01. Una bobina circular de 20 espiras y radio 5 cm se coloca en un campo magnético perpendicular al plano de la bobina. El campo magnético varía con el tiempo de acuerdo con la expresión: B = 0,02 t + 0,08 t^2 SI, Calcular:

a) El flujo magnético que atraviesa la bobina en función del tiempo.

b) La fem inducida en la bobina para t = 5 s.

La expresión del flujo es $\Phi = NBS = 20 \cdot (0{,}02t + 0{,}08t^2) \cdot 0{,}05^2\pi = 0{,}05\pi \cdot (0{,}02t + 0{,}08t^2)$

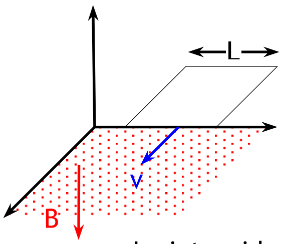
y la expresión de la fem es $E = -\dfrac{d\Phi}{dt} = -0{,}05\pi \cdot (0{,}02 + 0{,}16t)$ que en el instante t=5 s vale

$$E_5 = -0{,}05\pi \cdot (0{,}02 + 0{,}16 \cdot 5) = -0{,}129\,v$$

02. Una espira cuadrada de 5 cm de lado, situada en el plano XY, se desplaza con velocidad v=2 i cm/s, penetrando en el instante t = 0 en una zona en la que hay un campo magnético uniforme, perpendicular a la espira, B=-0,2 k T.

a) Calcular y representar la fem función del tiempo.

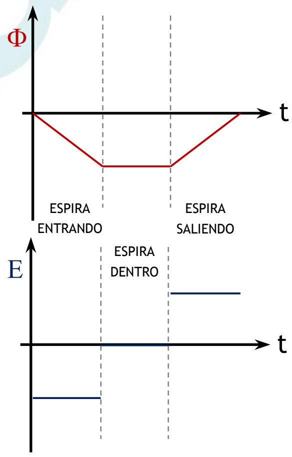
b) Calcular la intensidad en la espira si su resistencia es de 10 Ω. ¿Cómo circula la corriente?



El flujo que atraviesa la espira es

$\Phi = B \cdot S = B \cdot L\,v\,t = 2 \cdot 10^{-4}\,t$ y el valor de la fem es

$E = -\dfrac{d\Phi}{dt} = -2 \cdot 10^{-4}\,v$ que es constante.



La intensidad que circula se calcula con la ley de Ohm $E = IR$

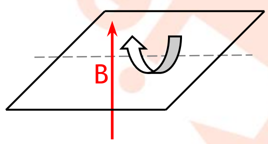
$$I = \frac{E}{R} = 2 \cdot 10^{-5}\,A$$

A medida que la espira penetra en el campo magnético es atravesada por un flujo mayor, por lo que el flujo creado por la corriente inducida se opone al que induce y la corriente circula en sentido contrario a las agujas del reloj.

03. Una espira cuadrada de 10 cm de lado, inicialmente horizontal, gira a 1200 revoluciones por minuto, en torno a uno de sus lados, en un campo magnético uniforme vertical de 0,2 T.

a) Calcule el valor máximo de la fuerza electromotriz inducida en la espira y represente, en función del tiempo, el flujo magnético a través de la espira y la fuerza electromotriz inducida.

b) ¿Cómo se modificaría la fuerza electromotriz inducida en la espira si se redujera la velocidad de rotación a la mitad? ¿Y si se invirtiera el sentido del campo magnético?



