I - ACCIÓN DEL CAMPO SOBRE CARGAS MÓVILES

1.- Un conductor rectilíneo indefinido transporta una corriente de 10 A en el sentido positivo del eje Z. Un protón que se mueve a 2·105 m/s, se encuentra a 50 cm del conductor. Calcular el módulo de la fuerza ejercida sobre el protón si su velocidad:

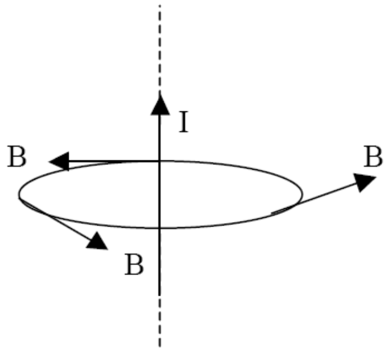
a) Es perpendicular al conductor y está dirigida hacia él.
b) Es paralela al conductor.
c) Es perpendicular a las direcciones definidas en los apartados a) y b).
d) ¿En qué casos de los tres anteriores, el protón ve modificada su energía cinética?.

Un campo magnético produce fuerza sobre una carga eléctrica en movimiento dada por la expresión:

$$\vec{F} = q\,(\vec{v} \times \vec{B})$$

El valor del campo magnético creado por el conductor es:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$

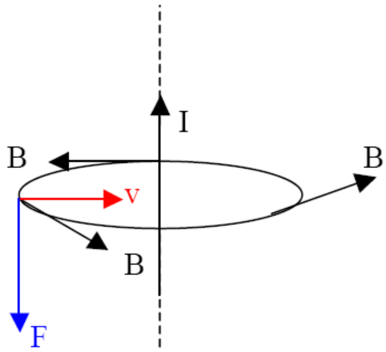


Donde d es la distancia del punto en el que se calcula el campo al hilo conductor.

El sentido del campo se obtiene aplicando la regla de la mano derecha.

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{2\pi \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-1}} = 8 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{T}$$

a) Cuando la partícula se dirige hacia el conductor:



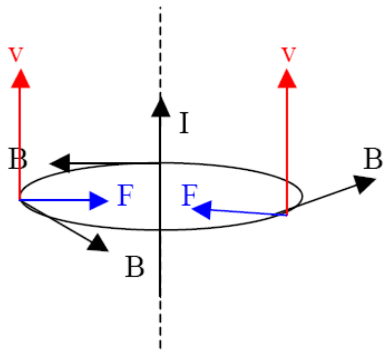
$\alpha = 90^{o}$

$$F = q \cdot v \cdot B \cdot \mathrm{sen}90 = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^{5} \cdot 8 \cdot 10^{-6} =$$

$$F = 2{,}56 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{N}$$

F se dirige hacia abajo

b)



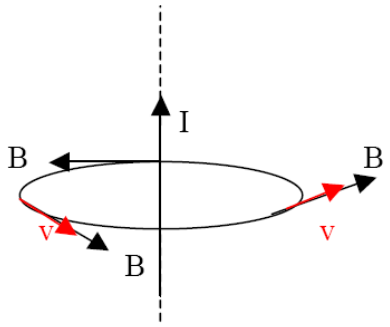
$\alpha = 90^{\circ}$

$$F = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}90 = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^{5} \cdot 8 \cdot 10^{-6} =$$

$$F = 2{,}56 \cdot 10^{-19}\ \text{N}$$

F se dirige hacia el hilo conductor

c)



$\alpha = 0^{\circ}$

$$\text{sen } 0^{\circ} = 0 \Rightarrow F = 0$$

d) Solo varía la energía cinética cuando se produce un trabajo. Para que se produzca un trabajo, alguna componente de la fuerza debe aplicarse en la misma dirección que la velocidad. En los casos vistos la fuerza es siempre perpendicular a la velocidad por lo tanto, no se produce trabajo en ningún caso.

