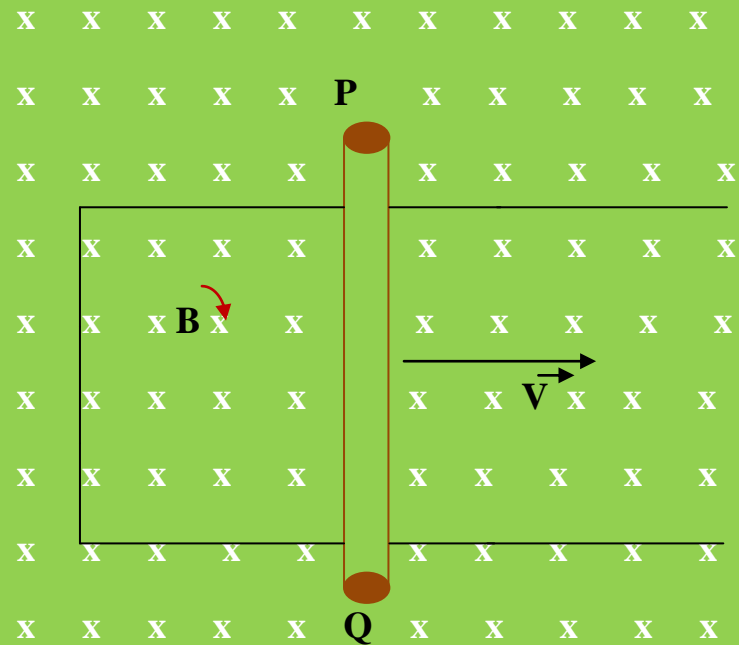


# PROBLEMAS RESUELTOS DE LA LEY DE FARADAY Y DE LA LEY DE LENZ

## Ejercicio resuelto N° 1

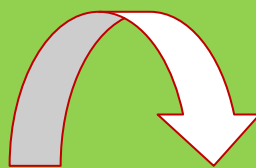
Tenemos el sistema siguiente:



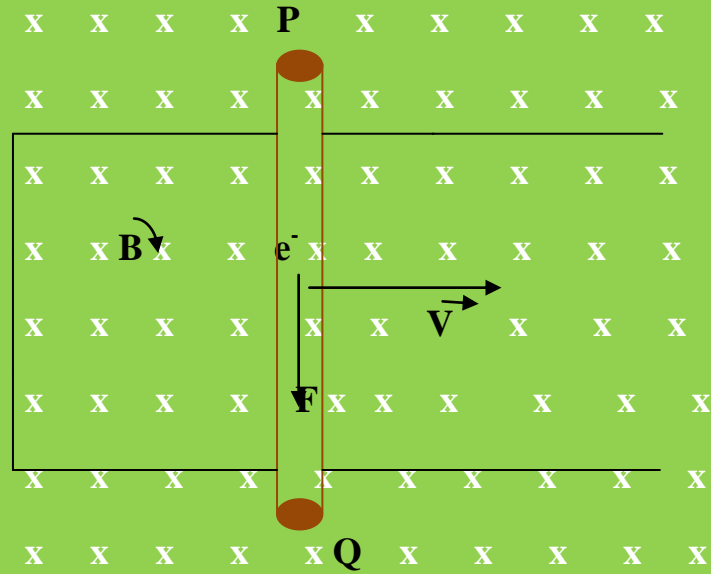
¿Qué sentido tiene la corriente inducida al desplazar el conductor PQ hacia la derecha, sin perder el contacto con sus guías, con una velocidad de  $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . El valor del campo magnético o inducción magnética vale 10 T y la longitud del conductor PQ es de 15 cm