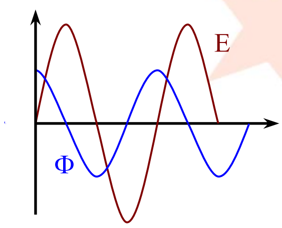
Superficie de la espira $S = 0{,}01m^2$. El ángulo que forman B y S es variable

$$\omega = 1200\,\frac{rev}{min}\,\frac{min}{60\,s}\,\frac{2\pi rad}{rev} = 40\,\pi\,rad \cdot s^{-1}$$

El flujo que atraviesa la espira es

$\Phi = BS\cos\alpha = BS\cos\omega t = 2 \cdot 10^{-3}\cos 40\,\pi t$ y la fem su derivada

$$E = -\frac{d\Phi}{dt} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 40\pi\,\text{sen}\,40\,\pi t$$



Si la velocidad es la mitad $E_2 = -\dfrac{d\Phi_2}{dt} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 20\pi\,\text{sen}\,20\,\pi t$, el valor máximo de la fem se reduce a la mitad y si se invierte el sentido del campo se invierte la fem, $E_2 = -E$

04. Un solenoide de resistencia $3{,}4\cdot10^{-3}\ \Omega$ está formado por 100 espiras de hilo de cobre y se encuentra situado en un campo magnético de expresión B=0,01 cos (100πt) en unidades SI. El eje del solenoide es paralelo a la dirección del campo magnético y la sección transversal del solenoide es de 25 cm^2. Determinar:

a) La expresión de la fem inducida y su valor máximo.

b) La expresión de la intensidad que recorre el solenoide y su valor máximo.

El flujo es $\Phi = NBS\cos 0 = 25\cdot10^{-4}\cos(100\pi t)$ y la fem $E = -\dfrac{d\Phi}{dt} = 25\cdot10^{-2}\pi\,\text{sen}(100\pi t)$

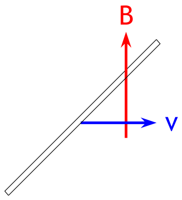
Calculamos la intensidad con la ley de Ohm $I = \dfrac{E}{R} = \dfrac{25\cdot10^{-2}\pi}{3{,}4\cdot10^{-3}}\text{sen}(100\pi t)$

Los valores máximos son $E_{MAX} = 25\cdot10^{-2}\pi\,v$ e $I_{MAX} = \dfrac{25\cdot10^{-2}\pi}{3{,}4\cdot10^{-3}}A$

05. Un conductor rectilíneo de 10 cm de longitud está colocado en un campo magnético uniforme, de inducción magnética 2 T, perpendicularmente a su dirección. Si dicho conductor se traslada con velocidad 0,8 m/s, en una dirección perpendicular a la dirección del campo magnético y al propio conductor, calcular:

a) El flujo magnético a través de la superficie barrida por el conductor en 10 segundos.

b) La diferencia de potencial inducida entre los extremos del conductor.



La superficie barrida es $S = Lvt = 0{,}1\cdot0{,}8\cdot10 = 0{,}8m^2$ y el flujo es

$$\Phi = \vec{B}\cdot\vec{S} = BS\cos\alpha = 1{,}6\,Wb$$

La diferencia de potencial es la fem inducida, $V_A - V_B = LvB = 0{,}1\cdot0{,}8\cdot2 = 0{,}16\,v$

Una cuestión idéntica a esta ha caído algunas veces en PAU:

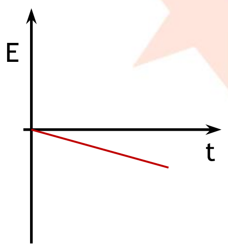
Un avión sobrevuela la Antártida, donde el campo magnético terrestre se dirige verticalmente hacia el exterior de la Tierra. Basándose en la fuerza de Lorentz, ¿cuál de las dos alas del avión tendrá un potencial eléctrico más elevado y cuál es la diferencia de potencial entre los extremos de las alas?

Las cargas se mueven siempre de más a menos potencial y para saber la dirección en la que van hay que aplicar la ley de Lorentz $\vec{F} = q\cdot\vec{v}\times\vec{B}$

06. Una espira cuadrada de 5 cm de lado se encuentra en el interior de un campo magnético de dirección normal al plano de la espira y de intensidad variable con el tiempo: B = 2t^2 T.

a) Deduzca la expresión del flujo magnético a través de la espira en función del tiempo.

b) Represente gráficamente la fuerza electromotriz inducida en función del tiempo y calcule su valor para t = 4 s.



