62.03 Física II A / 62.04 Física II B / 82.02 Física II

Departamento de Física

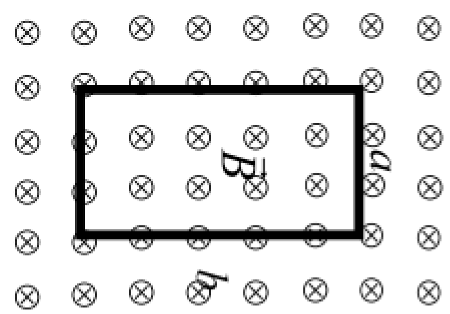
.UBA fiuba
FACULTAD DE INGENIERÍA

FÍSICA II (62.03, 62.04 y 82.02)
Primer Cuatrimestre 2020
(última versión: 1° C. 2020)

FACULTAD DE INGENIERIA
Universidad de Buenos Aires

Guía 7: Inducción electromagnética.

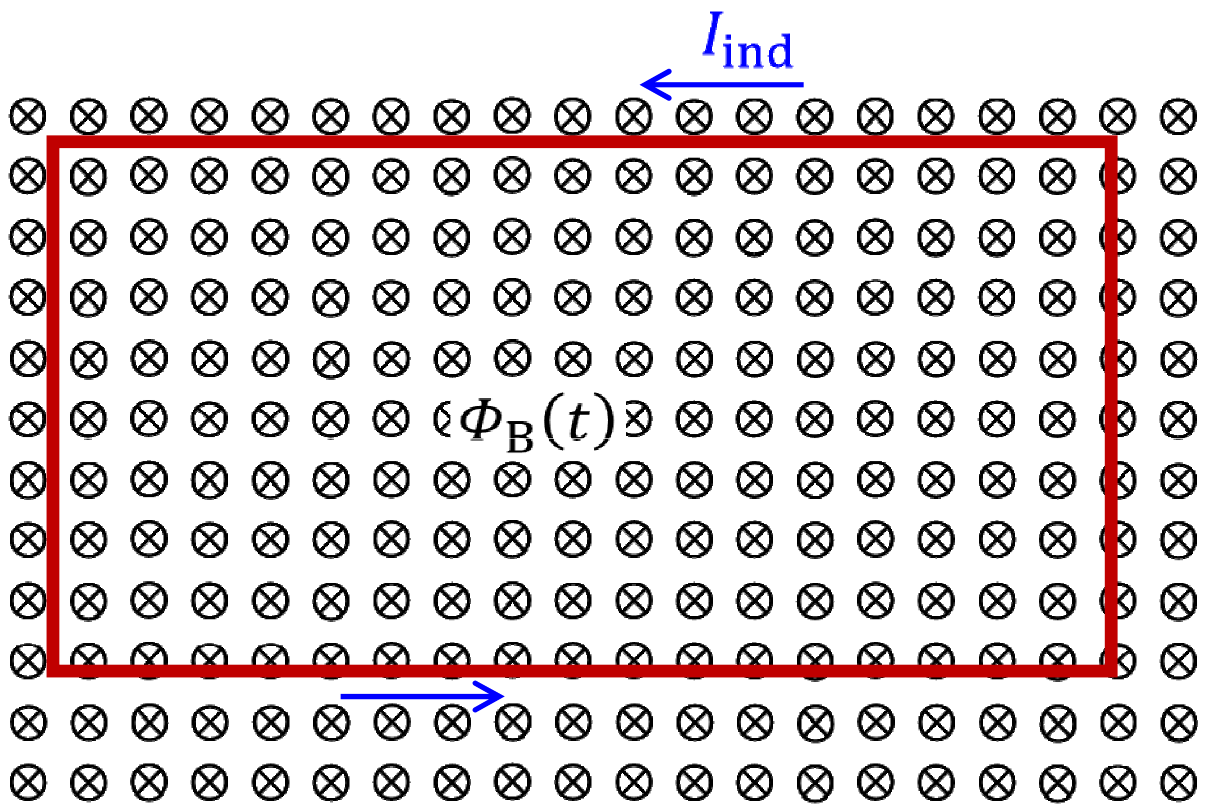
1. La bobina de la figura está dentro de un campo $\vec{B}$ normal a su plano que varía como B = (0.04 + 0.01 t) T, para t medido en segundos. Si la bobina tiene 50 espiras, determinar el valor de la f.e.m. inducida en la bobina en función del tiempo e indique su sentido. Considere que a = 5 cm y b=10 cm.



Primer problema para aplicar la ley de Faraday-Lenz

¿Qué dice esta ley para una espira como la del problema?

Faraday/Lenz: siempre que un flujo magnético variable atraviesa un circuito, se induce una fem **ε** en este. cuya magnitud es directamente proporcional a la intensidad del cambio del flujo magnético respecto al tiempo. (McKelvey).



$$\mathcal{E} = -N\frac{d\Phi_B}{dt}$$

En un circuito conductor cerrado, la corriente inducida aparece en una dirección tal que ésta se opone al cambio que la produce.

Nota: en la Ley de Faraday no interviene la R (resistencia del circuito). Significa que si la espira NO es conductora no circula corriente pero sigue existiendo la fem. (Recordar Ley de Ohm I=ε/R. Si nos dan la R puedo calcular la Iinducida).

