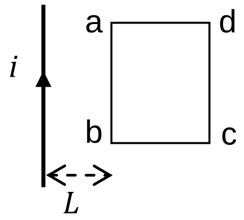
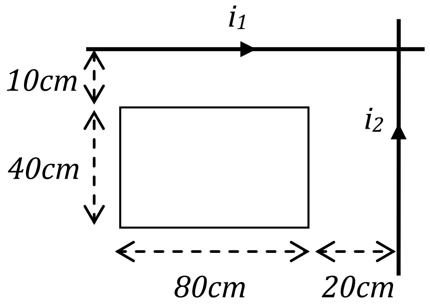
# *Fenómenos de inducción magnética*

***Ejercicio 1*:** por el conductor recto de la figura circula una corriente de 10A. Para los valores ab=cd=5cm; bc=da=2cm; L=1cm




a) calcule el valor del flujo que atraviesa a la espira abcd;
b) discuta si al invertir la corriente se modifica el resultado anterior;
c) calcule el valor del flujo que atraviesa a la espira abcd, pero suponiendo ahora que el lado bc es el que está enfrentado al cable;
d) suponga que en la situación (a) la superficie de la espira se redujera a la mitad ¿el flujo cambia a la mitad o depende de la manera geométrica en que se reduce la superficie?

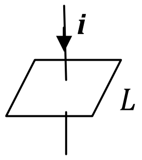
a) $\phi=1{,}1\times10^{-7}$ Wb; b) el valor no se modifica porque también puede invertirse $d\boldsymbol{S}$;
c) $\phi=7{,}17\times10^{-8}$ Wb; d) depende de la manera geométrica en que se reduce el área.




***Ejercicio 2*:** una bobina de 50 espiras se halla próxima a dos conductores por los que circulan corrientes de intensidades $i_1$=50A e $i_2$=200A, respectivamente. La bobina y los conductores son coplanares. Calcule:
a) el flujo magnético que atraviesa la espira;
b) el valor que tendría que tener $i_2$ para que el flujo fuera nulo.

a) $\phi=6{,}44\times10^{-4}$ Wb; b) 100A.

***Ejercicio 3:*** Un cable rectilíneo (que puede considerarse infinito) transporta una corriente de intensidad $i$(t) como muestra la figura. Este alambre es perpendicular al plano de la espira cuadrada de lado $L$ a la que atraviesa por su centro ¿Cuánto vale la fem inducida en la espira? Justifique su respuesta.




Las líneas del campo magnético generado por la corriente del alambre son tangentes al plano de la espira, en consecuencia generan un flujo de inducción magnética igual a cero y constante en el tiempo, por lo tanto la fem inducida en la espira vale cero.

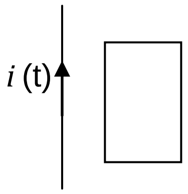
***Ejercicio 4:*** un solenoide de 500 vueltas, radio $r_S$=0,5cm, longitud $L$=20cm, está circulado por una corriente $i$=10A. En el interior del solenoide hay una pequeña bobina de 10 vueltas, radio $r_B$=0,3cm y resistencia total $R$=0,2Ω. Si el campo de inducción se invierte en 0,2 seg, calcule la cantidad de carga que por unidad de tiempo circula por la bobina interior.

Como $L>>r_S$, vale aproximar por solenoide infinito. En esa hipótesis, circulan 22,2 μC/seg

***Ejercicio 5*:** Una bobina de 20 espiras circulares de 1cm de radio está colocada en un campo uniforme y estacionario de intensidad $B$ = 0,8 T, de tal forma que el flujo de inducción magnética $\Phi_B$ es máximo. La resistencia total del circuito es de 5 Ω. Halle la carga total que circula por dicho circuito si la bobina es rápidamente girada hasta anular el flujo $\Phi_B$.

$$|\varepsilon| = N\frac{d\phi}{dt} = iR = \frac{dq}{dt}\,R \;\Rightarrow\; Q = N\frac{\Delta\phi}{R} = \frac{N\,B\,\pi r^2}{R} = 1\times 10^{-3}\,C$$