El flujo magnético es $\Phi = B\cdot S = 0{,}05^2\cdot2t^2 = 5\cdot10^{-3}t^2$ y la fem $E = -\dfrac{d\Phi}{dt} = -0{,}01t$ que en el instante t=4 s tiene un valor de -0,04 v

07. Una bobina formada por 100 espiras circulares de 6 cm de radio está girando con velocidad constante de 200 rpm perpendicularmente a un campo magnético de 3 T. Calcular la fem inducida en la bobina.

$$\omega = 200\,\text{rpm} = \frac{40}{6}\pi\,\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$E = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(NBS\cos\omega t) = -\frac{d}{dt}\left(100\cdot 3\cdot\pi\cdot 0{,}06^2\cos\frac{40\pi}{6}t\right) = 100\cdot 3\cdot\pi\cdot 0{,}06^2\,\frac{40\pi}{6}\,\text{sen}\,\frac{40\pi}{6}t$$

08. Una espira circular de 10 cm de diámetro, inmóvil, está situada en una región en la que existe un campo magnético, perpendicular a su plano, cuya intensidad varía de 0,5 a 0,2 T en 0,1 s.

a) Dibuje en un esquema la espira, el campo y el sentido de la corriente inducida, razonando la respuesta.

b) Calcule la fuerza electromotriz inducida y razone cómo cambiaría dicha fuerza electromotriz si la intensidad del campo aumentase en lugar de disminuir.

El flujo disminuye y el flujo creado por la corriente inducida se opone a esa disminución.

La fem es $E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi_F - \Phi_O}{t} = -\frac{B_F - B_O}{t}S = -\frac{0{,}2 - 0{,}5}{0{,}1}0{,}01\pi = 0{,}03\pi\,\text{v}$

Si el campo aumenta de 0,2 a 0,5 T la fem es $-0{,}03\pi$ v

09. El flujo de un campo magnético que atraviesa cada espira de una bobina de 250 vueltas, entre t=0 y t=5 s, está dado por la expresión: $\Phi(t) = 3\cdot 10^{-3} + 15\cdot 10^{-3}\,t^2$ SI

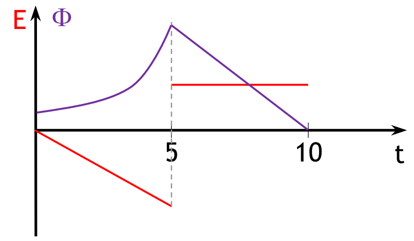
a) Deduzca la expresión de la fuerza electromotriz inducida en la bobina en ese intervalo de tiempo y calcule su valor para t=5 s.

b) A partir del instante t=5 s el flujo magnético comienza a disminuir linealmente hasta anularse en t=10 s. Represente gráficamente la fuerza electromotriz inducida en la bobina en función del tiempo, entre t=0 y t=10 s.

$E = -N\frac{d\Phi}{dt} = -7{,}5t$ y para t=5 s $E_5 = -37{,}5\,\text{v}$

La fem desde 5 hasta 10 s es:

$$E = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{\Phi_F - \Phi_O}{t} = -250\frac{0 - \left(3\cdot 10^{-3} + 15\cdot 10^{-3}\cdot 5\right)}{5} = 3{,}9\,\text{v}$$



10. Una espira de 10 cm de radio se coloca en un campo magnético uniforme de 0,4 T y se la hace girar con una frecuencia de 20 Hz. En el instante inicial el plano de la espira es perpendicular al campo.

a) Escriba la expresión del flujo magnético que atraviesa la espira en función del tiempo y determine el valor máximo de la fem inducida.

b) Explique cómo cambiarían los valores máximos del flujo magnético y de la fem inducida si se duplicase el radio de la espira. ¿Y si se duplicara la frecuencia de giro?