2.- Un protón se mueve en una órbita circular, de 1 m de radio, perpendicular a un campo magnético uniforme de 0,5 T.

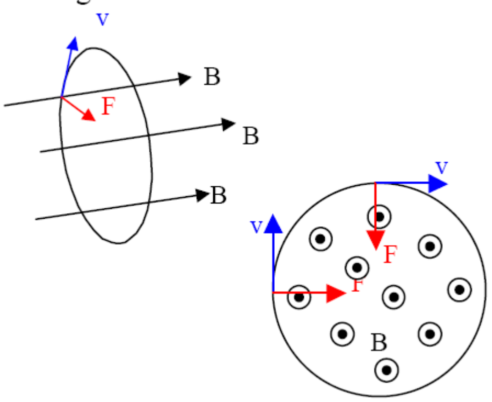
a) Dibujar la fuerza que se ejerce sobre el protón y calcular la velocidad y el período de giro del protón.

b) Repetir el apartado anterior para el caso de un electrón y comparar los resultados.

($m_p = 1{,}7 \cdot 10^{-27}$ kg ; $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg ; $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C)

a) La magnitud de la fuerza se calcula mediante:

$$\vec{F} = q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right)$$



La fuerza que ejerce el campo magnético sobre la partícula con velocidad v es la fuerza centrípeta que la mantiene en la órbita circular de modo que:

$$F_M = F_C; \qquad qvB = m_p \frac{v^2}{R} \qquad \Rightarrow \quad v = \frac{qBR}{m_p}$$

El periodo será: $T = \dfrac{e}{v} = \dfrac{2\pi R}{v}$

Sustituyendo en ambas expresiones:

$$v = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}5 \cdot 1}{1{,}7 \cdot 10^{-27}} = 4{,}7 \cdot 10^{7} \text{ m/s}$$

$$T = \frac{2\pi \cdot 1}{4{,}7 \cdot 10^{7}} = 1{,}34 \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

b) La primera diferencia a tener en cuenta es que cuando se trata de un electrón, la fuerza aparece en sentido contrario a la dibujada en el apartado a), de modo que el giro se produce en sentido contrario también.

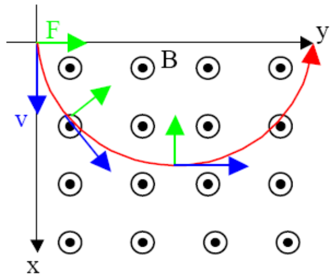
$$v_e = \frac{qBR}{m_e} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}5 \cdot 1}{9{,}1 \cdot 10^{-31}} = 8{,}79 \cdot 10^{10} \text{ m/s}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v_e} = 7{,}15 \cdot 10^{-11} \text{ s}$$

Se observa que al disminuir la masa, el valor de la velocidad aumenta y el periodo disminuye. Sin embargo hay que reparar en que la velocidad obtenida para el electrón es superior a la de la luz. Como no se conoce ningún fenómeno en el que se supere la velocidad de la luz debemos concluir que en las condiciones del problema el radio de la órbita del electrón debe ser del orden de 100 veces mayor para que los resultados puedan ser reales.

3.- Un protón penetra en una zona donde hay un campo magnético de 5 T, con una velocidad de 1000 ms-1 y dirección perpendicular al campo. Calcular:
a) El radio de la órbita descrita
b) La intensidad y sentido de un campo eléctrico que al aplicarlo anule el efecto del campo magnético.
(Hacer un esquema del problema)

(m_p = 1,67· $l0^{-27}$kg , q_p = 1,6·10^{-19} C)



a) Al ser la velocidad perpendicular al campo, el producto vectorial de ambos, que nos proporciona el valor de la fuerza será también perpendicular a ambos. Cuando una fuerza se aplica de forma perpendicular a la velocidad de la partícula, la trayectoria descrita por la partícula es circular. El valor de la fuerza centrípeta de dicha trayectoria es la fuerza del campo.

