Física

Camp magnètic, electromagnetisme i inducció

Solucions · 79 exercicis

Proves d'accés a la universitat (PAU) de Catalunya. Ordenats del més recent al més antic.
Retalls dels exàmens i pautes oficials (selecat.cat / universitats.gencat.cat).

1. PAU 2026 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 2 (Opció B)

EXERCICI 2, opció 2

a)

0,5 p El flux del camp magnètic és el producte escalar del camp magnètic per l'àrea de l'expira: $\phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$

Com que $\vec{B}$ i $\vec{S}$ tenen la mateixa direcció: $|\phi| = B \cdot S$.

Nota per als correctors: no es penalitzarà el fet que l'estudiant utilitzi directament l'expressió $|\phi| = B \cdot S$ sense justificar-la.

0,25 p A $t = 1$ s l'espira haurà avançat una distància $x = vt = 5$ cm, i, per tant, $S = 5 \times 10 = 50$ cm^2, llavors el flux és:

$$|\phi|(t = 1s) = B \cdot S = 5 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-4} = 2{,}5 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

0,25 p A $t = 5$ s l'espira haurà avançat una distància $x = vt = 25$ cm, l'espira és totalment dins del camp, per tant, $S = 10 \times 10 = 100$ cm^2, llavors el flux és:

$$|\phi|(t = 5s) = B \cdot S = 5 \times 10^{-3} \times 100 \times 10^{-4} = 5{,}0 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

0,25 p A $t = 7$ s l'espira haurà avançat una distància $x = vt = 35$ cm, només 5 cm estan dins el camp magnètic i, per tant, $S = 5 \times 10 = 50$ cm^2, llavors el flux és:

$$|\phi|(t = 7s) = B \cdot S = 5 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-4} = 2{,}5 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

b)

0,5 p Segons la llei de Faraday només s'induirà una fem quan el flux variï, és a dir, quan la superfície de la bobina dins de la zona on hi ha camp magnètic variï, per tant, serà durant dos intervals de temps:

- Mentre està entrant de t=0 s fins a t=2 s, atès que triga 2 s en entrar totalment dins la zona on hi ha camp magnètic. En aquest cas $S = l \cdot v \cdot t$, on és l la longitud del costat.

$$\phi(t) = B \cdot S = B \cdot l \cdot v \cdot t$$

$$\varepsilon = \left|\frac{d\phi}{dt}\right| = B \cdot l \cdot v = 5 \times 10^{-3} \times 0{,}1 \times 0{,}05 = 2{,}5 \times 10^{-5} \text{ V}$$

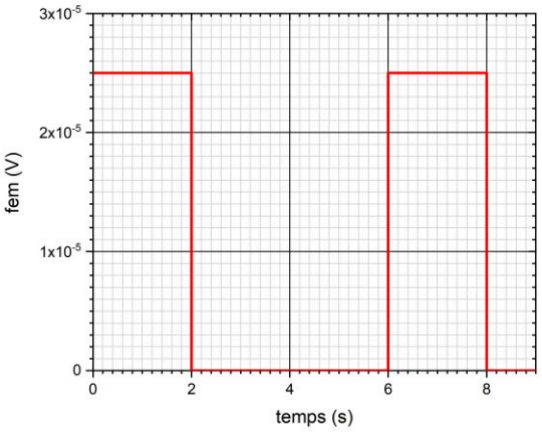
- Mentre està sortint de t=6 s (comença a sortir quan ha recorregut 30 cm) fins a t=8 s (surt totalment quan ha recorregut 40 cm). En aquest cas $S = l \cdot (0{,}4 - v \cdot t)$

$$\phi(t) = B \cdot S = B \cdot l \cdot (0{,}4 - v \cdot t)$$

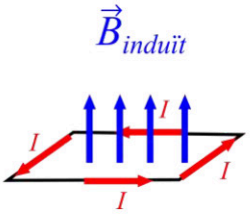
$$\varepsilon = \left|\frac{d\phi}{dt}\right| = B \cdot l \cdot v = 5 \times 10^{-3} \times 0{,}1 \times 0{,}05 = 2{,}5 \times 10^{-5} \text{ V}$$

Nota per als correctors: també es considerarà correcte que justifiqui que el valor absolut entrant és igual que el valor absolut sortint atès que es mou a velocitat constant. També es considerarà correcte l'ús de diferencials.

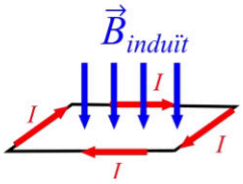
0,25 p De 2 a 6 s l'espira està totalment immersa dins la zona on hi ha camp magnètic, per tant, el flux és constant i la fem és nul·la. Per $t > 8$ s l'espira està totalment fora de la zona on hi ha camp magnètic, per tant, el flux tampoc varia i la fem és nul·la.

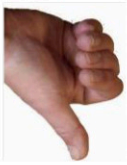


0,25 p Quan entra, de t=0 s a 2 s, el flux augmenta, per tant, el camp magnètic induït s'oposa al camp magnètic existent, i segons la regla de la mà dreta el corrent circula en sentit antihorari.







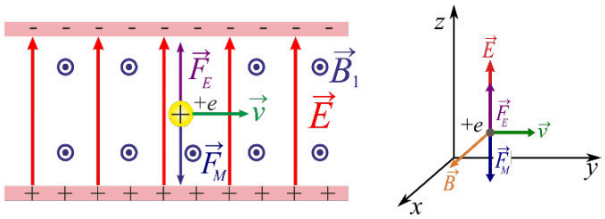


0,25 p Quan surt, de t=6 s a 8 s, el flux disminueix, per tant, el camp magnètic induït és paral·lel al camp magnètic existent, i segons la regla de la mà dreta el corrent circula en sentit horari.

EXERCICI 2

2.1.

0,25 p La força elèctrica és paral·lela al camp elèctric (càrrega positiva), la força magnètica és perpendicular a la velocitat i al camp magnètic i el sentit el determinem amb la regla de la ma dreta:



0,25 p El camp elèctric creat entre les plaques és:

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{500}{0{,}02} = 2{,}50 \cdot 10^4 \text{ V}$$

0,25 p La força elèctrica s'expressa com:

$$\vec{F}_E = e\vec{E}$$

0,25 p La força magnètica s'expressa com:

$$\vec{F}_M = e\vec{v} \times \vec{B}$$

0,25 p No es desvia quan $\vec{F}_E + \vec{F}_M = \vec{0}$ i com $\vec{B}$ és perpendicular a $\vec{v}$

$$eE = evB \Rightarrow B = \frac{E}{v}$$

$$B = \frac{E}{v} = \frac{2{,}50 \cdot 10^4}{4{,}0 \cdot 10^4} = 0{,}625 \text{ T}$$

2.2.

0,85 p Sabem que $\vec{F}_m = e\vec{v} \times \vec{B}$. Com $\vec{B}$ és perpendicular a $\vec{v}$, el mòdul de la força magnètica s'expressa com:

$$F_m = evB$$

Com la força magnètica és perpendicular a $\vec{v}$ i de mòdul constant, l'acceleració serà normal i constant, és a dir, l'ió descriurà un moviment circular uniforme (mòdul de la velocitat constant).

El radi de la trajectòria es pot obtenir a partir de la segona llei de Newton:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

i tenint en compte que l'acceleració centrípeta s'expressa com:

$$a = \frac{v^2}{r}$$

I el radi és,

$$evB = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{eB} = \frac{5{,}81 \cdot 10^{-26} \cdot 4{,}0 \cdot 10^4}{1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}3} = 4{,}83 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$$

0,15 p I finalment l'ió impacta a una distància igual al diàmetre:

$$d = 2r = 9{,}67 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$$

0,25 p Com la força (i l'acceleració) són perpendicular a la velocitat, el mòdul de la velocitat no canvia (no hi ha component tangencial de l'acceleració), només hi ha un canvi de direcció. Per tant, el mòdul de la velocitat i l'energia cinètica romanen constants.

3. PAU 2025 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 2 (Opció A)

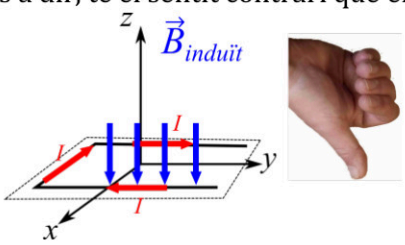
EXERCICI 2, opció 1

a)

0,25 p. Flux inicial:

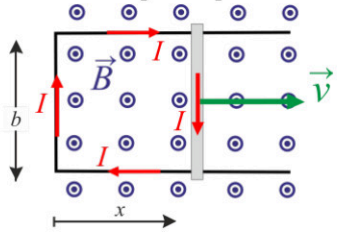
$$\phi_m = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S = B \cdot b \cdot x = 0{,}4 \cdot 0{,}04 \cdot 0{,}03 = 4{,}80 \times 10^{-4}\ \text{Wb}$$

0,5 p. Tal com es pot veure a la figura, el corrent induït en el circuit gira en sentit horari. Aplicant la regla de la mà dreta, veiem que aquest corrent induït genera un camp magnètic induït cap a dins del paper (és a dir, té el sentit contrari que el camp magnètic extern).



A partir de la llei de Lenz, sabem que el corrent induït crea un camp magnètic induït que s'oposa a la variació de flux magnètic.

Per tant, podem deduir que el moviment de la vareta ha de ser tal que el flux magnètic degut al camp magnètic extern augmenti. Això implica que la vareta s'està movent cap a la dreta:



0,5 p. Flux magnètic:

$$\phi_m = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S = B \cdot b \cdot x = B \cdot b \cdot (x_0 + vt)$$

FEM induïda:

$$\varepsilon = \left|\frac{d\phi_m}{dt}\right| = B \cdot b \cdot v = 4{,}80 \cdot 10^{-2}\ \text{V}$$

0,5 p. La llei de Lorentz indica que apareix una força magnètica sobre les càrregues en moviment, perpendicular a la velocitat de les càrregues i al camp magnètic.

En el cas dels fils conductors, la força sobre un fil de longitud *l* pel qual circula una intensitat *I* és la següent:

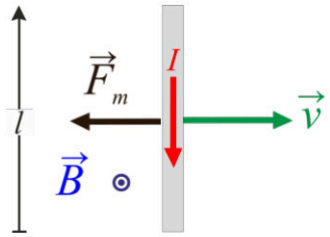
$$\vec{F}_m = I(\vec{l} \times \vec{B})$$

En el cas descrit en l'enunciat, la vareta i el camp magnètic són perpendiculars, com s'indica a la figura. Per tant, apareixerà una força magnètica sobre la vareta.

0,5 p. Com que són perpendiculars, el mòdul de la força s'expressa així:

$$F_m = I \cdot l \cdot B \cdot \sin(90) = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}04 \cdot 0{,}4 \cdot 1 = 9{,}60 \cdot 10^{-5}\ \text{N}$$

0,25 p. Dibuix de la força magnètica, perpendicular a $\vec{l}$ i $\vec{B}$ i segons la regla de la mà dreta en el sentit indicat a la figura:



També es pot justificar el sentit de la força a partir de la llei de Lenz. Com que s'oposa al canvi i la vareta es desplaça cap a la dreta, la força tindrà el sentit oposat, és a dir, cap a l'esquerra.

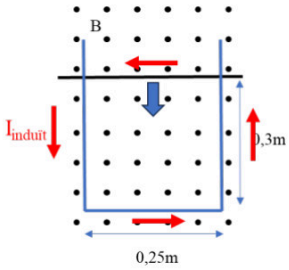
4. PAU 2025 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2 (Opció B)

EXERCICI 2, opció 2

a)

0,5 p. El flux del camp magnètic és el producte escalar del camp magnètic per l'àrea del circuit. Calculem primer l'àrea del circuit en funció del temps: $A(t) = 0{,}25(0{,}3 - 5{,}0\ t)$. El camp magnètic és perpendicular al circuit; per tant, paral·lel al vector de superfície i, en conseqüència, $\phi(t) = B \cdot A(t) = 2 \cdot 0{,}25(0{,}3 - 5{,}0\ t) = (0{,}15 - 2{,}5\ t)$Wb .

0,35 p. La força electromotriu és $\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt}$=2,5 V.

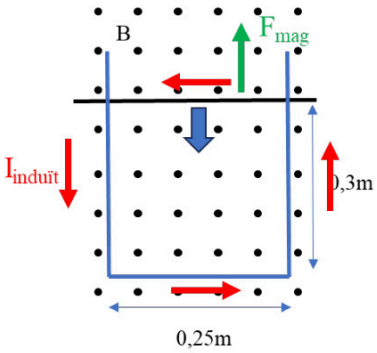


0,4 p. El corrent induït sempre és contrari a la variació de flux de camp magnètic. En aquest cas, es redueix el flux i, per tant, el corrent induït crearà un camp magnètic en la mateixa direcció que el camp ja existent. Consegüentment, la intensitat induïda gira en sentit antihorari.

b)

0,25 p. Aplicant la llei d'Ohm, trobem la intensitat que circula pel circuit deguda a la força electromotriu induïda: $I = \frac{\varepsilon}{R}$= 2,5/50 = 0,05 A=50 mA.

0,5 p. La força magnètica que actua sobre la barra és $\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$. La longitud de la barra i el camp magnètic són perpendiculars; per tant, el mòdul de la força magnètica serà: $F = IlB = 0{,}05 \cdot 0{,}25 \cdot 2 = 0{,}025$ N.



0,5 p. La direcció de la força és perpendicular a la barra i al camp i la regla de la mà dreta ens indica que és cap amunt en el pla del paper.

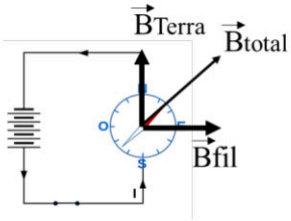
També es pot justificar a partir de la llei de Lenz: la força ha d'actuar de tal manera que s'oposi al moviment; com que es mou cap avall, la força apunta cap amunt.

5. PAU 2024 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 4

P4)

a)

0,5 p Dibuix. El camp magnètic terrestre està dirigit en la direcció del fil i sentit nord de la brúixola, com es dedueix del circuit obert. El camp magnètic generat per la intensitat de corrent que passa pel fil conductor està dirigit cap a la dreta ja que l'agulla gira cap aquest costat.



0,75 p L'agulla és a sobre del fil conductor, ja que segons la direcció del corrent elèctric i utilitzant la regla de la mà dreta (o equivalent) amb aquesta distribució es genera un camp magnètic apuntant cap a la dreta en punts per sobre el corrent elèctric.

b)

0,5 p Veiem que les components del camp magnètic total corresponen al camp magnètic terrestre i al camp generat pel fil conductor. Si l'agulla forma un angle de 45º amb el corrent elèctric, els mòduls dels dos camps són iguals ja que $tg45^{\circ} = 1 = \frac{B_{fil}}{B_{Terra}}$ i per tant deduïm que $B_{Terra} = B_{fil}$.

0,5 p Calculem el camp generat per la intensitat de corrent:

$$B_{fil} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20}{2\pi \cdot 0{,}1} = 4{,}0 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{T} = 40\mu\mathrm{T}$$

0,25 p Per tant, la component horitzontal del camp magnètic terrestre és $B_{Terra} = 40\mu\mathrm{T}$

---

6. PAU 2024 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4

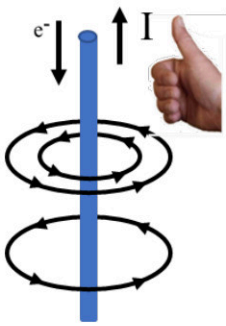
P4)

***a*)**

0,5 p. El camp magnètic màxim a 10 cm = 0,1 m el calculem a partir de la intensitat màxima 10^5 A i l'expressió del mòdul del camp magnètic creat per un fil infinit:

$$B_{max} = \frac{\mu_0 I_{max}}{2\pi r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10^5}{2\pi \cdot 0{,}1} = 0{,}2 \text{ T}$$

Dibuix:



0,10 p. La transferència de càrrega negativa del núvol cap a terra.

0,20 p. La direcció de la intensitat de corrent cap amunt.

