

Problemes & Resolucions: PAU-LOE de
CAMP MAGNÈTIC & INDUCCIÓ
 (Física, 2010 — 2014; «M»)

- ▶ **Instruccions generals de tots els anys:** L'examen consta d'una part comuna (problemes P1 i P2), que heu de fer obligatòriament, i d'una part optativa, de la qual heu d'escollir UNA de les opcions (A o B) i fer els problemes P3, P4 i P5 corresponents. Cada problema val 2 punts.
- ▶ **CONTINGUTS:** La pàgina referida per a cada problema en la taula següent indica on pot trobar-se el corresponent enunciat al Dossier de l'Acadèmia. El contingut temàtic de cada problema s'especifica a la columna de "Comentaris".

| NOM | sèrie | any | op. | probl. | pág. | Comentaris |
|------|-------|------|-----|--------|------|--|
| M-01 | 3 | 2014 | A | 4 | 2 | transf; Pot consum |
| M-02 | 3 | 2014 | B | 4 | 3 | ϕ , ind (bastidor, MHS) |
| M-03 | 5 | 2014 | A | 4 | 6 | Fm fil rect; ind espira |
| M-04 | 5 | 2014 | B | 4 | 8 | sele- v ; B perp v => trajectes |
| M-05 | 4 | 2013 | A | 5 | 11 | ϕ , ind |
| M-06 | 4 | 2013 | B | 5 | 12 | ind per moviment |
| M-07 | 3 | 2013 | A | 4 | 15 | bobina i ind |
| M-08 | 3 | 2013 | B | 5 | 16 | ind: generadors i transf |
| M-09 | 1 | 2013 | - | 2 | 17 | B perp v => trajectes |
| M-10 | 3 | 2012 | A | 5 | 23 | B creat per fil; ind |
| M-11 | 3 | 2012 | B | 5 | 24 | ciclotró; λ de Broglie |
| M-12 | 1 | 2012 | A | 5 | 27 | espectr m 's, sele- v |
| M-13 | 1 | 2012 | B | 3 | 27 | B perp v => trajectes |
| M-14 | 4 | 2012 | A | 3 | 30 | espectr m 's, W fet x Fm |
| M-15 | 4 | 2012 | B | 5 | 31 | B perp v => trajectes |
| M-16 | 1 | 2011 | A | 5 | 37 | ind |
| M-17 | 4 | 2011 | B | 3 | 45 | ind: motor |
| M-18 | 2 | 2011 | - | 2 | 50 | Fm fils paral·lels (axons) |
| M-19 | 2 | 2011 | B | 5 | 53 | Fm ; inducció (canvi α) |
| M-20 | 1 | 2010 | A | 4 | 59 | B ó E unifs => Fe , Fm , trajectes |
| M-21 | 1 | 2010 | B | 4 | 62 | Fm fil rectilini: imant & gràfica |
| M-22 | 4 | 2010 | A | 5 | 68 | ind: terratrèmol, imant, bobina |
| M-23 | 4 | 2010 | B | 5 | 70 | Fm ; inducció (canvi α) |
| M-24 | 5 | 2010 | A | 5 | 76 | sele- v |
| M-25 | 5 | 2010 | B | 5 | 78 | ind: fil rectilini & espira quadr |

| | | | | | | |
|------|-------|------|---|---|----|--|
| M-26 | 2 | 2010 | A | 5 | 84 | B perp v => Fm ; anihil parells (!) |
| M-27 | 2 | 2010 | B | 5 | 85 | transf |
| M-28 | Extra | 2010 | A | 4 | | Fm i Fe sobre partícules |
| M-29 | Extra | 2010 | B | 4 | | ind: canvi α ; canvi B no unif |

► **M-01)** juny'14 [S3 — A4]: ENUNCIAT

Trobem una aplicació de la inducció electromagnètica en els aparells de soldadura elèctrica. En un d'aquests aparells desmuntat veiem dues bobines com les d'un transformador.

La bobina primària té 1 000 espires i la secundària en té 20. En la bobina secundària, feta d'un fil molt més gruixut, és on va connectat l'elèctrode per a fer la soldadura.

Sabem, per les especificacions tècniques impreses en la màquina, que pel circuit secundari circula una intensitat de corrent de 100 A. Determineu:

- La tensió del circuit secundari quan es connecta la màquina, és a dir, quan es connecta el circuit primari a una tensió alterna de 220 V.
- La intensitat que circula pel circuit primari i la potència consumida per la màquina.

NOTA: Negligiu qualsevol tipus de dissipació d'energia.

resolució **M-01** :

juny'14 [S3 — A4]

- a) Si analitzem la tensió de les bobines del primari i del secundari tindrem:

$$\left. \begin{array}{l} V_p = N_p \frac{d\Phi}{dt} \\ V_s = N_s \frac{d\Phi}{dt} \end{array} \right\} \boxed{0.3} \Rightarrow \frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s} \boxed{0.4} \Rightarrow$$

$$V_s = 4,4 \text{ V} \boxed{0.3}$$

- b) La relació de potències la podem escriure com:

$$P = P_p = I_p V_p = I_s V_s \boxed{0.4} \Rightarrow$$

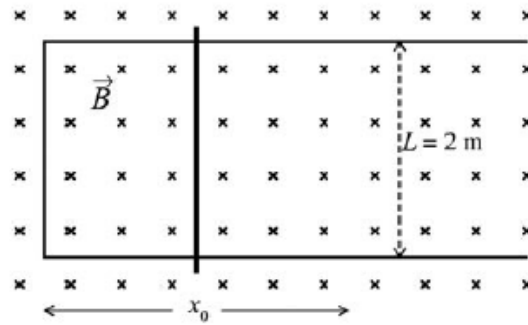
$$I_p = I_s \frac{V_s}{V_p} = 2 \text{ A} \boxed{0.3}$$

$$P = I_p V_p = 2 \text{ A} \times 220 \text{ V} = 440 \text{ W} \boxed{0.3}$$

► **M-02)** juny'14 [S3 — B4]: ENUNCIAT

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 $x_0 = 1 \text{ m}$, 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 força i en el sentit d'entrada al pla del paper, de mòdul $B = 0,5 \text{ T}$.

- 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 força en l'instant $t = 0$? Quina és l'expressió d'aquest flux en funció del temps?
- Determineu la força electromotriu del corrent induït en funció del temps. Obteniu-ne el valor màxim.

resolució **M-02** :

juny'14 [S3 — B4]

- Al ser el camp magnètic perpendicular al pla de la força tindrem:

$$\Phi(t = 0) = B \text{Àrea}(t = 0) = B x_0 L \text{ [0.3]} = 0,5 \text{ T} \times 1 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 1 \text{ Wb} \text{ [0.2]}$$

$$\text{Àrea}(t) = L x(t) = L (x_0 - 0,3 \sin(32t)) \Rightarrow \text{ [0.2]}$$

$$\Phi(t) = B L (x_0 - 0,3 \sin(32t)) = 0,5 \times 2 \times (1 - 0,3 \sin(32t)) \text{ Wb} \text{ [0.3]}$$

-

$$\varepsilon = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| \text{ [0.2]} = 0,5 \times 2 \times 0,3 \times 32 \cos(32t) = 9,6 \cos(32t) \text{ V} \text{ [0.3]}$$

El seu valor màxim serà:

$$\varepsilon_{\text{màxim}} = 9,6 \text{ V} \text{ [0.5]}$$

► **M-03)** set'14 [S5 — A4]: ENUNCIAT

Un fil conductor rectilini de longitud $l = 5 \text{ m}$ i massa $m = 100 \text{ g}$ es troba situat paral·lelament al terra (pla xy), sobre l'eix x , i sota l'acció d'un camp magnètic uniforme.

- Determineu el mòdul, la direcció i el sentit del camp magnètic que fa que es mantingui suspès en l'aire quan un corrent $I = 0,3 \text{ A}$ circula pel fil des de les x negatives cap a les x positives.
- Si ara enrotllem el fil per a crear una espira circular i la situem de manera que el seu pla sigui paral·lel al pla xy , calculeu la FEM que indueix sobre l'espira un camp magnètic variable $\vec{B} = 0,1[\cos(10\pi t)\vec{i} + \cos(10\pi t)\vec{j}]$. Justifiqueu la resposta.

DADA: L'acceleració de la gravetat és $9,8 \text{ m s}^{-2}$

resolució **M-03** :

set'14 [S5 — A4]

- a) Per tal que el fil es trobi suspès a l'aire, cal que hi hagi una força que compensi la força de gravetat. Per tant, el camp magnètic ha de fer una força sobre el fil cap amunt, és a dir, en la direcció positiva de l'eix Z . **[0.2]** Partint de l'expressió $\vec{F} = I\vec{L} \wedge \vec{B}$ **[0.2]** amb \vec{F} **[0.2]** apuntant cap a les z 's positives, i el vector \vec{L} cap a les x 's positives, el camp \vec{B} necessàriament ha d'apuntar en la direcció positiva de l'eix Y . Pel que fa al seu mòdul, cal que compensi el de la força de gravetat, i per tant

$$ILB = mg \quad \mathbf{[0.2]}$$

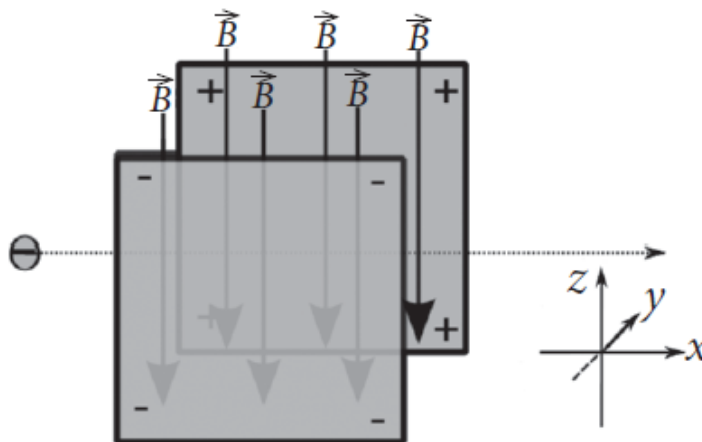
d'on resulta

$$B = \frac{mg}{IL} = \frac{0,1 \times 9,8}{0,3 \times 5} = 0,65 \text{ T} \quad \mathbf{[0.2]}$$

- b) Amb el fil rectilini fem una espira circular que situem al pla XY , i el camp magnètic també es troba situat al pla XY , de forma que el flux del camp és $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = 0$, en cada instant, ja que els vectors camp magnètic i superfície de l'espira són perpendiculars. **[1]**

► **M-04)** set'14 [S5 — B4]: ENUNCIAT

Uns electrons que es mouen horitzontalment travessen un selector de velocitats format per un camp magnètic de 0,040 T dirigit cap avall i un camp elèctric de 250 V/m perpendicular al camp magnètic i a la direcció de moviment dels electrons.



- a) Dibuixeu i anomenau les forces que actuen damunt l'electró quan és dins del selector de velocitats. Calculeu la velocitat dels electrons que travessaran el selector sense desviar-se.
- b) Dins del selector un electró té una velocitat $\vec{v} = 1,25 \times 10^4 \vec{i}$ m s⁻¹ en el moment en què es desactiva el camp elèctric sense modificar el camp magnètic. Indiqueu la freqüència de rotació, el radi, el pla de gir i el sentit de gir del moviment circular uniforme d'aquest electró.

