SOLUCIÓN ACTIVIDADES TEMA 7, INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

CUESTIONES

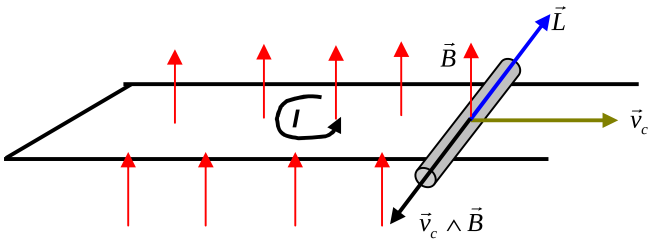
C1 Mover el mecanismo de producción del campo magnético, si se trata de un imán desplazándolo.

Mover la espira en el seno del campo magnético.

C2 Mover el cable transversalmente frente al campo magnético del imán.
Dejar quieto el hilo conductor y desplazar el imán frente a él.

C3 Abrir el circuito de la bobina.
Cerrar el circuito de la bobina.
Variar la resistencia continuamente para evitar que se produzca una corriente de intensidad constante.

C4 La barra móvil corta las líneas de fuerza del campo magnético y a través del circuito hay un flujo magnético variable que engendra la f.e.m. inducida. Consideraremos que el circuito está recorrida por una corriente *I* a la que convencionalmente asignamos un sentido. Entonces podemos definir un vector $\vec{L}$ a lo largo de la barra en el sentido de la corriente fijado previamente.



La fuerza electromotriz inducida debido al movimiento de la barra vale $\varepsilon_{ind} = \left(\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right) \cdot \vec{L}$.

Del dibujo se deduce que: $\varepsilon_{ind} = \left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right| \left|\vec{L}\right| cos\,180 = -\left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right| \left|\vec{L}\right|$

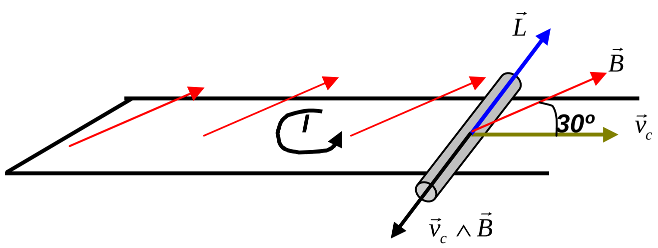
Calculando: $\left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right| = v_c\; B\, sen\, 90 = v_c\; B$

$\varepsilon_{ind} = -v_c B\, L$; siendo $\left|\varepsilon_{ind}\right| = v_c BL$

El signo menos que hemos obtenido, significa que el verdadero sentido de la corriente I,

es el contrario al que arbitrariamente habíamos elegido.

C5 Supondremos que el campo magnético está desviado respecto de la normal al plano del circuito y forma 30º con el vector velocidad de la barra.



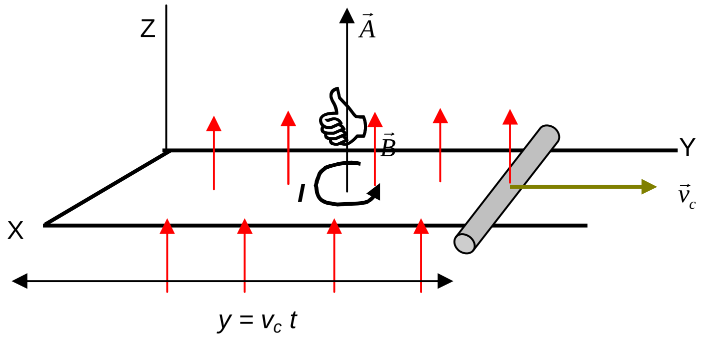
Calculando: $\left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right| = v_c\; B\, sen\, 30 = 0{,}5\; v_c\; B$

La f.e.m. inducida se deduce de la figura que vale $\varepsilon_{ind} = \left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right|\left|\vec{L}\right| cos\,180 = -\left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right|\left|\vec{L}\right| = -0,5\, v_c BL$

Siendo $\left|\varepsilon_{ind}\right| = 0,5 v_c BL$

C6 El flujo magnético es el producto escalar de dos vectores: el campo magnético $\vec{B}$ y el vector superficie $\vec{A}$, resulta en consecuencia una magnitud escalar. Solo se puede determinar a través de una superficie.

C7



El flujo vale: $\Phi_m = \vec{B} \cdot \vec{A} = B\,A\,cos\,0 = B\,L\,y = B\,L\,v_c\,t$

C8 Asignamos con la regla de la mano derecha un sentido a la corriente y al vector superficie, como en la cuestión **C7.** Consideraremos que la superficie barrida por la barra pasa de un valor A_o hasta otro A, de modo que $\Delta A = A - A_o = L \cdot (v_c \cdot \Delta t) = L\, v_c\, \Delta t$. La f.e.m. inducida valdrá:

$\left(\varepsilon_{ind}\right)_{media} = -\dfrac{\Delta\Phi_m}{\Delta t} = -\dfrac{B \cdot \Delta A}{\Delta t} = -\dfrac{B\,L\,v_c\,\Delta t}{\Delta t} = -BLv_c$. Indicando el signo menos que el sentido real de la corriente es el opuesto al asignado inicialmente de modo convencional.