***Ejercicio 6:*** La figura, muestra un alambre "infinito" y una bobina rectangular. Indique la dirección de la corriente inducida en cada uno de los siguientes casos




a) la bobina se acerca al cable y la corriente $i$ (t) aumenta;

b) la corriente $i$ (t) disminuye y la bobina está en reposo respecto del cable;

c) la bobina gira alrededor del cable con velocidad angular constante ω, manteniendo su condición coplanar con el cable y su distancia a él, y la corriente es constante;

d) la bobina se achica, fija en su posición, y la corriente es constante;

e) la bobina se agranda, fija en su posición, y la corriente es constante.

a) sentido antihorario porque el flujo debido al campo externo crece;

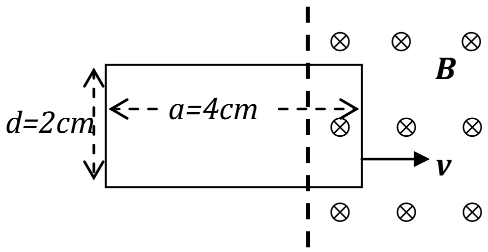
b) sentido horario porque el flujo debido al campo externo decrece;

c) no circula corriente inducida porque el flujo es constante;

d) sentido horario porque el flujo debido al campo externo decrece;

e) sentido antihorario porque el flujo debido al campo externo crece.

***Ejercicio 7:*** la espira rectangular de la figura se introduce a velocidad constante $\vec{v} = 0{,}25\ cm/seg\ (\hat{e}_x)$ en una región semiinfinita (idealizada) del espacio en la que existe un campo magnético uniforme $\vec{B} = 3T\ (-\hat{e}_z)$. Si la resistencia eléctrica de la espira es de 0,5Ω, calcule:




a) el flujo que atraviesa la espira en función del tiempo;

b) la fem inducida en la espira en función del tiempo;

c) la corriente que se induce en la espira (valor y sentido de circulación);

d) la fuerza que debe realizarse para mantener a la espira en movimiento uniforme.

a) $\phi(t) = (Bdv)t$ $t \le 16\ seg$; $\phi(t)=Bda$ $t>16\ seg$; b) $\mathcal{E}=Bdv$ $t\le 16\ seg$; $\mathcal{E}=0$ $t>16\ seg$;

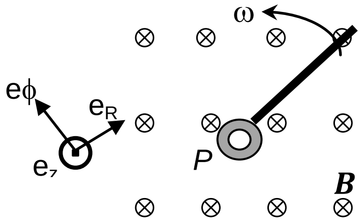
c) $i=0{,}3\ mA$ en sentido antihorario $t\le 16\ seg$ $i=0$ $t>16\ seg$;

d) $\vec{F} = idB\ (-\hat{e}_x) = 1{,}8\times 10^{-5}N\ (-\hat{e}_x)$ $t\le 16\ seg$

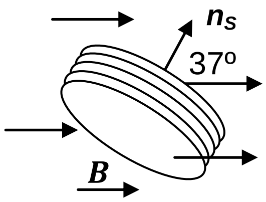
***Ejercicio 8:*** la barra metálica de longitud $L$ de la figura gira con velocidad angular constante $\omega$ solidaria al pivote $P$, sumergida en un campo magnético uniforme $\vec{B} = B_0\,(-\hat{e}_z)$.

a) halle la expresión de la fem inducida en la barra;

b) indique el sentido de circulación que tendría la corriente inducida en la barra.



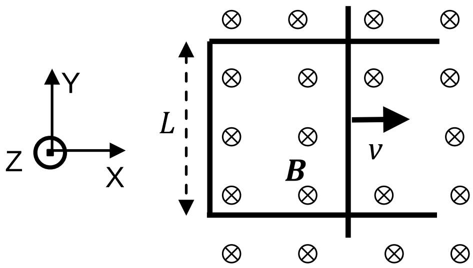

a) $\mathcal{E} = B_0 L^2 \omega/2$  b) en sentido radial entrante, hacia el pivote P.