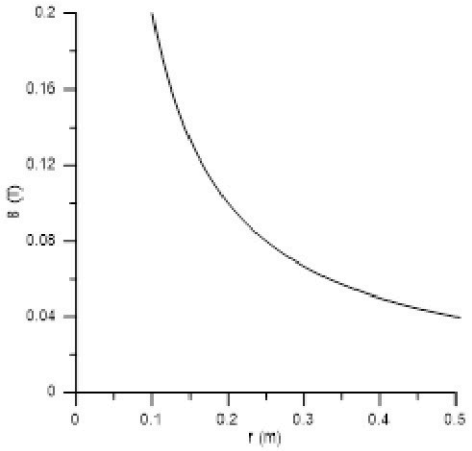
0,20 p. Les línies de camp són línies concèntriques al voltant d'un fil infinit.

0,25 p. El sentit de les línies de camp magnètic al voltant del parallamps ens el dona la regla de la mà dreta o equivalent.

***b*)**

0,75 p. Gràfica. Calculem alguns punts del camp per representar-lo.

Per exemple: (B(0,1m)=0,2T, B(0,2m)=0,1T, B(0,3m)=0,0667T, B(0,4m)=0,05T, B(0,5m)=0,04T)

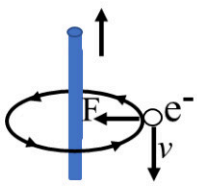


No incloure títol en l'eix resta 0,1 p.

No incloure unitats en l'eix resta 0,2 p.

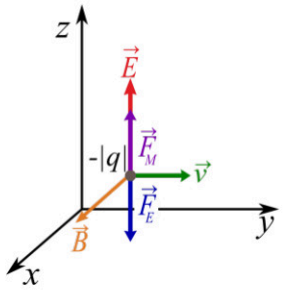
0,25 p. La força magnètica sobre l'electró és $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$. El camp magnètic i la velocitat són perpendiculars i, per tant, el mòdul de la força magnètica serà $|\vec{F}| = qvB = 1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 10^3 \cdot 0{,}2 = 3{,}2 \cdot 10^{-17}\ N$

0,25 p. La regla de la mà dreta (o equivalent) i el signe de la càrrega ens indica que la força serà en direcció i sentit cap al parallamps.



7. PAU 2023 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 4

P4)



a)

La força aplicada pel camp magnètic és:

$$\vec{F}_M = q\vec{v} \times \vec{B}$$

0,1 p

Aplicant la regla de la mà dreta i tenint en compte que els ions estan carregats negativament, podem veure que la força magnètica està dirigida verticalment cap amunt.

0,2 p

Perquè l'ió no es desviï, la suma de forces ha de ser zero, $\vec{F}_E + \vec{F}_M = \vec{0}$, per tant la força aplicada pel camp elèctric ha de ser vertical i apuntant cap avall.

0,2 p

La força aplicada pel camp elèctric és:

$$\vec{F}_E = q\vec{E}$$

0,1 p

Com que la càrrega és negativa, el camp elèctric ha de ser vertical i apuntant cap amunt.

0,1 p

Perquè no es desviïn els mòduls de les forces elèctrica i magnètica han de ser iguals:

$$qE = qvB \Rightarrow E = vB = 10^5 \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}$$

0,2 p

El camp creat per dues plaques paral·leles és homogeni i la relació entre diferència de potencial i el camp és:

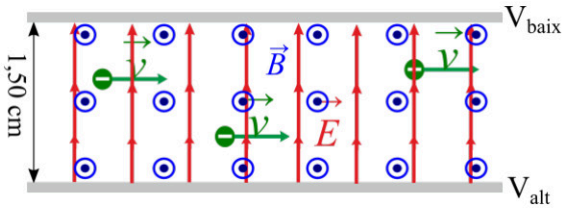
$$\Delta V = Ed$$

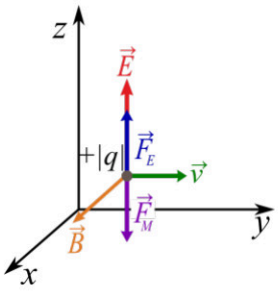
On *d* és la distància entre plaques, per tant la diferència de potencial que cal aplicar és:

$$\Delta V = Ed = 10^5 \cdot 0{,}015 = 1500 \text{ V}$$

0,1 p

El camp elèctric apunta en la direcció en la qual el potencial disminueix; per tant, cal connectar la placa inferior al terminal de potencial alt i la placa superior al terminal de potencial baix:





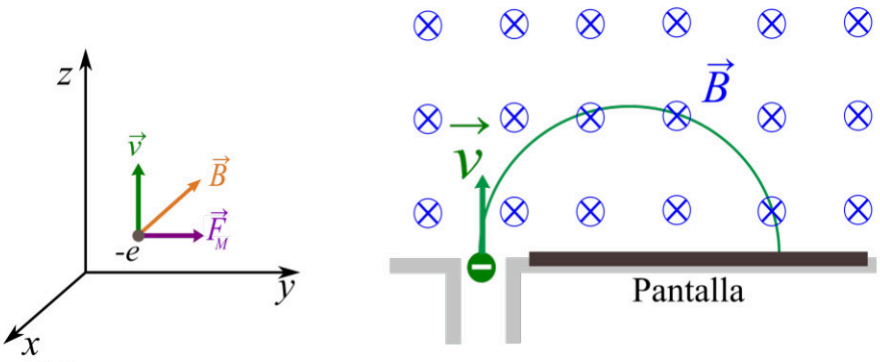
0,1 p

Aquest selector de velocitats configurat així també funciona per càrregues positives atès que tant la força elèctrica com la magnètica canvien el sentit, per tant, la seva suma vectorial segueix sent zero.

0,15 p

b)

representació



0,2 p

A més, la força magnètica és perpendicular a $\vec{v}$, per tant, el resultat serà que aplicarem una força normal constant; és a dir, l'ió descriurà un moviment circular uniforme (mòdul de la velocitat constant). El sentit de la força ve determinat per la regla de la mà dreta.

0,3 p

La força total és la força aplicada pel camp magnètic:

$$\vec{F}_M = -e\vec{v} \times \vec{B}$$

El radi de la trajectòria es pot obtenir a partir de la segona llei de Newton:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

i tenint en compte que l'acceleració centrípeta s'expressa com

$$a = \frac{v^2}{r}$$

I, finalment, com la velocitat i el camp magnètic són perpendiculars:

$$evB = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{eB}$$

0,5 p

I la distància serà dues vegades el radi, per tant, per l'ió $^{20}Ne^-$ tenim:

$$d = 2\frac{mv}{eB} = 2\frac{3{,}32 \times 10^{-26} \times 2 \times 10^5}{1{,}602 \times 10^{-19} \times 0{,}2} = 0{,}414 \text{ m}$$

0,25 p

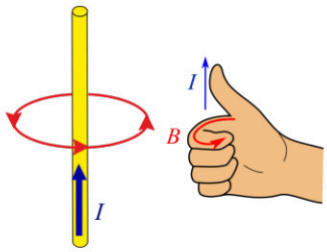
8. PAU 2023 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2

P2)

a)

0,1 p.

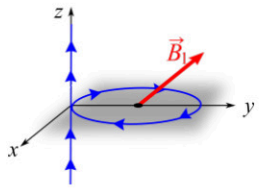
Primer calcularem la magnitud del camp magnètic creat pel tram recte:



$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 2}{2\pi \cdot 0{,}02} = 2{,}00 \times 10^{-5}\ \mathrm{T}$$

0,3 p.

Sabem que les línies de camp són circumferències en el pla *xy* centrades en el fil, i el sentit es determina amb la mà dreta posant el dit polze en el mateix sentit que el corrent, com s'indica en la figura.



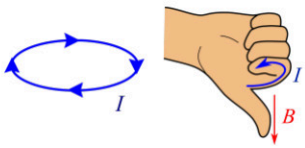
Com que el camp magnètic és tangent a les línies i té el mateix sentit, el camp magnètic creat pel fil (1) té la direcció i el sentit indicats a la figura:

$$\vec{B}_1 = -2{,}00 \times 10^{-5}\vec{\imath}\ \mathrm{T}$$

0,1 p.

Ara calcularem la magnitud del camp magnètic creat pel tram circular:

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 2}{2 \cdot 0{,}02} = 2\pi \times 10^{-5}\ \mathrm{T}$$

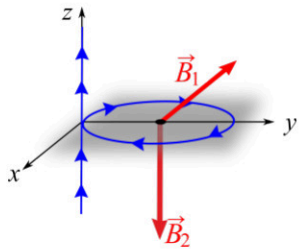


0,3 p

La direcció del camp és perpendicular a l'espira i el sentit l'obtenim a partir de la regla de la mà dreta:

$$\vec{B}_2 = -2\pi \times 10^{-5}\vec{k}\ \mathrm{T}$$

0,25 p.



El camp magnètic total és la suma vectorial dels camps magnètics $\vec{B}_1$ i $\vec{B}_2$:

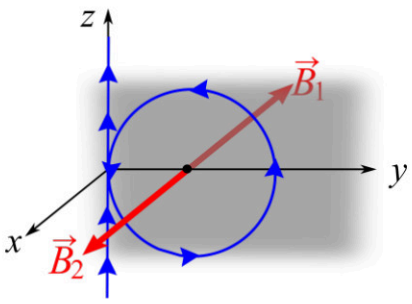
$$\vec{B} = \left(-2{,}00 \times 10^{-5}\vec{\imath} - 2\pi \times 10^{-5}\vec{k}\right)\mathrm{T}$$
$$= (-2{,}0\,, -2\pi) \times 10^{-5}\ \mathrm{T}$$

0,2 p.

I finalment el mòdul és:

$$B = \left(\sqrt{2^2 + (2\pi)^2}\right) \times 10^{-5} = 6{,}59 \times 10^{-5}\ \mathrm{T}$$

b)



0,4 p

Per obtenir un camp magnètic mínim, el camp $\vec{B}_2$ ha de tenir la mateixa direcció que el camp $\vec{B}_1$ però el sentit ha de ser l'oposat:

$$\vec{B}_2 = 2\pi \times 10^{-5}\vec{\imath}\ \text{T}$$

Per tant, aplicant la regla de la mà dreta, l'espira s'ha d'orientar en el pla *yz* i el corrent ha de girar en sentit antihorari.

0,25 p.

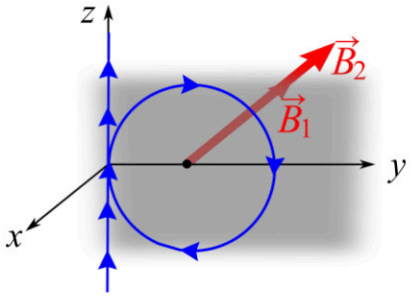
I el camp magnètic total és:

$$\vec{B} = \left(-2{,}00 \times 10^{-5}\vec{\imath} + 2\pi \times 10^{-5}\vec{\imath}\right)\text{T} = 4{,}28 \times 10^{-5}\vec{\imath}\,\text{T}$$

I el seu mòdul és:

$$B = 4{,}28 \times 10^{-5}\ \text{T}$$

0,4 p.



Per obtenir un camp magnètic màxim, el camp $\vec{B}_2$ ha de tenir la mateixa direcció i sentit que el camp $\vec{B}_1$:

$$\vec{B}_2 = -2\pi \times 10^{-5}\vec{\imath}\ \text{T}$$

Per tant, aplicant la regla de la mà dreta, l'espira s'ha d'orientar en el pla *yz* i el corrent ha de girar en sentit horari.

0,2 p.

I el camp magnètic total és:

$$\vec{B} = \left(-2{,}00 \times 10^{-5}\vec{\imath} - 2\pi \times 10^{-5}\vec{\imath}\right)\text{T} = -8{,}28 \times 10^{-5}\vec{\imath}\,\text{T}$$

I el seu mòdul és:

$$B = 8{,}28 \times 10^{-5}\ \text{T}$$

9. PAU 2023 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 6

P6)

a)

0,25 p.

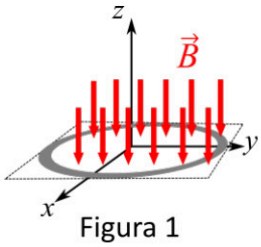


Figura 1

De 0 a 4 s el flux augmenta de 0 a $2{,}4 \times 10^{-3}$ Wb; per tant, el camp magnètic augmenta (figura 1). Llavors, s'induirà un corrent que s'oposa al canvi. Segons la regla de la mà dreta, el corrent circularà en sentit antihorari, com s'indica a la figura 2.

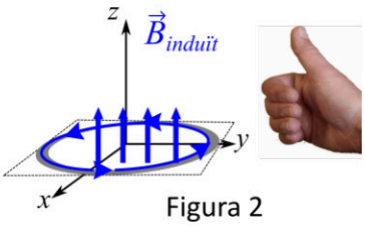


Figura 2

0,25 p.

De 4 a 8 s el flux no varia, no hi ha corrent induït.

0,25 p.

de 8 a 12 s el flux augmenta de $2{,}4 \times 10^{-3}$ a $7{,}2 \times 10^{-3}$ Wb; per tant, el camp magnètic augmenta (figura 1). Llavors, s'induirà un corrent que s'oposa al canvi. Segons la regla de la mà dreta, el corrent circularà en sentit antihorari, com s'indica a la figura 2.

0,5 p.

Com que l'àrea de l'espira és constant i la direcció del camp magnètic és constant i el camp magnètic és uniforme, el flux s'expressa així:

$$\phi_m = B \cdot S$$

En aquesta fórmula, *S* és la superfície de l'espira. Com que *S* és constant, l'augment de flux només es pot explicar perquè augmenta el camp magnètic. Així, durant els intervals de temps de 0 a 4 i de 4 a 8, el camp magnètic ha d'augmentar; llavors, la figura (a) és la que correspon a la variació de flux observada.

A més, com que de 0 a 4 s el flux augmenta de 0 a $2{,}4 \times 10^{-3}$ Wb i el camp de 0 a 1 T, la superfície ha de ser 24 cm^2. De 8 a 12 s veiem que el camp magnètic augmenta d'1 a 3 T i si S=24 cm^2, llavors el flux ha d'augmentar de $2{,}4 \times 10^{-3}$ a $7{,}2 \times 10^{-3}$ Wb; per tant, els valors numèrics també són correctes.

b)

0,5 p.

El mòdul de la FEM induïda és:

$$\varepsilon = \frac{d\phi_m}{dt} = \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = \frac{2{,}4 \times 10^{-3}}{4} = 6{,}00 \times 10^{-4}\ \text{V}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{6{,}00 \times 10^{-4}}{5{,}0 \times 10^{-3}} = 0{,}12\ \text{A}$$

0,25 p.

$$\varepsilon = \frac{d\phi_m}{dt} = \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = 0\ \text{V}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0}{5{,}0 \times 10^{-3}} = 0\ \text{A}$$

0,5 p.

$$\varepsilon = \frac{d\phi_m}{dt} = \frac{\Delta\phi_m}{\Delta t} = \frac{7{,}2 \times 10^{-3} - 2{,}4 \times 10^{-3}}{4} = 1{,}20 \times 10^{-3}\ \text{V}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{1{,}20 \times 10^{-3}}{5{,}0 \times 10^{-3}} = 0{,}24\ \text{A}$$

10. PAU 2023 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 6

P6)

a)

0,25 p

La força mesurada per la balança és igual a la seva lectura en kg per *g*. Així, la força magnètica és igual a la diferència en la lectura de la balança per *g*:

$$F=(0{,}243\text{-}0{,}239) \times 9{,}81 = 0{,}0392 \text{ N}$$

0,25 p

Per altre banda, la força aplicada pel camp magnètic sobre un fil de corrent és:

$$\vec{F}_m = I\vec{l} \times \vec{B}$$

0,25 p

Com $\vec{l}$ i $\vec{B}$ són perpendiculars, el mòdul de la força magnètica és:

$$F_m = IlB$$

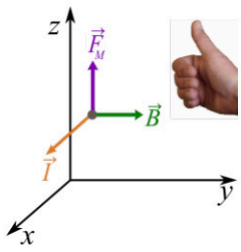
0,25 p

I finalment, com de la lectura de la balança sabem que $F_m = 0{,}0392$ N:

$$B = \frac{F_m}{Il} = \frac{0{,}0392}{8\ 0{,}15} = 0{,}0327 \text{ T}$$

0,25 p

Observeu que $\vec{F}_m$ serà perpendicular a $\vec{l}$ i $\vec{B}$ per tant serà vertical. El camp magnètic va dirigit del pol nord cap el pol sud, i tenint en compte el sentit del corrent, si apliquem la regla de la mà dreta tenim que la força magnètica aplicada sobre el fil va dirigida cap amunt. Segons la tercera llei de Newton, la força aplicada per l'imant sobre el fil de corrent tindrà la mateixa magnitud i direcció però sentit oposat al de la força aplicada pel fil de corrent sobre l'imant, per tant, sobre l'imant actua una força dirigida segons l'eix *z* i sentit cap avall (negatiu) de manera que la balança detectarà un augment de la força aplicada sobre ella.