C9 Que se engendra en la región un campo eléctrico inducido, que no es conservativo.

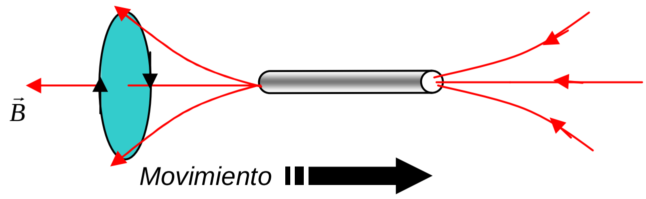
C10 Que el campo eléctrico creado por una carga fija es conservativo y el campo eléctrico inducido no lo es.

C11 La circulación del campo eléctrico inducido $\vec{E}$ a lo largo del circuito es precisamente la f.e.m. inducida.

$$\varepsilon_{ind} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

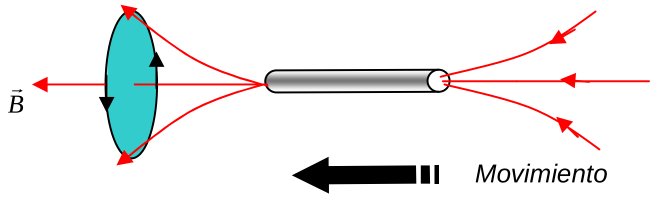
La intensidad de la corriente es $I = \dfrac{\varepsilon_{ind}}{R}$

C12



La ley de Lenz nos dice que la corriente inducida gira en un sentido que le permite oponerse a la causa que la crea. En este caso es el flujo magnético variable procedente de un *N* que se aleja y el modo de oponerse es producir un campo magnético adicional con un polo *S* del lado del imán. La corriente debe girar en el sentido señalado en la figura para que pueda presentar la espira de este lado su cara *S.*

C13



La ley de Lenz nos dice que la corriente inducida gira en un sentido que le permite oponerse a la causa que la crea. En este caso es el flujo magnético variable procedente de un *N* que se acerca y el modo de oponerse es producir un campo magnético adicional con un polo *N* del lado del imán. La corriente debe girar en el sentido señalado en la figura para que pueda presentar la espira de este lado su cara *N.*

C14 Depende del número de espiras y de la geometría (sección y longitud) de la bobina, así como del material que forma su núcleo. Su unidad es el henrio, siendo $1\ H = 1\ \Omega \cdot 1\ s$

C15 **a)** La f.e.m. inducida depende de la "rapidez" con que varía la intensidad de la corriente en la autoinducción

$$\varepsilon = -L\frac{dI}{dt}$$

b) Si la corriente se mantiene constante entonces la f.e.m. inducida ε es nula, por ser la derivada de una constante.

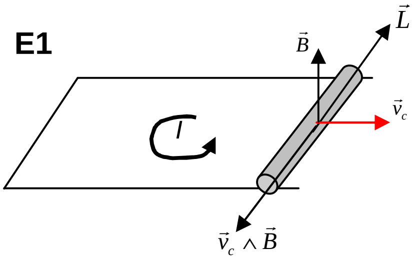
C16 La intensidad y la tensión de una corriente alterna son magnitudes variables con el tiempo, mientras que las mismas magnitudes de una corriente continua permanecen constantes independientes del tiempo.

C17 **a)** Como $V_2 = V_1 \frac{N_2}{N_1}$ para que sea elevador de tensión debe ser $N_2 > N_1$

b) Resulta $I_2 = I_1 \frac{N_1}{N_2}$ para que sea elevador de intensidad debe ser $N_2 < N_1$

■ EJERCICIOS

E1



Convenimos para la corriente *I* el sentido indicado en la figura, lo que determina el sentido del vector $\vec{L}$.

$$\varepsilon_{ind} = \left(\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right)\cdot \vec{L} = \left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right|\left|\vec{L}\right| cos\ 180$$

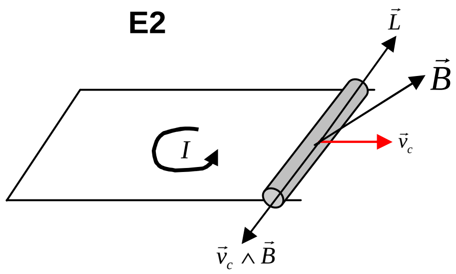
$$\left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right| = \left|\vec{v}_c\right|\left|\vec{B}\right| sen\, 90 = \left|\vec{v}_c\right|\left|\vec{B}\right|$$

La f.e.m. inducida vale:

$$\varepsilon_{ind} = \left(\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right)\cdot \vec{L} = \left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right| \left|\vec{L}\right| \cos 180 = \left|\vec{v}_c\right|\left|\vec{B}\right|\left|\vec{L}\right| \cos 180 = 4\frac{m}{s}\cdot 0,2T \cdot 1m\,(-1) = -\ 0,8V$$

