1 CAMPO MAGNÉTICO

1 Fuerza sobre una partícula sometida a un campo magnético (Fuerza de Lorentz)

Fuerza sobre una carga en movimiento: $\boxed{\vec{F} = q\,(\vec{v}\;x\;\vec{B}\,)}$ (si no se mueve no hay fuerza)

→ Producto vectorial de módulo: $\boxed{|F| = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha}$ o si es perpendicular: $\boxed{|F| = q \cdot v \cdot B}$

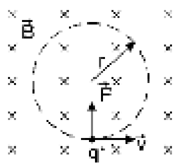
o también: $\vec{F} = Q \begin{vmatrix} \vec{\imath} & \vec{\jmath} & \vec{k} \\ v1 & v2 & v3 \\ B1 & B2 & B3 \end{vmatrix}$

$\vec{F}_m = q\vec{v} \wedge \vec{B} = \begin{cases} \text{Módulo: } qvB \sin\alpha \\ \text{Dirección: perpendicular al plano } (\vec{v},\vec{B}) \\ \text{Sentido: regla del producto vectorial} \end{cases}$

<u>Principio de superposición</u>. Ley de Lorentz:

Fuerza eléctrica: $F_e = q \cdot E$ F. magnética: $F_m = q \cdot v \times B$ Superpuestas: → $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$

su aceleración será debida a ambas fuerzas: $F = m \cdot a \;\rightarrow\; a = \frac{F}{m} = \frac{Fe+Fm}{m}$



<u>Trayectoria</u> que describe: Igualando las fuerzas (centrípeta y magnética):

$$F = m \cdot a \;\rightarrow\; qvB = ma_n = m\frac{v^2}{R} \;\rightarrow\; \boxed{R = \frac{mv}{qB}}$$

Donde se deduce el radio de la trayectoria, la velocidad angular, la frecuencia o la E_c

ω = v/r = q B v / m v = q·B / m → $f = \omega / 2\pi$ = q·B / 2π m ; E_c = ½ mv^2 = ½ m (QBR/m)^2

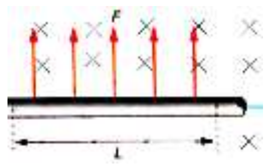
<u>Aplicaciones</u>: - Selector de velocidades: $F_e + F_m = 0$ → v = E/B = ΔV/B·d
- Espectrómetro de masas: Radio=mv/QB → Relación carga-masa: Q/m = v/RB
- Ciclotrón: v=RQB/m E_c = ½ mv^2 = ½ m (RQB/m)^2

2 Fuerza sobre un conductor

En una carga: $F_m = q \cdot v \times B$

Si en *un conductor* se desplazan varias cargas a una velocidad $v = \Delta L/\Delta t$

*F= (q /Δt)·ΔLxB como **I** = q /Δt es la intensidad:* $\vec{F} = I\,(\overrightarrow{\Delta l}\;x\;\vec{B}\,)$



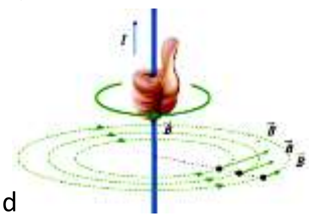
En una longitud dl, la fuerza será: $dF = I \cdot dL \times B$ → $\boxed{\vec{F} = I \cdot \vec{L}\;x\;\vec{B}}$

Si el conductor es rectilíneo, y su módulo: $F = I \cdot L \cdot B \cdot Sin\alpha$

Si es una espira rectangular se genera un par de fuerzas.→ Motor

3 Campo magnético generado por un conductor. (Biot-Savart)

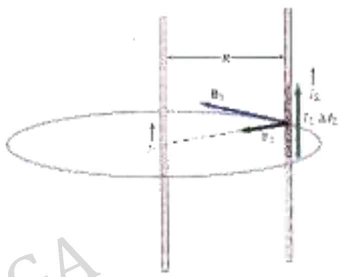
Se crea un campo alrededor proporcional a la intensidad e inverso a la distancia o radio.



- Si es *<u>rectilíneo</u>*: $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Ixdl}{r^2}$
- Si es *<u>infinito</u>*: $\boxed{B = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{r}}$ Si es una espira: $\boxed{B = \frac{\mu_o}{2} \cdot \frac{I}{r}}$
  Si es una bobina: $\boxed{B = \mu\, n\, I}$; *n* = densidad de espiras por unidad de longitud
  y μ la permeabilidad del núcleo (puede ser el vacío μ_o o material ferromagnético).
- Si hay *<u>dos conductores</u>* paralelos: se genera en el primero: $B = \frac{\mu\, I_1}{2\,\pi\, r}$
  y el segundo conductor (por el cual circula I_2) experimentará una fuerza:

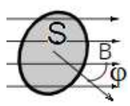
$$\boxed{F_2 = I_2 \cdot L \cdot B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2}{2\pi r} \cdot L}$$

Por unidad de longitud L: $F_2/L = I_2 \cdot B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2}{2\pi r}$



2. INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Flujo del campo magnético:

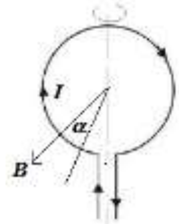


Líneas de campo que atraviesan una superficie: $\boxed{\Phi = B \cdot S \cos\varphi}$ (en webers)

Inducción electromagnética. Ley de Faraday

Al variar el flujo bajo un campo magnético se genera, en la espira, una tensión llamada fuerza contraelectromotriz (*fcem*) que se opone a esta variación: $\boldsymbol{\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta(B\cdot S\cdot Cos\,\varphi)}{\Delta t}}$

En un instante (dt) , en una espira: $\boxed{\boldsymbol{\varepsilon(t) = -\frac{d\Phi}{dt}}}$ En varias espiras: $\boldsymbol{\varepsilon(t) = -N\frac{d\Phi}{dt}}$ (en voltios)



Si la espira rota (generador de corriente): $\Delta\varphi = \omega \cdot \Delta t$

El flujo del campo magnético: $\Phi = B \cdot S\cos\varphi = B \cdot S \cdot \cos(wt)$

Al derivar: $\varepsilon(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = d(B \cdot S \cdot cos\omega t) \rightarrow$ $\boldsymbol{\varepsilon(t) = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin\omega t}$

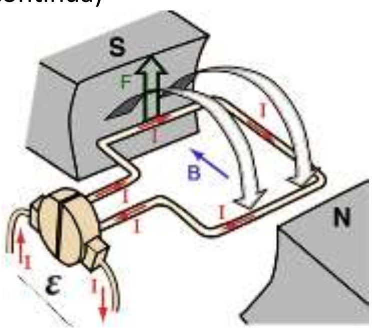
Generadores de corriente eléctrica:

Alternador (proporciona corriente alterna) y dinamo (proporciona corriente continua)

Para N espiras la fem es: $\boldsymbol{\varepsilon(t) = N \cdot B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin\omega t}$

- *Fem máxima*: $\boldsymbol{\varepsilon_0 = B \cdot S \cdot \omega}$; Cuando $\sin\omega t = 1$ ó $\omega t = \pm\,\pi/2$
- *Fem instantánea*: $\boldsymbol{\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cdot \sin\omega t}$
- *Fem eficaz*: $\boldsymbol{\varepsilon = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}}}$

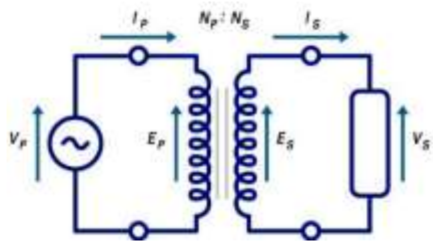
  Valores eficaces: $\boldsymbol{I_e = \frac{I_0}{\sqrt{2}}}$; $\boldsymbol{P_e = V_e \cdot I_e = \frac{P_0}{2}}$



Transformador:

Según la Ley de Lenz, la corriente debe ser alterna para que se produzca variación de flujo. No puede utilizarse con corriente continua.
Se evitan las perturbaciones creadas por las *corrientes de Foucault* laminando el núcleo.
La relación entre sus tensiones es la relación entre sus espiras (r_t):

$$\frac{Np}{Ns} = \frac{Vp}{Vs} = \frac{Is}{Ip} = rt$$



EJERCICIS RESOLTS

Una partícula α, que és un catió format per dos Protons i dos neutrons, es llança a una velocitat de 8· 10^{-4}m/s que forma un angle de 30° respecte d'un camp magnètic uniforme de 0,3 T. Representeu la situació i calculeu la força que rep la partícula α.
Dada: Qp = 1,6 · 10^{-19} C

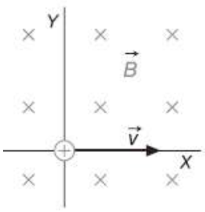
Sol: F = QvB sin j=2 ×1,6 ×10-19 ×8 ×104 ×0,3 × sin 30° = 3,84 ×10-15 N Aplicant la regla de la mà dreta, la força magnètica actua perpendicularment a la velocitat i al camp magnètic, de manera que la partícula segueix una trajectòria helicoidal.