$$|F_M| = q\,v\,B; \qquad \frac{mv^2}{R} = q\,v\,B \quad \Rightarrow \quad R = \frac{m\,v}{q\,B} = \frac{1{,}67\cdot 10^{-27}\cdot 1000}{1{,}6\cdot 10^{-19}\cdot 5} = 2{,}1\cdot 10^{-6}\,\mathrm{m}$$

b) Según está dibujado el campo magnético, el campo eléctrico aplicado debe ser tal que el valor de la fuerza eléctrica obtenida sea igual en modulo y en dirección, pero en diferente sentido a la que realiza el campo magnético. Es decir que el valor de la fuerza de Lorentz debe ser cero.

$$\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B}\right) = 0 \qquad \Rightarrow \qquad \vec{v}\times\vec{B} = -\vec{E}$$

Según el dibujo los vectores que representan a la velocidad son:

$$\vec{v} = (1000, 0, 0); \qquad \vec{B} = (0, 0, 5)$$

$$\vec{v}\times\vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 1000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 \end{vmatrix} = -5000\,\vec{j}$$

Luego el campo eléctrico que anula los efectos del campo magnético aplicado es: $\vec{E} = 5000\,\vec{j}$

4.- Un protón (m = 1,7.10^{-27} kg) con una energía de 8.10^{-13} julios penetra perpendicularmente en un campo magnético de 1,5 T. ¿Qué fuerza actúa sobre él?

La fuerza magnética es: $\vec{F} = q\,\vec{v} \times \vec{B}$. Si la velocidad y el campo son perpendiculares se tiene que la fuerza será perpendicular a ambos y su módulo será: F = q v B.
La velocidad del protón se calcula suponiendo que la energía del protón es sólo cinética y, en principio, suponemos que la aproximación no relativista es válida. De manera que:

$$E = \frac{1}{2}\, m\, v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-13}}{1{,}7 \cdot 10^{-27}}} = 3{,}07 \cdot 10^{7}\ \text{m/s}$$

La velocidad es un 10% de la velocidad de la luz y la velocidad es correcta con un error del 1% respecto a la relativista.
La fuerza será: $F = q\,v\,B = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 3{,}07 \cdot 10^{7} \cdot 1{,}5 = 7{,}37 \cdot 10^{-12}$ N

5.- Un electrón se acelera desde el reposo mediante una diferencia de potencial de 1000 V. Después se introduce en una región con un campo magnético uniforme B de dirección perpendicular a la velocidad del electrón y de módulo 0,5 T. Calcular:

a) La velocidad que adquiere el electrón.
b) El radio de la trayectoria que describe.

(Carga del electrón : q_e = - 1,6.10^{-19} C ; Masa del electrón : m_e = 9,11.10^{-31} kg)

a) El trabajo necesario para acelerar ese electrón es igual a la variación de la energía cinética:

$$W = \Delta Ec$$

$$q \cdot \Delta V = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot \Delta V}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1000}{9{,}11 \cdot 10^{-31}}} = \mathbf{1{,}87 \cdot 10^{7}\ m/s}$$

b) La trayectoria del electrón tendrá un radio que cumpla el equilibrio entre la fuerza centrípeta y la generada por la carga en movimiento dentro del campo magnético:

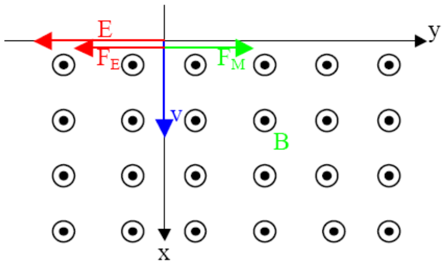
$$m \cdot \frac{v^2}{R} = q \cdot v \cdot B \Rightarrow R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} = \frac{9{,}11 \cdot 10^{-31} \cdot 1{,}87 \cdot 10^{7}}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}5} = 2{,}13 \cdot 10^{-4}\ \text{m} = \mathbf{0{,}213\ mm}$$