***Ejercicio 9:*** La bobina de la figura, de radio $r$ =10cm, tiene 5 vueltas y se halla inmersa en un campo magnético espacialmente uniforme $\vec{B}_{EXT} = \alpha\, t^2\, \hat{e}_X$ (***n***$_S$ representa la normal a la superficie de la espira). Para $\alpha$ = *0,04 Tseg*$^{-2}$, calcule la fem inducida en la bobina como función del tiempo.

$$|\varepsilon| = N \iint \frac{\partial \vec{B}_{EXT}}{\partial t} \cdot d\vec{S} = 2N\alpha\, t\, \pi r^2 cos37° \;= 10^{-2}\, t\; V$$

***Ejercicio 10:*** la barra metálica de la figura desliza idealmente en contacto con un cuadro metálico en presencia de un campo magnético externo uniforme $\vec{B} = 0{,}5T\,(-\hat{e}_z)$. La resistencia eléctrica del conjunto es de 0,2 $\Omega$, $L$=0,5m y velocidad de la barra es uniforme y vale $\vec{v} = 4\, m/seg\,(\hat{e}_x)$.




a) calcule el valor de la fem inducida;

b) indique y justifique el sentido de circulación de la corriente inducida;

c) calcule el valor de la fuerza externa que se requiere para mantener la velocidad constante;

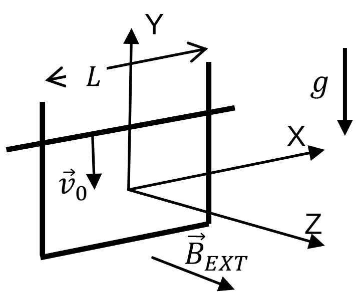
d) calcule la potencia que se disipa por efecto Joule y compárela con la desarrollada por la fuerza externa.

a) $\mathcal{E}$=1V; b) la corriente inducida circula en sentido antihorario; c) ***F***= 1,25 N **e**$_x$; d) P=5W.

***Ejercicio 11:*** La figura muestra una barra metálica móvil que desliza idealmente en contacto con un cuadro metálico en presencia de un campo magnético externo uniforme. La barra tiene masa $M$ y cae con velocidad constante $v_0$. Suponiendo que el cuadro completo tiene resistencia eléctrica $R$ (que no varía con el movimiento de la barra).

a) justifique claramente la dirección de la corriente inducida en el cuadro;

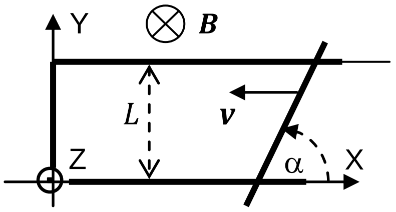
b) halle la expresión de la velocidad de caída de la barra (en términos de $M, g, B, L$).



a) sentido antihorario porque el flujo dentro del cuadro disminuye y la corriente inducida tiende a reforzarlo.

b) $$v_0 = \frac{M\ g\ R}{B^2 L^2}$$

***Ejercicio 12:*** el dispositivo de la figura consiste en un marco metálico, uno de cuyos lados forma un ángulo α con la horizontal y puede moverse con velocidad $\boldsymbol{v}$. El marco está colocado en una región del espacio en la que existe un campo magnético $\boldsymbol{B}$.




a) indique el sentido en el que circula la corriente inducida en el cuadro si $v$=0 y $\boldsymbol{B}(t) = B_0\ e^{-bt}\ (-\mathbf{e}_z)$, b>0;

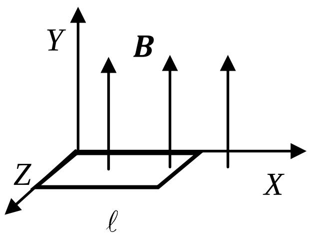
b) halle la expresión del flujo de campo ∀t>0 si $\boldsymbol{B}=B_0\ (-\mathbf{e}_z)$ y $\boldsymbol{v}= v_0\ (-\mathbf{e}_x)$.

c) si la barra tiene resistencia propia $R$, halle la expresión de la fuerza de frenado en función del tiempo.

a) circula en sentido horario, tratando de reforzar el campo en el interior de la espira, que se extingue;

b) $\phi = LB_0 v_0\ t$

c) $\boldsymbol{F}=L^2\ B_0^2\ v_0\ (\boldsymbol{e}_x - cotg\ \alpha\ \boldsymbol{e}_Y)\ /R$




***Ejercicio 13:*** la espira cuadrada de lado $\ell$ de la figura está en reposo, ubicada en el plano $XZ$ y en presencia de un campo magnético externo que varía temporalmente como $\vec{B}(t) = B_0.e^{-\alpha t}\ j$ con α > 0.