Un camp magnètic uniforme de 0,8 T fa girar una partícula en una òrbita circular estacionària de radi 2 mm, i amb una energia cinètica d'1 keV. Si sabem que és un catió de tipus X^+ , calculeu-ne la massa

10 eV = 1,6 10^{-16} J = Ec= ½ mv^2
De l'expressió QvB = mv ^{2}/R → mv = 3,2 ×10^{-16} v
podem determinar la velocitat de la partícula: 1,6 ×10-19 ×0,8 ×2 ×10-3 = 3,2 ×10-16 v ® v = 1,25 ×106 m/s

Ejercicios de magnetismo 1

1.- Es llança un protó amb una velocitat de $3·10^4$ m/s perpendicularment a un camp magnètic uniforme d'intensitat 0,4 T.
Calculeu la força que rep la càrrega en aquest instant.
Dada: Q_p: 1,6·10-^{19} C
Sol:

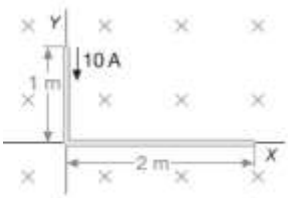


$$\vec{F} = Q(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$\vec{F} = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 3\cdot 10^4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0{,}4 \end{vmatrix}$$

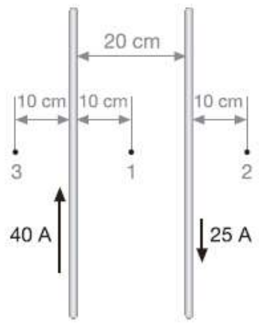
$$\vec{F} = 1{,}9 \cdot 10^{-15}\,\vec{j}\,\text{N}$$

2.- Determineu la força que rep el conductor de la figura, vectorialment i en mòdul, si la intensitat del camp és de 0,4 T.



$$\vec{F} = I(\vec{l} \times \vec{B}) \quad \begin{matrix} \text{l'eix } Y \;\; \vec{F} = 10\cdot 1\cdot 0{,}4\,\vec{i} = 4\,\vec{i}\,\text{N} \\ \text{l'eix } X \;\; \vec{F} = 10\cdot 2\cdot 0{,}4\,\vec{j} = 8\,\vec{j}\,\text{N} \end{matrix} \;\rightarrow F = 8{,}94\text{ N}$$

3.- Calculeu el camp magnètic produït per dos conductors lineals paral·lels i molt llargs en els punts 1, 2 i 3. Utilitzeu la nomenclatura del punt i de la creu per indicar el sentit del camp.



$$B_1 = \frac{4\cdot\pi\cdot 10^{-7}\cdot 40}{2\cdot\pi\cdot 0{,}1} + \frac{4\cdot\pi\cdot 10^{-7}\cdot 25}{2\cdot\pi\cdot 0{,}1} = 1{,}3\cdot 10^{-4}\text{ T } (\times)$$

$$B_2 = \frac{4\cdot\pi\cdot 10^{-7}\cdot 40}{2\cdot\pi\cdot 0{,}3} - \frac{4\cdot\pi\cdot 10^{-7}\cdot 25}{2\cdot\pi\cdot 0{,}1} = 2{,}3\cdot 10^{-5}\text{ T } (\bullet)$$

$$B_3 = \frac{-4\cdot\pi\cdot 10^{-7}\cdot 40}{2\cdot\pi\cdot 0{,}1} + \frac{4\cdot\pi\cdot 10^{-7}\cdot 25}{2\cdot\pi\cdot 0{,}3} = 6{,}3\cdot 10^{-5}\text{ T } (\bullet)$$

4.- S'allibera un protó des del repòs en una regió on hi ha un camp elèctric i un camp magnètic paral·lels i uniformes. Com es mourà el protó? I un electró?
El camp elèctric: $a = \frac{F}{m} = \frac{QE}{m}$ protó, mateixa direcció camp
El camp magnètic no fa efecte en repòs.

5.- Un camp magnètic uniforme fa que un protó giri en una òrbita circular estacionària de radi 5 mm i amb una freqüència de 10^7 Hz. Calculeu el mòdul de *B* i l'energia cinètica en eV.
Dades: Q_p: 1,6 ·10^{-19} C i m_p: 1,67 ·10^{-27}kg

Sol: Si l'òrbita on gira el protó és estacionària, hem d'interpretar que la velocitat és perpendicular al camp magnètic.
$F_m = F_c \rightarrow Q\cdot v{\times}B = m\cdot a_N = m\cdot v^2/r = m\cdot \omega^2 r \rightarrow B = 2p\,f\,m / Q = 0{,}657$ T
Energia cinètica: $E_c = ½\, mv^2 = ½\; m\,(2\,\pi\, f\, r\,)^2 = 8{,}24 \cdot 10^{-17}$ J
Ec en eV: 1 eV = 1,6 · 10^{-19} → 8,24 ·10^{-17} J / 1,6 · 10^{-19} = 515,4 eV

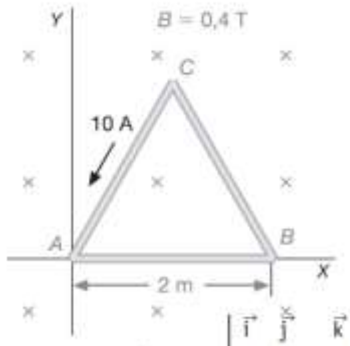
6.- Una partícula entra dins d'un camp magnètic uniforme de 0,2 T a una velocitat de 5 · 10^5 m/s que forma un angle de 30° respecte del camp. Calculeu el radi de l'òrbita i la freqüència amb què gira.
Dades: m_n : 1,67 ·10^{-27} kg i e = 1,6·10^{-19} C

$$v_\perp = v \sin\varphi = 5\cdot 10^5 \sin 30° = 2{,}5\cdot 10^5\text{ m/s}$$

$$Q\,B = \frac{m\,v_\perp}{R} \rightarrow R = \frac{4\cdot 1{,}67\cdot 10^{-27}\cdot 2{,}5\cdot 10^5}{2\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}\cdot 0{,}2} = 0{,}026\text{ m}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{v}{2\pi R} = \frac{2{,}5\cdot 10^5}{2\cdot\pi\cdot 0{,}026} = 1{,}52\cdot 10^6\text{ Hz}$$

7.- Determineu la força que actua sobre cadascun dels segments del circuit triangular equilàter i la força neta. La intensitat que circula és de 10 A i el camp magnètic és de 0,4 T i actua perpendicularment a la superfície del circuit. Expresseu els resultats segons el sistema de referència establert.



$$\text{Segment } AB\text{:} \quad \vec{F}_{AB} = 10\cdot\begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0{,}4 \end{vmatrix} = 8\,\vec{j}\,\text{N}$$

$$\text{Segment } BC\text{:} \quad \vec{F}_{BC} = 10\cdot\begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 2\cdot\cos 120° & 2\cdot\sin 120° & 0 \\ 0 & 0 & -0{,}4 \end{vmatrix} = (-6{,}93\,\vec{i} - 4\,\vec{j})\text{ N}$$

$$\text{Segment } CA\text{:} \quad = (6{,}93\,\vec{i} - 4\,\vec{j})\text{N}$$

Ejercicios de magnetismo 2. Inducción

1.- El flujo magnético que atraviesa una espira varía con el tiempo de acuerdo con la expresión:
$\Phi(t) = 10 \cdot t^3 - 4 \cdot t^2 + t$ (SI).
Deduce el valor de la *fem* inducida en t = 2 s.
Sol:
$e = \frac{d\Phi}{dt} = -(30 \cdot t^2 - 8t + 1)$;
para t = 2s: $e(2) = -(120 - 16 + 1) = -105V$

2.- Una bobina cuadrada y plana de 25 cm2 de superficie, construida con 5 espiras, está en el plano XY.
a) Calcula la fuerza electromotriz inducida si se modifica un campo magnético en dirección al eje Z, pasando de 0,5 T a 0,2 T en 0,1 s.
b) Calcula la *fem* media inducida si el campo permanece constante, B = 0,5 T, y la bobina gira hasta colocarse en el plano XZ en 0,1 s.