### Resolución

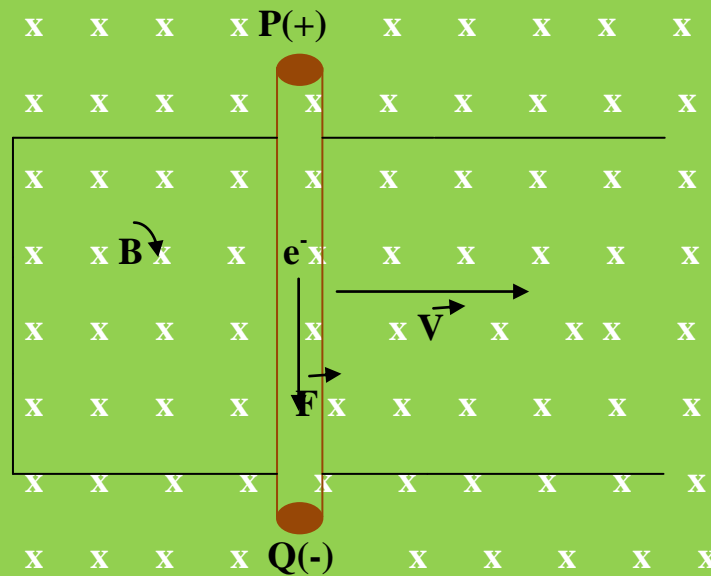
El campo magnético exterior va a ejercer una fuerza sobre las cargas eléctricas (electrones) que circulan por el conductor PQ. La fuerza tendrá su punto de aplicación en el conductor PQ y según la regla de la mano izquierda tendrá un sentido ascendente pero como la carga sobre la que actúa el campo es negativa la fuerza tendrá sentido descendente:



**PROBLEMAS RESUELTOS DE LA LEY DE FARADAY Y DE LA LEY DE LENZ**

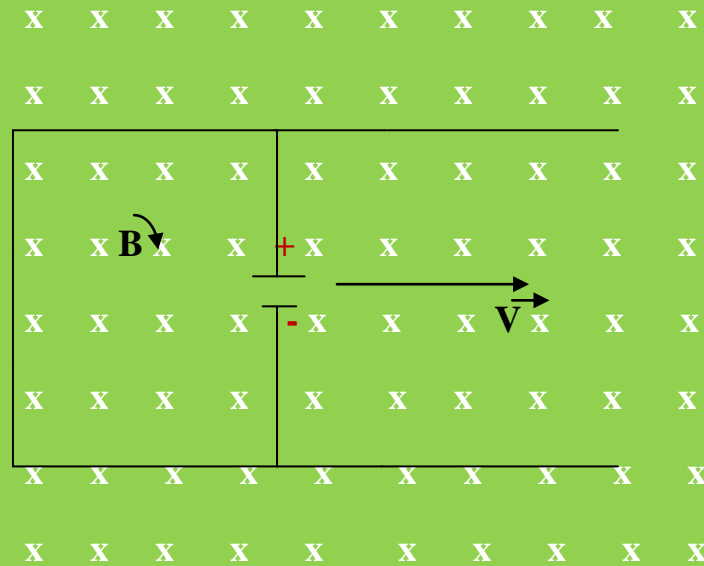


Los electrones se desplazarán hacia el punto Q cargandolo negativamente y el punto P se cargará positivamente.



**PROBLEMAS RESUELTOS DE LA LEY DE FARADAY Y DE LA LEY DE LENZ**

En estas condiciones el conductor PQ actúa como un generador. El esquema sería entonces:



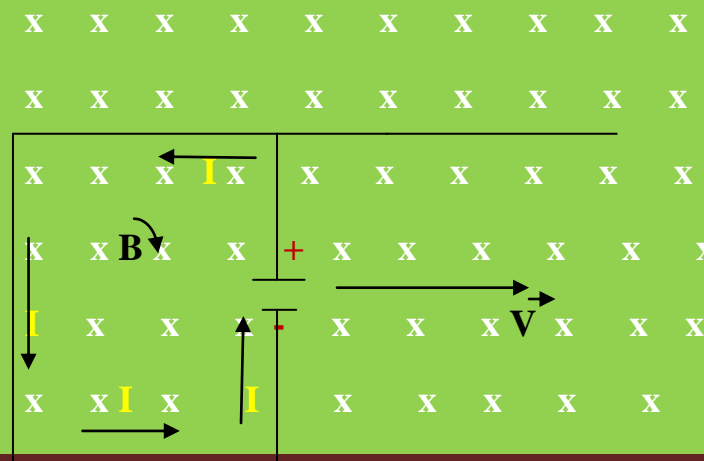
Nos encontramos con un circuito de corriente continua. El generador adquirirá una Fuerza Electromotriz Inducida cuyo valor sería:

$$\mathcal{E} = - B \cdot l \cdot v$$

El valor absoluto de  $\mathcal{E}$ :