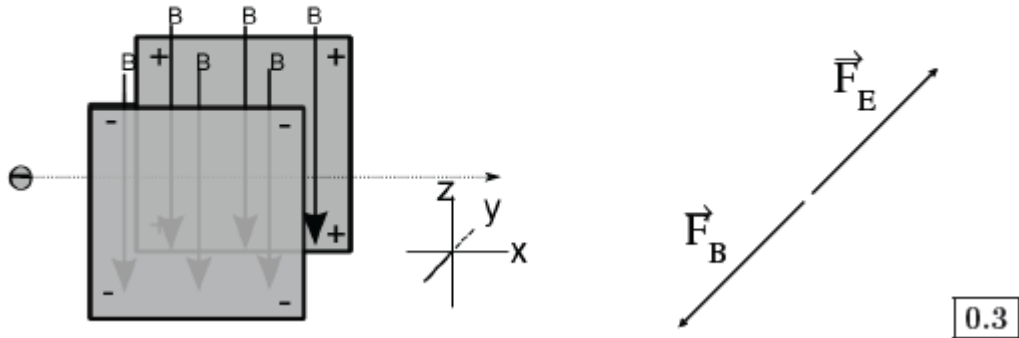
DADES: $Q_{\text{electró}} = -1,60 \times 10^{-19}$ C
 $m_{\text{electró}} = 9,11 \times 10^{-31}$ kg

NOTA: Considereu negligible l'efecte de la força gravitatòria.

resolució **M-04** :

set'14 [S5 — B4]

a) El diagrama de forces serà el següent:



Per fer el dibuix cal tenir en compte que la càrrega del electró és negativa. \vec{F}_E , és la força deguda al camp elèctric i \vec{F}_B és la deguda al camp magnètic.

Per tal que els electrons no es desviïn al travessar aquesta regió les dues forces han de ser iguals:

$$\left. \begin{array}{l} F_E = q_e E \\ F_B = v q_e B \end{array} \right\} \Rightarrow q_e E = v q_e B \quad \boxed{0.3} \Rightarrow v = \frac{E}{B} \quad \boxed{0.2} = \frac{250}{0.04} = 6,25 \cdot 10^3 \text{ m/s} \quad \boxed{0.2}$$

b)

Tal com es pot veure del gràfic anterior la força deguda al camp magnètic es paral·lela al pla XY, per tan l'electró farà un moviment circular en un pla paral·lel al XY $\boxed{0.2}$ i en el sentit horari. $\boxed{0.1}$

La força \vec{F}_B és la que proporcionarà l'acceleració centrípeta per fer girar l'electró, per trobar el radi de gir tindrem:

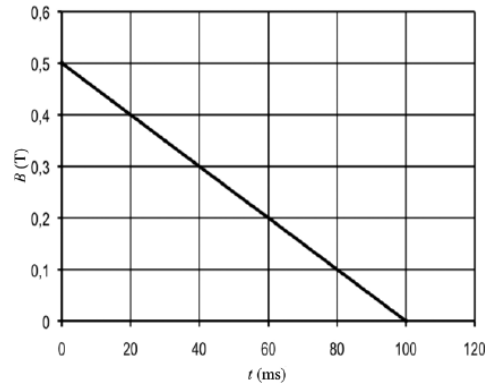
$$m \frac{v^2}{r} = v q_e B \Rightarrow r = \frac{mv}{q_e B} = 1,78 \cdot 10^{-6} \text{ m} \quad \boxed{0.2}$$

La freqüència angular de rotació és:

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{q_e B}{m} \quad \boxed{0.3} \Rightarrow \nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{q_e B}{2\pi m} = 1,12 \cdot 10^9 \text{ Hz} \quad \boxed{0.2}$$

► **M-05)** juny'13 [S4 — A5]: ENUNCIAT

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.



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

resolució **M-05** :

juny'13 [S4 — A5]

- a) El flux creat per un camp magnètic en una espira ve determinat per:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B S \cos(\alpha) \quad \boxed{0.3}$$

on α és l'angle que forma la direcció del camp magnètic amb la perpendicular a l'espira,

per tant $\alpha = 60^\circ$

$$\Phi = 0,5 \pi 0,04^2 \cos(60^\circ) = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ Wb} \quad \boxed{0.4}$$

Donat que el flux que travessa l'espira es constant en el temps, no s'induirà cap *fem*. 0.3

- b) Per la gràfica que ens mostren en el enunciat el camp magnètic varia linealment segons l'expressió:

$$B(t) = 0,5 - \frac{0,5}{100 \cdot 10^{-3}} t \quad \boxed{0.3}$$

Per tant el flux que genera el camp serà:

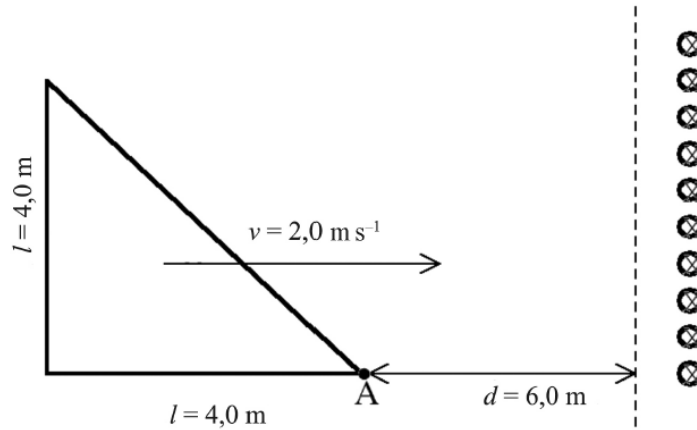
$$\Phi(t) = \pi 0,04^2 \left(0,5 - \frac{0,5}{100 \cdot 10^{-3}} t \right) \cos(60^\circ) \quad \boxed{0.3}$$

i la *fem* generada serà:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt} = \pi 0,04^2 \cos(60^\circ) \frac{0,5}{100 \cdot 10^{-3}} = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ V} \quad \boxed{0.4}$$

► **M-06)** juny'13 [S4 — B5]: ENUNCIAT

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.



- 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.
- 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.

resolució **M-06** :

juny'13 [S4 — B5]

- Només s'indueix una fem sobre l'espira quan el flux del camp magnètic que travessa l'espira varia amb el temps, **[0.1]** per tant es començarà a produir una fem quan el punt A comenci a endinsar-se en la regió on hi ha el camp magnètic **[0.1]** i això es produirà a partir de: $\frac{6 \text{ m}}{2 \text{ m/s}} = 3 \text{ s}$ **[0.1]**. A partir d'aquest instant el costat horitzontal del triangle s'endinsa com:

$$d(t) = v(t - 3) \quad \mathbf{[0.1]}$$

Al ser una triangle rectangle isòceles l'àrea que s'endinsa dintre del camp es:

$$A(t) = \frac{1}{2} [v(t - 3)]^2 \quad \mathbf{[0.1]}$$

El flux de camp magnètic serà:

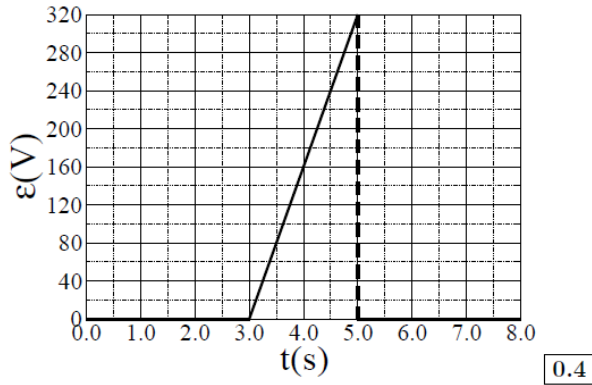
$$\Phi(t) = \frac{1}{2} [v(t - 3)]^2 B \quad \mathbf{[0.1]}$$

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -v^2 (t - 3) B \quad \mathbf{[0.2]}$$

El enunciat ens diu que per $t = 4$ s tenim:

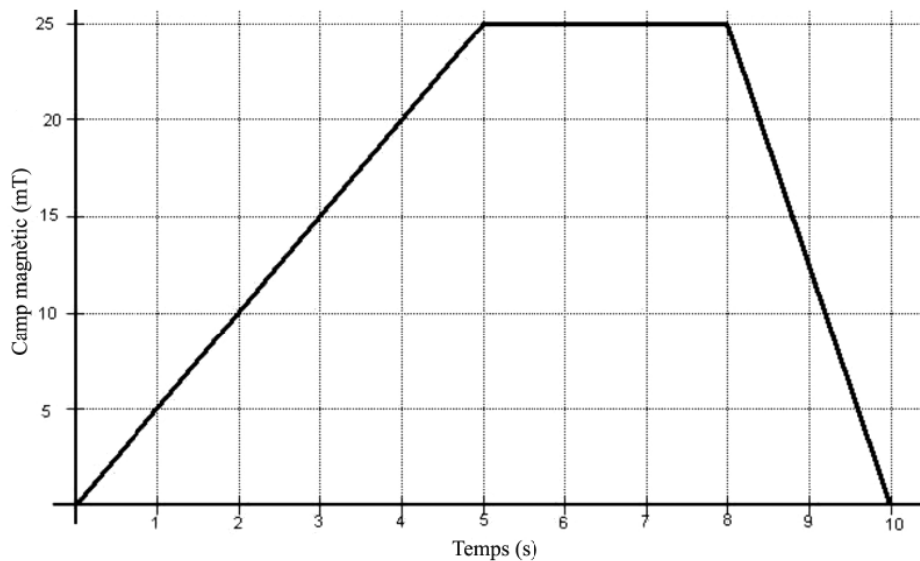
$$160 \text{ V} = |-v^2 (4 - 3) B| \Rightarrow B = 40 \text{ T} \quad \mathbf{[0.2]}$$

- b) Entre $t = 0$ i $t = 3$ s, l'espina es troba íntegrament fora del abast del camp magnètic, per tant la fem induïda serà nul·la. **[0.1]** Entre $t = 3$ s i $t = 5$ s la fem augmenta linealment fins arribar al seu valor màxim. **[0.1]** Seguint el conveni de la regla de la ma dreta el sentit del corrent en aquesta zona serà antihorari. **[0.2]** A partir d'aquest instant el flux del camp és constant i per tant no es genera cap fem. **[0.2]** La gràfica per tant serà:



► **M-07)** juny'13 [S3 — A4]: ENUNCIAT

Un camp magnètic penetra perpendicularment en una bobina de 2 000 espines 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, que es veuen en la figura.

resolució **M-07** :

juny'13 [S3 — A4]

a) La superfície de una sola espira és:

$$s = 0.025^2 = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{m}^2 \quad \boxed{0.1}$$