---

b)

0,75 p

Per obtenir la mateixa força hem de crear el mateix camp magnètic:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 0{,}0327 \text{ T}$$

0,5 p

Per tant,

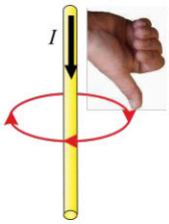
$$r = \frac{\mu_0 I}{2\pi B} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 8}{2\pi \times 0{,}0327} = 4{,}90 \times 10^{-5} \text{ m} = 49{,}0\ \mu\text{m}$$

---

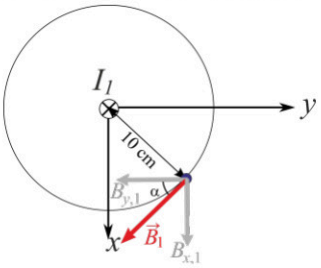
11. PAU 2022 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 4

P4)

a)

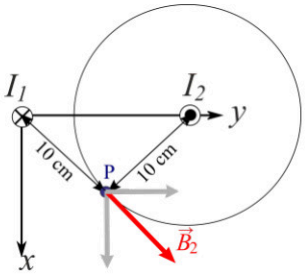


0,4 p Primer determinarem la direcció i el sentit del camp magnètic creat pel fil (1). Sabem que les línies de camp són circumferències en el pla *xy* centrades en el fil, i el sentit es determina amb la mà dreta posant el dit polze en el mateix sentit que el corrent, com s'indica a la figura.



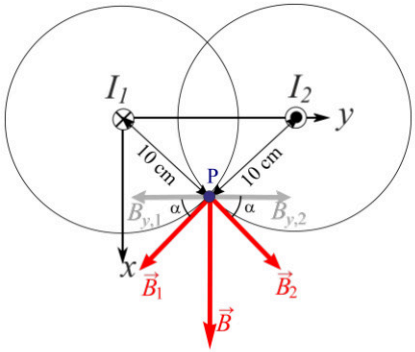
Com que el camp magnètic és tangent a les línies i té el mateix sentit, el camp magnètic creat pel fil (1) té la direcció i el sentit indicats a la figura. Noteu que, com que és tangent a la circumferència, és perpendicular al radi. Aquest camp magnètic té dues components segons els eixos *x* i *y*, o el que és equivalent, forma un cert angle α amb l'eix *y*.

0,4 p Seguint el mateix raonament anterior i tornant a aplicar la regla de la mà dreta, es veu immediatament que el sentit i la direcció del camp magnètic creat pel fil 2 al punt P són els indicats a la figura adjunta.



0,2 p Els mòduls dels camps B_1 i B_2 són iguals, atès que el corrent que circula pels dos fils és el mateix i el punt és equidistant als dos fils.

0,25 p A més, com que el punt *P* és equidistant als dos cables, llavors per simetria els vectors $\vec{B}_1$ i $\vec{B}_2$ formen el mateix angle α respecte a l'eix *y*, i com que $|B_y| = B\cos(\alpha)$, llavors $|B_{y,1}| = |B_{y,1}|$. A més, de l'anàlisi anterior de la direcció i el sentit dels camps $\vec{B}_1$ i $\vec{B}_2$, tenim que $B_{y,2} = -B_{y,1}$. En canvi, les dues components en l'eix de les *x* són positives. Per tant, quan fem la suma vectorial, les components en la direcció *y* es cancel·len mútuament, de manera que només ens queda la suma de les components en la direcció *x*:



b)

0,4 p Primer calcularem la magnitud del camp magnètic:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 1{,}5}{2\pi \cdot 0{,}16} = 1{,}875 \times 10^{-6}\ \text{T}$$

0,25 p Si apliquem la regla de la mà dreta, el camp magnètic va dirigit segons l'eix *x* i en la direcció positiva:

$$\vec{B}_1 = 1{,}875 \times 10^{-6}\vec{\imath}\ \text{T}$$

0,35 p Seguidament, calcularem el mòdul de la força:

$$\vec{F}_m = I(\vec{l} \times \vec{B}_1)$$

El camp magnètic va dirigit segons l'eix *x*, mentre que $\vec{l}$ va dirigit segons l'eix *z*; per tant, són perpendiculars i el mòdul de la força per unitat de longitud serà:

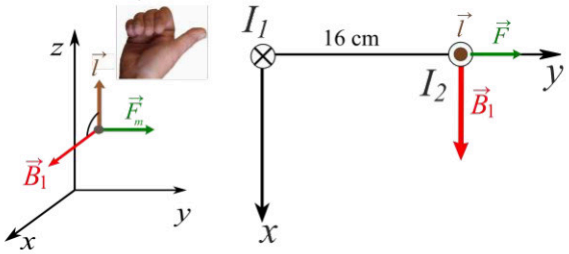
$$F_m = IlB_1 \Rightarrow \frac{F_m}{l} = IB_1 = 2{,}81 \times 10^{-6}\ \text{N/m}$$

També es considerarà correcte que es doni com a resultat la força aplicada sobre un metre de fil:

$$F_m = IlB_1 = 1{,}5\text{A} \cdot 1\text{m} \cdot 1{,}875 \times 10^{-6}\ \text{T} = 2{,}81 \times 10^{-6}\ \text{N}$$

0,25 p Finalment, la direcció de $\vec{F}_m$ és perpendicular tant a $\vec{l}$, eix *z*, com a $\vec{B}_1$, eix *x*; per tant, $\vec{F}_m$ va dirigida segons l'eix *y*. El sentit el determinem a partir de la regla de la mà dreta:

$$\frac{\vec{F}_m}{l} = 2{,}81 \times 10^{-6}\,\vec{j}\ \text{N/m}$$



12. PAU 2022 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 7

P7)

Per resoldre el segon apartat, calia saber la tensió eficaç o màxima del generador. Com que aquesta dada no apareix a l'enunciat, la qualificació de l'apartat (a) és de 2,5.

a)

0,5 p A partir del gràfic podem veure que el període és: $T = 0{,}02$ s

0,6 p Llavors, la freqüència és:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}02} = 50{,}0 \text{ Hz}$$

0,6 p A partir del gràfic podem veure que la intensitat màxima és:

$$I_{màx} = 3{,}0 \text{ A}$$

0,2 p La freqüència angular és:

$$\omega = 2\pi f = 100\pi \text{ rad/s}$$

Primera opció

0,2 p $I(t) = I_{màx}\, cos(\omega t + \varphi_0)$

0,2 p Inicialment, $I(t = 0) = 0$

$$0 = cos(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = ArcCos(0) = \pi/2 \text{ rad.}$$

0,2 p Finalment, l'equació és:

$I(t) = 3\, cos\left(100\pi\, t + \frac{\pi}{2}\right)$, I en A i t en s.

Alternativament:

0,2 p $I(t) = I_{màx}\, sin(\omega t + \varphi_0)$

0,2 p Inicialment, $I(t = 0) = 0$

$$0 = sin(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = ArcSin(0) = 0.$$

0,2 p Finalment, l'equació és:

$I(t) = 3\, sin(100\pi\, t)$, I en A i t en s.

---

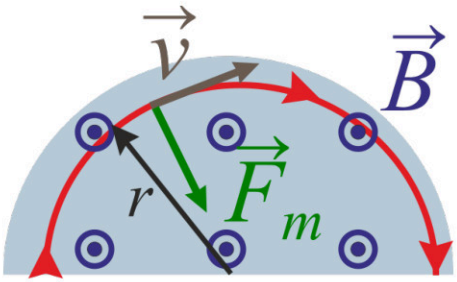
13. PAU 2022 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 4

P4)

a)

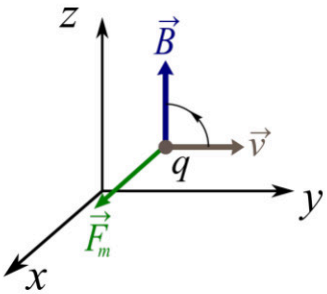
0,75 p La força magnètica s'expressa com:

$$\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$$



Segons el dibuix podem comprovar que el camp magnètic i la velocitat són perpendiculars; el camp magnètic és perpendicular al pla horitzontal mentre que la velocitat està continguda al pla horitzontal, per tant, el mòdul del producte vectorial és:

$$F_m = qvB$$



D'altra banda, $\vec{F}_m$ és el resultat del producte vectorial, i per tant és perpendicular a $\vec{B}$ i a $\vec{v}$. Com que es perpendicular a $\vec{B}$, $\vec{F}_m$ es troba al pla horitzontal i com que és perpendicular a $\vec{v}$ llavors és perpendicular a la trajectòria, per aquesta raó les partícules dins els elèctrodes descriuen un moviment circular uniforme, MCU.

A més, segons la regla de la mà dreta i tenint en compte que la càrrega és positiva, la força magnètica va dirigida cap al centre dels semicercles.

Per tant, la força magnètica és igual a la massa per l'acceleració normal:

$$F_m = qvB = m\frac{v^2}{r}$$

I, finalment, si agrupem els termes:

$$\frac{v}{rB} = \frac{q}{m} \Rightarrow v = rB\frac{q}{m}$$

Si en la deducció no es justifica a partir de les direccions dels vectors que el producte vectorial dona F_m=qvB, cal restar 0,25 punts.

Si tampoc es justifica que la força magnètica és normal a la trajectòria, cal restar 0,25 punts.

0,25 p Dins d'una D recorre una distància igual a mitja circumferència de radi r: πr. I com que es mou a una velocitat constant $v = rB\frac{q}{m}$, el temps que triga a passar per una D és:

$$t = \frac{\pi r}{v}$$

D'altra banda, abans hem trobat:

$$v = rB\frac{q}{m}$$

I substituint obtenim:

$$t = \pi\frac{m}{Bq}$$

De la darrera expressió podem comprovar que el temps només depèn de m, B i q, no depèn de la velocitat de la partícula.

0,15 p Per tal que en l'espai entre elèctrodes la partícula s'acceleri, cal que el camp elèctric sigui paral·lel a la velocitat. Per tant, el camp elèctric ha de canviar la polaritat, tal i com s'indica a la figura de l'enunciat. És a dir, cal que el camp elèctric sigui altern.

0,1 p A cada cicle, la partícula passa per les dues Ds; per tant, el temps que triga la partícula en passar per un elèctrode correspon a mig període del cicle

$$T = 2\pi\frac{m}{Bq} \Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\frac{qB}{m}$$

b)

0,45 p Abans hem trobat:

$$v = rB\frac{q}{m}$$

Com que el protó surt quan arriba a l'extrem de l'elèctrode:

$$v = RB\frac{q}{m} = 0{,}5 \times 0{,}2\ \frac{1{,}602 \times 10^{-19}}{1{,}67 \times 10^{-27}} = 9{,}59 \times 10^{6}\ \text{m/s}$$

0,4 p

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6{,}63 \times 10^{-34}}{1{,}67 \times 10^{-27} \times 9{,}59 \times 10^{6}} = 4{,}14 \times 10^{-14}\ \text{m}$$

0,4 p La velocitat és $0{,}1 \times c = 3{,}00 \times 10^{7}\ \text{m/s}$

$$R = \frac{v}{B}\frac{m}{q} = \frac{3{,}00 \times 10^{7}}{0{,}2}\ \frac{1{,}67 \times 10^{-27}}{1{,}602 \times 10^{-19}} = 1{,}56\ \text{m}$$

14. PAU 2022 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 4

P4)

a)

0,3 p Sabem que $\vec{F}_m = -e\vec{v} \times \vec{B}$, llavors com $\vec{B}$ és perpendicular a $\vec{v}$, el mòdul de la força magnètica s'expressa com:

$$F_m = evB$$

0,2 p Per altre banda la força magnètica és perpendicular a $\vec{v}$, per tant, el resultat serà que aplicarem una força normal constant, és a dir, l'ió descriurà un moviment circular uniforme (mòdul de la velocitat constant).

0,2 p. El radi de la trajectòria es pot obtenir a partir de la segona llei de Newton:

$\vec{F} = m\vec{a}$

0,2 p. i tenint en compte que l'acceleració centrípeta s'expressa com,

$$a = \frac{v^2}{r}$$

0,35 p I finalment, $evB = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{eB}$

b)

0,2 p $m_{12C} = 12m_P = 2{,}004 \times 10^{-26}$ kg.

0,2 p $r_{12C} = \frac{0{,}3}{2} = 0{,}15$ m.

0,2 p $B = \frac{mv}{er} = \frac{2{,}004\times10^{-26}\times4{,}80\times10^{5}}{1{,}602\times10^{-19}\times0{,}15}$=0,400 T

0,2 p $m_{14C} = 14m_P = 2{,}338 \times 10^{-26}$ kg.

0,2 p $r_{14C} = \frac{m_{14C}v}{eB} = \frac{2{,}338\times10^{-26}\times4{,}80\times10^{5}}{1{,}602\times10^{-19}\times0{,}400} = 0{,}175$ m.

0,25 p els ions $^{14}_{6}C^{-}$ surten per una obertura situada a $2 \times 0{,}175 = 0{,}35$ m de l'entrada.

---

15. PAU 2022 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 6

P6)

a)

0,25 p $\eta = 0{,}9$, llavors la potència al primari, P_1, ha de ser: $P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{18}{0{,}9} = 20$ kW

0,5 p La potència ve donada per: $P_1 = V_1 I_1$

0,25 p Llavors al primari $I_1 = \frac{P_1}{V_1} = \frac{20.000\text{ W}}{25.000\text{ V}} = 0{,}8$ A

0,25 p i al secundari $I_2 = \frac{P_2}{V_2} = \frac{18.000\text{ W}}{220\text{ V}} = 81{,}8$ A

---

b)

0,2 p $n_1 = \frac{I_1}{5{,}00\times10^{-4}} = 1600$

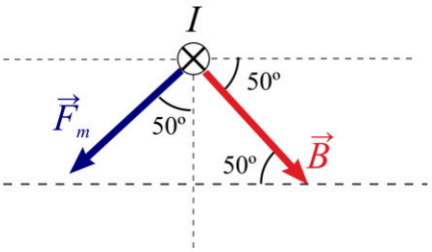
0,85 p $\frac{n_1}{n_2} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow n_2 = n_1\frac{V_2}{V_1} = 1600\frac{220\text{ V}}{25000\text{ V}} = 14{,}1$

0,2 p Caldran com a mínim 15 espires al secundari.

16. PAU 2021 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 5

P5)

a)



0,5 p $\vec{F}$=I $\left(\vec{L} \times \vec{B}\right) \Rightarrow \left|\vec{F}\right| = I \cdot L \cdot |B| sin(90^{\circ}) = 200 \cdot 100 \cdot 35 \times 10^{-6} = 0{,}70$ N

0,75 p La força és perpendicular al camp i al cable, es troba en el pla de la figura formant un angle de 50º respecte la vertical i sentit cap avall. Per justificar el resultat es pot fer el producte vectorial a partir de les components o bé es pot argumentar que s'ha emprat la regla de la mà dreta.

b)

0,4 p En les espires A i B el camp magnètic és tangent a la superfície (l'angle entre $\vec{B}$ i $\vec{S}$ és 90° o 270°), de manera que el flux és zero: $\phi=\vec{B}\cdot\vec{S}=B\cdot S\cdot cos(90^\circ)=0$ Wb

Com que el flux és nul, llavors no hi haurà cap corrent induït.