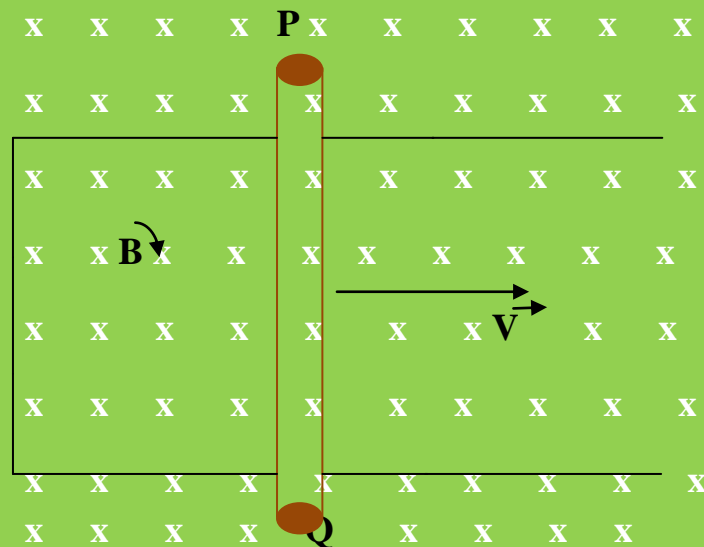
$$|\mathcal{E}| = B \cdot l \cdot v = 10 \text{ T} \cdot 0,15 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 2,25 \text{ V}$$

Esta fuerza electromotriz inducida crearía una corriente inducida. Como el circuito devuelve al exterior el flujo magnético la intensidad tiende a disminuir y su sentido será el contrario a de las agujas del reloj.



**Ejercicio resuelto N° 2**

Tenemos un sistema constituido por un conductor sobre el cual se desliza una varilla metálica de 35 cm de longitud y con una velocidad de  $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . El circuito que forman esta bajo la acción de un campo magnético entrante hacia el plano del papel con un valor de 3,5 T. El circuito presenta una resistencia de  $8 \Omega$ .



Determinar:

- La Fuerza electromotriz Inducida.
- Intensidad de corriente eléctrica inducida y sentido de la misma.
- Potencia suministrada al circuito.

**Resolución**

- Todo lo dicho en el problema anterior se puede aplicar a este y por lo tanto:

$$|\varepsilon| = B \cdot l \cdot v = 3,5 \text{ T} \cdot 0,35 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 0,61 \text{ V}$$

- Por la ley de Ohm generalizada:

$$I = \varepsilon / R \rightarrow I = 0,61 \text{ V} / 8 \Omega = 0,076 \text{ A}$$

Al desplazar el circuito hacia la derecha aumenta el flujo magnético que implicará una mayor FEM inducida y una intensidad inducida