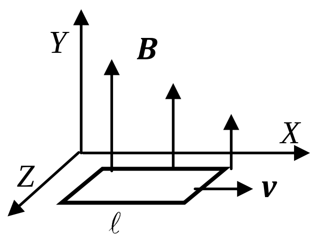
a) Indique y justifique cuál es el sentido de circulación de la corriente inducida en la espira.

b) Halle la expresión del módulo de la fem inducida en la espira.

a) el campo externo disminuye, la corriente inducida tiende a reforzarlo, de manera tal que la $i_{IND}$ circula en sentido antihorario.

b) $|\varepsilon| = B_0 \ell^2 \alpha\ e^{-\alpha t}$

***Ejercicio 14:*** la espira cuadrada de lado $\ell$ de la figura se mueve con velocidad uniforme $\vec{v} = v_0 \hat{e}_x$, ubicada en el plano $XZ$ y en presencia de un campo magnético externo que varía espacialmente como $\vec{B}(x) = (\alpha B_0/x^2)\ \hat{y}$. (α, $B_0$ > 0)



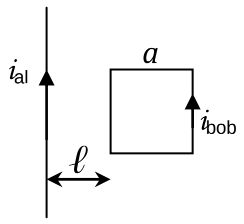

a) indique y justifique cuál es el sentido de circulación de la corriente inducida en la espira.

b) halle la expresión del módulo de la fem inducida en la espira.

a) sentido antihorario, porque tiende a reforzar el campo externo que se extingue;

b) $|\mathcal{E}| = \alpha\, B_0 \ell\, v_0 \left[\frac{1}{x^2} - \frac{1}{(x+\ell)^2}\right] \qquad x > 0$

***Ejercicio 15:*** un alambre recto (y a los efectos prácticos fijo e infinito) conduce una corriente $i_{al}$ = 7A. A una distancia $\ell$ = 10 cm se halla una bobina cuadrada (N=100 vueltas, que puede moverse) de lado $a$ = 25 cm, coplanar con el alambre y por la que circula una corriente $i_{bob}$ = 1 A en sentido antihorario.




a) Calcule la fuerza neta que el campo magnético del alambre le ejerce a la espira en la situación de la figura.

b) Indique claramente y justifique el sentido de la corriente que se induciría en la bobina si alguna fuerza la arrastrara hacia el cable. ($\mu_0$ = 4$\pi$10$^{-7}$ N/A$^2$).

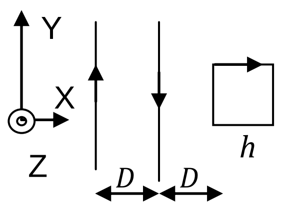
$a)\ \vec{F}_{NETA} = \frac{\mu_0 i_{AL}}{2\pi} a\, i_{bob} \left(\frac{1}{\ell} - \frac{1}{\ell + a}\right)(\hat{e}_x) = 2{,}5 \times 10^{-4}\, (\hat{e}_x)\, N$

b) como el CM externo crecería hacia adentro de la hoja, el CM inducido tendería a disminuirlo y, en consecuencia, apuntaría hacia afuera del papel y, luego, la corriente inducida circularía en sentido antihorario.

***Ejercicio 16:*** por una bobina de 2 cm de radio y 40 cm de longitud, que tiene arrolladas 2000 vueltas de alambre, circula una corriente $i$ (t)=$2\ sen\ (100\pi\, t)$. Calcule: a) el valor del coeficiente de autoinducción $L$ de la bobina; b) la fem autoinducida en función del tiempo.

a) $L$=$15{,}8$ mH; b) $\mathcal{E}$ (t) =$200\pi L\ cos\ (100\pi\, t)$

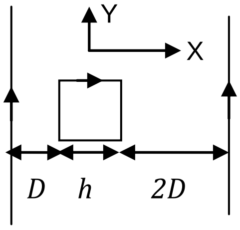
***Ejercicio 17:*** dos cables delgados, paralelos e infinitos, separados una distancia $D$, transportan corrientes de igual intensidad $i_C = i_0 e^{-bt}$ y de sentidos opuestos. A la derecha de uno de ellos, a una distancia $D$, hay un cuadro de $N$ vueltas de sección cuadrada, de lado $h$ y coeficiente de autoinducción $L$, por el que circula una corriente propia $i_{ESP} = i_1\, sen(\omega\, t)$ en sentido horario. Halle la expresión: a) del coeficiente de inducción mutua entre el cuadro y el alambre más lejano;




b) el valor absoluto de la fem inducida en el cuadro en función del tiempo a partir de $t$=$0$.