La corriente inducida: $I = \dfrac{\varepsilon}{R} = \dfrac{-0,8\,V}{0,8\,\Omega} = -1\,A$

E2



Convenimos para la corriente *I*, el sentido indicado en la figura lo que determina el sentido del vector $\vec{L}$

$$\varepsilon_{ind} = \left(\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right)\cdot \vec{L} = \left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right|\left|\vec{L}\right| cos\ 180$$

$$\left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right| = \left|\vec{v}_c\right|\left|\vec{B}\right| sen\, 30 = \left|\vec{v}_c\right|\left|\vec{B}\right| 0,5$$

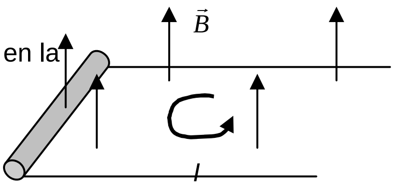
La f.e.m. inducida vale:

$$\varepsilon_{ind} = \left(\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right)\cdot \vec{L} = \left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right| \left|\vec{L}\right| \cos 180 = \left|\vec{v}_c\right|\left|\vec{B}\right| 0,5 \left|\vec{L}\right| \cos 180 = 4\frac{m}{s}\cdot 0,2T \cdot 0,5\cdot 1m\,(-1) = -\ 0,4V$$

La corriente inducida: $I = \dfrac{\varepsilon}{R} = \dfrac{-0,4\,V}{0,8\,\Omega} = -\,0,5\,A$

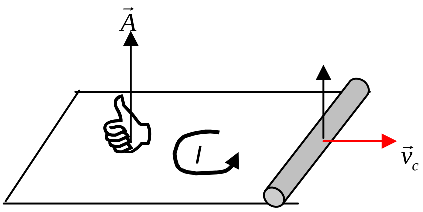
El valor de la corriente es $|I| = 0,5\,A$; con un sentido de circulación opuesto al propuesto inicialmente.

E3



Convenimos para la corriente *I* el sentido indicado en la

figura. Con la regla de la derecha determinamos el vector
superficie y después el flujo magnético



$\Phi_m = B\,A\,cos\,0 = B\cdot A > 0$

$\vec{B}$

La variación del flujo magnético $\Delta\Phi_m = \Phi_F - \Phi_I$

$\Phi_I = 0$; $\Phi_F = L\ v_c\ t = 1,5 \cdot 2 \cdot 10 = 30\ Wb$

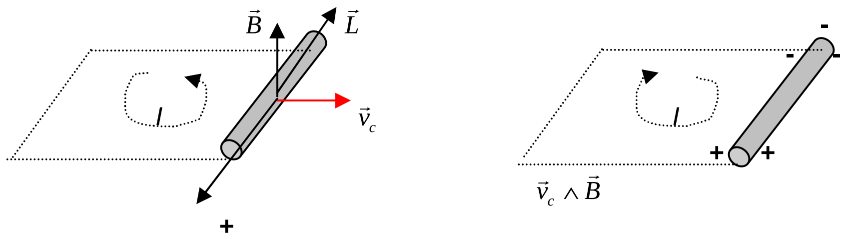
La f.e.m. inducida media es: $\left(\varepsilon_{ind}\right)_{media} = -\frac{\Delta \Phi_m}{\Delta t} = -\frac{30\,Wb - 0}{10\,s} = -3\frac{V \cdot s}{s} = -3V$

La intensidad de la corriente:

$$I = \frac{\left(\varepsilon_{ind}\right)_{media}}{R} = \frac{-3V}{0{,}2\,\Omega} = -15\,A$$

La intensidad es $|I| = 15A$, siendo el sentido real de la corriente el contrario al elegido inicialmente.

E4 Consideramos virtualmente que la barra está conectada a un circuito y que por lo tanto estaría recorrida por una corriente. Entonces podemos elegir un sentido para esta corriente virtual y después definir un vector $\vec{L}$ a lo largo de la barra en el sentido de la misma, figura situada a la izquierda.



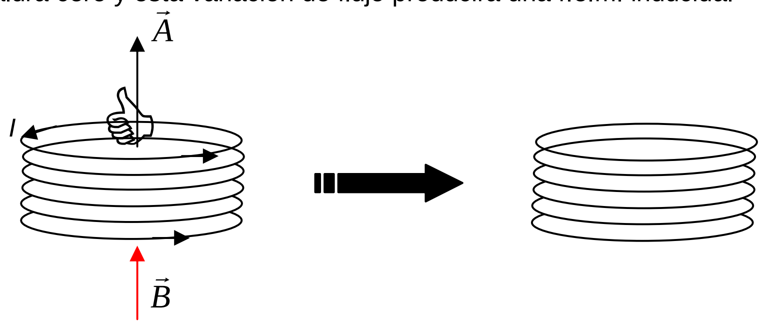
La fuerza electromotriz inducida vale $\varepsilon_{ind} = \left(\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right) \cdot \vec{L} = \left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right| \left|\vec{L}\right| cos\ 180$