6.- Una partícula que posee carga eléctrica positiva penetra en una región del espacio donde existen un campo eléctrico y un campo magnético. Los vectores intensidad de campo eléctrico (***E***) e inducción magnética (***B***) son perpendiculares entre sí y sus módulos son E = 3.000 V/m y B = $5\cdot10^{-4}$ T. Ambos campos producen sobre la partícula fuerzas iguales y opuestas, de forma que ésta atraviesa la región sin desviarse.

a) Representar gráficamente los siguientes vectores: Intensidad de campo eléctrico (***E***), inducción magnética (***B***), velocidad de la partícula (***v***).fuerza eléctrica (***Fe***) y fuerza magnética (***Fm***)

b) Hallar la velocidad de la carga.

a) Para que no se produzca ninguna desviación de la partícula y se cumplan las condiciones del enunciado, los campos pueden situarse de la siguiente forma:



b) Como las dos fuerzas son iguales y de sentido contrario, igualamos a cero la fuerza de Lorentz, que es la suma de ambas y a partir de ahí obtenemos el valor de la velocidad.

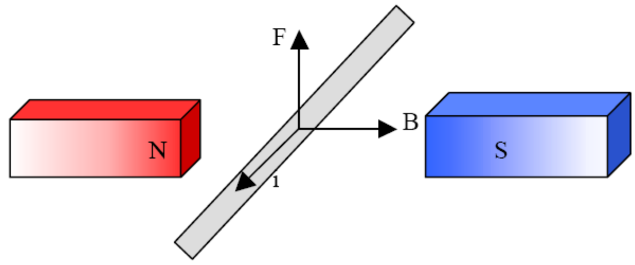
$$\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B}\right) \quad \Rightarrow \quad \left|\vec{E}\right| = -\left|\vec{v}\times\vec{B}\right|; \qquad \left|\vec{E}\right| = \left|\vec{v}\right|\left|\vec{B}\right| \mathrm{sen}90$$

$$|v| = \frac{|E|}{|B|} = \frac{3000}{5\cdot10^{-4}} = 6\cdot10^{6}\ \mathrm{m/s}$$

7.- Explicar el funcionamiento de un motor eléctrico

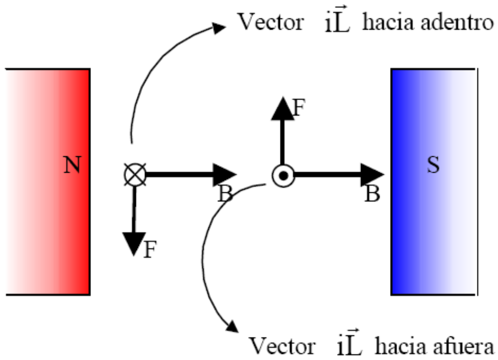
a) Al igual que ocurre con una carga en movimiento, cuando se introduce en un campo magnético un hilo conductor por el que circula una corriente de intensidad i, las cargas en movimiento que se desplazan por el conductor experimentan una fuerza cuyo valor viene dado por la expresión:

$$F = i\vec{L} \times \vec{B}$$



Donde $i\vec{L}$ tiene la dirección del conductor y el sentido dado por la intensidad.

Esta fuerza es perpendicular al campo y la intensidad de la corriente de modo que si en un campo magnético se introduce una espira como se puede ver en la figura (de la que solo se muestran las partes de la espira perpendiculares al campo) aparece un par de fuerzas cuyo módulo es:



$$M = LF\mathrm{sen}\alpha = iL^2B\mathrm{sen}\alpha = iSB\mathrm{sen}\alpha$$

Donde S es la superficie de la espira supuesta cuadrada y de lado L.
Si se colocan N espiras el valor del momento aparece multiplicado por N.