¿Cuándo cambia el flujo?

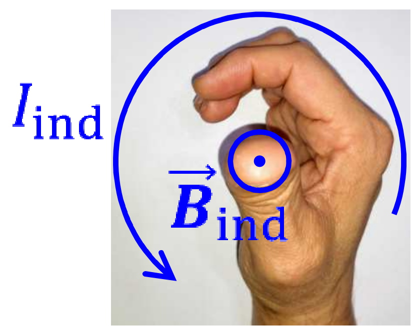
$$\Phi_{\mathrm{B}}^{\mathrm{esp}} = \iint_{S(C)} \vec{\boldsymbol{B}} \cdot \overline{\mathrm{d}S}$$

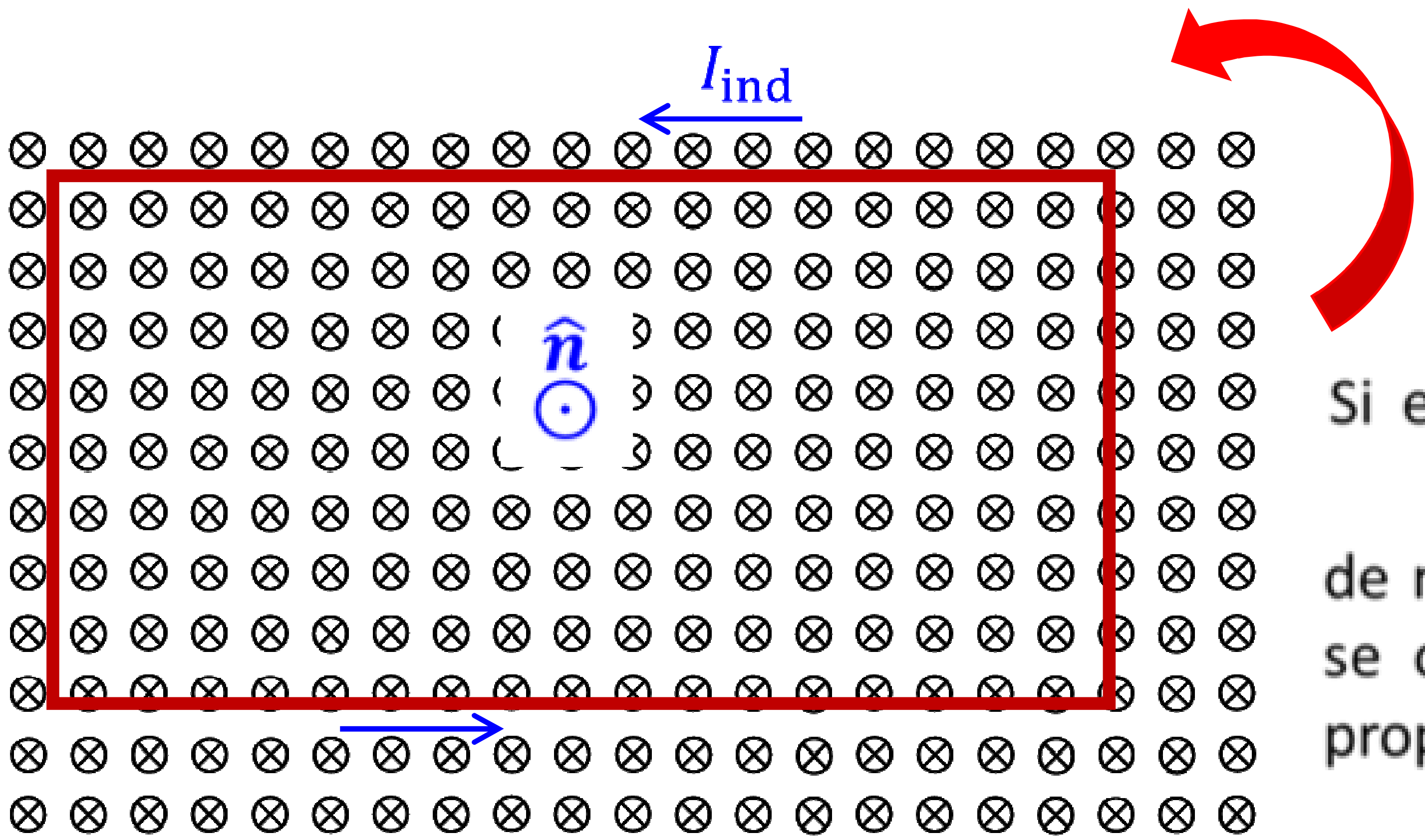
- Cuando un campo magnético varía en el tiempo, es decir, un B(t).
- Cuando hay un cambio en el área que concatena el flujo magnético. A(t)
- Cuando varía el ángulo que forma el campo magnético con la superficie. Θ (t)
- Cuando hay movimiento relativo y B varía en el espacio.

¿Qué dice esta ley para una espira como la del problema?

$$\Phi_B = \iint_{S(C)} \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{S}$$

El sentido de la normal y de la circulación lo defino yo.