El flux del camp magnètic que travessa la bobina, l'escriurem com:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos 0 = B \cdot S \quad \boxed{0.2}$$

on S serà:

$$S = 2000 \cdot s = 1,25 \text{ m}^2 \quad \boxed{0.1}$$

A partir de la lectura de la gràfica podem escriure:

$$B(t)_{t \in [0,5]} = \frac{25 - 0}{5 - 0} \cdot 10^{-3} \cdot t \text{ T} \quad \boxed{0.1} \Rightarrow \Phi(t)_{t \in [0,5]} = 6,25 \cdot 10^{-3} \cdot t \text{ Wb} \quad \boxed{0.2}$$

$$B(t)_{t \in [5,8]} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ T} \quad \boxed{0.1} \Rightarrow \Phi(t)_{t \in [5,8]} = 31,3 \cdot 10^{-3} \text{ Wb} \quad \boxed{0.2}$$

b)

$$\varepsilon(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{dB}{dt} \cdot S \quad \boxed{0.4}$$

$$\varepsilon(t)_{t \in [0,5]} = -6,3 \cdot 10^{-3} \text{ V} \quad \boxed{0.2}$$

$$\varepsilon(t)_{t \in [5,8]} = 0 \text{ V} \quad \boxed{0.2}$$

$$\varepsilon(t)_{t \in [8,10]} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ V} \quad \boxed{0.2}$$

Es considerarà igualment correcte si la $\varepsilon(t)$ del primer tram es positiva i la del últim es negativa. També es considerarà igualment correcte si es realitza el càlcul sense la utilització del càlcul diferencial i es duu a terme considerant al quocient de les variacions:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

► **M-08)** juny'13 [S3 — B5]: ENUNCIAT

Un petit generador està format per una bobina de 200 espines que pot girar tallant les línies del camp magnètic d'un imant fix. La superfície del quadrat que forma la bobina i que és travessat per les línies del camp magnètic de manera perpendicular en el moment en què el flux és màxim, té 16 cm^2 . L'imant crea un camp magnètic constant de $2 \times 10^{-4} \text{ T}$ en la zona que travessa la bobina i aquesta gira amb una freqüència de 25 Hz .

a) Representeu la força electromotriu generada en funció del temps per un període complet. Assenyaleu clarament en la gràfica els valors extrems d'aquesta força electromotriu i el valor del temps en què es donen.

b) Enviem el corrent generat en un dispositiu similar al de l'apartat anterior al primari d'un transformador que té 10 voltes. Suposem que la FEM eficaç que arriba a aquest primari és de $0,05 \text{ V}$. Calculeu el nombre de voltes que són necessàries en el secundari per a obtenir $2,5 \text{ V}$ eficaços. Calculeu també la intensitat eficaç que ha d'arribar al primari per tal que en el secundari hi circulin 20 mA .

resolució **M-08** :

juny'13 [S3 — B5]

- a) La superfície d'una espira és: $s_0 = 16 \text{ cm}^2 = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$, per tant la superfície total que genera el flux magnètic en al bobina és: $S_0 = 200 s_0 = 3,2 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2$ **[0.1]**. La superfície efectiva que travessa el camp magnètic és:

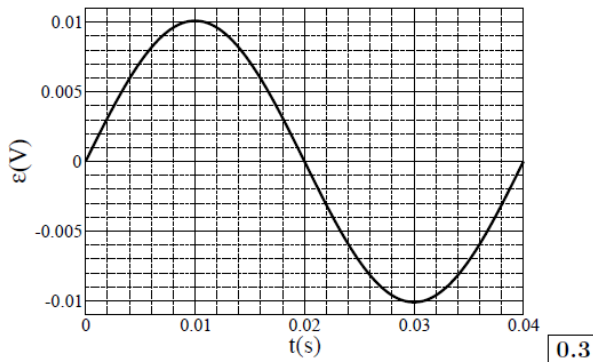
$$S(t) = S_0 \cos(\omega t) = S_0 \cos(2\pi\nu t) \quad \mathbf{[0.1]}$$

Per tant el flux que travessa la bobina en funció del temps serà:

$$\Phi = B S(t) = B S_0 \cos(2\pi\nu t) \quad \mathbf{[0.1]}$$

La fem generada serà:

$$\varepsilon(t) = - \frac{d\Phi}{dt} \quad \mathbf{[0.1]} = 2\pi\nu B S_0 \sin(2\pi\nu t) \quad \mathbf{[0.1]} = 1,01 \cdot 10^{-2} \sin(50\pi t) \text{ V} \quad \mathbf{[0.2]}$$



- b) L'expressió que lliga les voltes del primari i el secundari amb les seves respectives diferències de potencial és:

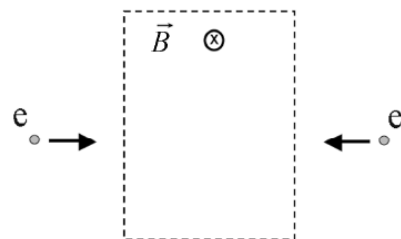
$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad \mathbf{[0.2]} \Rightarrow N_s = \frac{N_p \varepsilon_s}{\varepsilon_p} = \frac{10 \cdot 2,5}{0,05} = 500 \text{ voltes} \quad \mathbf{[0.3]}$$

Per altre banda la potència transmesa en el primari ha de ser igual a la obtinguda al secundari, per tant:

$$\varepsilon_p i_p = \varepsilon_s i_s \quad \mathbf{[0.2]} \Rightarrow i_p = \frac{i_s \cdot \varepsilon_s}{\varepsilon_p} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5}{0,05} = 1,0 \text{ A} \quad \mathbf{[0.3]}$$

► **M-09)** set'13 [S1 — P2]: ENUNCIAT

- P2)** En una regió de l'espai hi ha un camp magnètic constant dirigit cap a l'interior del paper. En aquesta regió entren dos electrons amb la mateixa rapidesa i la mateixa direcció, però movent-se en sentits contraris, tal com indica la figura.

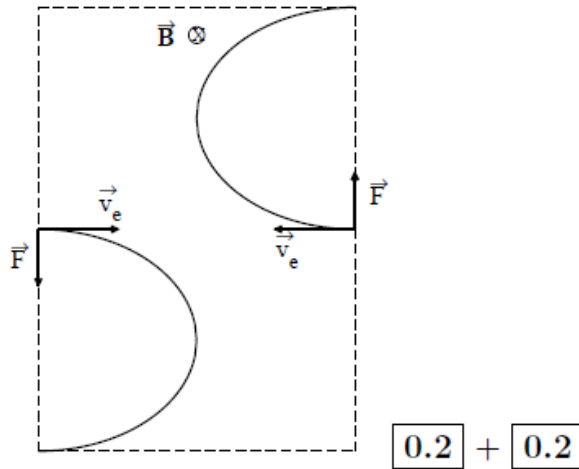


- a) Dibuixeu la força magnètica que actua sobre cada electró quan entra en la regió on hi ha el camp magnètic. Justifiqueu i dibuixeu les trajectòries dels dos electrons i indiqueu el sentit de gir.
- b) Eliminem aquest camp magnètic i el substituïm per un altre camp magnètic, de manera que els electrons no es desvien quan entren en aquesta regió. Dibuixeu com hauria de ser aquest nou camp magnètic. Justifiqueu la resposta.

NOTA: No és vàlida la resposta $\vec{B} = 0$.

resolució **M-09** :

set'13 [S1 — P2]

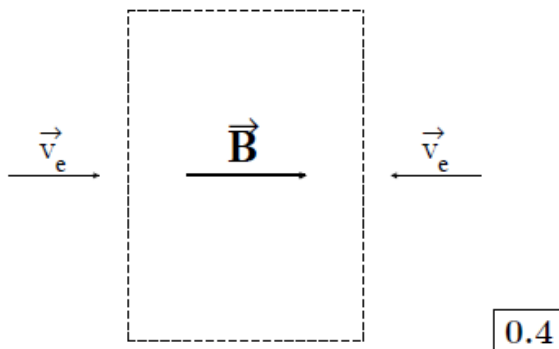


a)

Els dos electrons segueixen una trajectòria circular,
 ja que la força que hi actua és perpendicular a la seva
 velocitat, **0.2** els dos electrons gira'n en sentit horari **0.1**

$$q v B = m \frac{v^2}{R} \quad \mathbf{0.2}$$

Els electrons descriuen circumferències del mateix radi,
 ja que les forces tenen el mateix mòdul i els dos
 electrons tenen la mateixa massa i porten la mateixa velocitat. **0.1**



b)

(el camp magnètic també pot anar en sentit contrari).

\vec{B} ha de ser paral·lel a la velocitat dels electrons [0.4],

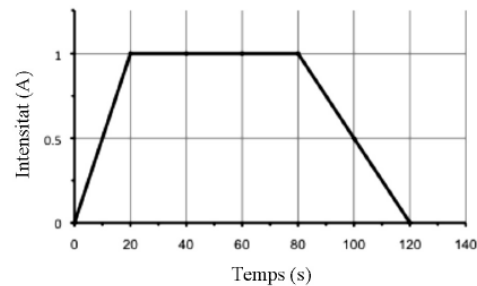
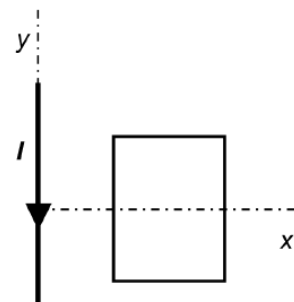
ja que la força serà: $|\vec{F}| = qvB \sin(\phi)$ com que $\phi = 0 \rightarrow \vec{F} = 0$ [0.2]

► **M-10)** juny'12 [S3 — A5]: ENUNCIAT

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

a) Si la intensitat de corrent I és constant, dibuixeu el camp magnètic creat pel fil conductor en la regió on es troba l'espira. Es tracta d'un camp magnètic constant? Justifiqueu la resposta.

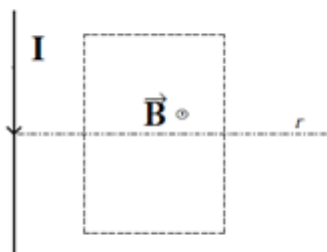
b) Si el conductor i l'espira no es mouen, però la intensitat de corrent que circula pel conductor varia amb el temps tal com indica el gràfic, expliqueu raonadament si s'indueix o no corrent en l'espira en els intervals de temps següents: de 0 a 20 s, de 20 a 80 s i de 80 a 120 s. En quin dels tres intervals de temps el corrent induït és més gran? Justifiqueu la resposta.



resolució **M-10** :

juny'12 [S3 — A5]

a) A qualsevol punt de l'espai, les línies de camp magnètic produït pel corrent que circula per un fil recte i llarg són tangents a un cercle de radi r centrat en el fil, on r és la distància del fil a on considerem el camp. [0.4]



Tal com indica la figura el camp magnètic serà perpendicular i sortint cap en fora del paper. [0.4]

El valor del camp magnètic no és constant sinó que és inversament proporcional a r [0.2]

- b) Es produeix corrent induït en una espira quan el flux del camp magnètic varia amb el temps. [0.4]
Per tant, es produirà corrent en els intervals de temps de 0-20 s i de 80-120 s, ja que en aquests intervals de temps el camp magnètic produït pel corrent varia perquè aquest corrent que l'indueix varia amb el temps. [0.4].