$\left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right| = \left|\vec{v}_c\right| \left|\vec{B}\right| sen\,90 = \left|\vec{v}_c\right| \left|\vec{B}\right|$

$$\varepsilon_{ind} = \left(\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right) \cdot \vec{L} = \left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right| \left|\vec{L}\right| \cos 180 = \left|\vec{v}_c\right| \left|\vec{B}\right| \left|\vec{L}\right| \cos 180 = 10\frac{m}{s} \cdot 0{,}4T \cdot 4m\,(-1) = -16V$$

La f.e.m. inducida vale $|\varepsilon_{ind}| = 16\,V$; sin embargo en caso de conectarla a un circuito, la corriente circularía en el sentido contrario al supuesto inicialmente, ver la figura de la derecha.

E5 Vamos a representar la bobina asignando un sentido para la corriente *I* y por la regla de la mano derecha definimos el vector superficie $\vec{A}$ para después determinar el flujo magnético. Mientras está en el campo la bobina está atravesada por un flujo magnético, después de salir valdrá cero y esta variación de flujo producirá una f.e.m. inducida.



Inicialmente el flujo magnético a través de todas las espiras de la bobina vale:

$\Phi_{m,I} = N \cdot \phi_m = N\,B \cdot A\cos 0 = 400 \cdot 0{,}5\,T \cdot 10.10^{-4}\ m^2 = 0{,}2\,Wb$; El flujo final es nulo: $\Phi_{m,F} = 0$

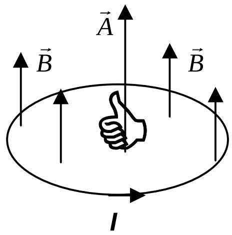
La f.e.m. inducida media es: $(\varepsilon_{ind})_{media} = -\frac{\Delta\Phi_m}{\Delta t} = -\frac{\Phi_{m,F} - \Phi_{m,I}}{\Delta t} = -\frac{0 - 0{,}2\,Wb}{0{,}1\,s} = 2\,V$

La corriente valdrá:

$$I = \frac{(\varepsilon_{ind})_{media}}{R} = \frac{2\,V}{20\,\Omega} = 0{,}1\,A$$

El signo positivo de la intensidad indica que la corriente inducida tiene el mismo sentido que el convencional inicialmente propuesto.

E6



El flujo magnético:

$$\Phi_m = \vec{B}\cdot\vec{A} = 4\,t\cdot\pi\,r^2\ \cos 0 = 4\,\pi r^2\,t$$

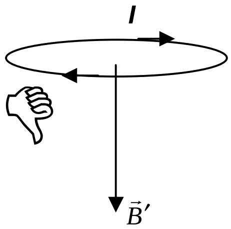
La f.e.m. inducida:

$$\varepsilon_{ind} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -4\pi\,r^2 = -4\,\frac{T}{s}\ \pi\ 0{,}3^2\ m^2 = -1{,}1\frac{Wb}{m^2}\frac{1}{s}m^2 = -1{,}1\frac{V\cdot s}{s} = -1{,}1V$$

$$I = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{-1{,}1V}{0{,}2\,\Omega} = -5{,}5\,A$$

La corriente vale $\|I\| = 5{,}5\,A$ con sentido contrario al inicialmente asignado.

Razonado con la ley de Lenz, sabemos que por la parte inferior de la espira atraviesa un flujo magnético variable y creciente, procedente de un *N.* La corriente inducida girará en un sentido tal que produzca un flujo adicional que se oponga a este *N,* y el modo de hacerlo es presentarle también su cara *N* . El sentido de la corriente inducida nos lo da una regla práctica que consiste en apuntar el pulgar en el sentido del campo magnético adicional $\vec{B}'$, indicando el resto de los dedos el sentido de giro.



E7 $\Phi_{m,I} = N\cdot\phi_m = N\,B\cdot A\cos 60 = 400\cdot 0{,}5T\cdot 10.10^{-4}\cos 60\,m^2 = 0{,}1Wb$;

El flujo final es nulo: $\Phi_{m,F} = 0$

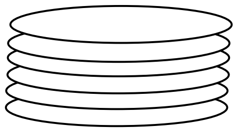
La f.e.m. inducida media es: $(\varepsilon_{ind})_{media} = -\frac{\Delta\Phi_m}{\Delta t} = -\frac{\Phi_{m,F} - \Phi_{m,I}}{\Delta t} = -\frac{0 - 0{,}1Wb}{0{,}1\,s} = 1V$

La corriente valdrá:

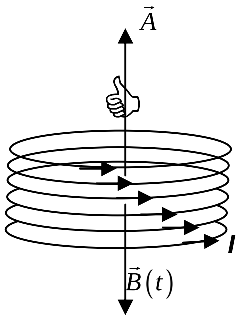
$$I = \frac{(\varepsilon_{ind})_{media}}{R} = \frac{1V}{20\,\Omega} = 0{,}05\,A$$

El signo positivo de la intensidad indica que la corriente inducida tiene el mismo sentido que el convencional inicialmente propuesto.