a) $e = \frac{N\Delta\Phi}{\Delta t} = NS\frac{\Delta B}{\Delta t} = NS\frac{(B_2 - B_1)}{\Delta t} = \frac{5 \cdot 25 \cdot 10^{-4} \cdot 0,3}{0,1} = 3,75 \cdot 10^{-2} V$

b) $e = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = NS\frac{B_1 - B_2}{\Delta t} = \frac{5 \cdot 25 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5}{0,1} = 6,25 \cdot 10^{-2} V$

3.- Una bobina de 100 espiras de 10 cm^2 cada una gira a 360 rpm alrededor de un eje situado en su plano perpendicular a un campo magnético uniforme de 0,020 T. Calcula:
a) El flujo máximo que atraviesa la bobina.
b) La fem media inducida en la bobina.

a) flujo máximo $\phi = BS = 0,020\ T \cdot 10 \cdot 10^{-4}\ m^2 = 2 \cdot 10^{-5}\ Wb$
máximo a nulo en $t = \frac{T}{4} = \frac{2\pi}{4\omega} = \frac{1}{24}\ s$
$\omega = \frac{360\ rpm \cdot 2\pi}{60\ s} = 12\pi\ rad/s$
b) $e = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{100 \cdot (0 - 2 \cdot 10^{-5}\ Wb)}{\frac{1}{24}\ s} = 0,048\ V$

4.- Per una bobina de 2 000 espires, de longitud 15 cm i radi 2 cm, hi passa un corrent continu de 3 A. Determineu el flux que passa per cada espira i el flux total que passa a través de la bobina.

$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = \mu_0\, n\, I\, S = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2000}{0,15} \cdot 3 \cdot \pi \cdot 0,02^2 = 6,3 \cdot 10^{-5}\ Wb$
El flux total que passa per la bobina: $\Phi = 2000 \cdot 6,3 \cdot 10^{-5} = 0,126\ Wb$

5. En una bobina de 100 voltes, de 3 cm de radi i de 4 de resistència, com ha de variar un camp magnètic per induir un corrent elèctric de 50 mA?

$N\frac{d\Phi}{dt} = RI \rightarrow 100 \cdot \frac{d\Phi}{dt} = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \rightarrow \frac{d\Phi}{dt} = 0,002\ Wb/s$
$\Phi = NBS \rightarrow 0,002 = B \cdot \pi \cdot 0,03^2 \rightarrow B = 7,1 \cdot 10^{-1}\ T \quad \frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,71\ T/s$

6.- Una espira rep un flux variable segons la funció
$\Phi(t) = (t^2 - 10\,t)$ Wb. Determineu:
a) La fem induïda en l'espira en funció del temps.
b) Quan el flux és nul, quina és la fem induïda en aquest moment?

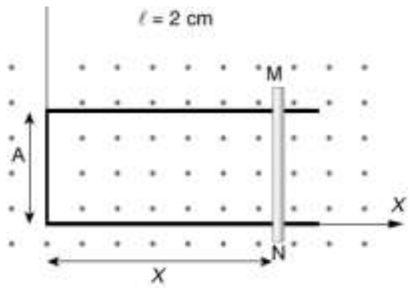
a) $\mathcal{E} = -N\frac{d\Phi}{dt} = -N\frac{d(t^2 - 10t)}{dt} = (-2t + 10)\ V$
b) flux és nul: $t^2 - 10t = 0 \rightarrow \begin{cases} t = 0 & \text{Per a } t = 0 \rightarrow \mathcal{E} = 10\ V \\ t = 10 & \text{Per a } t = 10 \rightarrow \mathcal{E} = -10\ V \end{cases}$

7.- Una resistència de 20 Ω es connecta a un generador d'una fem màxima de 12 V i d'una freqüència de 60 Hz. Determineu la freqüència angular, la intensitat i la potència subministrada.
$\omega = 2\pi f = 2\pi 60 = 377$ rad/s
$I_{max} = I_0 = e_{max} / R = 12 / 20 = 0,6$ A
$Pm = RI_e^2 = 20 \cdot 0,424^2 = 3,6$ W

8.- Una espira circular de 2 cm de radio se encuentra en el seno de un campo magnético uniforme B = 3,6 T paralelo al eje Z. Inicialmente la espira se encuentra contenida en el plano XY. En el instante t = 0 la espira empieza a rotar en torno a un eje diametral con una velocidad angular constante v = 6 rad/s.
a) Si la resistencia total de la espira es de 3 Ω, determina la máxima corriente eléctrica inducida en la espira e indica para qué orientación de la espira se alcanza.
b) Obtén el valor de la fuerza electromotriz inducida en la espira en el instante t = 3 s.

a) $\Phi = B \cdot S \cdot \cos\omega t$; $e = -\frac{d\Phi}{dt} = B \cdot S \cdot \text{sen}\,\omega t$; $e_m = B \cdot S \cdot \omega$.
$I_m = \frac{e_m}{R} = \frac{B \cdot S \cdot \omega}{R} = \frac{3,6 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 6}{3} = 9 \cdot 10^{-3}\ A$
b) $e_3 = 3,6 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 6 \cdot \text{sen}\,18\text{rad} = -2,04 \cdot 10^{-2}\ V$

9.- Sobre un hilo conductor de resistencia despreciable, que tiene la forma que se indica en la figura, se puede deslizar una varilla MN de resistencia R = 10 V en presencia de un campo magnético uniforme, B = 50 mT, perpendicularmente al plano del circuito. La varilla *oscila* en la dirección del eje Ox de acuerdo con la expresión
$x = x_0 + A$ sen (ωt), siendo $x_0 = 10$ cm, A = 5 cm y el periodo de oscilación 10 s.
a) Calcula en función del tiempo el flujo magnético que atraviesa el circuito.
b) Calcula en función del tiempo la corriente en el circuito.



a) $\phi = BS = B\ell x = B\ell\,(x_0 + A\ \text{sen}\ \omega t) = B\ell x_0 + B\ell A\ \text{sen}\ \omega t =$
$= 5 \cdot 10^{-4}\ T \cdot 2 \cdot 10^{-2}\ m \cdot (10^{-1}\ m + 5 \cdot 10^{-2}\ \text{sen}\ \omega t) =$
$= \left[1 + 0,5\ \text{sen}\left(\frac{\pi}{5}\,t\right)\right] \cdot 10^{-6}\ Wb$
b) $e = \frac{d\phi}{dt} = 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot \frac{\pi}{5} \cdot \cos\frac{\pi}{5}\,t = 3,14 \cdot 10^{-7} \cos\frac{\pi}{5}\,t\ V$
$I = \frac{e}{R} = \frac{3,14 \cdot 10^{-7} \cos\frac{\pi}{5}\,t}{10} = 3,14 \cdot 10^{-8} \cos\left(\frac{\pi}{5}\,t\right) A$

10.- Un transformador ideal i elevador té 10 espires en el primari i 500 en el secundari.
a) Si el primari es connecta a un voltatge eficaç de 12 V, quin és el voltatge en el secundari en circuit obert?
b) Si el corrent en el primari és de 20 A, quan val el corrent en el secundari?

a) $\frac{\mathcal{E}_p}{\mathcal{E}_s} = \frac{n_p}{n_s} \rightarrow \frac{12}{\mathcal{E}_s} = \frac{10}{500} \rightarrow E_s = 600\ V$
b) $\frac{\mathcal{E}_p}{\mathcal{E}_s} = \frac{I_s}{I_p} \rightarrow \frac{12}{600} = \frac{I_s}{20} \rightarrow I_s = 0,4\ A$

Problemas PAU

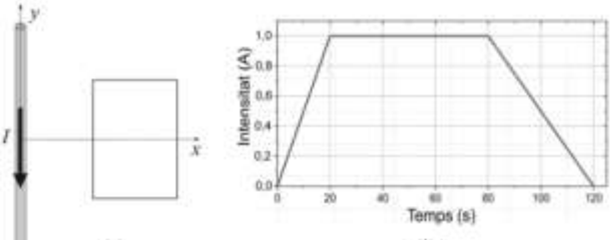
J2020. Durant una tempesta cau un llamp pel qual circula un corrent elèctric de 400kA. Suposeu que la intensitat del corrent del llamp és constant durant els 50µs que dura.
a) Quina és la càrrega elèctrica total que ha transportat aquest llamp? Quin és el camp magnètic que crea aquest corrent a una distància de 100 m?
b) Quina força magnètica actua sobre una partícula carregada que es troba en repòs a aquesta mateixa distància? Justifiqueu la resposta.
Dades: $\mu_0=4\pi\times10^{-7}$ T mA^{-1}. $|e|=1{,}602\times10^{-19}$ C.

a) $I=\frac{Q}{t}\Rightarrow Q=I\cdot t=4\times10^{5}\cdot5\times10^{-5}=20\ \text{C}$

$$B=\frac{\mu_0\cdot I}{2\pi\cdot r}=\frac{4\pi\times10^{-7}\cdot4\times10^{5}}{2\pi\cdot100}=8\times10^{-4}\ \text{T}$$

b) $\vec{F}=q\left(\vec{v}\times\vec{B}\right)$ Si la velocitat de la partícula és zero, llavors també ho serà la força magnètica
camp magnètic només actua sobre càrregues en moviment.