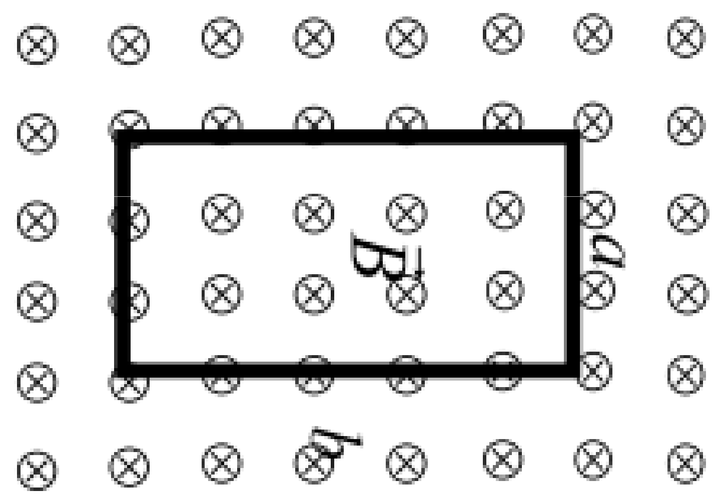


Si el flujo aumenta en el sentido del campo $\vec{B}$ la corriente circula de modo que el campo inducido $\vec{B}_{\text{ind}}$ se orienta en oposición para que su propio flujo se oponga a tal aumento.

Volviendo al problema…

La bobina de la figura está dentro de un campo $\vec{B}$ normal a su plano que varía como $B = (0{,}04 + 0{,}01\ t)\ \mathrm{T}$, para t medido en segundos. Si la bobina tiene 50 espiras, determinar el valor de la f.e.m. inducida en la bobina en función del tiempo e indique su sentido. Considere que $a = 5\ \mathrm{cm}$ y $b = 10\ \mathrm{cm}$.

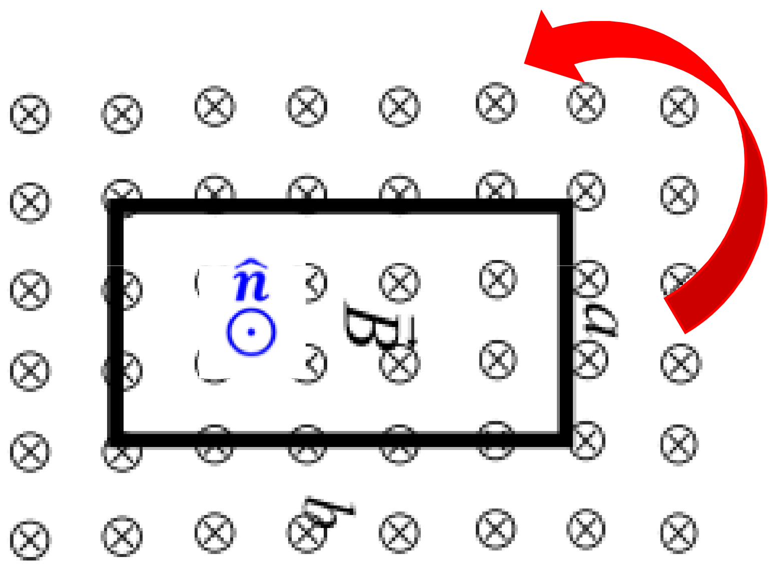
$B(t) = 0{,}04\ \mathrm{T} + 0{,}01 \frac{\mathrm{T}}{\mathrm{s}}\ t$, es el valor del campo en el Sistema Internacional de Unidades



Volviendo al problema…

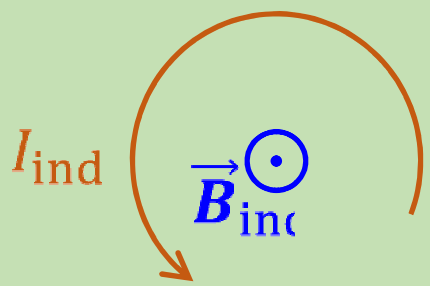
La bobina de la figura está dentro de un campo $\vec{\boldsymbol{B}}$ normal a su plano que varía como $B = (0{,}04 + 0{,}01\ t)\ \mathrm{T}$, para t medido en segundos. Si la bobina tiene 50 espiras, determinar el valor de la f.e.m. inducida en la bobina en función del tiempo e indique su sentido. Considere que $a = 5\ \mathrm{cm}$ y $b = 10\ \mathrm{cm}$.

$B(t) = 0{,}04\ \mathrm{T} + 0{,}01\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{s}}\ t$, es el valor del campo en el Sistema Internacional de Unidades



Anticipamos:

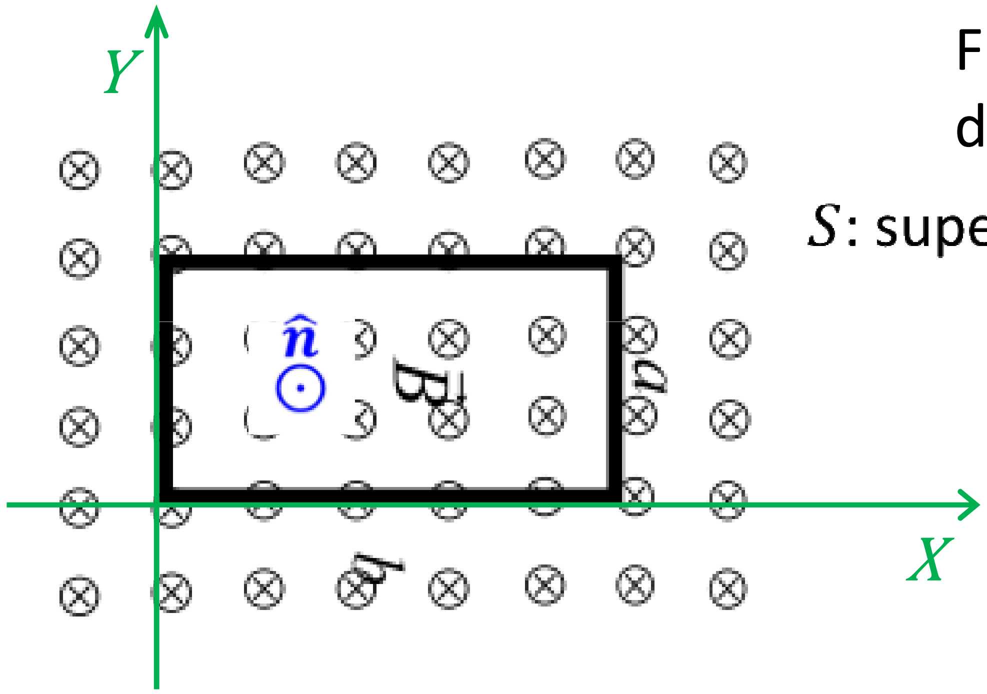
Como el flujo aumenta hacia adentro, la corriente inducida debe generar un campo saliente. La corriente debe circular en sentido antihorario.



Volviendo al problema…

La bobina de la figura está dentro de un campo $\vec{\boldsymbol{B}}$ normal a su plano que varía como $B = (0{,}04 + 0{,}01\ t)\ \mathrm{T}$, para t medido en segundos. Si la bobina tiene 50 espiras, determinar el valor de la f.e.m. inducida en la bobina en función del tiempo e indique su sentido. Considere que $a = 5\ \mathrm{cm}$ y $b = 10\ \mathrm{cm}$.

$B(t) = 0{,}04\ \mathrm{T} + 0{,}01 \frac{\mathrm{T}}{\mathrm{s}}\ t$, es el valor del campo en el Sistema Internacional de Unidades



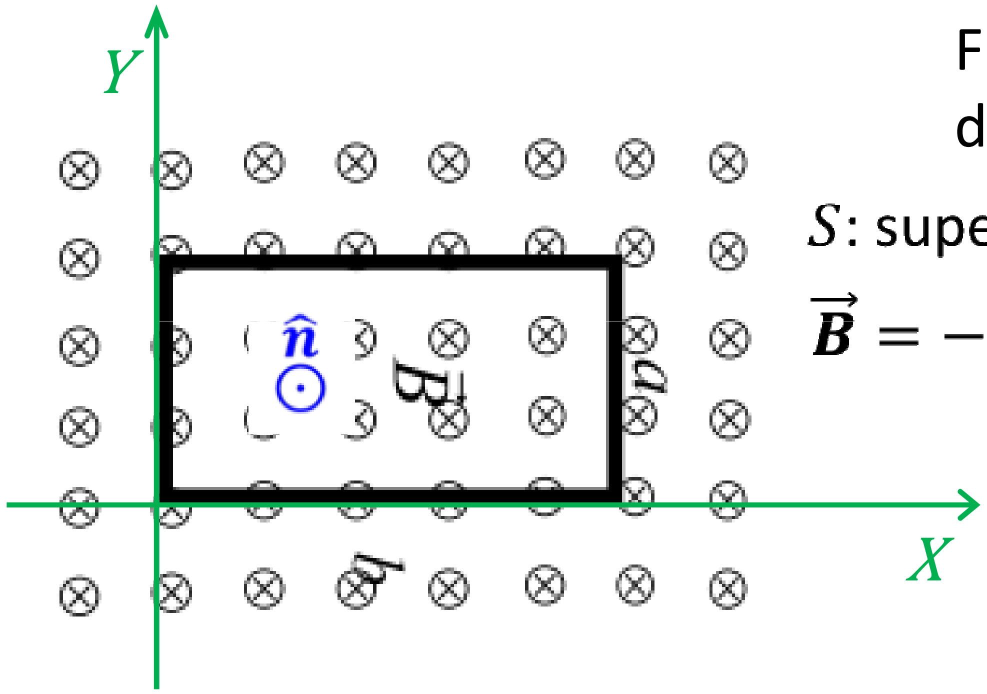
Flujo a través de una espira $\quad \Phi_{\mathrm{B}}^{\mathrm{esp}} = \iint_{S(C)} \vec{\boldsymbol{B}} \cdot \overline{\mathrm{d}S}$

S: superficie limitada por el rectángulo C de lados a y b.

Volviendo al problema…

La bobina de la figura está dentro de un campo $\vec{\boldsymbol{B}}$ normal a su plano que varía como $B = (0{,}04 + 0{,}01\ t)\ \mathrm{T}$, para t medido en segundos. Si la bobina tiene 50 espiras, determinar el valor de la f.e.m. inducida en la bobina en función del tiempo e indique su sentido. Considere que $a = 5\ \mathrm{cm}$ y $b = 10\ \mathrm{cm}$.