## PROBLEMAS RESUELTOS DE LA LEY DE FARADAY Y DE LA LEY DE LENZ

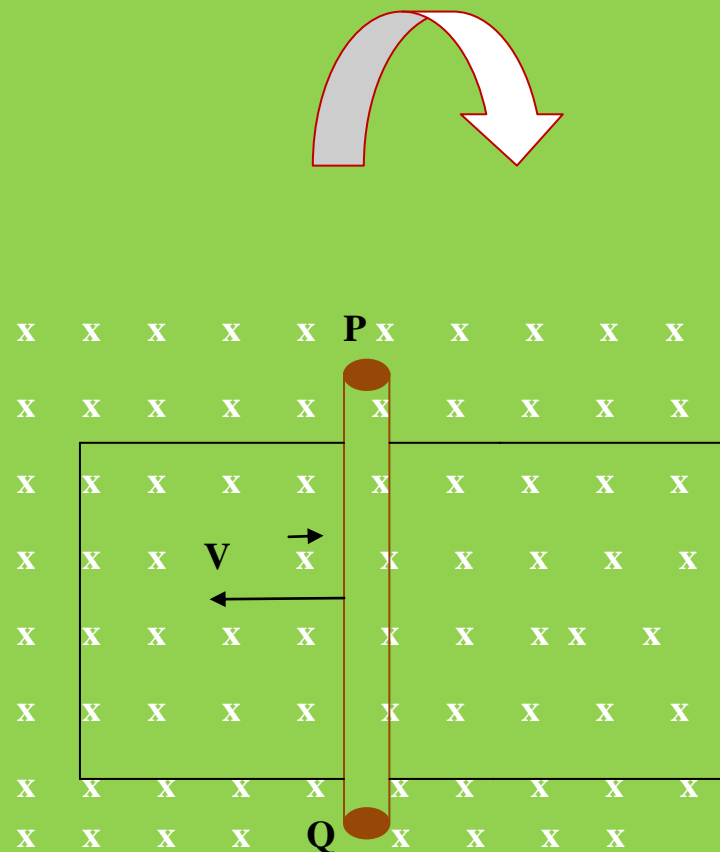
pero el circuito reacciona devolviendo hacia el exterior el flujo magnético y la intensidad tenderá a disminuir por lo que el sentido de la intensidad será el contrario a las agujas del reloj.

c) Según Electrocínética:

$$P = \varepsilon \cdot I = 0,61 \text{ V} \cdot 0,076 \text{ A} = 0,045 \text{ W}$$

### Problema resuelto N° 3

Un conductor metálico PQ de 20 cm de longitud se desliza sobre un circuito en U, a una velocidad de  $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  y hacia la izquierda, en el seno de un campo magnético de 0,5 T, perpendicular al plano en que se produce el desplazamiento, como indica la figura:



Si la resistencia del circuito es de  $4 \Omega$ , determina:

- La fuerza electromotriz inducida.
- La intensidad inducida y el sentido de la misma.

## PROBLEMAS RESUELTOS DE LA LEY DE FARADAY Y DE LA LEY DE LENZ

### *Resolución*

Recordemos que:

$$a) \quad |\varepsilon| = B \cdot l \cdot v$$

$$|\varepsilon| = 0,5 \text{ T} \cdot 0,20 \text{ m} \cdot 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 2 \text{ V}$$

$$b) \quad I = \varepsilon / R \rightarrow I = 2 \text{ V} / 4 \Omega = 0,5 \text{ A}$$

Como la barra metálica se desplaza hacia la izquierda el circuito va disminuyendo la superficie limitada por los conductores. Al disminuir la superficie el flujo magnético disminuye y el circuito responde devolviendo el flujo magnético hacia el exterior y por lo tanto aumentando su intensidad inducida. El sentido de la corriente será el de la agujas del reloj.

### **Problema resuelto N° 4**

El flujo magnético que atraviesa una espira varía, con respecto al tiempo, según la ecuación:

$$\Phi = 30 t^3 - 10 t$$

Determinar el valor de la FEM inducida al cabo de 3 segundos.

### *Resolución*

Según la ley de Faraday – Henry:

$$\varepsilon = - d\Phi/dt$$

$$\varepsilon = - d(30 t^3 - 10 t)/dt = - 90 t^2 - 10$$

$$|\varepsilon| = 90 \cdot 3^2 - 10 = 800 \text{ V}$$

**Ejercicio resuelto N° 5**

Determinar la fuerza electromotriz inducida en una espira circular de radio 15 cm introducida perpendicularmente en un campo magnético de 1,5 T tardando 1 s en ponerse paralela a las líneas del campo magnético