El flujo magnético es $\Phi = B\cdot S\cdot\cos\alpha = B\cdot S\cdot\cos\omega t = B\cdot S\cdot\cos 2\pi f\,t = 0{,}4\cdot\pi\cdot 0{,}01\cdot\cos 40\pi t = 1{,}26\cdot 10^{-2}\cdot\cos 40\pi t$

y la fem su derivada $E = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(1{,}26\cdot 10^{-2}\cdot\cos 40\pi t) = 1{,}26\cdot 10^{-2}\cdot 40\pi\cdot\cos 40\pi t$

el valor máximo se alcanza con el máximo del coseno: $E_{MAX} = 1{,}26\cdot 10^{-2}\cdot 40\pi = 1{,}58\,\text{v}$

Si se duplica el radio de la espira el flujo se multiplica por cuatro y la fem también se cuadruplica.

Si lo que se duplica es la frecuencia, el flujo es el mismo pero la fem se duplica.

11. Una espira tiene una superficie de 20 cm^2 está colocada en una zona en la que hay un campo magnético perpendicular uniforme de 0,5 T. Calcular:

a) El flujo magnético que atraviesa la espira

b) Cómo varía el flujo si la espira gira 45º.

c) Si el giro anterior lo hace en 0,002 s ¿cuál es la fem inducida?

d) ¿Y si hubiera girado en sentido contrario?

El flujo es $\Phi = B\cdot S\cos\alpha = 0{,}5\cdot 20\cdot 10^{-4} = 10^{-3}\,\text{Wb}$

Si gira 45º el nuevo flujo es $\Phi = B\cdot S\cos\alpha = 0{,}5\cdot 20\cdot 10^{-4}\dfrac{\sqrt{2}}{2} = 10^{-3}\dfrac{\sqrt{2}}{2}\,\text{Wb}$

y la fem que se induce es $E = -\dfrac{\Phi_F - \Phi_O}{t} = -\dfrac{10^{-3}\dfrac{\sqrt{2}}{2} - 10^{-3}}{0{,}02} = 0{,}015\,\text{v}$

Si gira en sentido contrario el ángulo es -45 en lugar de 45 el flujo final es

$\Phi = -10^{-3}\dfrac{\sqrt{2}}{2}\,\text{Wb}$ y la fem $E = -\dfrac{\Phi_F - \Phi_O}{t} = -\dfrac{-10^{-3}\dfrac{\sqrt{2}}{2} - 10^{-3}}{0{,}02} = 0{,}085\,\text{v}$

12. Una espira circular de 0,2m de radio se coloca en un campo magnético uniforme de 0,5T con su eje paralelo a la dirección del campo. Determina la fuerza electromotriz inducida en la espira si en 0,2 s y de manera uniforme:

a) Se duplica el valor del campo.

b) Se reduce el valor del campo a cero.

c) Se invierte el sentido del campo.

d) Se gira la espira un ángulo de 90º en torno a un eje perpendicular a B.

La fem es $E = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\dfrac{\Phi_F - \Phi_O}{t} = -\dfrac{B_F - B_O}{t}S$

a) $E = -\dfrac{\Phi_F - \Phi_O}{t} = -\dfrac{B_F - B_O}{t}S = -\dfrac{1-0{,}5}{0{,}2}0{,}04\pi = -0{,}1\pi\,\text{v}$

b) $E = -\dfrac{\Phi_F - \Phi_O}{t} = -\dfrac{B_F - B_O}{t}S = -\dfrac{0-0{,}5}{0{,}2}0{,}04\pi = 0{,}1\pi\,\text{v}$