E8 $\vec{B}(t)$



Asignamos un sentido a la corriente ***I .*** Con la regla de la mano derecha determinamos el vector superficie $\vec{A}$ para poder calcular el flujo magnético.



El flujo magnético por una espira vale***:*** $\phi_m = B\,A \cos 180 = 2\,t^2\,\pi \cdot 0,2^2\,(-1) = -0,25t^2$

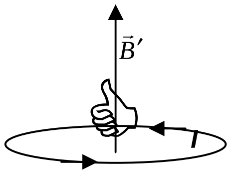
A través de las 6 espiras el flujo valdrá: $\Phi_m = 6\,\phi_m = 6\,\left(-0,25\,t^2\right) = -1,5\,t^2$

La f.e.m. inducida: $\varepsilon_{ind} = -\dfrac{d\Phi_m}{dt} = 3\,t$

La corriente: $I = \dfrac{\varepsilon_{ind}}{R} = \dfrac{3\,t}{4} = 0,75\,t$

Tanto la f.e.m. como la intensidad dependen del tiempo, sin embargo el sentido de la corriente coincide con el convencionalmente elegido.

Razonando con la ley de Lenz debemos considerar que hay un flujo magnético entrante y creciente por la parte superior de las espiras, por lo que éstas oponen un flujo magnético adicional de sentido contrario. La corriente inducida creará un polo *N* en la parte superior y de acuerdo con la regla práctica que estamos usando, la corriente circulará en esta ocasión en el sentido que inicialmente habíamos elegido.



E10

$$\varepsilon_{ind} = -L\,\frac{dI}{dt} = -50.10^{-3}\,\frac{d}{dt}\left(4\cos\,100\,t\right) = 20\,sen\,100\,t$$

E11 El flujo magnético vale: $\Phi_m = L \cdot I$; $L = \dfrac{14{,}4.10^{-3}\ Wb}{10\ A} = 1{,}44.10^{-3}\ H$

La f.e.m. inducida media es:

$$(\varepsilon_{ind})_{media} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -L\frac{I_F - I_I}{\Delta t} = -1{,}44{,}10^{-3}\,H\,\frac{0-10A}{0{,}06\,s} = -0{,}24\,V\ ; \qquad \left|(\varepsilon_{ind})_{media}\right| = 0{,}24\,V$$

E12 **a)** ω = 25·2π rad/s = 50 π rad/s. El flujo a través de una espira:

$$\phi_m = B\,A\cos\omega t = 0{,}25\,T \cdot 0{,}10m \cdot 0{,}20\,m\cos 50\,\pi t = 5.10^{-3}\ \cos 50\,\pi t \quad Wb$$

El flujo total a través de las *N* espiras : $\Phi_m = N \cdot \phi_m = 1000 \cdot\ 5.10^{-3}\ \cos 50\pi t = 5\cos 50\,\pi t$

b) $\varepsilon_{ind} = -\dfrac{d\Phi_m}{dt} = 5 \cdot 50\,\pi\ sen\,50\,\pi t = 250\,\pi\ sen\,50\,\pi t$

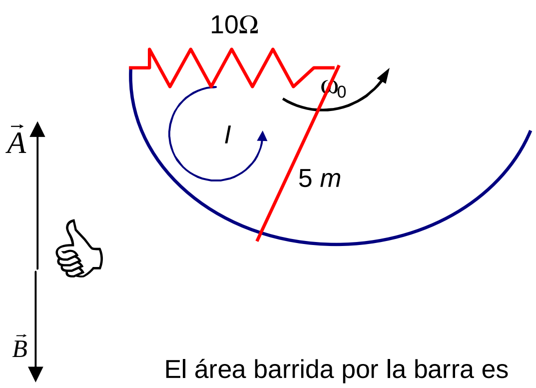
$\varepsilon_{máx}$ = *250 π V = 785 V*

c) $I = \dfrac{\varepsilon_{ind}}{R} = \dfrac{250\,\pi\ sen\,50\,\pi t}{250} = 3{,}1\,sen\,50\,\pi t$; $I_{máx}$ = *3,1 A*

E13 $M_{par} = \dfrac{I^2_{m\acute{a}x}\,R}{\omega}\,sen^2\omega t = \dfrac{3{,}1^2 \cdot 250}{50\,\pi}\,sen^2\ 50\pi t = 15{,}3\,sen^2\ 50\,t$; $(M_{par})_{max} = 15{,}3\,N \cdot m$

■ PROBLEMAS

P1



Elegimos para la corriente el sentido indicado en el dibujo y con el calculamos el flujo de acuerdo con la regla de la mano derecha, asignando al vector superficie $\vec{A}$ el sentido señalado en la figura.

$$\Phi_m = \vec{B} \cdot \vec{A} = B\,A\cos 180 = -\,B\,A$$

El área barrida por la barra es $A = \dfrac{longitud\ del\ arco \cdot radio}{2} = \dfrac{\theta \cdot r \cdot r}{2} = \dfrac{\theta\, r^2}{2}$

