11—B2; *pág.122*]

2. Sabemos que en una región del espacio existe un campo magnético B constante y uniforme. Para determinar su módulo, dirección y sentido, lanzamos una partícula con carga positiva q_0 y velocidad $\mathbf{v}$ en diferentes direcciones del espacio, y medimos la fuerza $\mathbf{F}$ que experimenta en el momento en el que la partícula penetra en la región donde existe el campo. Cuando $\mathbf{v} = v_0\mathbf{k}$, la partícula no se desvía de su trayectoria al penetrar en el campo. Sin embargo, cuando $\mathbf{v} = v_0\mathbf{j}$, la partícula experimenta una fuerza $\mathbf{F} = -F_0\mathbf{i}$ debido a la presencia del campo magnético. Determinar $\mathbf{B}$ en función de q_0, v_0 y F_0. **(3 puntos)**

Solución

Como en el primer ensayo la partícula no se desvía, la fuerza que experimenta es nula. Sabiendo que la fuerza que experimenta es

$$\mathbf{F} = q_0\mathbf{v}\times\mathbf{B} = 0,$$

nos damos cuenta de que el campo magnético debe ser paralelo al vector velocidad, es decir, sólo debe tener una componente no nula en la dirección Z:

$$\mathbf{B} = B\mathbf{k}.$$

En el segundo caso, la fuerza que experimenta es $\mathbf{F} = -F_0\mathbf{i}$, y teóricamente debería ser

$$\mathbf{F} = q_0\mathbf{v}\times\mathbf{B} = q_0v_0B\mathbf{i}.$$

Igualando esta expresión a la fuerza obtenida en el experimento obtenemos finalmente que:

$$\mathbf{B} = -\frac{F_0}{q_0v_0}\mathbf{k}.$$

► B-12 [m12—A2; *pág.123*]

El enunciado de este problema es idéntico al del **B-11**

► B-13 [m13—A2; *pág.126*]

2. La región del espacio donde existe un campo magnético está comprendida por todos aquellos punto del espacio en los que la coordenada y es mayor o igual que 0. En esa región el campo magnético es constante y uniforme, valiendo $\mathbf{B} = B_0\mathbf{k}$. Situamos una partícula con carga positiva q_0, masa m_0 y velocidad $\mathbf{v} = v_0\mathbf{j}$, siendo $v_0 > 0$, en el origen de coordenadas. Describir el movimiento de la partícula, calcular el tiempo que la partícula estará en la región del campo magnético y en qué punto del espacio abandonará dicho **campo, en función de los datos del enunciado. (3 puntos)**

Solución

Al penetrar la partícula en la región donde existe el campo magnético experimentará una fuerza perpendicular a la velocidad:

$$\mathbf{F} = q_0\mathbf{v}\times\mathbf{B} = q_0 v_0 B_0 \mathbf{i}\,,$$

por lo que el plano del movimiento será el plano XY y la trayectoria descrita será una semicircunferencia recorrida en el sentido horario, de radio (obtenido de igualar la fuerza magnética con la fuerza centrípeta)

$$R = \frac{m_0 v_0}{q_0 B_0}\,.$$

La partícula entrará en la región del campo por el origen de coordenadas y abandonará el campo en el punto $(2R,0,0) = \left(\frac{2m_0 v_0}{q_0 B_0},0,0\right)$ con una velocidad $\mathbf{v} = -v_0\mathbf{j}$. El tiempo de **permanencia en la región del campo será igual a la mitad del periodo del movimiento circular, o periodo ciclotrón:**

$$t = \frac{1}{2}T = \frac{1}{2}\frac{2\pi R}{v_0} = \frac{\pi m_0}{q_0 B_0}\,.$$

► B-14 [m14—B2; *pág.129*]

2. Supongamos una espira cuadrada de lado a situada en el plano del papel por la que circula una corriente de intensidad I en el sentido horario. La espira se encuentra en un campo magnético uniforme $\mathbf{B}$ perpendicular al plano de la espira saliendo del papel. Calcular la fuerza total que el campo magnético ejerce sobre la espira y cuál será el efecto de esas fuerzas sobre la misma: desplazarla, girarla, oprimirla o agrandarla. **(3 puntos)**

Solución

La fuerza que siente cada lado de la espira es

$$\mathbf{F} = I\mathbf{L}\times\mathbf{B}$$

Por tanto, los lados opuestos de la espira experimentarán fuerzas iguales en módulo y dirección, pero de sentidos opuestos ya que las corrientes son antiparalelas, de modo que se cancelarán y la fuerza total será nula. Por otro lado, es fácil comprobar que todas las fuerzas estarán contenidas en el plano de la espira, siendo perpendiculares a cada lado y apuntando hacia adentro de la espira, por lo que tenderán a constreñirla.