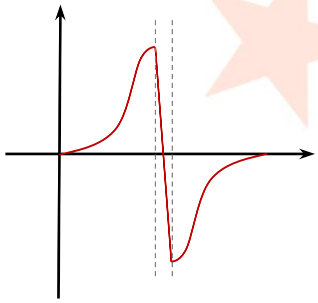
c) $E = -\dfrac{\Phi_F - \Phi_O}{t} = -\dfrac{B_F - B_O}{t}S = -\dfrac{-0{,}5-0{,}5}{0{,}2}0{,}04\pi = 0{,}2\pi\,\text{v}$

d) $E = -\dfrac{\Phi_F - \Phi_O}{t} = -\dfrac{\Phi_F - B_O S}{t} = -\dfrac{0-0{,}5\cdot 0{,}04\pi}{0{,}2} = 0{,}1\pi\,\text{v}$

13. Un imán recto se deja caer con su cara norte hacia el suelo. En su caída pasa a través de una espira. Describir cualitativamente lo que ocurre en la espira:

a) Mientras el imán se acerca a la espira.

b) Mientras el imán se aleja de la espira.



14. El primario de un transformador está conectado a una línea de 120 V. Si la corriente en el secundario es de 2 A y la fem 900 V. Calcular la corriente y la potencia en el primario.

En un transformador la potencia en el primario y en el secundario son iguales. Como la potencia es $P = I \cdot V$, intensidad y potencial son inversamente proporcionales: $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \rightarrow \frac{2}{I_1} = \frac{120}{900} \rightarrow I_1 = 15\,A$

15. El primario de un transformador está conectado a 2200 V. La fem en el secundario es de 110 V. Calcular el número de espiras en el primario si el secundario tiene 25 espiras.

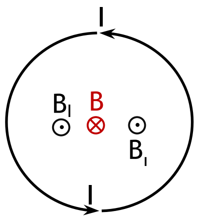
Aplicando la fórmula del transformador $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} \rightarrow \frac{N_1}{25} = \frac{2200}{110} \rightarrow N_1 = 500$

16. Una espira circular de 45 mm de radio está situada perpendicularmente a un campo magnético uniforme. Durante un intervalo de tiempo de $120 \cdot 10^{-3}$ s el valor del campo aumenta linealmente desde 250 mT a 310 mT.

a) Calcule el flujo del campo magnético que atraviesa la espira durante dicho intervalo y la fuerza electromotriz inducida en la espira.

b) Dibuje en un esquema el campo magnético y el sentido de la corriente inducida en la espira. Explique el razonamiento seguido.

$$\left.\begin{aligned}\Phi_0 &= B_0 \cdot S = 250 \cdot 10^{-3} \cdot \pi (45 \cdot 10^{-3})^2 = 1{,}59 \cdot 10^{-3}\,Wb \\ \Phi_F &= B_F \cdot S = 310 \cdot 10^{-3} \cdot \pi (45 \cdot 10^{-3})^2 = 1{,}97 \cdot 10^{-3}\,Wb\end{aligned}\right\} \rightarrow E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{1{,}97 - 1{,}59}{120 \cdot 10^{-3}} 10^{-3} = -1{,}57\,V$$



Supongamos que la espira está en el plano del papel y que el campo magnético es perpendicular y entra en el papel. El flujo que atraviesa la espira aumenta y la corriente inducida tiene que girar en sentido antihorario para que el campo magnético creado por ella se oponga a la variación de flujo.

17. Sea un solenoide de sección $4 \cdot 10^{-4}$ m^2 y 100 espiras. En el instante inicial se aplica un campo magnético perpendicular a su sección transversal, cuya intensidad varía con el tiempo $B = 2t + 1$ que se suprime a partir del instante t=5 s.

a) Explique qué ocurre en el solenoide y represente el flujo magnético a través del solenoide en función del tiempo.

b) Calcule la fuerza electromotriz inducida en el solenoide en los instantes t=3 s y t=10 s.