J2019. Una espira rectangular i conductora es troba a prop d'un fil conductor rectilini infinit pel qual circula una intensitat de corrent I cap avall, tal com es mostra en la figura a.



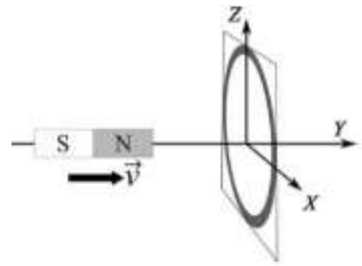
(a) (b)

a) Representeu el sentit i la direcció del camp magnètic creat pel fil conductor en la regió plana delimitada per l'espira. Aquest camp magnètic és uniforme en la regió delimitada per l'espira? Justifiqueu la resposta.
b) El fil conductor i l'espira no es mouen, però la intensitat del corrent que circula pel conductor varia amb el temps, tal com indica la gràfica (figura b). Argumenteu si s'indueix o no corrent en l'espira en els intervals de temps següents: de 0 a 20 s, de 20 a 80 s i de 80 a 120 s. En quin d'aquests tres intervals de temps la intensitat del corrent induït és més gran? Justifiqueu la resposta.

Sol:

a) Les línies de camp magnètic són perpendiculars al pla de l'espira i sentit cap en fora del paper.
No es uniforme, atès que el camp magnètic s'afebleix amb la distància.
b) - de 0 a 20s el corrent augmenta, hi haurà un corrent induït
- de 20 a 80 s el corrent roman constant, no hi haurà corrent induït
- de 80 a 120 s el corrent disminueix, hi haurà corrent induït
La força electromotriu és la derivada temporal del flux, per tant, com més ràpid varií el corrent, més gran serà la derivada temporal i més intens el corrent induït. En el tram de 0 a 20s el corrent augmenta a un ritme constant de 0,05 A/s, mentre que en el darrer tram de 80 a 120 disminueix a un ritme de 0,025 A/s. Com que el ritme és més gran en el primer tram, el corrent induït també serà més intens en el tram de 0 a 20 s.

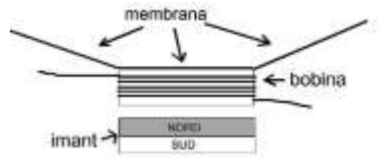
S2020. Un imant es mou amb una velocitat v en l'eix Y cap a una espira conductora en el pla XZ, com s'observa a la figura. Els pols de l'imant són els que s'indiquen en la figura.
a) Dibuixeu 8 línies de camp magnètic de l'imant de manera que algunes línies travessin l'espira. Indiqueu clarament el sentit de les línies de camp. S'indueix un corrent a l'espira a causa del moviment de l'imant? En cas afirmatiu, indiqueu el sentit del corrent induït. Justifiqueu la resposta.
b) Si ara movem l'imant en sentit oposat, de manera que s'allunya de l'espira, es produirà alguna força entre l'imant i l'espira? En cas afirmatiu, quin sentit tindrà aquesta força? Justifiqueu la resposta.



Sol:

a) dibuixar línies de camp que surten del pol nord i van cap al pol sud.
Segons la llei de Faraday. L'imant s'acosta a la bobina, la intensitat del camp magnètic dins de la bobina augmenta i, per tant, també augmentarà el flux de camp magnètic a través de la bobina. Per tant s'induirà un corrent.
- Segons la llei de Lenz, el sentit del corrent induït serà tal que el camp magnètic induït s'oposarà a la variació del flux magnètic que el genera. El camp magnètic induït tindrà un sentit oposat al camp magnètic generat.
b) l'efecte del camp magnètic induït és aturar el moviment de l'imant, i com que ara l'imant s'allunya, la força haurà de ser atractiva.

J2019B.
a) Un altaveu està format per un imant permanent en forma de disc i per una bobina per la qual circula un corrent elèctric. La bobina està unida a una membrana que participa dels moviments de la bobina.



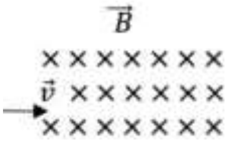
— Com es mourà el conjunt bobina-membrana si fem circular un corrent continu per la bobina que, vist des de dalt, giri en sentit horari?
— Com es mourà el conjunt bobina-membrana si fem circular un corrent altern per la bobina? Justifiqueu les respostes explicitant en cada cas la direcció i el sentit del camp magnètic produït per la bobina.
b) Necessitem més força sobre la bobina i per a aconseguir-ho cal que generi un camp magnètic més intens. Justifiqueu quin efecte tindria cada una de les modificacions següents sobre la intensitat del camp magnètic produït per la bobina:
— Un augment del nombre de voltes de la bobina.
— Un augment de la intensitat del corrent elèctric.

El camp magnètic generat pel corrent que recorre la bobina estarà dirigit cap avall i com que dos pols nord encarats resultaran en una repulsió entre l'imant i la bobina, per tant la bobina (i la membrana adherida) pujaran. El conjunt vibrarà en la direcció vertical amb la mateixa freqüència del corrent altern.
b) Ambos augmentaran (de manera proporcional).

2018 Sep Una partícula amb una càrrega $q=-1{,}60\times10^{-19}$ C i una massa $m=1{,}70\times10^{-27}$ kg entra amb una velocitat $\vec{v} = v\,\vec{\imath}$ en una regió de l'espai en la qual hi ha un camp magnètic uniforme $\vec{B} = -0{,}50\ T\ \vec{k}$. El radi de la trajectòria circular que descriu és r = 0,30 m.

a) Dibuixeu la força que fa el camp sobre la partícula en l'instant inicial i calculeu la velocitat v.

b) Calculeu el període del moviment i la velocitat angular. Calculeu l'energia cinètica de la partícula en el moment que entra en el camp magnètic i també després de fer una volta completa

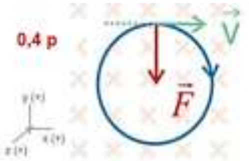


a)

$F_m = ma_c$

$qvB = m\dfrac{v^2}{r} \Rightarrow v = \dfrac{qBr}{m}$

$v = \dfrac{1{,}60\times10^{-19}\times0{,}50\times0{,}30}{1{,}70\times10^{-27}} = 1{,}41\times10^{7}\,ms^{-1}$



b)

$T = \dfrac{2\pi r}{v} \qquad T = \dfrac{2\pi\cdot0{,}3}{1{,}41\times10^{7}} = 1{,}33\times10^{-7}\,s \qquad \omega = \dfrac{2\pi}{T} = 4{,}72\times10^{7}\,rad\,s^{-1}$

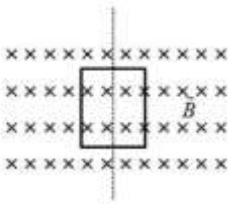
$E_c = \dfrac{1}{2}mv^2 = \dfrac{1}{2}1{,}70\times10^{-27}\left(1{,}41\times10^{7}\right)^2 = 1{,}69\times10^{-13}\,J$

Com que F és perpendicular a la velocitat durant tot el moviment, no hi ha acceleració tangencial. El mòdul de la velocitat és constant (MCU). L'energia cinètica desprès d'una volta és la mateixa.

2018 Jun.- Una bobina que està formada per 200 espires quadrades de 4,00 cm de costat es troba en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic uniforme, tal com es veu a la figura, i gira sobre ella mateixa per la línia de punts. El camp magnètic és uniforme i perpendicular a l'eix de gir de la bobina, de valor $1{,}25\times10^{-2}$T.

a) Escriviu l'equació de la força electromotriu que es generarà a la bobina quan giri a un ritme constant de 10 voltes cada segon. Considereu que, en el temps inicial igual a zero, els vectors superfície i camp magnètic són paral·lels. Calculeu, per a t=1,28s, el valor de la força electromotriu a la bobina.

b) Representeu la força electromotriu en funció del temps per a dos períodes sencers i determineu-ne el valor màxim i eficaç que es generarà a la bobina.