0,4 p A l'espira C el camp magnètic és perpendicular a la superfície (angle entre $\vec{B}$ i $\vec{S}$ de 0° o 180°), per tant, el flux no és nul:

$$\phi=\vec{B}\cdot\vec{S}=B\cdot S\cdot cos(0^\circ)=B\cdot S$$

0,1 p El camp magnètic generat pel fil és proporcional a la intensitat de corrent, per tant, com que el corrent oscil·la de forma periòdica, $I=I_{màx}\cdot cos(\omega t)$, llavors el camp magnètic i el flux també oscil·laran de forma periòdica:

$$\phi=\phi_{màx}\cdot cos(\omega t)$$

0,2 p Segons la llei de Faraday, si el flux que travessa l'espira varia en el temps, llavors s'induirà una força electromotriu:

$$\varepsilon=-\frac{d\phi}{dt}=\varepsilon_{màx}\cdot sin(\omega t)$$

0,15 p I finalment, segons la llei d'Ohm, si apareix una fem induïda, llavors es genera un corrent elèctric induït

$$I=\frac{\varepsilon}{R}=I_{màx}\cdot sin(\omega t)$$

No cal que en la resposta es donin les expressions del flux, la fem i el corrent en funció del temps, ni que es mostri que el corrent generat és un corrent altern. El que és rellevant és que s'identifiqui el mecanisme responsable, que s'indiqui que com que el camp elèctric varia en el temps, llavors, segons la llei de Faraday, s'induirà una fem, i, finalment, que segons la llei d'Ohm, això resultarà en el fet que circularà un corrent elèctric a través de l'espira.

17. PAU 2021 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 7

P7)

a)

0,6 p $\phi=\vec{B}\cdot\vec{S}$ =B · $S\cdot cos(0)=0{,}1\cdot 0{,}02\cdot 0{,}016\cdot 1=3{,}20\times 10^{-5}$ Wb

0,65 p $\phi=\vec{B}\cdot\vec{S}$ =B · $S\cdot cos(\theta)=0{,}1\cdot 0{,}02\cdot 0{,}016\cdot cos(\theta)=3{,}20\times 10^{-5}\,cos(\theta)$ Wb

b)

0,2 p L'angle en funció del temps en segons: $\theta=\omega t=60\frac{voltes}{s}\frac{2\pi}{1\,volta}t=120\pi\,t$ rad

0,3 p Tenint en compte les condicions inicials, el flux total a través de la bobina és:

$$\phi=N\cdot\vec{B}\cdot\vec{S}=100\cdot 3{,}20\times 10^{-5}\,cos(120\pi\,t)=3{,}20\times 10^{-3}\,cos(120\pi\,t)\ \text{Wb}$$

0,5 p I a partir de la llei de Faraday, la fem induïda és:

$$\varepsilon=-\frac{d\phi}{dt}=-\frac{d}{dt}\left[3{,}20\times 10^{-3}\,cos(120\pi\,t)\right]=120\pi\cdot 3{,}20\times 10^{-3}sin(120\pi t)$$

I la força electromotriu s'expressa com:

$$\varepsilon=1{,}21\,sin(120\pi t)\ \text{V (t en s)}$$

0,25 p Atès que $\varepsilon=\varepsilon_{màx}\cdot sin(\omega t)$, llavors la força electromotriu màxima és:

$$\varepsilon_{màx}=1{,}21\ \text{V}$$

---

18. PAU 2021 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 6

P6)

a)

0,25 p Com que el camp magnètic és perpendicular a la superfície de les espires:

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = BS = B_0 S cos\,(\omega t + \varphi_0)$$

0,5 p La força electromotriu en una bobina amb *N* espires és donada per:

$$\varepsilon(t) = -N\frac{d\phi(t)}{dt} = -N\,S\frac{dB(t)}{dt}$$

Si no és té en compte el signe negatiu de la llei de Lenz, cal restar 0,25 p a la qualificació.

0,5 p $\varepsilon(t) = N\,S\,B_0\,\omega\,sin\,(\omega t + \varphi_0)$

b)

0,2 p $I(t) = \frac{\varepsilon(t)}{R} = \frac{N\,S\,B_0\,\omega}{R}\ sin\,(\omega t + \varphi_0)$

0,25 p $I_{màx} = \frac{N\,S\,B_0\,\omega}{R}$

0,4 p La gràfica correcta és la A ja que una reducció en la freqüència del moviment implica que l'amplitud disminueixi:

$$\varepsilon(t) = N\,S\,B_0\,\omega\,sin\,(\omega t + \varphi_0) = \varepsilon_{màx} sin\,(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow \varepsilon_{màx} = N\,S\,B_0\,\omega$$

Llavors si ω disminueix, també ho farà $\varepsilon_{màx}$.

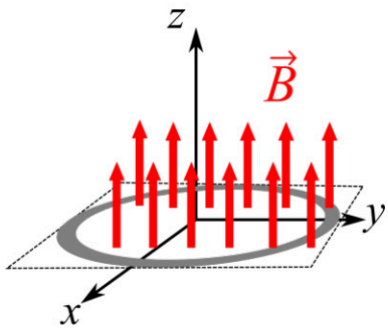
0,4 p Per altra banda $T = \frac{2\pi}{\omega}$, llavors si ω disminueix el període augmenta i això es tradueix en un distanciament dels màxims i mínims, les oscil·lacions s'allarguen en el temps.

---

19. PAU 2021 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 2

P2)

a)



0,5 p Representació gràfica de l'espira i les línies de camp.

0,5 p Segons la Llei de Faraday, s'induirà una força electromotriu i per tant un corrent elèctric si el flux de camp magnètic varia.

0,25 p Atès que la intensitat del camp magnètic dins de la bobina augmenta amb el temps, també augmentarà el flux de camp magnètic a través de la bobina. Per tant, s'induirà un corrent. Per que la resposta sigui totalment correcte, cal esmentar la llei de Faraday i cal indicar que el flux de camp magnètic varia, no n'hi ha prou en dir que la intensitat del camp magnètic varia.

b)

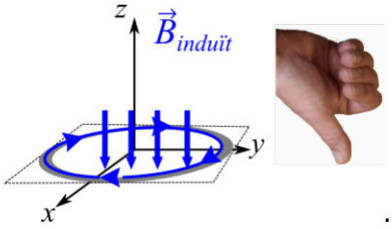
0,35 p $\phi_m = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S = B \cdot \pi \cdot r^2$

0,2 p $\phi_m = 0{,}014 \cdot t^2 \cdot \pi \cdot 0{,}25^2 = 2{,}75 \times 10^{-3}\ t^2$, flux en weber i temps en segons.

Llei de Faraday:

0,3 p $\varepsilon = \frac{d\phi_m}{dt} = 2 \cdot 2{,}75 \times 10^{-3} t = 5{,}50 \times 10^{-3}\ t$, força electromotriu en volts i temps en segons.

0,4 p 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. Com la intensitat del camp magnètic dins l'espira augmenta, el camp magnètic induït tindrà un sentit oposat al camp magnètic exterior, per tant, segons la regla de la mà dreta el corrent circularà en el sentit indicat a la figura.



.

---

20. PAU 2020 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 4

P4)

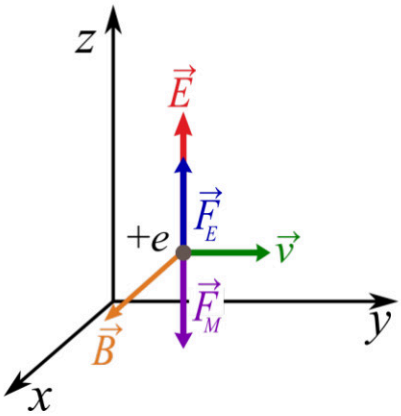
a)

0,25 p Dibuixa correctament la força elèctrica.

0,25 p Dibuixa correctament la força magnètica.

0,1 p $\vec{F}_E = e\vec{E}$

0,1 p $\vec{F}_M = e\vec{v} \times \vec{B}$



0,45 p No es desvia quan $\vec{F}_E + \vec{F}_M = \vec{0}$

$$eE = evB \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

$$v = \frac{E}{B} = \frac{3{,}0\times10^5}{0{,}6} = 5\times10^5 \text{ m/s}$$

0,1 p

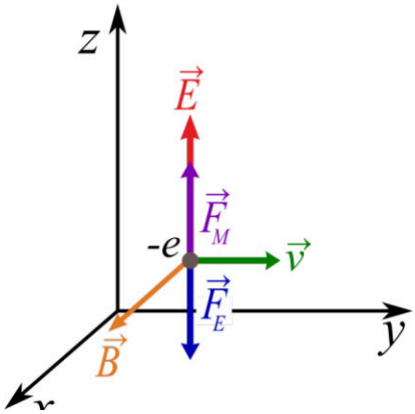
b)

0,25 p $\vec{F}_E = -e\vec{E} = -eE\vec{k}$

0,25 p $\vec{F}_M = -e\vec{v} \times \vec{B} = evB\,\vec{k}$

0,65 p $\vec{F}_E + \vec{F}_M = (-eE + evB)\,\vec{k} = e(-3{,}0\times10^5 + 0{,}6\cdot 5{,}0\times10^5)\text{ N}\,\vec{k} = \vec{0}\text{ N}$

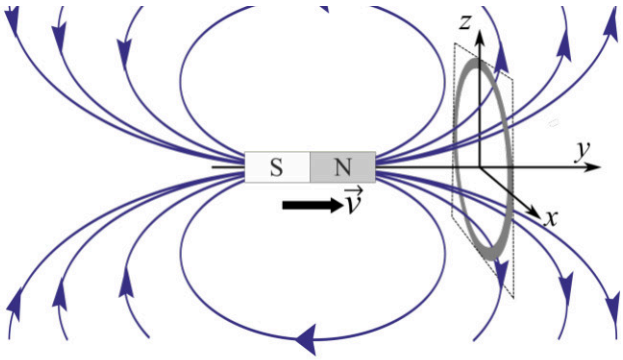
0,1 p Com que la força total és nul·la, no es desviarà.



21. PAU 2020 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 6

P6)

a)



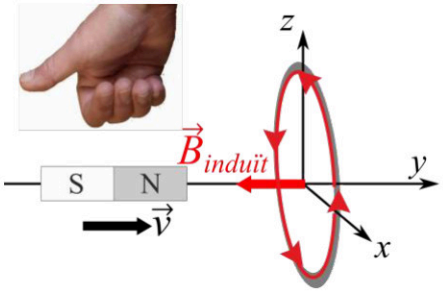
0,25 p Cal dibuixar línies de camp que surten del pol nord i van cap al pol sud.

0,5 p Segons la llei de Faraday, s'induirà una força electromotriu i, per tant, un corrent elèctric si el flux de camp magnètic varia.

Atès que 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. Perquè la resposta sigui totalment correcta, cal esmentar la llei de Faraday i cal indicar que el flux de camp magnètic varia, no n'hi ha prou a dir que la intensitat del camp magnètic varia.

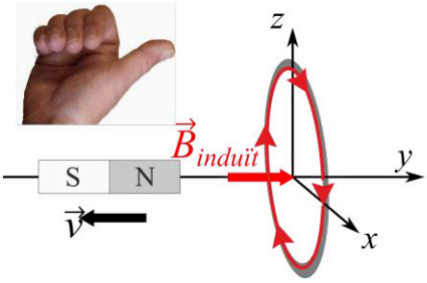
0,5 p Segons la llei de Lenz, el sentit del corrent induït serà tal que el camp magnètic induït s'oposarà a la variació del flux magnètic que el genera. En aquest punt, dos raonaments són possibles:

1) Com que la intensitat del camp magnètic dins l'espira augmenta, el camp magnètic induït tindrà un sentit oposat al camp magnètic generat per l'imant, per tant, segons la regla de la mà dreta, el corrent circularà en el sentit indicat a la figura.
2) El corrent induït generarà un camp magnètic que crearà una força repulsiva sobre l'imant, a fi d'aturar el seu moviment. Com que el pol nord avança cap a l'espira, les línies del camp magnètic induït apuntaran cap al pol nord de l'imant, com s'indica a la figura.



b)

0,25 p En aquest cas, la intensitat del camp magnètic dins l'espira disminueix i, per tant, el flux de camp magnètic decreix. Com a resultat, segons la llei de Faraday, es generarà una força electromotriu i un corrent elèctric induïts que, segons la llei de Lenz, s'oposaran al canvi.



1 p Atès que ara el flux decreix, el sentit del corrent i del camp magnètic induïts serà l'oposat a l'apartat a), o també podem dir paral·lel al camp magnètic creat per l'imant, com s'indica a la figura.

Donat el sentit del camp magnètic induït, la força sobre l'imant serà atractiva.

Alternativament, també es pot raonar directament a partir de la llei de Lenz; 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.

22. PAU 2020 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2

P2)

a)

0,65 p $I = \frac{Q}{t} \Longrightarrow Q = I \cdot t = 4 \times 10^{5} \cdot 5 \times 10^{-5} = 20\ \text{C}$

0,6 p $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 4 \times 10^{5}}{2\pi \cdot 100} = 8 \times 10^{-4}\ \text{T}$

b)

0,4 p $\vec{F} = q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right)$

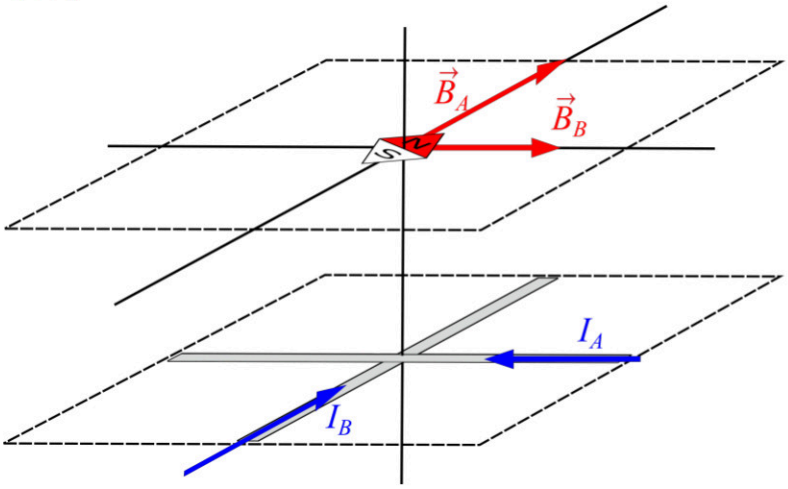
0,85 p Si la velocitat de la partícula és zero, llavors també ho serà la força magnètica; el camp magnètic només actua sobre càrregues en moviment.

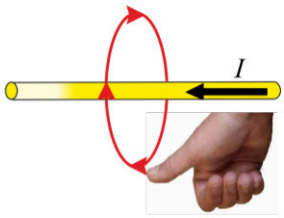
23. PAU 2020 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 2

P2)

a)

0,65 p





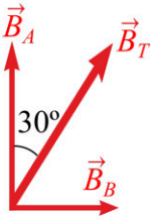
Les línies de camp magnètic són circumferències en un pla perpendicular al fil i centrades amb el fil, per tant:

- cal dibuixar els camps perpendiculars als fils i en la direcció indicada en el dibuix,
- el sentit del camp es pot determinar segons la regle de la ma dreta.