Dels dos intervals de temps esmentats el que correspon de 0-20 s, produirà un corrent més gran, ja que la derivada en funció del temps és més gran i per tant la derivada del flux magnètic també serà més gran. [0.2]

► **M-11)** juny'12 [S3 — B5]: ENUNCIAT

Un ciclotró que accelera protons té un camp magnètic de $9,00 \times 10^{-3} \text{ T}$, perpendicular a la velocitat dels protons, que descriuen una trajectòria circular de 0,50 m de radi. Calculeu:

- a) La freqüència del moviment circular dels protons en el ciclotró.
b) L'energia cinètica dels protons accelerats i la longitud d'ona de De Broglie que tenen associada.

DADES: $Q_{\text{protó}} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$;
 $m_{\text{protó}} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$;
 $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J s}$.

resolució **M-11** :

juny'12 [S3 — B5]

- a) La força magnètica de Lorentz és la que proporciona la força centrípeta necessària per a fer girar els protons: [0.2]

$$q v B = m \frac{v^2}{r} \quad [0.2]$$

$$q B = m \frac{v}{r} = m \omega = m 2\pi\nu \quad [0.2]$$

$$\nu = \frac{qB}{m2\pi} = \frac{1,60 \times 10^{-19} \text{ C} \times 9 \times 10^{-3} \text{ T}}{2\pi \times 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}} = 1,37 \times 10^5 \text{ Hz} \quad [0.4]$$

- b)

$$v = \omega r = 2\pi\nu r \quad [0.25]$$

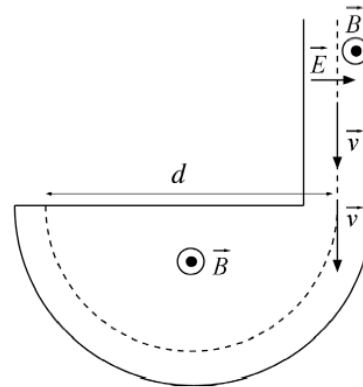
$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = m 2(\pi\nu r)^2 = 1,55 \times 10^{-16} \text{ J} \quad [0.25]$$

La longitud associada de De Broglie serà:

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad [0.25] = \frac{h}{2\pi\nu r m} = 9,21 \times 10^{-13} \text{ m} \quad [0.25]$$

► **M-12)** juny'12 [S1 — A5]: ENUNCIAT

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.



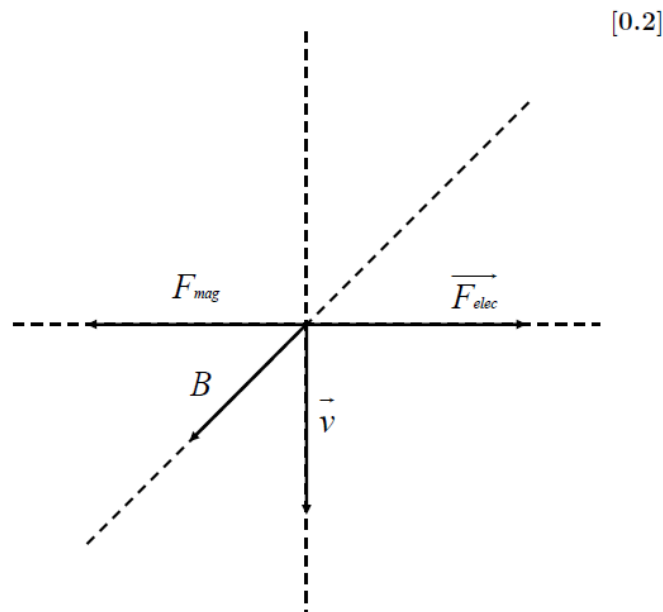
- a) Si el camp elèctric del selector té un valor $E = 20,0 \text{ N C}^{-1}$ i el valor de la inducció magnètica és $B = 2,50 \times 10^{-3} \text{ T}$, calculeu el valor del mòdul de la velocitat dels ions que NO es desvien. Feu l'esquema corresponent dels vectors següents: velocitat, força elèctrica,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

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

resolució **M-12** :

juny'12 [S1 — A5]

- a) Els ions no es desvien quan la força magnètica de Lorentz es compensa amb la força elèctrica, [0.2] tal com es mostra a la figura, pel cas d'un ió positiu:



$$\vec{F}_{mag} = -\vec{F}_{ele} \text{ [0.2]} \Rightarrow F_{mag} = F_{ele} \Rightarrow qvB = qE \Rightarrow$$

$$v = \frac{E}{B} \text{ [0.2]} \quad v = \frac{20 \text{ N/C}}{2,5 \times 10^{-3} \text{ T}} = 8,00 \times 10^3 \text{ m/s [0.2]}$$

- b) Al entrar aquests ions en la regió on només estan sotmesos a l'acció del camp magnètic, aquest fa una força perpendicular a la seva velocitat, per tant els fa fer un moviment circular uniforme: [0.3]

$$\vec{F}_{mag} = q(\vec{v} \wedge \vec{B}) = \vec{F}_{cpa} \Rightarrow qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow$$

$$R = \frac{mv}{qB} : \text{radi de la trajectòria circular dels ions [0.3]}$$

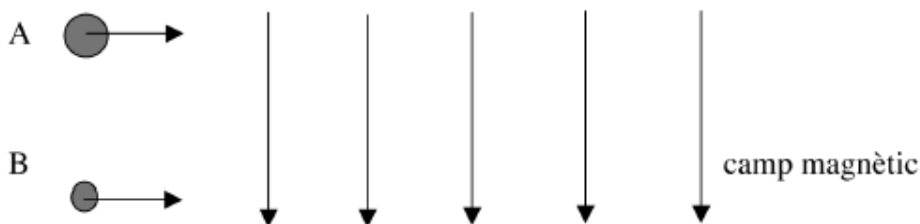
Per l'isòtop ${}^3_1\text{H}^+$, tindrem:

$$R = \frac{3 \cdot 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg} \cdot 8 \times 10^3 \text{ m/s}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot 2,5 \times 10^{-3} \text{ T}} = 1,00 \times 10^{-1} \text{ m [0.2]}$$

Per tant $d = 2R = 2,00 \times 10^{-1} \text{ m [0.2]}$

► **M-13)** juny'12 [S1 — B3]: ENUNCIAT

Dos ions positius A i B de càrrega elèctrica igual ($1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$) es mouen, separats, amb la mateixa velocitat ($3,00 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$), tal com indica la figura, i entren en una regió on hi ha un camp magnètic de mòdul $0,42 \text{ T}$ dirigit cap avall. La massa de l'ió A és el doble que la de l'ió B.



- a) Calculeu la força magnètica que actua sobre cada un dels dos ions, i especifiqueu-ne la direcció i el sentit.
 b) Indiqueu la relació que hi ha entre els radis de les trajectòries descrites pels ions A i B, és a dir, r_A/r_B .

resolució **M-13** :

juny'12 [S1 — B3]

a)

$$\vec{F}_A = \vec{F}_B = q\vec{v} \wedge \vec{B} \text{ [0.4]} \Rightarrow |\vec{F}| = qvB \sin \theta = 1.60 \times 10^{-19} \cdot 3 \times 10^5 \text{ m/s} \cdot 0.42 \text{ T} = 2.02 \times 10^{-14} \text{ N [0.4]}$$

Aplicant la regla de la mà dreta del producte vectorial, la força va dirigida cap endins del paper [0.2]

b) Totes dues partícules es mouran seguint trajectòries circulars amb un MCU, ja que la força és perpendicular en tot moment al vector velocitat i sempre està situada al pla perpendicular a \vec{B} [0.4]

La força és la mateixa per els dos ions, però les masses no, el que farà que el radi no sigui igual. [0.2]

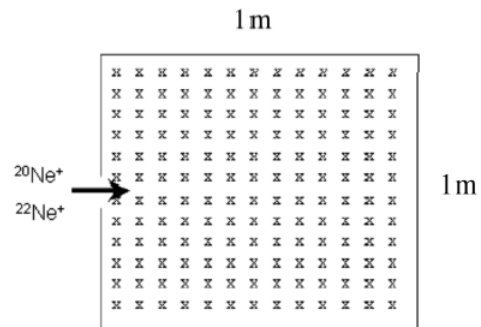
$$q v B = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{qB} \text{ [0.2]}$$

Com que v, q i B són iguals, i com $m_A = 2m_B$, aleshores $R_A = 2R_B$ [0.2]

► **M-14)** set'12 [S4 — A3]: ENUNCIAT

L'espectròmetre de masses fa entrar partícules carregades, com per exemple ions, dins un camp magnètic uniforme. Quan les partícules carregades i amb una velocitat coneguda entren dins del camp magnètic constant, a partir de la trajectòria, en podem calcular la massa.

Un feix de ions compost per $^{20}\text{Ne}^+$ i $^{22}\text{Ne}^+$ (que foren els primers isòtops naturals trobats) entra en l'espectròmetre de masses de la figura. La velocitat dels ions és $1,00 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$ i el camp magnètic de l'espectròmetre de $0,23 \text{ T}$, perpendicular al paper.



a) Expliqueu raonadament quin tipus de trajectòria descriu cada un dels ions dins del camp. Quin treball realitzarà la força que exerceix el camp magnètic en aquesta trajectòria?

b) Calculeu a quina distància del punt d'entrada impactarà cada un dels ions.

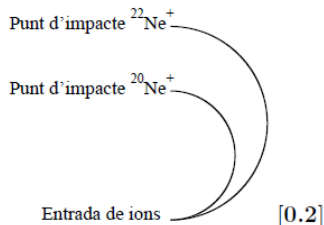
DADES: $m(\text{ió } ^{22}\text{Ne}^+) = 22,0 \text{ u}$; $m(\text{ió } ^{20}\text{Ne}^+) = 20,0 \text{ u}$;
 $Q(\text{ió } ^{22}\text{Ne}^+) = Q(\text{ió } ^{20}\text{Ne}^+) = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$;
 $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

resolució **M-14** :

mes'## [S# — X#]

a) Al ser la força magnètica perpendicular a la velocitat la trajectòria serà circular. [0.3]

Al tenir masses diferents, els dos ions experimenten acceleracions centrípetes diferents, per tan descriuràn trajectòries amb radis diferents, el de massa més gran descriurà una circumferència de radi més gran. [0.2]



El treball que realitzarà la força magnètica serà nul, ja que en tot moment és perpendicular a la trajectòria dels ions. [0.3]

b)

$$Q v B = m \frac{v^2}{r} \quad [0.3] \Rightarrow$$

$$r_{22Ne^+} = \frac{m^{22}Ne^+ v}{QB} = \frac{22.0 \cdot 1,66 \times 10^{-27} \cdot 1,00 \times 10^5}{1,60 \times 10^{-19} \cdot 0.23} = 9.92 \times 10^{-2} \text{ m} \quad [0.2]$$

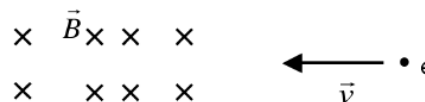
$$r_{20Ne^+} = \frac{m^{20}Ne^+ v}{QB} = \frac{20.0 \cdot 1,66 \times 10^{-27} \cdot 1,00 \times 10^5}{1,60 \times 10^{-19} \cdot 0.23} = 9.02 \times 10^{-2} \text{ m} \quad [0.2]$$

La distància serà el diàmetre de la trajectòria, es a dir 18,0 cm i 19.8 cm. [0.3]

► **M-15)** set'12 [S4 — B5]: ENUNCIAT

Un electró entra amb una velocitat de $3,00 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$ en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic uniforme d'1,20 T perpendicular a la velocitat de l'electró i en sentit perpendicular al paper, tal com indica la figura, i queda confinat en aquesta regió de l'espai.

a) Dibuixeu i justifiqueu la trajectòria que descriu l'electró dins del camp indicant el sentit de gir i calculeu el valor de la freqüència (en GHz).



b) Perquè l'electró travessi el camp magnètic sense desviar-se, cal aplicar un camp elèctric uniforme en aquesta mateixa regió. Dibuixeu el vector camp elèctric que permetria que això fos possible (justifiqueu-ne la direcció i el sentit) i calculeu-ne el mòdul.