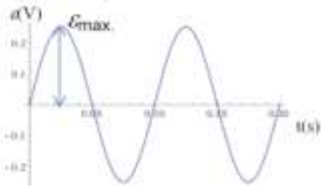
$\phi = BA\cos\theta = BA\cos(\omega t) \qquad \omega = 2\pi\,rad$

$\varepsilon = -N\dfrac{d\phi}{dt} = NBA\omega\sin(\omega t) \quad = 200\times1{,}25\times10^{-2}\times16\times10^{-4}\times20\pi\times\sin(20\pi t)$

$\varepsilon(t=1{,}28s) = 0{,}247V$

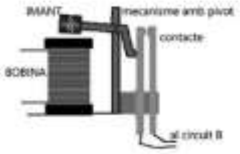
$\varepsilon_{max} = 0{,}251\,V$

$\varepsilon_{ef} = \dfrac{\varepsilon_{max}}{\sqrt{2}} = 0{,}177\,V$



2017 Jun

La figura mostra l'esquema d'un relé. Quan circula un corrent elèctric per la bobina, l'extrem inferior de l'imant (nord) és atret per la bobina i el moviment es transmet per un pivot, de manera que es tanca el circuit B.



a) Especifiqueu clarament quin ha de ser el sentit del corrent elèctric a la bobina perquè s'activi el relé (i es tanqui el circuit B) i dibuixeu les línies del camp magnètic generat per la bobina en aquesta situació.

b) En unes proves observem que el mecanisme no fa prou força per a tancar el contacte. Indiqueu quin efecte tindria sobre el dispositiu cadascuna de les modificacions següents:

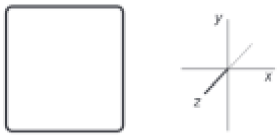
1) Augmentar la intensitat del corrent que circula per la bobina.
2) Situar un material ferromagnètic al nucli de la bobina.
3) Fer passar per la bobina un corrent altern en comptes d'un corrent continu.

A superfície superior de la bobina pol SUD per que atregui el pol NORD de l'imant. Vist des de dalt, el corrent girarà en sentit horari. Línies del camp magnètic cap a baix. B. Dues premeres augmenten la força. La tercera observaríem una vibració.

2018 Sep. Tenim una espira quadrada de 5 cm de costat. Un camp magnètic en direcció perpendicular al pla de l'espira varia en funció del temps segons l'equació: $B_z(t)=B_{0z}\cos(\omega t)$, en què $B_{0z}=5{,}0\times10^{-6}$T i $\omega=6{,}0\times10^{8}$ rad·s^{-1}.

a) Escriviu l'expressió del flux magnètic a través de l'espira en funció del temps i calculeu-ne el valor màxim. Indiqueu explícitament totes les unitats que intervenen en l'equació.

b) Escriviu l'expressió de la força electromotriu induïda a l'espira.



$\Phi(t) = B_{0_z}A\cos(\omega t) \qquad A = 0{,}05\times0{,}05 = 2{,}5\times10^{-3}m^2 \qquad \cos\varphi = \cos0^\circ = 1$

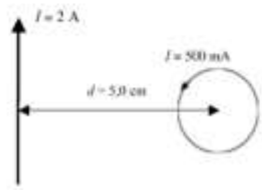
$\Phi(t) = 5\times10^{-6}\cos(6\times10^{8}t)\times2{,}5\times10^{-3} = 1{,}25\times10^{-8}\,Wb\cos\left(6\times10^{8}\dfrac{rad}{s}t\right)$

$\Phi_{max} = 1{,}25\times10^{-8}\,Wb$

b) $\varepsilon(t) = -\dfrac{d\phi}{dt} = \omega B_{0_z}A\sin(\omega t) = 7{,}5V\sin\left(6\times10^{8}\dfrac{rad}{s}t\right)$

2015 Jun P5

Un fil infinit que porta un corrent de 2 A es troba a 5,0 cm de distància del centre d'una espira circular de 2,0 cm de diàmetre que transporta 500 mA.



a) Calculeu el vector del camp magnètic al centre de l'espira produït pel fil infinit i el vector del camp magnètic al centre de l'espira que produeix la mateixa espira.

b) Quin és el valor del camp magnètic total al centre de l'espira? Si volem un camp magnètic total $B=0$ al centre de l'espira, quin ha de ser el valor de la nova intensitat que hi circuli?

DADA: $\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}$ T m A^{-1} $\qquad B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$.

a) $\left|B_{fil}\right| = \dfrac{4\pi\times10^{-7}\times2}{2\pi\times0{,}05} = -8{,}0\times10^{-6}\,\bar{k}\ T$ entra al paper ⊗

$B_{espira} = \dfrac{\mu_0 I}{2R} = \dfrac{4\pi\times10^{-7}\times0{,}5}{2\times1{,}0\times10^{-2}} = 3{,}1\times10^{-5}\,\bar{k}\ T$ surt ⊙

b) $B_{total} = B_{espira} - B_{fil} = 3{,}1\times10^{-5}\bar{k} - 8{,}0\times10^{-6}\bar{k} = 2{,}3\times10^{-5}\,\bar{k}\ T$

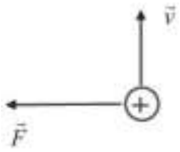
$\left|B_{total}\right| = 2{,}3\times10^{-5}\,T$ i surt del paper ⊙

Si $B=0 \Rightarrow B'_{espira} = B_{fil} = 8{,}0\times10^{-6}\,T$

$B'_{espira} = \dfrac{\mu_0 I}{2R} \Rightarrow I' = \dfrac{2RB'_{espira}}{\mu_0} = \dfrac{2\times0{,}01\times8{,}0\times10^{-6}}{4\pi\times10^{-7}} = 0{,}13A$

Jun 2019 a) Un mètode per a determinar les masses d'ions pesants consisteix a mesurar el temps que necessiten per a fer un nombre determinat de voltes en un camp magnètic conegut. En un d'aquests mesuraments, un ió amb una càrrega igual a la d'un electró fa 7,00 voltes en 1,29 ms en un camp magnètic perpendicular a la velocitat i amb un mòdul de 45,0 mT. Feu una representació de la trajectòria de l'ió i dibuixeu en dues posicions d'aquesta trajectòria el vector força que actua sobre l'ió. Calculeu la _massa_ de l'ió.

b) Un protó que es mou a una velocitat de $5{,}00 \times 10^{5}$ m·s^{-1} entra en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic. El mòdul de la força que produeix el camp magnètic sobre la càrrega és $8{,}00 \times 10^{-14}$ N. Calculeu el mòdul del _camp magnètic_. Especifiqueu clarament la direcció i el sentit d'aquest camp magnètic si les direccions i els sentits, tant de la força com de la velocitat, són els representats en la figura.



Dades: Càrrega de l'electró, $q_e = -1{,}60 \times 10^{-19}$ C.
Càrrega del protó, $q_p = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C.

a) $\vec{F}_m = q(\vec{v} \times \vec{B})$; $F_m = qvB\sin(90^\circ) = qvB$

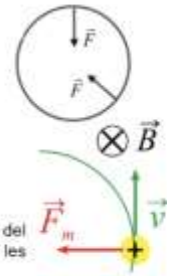
$$\begin{cases} F_m = ma_c \\ qvB = m\dfrac{v^2}{R} \end{cases} \qquad \omega = 3{,}41 \times 10^{4} \text{ rad s}^{-1}$$

$$\Rightarrow m = \frac{qB}{\omega} = 2{,}11 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

b) $\vec{F}_m = q(\vec{v} \times \vec{B})$ $\quad F_m = qvB\sin(90^\circ) = qvB$

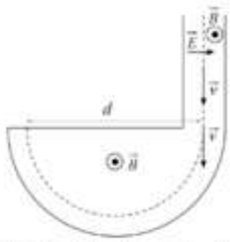
$$B = \frac{8{,}00 \times 10^{-14}}{1{,}60 \times 10^{-19} \times 5{,}00 \times 10^{5}} = 1{,}00 \text{ T}$$

Direcció perpendicular al pla del paper, sentit cap dins del pla del paper. La justificació es pot fer a partir de les



2012 Jun B P5

Un espectròmetre de masses consta d'un selector de velocitats i d'un recinte semicircular. En el selector de velocitats hi ha un camp elèctric i un camp magnètic, perpendiculars entre si i en la direcció de la velocitat dels ions. En entrar al selector, els ions d'una velocitat determinada no es desvien i entren a la zona semicircular, on només hi ha el camp magnètic perpendicular a la velocitat, que els fa descriure una trajectòria circular.



a) Si el camp elèctric del selector té un valor $E = 20{,}0$ N C^{-1} i el valor de la inducció magnètica és $B = 2{,}50 \times 10^{-3}$ T, calculeu el valor del mòdul de la velocitat dels ions que NO es desvien. Feu l'esquema corresponent dels vectors següents: velocitat, força elèctrica, camp magnètic i força magnètica.

b) Calculeu la distància, *d*, a què impactaran els ions de triti, que són isòtops de l'hidrogen i tenen una massa $m = 3$ u.