Por ser el movimiento circular uniforme $\theta = \omega_0 t$

Calculando el flujo del campo magnético resulta:

$$\Phi_m = -B \cdot \frac{\theta\, r^2}{2} = -\frac{B\,\omega_o\, r^2\, t}{2}$$

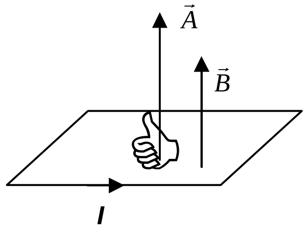
La f.e.m. inducida:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{B\omega_o\, r^2}{2} = \frac{0{,}5 \cdot 4 \cdot 5^2}{2} = 25V$$

La corriente inducida: $I = \dfrac{25V}{10\ \Omega} = 2{,}5\ A$

El signo positivo indica que la corriente va en el sentido elegido inicialmente.

P2 Tomando para la corriente ***I*** el sentido de la figura. La regla de la mano derecha permite definir el vector superficie $\vec{A}$

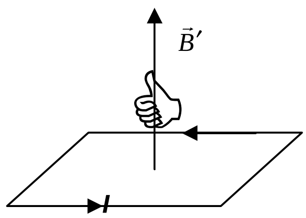


El flujo magnético vale $\Phi_m = B\,A\cos 0 = \dfrac{a}{t}L^2 = \dfrac{a\,L^2}{t}$

La f.e.m. inducida: $\varepsilon_{ind} = -\dfrac{d\Phi_m}{dt} = -aL^2\left(\dfrac{-1}{t^2}\right) = \dfrac{aL^2}{t^2}$ La f.e.m. es variable y decreciente con el tiempo.

La intensidad de la corriente: $I = \dfrac{\varepsilon_{ind}}{R} = \dfrac{aL^2}{R\,t^2}$ El signo positivo indica que la corriente tiene un sentido que coincide con el elegido inicialmente.

Para interpretar el sentido de esta corriente mediante la ley de Lenz, debemos considerar que el campo magnético es decreciente con el tiempo y origina una corriente inducida de un sentido tal que tiende a oponerse a este decrecimiento, creando en la cara inferior un polo *S* mediante un campo magnético adicional $\vec{B}'$, en la cara superior estará el *N.* Orientando el pulgar en el sentido del *N* de este campo magnético adicional, el resto de los dedos nos señalan el sentido real de la corriente inducida.



P3 El flujo magnético a través de una espira es:

$$\phi_m = B\,A\cos\omega t = 0{,}05 \cdot 20.10^{-4}\ \cos 100\pi\,t = 10^{-4}\ \cos 100\pi t$$

El flujo a través de las *N* espiras es $\Phi_m = 1000 \cdot 10^{-4}\ \cos 100\pi t = 0{,}1\cos 100\pi t$

$$\varepsilon_{ind} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = 0{,}1 \cdot 100\,\pi\ sen\,100\pi t = 31{,}4\ sen\,100\pi t$$

La corriente instantánea: $I = \dfrac{\varepsilon_{ind}}{R} = \dfrac{31{,}4\ sen\,100\pi t}{200} = 0{,}16\ sen\,100\pi t$

P4 A) $\Phi_m = N\ B\ A\cos\omega t = 600 \cdot 0{,}5 \cdot 10.10^{-4}\ \cos 50\,t = 0{,}3\cos 50\,t$

$$\varepsilon_{ind} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = 15\ sen\,50\,t$$

B) La corriente: $I = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{15\, sen\, 50\, t}{50} = 0{,}3\, sen\, 50\, t$

C) $\varepsilon_{máx} = 15\ V$
$I_{máx} = 0{,}3\ A$

P5 A) $L = \mu_o \frac{N^2}{l} S = 4\pi.10^{-7} \frac{Wb}{A \cdot m} \frac{\left(10^3\right)^2}{0{,}1m} \pi\left(5.10^{-2} m\right)^2 = 98{,}7.10^{-3} H$

B) $\varepsilon_m = -L \frac{I_F - I_i}{\Delta t} = -98{,}7.10^{-3} H \frac{10A - 0}{0{,}1s} = -9{,}9V$

$$\left|\varepsilon_m\right| = 9{,}9V$$

P6 El número de espiras del secundario: $N_2 = N_1 \frac{V_2}{V_1} = 4000 \frac{2200}{10000} = 880\ espiras$

La potencia en el primario $P_1 = V_1\, I_1$; $I_1 = \frac{800.10^3\ W}{10^4\ V} = 80\ A$

La potencia en el secundario: $P_2 = P_1 \frac{90}{100} = 0{,}9 \cdot 800.10^3\ W = 720.10^3\ W$

La intensidad en el secundario: $I_2 = \frac{P_2}{V_2} = \frac{720.10^3\ W}{2200 V} = 327\ A$

P7 a) La potencia que transporta la corriente alterna es: $P = V \cdot I \cos\theta$; donde $\cos\theta$ es el llamado factor de potencia. Por otro lado la potencia disipada en calor por efecto Joule es $P = I^2\ R$; de manera que conviene transportarla a poca intensidad pues la disipación depende de su cuadrado. En consecuencia para transportar mucha potencia si la intensidad I no tiene que ser grande, deberá serlo la tensión V.

b) La relación de transformación da: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$; $N_1 = 20 \frac{220.10^3\ V}{220 V} = 20\,000\ espiras$

P8 **a)** Aparato que permite modificar la tensión y la intensidad de una corriente alterna, con una pérdida de potencia pequeña.