**Resolución**

**Datos:**

$$S = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot (0,20 \text{ m})^2 = 0,126 \text{ m}^2$$

$$B = 1,5 \text{ T}$$

$$t = 1 \text{ s}$$

$$\Theta_1 = 0^\circ$$

$$\Theta_2 = 90^\circ$$

Recordemos que:

$$\varepsilon = - d\Phi/dt$$

$$\varepsilon_m = - \Delta\Phi/\Delta t \text{ (FEM inducida media)}$$

Por otra parte:

$$\Phi_1 = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos \Theta$$

como  $\Theta = 0^\circ \rightarrow \cos 0^\circ = 1$

$$\Phi_1 = B \cdot S \cdot 1 = 1,5 \text{ T} \cdot 0,126 \text{ m}^2 \cdot 1 = 0,189 \text{ Wb}$$

Cuando la espira se coloca paralelamente a las líneas del campo magnético  $\Theta = 90^\circ$ . Lo que implica:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos 90^\circ$$

$\cos 90^\circ = 0$

$$\Phi_2 = B \cdot S \cdot 0 = 0$$

## PROBLEMAS RESUELTOS DE LA LEY DE FARADAY Y DE LA LEY DE LENZ

Si nos vamos a la ecuación:

$$\varepsilon_m = - \Delta\Phi/\Delta t$$

$$\varepsilon_m = - (0 - 0,189) \text{ Wb} / 1 \text{ s} = 0,189 \text{ V}$$

### Ejercicio resuelto N° 6

En un campo magnético de 3,5 T introducimos perpendicularmente una espira circular de 50 cm de diámetro y tarda en colocarse ,la espira, paralela a las líneas de campo 0,5 s. Determinar la fuerza electromotriz inducida.

### Resolución

Todos sabemos que:

$$\varepsilon = - d\Phi/dt$$

o bien:

$$\varepsilon_m = - \Delta\Phi/\Delta t$$

### Datos:

$$B = 3,5 \text{ T}$$

$$R = \frac{1}{2} \cdot D = \frac{1}{2} \cdot 50 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0,25 \text{ m}$$

$$A = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot (0,25 \text{ m})^2 = 0,196 \text{ m}^2$$

$$\Theta_1 = 0^\circ$$

$$\Theta_2 = 90^\circ$$

$$t = 0,5 \text{ s}$$

Calculemos  $\Phi_1$ :

$$\Phi_1 = B \cdot S \cdot \cos 0^\circ = 3,5 \text{ T} \cdot 0,196 \text{ m}^2 \cdot 1 = 0,686 \text{ Wb}$$

$$\Phi_2: \quad \Phi_2 = B \cdot S \cdot \cos 90^\circ = 3,5 \text{ T} \cdot 0,196 \text{ m}^2 \cdot 0 = 0$$

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 0 - 0,686 \text{ Wb} = - 0,686 \text{ Wb}$$

$$\varepsilon = - \Delta\Phi/\Delta t = - (-0,686 \text{ Wb})/0,5 \text{ s} = 1,372 \text{ V}$$



## PROBLEMAS RESUELTOS DE LA LEY DE FARADAY Y DE LA LEY DE LENZ

### Problema resuelto N° 7

Unimos 100 espiras rectangulares iguales muy juntas y paralelas. Las dimensiones de las espiras son de 10 y 14 cm, hemos creado una bobina. Introducimos esta bobina perpendicularmente en un campo magnético de 4 T. Gira la bobina y tarda 0,25 s en colocarse paralelamente a las líneas de fuerza del campo magnético. Determinar la fuerza electromotriz inducida.