a) Se induce una corriente en el solenoide. La superficie de cada espira es perpendicular al campo magnético. La expresión del flujo es

$$\Phi = N \cdot B \cdot S \cdot \cos 0 = 100 \cdot (2t + 1) \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 8 \cdot 10^{-2} t + 4 \cdot 10^{-2}$$

b)

$$\left.\begin{aligned}\Phi_0 &= 8 \cdot 10^{-2} \cdot 3 + 4 \cdot 10^{-2} = 0{,}28\,Wb \\ \Phi_F &= 8 \cdot 10^{-2} \cdot 10 + 4 \cdot 10^{-2} = 0{,}84\,Wb\end{aligned}\right\} \rightarrow E = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -100\frac{0{,}84 - 0{,}28}{10 - 3} = -8\,V$$

18. Una espira conductora de 40 cm^2 se sitúa en un plano perpendicular a un campo magnético uniforme de 0,3 T.

a) Calcule el flujo magnético a través de la espira y explique cuál sería el valor del flujo si se girara la espira un ángulo de 60º en torno a un eje perpendicular al campo.

b) Si el tiempo invertido en ese giro es de $3\cdot10^{-2}$ s, ¿cuánto vale la fuerza electromotriz media inducida en la espira? Explique qué habría ocurrido si la espira se hubiese girado en sentido contrario.

a) El flujo que atraviesa la espira inicialmente es $\Phi = B\cdot S\cdot\cos 0 = 0,3\cdot 40\cdot 10^{-4}\cdot 1 = 1,2\cdot 10^{-3}\,\text{Wb}$

y si se gira la espira $\Phi = B\cdot S\cdot\cos 60 = 0,3\cdot 40\cdot 10^{-4}\cdot 0,5 = 6,0\cdot 10^{-4}\,\text{Wb}$

b) La fem inducida en el giro es $E = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\dfrac{6,0\cdot 10^{-4} - 1,2\cdot 10^{-3}}{3\cdot 10^{-2}} = 2\cdot 10^{-2}\ \text{v}$

si la espira gira en sentido contrario ocurre lo mismo $\cos 60 = \cos(-60)$

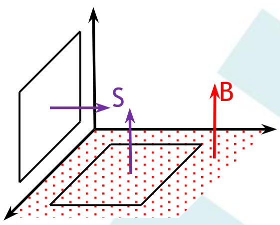
19. A una espira circular de 5 cm de radio, que descansa en el plano XY, se le aplica durante el intervalo de tiempo de t=0 a t=5 s un campo magnético $\vec{B} = 0,1t^2\,\vec{k}$

a) Calcule el flujo magnético que atraviesa la espira y represente gráficamente la fem inducida en la espira en función del tiempo.

b) Razone cómo cambiaría la fuerza electromotriz inducida en la espira si:

i) el campo magnético fuera $\vec{B} = (2 - 0,01t^2)\vec{k}$

ii) la espira estuviera situada en el plano XZ.



El área de la espira es $S = \pi R^2 = 25\pi\cdot 10^{-4}\,\text{m}^2$

a) El flujo que la atraviesa es $\Phi = \vec{B}\vec{S} = B\cdot S\cdot\cos\alpha = 25\pi\cdot 10^{-3}t^2$

y la fem $E = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\dfrac{\Phi_F - \Phi_0}{5} = -\dfrac{25\pi\cdot 10^{-3}\cdot 5^2}{5} = -0,125\pi\,\text{v}$,

gráficamente es una recta paralela al eje OX.

bi) el flujo en este caso sería

$$\left.\begin{array}{l}\Phi_0 = B_0\cdot S = 2\cdot 25\pi\cdot 10^{-4} = 1,571\cdot 10^{-2}\,\text{Wb} \\ \Phi_F = B_F\cdot S = (2 - 0,25)\cdot 25\pi\cdot 10^{-4} = 1,374\cdot 10^{-2}\,\text{Wb}\end{array}\right\} \rightarrow E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{1,374 - 1,571}{5}10^{-2} = 3,94\cdot 10^{-4}\,\text{V}$$

bii) Si la espira estuviera en el plano XZ el flujo sería nulo puesto que los vectores B y S son perpendiculares.