DADES: $1 \text{ u} = 1{,}67 \times 10^{-27}$ kg; $Q_{protó} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C.

Sol:

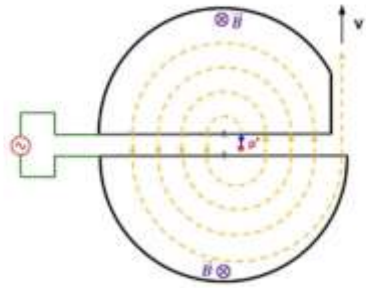
a) $q\,v\,B = m\dfrac{v^2}{r} = m\,\omega = m\,2\pi\nu \qquad \nu = \dfrac{qB}{m2\pi} = 1{,}37 \times 10^{5}$ H$_z$

b) $v = \omega\,r = 2\pi\nu\,r \qquad E_c = \dfrac{1}{2}\,m\,v^2 = m\,2(\pi\nu\,r)^2 = 1{,}55 \times 10^{-16}$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{2\pi\nu r m} = 9.21 \times 10^{-13} \text{m}$$

Disparem un feix de protons a l'interior d'un ciclotró de 42 cm de radi, els quals volem accelerar fins a una velocitat de sortida de 2-10 m/s. Quin camp magnètic B hem d'aplicar-li? A quina freqüència f cal que el generador subministri el voltatge altern que crea el camp elèctric?

DADES ADDICIONALS: Q+ 1,6-10-1 C; mp: 1,673-10-27 kg



$$F_m = qvB \quad ; \; F_c = ma_n = m\frac{v^2}{r}$$

PAUS - Magnetisme 2 – Inducció $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta(B\cdot S\cdot Cos\ \varphi)}{\Delta t}$

<u>Tipus A</u>. Si varia en camp (ΔB)

Tenim una espira quadrada de 5 cm de costat. Un camp magnètic en direcció perpendicular al pla de l'espira varia en funció del temps segons l'equació $B_z(t) = B_{0_z}\cos(\omega t)$, en què $B_{0_z} = 5{,}0\times10^{-4}$ T i $\omega = 6{,}0\times10^{8}$ rad s^{-1}.

a) Escriviu l'expressió del flux magnètic a través de l'espira en funció del temps i calculeu-ne el valor màxim. Indiqueu explícitament totes les unitats que intervenen en l'equació. [1 punt]

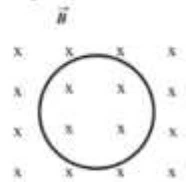
b) Escriviu l'expressió de la força electromotriu induïda a l'espira.

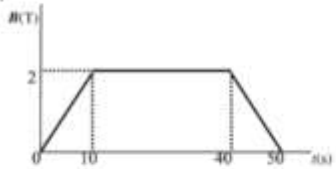
a) $\Phi = BA\cos\varphi \qquad \Phi(t) = B_{0_z}A\cos(\omega t)$

$\Phi(t) = 5\times10^{-4}\cos(6\times10^{8}t)\times2{,}5\times10^{-3} \qquad \Phi_{max} = 1{,}25\times10^{-6}\,Wb$

b) $\varepsilon(t) = -\frac{d\phi}{dt} = \omega B_{0_z}A\sin(\omega t) = 7{,}5V\sin\left(6\times10^{8}\frac{rad}{s}t\right)$

Una espira de radi r = 25 cm està sotmesa a un camp magnètic que és perpendicular a la superfície que delimita l'espira i de sentit entrant. En la gràfica següent es mostra el valor de la inducció magnètica B en funció del temps:





a) Expliqueu raonadament si circula corrent elèctric per l'espira en cadascun dels intervals de temps indicats i determineu-ne, si s'escau, el sentit de circulació.
b) Calculeu la intensitat de corrent elèctric en cada interval de temps, si la resistència de l'espira és 5 Ω. Recordeu que la llei d'Ohm estableix que $I = \frac{\Delta V}{R}$.
Solucions: b) 7,85·10⁻³ A

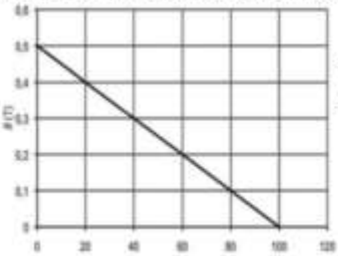
$0 \le t \le 10 \Rightarrow$ sentit antihorari.
$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -\pi r^2\frac{dB}{dt} = -\pi 0.25^2\,\frac{2-0}{10-0} = -3.93\times10^{-2}\,V$

$40 \le t \le 50 \Rightarrow$ sentit horari.
$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -\pi r^2\frac{dB}{dt} = -\pi 0.25^2\,\frac{0-2}{50-40} = 3.93\times10^{-2}\,V$

$|I| = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{3.93\times10^{-2}}{5} = 7.85\times10^{-3}A$

97. (Catalunya 2013, sèrie 4) Una espira circular de 4,0 cm de radi es troba en repòs en un camp magnètic constant de 0,50 T que forma un angle de 60° respecte de la normal a l'espira.

a) Calculeu el flux magnètic que travessa l'espira. S'indueix una força electromotriu en l'espira dins el camp magnètic? Justifiqueu la resposta.
b) En un moment determinat el camp magnètic disminueix tal com mostra la figura. Calculeu la força electromotriu induïda en l'espira.



Solucions:
a) Φ = 1,3x10⁻³ Wb, ε = 0;
b) ε = 1,3x10⁻² V

a) $\Phi = \vec{B}\cdot\vec{S} = B\,S\,\cos(\alpha) = 0.5\,\pi\,0{,}04^2\,\cos(60^o) = 1{,}3\cdot10^{-3}\,\text{Wb}$

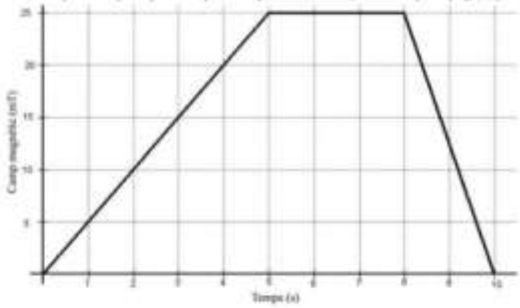
b) $B(t) = 0{,}5 - \frac{0{,}5}{100\cdot10^{-3}}\,t$

$\Phi(t) = \pi\,0{,}04^2\,(0{,}5 - \frac{0{,}5}{100\cdot10^{-3}}\,t)\,\cos(60^o)$

$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = \pi\,0{,}04^2\,\cos(60^o)\,\frac{0{,}5}{100\cdot10^{-3}} = 1{,}3\cdot10^{-2}\,\text{V}$

96. (Catalunya 2013, sèrie 3) Un camp magnètic penetra perpendicularment en una bobina de 2 000 espires quadrades i 2,5 cm de costat. Aquest camp varia tal com mostra la figura següent:

a) Determineu l'equació que relaciona el flux magnètic que passa a través de la bobina amb el temps en dos dels intervals (de 0,0 a 5,0 s i de 5,0 a 8,0 s) que es veuen en la figura.
b) Calculeu la tensió induïda (FEM) a la bobina en cada un dels intervals: de 0,0 a 5,0 s, de 5,0 a 8,0 s i de 8,0 a 10,0 s, en la figura.



a) $s = 0.025^2 = 6{,}25\cdot10^{-4}\text{m}^2$

$\Phi = \vec{B}\cdot\vec{S} = B\cdot S\cdot\cos0 = B\cdot S$

$S = 2000\cdot s = 1{,}25\ \text{m}^2$

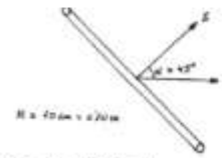
$B(t)_{t\in[0,5]} = \frac{25-0}{5-0}\cdot10^{-3}\cdot t\ \text{T} \Rightarrow \Phi(t)_{t\in[0,5]} = 6{,}25\cdot10^{-3}\cdot t\ \text{Wb}$