$B(t) = 0{,}04\ \mathrm{T} + 0{,}01\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{s}}\ t$, es el valor del campo en el Sistema Internacional de Unidades



Flujo a través de una espira $\qquad \Phi_{\mathrm{B}}^{\mathrm{esp}} = \iint_{S(C)} \vec{\boldsymbol{B}} \cdot \hat{\boldsymbol{n}}\ \mathrm{d}S$

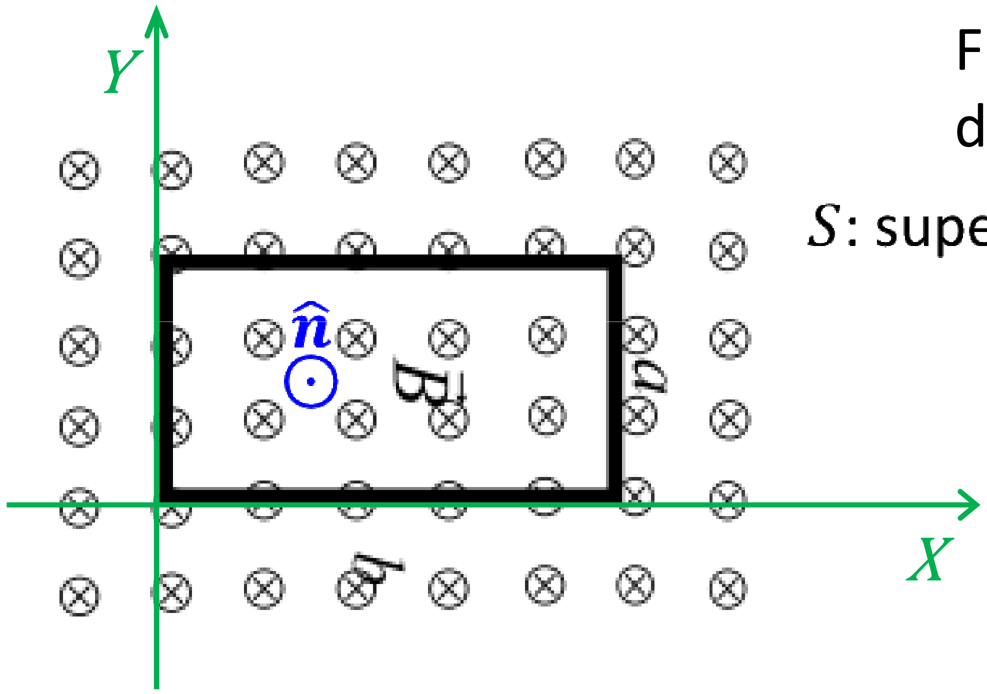
S: superficie limitada por el rectángulo C de lados a y b.

$\vec{\boldsymbol{B}} = -B(t)\ \hat{\boldsymbol{z}}$

Volviendo al problema…

La bobina de la figura está dentro de un campo $\vec{\boldsymbol{B}}$ normal a su plano que varía como $B = (0{,}04 + 0{,}01\ t)\ \mathrm{T}$, para t medido en segundos. Si la bobina tiene 50 espiras, determinar el valor de la f.e.m. inducida en la bobina en función del tiempo e indique su sentido. Considere que $a = 5\ \mathrm{cm}$ y $b = 10\ \mathrm{cm}$.

$B(t) = 0{,}04\ \mathrm{T} + 0{,}01 \frac{\mathrm{T}}{\mathrm{s}}\ t$, es el valor del campo en el Sistema Internacional de Unidades



Flujo a través de una espira $\quad \Phi_{\mathrm{B}}^{\mathrm{esp}} = \iint\limits_{S(C)} \vec{\boldsymbol{B}} \cdot \hat{\boldsymbol{n}}\ \mathrm{d}S$

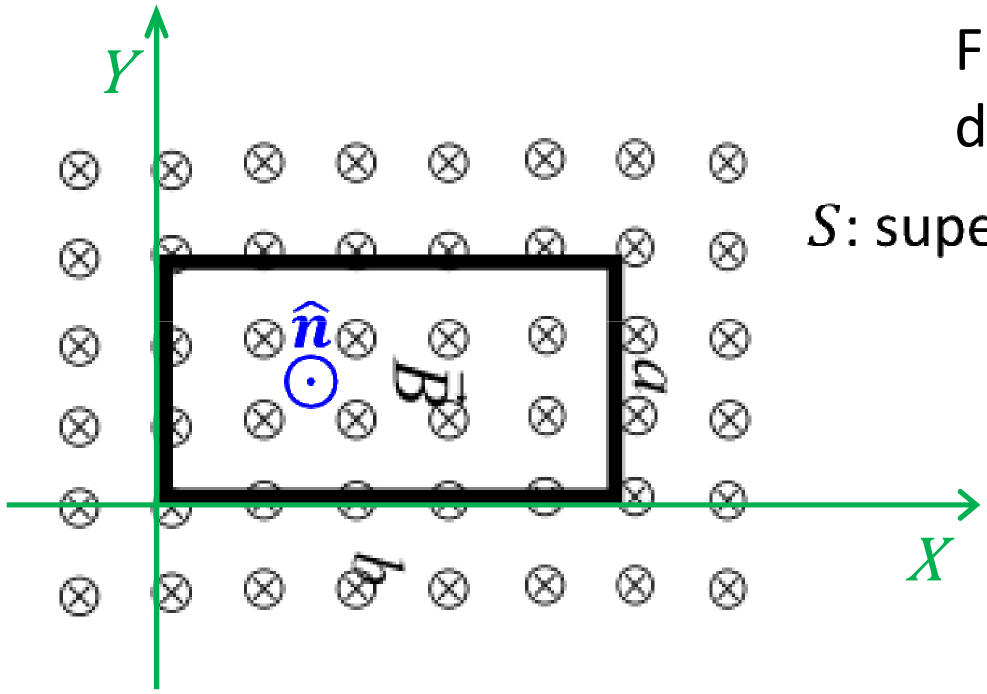
S: superficie limitada por el rectángulo C de lados a y b.