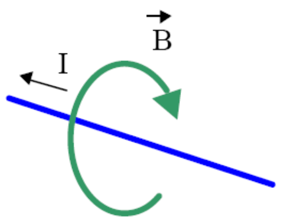
$$M = iNSB\,\mathrm{sen}\alpha$$

Este es el fundamento básico de un motor eléctrico, de esta forma se puede transformar energía eléctrica en energía mecánica

I I - CAMPO CREADO POR CARGAS MÓVILES

8.- Por un conductor rectilíneo muy largo circula una corriente I = 2 A.
a) ¿Qué campo magnético crea esta corriente a una distancia r = 10 cm del conductor? Explicar cuál es la dirección y el sentido de este campo.
b) En paralelo al anterior y a la distancia indicada se sitúa un segundo conductor, por el que circula una corriente I' = 1 A en el mismo sentido. ¿Qué fuerza por unidad de longitud actúa sobre cada conductor? ¿Es atractiva o repulsiva?

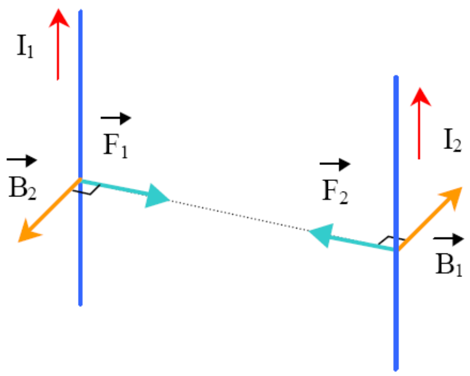
($\mu_0/4\pi = 10^{-7}$ m kg C^{-2})



a) La dirección y sentido del campo magnético que genera un cable están representadas en la figura. Su módulo será:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2}{2\pi \cdot 0{,}1} = 4 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{T}$$

b) En este caso hay que tener en cuenta las direcciones relativas entre las dos intensidades. Esto queda representado en la figura. Las relaciones que se cumplen son las siguientes:



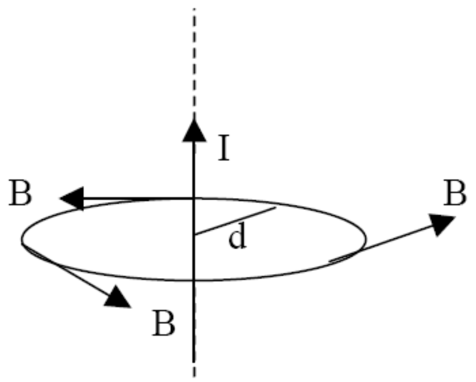
$$F = I\vec{l} \times \vec{B}$$

$$\frac{F}{L} = IB = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi R} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 1}{2\pi \cdot 0{,}1} = 4 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{N/m}$$

La fuerzas además son atractivas.

9.- Una corriente de 20 A circula por alambre largo y recto. Calcular el valor del campo magnético en un punto situado a 20 cm del alambre.

Aplicamos La ley de Biot y Savart:



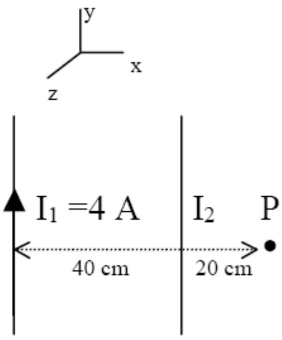
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20}{2\pi \cdot 0{,}2} = 2 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{T}$$

10.- Dos hilos conductores rectilíneos, indefinidos y paralelos distan entre si 60 cm. El primer conductor está recorrido por una corriente en sentido ascendente de 4 A.

a) Si por el segundo conductor no circula corriente, determina el campo magnético en el punto P; b) ¿Cuál ha de ser el valor y sentido de la corriente que debe circular por el segundo conductor para que el campo magnético sea nulo en el punto P?

c) Hallar la fuerza por unidad de longitud que se ejercen entre si los hilos cuando por el segundo conductor circula la corriente calculada en el apartado anterior. ¿Será una fuerza atractiva o repulsiva?