$B(t)_{t\in[5,8]} = 25\cdot10^{-3}\ \text{T} \Rightarrow \Phi(t)_{t\in[5,8]} = 31{,}3\cdot10^{-3}\ \text{Wb}$

b) $\varepsilon(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{dB}{dt}\cdot S \qquad \varepsilon(t)_{t\in[0,5]} = -6{,}3\cdot10^{-3}\ \text{V} \qquad \varepsilon(t)_{t\in[5,8]} = 0\ \text{V}$

(1999) Un camp magnètic variable amb el temps, de mòdul B = 2 cos(300t) T, forma un angle de 45º amb el pla que conté una espira conductora circular de radi R = 10 cm. Calculeu la força electromotriu induïda en l'espira

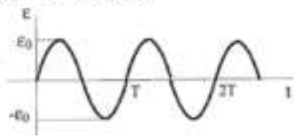
$\Phi = \vec{B}\cdot\vec{S} = B\cdot S\cdot\cos\alpha =$
$= B\cdot\pi R^2\cdot\cos\alpha =$
$= 2\cdot\cos(300\,t)\cdot\pi\,0{,}1^2\cos45^o =$
$= 0{,}044\cdot\cos(300\,t)$ (Wb si t en s)



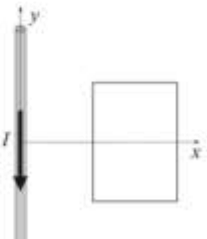
$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d[0{,}044\cos(300t)]}{dt} = 13{,}33\cdot\sin(300\,t)$

♦♦ *El valor màxim de la força electromotriu és:* $\varepsilon_{màxima} = \varepsilon_0 = 13{,}33$ V

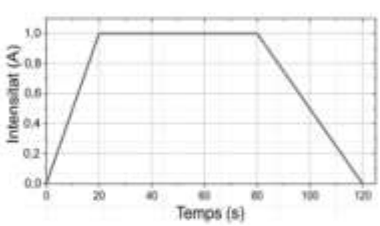
$T = \frac{2\pi}{300} = \frac{\pi}{150}\ s = 0{,}021\ s$



Una espira rectangular i conductora es troba a prop d'un fil conductor rectilini infinit pel qual circula una intensitat de corrent I cap avall, tal com es mostra en la figura a.



(a)



(b)

a) Representeu el sentit i la direcció del camp magnètic creat pel fil conductor en la regió plana delimitada per l'espira. Aquest camp magnètic és uniforme en la regió delimitada per l'espira? Justifiqueu la resposta.
b) El fil conductor i l'espira no es mouen, però la intensitat del corrent que circula pel conductor varia amb el temps, tal com indica la gràfica (figura b). Argumenteu si s'indueix o no corrent en l'espira en els intervals de temps següents: de 0 a 20 s, de 20 a 80 s i de 80 a 120 s. En quin d'aquests tres intervals de temps la intensitat del corrent induït és més gran? Justifiqueu la resposta.

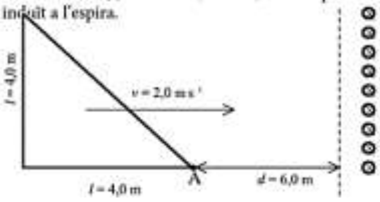
Línies de camp magnètic perpendiculars al pla de l'espira i sentit cap en fora del paper

<u>Tipus B</u>. Si varia la superfície (ΔS)

P5) Una espira triangular de $l = 4{,}0$ m de costat com la de la figura es troba inicialment ($t = 0{,}0$) situada a una distància de 6,0 m d'una regió on hi ha un camp magnètic B perpendicular al pla del paper i cap endins.

a) Indiqueu l'expressió de la FEM induïda a l'espira quan aquesta s'endinsa a la regió on hi ha el camp magnètic. Determineu el valor de B sabent que, per a $t = 4{,}0$ s, la FEM induïda és $E = 160$ V.

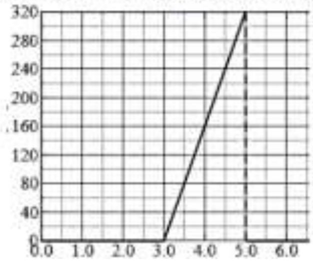
b) Representeu gràficament la FEM induïda $E = E(t)$ entre $t = 0{,}0$ i $t = 8{,}0$ s. Indiqueu en cada instant el sentit del corrent induït a l'espira.



$$d(t) = v(t-3) \quad A(t) = \frac{1}{2}[v(t-3)]^2 \quad \Phi(t) = \frac{1}{2}[v(t-3)]^2 B$$

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -v^2(t-3)B \Rightarrow B = 40\text{ T}$$

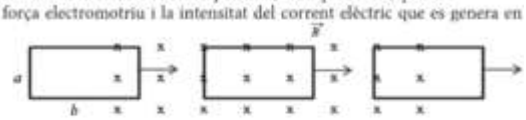
b) Entre $t = 0$ i $t = 3$s *fem* induïda serà nul·la.
Entre $t = 3$s i $t = 5$s *fem* augmenta linealment sentit antihorari.



P4) Introduïm una espira metàl·lica rectangular de 5 Ω de resistència elèctrica en una regió de l'espai delimitada per un camp magnètic uniforme de 0,2 T perpendicular a la superfície de l'espira. Les dimensions de l'espira són $a = 3$ cm i $b = 6$ cm, i es mou a una velocitat de 2 m s⁻¹.

a) Digueu si circula corrent elèctric per l'espira en les tres situacions següents: en entrar al camp, quan hi està totalment immersa i en sortir-ne, i determineu en cada cas el sentit de circulació de la intensitat corresponent. Justifiqueu les respostes.

b) Calculeu la força electromotriu i la intensitat del corrent elèctric que es genera en cada cas.



a) - A l'entrar l'espira, el sentit de circulació del corrent serà antihorari
- En sortir del camp magnètic el sentit del corrent serà horari

b) $\varepsilon = \left|\frac{d\varphi}{dt}\right| = \frac{B\,ds}{dt} = Ba\frac{dx}{dt} = Bav = 0{,}2 \cdot 0{,}03 \cdot 2 = 0{,}012\text{ V}$

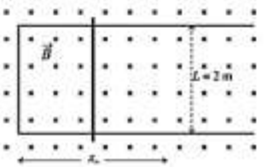
$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0{,}012}{5} = 2{,}4 \times 10^{-3}$ A (en entrar i en sortir del camp)

P4) Sobre una forca conductora com la de la figura adjunta, llisca una barra metàl·lica amb un moviment vibratori harmònic simple al voltant de la posició d'equilibri $x_0 = 1$ m, segons l'equació de moviment següent (totes les magnituds estan expressades en el sistema internacional, SI): $x(t) = x_0 - 0{,}3\sin(32t)$

Tot el conjunt es troba dins un camp magnètic uniforme, perpendicular al pla de la forca i en el sentit d'entrada al pla del paper, de mòdul $B = 0{,}5$ T.

a) Quin valor té el flux de camp magnètic a través de la superfície compresa entre la barra metàl·lica i la part tancada de la forca en l'instant $t = 0$? Quina és l'expressió d'aquest flux en funció del temps?

b) Determineu la força electromotriu del corrent induït en funció del temps. Obteniu-ne el valor màxim.



a) $\Phi(t=0) = B\,\text{Àrea}(t=0) = B\,x_0\,L = 0{,}5\text{T} \times 1\text{m} \times 2\text{m} = 1\text{Wb}$

$\text{Àrea}(t) = L\,x(t) = L\,(x_0 - 0{,}3\sin(32t)) \Rightarrow$

$\Phi(t) = B\,L\,(x_0 - 0{,}3\sin(32t)) = 0{,}5 \times 2 \times (1 - 0{,}3\sin(32t))$ Wb

b) $\varepsilon = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right| \boxed{0.2} = 0{,}5 \times 2 \times 0{,}3 \times 32\cos(32t) = 9{,}6\cos(32t)$ V $\quad \varepsilon_{màxim} = 9{,}6$ V

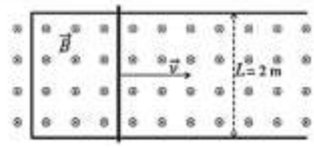
P4) Una vareta metàl·lica es desplaça a una velocitat constant $v = 6$ m/s sobre una forca conductora dins un camp magnètic uniforme, $\vec{B} = 0{,}25$ T, perpendicular al pla i en sentit sortint:

Si suposem que la resistència de la vareta és de 30 Ω i que la de la forca és negligible, calculeu:

a) La força electromotriu del corrent induït en el circuit i expliqueu raonadament el sentit de la circulació del corrent.

b) La intensitat del corrent que circula pel circuit i la força que cal fer sobre la vareta, en mòdul, direcció i sentit, per a mantenir la velocitat constant sobre la forca.