a) $M = \frac{N\,\mu_0}{2\pi}\, h \ln\left(1 + \frac{h}{2D}\right)$

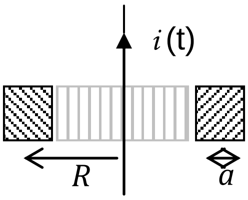
b) $|\mathcal{E}| = |\frac{N\,\mu_0}{2\pi}\, h \left[\ln\left(1 + \frac{h}{D}\right) - \ln\left(1 + \frac{h}{2D}\right)\right] (-b) i_0 e^{-bt} + L\omega\, i_1 \cos(\omega t)\,|$




***Ejercicio 18:*** suponga que se arregla la configuración de corrientes y espiras del ejercicio anterior de la forma en que indica la figura. Discuta y justifique si alguno de los resultados cambia. En particular, analice el valor del coeficiente de inducción mutua entre los alambres y la espira si las corrientes en este arreglo fueran antiparalelas.

Los valores del ítem (a) del ejercicio anterior permanecen inalterados. Los del ítem (b) cambian. Si las corrientes fueran antiparalelas aumenta el valor del coeficiente M porque los dos logaritmos se sumarían.

***Ejercicio 19:*** el alambre recto de la figura transporta una corriente $i$, de valor constante, y pasa por el centro de un toroide de perfil cuadrado de densidad de espiras $n$, radio $R$ y lado $a$, como se muestra en la figura.

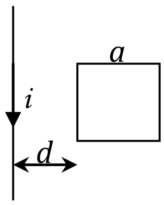



a) halle la expresión del coeficiente de inducción mutua del arreglo;
b) halle la expresión del valor absoluto de la fem inducida en el toroide;
c) discuta y justifique cómo se modifica el resultado anterior si el toroide se cortara a la mitad.

a) $M = R\,n\,\mu_0\,a\ln\left(\frac{R+a}{R-a}\right)$ b) $|\mathcal{E}| = R\,n\,\mu_0\,a\ln\left(\frac{2R+a}{2R-a}\right)\left|\frac{di}{dt}\right|$

c) $M' = M/2$ $\mathcal{E}' = \mathcal{E}/2$.

***Ejercicio 20:*** a una distancia $d$= 25cm de un alambre recto infinito por el que circula una corriente $i$(t) se encuentra una bobina cuadrada de 100 vueltas y lado $a$=10cm.




a) para $i(t) = 0{,}3\,(1-e^{-\beta t})$ A ($\beta$=0,1 seg$^{-1}$) y la espira en reposo respecto del alambre, calcule el valor absoluto de la fem inducida en función del tiempo e indique el sentido de circulación de la corriente inducida en la espira;
b) estime el tiempo que transcurre hasta que se anula la fem;
c) calcule el valor absoluto de la fem inducida en función de la posición e indique el sentido de circulación de la corriente inducida en la espira para $i(t) = i_0$ constante y la espira acercándose al alambre con velocidad constante $v$.

a) $|\mathcal{E}| = 2\times10^{-8}\,e^{-\beta t}$ V; la corriente inducida circula en sentido horario porque tiende a generar un flujo que disminuya el flujo externo, que crece.
b) la función $e^{-\beta t}$ se hace prácticamente nula para $\beta t \sim 5$, de modo tal que la corriente se hace constante en t ~ 5/$\beta$ = 50 seg y con $i$=constante se anula la fem inducida.
c) la corriente inducida circula en sentido horario porque tiende a generar un flujo que disminuya el flujo externo, que crece porque la espira se acerca al alambre.

$$|\mathcal{E}| = N\frac{\mu_0\,i_0\,a}{2\pi}\,\frac{1}{a+x}\left(\frac{a}{x}\right)\,v$$