► B-15 [m15—B2; *pág.138*]

El enunciado de este problema es idéntico al del **B-16**

► B-16 [m16—B2; *pág.140*] (Nota: enunciado parecido al **B-07**)

2. Una carga q_1 se mueve con velocidad v_1 a lo largo del eje X en el sentido positivo. En un momento dado, cuando q_1 se encuentra en el punto ($-b$,0,0) m, otra carga q_2 que se mueve a lo largo del eje Y en el sentido también positivo con velocidad v_2, pasa por el origen de coordenadas. Discutir de forma razonada cuál de las dos cargas siente en ese momento la fuerza producida por el campo magnético inducido por la otra carga, y obtener el valor de la fuerza en función de los datos del enunciado. **(3 puntos)**
Datos: El campo magnético creado por una carga puntual q con velocidad $\mathbf{v}$ en el punto $\mathbf{r} = r\hat{\mathbf{r}}$ vale $\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\mathbf{v}\times\hat{\mathbf{r}}}{r^2}$

Solución

Los datos que tenemos son:

$$\mathbf{v}_1 = v_1\mathbf{i}$$
$$\mathbf{v}_2 = v_2\mathbf{j}$$
$$\mathbf{r}_{1\to2} = b\mathbf{i}$$
$$\mathbf{r}_{2\to1} = -b\mathbf{i}$$

El campo magnético creado por la carga 1 en la posición ocupada por la carga 2 es

$$\mathbf{B}_{1\to2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q_1\mathbf{v}_1\times\hat{\mathbf{r}}_{1\to2}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q_1v_1}{b^2}\mathbf{i}\times\mathbf{i} = \mathbf{0}$$

por lo que la carga 2 no sentirá el campo de la carga 1 y no experimentará ninguna fuerza.
El campo magnético creado por la carga 2 en la posición ocupada por la carga 1 es

$$\mathbf{B}_{2\to1} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q_2\mathbf{v}_2\times\hat{\mathbf{r}}_{2\to1}}{r^2} = -\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q_2v_2}{b^2}\mathbf{j}\times\mathbf{i} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q_2v_2}{b^2}\mathbf{k}$$

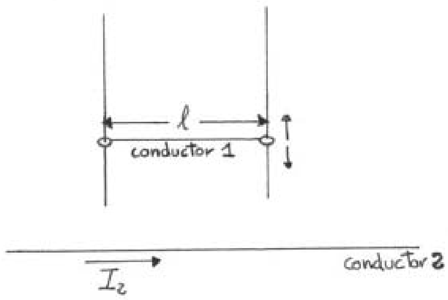
por lo que la carga 1 sentirá la fuerza

$$\mathbf{F}_{2\to1} = q_1\mathbf{v}_1\times\mathbf{B}_{2\to1} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q_2v_2q_1v_1}{b^2}\mathbf{i}\times\mathbf{k} = -\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q_2v_2q_1v_1}{b^2}\mathbf{j}$$

► B-17 [m17—B3; *pág.143*]

3. Por un conductor infinitamente largo (conductor 2) circula una corriente de intensidad I_2 tal y como se muestra en la figura. Podemos suponer que su dirección coincide con el eje X y que el sentido de la corriente es positivo. El conductor 1, de longitud l, se encuentra suspendido sobre el conductor 2 y es libre de moverse sin rozamiento en la dirección vertical (siempre quedando paralelo al conductor 2). Sabiendo que la masa del conductor 1 es m, calcular el sentido y el módulo de la corriente que debe circular por este conductor para que quede suspendido en equilibrio a una distancia d del conductor 2. Expresar el resultado en función de los datos del enunciado. **(3 puntos)**
Datos: El módulo del campo magnético producido por un conductor rectilíneo infinitamente largo por el que circula una corriente I, a una distancia r perpendicular al mismo es $B = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r}$.

(Ver ilustración en página siguiente)



Solución

El campo magnético producido por el conductor 2 con corriente $\mathbf{I}_2 = I_2\,\mathbf{i}$ en cualquier punto del conductor 1 es:

$$\mathbf{B}_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d}\mathbf{k},$$

saliendo del papel.