Son útiles en el transporte de energía eléctrica porque consiguen reducir la disipación de energía en las líneas de transporte, al permitir su transmisión a alta tensión y baja intensidad.

a) La relación de transformación da: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$; $V_1 = \frac{N_1}{N_2} V_2 = \frac{1200}{100} 6\,V = 72V$

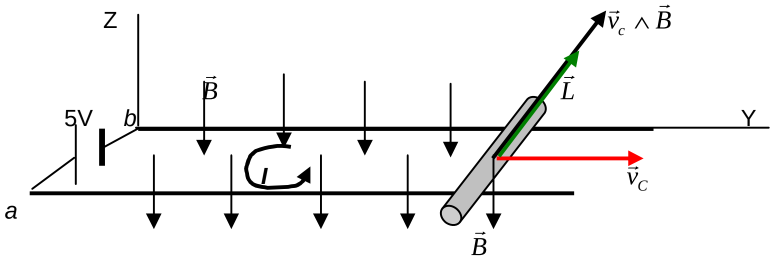
P9 $R = 0{,}02 \frac{\Omega}{km} \cdot 300\, km = 6\ \Omega$

Considerando un factor de potencia unidad. $P = V \cdot I$; $I = \frac{P}{V} = \frac{1000.10^6\ W}{440.10^3\ V} = 2273\ A$

Potencia disipada en la resistencia: $P_R = I^2\ R = 2273^2 \cdot 6 = 31.10^6\ W$

Porcentaje de pérdidas: $\frac{P_R}{P} = \frac{31.10^6\ W}{1000.10^6\ W} 100\% = 3\%$

P10



Asignamos a la corriente ***I*** el sentido señalado en la figura, con lo que el vector $\vec{L}$ tomará el sentido indicado en el dibujo. Como $\varepsilon_{ind} = \left(\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right)\cdot\vec{L}$ calculamos primero el módulo del producto vectorial para después efectuar el producto escalar.

$$\left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right| = \left|\vec{v}_c\right|\left|\vec{B}\right| sen\,90 = \left|\vec{v}_c\right|\left|\vec{B}\right|$$

La f.e.m. inducida vale:

$$\varepsilon_{ind} = \left(\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right)\cdot\vec{L} = \left|\vec{v}_c \wedge \vec{B}\right| \left|\vec{L}\right| \cos 0 = \left|\vec{v}_c\right|\left|\vec{B}\right|\left|\vec{L}\right| = 5\frac{m}{s}\cdot 0,5T \cdot 2m = 5\frac{T\cdot m^2}{s} = 5\frac{Wb}{s} = 5\frac{V\cdot s}{s} = 5V$$

Aplicando la ley de Ohm, considerando que en el circuito hay también una pila de *5 V* resulta:

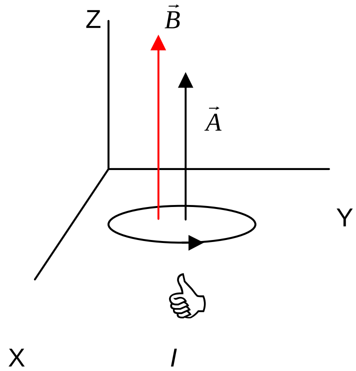
$$I\,R = V_{ab} + \varepsilon = 5V + 5V = 10V \ ; \qquad I = \frac{10\,V}{1\,\Omega} = 10\ A$$

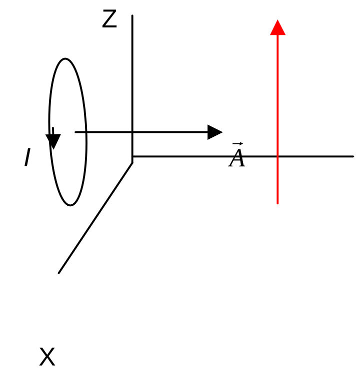
El sentido positivo de la corriente nos indica que el verdadero sentido de la intensidad coincide con el sentido que inicialmente habíamos elegido.

P11 a) Con la regla del flujo determinamos con la mano derecha el sentido del vector superficie $\vec{A}$ que representamos en las figuras en los dos casos a) y c).