($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T.m.A^{-1})



a) El campo magnético creado por el primer hilo conductor en el punto P es:

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 4}{2\pi \cdot 0{,}8} = 10^{-6}\ \mathrm{T}$$

b) Hacemos que el valor del campo creado por el segundo conductor sea igual al del primero y despejamos el valor de la intensidad que debe recorrer el conductor.

$$10^{-6} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi \cdot 0{,}2} \quad \Rightarrow \quad I_2 = \frac{2\pi \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}2}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 1\,\mathrm{A}$$

Para que los campos aparezcan en sentidos opuesto y se puedan contrarrestar, el sentido de la corriente del segundo conductor debe ser el contrario a la del primero. Por tanto la intensidad I_2 debe estar dirigida hacia abajo.

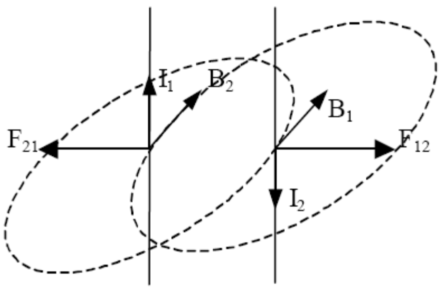
c) Aplicando la primera ley de Laplace se tiene:

$$F_{12} = I_2\, L\, B_1 \cdot \mathrm{sen}90 = I_2\, L\, B_1 = I_2\, L \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}$$

La fuerza por unidad de longitud es

$$\frac{F_{12}}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} = \frac{F_{21}}{L}$$

$$\frac{F}{L} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 4 \cdot 1}{2\pi \cdot 0{,}6} = 1{,}3 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{N/m}$$



Como se puede apreciar en el dibujo, las fuerzas son repulsivas.

11.- Una espira conductora circular de 4 cm de radio y de 0,5 Ω de resistencia está situada inicialmente en el plano XY. La espira se encuentra sometido a la acción de un campo magnético uniforme B, perpendicular al plano de la espira y en el sentido positivo del eje Z.

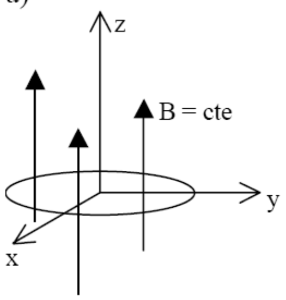
a) Si el campo magnético aumenta a razón de 0,6 T/s, determinar la fuerza electromotriz y la intensidad de la corriente inducido en la espira, indicando el sentido de la misma.

b) Si el campo magnético se estabiliza en un valor constante de 0,8 T, y la espira gira alrededor de uno de sus diámetros con velocidad angular constante de 10π rad/s, determinar en estas condiciones el valor máximo de la fuerza electromotriz inducida.

Calculamos el valor del área de la espira en unidades del sistema internacional

$$S = \pi \cdot R^2 = 43{,}98\,\text{cm}^2 = 4{,}4 \cdot 10^{-3}\,\text{m}^2$$

a)



La fuerza electromotriz inducida es:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(B \cdot s)}{dt} = -\left[\frac{dB}{dt} \cdot S + B\frac{dS}{dt}\right]$$

Como la superficie de la espira no varia en ningún momento, la única aportación a la variación de flujo la hace el campo:

$$\varepsilon = -\frac{dB}{dt} \cdot S = -0{,}6 \cdot 4{,}4 \cdot 10^{-3} = -2{,}64 \cdot 10^{-3}\ \text{V}$$

Aplicando la ley de Ohm:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{-2{,}64 \cdot 10^{-3}}{0{,}5} = 5{,}28 \cdot 10^{-3}\ \text{A}$$

El sentido de la corriente debe producir un flujo que se oponga a la variación del existente, de modo que la corriente debe recorrer la espira en el mismo sentido que las agujas del reloj.

b) En este caso la variación del flujo se debe a la de la superficie.

$$S = S_0 \cos \omega t$$

$$\varepsilon = -B\frac{dS}{dt} = BS_0 \omega \operatorname{sen} \omega t = 0{,}8 \cdot 4{,}4 \cdot 10^{-3} \cdot 10\pi \cdot \operatorname{sen} 10\pi t\ \text{V}$$

Como la fuerza electromotriz es sinusoidal, presenta sus máximos cuando el seno valga la unidad.