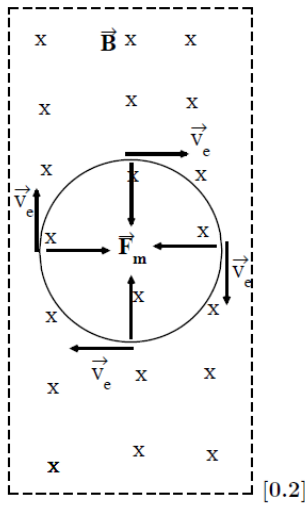


DADES: $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$; $Q_e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

resolució **M-15** :

set'12 [S4 — B5]

- a) La trajectòria serà circular, ja que a l'entrar en la zona on actua el camp magnètic, apareix una força \vec{F}_m perpendicular a la velocitat, que és la força centrípeta del M.C.U., girarà en sentit horari. [0.2]

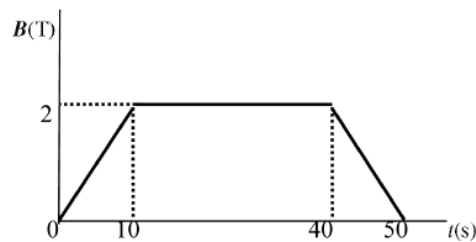
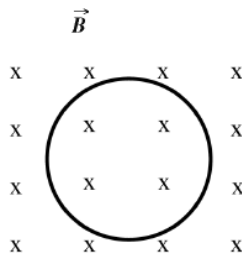


$$\vec{F}_m = q \vec{v} \wedge \vec{B} \quad [0.2]$$

$$F_m = m_e \frac{v^2}{R} = q v B \Rightarrow m_e \frac{v}{R} = q B \Rightarrow m_e \omega = q B \Rightarrow \nu = \frac{q B}{m_e 2\pi} \quad [0.2] = 3.35 \times 10^{10} \text{ Hz} = 33.5 \text{ GHz} [0.2]$$

► **M-16)** juny'11 [S1 — A5]: ENUNCIAT

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 5Ω . Recordeu que la llei d'Ohm estableix que

$$I = \frac{\Delta V}{R}.$$

resolució **M-16** :

juny'11 [S1 — A5]

a) Es produirà corrent elèctric quan es produeixi una variació en el flux del camp magnètic a través de l'espira. Per tant els intervals on tindrem corrent elèctric són: $0 \leq t \leq 10$ i $40 \leq t \leq 50$ [0.5]

El corrent induït és de sentit contrari al que generaria el camp que el produeix. [0.25]

En l'interval $0 \leq t \leq 10$, la derivada del flux respecte el temps és positiva, per tant el corrent generat serà en sentit antihorari. En l'interval $40 \leq t \leq 50$ la derivada del flux respecte del temps serà negativa, per tant el corrent serà en sentit horari. [0.25]

$$b) 0 \leq t \leq 10 \Rightarrow \varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\pi r^2 \frac{dB}{dt} = -\pi 0.25^2 \frac{2-0}{10-0} = -3.93 \times 10^{-2} V \text{ [0.25]}$$

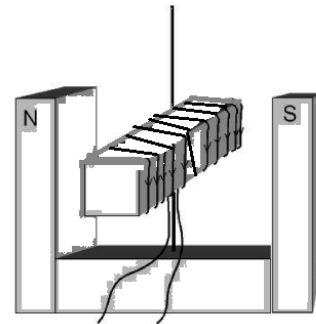
$$40 \leq t \leq 50 \Rightarrow \varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\pi r^2 \frac{dB}{dt} = -\pi 0.25^2 \frac{0-2}{50-40} = 3.93 \times 10^{-2} V \text{ [0.25]}$$

En tots dos casos el valor absolut del corrent serà:

$$|I| = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{3.93 \times 10^{-2}}{5} = 7.85 \times 10^{-3} A \text{ [0.5]}$$

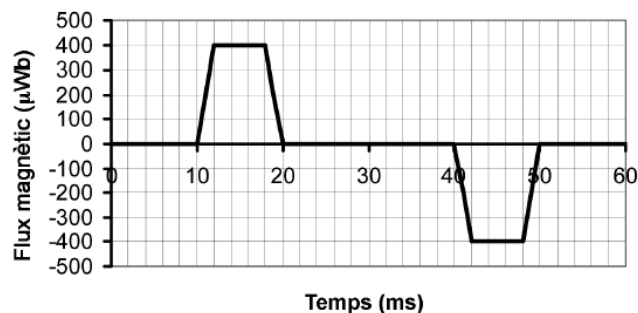
► **M-17)** juny'11 [S4 — B3]: ENUNCIAT

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.

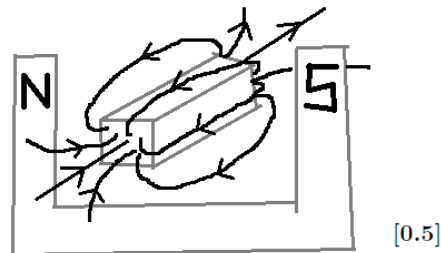
b) Si fem girar la barra sense fer circular cap corrent elèctric, tenim un generador. En la gràfica es mostra la variació del flux magnètic (Φ) a través de la bobina en funció del temps quan la barra gira. Expliqueu raonadament en quins moments hi ha força electromotriu (FEM) induïda en les espines.



resolució **M-17** :

juny'11 [S4 — B3]

- a) De forma esquemàtica es mostra a la figura les línies de camp magnètic:



Les línies de camp magnètic entren pel pol Sud i surten pel pol Nord, per tant en la figura que es mostra, l'extrem més proper serà el pol Sud i l'altre extrem el pol Nord, per tant el pol Sud de l'electroimà s'acostarà al pol Nord de l'imà, o sigui l'electroimà girarà segons les agulles del rellotge. [0.5]

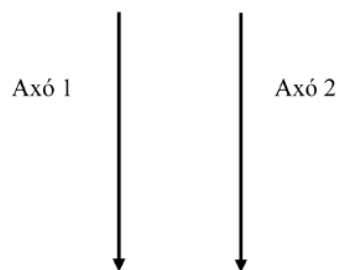
- b) Per la llei de Lenz sabem que la força electromotriu generada en una espira està condicionada a que hi hagi un variació del fluxe magnètic a través de l'espira al llarg del temps:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} \quad [0,6]$$

Per tant en la gràfica que es mostra es generarà força electromotriu ens els intervals següents: $10 \leq t \leq 12$; $18 \leq t \leq 20$; $40 \leq t \leq 42$ i $48 \leq t \leq 50$ tots els intervals en ms. [0.4]

► **M-18)** set'11 [S2 — P2]: ENUNCIAT

Els axons són una part de les neurones i transmeten l'impuls nerviós. El corrent elèctric que circula per l'axó produeix un camp magnètic que podem considerar igual al que produiria un fil conductor rectilini infinitament llarg. Per dos axons paral·lels, representats en la figura següent, circula un corrent de $0,66 \times 10^{-6}$ A en el mateix sentit:



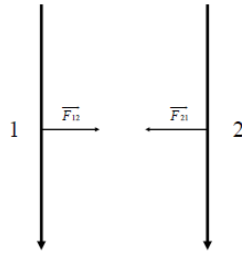
- a) Indiqueu la direcció i el sentit del camp magnètic que produeix cada axó en la posició que ocupa l'altre. Dibuixeu la força que actua sobre cada axó causada pel corrent que circula per l'altre.
- b) Calculeu el mòdul de la força que actua sobre 2 cm de l'axó 2 si el mòdul del camp magnètic que produeix l'axó 1 en la posició de l'axó 2 és $1,1 \times 10^{-10}$ T.

resolució **M-18** :

set'11 [S2 — P2]

- a) A partir del camp produït per un fil recte molt llarg i tinguen en compte la regla de la ma dreta per trobar el sentit del camp magnètic, tindrem:

L'axó 2 produeix sobre l'1 un camp magnètic cap dins del paper i perpendicular a aquest. [0.25] L'axó 1 produeix sobre el 2 un camp magnètic que surt del paper i perpendicular a aquest. [0.25]



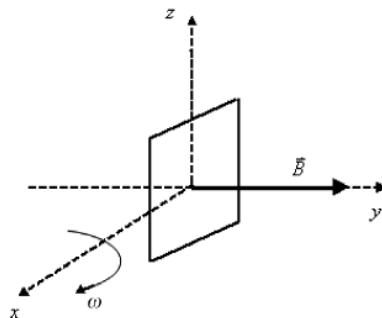
\vec{F}_{12} és la força que fa l'axó 2 sobre el 1
 \vec{F}_{21} és la força que fa l'axó 1 sobre el 2 [0.5]

- b) $F = ILB$ [0,5] = $6,6 \times 10^{-7} \times 0,02 \times 1,1 \times 10^{-10} = 1,5 \times 10^{-18} N$ [0.5]

► **M-19)** set'11 [S2 — B5]: ENUNCIAT

Calculeu, dins d'un camp magnètic $\vec{B} = 0,2\vec{j}$, expressat en T:

- a) La força (mòdul, direcció i sentit) que actua sobre una càrrega positiva $Q = 3,2 \times 10^{-19} C$ que es mou a una velocitat $\vec{v} = 2\vec{k}$, expressada en m/s.
 b) La força electromotriu induïda en funció del temps quan una espira quadrada de $0,01 m^2$ de superfície gira, a una velocitat angular constant de 30 rad/s, al voltant d'un eix fix (l'eix x de la figura) que passa per la meitat de dos dels seus costats oposats, tal com s'indica en la figura.



resolució **M-19** :

set'11 [S2 — B5]

a) La força que fa el camp magnètic sobre una càrrega que es mou ve donada per l'expressió:

$$\vec{F}_m = q(\vec{v} \wedge \vec{B}) \text{ [0,5]}$$

per tant:

$$\vec{F}_m = 3,2 \times 10^{-19} (2 \vec{k} \wedge 0,2 \vec{j}) = -1,28 \times 10^{-19} \vec{i} \text{ N [0,5]}$$

cal tenir en compte que: $\vec{k} \wedge \vec{j} = -\vec{i}$

b)

La força electromotriu ve donada per la llei de Lenz:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$$

on Φ és el flux de camp magnètic que atravesa l'escala [0.2].