0,6 p El camp magnètic creat pel fil és perpendicular al fil. Com els fils són perpendiculars entre ells, el camp magnètic creat pel fil A, $\vec{B}_A$, és paral·lel al fil B i viceversa. Llavors, el corrent que ha de circular pel fil B ha de ser zero, d'aquesta manera només circularà corrent pel fil A, i el camp total serà el generat pel fil A, $\vec{B}_A$, que és paral·lel al fil B.

b)

0,75 p Si el camp magnètic total fa un angle de 30º respecte el fil B, llavors el camp magnètic total fa un angle de 30º respecte $\vec{B}_A$. I com $\vec{B}_A$ i $\vec{B}_A$ són perpendiculars entre ells:



$$\frac{B_B}{B_A} = \tan(30º)$$

0,4 p La intensitat de camp magnètic creada per un fil molt llarg en un punt és proporcional a la intensitat que hi circula i depèn de la distància d'aquest punt al fil. Com la distància és la mateixa pels dos fils, llavors el quocient d'intensitats de camp magnètic és igual al quocient de corrents:

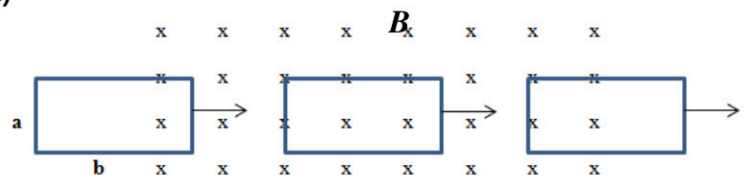
$$\frac{I_B}{I_A} = \frac{B_B}{B_A} = \tan(30º)$$

0,1 p $I_B = I_A \tan(30º) = 5{,}77$ A

24. PAU 2019 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a)



Només s'induirà corrent si es produeix una variació de flux magnètic a través de la superfície de l'espira **(0,2 p)**.
La variació de flux es produirà en entrar i en sortir l'espira del camp magnètic. **(0,2 p)**.
D'acord amb la Llei de Lenz, el sentit del corrent serà tal que originaria un camp magnètic que s'oposarà a la variació de flux magnètic **(0,2 p)**, de manera que:

- A l'entrar l'espira, el sentit de circulació del corrent serà antihorari **(0,2 p)**.
- En sortir del camp magnètic el sentit del corrent serà horari **(0,2 p)**.

b)

0,3 p $\varepsilon = \left|\frac{d\varphi}{dt}\right| = \frac{Bds}{dt} = Ba\frac{dx}{dt} = Bav$ (en entrar i en sortir del camp)

0,3 p $\varepsilon = 0{,}2 \cdot 0{,}03 \cdot 2 = 0{,}012\ \text{V}$

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

25. PAU 2019 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a)

0,4 p
$$\left.\begin{aligned} V_P &= -N_P\frac{d\varphi}{\text{dt}},\ -\frac{d\varphi}{\text{dt}} = \frac{V_P}{N_P} \\ V_S &= -N_S\frac{d\varphi}{\text{dt}},\ -\frac{d\varphi}{\text{dt}} = \frac{V_S}{N_S} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{V_P}{N_P} = \frac{V_S}{N_S}$$

0,1 p $V_S = \frac{N_S}{N_P}V_P = \frac{N_S}{N_P}\varepsilon$

0,5 p $V_S = \frac{300}{1200}230 = 57{,}5\ \text{V}$

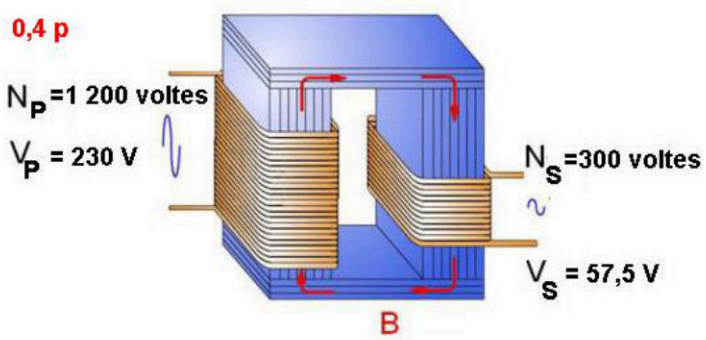
b)

0,2 p $P_P = P_S$

0,2 p $I_P V_P = I_S V_S$

0,1 p $I_P 230 = 2 \cdot 57{,}5$

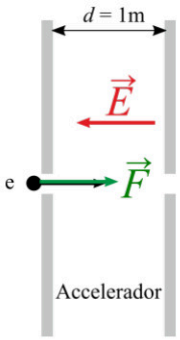
0,1 p $I_P = 0{,}5\ \text{A}$



26. PAU 2019 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 1 (Part comuna)

P1)

a)



0,3 p $\Delta V = \frac{E_C}{e} = \frac{1000\text{ eV}}{e} = 1000\text{ V}$

0,4 p $|\vec{E}| = \frac{\Delta V}{d} = 1000\text{ V/m} = 1000\text{ N/C}$

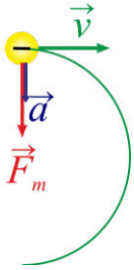
0,3 p Els electrons parteixen del repòs, de manera que descriuen una trajectòria rectilínia i la força té la mateixa direcció i sentit que el desplaçament de la càrrega. Com que la càrrega de l'electró és negativa, el sentit d'$\vec{E}$ és l'oposat del de la força $\vec{F}$.

b)

0,3 p $E_C = 1000\text{ eV} = 1{,}602 \times 10^{-16}\text{J}$

$$E_C = \frac{1}{2}mv^2 \Longrightarrow v = \sqrt{\frac{2\cdot 1{,}602\times 10^{-16}}{9{,}11\times 10^{-31}}} = 1{,}875 \times 10^{7}\text{m/s}$$

0,4 p $|\vec{F}| = e \cdot v \cdot B \cdot sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = 4{,}51 \times 10^{-13}\text{N}$



0,3 p És necessari que en la justificació o es faci un esquema de les forces i de la trajectòria o s'indiqui que la força magnètica és perpendicular a la velocitat, per tant, només hi ha la component normal de l'acceleració. A més, aquesta acceleració és de mòdul constant, per tant, la trajectòria serà circular.

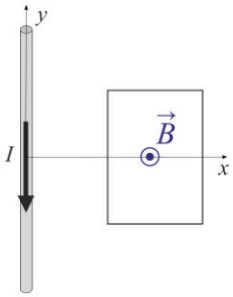
27. PAU 2019 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B

P3)

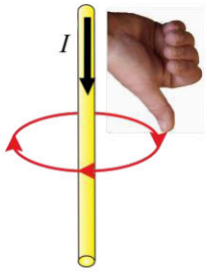
a)

0,5 p



Les línies de camp magnètic són perpendiculars al pla de l'espira i sentit cap en fora del paper.
Cal justificar la direcció indicant que han de ser perpendiculars al corrent i al vector posició, i que el sentit es determina a partir de la regla de la mà dreta.

També s'accepta un esquema del camp magnètic com el que apareix en el dibuix, on es representa el camp magnètic com a tangent a una circumferència centrada al fil i continguda al pla perpendicular a la direcció del fil. En qualsevol cas, s'ha d'indicar com s'obté el sentit del camp magnètic.



Finalment, també es pot deduir a partir de: $d\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\left[\frac{Id\vec{l}\times\vec{u}_r}{r^2}\right]$ indicant que tots els elements generen un camp en el mateix sentit i direcció.

0,5 p No, atès que el camp magnètic s'afebleix amb la distància. Com a justificació, n'hi ha prou a dir que la intensitat de camp magnètic disminueix quan ens allunyem de les fonts de camp.
Alternativament, també es pot donar la relació del camp creat per un fil infinit i indicar que és inversament proporcional a la distància:

$$\vec{B}=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

b)

0,5 p El camp magnètic és proporcional a la intensitat que circula pel fil, per tant, el flux de camp magnètic també és proporcional a la intensitat.
Perquè hi hagi un corrent induït cal que el flux de camp magnètic variï en el temps, per tant, quan el corrent és constant, també ho serà el flux i el corrent induït serà nul:

- 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.

0,5 p La força electromotriu és la derivada temporal del flux, per tant, com més ràpid variï 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.
També es considerarà correcte si es determina correctament (i es justifica) el sentit del corrent induït en tots dos casos, i es dona com a correcte un dels resultats basant-se en el signe del corrent, és a dir, es dona com a valor més gran el positiu respecte el negatiu enlloc de basar-se en la magnitud del corrent.

28. PAU 2019 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

a)

0,5 p **a1)** Si el corrent vist des de dalt gira en sentit horari, la cara superior de la bobina serà el pol sud d'un electroimant i la cara inferior de la bobina en serà un pol nord, per tant el camp magnètic generat pel corrent que recorre la bobina estarà dirigit cap avall.
Dos pols nord encarats resultaran en una repulsió entre l'imant i la bobina, per tant la bobina (i la membrana adherida) pujaran.

0,5 p **a2)** Si el corrent que circula per la bobina és altern, els extrems superior i inferior alternaran la seva polaritat, produint un camp magnètic vertical, que canviarà tota l'estona entre els dos sentits (amunt i avall) .
L'alternança entre pol nord i pol sud a la cara inferior de la bobina generarà alternativament repulsió i atracció sobre el conjunt imant+membrana, de manera que el conjunt vibrarà en la direcció vertical amb la mateixa freqüència del corrent altern.

b)

0,5 p **b1)** En augmentar el nombre de voltes el camp magnètic augmentarà (de manera proporcional) .

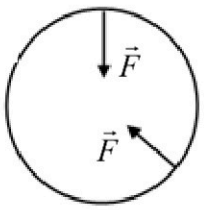
0,5 p **b2)** En augmentar la intensitat del corrent elèctric el camp magnètic augmentarà (de manera proporcional).

29. PAU 2019 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 5 (Opció B)

a)

0,2 p $\vec{F}_m = q(\vec{v} \times \vec{B})$; $F_m = qvBsin(90°) = qvB$

0,3 p



0.2 p $\begin{cases} F_m = ma_c \\ qvB = m\frac{v^2}{R} \end{cases}$

0,2 p $\omega = \frac{7\times 2\pi}{1{,}29\times 10^{-3}} = 3{,}41 \times 10^4 \text{ rad s}^{-1}$

0,2 p $qvB = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow qB = m\frac{v}{r} = m\omega \Rightarrow m = \frac{qB}{\omega}$

0,2 p $m = \frac{|-1{,}60\times 10^{-19}|\times 45{,}0\times 10^{-3}}{3{,}41\times 10^4} = 2{,}11 \times 10^{-25} \text{ kg}$

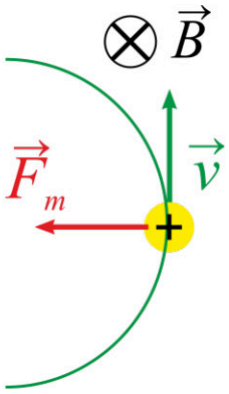
b)

0,1 p $\vec{F}_m = q(\vec{v} \times \vec{B})$

0,2 p $F_m = qvBsin(90°) = qvB$

0,4 p $B = \frac{8{,}00\times 10^{-14}}{1{,}60\times 10^{-19}\times 5{,}00\times 10^5} = 1{,}00 \text{ T}$

0,3 p Direcció perpendicular al pla del paper, sentit cap dins del pla del paper. La justificació es pot fer a partir de les propietats del producte vectorial o aplicant la regla de la ma dreta.

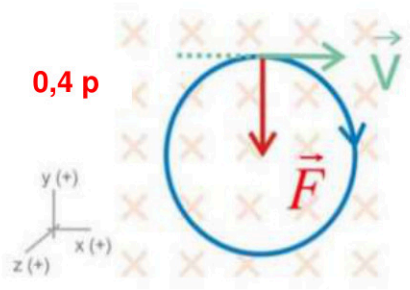


30. PAU 2018 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a)

0,4 p



0,2 p $F_m = ma_c$

0,2 p $qvB = m\dfrac{v^2}{r} \Rightarrow v = \dfrac{qBr}{m}$

0,2 p $v = \dfrac{1{,}60\times10^{-19}\times0{,}50\times0{,}30}{1{,}70\times10^{-27}} = 1{,}41\times10^{7}\, ms^{-1}$

b)

0,2 p $T = \dfrac{2\pi r}{v}$

0,2 p $T = \dfrac{2\pi\cdot0{,}3}{1{,}41\times10^{7}} = 1{,}33\times10^{-7}\, s$

0,2 p $\omega = \dfrac{2\pi}{T} = 4{,}72\times10^{7}\, rad\ s^{-1}$

0,2 p $E_c = \dfrac{1}{2}mv^2 = \dfrac{1}{2}1{,}70\times10^{-27}\left(1{,}41\times10^{7}\right)^2 = 1{,}69\times10^{-13}\, J$

0,2 p 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 després d'una volta és la mateixa.

31. PAU 2018 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a)

0,1 p $\Phi = BA\cos\varphi$

0,1 p $A = 0{,}05\times0{,}05 = 2{,}5\times10^{-3}\, m^2$

0,1 p $\cos\varphi = \cos 0^\circ = 1$

0,1 p $\Phi(t) = B_{0_z} A\cos(\omega t)$

0,4 p $\Phi(t) = 5\times10^{-6}\cos\left(6\times10^{8}t\right)\times 2{,}5\times10^{-3} = 1{,}25\times10^{-8}\, Wb\cos\left(6\times10^{8}\,\dfrac{rad}{s}\,t\right)$

0,2 p $\Phi_{max} = 1{,}25\times10^{-8}\, Wb$

b)

0,4 p $\varepsilon(t) = -\dfrac{d\phi}{dt}$

0,3 p $\varepsilon(t) = \omega B_{0_z} A\sin(\omega t) = 7{,}5V\sin\left(6\times10^{8}\,\dfrac{rad}{s}\,t\right)$ **0,3 p**

32. PAU 2018 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció A)

OPCIÓ A

P3)

a)

0.2 p $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$

0.8 p $\vec{F} = 1{,}60 \cdot 10^{-19}\left(1{,}00 \cdot 10^{5}\vec{i} \times 1{,}00 \cdot 10^{-2}\vec{k}\right) = -1{,}60 \cdot 10^{-16}\vec{j}\ N$

b)

El radi de la trajectòria del protó ve donat per:

0.4 p
$$\begin{cases} Volem\ que: r_p = r_e;\ qvB = m\dfrac{v^2}{r} \\ v_p = v_e \\ \dfrac{m_p v_p}{q_p B_p} = \dfrac{m_e v_e}{q_e B_e} \end{cases}$$

0.4 p $B_e = \dfrac{m_e}{m_p} B_p = \dfrac{9{,}11 \times 10^{-31}}{1{,}67 \times 10^{-27}} \times 10^{-2} = 5{,}45 \times 10^{-6} T$

0.2 p El camp tindrà aquest mòdul i la mateixa direcció que el primer camp però sentit contrari ja que la càrrega de l'electró té signe contrari a la del protó.