***Ejercicio 21:*** un solenoide de radio $r_1$, longitud $\ell_1$ y $N_1$ vueltas se halla en el interior de otro solenoide, de radio $r_2 >> r_1$, $N_2$ vueltas y longitud $\ell_2 >> \ell_1$. Los solenoides son coaxiales y por el externo circula una corriente variable de la forma $i_2(t) = 2$ sen $(10seg^{-1}$ t) A. Suponiendo $r_1 = 10$ cm y que la bobina exterior tiene $N_2$= 1000 vueltas/cm ≡ $10^5$ vueltas/m, a primer orden calcule:

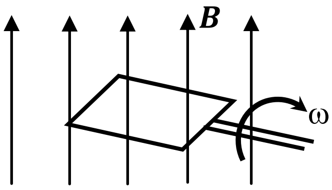
a) el coeficiente de inducción mutua del sistema;

b) suponiendo $r_2 >> r_1$ y $\ell_2 >> \ell_1$, el valor absoluto de la fem inducida en la bobina exterior si $i_1(t) = 3$sen $(20seg^{-1}$ t) A, $\ell_2$=40cm, $r_2 = 50\, r_1$. Explique por qué son necesarias estas hipótesis.

a) M=3,9 mH

b) $|\mathcal{E}_2| = \left|M\dfrac{di_1}{dt} + L_2\dfrac{di_2}{dt}\right|$ $\quad con\ L_2 = \dfrac{N_2^2\ \mu_0 \pi r_2^2}{\ell_2}$ Las hipótesis son necesarias para poder suponer que el campo en la región del solenoide interno es uniforme.

***Ejercicio 22***: un generador de tensión alterna está constituido por una bobina de 10 espiras rectangulares, cada una de ellas de 60 cm$^2$ de área. La bobina gira a razón de 300rpm en la región donde existe un campo magnético uniforme de 3T. Calcule:




a) el flujo de inducción magnética en cada espira en función del tiempo;

b) el valor eficaz de la fem inducida.

a) $\phi(t) = 18 \cos (10\pi\ seg^{-1}\ t)$ mWb;

b) $\mathcal{E}_{ef} \sim 4$V.

***Ejercicio 23:*** indique cuáles son los dos enunciados verdaderos

| | |
|---|---|
| | el coeficiente de inducción mutua entre dos espiras circuladas por la misma corriente se duplica si se duplica el valor de una de las corrientes. |
| | $\iint \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{S} = 0 \Leftrightarrow \mathcal{E}_{IND} = 0$ |
| | el signo negativo de la ley de Faraday es consecuencia del principio de acción y reacción. |
| | $\mathcal{E}_{IND} \neq 0 \Rightarrow \oiint \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{S} \neq 0$ |
| | un solenoide puede considerarse ideal si es muy largo. |
| | una corriente variable no puede inducir una fem de valor constante. |
| | $\mathcal{E}_{IND} \neq 0 \Rightarrow \iint \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{S} \neq 0$ |
| | una corriente estacionaria genera un flujo magnético estacionario y no necesariamente uniforme. |

$\mathcal{E}_{IND} \neq 0 \Rightarrow \iint \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{S} \neq 0$

Una corriente estacionaria genera un flujo magnético estacionario y no necesariamente uniforme.

***Ejercicio 24:*** indique cuáles son los dos enunciados verdaderos

| | |
|---|---|
| | una bobina almacena energía del campo eléctrico |
| | dos bobinas de igual radio e igual  longitud tienen igual coeficiente de autoinducción. |
| | la energía almacenada por una bobina es independiente del valor de la corriente que la circula. |
| | un campo magnético variable siempre induce una fem en toda espira sumergida en él. |
| | el CM inducido es siempre opuesto al CM externo. |
| | el coeficiente de autoinducción depende sólo de la geometría de la bobina y es siempre positivo. |
| | el coeficiente de autoinducción de una bobina vale cero cuando no lo circula corriente alguna. |
| | el signo negativo en la ley de Faraday Lenz es consecuencia de la conservación de la energía. |

El coeficiente de autoinducción depende sólo de la geometría de la bobina y es siempre positivo.
El signo negativo en la ley de Faraday Lenz es consecuencia de la conservación de la energía.