En aquest cas veiem que el camp magnètic és constant i l'escala gira amb una velocitat angular $\omega = 30$ rad/s, on l'eix de rotació és l'eix z. [0.2]

La superfície aparent que atravesa el camp magnètic ve donada per l'expressió:

$$S(t) = 0,01 \cos(\omega t) \text{ [0,2]}$$

per tant el flux de camp magnètic que atravesa l'escala en funció del temps serà:

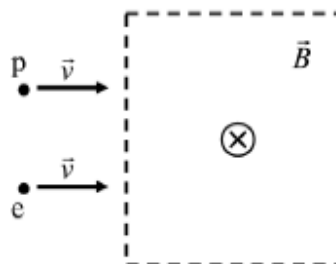
$$\Phi(t) = B S(t) = 0,2 \times 0,01 \cos(30 t) \text{ [0,2]}$$

en conclusió:

$$\varepsilon(t) = 0,2 \times 0,01 \times 30 \sin(30t) = 0,06 \sin(30t) \text{ V [0,2]}$$

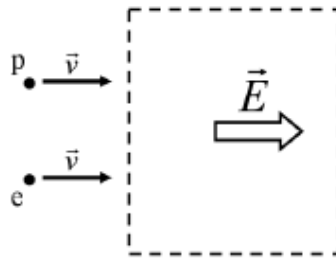
► **M-20)** juny'10 [S1 — A4]: ENUNCIAT

Un protó i un electró, amb la mateixa velocitat, entren en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic uniforme dirigit cap a l'interior del paper, tal com indica la figura següent:



a) Dibuixeu les forces que actuen sobre cada partícula en l'instant en què entren a la regió on hi ha el camp. Són iguals els mòduls d'aquestes forces? Descriviu i justifiqueu el moviment que seguirà cadascuna de les partícules.

Imageneu-vos que en aquesta regió, en comptes d'un camp magnètic, hi ha un camp elèctric uniforme dirigit cap a la dreta, tal com indica la figura següent:

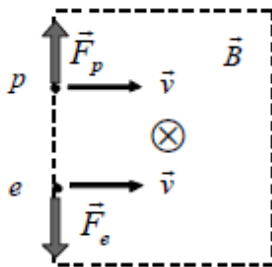


b) Dibuixeu les forces que actuen sobre cada partícula en l'instant en què entren a la regió on hi ha el camp. Són iguals els mòduls d'aquestes forces? Descriuiu i justifiqueu el moviment que seguirà cadascuna de les partícules.

resolució **M-20** :

juny'10 [S1 — A4]

a)



[per cada força ben dibuixada] [0,2]

Els mòduls de les forces són: $F = q v B$. Els mòduls F_p i F_e són iguals ja que $|q_p| = |q_e|$ [0,2]

[justificació de les òrbites] [0,2]

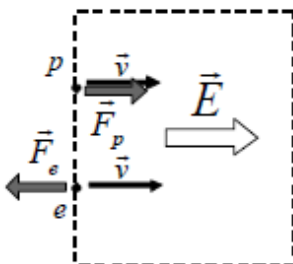
Les òrbites seran circulars, les dues partícules seguiran un moviment circular uniforme, ja que $\vec{F} \perp \vec{v}$, en tots dos casos.

p girarà cap amunt degut a l'acció de \vec{F}_p [descripció o dibuix] [0,1]

e girarà cap avall degut a l'acció de \vec{F}_e [descripció o dibuix] [0,1]

b)

[per cada força ben dibuixada] [0,2]



Els mòduls de les forces són: $F = q E$. Els mòduls F_p i F_e són iguals ja que $|q_p| = |q_e|$ [0,2]

[justificació de les trajectòries] [0,2]

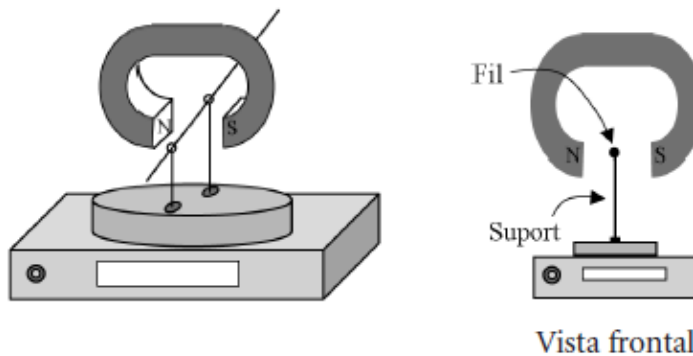
Les dues partícules seguiran trajectòries rectilínees. Ja que $\vec{F} \parallel \vec{v}$

p es mourà cap a la dreta i la seva velocitat augmentarà uniformement per l'acció de \vec{F}_p [0,1]

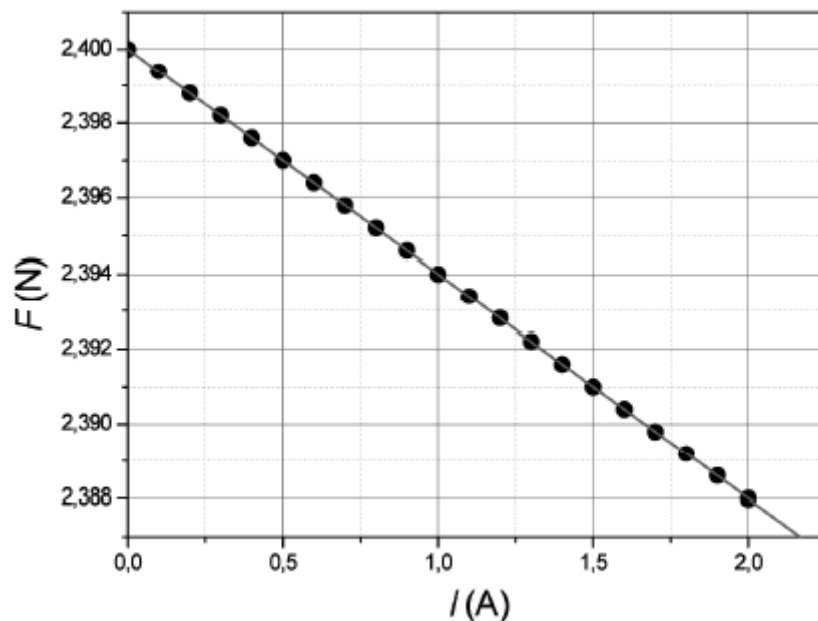
e es mourà cap a la dreta i la seva velocitat disminuirà uniformement per l'acció de \vec{F}_e [0,1]

► **M-21)** juny'10 [S1 — B4]: ENUNCIAT

Es col·loca per sobre d'una balança un imant amb els pols N i S enfrontats. Tal com veiem en les figures, entre aquests dos pols passa un fil conductor horitzontal que no toca l'imant. El fil elèctric s'aguanta mitjançant dos suports aïllants que recolzen sobre el plat de la balança. En absència de corrent elèctric pel fil, la balança indica un pes de 2,400 N. Quan circula corrent elèctric pel fil conductor, la balança indica pesos aparents més petits, que depenen de la intensitat del corrent, a causa de l'aparició d'una força magnètica cap amunt.



S'han fet circular pel fil diverses intensitats i s'han obtingut els resultats que es mostren en la gràfica següent, en què F és el pes aparent registrat per la balança i I és la intensitat del corrent que circula pel fil conductor.



- a) Determineu l'equació que relaciona la força amb la intensitat. Calculeu la força magnètica que actua sobre el fil elèctric quan la intensitat del corrent és 2,0 A i quan és 2,5 A.
- b) Considereu que el tram de fil situat entre els pols de l'imant té una longitud de 6 cm i que el camp magnètic és uniforme (constant) dins d'aquesta zona i nul a fora. Calculeu el camp magnètic entre els pols de l'imant. En quin sentit circula el corrent elèctric?

resolució **M-21** :

juny'10 [S1 — B4]

a) el pendent de la recta és $(2,388-2,400)/2=6,000 \cdot 10^{-3}$ N/A **[0,1]**

equació de la recta: $F = 2,400 - 6,000 \cdot 10^{-3} I$ (en N, si I en A) **[0,1]**

$F(2,0A) = 2,400 - 6,000 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 2,388$ N També es pot llegir a la gràfica. **[0,2]**

$F(2,5A) = 2,400 - 6,000 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5 = 2,385$ N **[0,2]**

Com que hi ha una tara de 2,400N. La força sobre el fil és

$F_{\text{fil}}(2,0A) = 2,400 - 2,388 = 0,012$ N cap amunt **[0,2]**

$F_{\text{fil}}(2,5A) = 2,400 - 2,385 = 0,015$ N cap amunt **[0,2]**

b) Força (mòdul) que actua sobre el fil: $F = I L B$ **[0,2]**

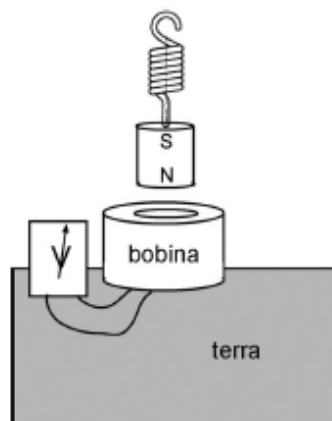
$6,000 \cdot 10^{-3} I = I L B; B = \frac{6,000 \cdot 10^{-3}}{L} = 0,1$ T **[0,3]**

alternativa: $B = \frac{F}{I L} = \frac{0,012}{2,0 \cdot 0,06} = 0,1$ T **[0,3]**

El \vec{B} va de N a S. Si la força sobre el fil va cap amunt (disminució de pes aparent), el corrent haurà d'anar cap enfora del paper. **[0,5]** [= sentit corrent 0,2 + justificació 0.3]

► **M-22)** juny'10 [S4 — A5]: ENUNCIAT

Un imant penja d'una molla sobre una bobina conductora, fixada a terra, i un vol·tímetre tanca el circuit de la bobina, tal com mostra la figura següent:



Quan es produeix un terratrèmol, l'imant es manté immòbil, mentre que la bobina puja i baixa seguint els moviments del terra.