### Resolución

En el caso de una espira la fuerza electromotriz inducida tiene la ecuación:

$$\varepsilon = -N \cdot \Delta\Phi/\Delta t$$

$N = N^\circ$  de espiras

Datos:

$$N = 100$$

$$A = b \cdot a = 0,10 \text{ m} \cdot 0,14 \text{ m} = 0,014 \text{ m}^2$$

$$B = 4 \text{ T}$$

$$\Theta_1 = 0^\circ$$

$$\Theta_2 = 90^\circ$$

$$t = 0,25 \text{ s}$$

Conozcamos el valor de  $\Phi_1$ :

$$\Phi_1 = B \cdot S \cdot \cos 0^\circ = 4 \text{ T} \cdot 0,014 \text{ m}^2 \cdot 1 = 0,056 \text{ Wb}$$

$$\Phi_2: \quad \Phi_2 = B \cdot S \cdot \cos 90^\circ = 0$$

Volvemos a la ecuación:

$$\varepsilon = -N \cdot \Delta\Phi/\Delta t$$

$$\varepsilon = -100 \cdot (0 - 0,056) \text{ Wb} / 0,25 \text{ s} = 22,4 \text{ V}$$

## PROBLEMAS RESUELTOS DE LA LEY DE FARADAY Y DE LA LEY DE LENZ

### Problema resuelto N° 8

Una espira rectangular de 10 y 12 cm de dimensión gira a razón de 150 rad/s por la acción de un campo magnético de 1,2 T. Calcular la fuerza electromotriz inducida en la espira.

### Resolución

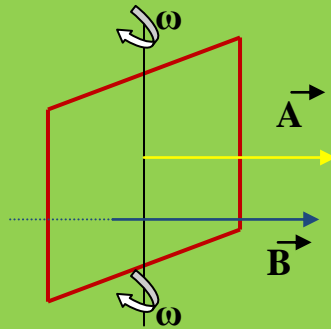
Recordemos:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = B \cdot A \cdot \cos \omega t$$

Por otra parte también sabemos que:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= - \frac{d\Phi}{dt} = d(B \cdot A \cdot \cos \omega t)/dt = B \cdot A \cdot \text{sen } \omega t \cdot \omega = \\ &= B \cdot A \cdot \omega \cdot \text{sen } \omega t \end{aligned}$$

Supondremos que inicialmente que el vector  $\vec{B}$  es perpendicular a la espira y por lo tanto formará con el vector  $\vec{A}$  un ángulo de  $0^\circ$ .



### DATOS:

$$A = b \cdot a = 0,10 \text{ m} \cdot 0,12 \text{ m} = 0,012 \text{ m}^2$$

$$\omega = 150 \text{ rad/s}$$

$$B = 1,2 \text{ T}$$

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} = B \cdot A \cdot \text{sen } \omega t \cdot \omega = B \cdot A \cdot \omega \cdot \text{sen } \omega t$$

$$\varepsilon = 1,2 \text{ T} \cdot 0,012 \text{ m}^2 \cdot 150 \text{ rad/s} \cdot \text{sen } 200 t =$$

$$\varepsilon = 2,16 \text{ sen } 150 t$$

## PROBLEMAS RESUELTOS DE LA LEY DE FARADAY Y DE LA LEY DE LENZ

Como podemos observar la FEM inducida no es constante puesto que depende del tiempo.

### Ejercicio resuelto N° 10

Una bobina circular de 200 espiras, teniendo cada una de las espiras una superficie  $0,01 \text{ m}^2$ , está colocada en el campo magnético terrestre, siendo el eje de dicha bobina paralelo al vector Campo magnético  $\vec{B}$ . Si la bobina describe  $\frac{1}{4}$  de vuelta en sentido contrario a las agujas del reloj y tarda  $0,25 \text{ s}$ , calcular el valor de la fuerza electromotriz inducida.

DATOS:

$$B_{\text{terrestre}} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$\omega = 2\pi \text{ rad/s}$$

$$S = 0,01 \text{ m}^2$$

$$N = 200$$

**Resolución:**

$$\varepsilon = - N \cdot d\Phi/dt$$

En un principio cuando el eje de la bobina es paralelo al campo magnético, el ángulo formado por el vector campo y el vector superficie es de  $90^\circ$ . El flujo magnético será:

$$\Phi_0 = N \cdot B \cdot S \cdot \cos \Theta$$

$$\Phi_0 = 200 \cdot 4 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot 0,01 \text{ m}^2 \cdot \cos 90^\circ = 0 \text{ Wb}$$

$$\cos 90^\circ = 0$$

Cuando el vector campo y el vector superficie son paralelos ( $\frac{1}{4}$  de vuelta) forman entre ellos un ángulo de  $0^\circ \rightarrow \cos 0^\circ = 1$