$\vec{B} = -5{,}45 \times 10^{-6}\vec{k}\ T$

33. PAU 2018 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B

P3)

a)

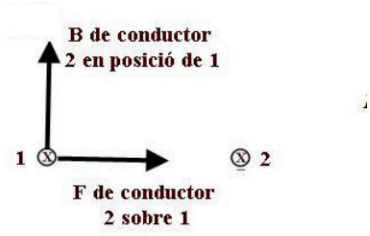
0.2 p $B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r} \rightarrow r = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi B}$

0.4 p $5\% B_{Terrestre} = \dfrac{5}{100} \times 5{,}00 \times 10^{-5} = 2{,}50 \times 10^{-6} T$

0.4 p $r = \dfrac{4\pi \times 10^{-7} \times 100}{2\pi \times 2{,}50 \times 10^{-6}} = 8{,}0 m$

b)

0.5 p



0.2 p $B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r} = \dfrac{4\pi \times 10^{-7} \times 100}{2\pi \times 10} = 2{,}00 \times 10^{-6} T$

0.3 p

$$\vec{F} = I\left(\vec{l} \times \vec{B}\right) \rightarrow \left|\vec{F}\right| = I\left|\vec{l}\right|\left|\vec{B}\right| \sin\left(90^\circ\right)$$

$$F = IlB = 100 \cdot 2{,}00 \cdot 2{,}00 \cdot 10^{-6} = 4{,}00 \times 10^{-4} N$$

34. PAU 2018 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

a)

0.2 p $\phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$

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

0.2 p $\omega = 2\pi\, rad$

0.2 p $\varepsilon = -N\dfrac{d\phi}{dt} = NBA\,\omega \sin(\omega t)$

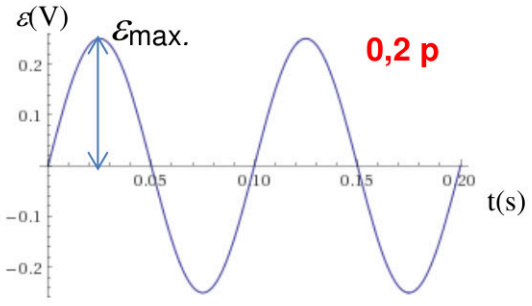
0.2 p $\varepsilon = 200 \times 1{,}25 \times 10^{-2} \times 16 \times 10^{-4} \times 20\pi \times \sin(20\pi t) = 0.251\, V \sin(20\pi t)$

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

b)

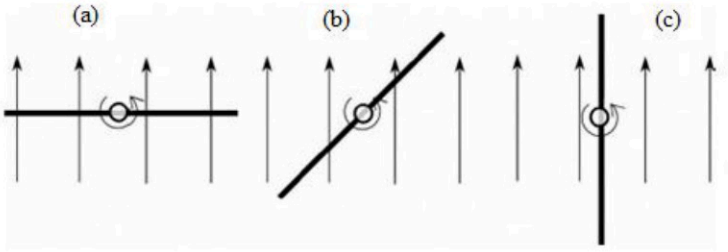
0.4 p $\varepsilon_{max} = 0{,}251\, V$

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



35. PAU 2018 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 5 (Opció B)

P5)



a)

0,2 p $\phi = BA\cos\theta$

0,2 p $A = \pi R^2 = \pi \times (0{,}05)^2 = 7{,}85\times10^{-3} m^2$

0,2 p $\phi_a = 60\times10^{-3}\times7{,}85\times10^{-3}\times\cos 0^\circ = 4{,}71\times10^{-4}\,Wb$

0,2 p $\phi_b = 60\times10^{-3}\times7{,}85\times10^{-3}\times\cos 45^\circ = 3{,}33\times10^{-4}\,Wb$

0,2 p $\phi_c = 60\times10^{-3}\times7{,}85\times10^{-3}\times\cos 90^\circ = 0$

b)

0,2 p $\varepsilon = -\dfrac{d\phi}{dt} = NBA\omega\sin\theta$

0,2 p $(a) \rightarrow$ l'angle entre $\vec{B}$ i $\vec{A}$ és $0 \Rightarrow \sin 0^\circ = 0 \Rightarrow \varepsilon_a = 0$

En (b) i (c) l'angle entre $\vec{B}$ i $\vec{A}$ és $\neq 0 \Rightarrow \varepsilon_b \neq 0$ i $\varepsilon_c \neq 0$

0,2 p $\omega = 300\dfrac{rev}{\min}\times\dfrac{2\pi rad}{1 rev}\times\dfrac{1\min}{60 s} = 10\pi\ \ rad\ s^{-1}$

0,2 p $\varepsilon_b = 60\times10^{-3}\times7{,}85\times10^{-3}\times10\pi\times\sin 45^\circ = 0{,}0105V$

0,2 p $\varepsilon_c = 60\times10^{-3}\times7{,}85\times10^{-3}\times10\pi\times\sin 90^\circ = 0{,}0148V$

36. PAU 2017 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

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

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

0.1 p $\varepsilon = -N\dfrac{d\phi}{dt}$

0.1 p $\varepsilon = -N\omega BA\sin\omega t$

0.5 p
$$\varepsilon = 300\cdot 2\pi\cdot 0{,}4\cdot 3\times10^{-4}\sin(2\pi t) =$$
$$= 0{,}226V\sin\left(2\pi\frac{rad}{s}\cdot t\right)$$

b)

0.4 p $I = \dfrac{\varepsilon}{R}$

0.2 p $I = \dfrac{0{,}226\cdot\sin(2\pi t)}{1{,}0} = 0{,}226A\sin(2\pi t)$

0.4 p I és màxim quan $sin(2\pi t)=1$

$I_{max} = 0{,}226A$

37. PAU 2017 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

a) $B = \dfrac{\mu NI}{L}$

0.5 p $B = \dfrac{5\times10^{-4}\cdot 2000\cdot 2}{10\times10^{-2}} = 20T$

0.5 p
$$\phi = BA$$
$$\phi = 20\cdot 10\times10^{-4} = 0{,}02\, Wb$$

b)

0.5 p $I = \dfrac{q}{t} = \dfrac{N\cdot e}{t}$ en què e és la càrrega elemental

$$N = \frac{I\cdot t}{e}$$

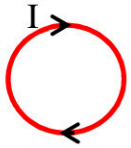
0.5 p $N = \dfrac{2\cdot 60}{1{,}6\times10^{-19}} = 7{,}5\times10^{20}\, electrons$

38. PAU 2017 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2 (Part comuna)

P2)
a)

Cal que a la superfície superior de la bobina hi hagi un pol SUD **(0.3 p)** per tal que atregui el pol NORD de l'imant. El sentit del corrent a la bobina es pot descriure de diferents maneres, ambdues es donaran com a correctes

✓ Vist des de dalt, el corrent girarà en sentit horari (vist des de sota en sentit antihorari).



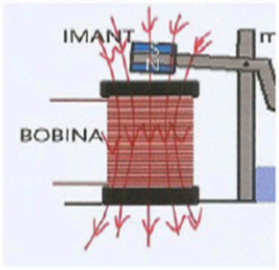
(0.2 p)

O bé,

✓ tal com s'indica a la figura (orientada com a l'enunciat):



0.5 p Les línies del camp magnètic es representen al dibuix



b)

0.4 p b1) Augmentaria el camp magnètic produït per la bobina, que atrauria l'imant amb MÉS força.

0.3 p b2) En augmentar la permeabilitat magnètica, augmentaria el camp magnètic produït per la bobina, que atrauria l'imant amb MÉS força.

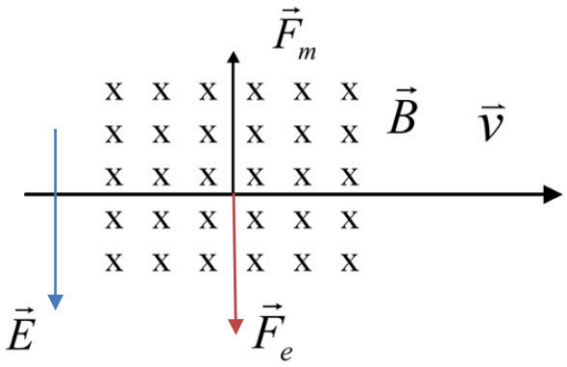
0.3 p b3) El camp magnètic canviaria de sentit molt ràpidament. L'imant serà successivament atret i repel·lit (potser observaríem una vibració amb la freqüència del corrent altern).

39. PAU 2017 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a)

0.3 p Si l'ió no es desvia de la trajectòria rectilínia, s'ha de complir que la resultant de forces sigui zero sobre l'ió He, la **força elèctrica** ha de tenir el mateix mòdul que la força magnètica i sentit oposat.



0.1 p I atès que l'ió és positiu, **el camp elèctric** tindrà el mateix sentit que la força elèctrica.

0.2 p $\vec{E} = -2{,}00 \cdot 10^5 \, \vec{j} N/C$

0.2 p
$$F_m = F_e$$
$$qvB = qE$$

0.2 p
$$B = \frac{E}{v} = \frac{2{,}00 \times 10^5}{3.2 \times 10^5} = 0{,}625 T$$

b)

0.4 p
$$F_m = ma_c$$

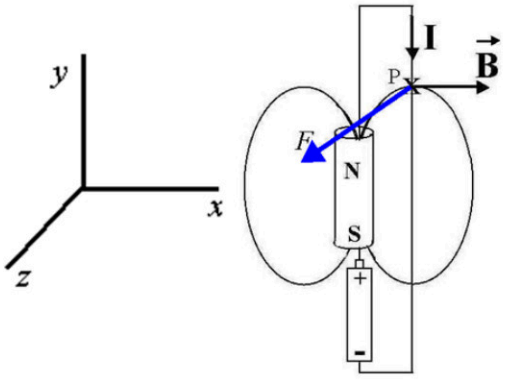
0.2 p
$$qvB = m\frac{v^2}{R} \rightarrow R = \frac{mv^2}{qvB} = \frac{mv}{qB}$$

0.4 p
$$R = \frac{6{,}68 \times 10^{-27} \cdot 3{,}2 \times 10^5}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}625} = 0{,}0214 m$$

40. PAU 2017 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a)



El vector camp magnètic és tangent a la línia de camp (direcció x). **0.5 p**

El sentit de la força que actua sobre el fil determina el sentit de gir. **(0.2 p)**
El sentit de la força magnètica és perpendicular al pla format pel camp magnètic i la intensitat (cal avaluar el producte vectorial entre la intensitat i el camp magnètic). Segons el sistema de referència adjunt, la força "surt del pla del paper" (direcció z). **0.3 p**

b)

0.5 p $\vec{F} = I\left(\vec{l} \wedge \vec{B}\right) \Rightarrow F = IlB\sin 90^\circ = 10 \cdot 0{,}01 \cdot 0{,}1 = 0{,}01N$ **0.5 p**

41. PAU 2016 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 2 (Part comuna)

P2)
a)

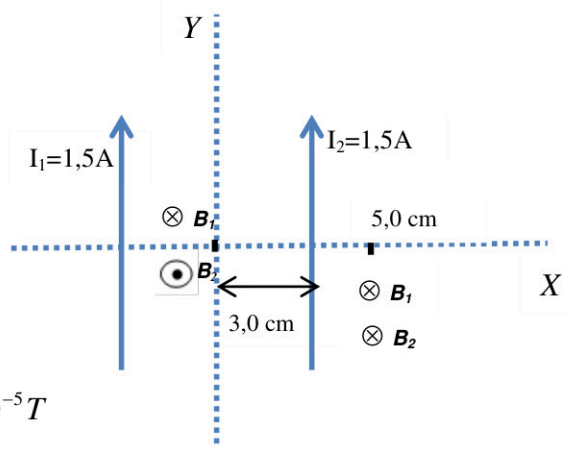
0.3 p En *x=0*, $B_1 = B_2$ (mòduls)

0.6 p Mateixa direcció, perpendicular al pla *XY* i sentit contrari → $B_{total} = 0$

0.1 p Esquema

b)

En *x=5,0 cm*



0.2 p $$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$$

0.3 p $$B_{total} = 3\times10^{-7}\left(\frac{1}{0{,}08} + \frac{1}{0{,}02}\right) = 1{,}88\times10^{-5}\,T$$

0.4 p Direcció: perpendicular al pla *XY*
Sentit: cap a dins del paper (eix *Z* negatiu)

0.1 p Esquema

42. PAU 2016 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

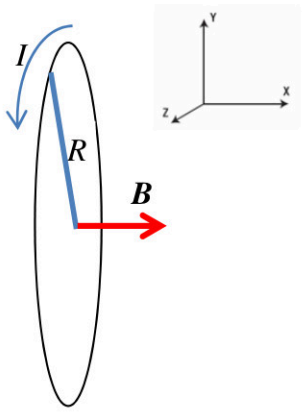
a) $B(x)=\dfrac{\mu_0 I}{2}\dfrac{R^2}{\left(x^2+R^2\right)^{3/2}}$

0.6 p $B(x=0)=\dfrac{\mu_0 I}{2R}$

0.4 p $B(x=0)=\dfrac{4\pi 10^{-7}\times 10}{2\times 0{,}05}=1{,}26\times 10^{-4}T=126\mu T$

b)

1 p Si el camp magnètic al centre de l'espira esta dirigit cap al sentit positiu de l'eix *x*, $(B\vec{i}\,)$, el sentit del corrent elèctric és antihorari (justificació amb la regla de la mà dreta).



43. PAU 2016 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a) La força que fa un camp magnètic sobre una partícula carregada en moviment és $\vec{F} = q\,\vec{v} \wedge \vec{B}$ **0.2**. Com que ara la velocitat i el camp magnètic són perpendiculars, el mòdul de la força és simplement $F = q\,v\,B$. **0.1** L'electró i el protó tenen la mateixa càrrega en valor absolut de forma que el mòdul de la força que fa el camp és el mateix

$$F = (1.60 \cdot 10^{-19})(5)(2 \times 10^{-3}) \equiv 1.60 \cdot 10^{-21}\,\text{N}\ .\ \textbf{0.2}$$

Per altra banda, el neutró no té càrrega elèctrica i per tant la força que actua sobre ell és $F = 0\,\text{N}$. **0.1**

Atès que la càrrega del protó és positiva, la força que fa el camp es dirigeix sobre l'eix X i en sentit positiu. **0.1** El protó descriu llavors un moviment circular en sentit horari vist des del semieix positiu Z. **0.1** Per altra banda, la càrrega de l'electró és negativa i el moviment que realitza és també circular, però en sentit contrari al que realitza el protó. **0.1** El neutró segueix una trajectòria rectilínia a velocitat constant segons el sentit positiu de l'eix Y. **0.1**

b) El camp magnètic creat per un fil infinit de corrent sobre un punt que es troba a una distància r de l'eix del fil és

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\ .$$

Per tal que el protó descrigui un moviment rectilini, cal que el camp magnètic total que actua sobre ell sigui 0. En el present cas, això vol dir que el fil ha de fer un camp $\vec{B}_{fil} = -2.00 \cdot 10^{-3}\,T\,\hat{k}$. **0.4**

Pel que fa al valor del corrent, el trobem imposant la condició

$$\frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 2.00 \cdot 10^{-3}\ ,\ \textbf{0.1}$$

o el que és el mateix

$$I = \frac{4\pi\,10^{-3}\,3 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 30.0\,\text{A}\ .\ \textbf{0.5}$$

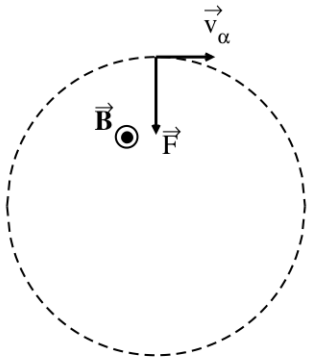
44. PAU 2016 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

a) La força de Lorentz ve donada per l'expressió:

$$\vec{F} \;=\; q\;\vec{v} \wedge \vec{B}\ \textbf{0.2}\ \;=\; 2 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 8 \cdot 10^{5} \cdot 1,2 \cdot (\vec{i} \wedge \vec{k}) \;=\; -\,3,07 \cdot 10^{-13}\ \vec{j}\ \text{N}\ \textbf{0.2}$$

La trajectòria serà circular ja que la força és perpendicular a la la velocitat de la partícula, **0.2** i girarà en el pla xy en sentit horari. **0.1**



0.3

b) La força de Lorentz serà la força centrípeta que ens farà girar la partícula α: **0.2**

$$m_\alpha \frac{v^2}{r} = q\ v\ B \ \boxed{0.2} \Rightarrow r = \frac{m_\alpha\ v}{q\ B} = 1,38 \cdot 10^{-2}\,\text{m} \quad \boxed{0.2} \Rightarrow$$

$$2\ \pi\ \nu\ r = v \ \boxed{0.2} \Rightarrow \nu = \frac{v}{2\ \pi\ r} = \frac{qB}{2\ \pi\ m_\alpha} = 9,20 \cdot 10^6\ \text{Hz} = 9,2\ \text{MHz}\ \boxed{0.2}$$

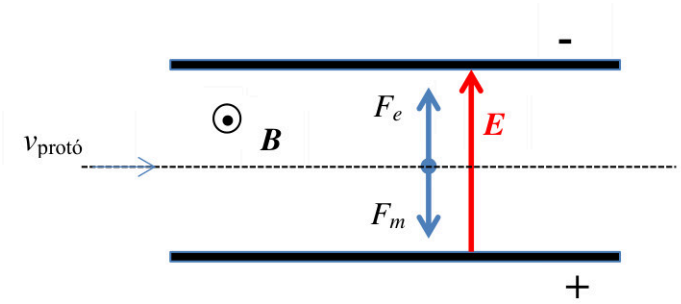
45. PAU 2015 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

a)

Si el protó no es desvia, la força resultant és zero, $F_e = F_m$

0,4 Esquema



$$B = 3,00\times10^3 G \times \frac{1T}{10^4 G} = 3,00\times10^{-1} T$$

0,2 Perquè el protó no es desvïi de la seva trajectòria: $F_e = F_m$

0,1
$$\left.\begin{aligned} F_e &= qE \\ F_m &= qvB \end{aligned}\right\} v = \frac{E}{B}$$

0,3
$$v = \frac{2,00\times10^5}{3,00\times10^{-1}} = 6.67\times10^5\, m/s = 667 km/s$$

b) Si només hi ha camp magnètic, el protó es desviarà seguint una trajectòria circular per l'efecte de la força magnètica.