- a) Expliqueu què indicarà el voltímetre en les tres situacions següents:
1. El terra puja.
 2. El terra baixa.
 3. No hi ha cap terratrèmol (i el terra no es mou).
- b) Si retirem el voltímetre i apliquem un corrent elèctric altern a la bobina, quin efecte es produirà en l'imant suspès a sobre? Justifiqueu la resposta.

resolució **M-22** :

juny'10 [S4 — A5]

a) a1. Mentre el terra estigui pujant. El flux magnètic a través de la bobina varia, per tant, s'indueix un corrent i el voltímetre indicarà una diferència de potencial. **[0,4]**

a2. Mentre el terra estigui baixant. El flux magnètic varia, per tant s'indueix corrent i el voltímetre indicarà una diferència de potencial de signe contraria al que indica en l'apartat a1. **[0,2]**

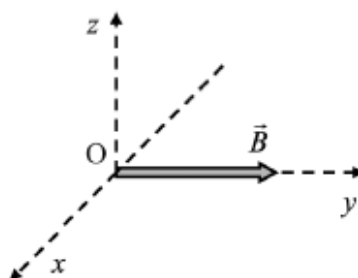
a3. Quan no hi ha cap terratrèmol (i el terra no es mou). El flux magnètic no varia, per tant no hi ha corrent induït i el voltímetre indicarà una diferència de potencial igual a zero. **[0,4]**

b) El corrent elèctric que circula per la bobina produeix un camp magnètic, de manera que els seus extrems esdevenen els pols d'un electroimant. Quan hi hagi un pol sud a prop del pol nord de l'imant que penja, l'imant serà atret i baixarà (i viceversa). **[0,5]** [no cal que facin la discussió parlant de pols magnètics, però sí han de dir que hi haurà repulsió/atracció]

En ser el corrent altern, la polaritat variarà contínuament i l'imant oscil·larà verticalment amb la mateixa freqüència que la del corrent altern. **[0,5]** [com a mínim ha de dir que l'imant oscil·larà]

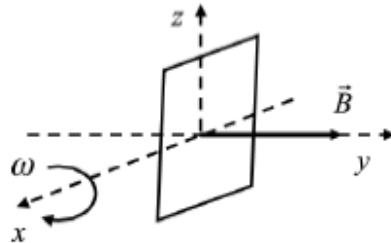
► **M-23)** juny'10 [S4 — B5]: ENUNCIAT

En una regió àmplia de l'espai hi ha un camp magnètic dirigit en la direcció de l'eix y , de mòdul $5,0 \cdot 10^{-5}$ T, tal com mostra la figura següent. Calculeu:



- a) El mòdul i el sentit que ha de tenir la velocitat d'un electró que es mou en la direcció de l'eix x , perquè la força magnètica sigui vertical (eix z), de mòdul igual que el pes de l'electró i de sentit contrari.

b) Una espira quadrada de $0,025 \text{ m}^2$ de superfície gira, en la regió on hi ha el camp magnètic anterior, amb una velocitat angular constant de $100\pi \text{ rad/s}$, al voltant d'un eix fix que passa per la meitat de dos dels seus costats oposats, tal com s'indica en la figura. Calculeu l'expressió de la força electromotriu induïda en funció del temps.

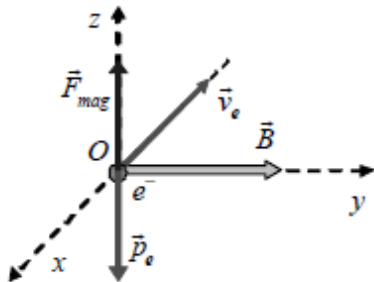


DADES: $m_{\text{electró}} = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $q_{\text{electró}} = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $g = 9,80 \text{ m/s}^2$.

resolució **M-23** :

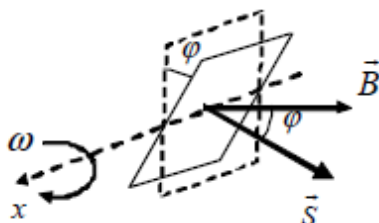
juny'10 [S4 — B5]

a) $F = evB = m_e g \Rightarrow v = \frac{m_e g}{eB} = 1,1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}}{\text{s}}$ [0,5]



[0,5] [ha de quedar clar que $\vec{B}, \vec{v}, \vec{F}$ formen un triedre, que s'ha tingut en compte que l'electró és una càrrega negativa i que \vec{F} va en sentit contrari al pes]

b)



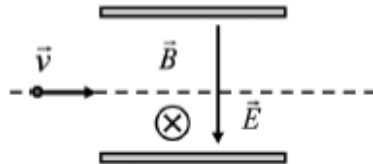
$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} \quad [0,2]$$

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt}(BS \cos \varphi) = -\frac{d}{dt}(BS \cos \omega t) = BS\omega \sin \omega t \quad [0,4]$$

$$\varepsilon = BS\omega \sin \omega t = 1,25\pi \cdot 10^{-4} \sin(100\pi t) \quad (\text{en V, si } t \text{ en s}) \quad [0,4] \quad [\text{si no posen les unitats } 0,3]$$

► **M-24)** juny'10 [S5 — A5]: ENUNCIAT

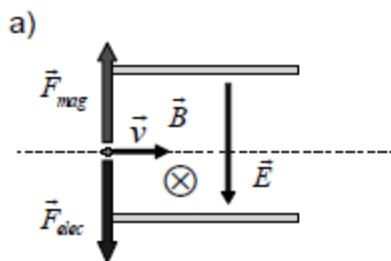
En la figura següent es mostra un esquema d'un selector de velocitat d'ions, que és una màquina que serveix per a seleccionar els ions que van a una velocitat determinada. Bàsicament, es tracta de fer passar un feix d'ions, que inicialment van a velocitats diferents, per una regió on hi ha un camp magnètic i un camp elèctric perpendiculars. L'acció d'aquests camps sobre els ions en moviment fa que els que van a una velocitat determinada no es desviïn.



- Dibuixeu la força causada per l'acció del camp magnètic i la força causada per l'acció del camp elèctric sobre un ió positiu que penetra en el selector de velocitats. Si el camp magnètic és 0,50 T i el camp elèctric és 500 N/C, calculeu la velocitat amb què sortiran del selector els ions que no s'hagin desviat.
- Expliqueu què passaria si en aquest selector entressin ions negatius, en comptes d'ions positius.

resolució **M-24** :

juny'10 [S5 — A5]



[cada força ben dibuixada] [0,2]

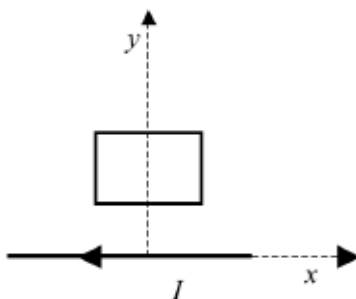
$$F_{eie} = qE; F_{mag} = qvB \quad [0,2]$$

$$\text{L'ió no es desviarà quan } F_{eie} = F_{mag} \quad [0,2]; \quad qE = qvB \quad \Rightarrow \quad v = \frac{E}{B} = 1.000 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad [0,2]$$

- b) Les dues forces anirien dirigides en sentit contrari al dibuixat en a). **[0,5]**
També es podria complir $F_{eie} = F_{mag}$, i la velocitat dels ions que no es desviarien seria la mateixa. **[0,5]**

► **M-25)** juny'10 [S5 — B5]: ENUNCIAT

Tenim una espira a prop d'un fil rectilini indefinit, tal com indica la figura següent:



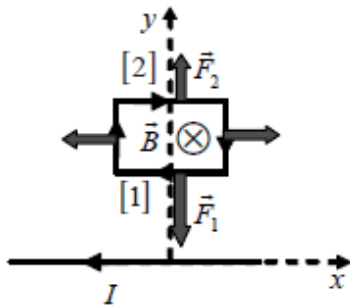
- a) Justifiqueu si apareixerà un corrent induït en l'espira si
— la movem en la direcció x ;
— la movem en la direcció y .
- b) Dibuixeu el camp magnètic creat pel fil rectilini indefinit i la força que actua sobre cada costat de l'espira, quan hi circula un corrent elèctric en sentit horari.
De les dues forces que actuen sobre els dos costats paral·lels al fil rectilini indefinit, quina és la més gran? Justifiqueu la resposta.

resolució **M-25** :

juny'10 [S5 — B5]

- a)
El camp magnètic creat per un fil rectilini indefinit disminueix amb la distància al fil.
Apareixerà un corrent induït a l'espira quan el flux magnètic a través seu variï.
Així, com que la superfície de l'espira es manté constant:
a-1: la movem en la direcció X : no s'induirà cap corrent a l'espira ja que el flux magnètic a través seu es mantindrà constant. **[0,5]**
[si només diuen que no s'indueix corrent, sense justificació] [0,3]
a-2: la movem en la direcció Y : s'induirà un corrent a l'espira ja que el flux magnètic a través seu variarà. **[0,5]**
[si només diuen que s'indueix corrent, sense justificació] [0,3]

b)

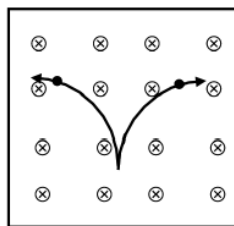


[direcció del camp] [0,2]
 [per cada força ben posada] [0,15]

La força $F_1 > F_2$, ja que el camp magnètic creat per un fil rectilini indefinit disminueix amb la distància al fil, i $y_1 < y_2$. I la longitud dels costats [1] i [2] és la mateixa. [0,2] [si no diuen res de la longitud dels costats puntuar amb la màxima nota]

► M-26) set'10 [S2 — A5]: ENUNCIAT

La imatge següent representa una cambra d'ionització en què s'observa l'aparició d'un electró i d'un positró que tenen la mateixa energia. El camp magnètic que hi ha a la cambra d'ionització és de $2 \cdot 10^{-4}$ T i està dirigit cap a l'interior del paper.



- Indiqueu la trajectòria del positró i la de l'electró i justifiqueu la resposta. Si les dues trajectòries tenen un radi equivalent de 5,80 m, determineu la velocitat de les partícules.
- Quina és l'energia en repòs d'un electró? Quina energia mínima ha de tenir un fotó per a materialitzar-se en un parell electró-positró? Quines són la freqüència i la longitud d'ona corresponents a aquesta energia?

DADES: $q_{\text{electró}} = -1,602 \cdot 10^{-19}$ C;
 $q_{\text{positró}} = +1,602 \cdot 10^{-19}$ C;
 $m_{\text{electró}} = m_{\text{positró}} = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg;
 $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s;
 $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s.

resolució **M-26** :

set'10 [S2 — A5]

a) $F = qvB$ i regla de la mà esquerra (o similar) **[0,2]**

La trajectòria de l'esquerra. La força sobre la càrrega va cap a l'esquerra. Per tant, correspon a una càrrega positiva (positró). **[0,2]**

La trajectòria de la dreta. La força sobre la càrrega va cap a la dreta. Per tant, correspon a una càrrega negativa (electró). **[0,2]**

$$m \frac{v^2}{R} = qvB \Rightarrow v = \frac{qBR}{m} = 2,04 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \mathbf{[0,3]}$$

Les dues velocitats són iguals, segons l'expressió anterior. **[0,1]**

b) L'energia en repòs de l'electró és $E_0 = m_e c^2 = 8,20 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ **[0,2]**

mínima energia del fotó (per crear dos electrons) $E = 2E_0 = 2m_e c^2 = 1,64 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ **[0,2]**

$$E = h\nu \Rightarrow \nu = \frac{E}{h} = 2,47 \cdot 10^{20} \text{ Hz} \quad \mathbf{[0,3]}$$

$$c = \lambda\nu \Rightarrow \lambda = \frac{c}{\nu} = 1,21 \cdot 10^{-12} \text{ m} \quad \mathbf{[0,3]}$$

► **M-27)** set'10 [S2 — B5]: ENUNCIAT

Un timbre funciona a 12,0 V de tensió i 0,200 A d'intensitat. Per tal de poder-lo connectar a la xarxa elèctrica i que funcioni correctament, disposa d'un transformador ideal que té 20 espines en el secundari.