Luego:

PROBLEMAS RESUELTOS DE LA LEY DE FARADAY Y DE LA LEY DE LENZ

$$\Phi_f = N \cdot B \cdot S \cdot \cos 0^\circ = 200 \cdot 4 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot 0,01 \text{ m}^2 \cdot 1 = 8 \cdot 10^{-5} \text{ Wb}$$

Con estos datos podemos conocer la  $\varepsilon_m$ :

$$\varepsilon_m = - \Delta\Phi / \Delta t$$

$$\Delta\Phi = 0 - 8 \cdot 10^{-5} = - 8 \cdot 10^{-5} \text{ Wb}$$

$$\varepsilon_m = - (0 - 8 \cdot 10^{-5}) \text{ Wb} / \Delta t$$

$$\varepsilon_m = 8 \cdot 10^{-5} \text{ Wb} / 0,25 \text{ s} = 32 \cdot 10^{-5} \text{ V}$$

**Problema resuelto N° 11**

Una bobina formada por 50 espiras, cada una de ellas de 12 cm<sup>2</sup> de superficie, gira con una velocidad de 250 rpm, en un campo magnético uniforme de inducción B = 0,5 T. Inicialmente el vector B tiene la dirección del eje de la bobina. Determinar:

- El flujo máximo que atraviesa la bobina.
- Fuerza electromotriz inducida.

El flujo magnético a través de la bobina es:

$$\Phi = N B S \cos \theta = N B S \cos \omega t$$

Pasaremos las unidades de  $\omega$  al S.I. (rad/s):

$$\omega = 250 \cdot 2\pi / 60 = 8,33 \pi \text{ rad/s}$$

y el flujo será:

$$\begin{aligned} \Phi &= N B S \cos \theta = N B S \cos \omega t = 50 \cdot 0,5 \text{ T} \cdot 12 \cdot 10^{-4} \cos 8,33 \pi t = \\ &= 0,030 \cos 8,33 \pi t \end{aligned}$$

y el valor máximo del  $\Phi$  dependerá del valor máximo de la razón trigonométrica y que debe ser igual a la unidad:

$$\cos 8,33 \pi t = 1$$

$$\Phi_{max} = N \cdot B \cdot S = 50 \cdot 0,5 \text{ T} \cdot 12 \cdot 10^{-4} = 0,03 \text{ Wb}$$

**PROBLEMAS RESUELTOS DE LA LEY DE FARADAY Y DE LA LEY DE LENZ**

b)

Aplicando la ley de Faraday, la fuerza electromotriz inducida en la bobina vale:

$$\varepsilon = - N \cdot d\Phi/dt$$

$$\varepsilon = - d ( N \cdot B \cdot S \cdot \cos \Theta )/dt = - d ( N \cdot B \cdot S \cdot \cos \omega t )/dt$$

$$\varepsilon = - [ ( N \cdot B \cdot S \cdot ( - \operatorname{sen} \omega t \cdot \omega ) ) ] = N \cdot B \cdot S \cdot \omega \cdot \operatorname{sen} \omega t$$

$$\varepsilon = N \cdot B \cdot S \cdot \omega \cdot \operatorname{sen} \omega t =$$

$$= 50 \cdot 0,5 \text{ T} \cdot 12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 8,33 \pi \operatorname{sen} 8,33 \pi t$$

$$\varepsilon = 0,78 \operatorname{sen} 8,33 \pi t$$

Como podemos observar la FEM inducida está dependiendo del tiempo.

**Ejercicio resuelto N° 12**

Una bobina de 300 espiras de 10 cm<sup>2</sup> de superficie, gira con una frecuencia de 40 Hz en un campo magnético uniforme de 0,5 T. ¿Cuál es la fem inducida en la bobina?