Ahora supongamos que por el conductor 1 circula una corriente $\mathbf{I}_1 = I_1\,\mathbf{i}$. La fuerza magnética que experimentará debido al campo magnético creado por el conductor 2 es

$$\mathbf{F} = I_1\left(\mathbf{L}_1 \times \mathbf{B}_2\right) = -\frac{\mu_0 I_2 I_1 l}{2\pi d}\mathbf{j}.$$

Para que este conductor se encuentre en equilibrio esta fuerza debe ser igual a su peso

$$\mathbf{F} + \mathbf{P} = 0 \Rightarrow -\frac{\mu_0 I_2 I_1 l}{2\pi d}\mathbf{j} - mg\mathbf{j} = 0 \Rightarrow I_1 = -\frac{mg2\pi d}{\mu_0 I_2 l}.$$

Por tanto tenemos que el sentido de la corriente debe ser contrario a la corriente del conductor 2 y su valor es

$$\mathbf{I} = -\frac{mg2\pi d}{\mu_0 I_2 l}\mathbf{i}$$

► B-18 [m18—B2; *pág.145*]

El enunciado de este problema es idéntico al del **B-12**

► B-19 [m19—A2; *pág.146*] (Nota: enunciado parecido al **B-14**)

2. Supongamos una espira cuadrada de lado a situada en el plano del papel por la que circula una corriente de intensidad I en el sentido horario. La espira se encuentra en un campo magnético uniforme **B** perpendicular al plano de la espira entrando en el papel. Calcular la fuerza total que el campo magnético ejerce sobre la espira y cuál será el efecto de esas fuerzas sobre la misma: desplazarla, girarla, oprimirla o agrandarla. **(3 puntos)**

Solución

La fuerza que siente cada lado de la espira es

$$\mathbf{F} = I\mathbf{L} \times \mathbf{B}$$

Por tanto, los lados opuestos de la espira experimentarán fuerzas iguales en módulo y dirección, pero de sentidos opuestos ya que las corrientes son antiparalelas, de modo que se cancelarán y la fuerza total será nula. Por otro lado, es fácil comprobar que todas las fuerzas estarán contenidas en el plano de la espira, siendo perpendiculares a cada lado y apuntando hacia afuera de la espira, por lo que tenderán a agrandarla.

► B-20 [m20—B3; *pág.151*]

El enunciado de este problema es idéntico al del **B-17**

► B'-21 [m01—B2; *pág.3*]

2. Supongamos una espira cuadrada de lado L situada en el plano xy por la que circula una corriente de intensidad I en el sentido horario. La espira se encuentra en un campo magnético uniforme **B**=B **j** con B positivo.

- Calcular y representar en una figura la fuerza que el campo magnético ejerce sobre cada lado de la espira. **(2 puntos)**
- Explicar razonadamente cuál será el efecto de la fuerza total del campo magnético sobre la espira: desplazarla, girarla, oprimirla o agrandarla. **(1 punto)**

Solución

La fuerza que siente cada lado de la espira es

$$\mathbf{F} = L\mathbf{I}\times\mathbf{B}$$

Los dos lados de la espira alineados con **B** no sentirán fuerza alguna, mientras que los otros dos lados, en la dirección x sentirán fuerzas iguales en módulo y dirección, perpendicular al plano de la espira, pero de sentidos opuestos.

$$\mathbf{F}_1 = L\mathbf{I}\times\mathbf{B} = LIB\,\mathbf{k}$$

$$\mathbf{F}_2 = L\mathbf{I}\times\mathbf{B} = -LIB\,\mathbf{k}$$

Esto provocará un par de fuerzas sobre la espira que la hará girar, sin desplazarla, alrededor del eje x.