- a) Connectem el primari del transformador a un corrent altern de 220 V. Calculeu quantes espines té el primari i quina intensitat de corrent hi circula.
- b) Si connectem el primari d'aquest transformador a un corrent continu de 24 V, quina intensitat de corrent circularà pel timbre? Justifiqueu la resposta.

resolució **M-27** :

set'10 [S2 — B5]

$$\text{a) } V_p I_p = V_s I_s \quad \mathbf{[0,3]}; \quad I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{12,0 \cdot 0,200}{220} = 0,011 \text{ A} \quad \mathbf{[0,2]}$$

$$\frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s} \quad \mathbf{[0,3]}; \quad N_p = \frac{V_p N_s}{V_s} = \frac{220 \cdot 20}{12} = 367 \text{ espines} \quad \mathbf{[0,2]}$$

b) $I = 0$ **[0,3]**

Si el corrent al primari és corrent continu, el corrent no variarà i no hi haurà fenomen d'inducció. No s'induirà cap fem al secundari, ja que el flux magnètic a través del secundari no varia. **[0,7]**
[a la justificació han de dir alguna cosa sobre el fenomen d'inducció]

► **M-28)** curs 2009/10 [Extra — A4]: ENUNCIAT

Un dispositiu llança, al mateix temps en la mateixa direcció i en sentits oposats, un protó i un electró. És a dir: $\vec{v}(\text{protó}) = -v\vec{j}$, $\vec{v}(\text{electró}) = +v\vec{j}$. Digues quines són les forces (mòdul, direcció i sentit) que actuaran sobre un protó i sobre un electró quan aquest dispositiu es col·loca

- a) dins un camp magnètic $\vec{B} = +B\vec{i}$
- b) dins un camp elèctric $\vec{E} = +E\vec{j}$

resolució **M-28** :

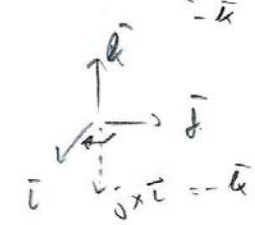
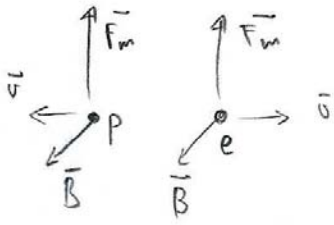
curs 2009/10 [Extra — A4]

$$\vec{v}(p) = -v\vec{j}, \quad \vec{v}(e) = +v\vec{j}.$$

a/ $\vec{B} = +B\vec{i}$ $\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$ / , donc:

$$\vec{F}_m(p) = q_p \vec{v}(p) \times \vec{B} = q_p (-v)\vec{j} \times (B\vec{i}) =$$

$$= -q_p v B \underbrace{\vec{j} \times \vec{i}}_{=-\vec{k}} = \boxed{q_p v B \vec{k}}$$



$$\vec{F}_m(e) = q_e \vec{v}(e) \times \vec{B} = q_e v\vec{j} \times B\vec{i} = \boxed{-q_e v B \vec{k}}$$

Com que $q_e = -q_p$, aleshores tindrem que $\vec{F}_m(e) = \vec{F}_m(p)$.

- \vec{F}_m :
- MÒDUL: $|\vec{F}_m| = |q_p v B| = q_p v B$ si v, B són positius
 - DIRECCIÓ: eix \vec{z} (vertical, en el dibuix fet)
 - SENTIT: si $v, B > 0$, com que $q_p > 0$, "cap a dalt" (sentit \vec{z} creixent, o seguint \vec{k}).

b/ $\vec{E} = +E\vec{j}$ $\boxed{\vec{F}_e = q\vec{E}}$, don:

(suposarem $E > 0$)

$\vec{F}_e(p) = q_p \vec{E} = q_p E \vec{j} \Rightarrow$

- Mòdul: $|\vec{F}_e(p)| = |q_p E| = q_p E$
- direcció: eix \vec{y}
- sentit: cap a y creixents (\vec{j})

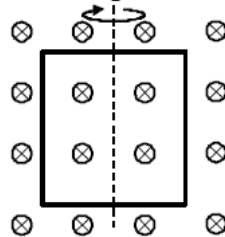
$\vec{F}_e(e) = q_e \vec{E} = q_e E \vec{j} \Rightarrow$

- Mòdul: $|\vec{F}_e(e)| = |q_e E| = |\vec{F}_e(p)|$
- direcció: eix \vec{y}
- sentit: cap a y decreixents ($-\vec{j}$)

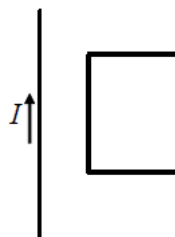
$q_p > 0$
 $q_e < 0$

► **M-29)** curs 2009/10 [Extra — B4]: ENUNCIAT

a) Una espira rectangular de 10 per 20 cm, gira al voltant del seu eix de simetria a una velocitat de 3000 rpm. dins un camp magnètic de 0,25 T. Calculeu l'expressió de la força electromotriu induïda en funció del temps.



b) Pel fil rectilini indefinit de la figura hi circula un corrent que disminueix en el temps. Dibuixeu les forces que actuen sobre cada costat del rectangle de la figura, constituït per un fil conductor.



resolució **M-29** :

curs 2009/10 [Extra — B4]

a/

$\omega = 3000 \text{ rpm} = 3 \cdot 10^3 \frac{1 \text{ volta}}{1 \text{ min}} \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ volta}} = \frac{6\pi \cdot 10^3}{60} = \pi \cdot 10^2 \text{ rad/s}$

$\vec{A}(0) = -A \vec{i} = -0,1 \cdot 0,2 \vec{i} = -0,02 \vec{i} \text{ m}^2$

$\vec{B} = -B \vec{i} = -0,25 \vec{i} \text{ T}$

$\alpha = \text{ang}(\vec{A}, \vec{B}) = \omega \cdot t \quad (*)$

$\mathcal{E}_{\text{ind}} = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{d\vec{B} \cdot \vec{A}(t)}{dt} = -B \cdot A \frac{d \cos \alpha}{dt} = +B \cdot A \cdot \omega \sin \omega t$

$= 0,25 \cdot 0,02 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot \sin(\pi \cdot 10^2 t) = 0,5\pi \sin(100\pi t)$

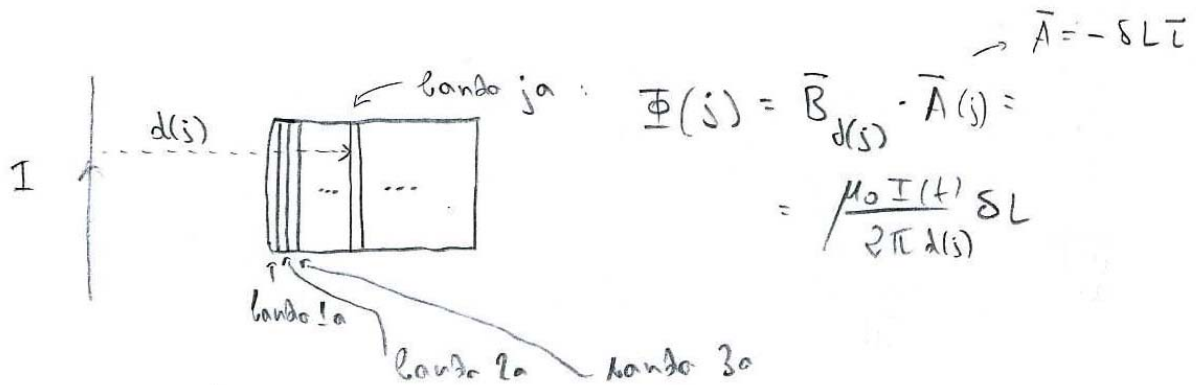
[unitats: SI]

b/

$\vec{A} = -l \cdot L \vec{i}$

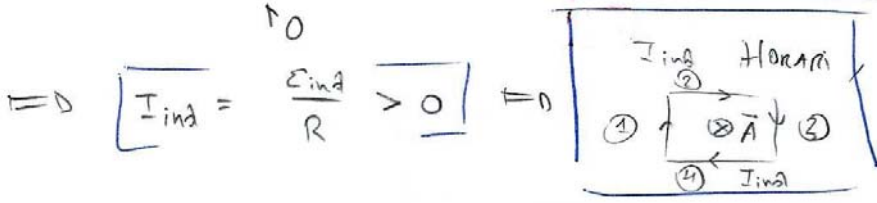
$\vec{B}_d = -B_d(t) \vec{i} = - \frac{\mu_0 I(t)}{2\pi d} \vec{i}$

camp = distància d. Dividim l'àrea de l'espira en bandes verticals estretes, d'amplada δ , on \vec{B} és aproximadament constant:



$$\mathcal{E}_{ind} = - \frac{d\Phi(\text{ESPIRA})}{dt} = - \frac{d}{dt} \left(\frac{\mu_0 \delta L}{2\pi} I(t) \sum_j \frac{1}{d(s)} \right) = - \frac{\mu_0 \delta L}{2\pi} \delta L \left(\frac{dI(t)}{dt} \right) \sum_j \frac{1}{d(s)} > 0$$

$$\Phi(\text{ESPIRA}) = \Phi(1) + \Phi(2) + \dots + \Phi(j) + \dots = \sum_j \Phi(s) = \sum_j \frac{\mu_0 I(t)}{2\pi d(s)} \delta L = \frac{\mu_0 \delta L}{2\pi} I(t) \sum_j \frac{1}{d(s)}$$



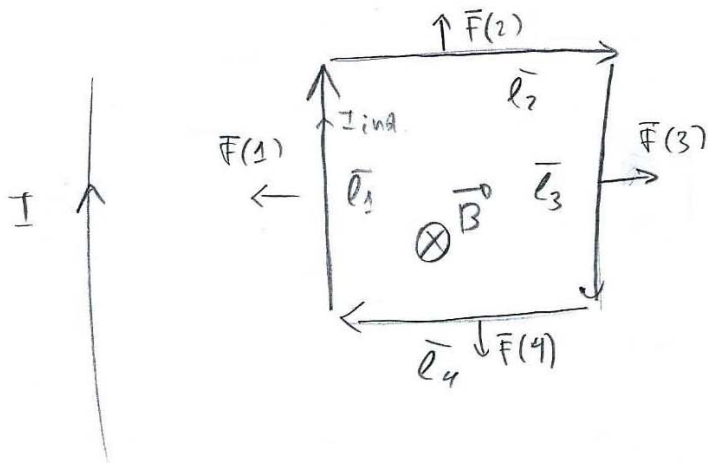
calcul exacte: $\sum_j \frac{1}{d(s)} \delta = \int_0^l \frac{1}{d_0 + x} dx = \ln \left| 1 + \frac{l}{d_0} \right|$,
 sent-hi d_0 la distància del tram (1), s'on
 tenim:

$$\mathcal{I}_{ind} = - \frac{\mu_0 L}{2\pi R} \frac{dI}{dt} \cdot \ln \left| 1 + \frac{l}{d_0} \right|$$

$\vec{B} = - \int_0^l \vec{B} \vec{e}$ per tot anem, s'on:

La força de Lorentz ens diu com és la força sobre cada tram; per conèixer les corresponents direccions i sentits, aplicarem la regla de la mà dreta:

$$\vec{F} = I \vec{e} \times \vec{B} \quad e \uparrow \vec{B} \uparrow \vec{e}$$



Nota: el sentit
 "Ind. Hor." es pot
 raonar de manera menys

rigorosa també, per exemple dient

que $\vec{B} = -\frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{e}_z$ a tots els punts de l'àrea,
 encara que \vec{B} varia, i

com que $I \perp, B \perp, \vec{\Phi} \perp$, i per tant $\left| \varepsilon_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt} > 0 \right|$.