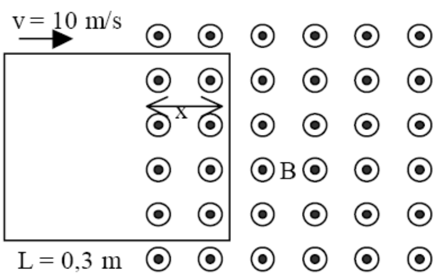
$$\operatorname{sen} 10\pi t = 1; \qquad 10\pi t = \frac{\pi}{2} + 2n\pi; \qquad t = \frac{1}{20} + \frac{2n}{10} = \frac{4n+1}{20}\,\text{s}$$

12.- Una espira cuadrada, de 30 cm de lado, se mueve con una velocidad constante de 10 m/s y penetra en un campo magnético de 0,05 T perpendicular al plano de la espira.

a) Explicar, razonadamente, qué ocurre en la espira desde que comienza a entrar en la región del campo hasta que toda ella está en el interior del campo. ¿Qué ocurriría si la espira, una vez en el interior del campo, saliera del mismo?

b) Calcular la f.e.m. inducida en la espira mientras está entrando en el campo.

a) Dibujamos la espira penetrando en un campo magnético que sale del plano del papel:



La espira que no estaba siendo atravesada por ninguna línea de campo, empieza a ser atravesada según se introduce en el campo. La magnitud de la espira que está cambiando es el flujo, que aumenta de valor, de modo que se induce una corriente eléctrica que pretende paliar el efecto del aumento de flujo. La f.e.m. que se induce durante este proceso lo hace en el sentido de las agujas del reloj ya que de este modo se opone a dicho aumento de flujo.

Si en lugar de penetrar en el campo, lo que hace es abandonarlo, el proceso que se tiene que producir es el contrario al explicado. Como el flujo disminuye, en la espira se induce una fuerza electromotriz con su corriente en sentido contrario a las agujas del reloj.

b) El valor de la fuerza electromotriz inducida se calcula mediante:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(B\cdot s)}{dt} = -B\frac{ds}{dt} - s\frac{dB}{dt}$$

Como el campo no varía, el segundo sumando de la f.e.m. vale cero. El valor de la superficie atravesada por el campo en función del tiempo es:

$$s = L\cdot x = L\cdot vt; \qquad \frac{ds}{dt} = Lv = 0{,}3\cdot 10 = 3\,m^2/s$$

$$\varepsilon = -B\frac{ds}{dt} = -0{,}05\cdot 3 = -015\,V$$

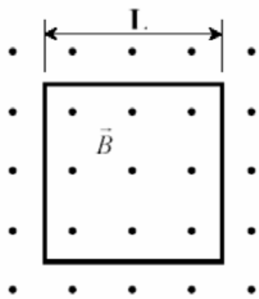
El signo negativo de la f.e.m. se debe a la dirección de la intensidad de la corriente.

13.- Una espira conductora cuadrada, de lado L = 20 cm, está situada en una región donde existe un campo magnético uniforme B = 0,2 T perpendicular al plano de la espira y, en la figura, con sentido saliente.

a) Calcular la f.e.m. media inducida en la espira cuando ésta rota 90º en torno a un lado en un intervalo de tiempo Δt = 0,1 s

b) Si la espira permanece fija, pero el campo magnético se duplica en el mismo intervalo de tiempo indicado, ¿cuál es la f.e.m. inducida?

Razona en qué sentido tiende a circular corriente por la espira.



a) Para Conocer el valor de la fuerza electromotriz inducida hay que calcular el valor de la variación del flujo en función del tiempo.