► B'-22 [m04—B2; *pág.26*]

El enunciado de este problema es idéntico al del **B'-21**

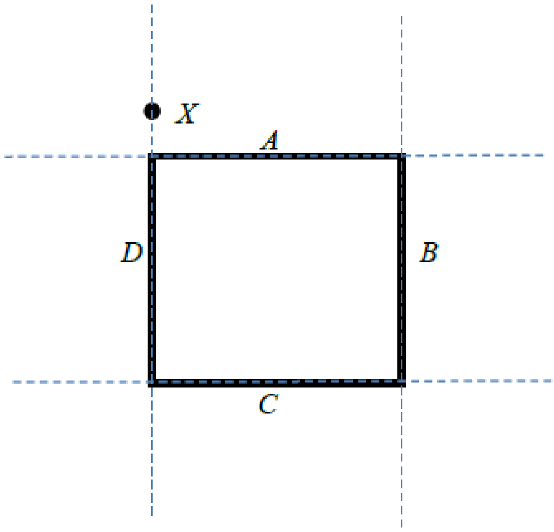
► B'-23 [m07—A2; *pág.48*]

2. Según la ley de Biot y Savart, el campo magnético $d\mathbf{B}$ producido por un elemento de corriente $Id\mathbf{l}$ de longitud dl por el que circula una intensidad de corriente I, viene dado por la ecuación

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\mathbf{l}\times\hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

Supongamos que tenemos la espira cuadrada mostrada en la figura por la que circula una corriente. ¿Qué lados de la espira contribuirán al campo magnético producido en el punto X indicado en la figura? Justificar la respuesta. Las líneas discontinuas sólo indican las direcciones de los lados de la espira. **(2,5 puntos)**

(Continúa en página siguiente)



Solución

Según la ley de Biot y Savart, el campo magnético $d\mathbf{B}$ producido por un elemento de corriente Idl viene dado por la ecuación

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\mathbf{l}\times\hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

Este campo será nulo cuando $d\mathbf{l}\times\hat{\mathbf{r}} = 0$, es decir, cuando el elemento de corriente tenga la misma dirección que el vector posición del punto con respecto al elemento de corriente. En nuestro problema esto ocurrirá para todos los elementos de corriente del lado *D*, por lo que sólo contribuirán los lados *A*, *B* y *C*.

► B'-24 [m08—B2; *pág.57*]

2. En un determinado instante una carga de 1 μC entra con una velocidad $\mathbf{v} = 2\mathbf{i} - 3\mathbf{j} + 2\mathbf{k}$ m/s en una región del espacio en la que existe un campo eléctrico $\mathbf{E} = \mathbf{i} - \mathbf{j} + 2\mathbf{k}$ N/C y un campo magnético $\mathbf{B} = 3\mathbf{i} + 2\mathbf{j} + \mathbf{k}$ T. Calcular la fuerza que experimenta la carga en ese momento. **(2,5 puntos)**

Solución

La fuerza que experimenta será

$$\mathbf{F} = q\left(\mathbf{E} + \mathbf{v}\times\mathbf{B}\right) = 2\times10^{-6}\left(2\mathbf{i} + 3\mathbf{j} + 7\mathbf{k}\right)\ \mathrm{N}$$

► B'-25 [m09—B2; *pág.63*]

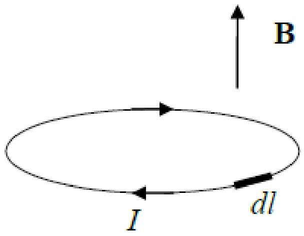
☞ El enunciado de este problema es idéntico al del **B'-24**

► B'-26 [m10—A2; *pág.70*]

☞ El enunciado de este problema es idéntico al del **B'-23**

► B'-27 [m12—A2; *pág.87*]

2. Una espira circular por la que circula una corriente de intensidad *I* en el sentido mostrado en la figura se encuentra dentro de un campo magnético B constante y perpendicular al plano de la espira, tal y como se muestra en la figura.



- Calcular el módulo y dibujar el vector fuerza ejercido por el campo magnético sobre el pequeño elemento de corriente dl indicado en la figura. **(1,5 puntos)**
- Discutir razonadamente el efecto neto que producirá la fuerza total debida al campo magnético sobre la espira: ninguno, desplazarla, rotarla, expandirla o contraerla. **(1 punto)**

Solución

La fuerza ejercida por un campo magnético sobre un elemento diferencial de corriente es

$$d\mathbf{F} = Id\mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

En nuestro caso, cualquier elemento diferencial de corriente será tangente a la circunferencia definida por la espira y, por tanto, será perpendicular al campo. Así pues, tendremos

$$d\mathbf{F} = -IdlB\,\hat{\mathbf{r}}$$

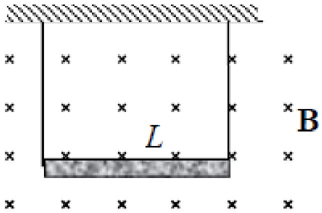
donde $\hat{\mathbf{r}}$ es el vector unitario en la dirección radial que sale desde el centro de la espira y pasa por el elemento de corriente. Por consiguiente, el efecto de la fuerza debida al campo magnético será el de contraer la espira.