El flujo magnético a través de la bobina es:

$$\Phi = N B S \cos \omega t = 300 \cdot 0,5 \text{ T} \cdot 10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \cos 2\pi f t =$$

$$300 \cdot 0,5 \text{ T} \cdot 10 \cdot 10^{-4} \cos 2\pi \cdot 40 t = 0,15 \cos 80 \pi t$$

Según la ley de Faraday, la fuerza electromotriz inducida en la espira vale:

$$\varepsilon = - d\Phi/dt$$

$$\varepsilon = - d(0,15 \cos 80 \pi t)/dt = - [ 0,15 (-\operatorname{sen} 80 \pi t) \cdot 80 \pi ] =$$

$$= 0,15 \cdot 80 \pi \operatorname{sen} 80 \pi t = 37,68 \operatorname{sen} 80 \pi t$$

**Ejercicio resuelto N° 13**

Una espira circular de 35 cm de diámetro gira en un campo magnético uniforme de 30 T de intensidad a razón de 100 vueltas por minuto. Determinar: a) El flujo magnético que atraviesa la espira cuando su plano es perpendicular al campo y cuando forma un ángulo de 30° con la dirección del campo magnético. b) El valor de la f.e.m. media inducida en la espira cuando pasa de la primera a la segunda posición.

---

**Resolución**

Unidades:

$$D = 35 \text{ cm} \cdot 1 \text{ m}/100 \text{ cm} = 0,35 \text{ m} \rightarrow R = 0,35/2 = 0,175 \text{ m}$$

$$\omega = 100 \text{ vueltas}/\text{min} \cdot 2\pi \text{ rad}/\text{vuelta} \cdot 1 \text{ min}/60 \text{ s} = 10,5 \text{ rad/s}$$

$$B = 30 \text{ T}$$

a) la expresión del flujo que atraviesa una espira circular en un campo magnético uniforme viene dada por:

$$\Phi = B.S.\cos \varphi = B.\pi.R^2.\cos \Theta$$

siendo B la intensidad del campo magnético, S el área limitada por la espira, R su radio y  $\Theta$  el ángulo que forma la perpendicular al plano de la espira con la dirección del campo. En la primera posición el ángulo  $\Theta_1 = 0^\circ$  (el vector campo magnético y vector superficie son paralelos y forman un ángulo de  $0^\circ$ ) y por lo tanto:

$$\Phi_1 = 30.\pi.(0,175 \text{ m})^2.\cos 0^\circ = 39,4 \text{ Wb}$$

En la segunda posición el vector campo magnético forma con el plano de la espira un ángulo de 30°, luego con respecto al vector superficie será:

$$\Theta_2 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

y entonces:

$$\Phi_2 = 30.\pi.(0,175 \text{ m})^2.\cos 60^\circ = 19,7 \text{ Wb}$$

## PROBLEMAS RESUELTOS DE LA LEY DE FARADAY Y DE LA LEY DE LENZ

b) De acuerdo con la ley de Faraday-Henry, la f.e.m. media inducida en una espira en un intervalo de tiempo  $\Delta t$  viene dada por:

$$\varepsilon = - \Delta\Phi/\Delta t = -(\Phi_2 - \Phi_1)/\Delta t$$

siendo  $\Delta t$  el intervalo de tiempo que transcurre entre una y otra posición. Dado que el movimiento de rotación es uniforme, se cumple la relación:

$$\varepsilon_m = - \Delta\Phi/\Delta t$$

$$\omega = \theta/t \rightarrow 60^\circ - 0 / t$$

$$60 \text{ } 0^\circ \cdot 2\pi \text{ rad}/360 \text{ } 0^\circ = 1,04 \text{ rad}$$

$$t = 1,04 \text{ rad}/10,5 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} = 0,099 \text{ s}$$

Sustituyendo el valor de  $\Delta\Phi$  y de  $\Delta t$  en la ley de Faraday-Henry resulta finalmente:

$$\varepsilon_m = -(19,7 - 39,4) \text{ Wb}/0,099 \text{ s} = 198,98 \text{ V}$$

---