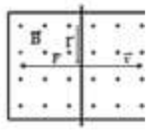
NOTA: Llei d'Ohm, $I = V/R$.



a) $\text{Àrea} = Lvt \quad \Phi = BLvt \quad \epsilon = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right| = BLv = 3\text{V}$

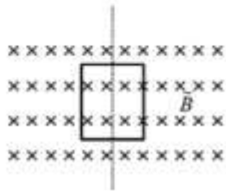
b) $I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{3\text{V}}{30\Omega} = 0{,}1\text{ A}$

$\vec{F} = L\vec{I} \wedge \vec{B}\,\boxed{0.2} \Rightarrow |\vec{F}| = LIB = 0.05\text{N}$



<u>Tipus C</u>. Si varia l'angle (Δφ)

Una bobina que està formada per 200 espires quadrades de 4,00 cm de costat es troba en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic uniforme, tal com es veu a la figura, i gira sobre ella mateixa per la línia de punts. El camp magnètic és uniforme i perpendicular a l'eix de gir de la bobina, de valor $1{,}25 \times 10^{-2}$ T.



a) Escriviu l'equació de la força electromotriu que es generarà a la bobina quan giri a un ritme constant de 10 voltes cada segon. Considereu que, en el temps inicial igual a zero, els vectors superfície i camp magnètic són paral·lels. Calculeu, per a $t = 1{,}28$ s, el valor de la força electromotriu a la bobina.

b) Representeu la força electromotriu en funció del temps per a dos períodes sencers i determineu-ne el valor màxim i eficaç que es generarà a la bobina.

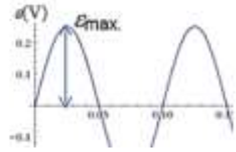
$$\phi = BA\cos\theta = BA\cos(\omega t) \qquad \varepsilon = -N\frac{d\phi}{dt} = NBA\omega\sin(\omega t)$$

$$\varepsilon = 200 \times 1{,}25 \times 10^{-2} \times 16 \times 10^{-4} \times 20\pi \times \sin(20\pi t) = 0.251\,V\sin(20\pi t)$$

$$\varepsilon(t = 1{,}28s) = 0{,}247V$$

$$\varepsilon_{max} = 0{,}251\,V$$

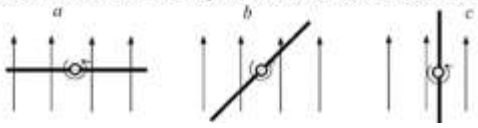
$$\varepsilon_{ef} = \frac{\varepsilon_{max}}{\sqrt{2}} = 0{,}177\,V$$



Un generador molt simplificat consta d'una espira circular de 5,00 cm de radi, situada en un lloc on el camp magnètic és de 60 mT, que gira al voltant del seu eix a 300 revolucions per minut. La figura mostra una vista de la situació en cadascun dels tres moments *a*, *b* i *c*. L'espira ha girat 45° entre cada situació i la següent.

a) Calculeu el flux magnètic en les situacions *a*, *b* i *c*.

b) En quin dels tres instants la força electromotriu induïda en l'espira és zero? Calculeu la força electromotriu induïda en l'espira en cadascun dels altres dos instants.



a) $\phi = BA\cos\theta \quad A = \pi R^2 = \pi \times (0{,}05)^2 = 7{,}85 \times 10^{-3} m^2$

$\phi_a = 60 \times 10^{-3} \times 7{,}85 \times 10^{-3} \times \cos 0° = 4{,}71 \times 10^{-4}\,Wb$

$\phi_b = 60 \times 10^{-3} \times 7{,}85 \times 10^{-3} \times \cos 45° = 3{,}33 \times 10^{-4}\,Wb$

$\phi_c = 60 \times 10^{-3} \times 7{,}85 \times 10^{-3} \times \cos 90° = 0$

b) $\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = NBA\omega\sin\theta$

$\omega = 300\frac{rev}{\text{min}} \times \frac{2\pi rad}{1rev} \times \frac{1\text{min}}{60s} = 10\pi\ rad\ s^{-1}$

$\varepsilon_b = 60 \times 10^{-3} \times 7{,}85 \times 10^{-3} \times 10\pi \times \sin 45° = 0{,}0105V$

$\varepsilon_c = 60 \times 10^{-3} \times 7{,}85 \times 10^{-3} \times 10\pi \times \sin 90° = 0{,}0148V$

Una bobina rectangular de 2,0 cm × 1,5 cm té 300 espires i gira en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic uniforme de 0,4 T.

a) Escriviu l'equació de la força electromotriu induïda en funció del temps si la bobina gira a 60 rev/min.

b) Si la bobina té una resistència $R = 1{,}0\,\Omega$, quin corrent màxim pot circular per la bobina?

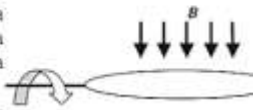
$$\begin{cases} A = 0{,}02 \cdot 0{,}015 = 3\times10^{-4}\,m^2 \\ \omega = 60\dfrac{revol.}{\min}\times\dfrac{2\pi rad}{1 revol.}\times\dfrac{1\min}{60s.} = 2\pi\ rad/s \end{cases}$$

$$\phi = BA\cos\theta = BA\cos\omega t$$

$$\varepsilon = -N\frac{d\phi}{dt} = -N\omega BA\sin\omega t = 0{,}226V\sin\left(2\pi\frac{rad}{s}\cdot t\right)$$

b) $I = \dfrac{\varepsilon}{R} = \dfrac{0{,}226\cdot\sin(2\pi t)}{1{,}0} = 0{,}226A\sin(2\pi t)$ $I_{max} = 0{,}226A$

En una zona de l'espai hi ha un camp magnètic uniforme de 0,40 T. En aquesta regió hi ha una espira circular de 200 cm² d'àrea que gira a 191 rpm (revolucions per minut), tal com indica la figura.



a) Si en l'instant inicial el camp magnètic és perpendicular al pla de l'espira, expresseu l'equació del flux magnètic que travessa l'espira en funció del temps.

b) Quina és la força electromotriu (FEM) màxima generada per l'espira?

$$\cos(\omega t+\delta)=1 \Rightarrow \omega t+\delta=0 \Rightarrow \delta=0 \quad \phi(t)=BA\cos(\omega t)$$

$$A = 2\times10^2\,cm^2 = 2{,}0\times10^{-2}\,m^2$$

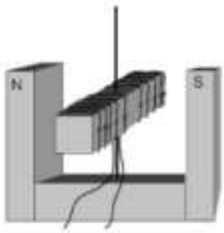
$$\omega = 191\frac{revol}{\min}\times\frac{2\pi rad}{1 revol}\times\frac{1\min}{60s} = 20{,}0\,rad/s$$

$$\phi(t) = 8\times10^{-3}(Wb)\cos(20t) \text{ ó } \phi(t) = 8\times10^{-3}\cos(20t)\ Wb$$

b) $\varepsilon = -\dfrac{d\phi(t)}{dt}$ $\varepsilon(t) = -(-BA\omega\sin\omega t) = BA\omega\sin\omega t$

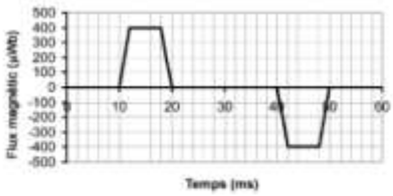
$$\varepsilon_{max} = BA\omega = 0{,}40\times2{,}0\times10^{-2}\times20{,}0 = 0.16V$$

En la figura es mostra un dispositiu format per una barra de ferro que pot girar lliurement al voltant d'un eix vertical entre els pols d'un imant permanent de ferradura. Un fil elèctric aïllat envolta la barra.



a) Fem circular un corrent continu pel fil elèctric en el sentit indicat en la figura. Dibuixeu les línies del camp magnètic generat per l'electroimant i expliqueu raonadament com es mourà la barra.

b) Si fem girar la barra sense fer circular cap corrent elèctric, tenim un generador. En la gràfica es mostra la variació del flux magnètic (Φ) a través de la bobina en funció del temps quan la barra gira. Expliqueu raonadament en quins moments hi ha força electromotriu (FEM) induïda en les espires.



a) Les línies de camp magnètic entran pel pol Sud i surten pel pol Nord, l'electroimà girarà segons les agulles del rellotge.

b) $\varepsilon = -\dfrac{d\Phi}{dt}$ $10 \le t \le 12$; $18 \le t \le 20$; $40 \le t \le 42$ i $48 \le t \le 50$ ms.