$$\vec{\boldsymbol{B}} = -B(t)\ \hat{\boldsymbol{z}} \qquad \hat{\boldsymbol{n}} = \hat{\boldsymbol{z}}$$

Volviendo al problema…

La bobina de la figura está dentro de un campo $\vec{\boldsymbol{B}}$ normal a su plano que varía como $B = (0{,}04 + 0{,}01\ t)\ \mathrm{T}$, para t medido en segundos. Si la bobina tiene 50 espiras, determinar el valor de la f.e.m. inducida en la bobina en función del tiempo e indique su sentido. Considere que $a = 5\ \mathrm{cm}$ y $b = 10\ \mathrm{cm}$.

$B(t) = 0{,}04\ \mathrm{T} + 0{,}01\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{s}}\ t$, es el valor del campo en el Sistema Internacional de Unidades



Flujo a través de una espira $\Phi_{\mathrm{B}}^{\mathrm{esp}} = \iint_{S(C)} \vec{\boldsymbol{B}} \cdot \hat{\boldsymbol{n}}\ \mathrm{d}S$

S: superficie limitada por el rectángulo C de lados a y b.

$\vec{\boldsymbol{B}} = -B(t)\ \hat{\boldsymbol{z}} \quad \hat{\boldsymbol{n}} = \hat{\boldsymbol{z}}$

$\mathrm{d}S = \mathrm{d}x\ \mathrm{d}y,$

con x desde 0 hasta b e y desde 0 hasta a

Flujo a través de la espira

$$\Phi_{\mathrm{B}}^{\mathrm{esp}} = \iint\limits_{\mathrm{S(C)}} \vec{\boldsymbol{B}} \cdot \hat{\boldsymbol{n}}\, \mathrm{d}S = \int_0^a \int_0^b -B(t)\, \hat{\boldsymbol{z}} \cdot \hat{\boldsymbol{z}}\, \mathrm{d}x\, \mathrm{d}y$$

$$= -B(t)\, \hat{\boldsymbol{z}} \cdot \hat{\boldsymbol{z}} \int_0^b \mathrm{d}x \int_0^a \mathrm{d}y$$

$$= -B(t)\, ba$$

$$\Phi_{\mathrm{B}}^{\mathrm{esp}} = -(0{,}04 + 0{,}01\, t) ba$$

Flujo a través **de una** espira

$$\Phi_{\mathrm{B}}^{\mathrm{esp}} = \iint_{S(C)} \vec{\boldsymbol{B}} \cdot \hat{\boldsymbol{n}}\, \mathrm{d}S = \int_0^a \int_0^b -B(t)\, \hat{\boldsymbol{z}} \cdot \hat{\boldsymbol{z}}\, \mathrm{d}x\, \mathrm{d}y$$

$$= -B(t)\, \hat{\boldsymbol{z}} \cdot \hat{\boldsymbol{z}} \int_0^b \mathrm{d}x \int_0^a \mathrm{d}y$$

$$= -B(t)\, ba$$

$$\boxed{\Phi_{\mathrm{B}}^{\mathrm{esp}} = -(0{,}04 + 0{,}01\, t) ba}$$

fem inducida **en UNA** espira

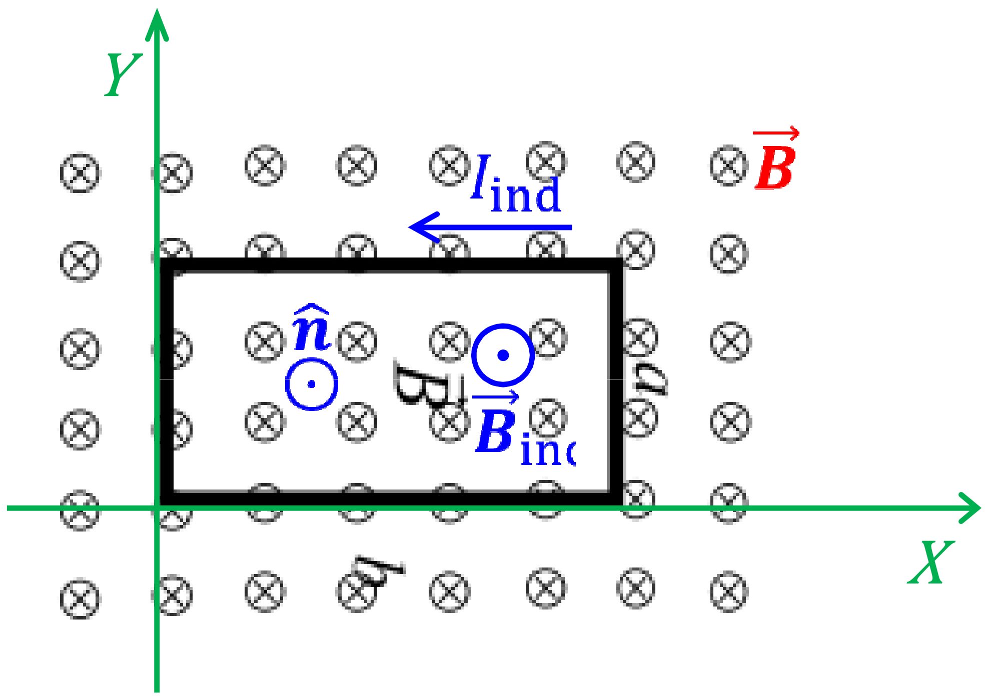
$$\mathcal{E}_{\mathrm{ind}}^{\mathrm{esp}} = -\frac{\mathrm{d}\Phi_{\mathrm{B}}^{\mathrm{esp}}}{\mathrm{d}t}$$