$\vec{B}$

Y



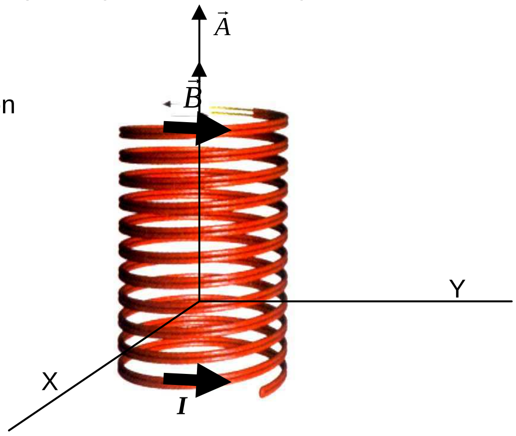


Al ser el flujo magnético: $\Phi_m = B\,A\cos 0 = 0{,}1t\cdot\pi\,0{,}05^2 = 2{,}5.10^{-4}\,\pi\,t$; una función del tiempo, su máximo valor lo toma en el instante t = 5 s y vale $\Phi_m = 2{,}5.10^{-4}\cdot\pi\cdot 5 = 12{,}5.10^{-4}\,\pi\,Wb$

a) La f.e.m. inducida verifica: $\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d}{dt}\left(2{,}5.10^{-4}\,\pi t\right) = -2{,}5.10^{-4}\,\pi\ V$

El signo negativo indica que la corriente inducida por esta f.e.m. tiene su sentido de circulación, contrario al propuesto inicialmente en la figura.

b) En este caso al formar los vectores superficie $\vec{A}$ y campo magnético $\vec{B}$ un ángulo de 90º, el flujo es nulo.



P12 El valor medio de la f.e.m inducida mientras exista variación de flujo magnético vale:

$$\varepsilon_{media} = -\frac{\Phi_F - \Phi_I}{\Delta t}$$

a) Antes de entrar en el campo el flujo inicial era nulo, después vale $\vec{B}\cdot\vec{A} = |\vec{B}||\vec{A}|\cos 0$, asignando a la corriente inducida el sentido señalado en el dibujo.

$$\varepsilon_{media} = -\frac{\Phi_F - \Phi_I}{\Delta t} = -\frac{1000 \cdot 0,25T \cdot 20.10^{-4} m^2 - 0}{0,1s} = -5V$$

El signo menos viene a indicarnos que el sentido real de la corriente inducida va a ser contrario al elegido arbitrariamente por nosotros.

b) Si la bobina penetra perpendicularmente al campo magnético los vectores $\vec{B}$ y $\vec{A}$ van a formar 90º con lo que el flujo es cero. Esto se debe a que las espiras en esta situación no cortan a las líneas del campo magnético y por lo tanto no existe variación de flujo.

c) Si entra de modo que su eje forme 90º con el campo magnético entonces ahora el flujo final vale:

$$\Phi_F = N|\vec{B}||\vec{A}|\cos 30 = 1000 \cdot 0,25T \cdot 20.10^{-4} m^2 \cos 30 = 0,43Wb$$

$$\varepsilon_{media} = -\frac{\Phi_F - \Phi_I}{\Delta t} = -\frac{0,43Wb}{0,1s} = -4,3V$$

P13 a) Cuando hay un flujo magnético que varía con el tiempo a través de unas espiras conductoras, se induce en éstas una f.e.m inducida que depende de la rapidez con que varía el flujo a través de la sección limitada por las espiras. Si hay N espiras planas y paralelas, la expresión diferencial de la ley de Faraday es:

$$\varepsilon_{ind} = -\frac{d}{dt}(N\Phi_M)$$

El signo menos es debido a que la f.e.m inducida siempre produce una corriente inducida de un sentido tal, que siempre se opone creando otro flujo adicional, al flujo magnético variable con el tiempo que la crea.

b) Considerando que la espira está situada con su eje paralelo al campo magnético resulta para el flujo:

$$\Phi_M = \vec{B}\cdot\vec{A} = \left(100.10^{-3} T\, sen\, 2\pi \cdot 50t\right)\left(\pi \cdot 0,2^2 m^2\right) \cos 0 = 0,013 sen\, 100\pi t\ Wb$$

$$\varepsilon_{ind} = -\frac{d\Phi_M}{dt} = -0,013 \cdot 100\pi \cos 100\pi t\ V = -3,9 \cos 100\pi t\ V$$

c) La producción de energía eléctrica mediante los generadores. También los transformadores de corriente alterna. Otro efecto son las corrientes parásitas que aparecen en piezas atravesadas por flujos magnéticos variables con el tiempo, son las conocidas como corrientes de Foucault.

P14

a) $\Phi_M = 200 \cdot 0,5T \cdot 200.10^{-4} m^2 \cos 100\pi t = 2\cos 100\pi t \;\; Wb$

b) $\varepsilon_{ind} = -\dfrac{d\Phi_M}{dt} = -2 \cdot 100\pi \left(-sen\,100\pi t\right) = 628,3 sen\,100\pi t \;\; V$

c) $I = \dfrac{\varepsilon_{ind}}{R} = \dfrac{628,3 sen 100\pi t}{100} = 6,3 sen 100\pi t \;\; A$

d) $\varepsilon_{\max} = 623,8V;$ $\qquad I_{\max} = 6,3A$

e) $P = \varepsilon_{ind} \cdot I = 628,3 \cdot 6,3 sen^2\, 100\pi t = 3958 sen^2\, 100\pi t \;\; W$