0,2
$$\vec{F}_m = m\vec{a}$$

0,2
$$qvB = m\frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{qB}$$

0,6
$$R = \frac{\left(1,67\times10^{-27}\right)\times\left(6,67\times10^5\right)}{\left(1,60\times10^{-19}\right)\times\left(3,00\times10^{-1}\right)} = 2,30\times10^{-2} m = 2,30 cm$$

P5)

a)

0,5 =

El flux magnètic es calcula a partir del producte escalar dels dos vectors, camp magnètic i vector superfície.

$\phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$ 0,1

En aquest cas el vector superfície canvia amb el temps i el flux magnètic és: $\phi(t) = BA\cos(\omega t + \delta)$. Si en l'instant inicial el camp magnètic és perpendicular al pla de l'espira, el flux serà màxim en aquest instant $\Rightarrow \cos(\omega t + \delta) = 1 \Rightarrow \omega t + \delta = 0 \Rightarrow \delta = 0$ 0,1

Per tant: $\phi(t) = BA\cos(\omega t)$ 0,3

0,1 $A = 2\times10^{2}\,cm^{2} = 2{,}0\times10^{-2}\,m^{2}$

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

0,3 $\phi(t) = 8\times10^{-3}(Wb)\cos(20t)$ ó $\phi(t) = 8\times10^{-3}\cos(20t)\ Wb$

b)

0,2 $\varepsilon = -\dfrac{d\phi(t)}{dt}$

0,2 $\varepsilon(t) = -(-BA\omega\sin\omega t) = BA\omega\sin\omega t$

0,2 La FEM és màxima quan el sinus val 1; $\varepsilon_{max} = BA\omega$

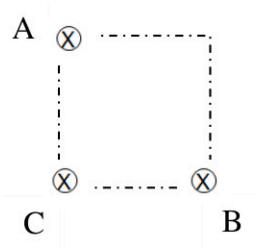
0,4 $\varepsilon_{max} = 0{,}40\times2{,}0\times10^{-2}\times20{,}0 = 0.16V$

47. PAU 2015 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 4 (Opció A)

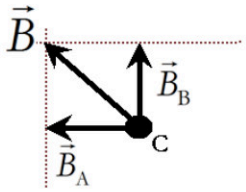
P4)

a)

El camp $\vec{B}_A$ (camp magnètic creat pel fil A) és tangent a la circumferència centrada en A i el camp $\vec{B}_B$ (camp magnètic creat pel fil B) és tangent a la circumferència centrada en B.



0.4 Esquema



0.2

$$B_A = B_B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0{,}30}{2\pi \times 0{,}20} = 3{,}0 \times 10^{-7} T$$

0.2 $B_{total} = \sqrt{B_A^2 + B_B^2}$

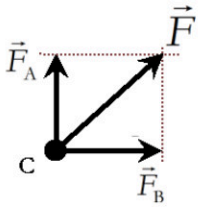
0.2 $B_{total} = \sqrt{2 \times \left(3{,}0 \times 10^{-7}\right)^2} = 3{,}0 \times 10^{-7} \sqrt{2} = 4{,}2 \times 10^{-7} T$

b)

La força $\vec{F}_A$ és perpendicular a $\vec{B}_A$ i al corrent I_c.

La força $\vec{F}_B$ és perpendicular a $\vec{B}_B$ i al corrent I_c.

0.4 Esquema



0.2 $F_{AC} = F_{BC}$

0.2 $\vec{F}_C = I_C \vec{l}_C \times \vec{B}_{total}$

0.2 $F = 0{,}30 \times 2{,}0 \times 4{,}2 \times 10^{-7} = 2{,}55 \times 10^{-7} N$

48. PAU 2015 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 4 (Opció B)

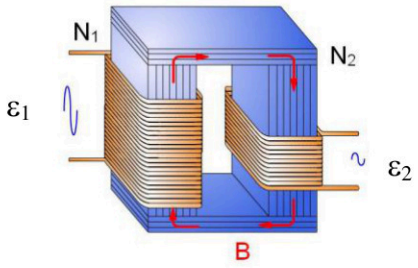
P4)

a)

Cal construir un circuit magnètic tipus transformador on es compleix que $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ es conserva i la potència aparent es transmet íntegrament del primari al secundari. 0.2

Considerant un transformador ideal:

0.2 $$\left.\begin{aligned} |\varepsilon_1| = N_1\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{|\varepsilon_1|}{N_1} \\ |\varepsilon_2| = N_2\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{|\varepsilon_2|}{N_2} \end{aligned}\right\} \frac{|\varepsilon_1|}{N_1} = \frac{|\varepsilon_2|}{N_2}$$ 0.2



0.2 $$\left.\begin{aligned} \varepsilon_1 N_2 = \varepsilon_2 N_1 \\ 220\times 500 = 110\times 1000 \end{aligned}\right\} \Rightarrow N_1 = 1000\,espires \text{ i } N_2 = 500\,espires$$

0.2 Per tant, ε_1 = 220 V i N_1 = 1000 espires al primari
ε_2 = 110 V i N_2 = 500 espires al secundari

b)

0.25 $\varepsilon_{max,1} = \varepsilon\sqrt{2} = 220\times\sqrt{2} = 311V$

0.25 $I_{max,1} = I\sqrt{2} = 1{,}00\times\sqrt{2} = 1{,}41A$

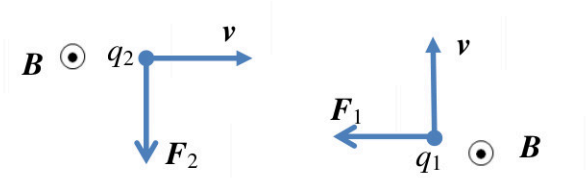
La potència aparent es transmet íntegrament: $P = \varepsilon_1 I_1 = \varepsilon_2 I_2$ 0.3 i, per tant, la intensitat en el circuit secundari és: $I_2 = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} I_1 = \frac{220}{110}\times 1{,}00 = 2{,}00A$ 0.2

49. PAU 2015 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a) Tenint en compte que la força que accelera les càrregues és $\vec{F}_m = q\vec{v}\times\vec{B}$ [0.1] i aplicant el producte vectorial, arriben a la conclusió que Q_1 és negativa i Q_2 es positiva.

Esquema [0.3]



[0.2] $F = qvB\sin 90^\circ$

[0.4] $v = \dfrac{F}{qB} = \dfrac{1{,}01\times10^{-12}}{3{,}20\times10^{-19}\times4{,}5\times10^{-1}} = 7{,}01\times10^{6}\,m/s$

b)

[0.2] $\Sigma\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow qvB\sin 90^\circ = m\dfrac{v^2}{r} \Rightarrow r = \dfrac{mv}{qB}$

[0.4] $r_1 = \dfrac{m_1 v}{qB} = \dfrac{5{,}32\times10^{-26}\times7{,}01\times10^{6}}{3{,}20\times10^{-19}\times4{,}5\times10^{-1}} = 2{,}59m$

$r_2 = r_1\dfrac{m_2}{m_1} = 2{,}59\dfrac{1{,}73\times10^{-25}}{5{,}32\times10^{-26}} = 8{,}42m$

[0.2] $\left.\begin{array}{l} v = \omega_2 r_2 \\ \omega_2 = 2\pi f_2 \end{array}\right\} f_2 = \dfrac{v}{2\pi r_2}$

[0.2] $f_2 = \dfrac{7{,}01\times10^{6}}{2\pi\times8.42} = 1{,}32\times10^{5}\,Hz$

50. PAU 2015 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

a)

El camp magnètic que crea el fil infinit en el centre de l'espira és: $B_{fil\,\infty} = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi d}$

0.3 $\quad |B_{fil\,\infty}| = \dfrac{4\pi\times10^{-7}\times2}{2\pi\times0{,}05} = 8{,}0\times10^{-6}\,T$

0.2 $\quad$ i entra al paper ⊗

En notació vectorial: $\vec{B}_{fil\,\infty} = -8.0\times10^{-6}\vec{k}\ T$

El camp magnètic que crea l'espira al centre és: $B_{espira} = \dfrac{\mu_0 I}{2R}$

0.3 $\quad |B_{espira}| = \dfrac{4\pi\times10^{-7}\times0.5}{2\times1{,}0\times10^{-2}} = 3{,}1\times10^{-5}\,T$ i surt del paper ⊙ 0.2

En notació vectorial: $\vec{B}_{espira} = 3.1\times10^{-5}\vec{k}\ T$

b)

El camp magnètic total és la suma vectorial del camp creat pel fil infinit i l'espira:

En notació vectorial:

$\vec{B}_{total} = \vec{B}_{espira} - \vec{B}_{fil\,\infty} = 3.1\times10^{-5}\vec{k} - 8.0\times10^{-6}\vec{k} = 2.3\times10^{-5}\vec{k}\ T$

0.2 $\quad$ Mòdul: $|B_{total}| = 2.3\times10^{-5}T$ i surt del paper ⊙ 0.2

0.2 $\quad$ Si $B = 0 \Rightarrow B'_{espira} = B_{fil} = 8{,}0\times10^{-6}\,T$

0.4 $\quad B'_{espira} = \dfrac{\mu_0 I'}{2R} \Rightarrow I' = \dfrac{2RB'_{espira}}{\mu_0} = \dfrac{2\times0{,}01\times8{,}0\times10^{-6}}{4\pi\times10^{-7}} = 0{,}13A$

51. PAU 2014 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a) Per tal que el fil es trobi suspés 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

$$ILB = mg \boxed{\mathbf{0.2}}$$

d'on resulta

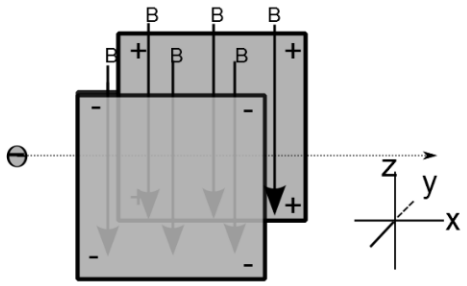
$$B = \frac{mg}{IL} = \frac{0,1 \times 9,8}{0,3 \times 5} = 0,65\,\text{T} \boxed{\mathbf{0.2}}$$

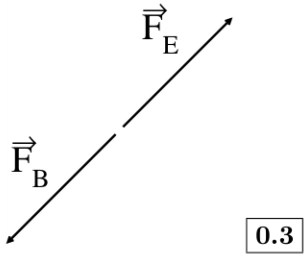
b) Amb el fil rectilini fem una espira circular que situem al pla XY, i el camp magnètic també es troba situat al pla XY, de forma que el flux del camp és $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = 0$, en cada instant, ja que els vectors camp magnètic i superfície de l'espira són perpendiculars. **1**

52. PAU 2014 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a) El diagrama de forces serà el següent:





0.3

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:

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

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 **0.2** i en el sentit horari. **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:

$$m\,\frac{v^2}{r} = v\,q_e\,B \Rightarrow r = \frac{mv}{q_eB} = 1.78\cdot 10^{-6}\,\text{m}\,\boxed{\mathbf{0.2}}$$

La freqüència angular de rotació és:

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

53. PAU 2014 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

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

$$\left.\begin{array}{rl} V_p & = N_p \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} \\ V_s & = N_s \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} \end{array}\right\} \boxed{\mathbf{0.3}} \Rightarrow \frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s} \boxed{\mathbf{0.4}} \Rightarrow$$

$$V_s = 4,4\,\mathrm{V} \boxed{\mathbf{0.3}}$$

b) La relació de potències la podem escriure com:

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

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

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

54. PAU 2014 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a) Al ser el camp magnètic perpendicular al pla de la forca tindrem:

$$\Phi(t=0) = B\,\grave{A}rea(t=0) = B\,x_0\,L \boxed{\mathbf{0.3}} = 0,5\,\mathrm{T} \times 1\mathrm{m} \times 2\mathrm{m} = 1\mathrm{Wb} \boxed{\mathbf{0.2}}$$

$$\grave{A}rea(t) = L\,x(t) = L\,(x_0 - 0,3\sin(32\,t)) \Rightarrow \boxed{\mathbf{0.2}}$$

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

b)

$$\varepsilon = |\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}| \boxed{\mathbf{0.2}} = 0,5 \times 2 \times 0,3 \times 32\,\cos(32\,t) = 9,6\,\cos(32t)\,\mathrm{V} \boxed{\mathbf{0.3}}$$

El seu valor màxim serà:

$$\varepsilon_{màxim} = 9,6\,\mathrm{V} \boxed{\mathbf{0.5}}$$

55. PAU 2014 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a) L'àrea del circuit tancat que formen la forca i la vareta en funció del temps és:

$$\text{Àrea} = L\,v\,t \boxed{\mathbf{0.2}}$$

El flux del camp magnètic que passa per aquesta àrea serà:

$$\Phi = B\,L\,v\,t \boxed{\mathbf{0.2}}$$

La força electromotriu generada en el circuït serà:

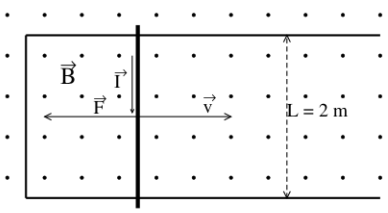
$$\epsilon = \left|\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}\right| = B\,L\,v \boxed{\mathbf{0.2}} = 3\,\mathrm{V} \boxed{\mathbf{0.2}}$$

El sentit de la circulació del corrent serà el contrari que tindria si el mateix corrent hagués de crear el camp magnètic, per tant serà en sentit horari $\boxed{\mathbf{0.2}}$

b) A partir de la llei de Ohm tindrem:

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{3\mathrm{V}}{30\Omega} = 0,1\,\mathrm{A} \boxed{0.2}$$

La força que fa el camp magnètic sobre la vareta serà:



$\boxed{\mathbf{0.2}}$

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

Per tant, per tal que la vareta segueixi amb velocitat constant, haurem de fer una força igual i de sentit contrari a la trobada anteriorment. $\boxed{\mathbf{0.2}}$

56. PAU 2014 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció B)

P4)

a)

$$\vec{F} = q\,\vec{v} \wedge \vec{B} \boxed{\mathbf{0.3}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \times 2 \cdot 10^{6} \times 0,5\,(\vec{i} \wedge \vec{j}) \boxed{\mathbf{0.3}} = 1,6 \cdot 10^{-13}\,\vec{k}\,\mathrm{N} \boxed{\mathbf{0.2}}$$

Per tant la força va dirigida en sentit vertical $\boxed{\mathbf{0.2}}$

En el cas en que no donin correctament la direcció de la força, restarem **0.2** punts.

b)

Al ser la força perpendicular a la velocitat, el moviment serà el d'un moviment circular uniforme $\boxed{\mathbf{0.2}}$