$$= -\frac{d}{dt}[-(0{,}04 + 0{,}01\, t) ba]$$

$$\boxed{= 0{,}01\, ba}$$

$$= 0{,}01 \frac{\mathrm{T}}{\mathrm{s}}\ 0{,}10\ \mathrm{m}\ \ 0{,}05\ \mathrm{m}$$

$$\boxed{\mathcal{E}_{\mathrm{ind}}^{\mathrm{esp}} = 5\ 10^{-5}\ \mathrm{V}}$$



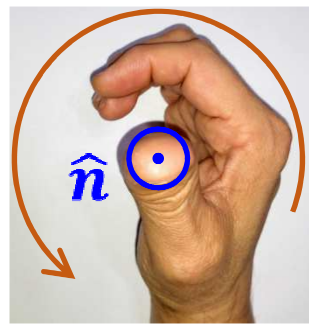
fem inducida **en la bobina**

$$\mathcal{E}_{\mathrm{ind}}^{\mathrm{bob}} = N\mathcal{E}_{\mathrm{ind}}^{\mathrm{esp}} = -N\frac{\mathrm{d}\Phi_{\mathrm{B}}^{\mathrm{esp}}}{\mathrm{d}t}$$

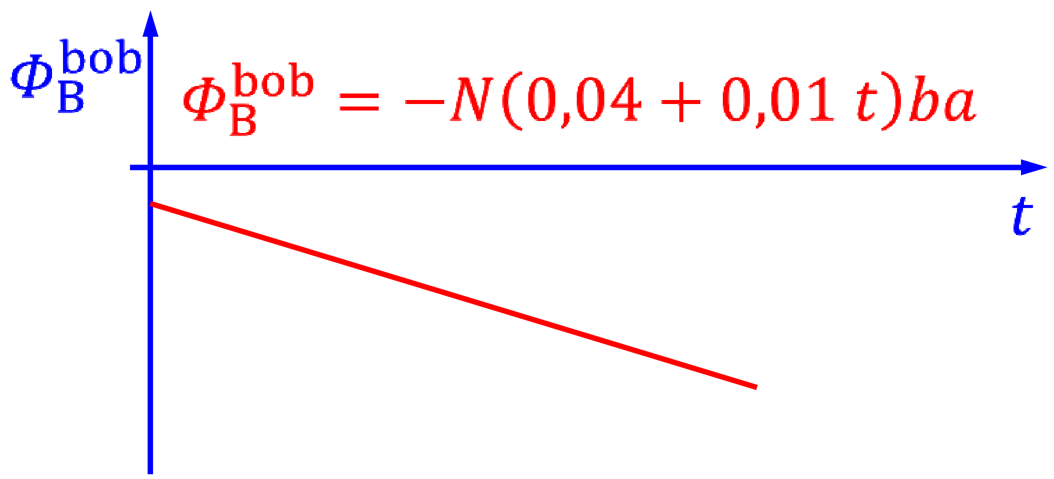
$$= 50\,.\,5\;10^{-5}\ \mathrm{V}$$

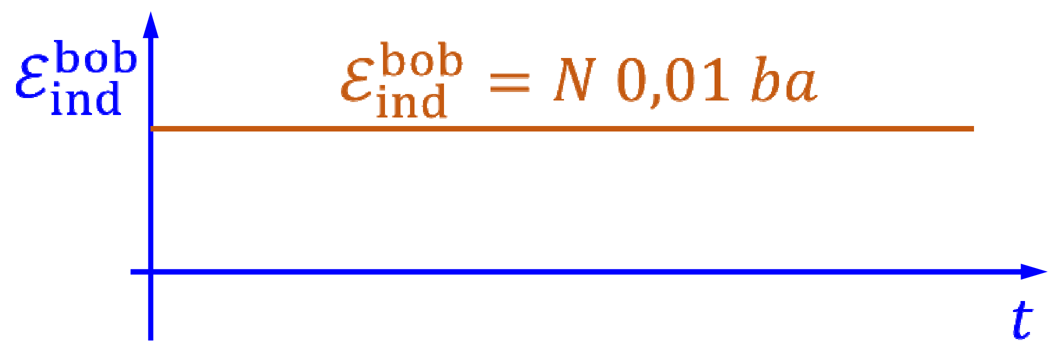
$$\boxed{\mathcal{E}_{\mathrm{ind}}^{\mathrm{bob}} = 2{,}50\ \mathrm{mV}}$$

$$\mathcal{E}_{\mathrm{ind}}^{\mathrm{bob}} > 0 \;\Rightarrow\; I_{\mathrm{ind}}$$