► B'-28 [m14—B2; *pág.105*]

El enunciado de este problema es idéntico al del **B'-27**

► B'-29 [m15—A2; *pág.113*]

2. Una varilla conductora de masa *m* y longitud *L* se encuentra suspendida del techo por dos alambres como se muestra en la figura. ¿Qué corriente I debe atravesar el conductor, y en qué sentido, para que la tensión en los alambres sea cero si el campo magnético sobre la región tiene módulo *B* y entra perpendicularmente en el papel? Obtener el resultado en función de los datos del enunciado. **(2,5 puntos)**



<u>Solución</u>

La fuerza del campo magnético sobre este segmento conductor es

$$\mathbf{F} = I\mathbf{L}\times\mathbf{B}$$

Ahora elegimos un sistema de coordenadas, de modo que

$$\mathbf{I} = I\,\mathbf{i} \text{ (corriente hacia la derecha)}$$

y

$$\mathbf{B} = -B\mathbf{k}.$$

La fuerza magnética sobre el conductor será:

$$\mathbf{F} = I\mathbf{L}\times\mathbf{B} = -ILB\left(\mathbf{i}\times\mathbf{k}\right) = ILB\,\mathbf{j},$$

esto es, hacia arriba.

Para que no haya ninguna tensión en los alambres esta fuerza tiene que compensar el peso del conductor:

$$\mathbf{P} = -mg\,\mathbf{j},$$

es decir

$$\mathbf{F}+\mathbf{P} = \mathbf{0} \;\Rightarrow\; -mg\,\mathbf{j} + ILB\,\mathbf{j} = \mathbf{0} \;\Rightarrow\; I = \frac{mg}{LB}.$$

Finalmente, la corriente será

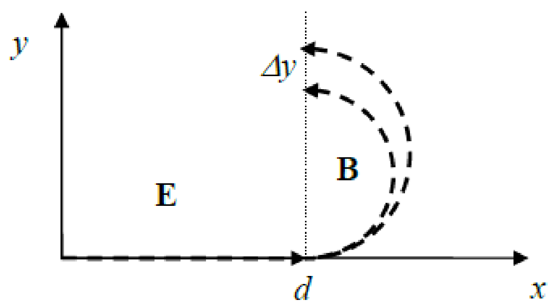
$$\mathbf{I} = \frac{mg}{LB}\mathbf{i}$$

► B'-30 [m16—B2; *pág.122*]

El enunciado de este problema es idéntico al del **B'-29**

► B'-31 [m17—B2; *pág.130*]

2. Supongamos que dos tipos de iones con la misma carga positiva q pero diferentes masas m_1 y m_2 son acelerados desde el reposo en la dirección positiva del eje X mediante un campo eléctrico uniforme de módulo E en el que recorren una distancia *d*. Una vez acelerados penetran en un espectrógrafo de masas, que consiste básicamente en un campo magnético perpendicular a la dirección de la velocidad, dirigido en la dirección del eje *Z* negativo y de intensidad *B*. Dentro del campo magnético, los iones describen una semicircunferencia antes de impresionar una placa fotográfica situada en la dirección del eje y, tal y como se indica en la figura. Encontrar la separación Δy entre las marcas producidas por los dos iones. **(2,5 puntos)**



<u>Solución</u>

El campo eléctrico acelera las cargas hasta una velocidad:

$$v_i = \sqrt{2da} = \sqrt{\frac{2dqE}{m_i}}$$

Al entrar en el campo magnético los iones experimentan una fuerza perpendicular a su velocidad y al campo. Esa fuerza actúa como una fuerza centrípeta que obliga a los iones a describir una trayectoria circular de radio

$$R_i = \frac{m_i v_i}{qB}$$

La separación entre las marcas dejadas sobre la placa fotográfica será

$$d = |2R_2 - 2R_1| = \left|\frac{2(m_2 v_2 - m_1 v_1)}{qB}\right| = \frac{2\sqrt{2dqE}}{qB}\left|\sqrt{m_2} - \sqrt{m_1}\right|$$

► B'-32 [m19—B2; *pág.145*]

El enunciado de este problema es idéntico al del **B'-31**