El área de la espira es: $s = L^2 = 0{,}2^2 = 0{,}04\,m^2$

A rotar 90º, la espira pasa de ofrecer toda su superficie al campo a no ofrecer ninguna superficie. Como lo único que varia es el área de la espira:

$$\Delta\Phi = B\cdot\Delta s; \qquad \varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{B\cdot\Delta s}{\Delta t} = -\frac{B\cdot(s_f - s_0)}{\Delta t} = -\frac{0{,}2\cdot(0-0{,}04)}{0{,}1} = 0{,}08\,V$$

b) el procedimiento es el mismo que el del apartado anterior, pero ahora lo que varía es el campo magnético que atraviesa la espira.

$$\Delta\Phi = \Delta B\cdot s; \qquad \varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B\cdot s}{\Delta t} = -\frac{(B_f - B_0)s}{\Delta t} = -\frac{(0{,}4-0{,}2)\cdot 0{,}04}{0{,}1} = -0{,}08\,V$$

El valor de la f.e.m. inducida en cada caso es el mismo, pero con diferente signo ya que en el primer apartado se producía una disminución del flujo y en el segundo apartado se produce un aumento.

14.- El flujo magnético que atraviesa una espira conductora varía con el tiempo de acuerdo con la expresión: $\Phi = (0{,}1\ t^2 - 0{,}4\ t)$ donde F viene expresada en T.m^2 y t en segundos.

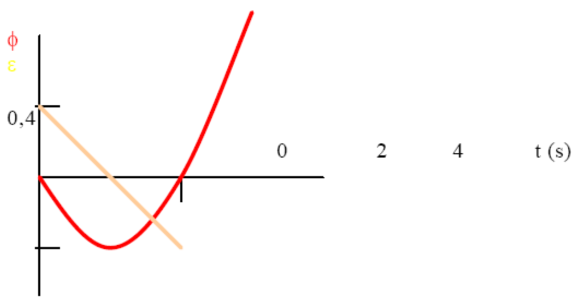
a) Hallar una expresión de la fuerza electromotriz inducida en función del tiempo.

b) Construir sendas gráficas de la variación con el tiempo del flujo y de la f.e.m.

a) La fuerza electromotriz es:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(0{,}1t^2 - 0{,}4t) = -0{,}2t + 0{,}4\ \ (V).$$

b) Las gráficas se pueden ver en la figura.



15.- Un solenoide de 20 W de resistencia está formado por 500 espiras circulares de 2,5 cm de diámetro. El solenoide está situado en un campo magnético uniforme de valor 0,3 T, siendo el eje del solenoide paralelo a la dirección del campo. Si el campo magnético disminuye uniformemente hasta anularse en 0,1 s, determinar:

a) El flujo inicial que atraviesa el solenoide y la fuerza electromotriz inducida.

b) La intensidad de la corriente que circula por el solenoide y la carga transportada en ese intervalo de tiempo.

a) Como el eje del solenoide es paralelo a la dirección del campo su flujo será el producto del campo por la superficie y por el número de espiras.

$$\Phi = NBS = 500 \cdot 0{,}3\left(\pi\left(\frac{2{,}5}{2 \cdot 100}\right)^2\right) = 0{,}0736\,\mathrm{Wb}$$

La fuerza electromotriz inducida es la variación del flujo en función del tiempo cambiada de signo. Como la variación es decreciente se considera negativa:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\left(-\frac{0{,}0736}{0{,}1}\right) = 0{,}736\,\mathrm{V}$$

b) La intensidad se calcula aplicando la ley de Omh para el solenoide:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0{,}736}{20} = 0{,}0368\,\mathrm{A} = 36{,}8\,\mathrm{mA}$$

como la carga es el producto de la intensidad por el tiempo, se tiene:

$$Q = I \cdot \Delta t = 0{,}00368\,\mathrm{C} = 3{,}68\,\mathrm{mC}$$