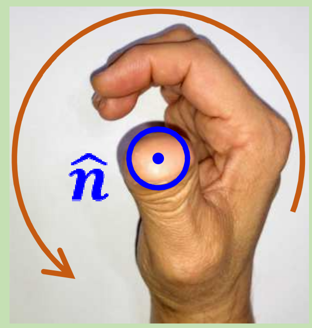
El sentido de circulación positivo lo define la normal que elegimos. Si la fem que obtenemos es positiva, quiere decir que va en ese sentido de circulación.





$$\mathcal{E}_{\mathrm{ind}}^{\mathrm{bob}} = 2{,}50\ \mathrm{mV}$$

$$\mathcal{E}_{\mathrm{ind}}^{\mathrm{bob}} > 0 \Rightarrow I_{\mathrm{ind}}$$

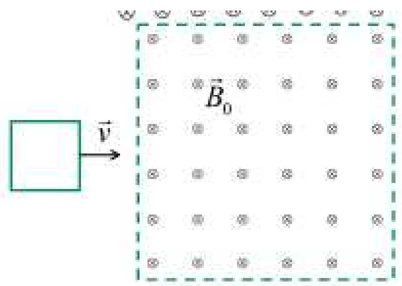


Ley de Faraday-Lenz $$\mathcal{E}_{\text{ind}} = -\frac{\mathrm{d}\Phi_{\mathrm{B}}}{\mathrm{d}t}$$

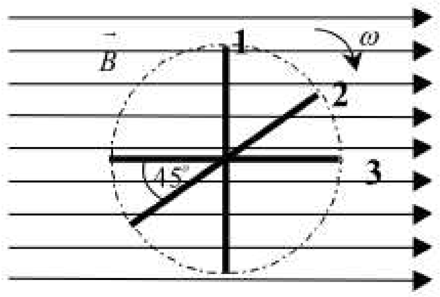
$$\Phi_{\mathrm{B}} \equiv \iint_{S(C)} \vec{\boldsymbol{B}} \cdot \hat{\boldsymbol{n}}\, \mathrm{d}S = \iint_{S(C)} \left|\vec{\boldsymbol{B}}\right| \cos \alpha\left(\vec{\boldsymbol{B}}, \hat{\boldsymbol{n}}\right) \mathrm{d}S$$

Otras variantes, en otros problemas

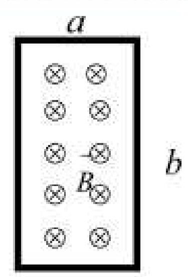
2. El cuadro de la figura de 5 cm de lado, que se mueve a una velocidad uniforme de 3 m/s, penetra en una región de 20 cm de lado donde hay un campo $\vec{B}$ uniforme y normal a la dirección del movimiento de B = 0.2 T. Si el cuadro está formado por *50* espiras, determinar y graficar el valor de la f.e.m. inducida sobre él en función de su posición y el sentido de la corriente inducida.



3. Una bobina rectangular con de lados a = 5 cm y b = 10 cm, formada por 100 espiras gira con una frecuencia angular constante de 1500 *r.p.m.* en un campo $\vec{B}$ uniforme con B = 1 T. Graficar el valor de la f.e.m. inducida en función del ángulo de giro y hallar sus valores en las posiciones 1, 2 y 3.



Vista lateral

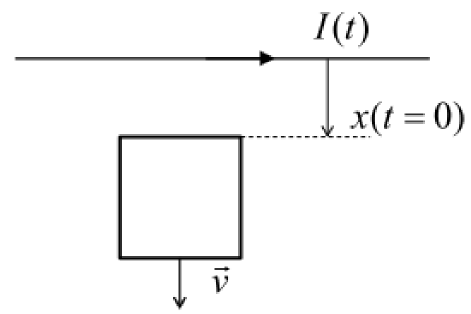


Posición **1**

4. Un conductor rectilíneo muy largo lleva una corriente variable en el tiempo $I(t)$.

a) Calcular el coeficiente de inducción mutua entre el conductor rectilíneo infinito y una espira cuadrada de lado a y N vueltas de alambre cuando ésta se encuentra a una distancia D del cable.

b) Si el cuadro se aleja con velocidad constante $\vec{\boldsymbol{v}}$, calcular la fuerza electromotriz inducida en el cuadro. Considerar $x(0) = D$ (ver figura).



5. La barra metálica AB de largo L=20cm y resistencia R= 10 Ω desliza sobre un par de rieles conductores muy largos y de resistencia despreciable (ver figura) y se desplaza con velocidad constante v=10m/s. Todo el conjunto se encuentra inmerso en un campo B_0=1T. Calcular

a) la fuerza electromotriz inducida, la corriente inducida y el sentido de la misma.

b) el valor de la fuerza necesaria para que la velocidad de la barra se mantenga constante.

c) la potencia disipada por la resistencia y la entregada por el agente externo que hace que se mueva con velocidad constante.

d) ¿Cómo evoluciona la velocidad de la barra en función del tiempo si se suprime la fuerza ejercida por el agente externo?