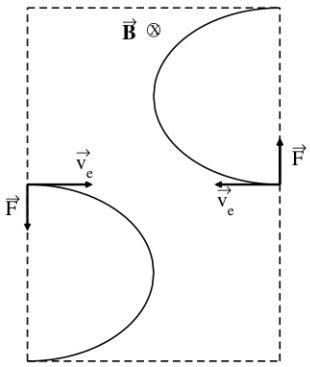
La força que fa el camp magnètic sobre els protons es la que proporciona l'acceleració centrípeta que farà girar els protons, per trobar el radi de la trajectòria circular tindrem:

$$q\,v\,B = m\,\frac{v^2}{r} \boxed{\mathbf{0.2}} \Rightarrow r = \frac{m\,v}{q\,B} \boxed{\mathbf{0.3}} = 4,18 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{m} \boxed{\mathbf{0.2}}$$

Els protons no impactaran ningú, ja que només d'entrar l'aula fan la trajectòria circular de radi $4.18{\cdot}10^{-2}$ m $\boxed{\mathbf{0.1}}$

57. PAU 2013 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 2 (Part comuna)

P2)

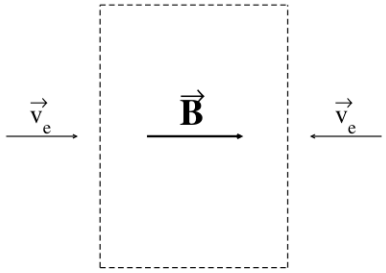
a) 

0.2 + **0.2**

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**

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

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

b) 

0.4

(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**

58. PAU 2013 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 4 (Opció A)

P4)

a) La superfície de una sola espira és:

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

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

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

on S serà:

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

A partir de la lectura de la gràfica podem escriure:

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

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

b)

$$\varepsilon(t)\ =\ -\frac{\text{d}\Phi}{\text{d}t}\ =\ -\frac{\text{d}B}{\text{d}t}\cdot S\ \boxed{0.4}$$

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

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

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:

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

59. PAU 2013 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

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:

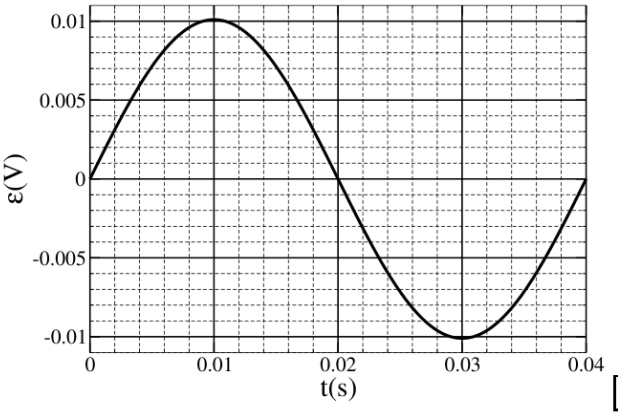
$$S(t) \;=\; S_0\ \cos(\omega\ t) \;=\; S_0\ \cos(2\pi\nu\ t)\ \boxed{\mathbf{0.1}}$$

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

$$\Phi \;=\; B\ S(t) \;=\; B\ S_0 \cos(2\pi\nu\ t)\ \boxed{\mathbf{0.1}}$$

La *fem* generada serà:

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



0.3

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

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

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

$$\varepsilon_p\ \mathrm{i}_p \;=\; \varepsilon_s\ \mathrm{i}_s\ \boxed{\mathbf{0.2}} \;\Rightarrow\; \mathrm{i}_p \;=\; \frac{\mathrm{i}_s\cdot\varepsilon_s}{\varepsilon_p} \;=\; \frac{20\cdot 10^{-3}\cdot 2,5}{0,05} \;=\; 1,0\ \text{A}\ \boxed{\mathbf{0.3}}$$

60. PAU 2013 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

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

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

on α és l'angle que forma la direcció del camp magnètic amb la perpendicular a l'espira, per tant $\alpha \;=\; 60^{\text{o}}$

$$\Phi \;=\; 0.5\;\pi\;0,04^2\;\cos(60^{\text{o}}) \;=\; 1,3\cdot 10^{-3}\;\text{Wb}\;\boxed{\mathbf{0.4}}$$

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:

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

Per tant el flux que genera el camp serà:

$$\Phi(t) \;=\; \pi\;0,04^2\;(0,5 \;-\; \frac{0,5}{100\cdot 10^{-3}}\;t)\;\cos(60^{\text{o}})\;\boxed{\mathbf{0.3}}$$

i la *fem* generada serà:

$$\varepsilon \;=\; -\;\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} \;=\; \pi\;0,04^2\;\cos(60^{\text{o}})\;\frac{0,5}{100\cdot 10^{-3}} \;=\; 1,3\cdot 10^{-2}\;\text{V}\;\boxed{\mathbf{0.4}}$$

61. PAU 2013 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

a) 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:

$$d(t) = v(t - 3)$$ **0.1**

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

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

El flux de camp magnètic serà:

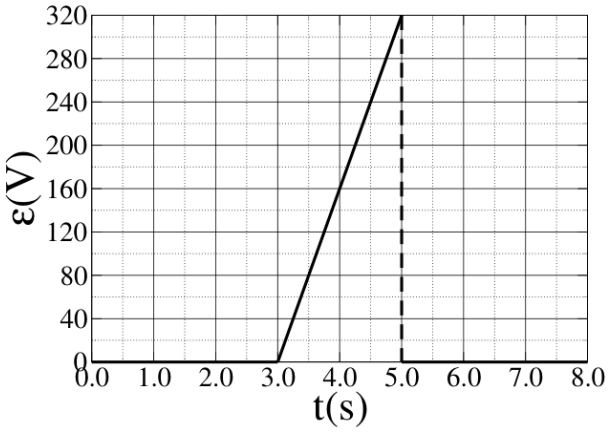
$$\Phi(t) = \frac{1}{2}\,[v(t - 3)]^2\,B$$ **0.1**

$$\varepsilon = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = -v^2\,(t - 3)\,B$$ **0.2**

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

$$160\ \text{V} = |-2^2\,(4 - 3)\,B| \Rightarrow B = 40\ \text{T}$$ **0.2**

b) Entre $t = 0$ i $t = 3$s, l'espira es troba integrament 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:



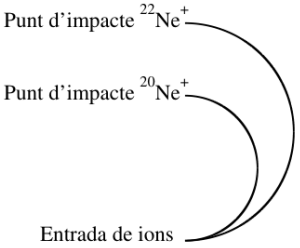
0.4

62. PAU 2012 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 3 (Opció A)

Opció A
P3)

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**]



[**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)

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

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

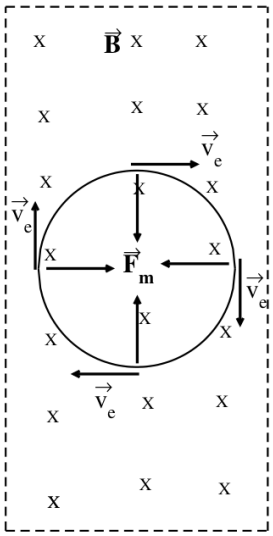
$$r_{^{20}Ne^+}\ =\ \frac{m^{20}Ne^+\ v}{QB}\ =\ \frac{20.0 \cdot 1,66 \times 10^{-27} \cdot 1,00 \times 10^5}{1,60 \times 10^{-19} \cdot 0.23}\ =\ 9.02 \times 10^{-2}\ \text{m}\ [\mathbf{0.2}]$$

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

63. PAU 2012 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

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]**

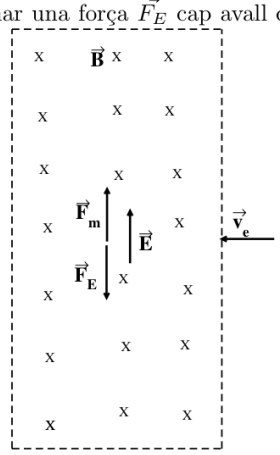


[0.2]

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

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

b) El camp elèctric $\vec{E}$ aplicat és perpendicular al camp magnètic i a la velocitat del electró i apunta en la mateixa direcció i sentit que la força magnètica, per tal d'originar una força $\vec{F}_E$ cap avall que compensi la $\vec{F}_m$ i l'electró no es desviï en travessar el camp magnètic **[0.4]**



[0.2]

$$\vec{F}_E = -e\,\vec{E};\ F_m = F_E \Rightarrow e\,E = e\,v\,B \Rightarrow E = v\,B = 3{,}60 \times 10^5 \text{N/C ó V/m}\textbf{[0.4]}$$

64. PAU 2012 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3 (Opció B)

Opció B
P3)

a)

$$\vec{F_A} = \vec{F_B} = q\vec{v}\wedge\vec{B}\ [\mathbf{0.4}] \Rightarrow |\vec{F}| = qvB\sin\theta = 1.60\times10^{-19}.\ 3\times10^{5}\text{m/s}\ .\ 0,42\text{T} = 2,02\times10^{-14}\text{N}\ [\mathbf{0.4}]$$

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**]

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

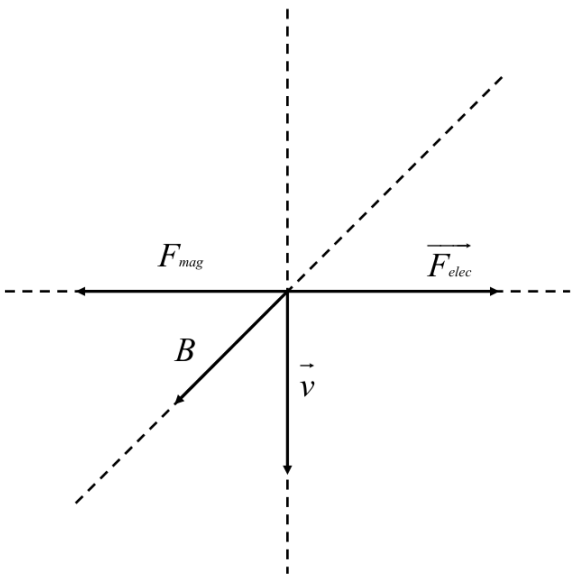
Com que v, q i B són iguals, i com $m_A = 2m_B$, aleshores $R_A = 2R_B$ [**0.2**]

65. PAU 2012 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

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

[**0.2**]



$$\vec{F}_{mag} = -\vec{F}_{ele}\ [\mathbf{0.2}] \Rightarrow F_{mag} = F_{ele} \Rightarrow q\,v\,B = q\,E \Rightarrow v = \frac{E}{B}\ [\mathbf{0.2}]\ v = \frac{20\,N/C}{2,5\times10^{-3}\,T} = 8,00\times10^{3}\,m/s\ [\mathbf{0.2}]$$

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**]

$\vec{F}_{mag} = q(\vec{v}\wedge\vec{B}) = \vec{F}_{cpta} \Rightarrow q\,v\,B = \frac{m\,v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{m\,v}{q\,B}$: radi de la trajectòria circular dels ions [**0.3**]

Per l'isòtop ${}^{3}_{1}H^{+}$, tindrem:

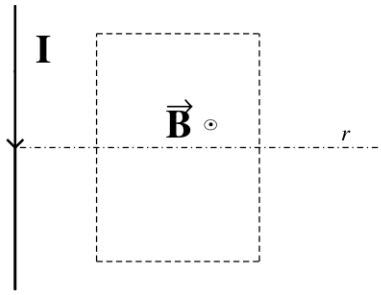
$$R = \frac{3\cdot1,67\times10^{-27}kg\ 8\times10^{3}m/s}{1,602\times10^{-19}C\ 2.5\times10^{-3}T} = 1,00\times10^{-1}\text{m}\ [\mathbf{0.2}]$$

Per tant $d = 2R = 2,00\times10^{-1}$ m [**0.2**]

66. PAU 2012 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

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**]

67. PAU 2012 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

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

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

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

$$\nu\ =\ \frac{qB}{m2\pi}\ =\ \frac{1,60\times10^{-19}C\times9\times10^{-3}\mathrm{T}}{2\pi\times1,67\times10^{-27}kg}\ =\ 1,37\times10^{5}\ \mathrm{H_z}\ [\mathbf{0.4}]$$

b)

$$v\ =\ \omega\ r\ =\ 2\pi\nu\ r\ [\mathbf{0.25}]$$

$$E_c\ =\ \frac{1}{2}\ m\ v^2\ =\ m\ 2(\pi\nu\ r)^2\ =\ 1,55\times10^{-16}\ \mathrm{J}\ [\mathbf{0.25}]$$

La longitud associada de De Broglie serà:

$$\lambda\ =\ \frac{h}{mv}\ [\mathbf{0.25}]\ =\ \frac{h}{2\pi\nu rm}\ =\ 9.21\times10^{-13}\mathrm{m}\ [\mathbf{0.25}]$$

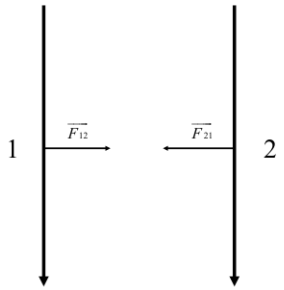
Física curs 2011-2012

68. PAU 2011 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 2

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 magnèic, 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]**



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

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

69. PAU 2011 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 5 (Opció B)

P5)

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

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

per tant:

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

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

b)

La força electromotriu ve donada per la llei de Lenz:

$$\varepsilon = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}$$

on Φ és el flux de camp magnètic que atravessa l'espira **[0.2]**.
En aquest cas veiem que el camp magnètic és constant i l'espira gira amb una velocitat angular $\omega = 30$ rad/s, on l'eix de rotació és l'eix z. **[0.2]**
La superficie aparent que atravessa el camp magnètic ve donada per l'expressió:

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

per tant el fluxe de camp magnètic que atravessa l'espira en funció del temps serà:

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

en conclusió:

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

70. PAU 2011 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció A)

P5)

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 induit 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) $0 \leq t \leq 10 \Rightarrow \varepsilon = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}\,t} = -\pi r^2 \frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}\,t} = -\pi 0.25^2 \frac{2-0}{10-0} = -3.93 \times 10^{-2}\, V$ **[0.25]**

$40 \leq t \leq 50 \Rightarrow \varepsilon = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}\,t} = -\pi r^2 \frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}\,t} = -\pi 0.25^2 \frac{0-2}{50-40} = 3.93 \times 10^{-2}\, V$ **[0.25]**

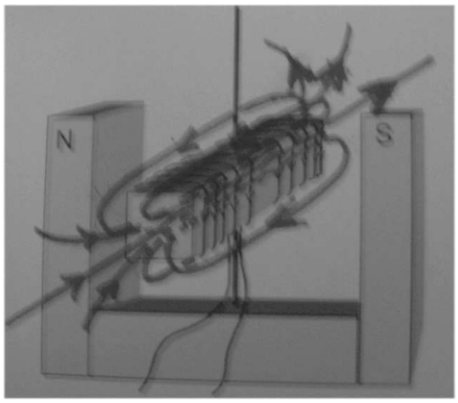
En tots dos casos el valor absolut del corrent serà:

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

71. PAU 2011 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 3 (Opció B)

OPCIÓ B
P3)

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



[0.5]

Les línies de camp magnètic entran pel pol Sud i surten pel pol Nord, per tant en la figura que es mostra, l'extrem mes proper serà el pol Sud i l'altre extrem el pol Nord, per tant el pol Sud de l'eletroimà 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:

$$\varepsilon = -\frac{\mathrm{d}\,\Phi}{\mathrm{d}\,t} \ \textbf{[0,6]}$$

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]**

72. PAU 2010 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 5 (Opció B)

P5B

a) $V_P I_P = V_S I_S$ **[0,3]**; $I_P = \frac{V_S I_S}{V_P} = \frac{12,0 \cdot 0,200}{220} = 0,011\,\text{A}$ **[0,2]**

$\frac{V_P}{N_P} = \frac{V_S}{N_S}$ **[0,3]**; $N_P = \frac{V_P N_S}{V_S} = \frac{220 \cdot 20}{12} = 367\,\text{espires}$ **[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]

73. PAU 2010 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció A)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

74. PAU 2010 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

75. PAU 2010 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 5 (Opció A)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

76. PAU 2010 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 5 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

77. PAU 2010 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 5 (Opció A)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

78. PAU 2010 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 5 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.

79. PAU 2003 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 2 (Opció B)

Solució no disponible: la pauta oficial no la inclou o no s'ha pogut localitzar.