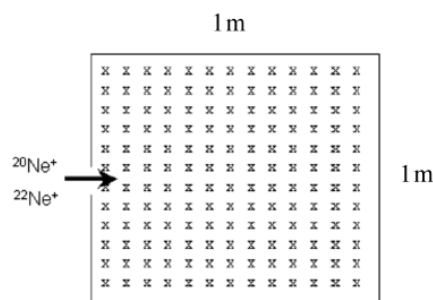


RECULL EXERCICIS ELECTROMAGNETISME SELECTIVITAT 10-11-12

• 1.-

P3) L'espectròmetre de masses fa entrar partícules carregades, com per exemple ions, dins un camp magnètic uniforme. Quan les partícules carregades i amb una velocitat coneguda entren dins del camp magnètic constant, a partir de la trajectòria, en podem calcular la massa.



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

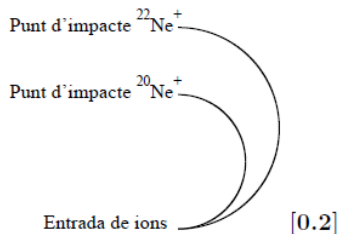
- Expliqueu raonadament quin tipus de trajectòria descriu cada un dels ions dins del camp. Quin treball realitzarà la força que exerceix el camp magnètic en aquesta trajectòria?
- Calculeu a quina distància del punt d'entrada impactarà cada un dels ions.

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

P3)

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

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



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

-

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

$$r_{^{22}\text{Ne}^+} = \frac{m_{^{22}\text{Ne}^+} v}{QB} = \frac{22,0 \cdot 1,66 \times 10^{-27} \cdot 1,00 \times 10^5}{1,60 \times 10^{-19} \cdot 0,23} = 9,92 \times 10^{-2} \text{ m} \quad [0.2]$$

$$r_{^{20}\text{Ne}^+} = \frac{m_{^{20}\text{Ne}^+} v}{QB} = \frac{20,0 \cdot 1,66 \times 10^{-27} \cdot 1,00 \times 10^5}{1,60 \times 10^{-19} \cdot 0,23} = 9,02 \times 10^{-2} \text{ m} \quad [0.2]$$

La distància serà el diàmetre de la trajectòria, es a dir $18,0 \text{ cm}$ i $19,8 \text{ cm}$. [0.3]

• 2.-

P4) Tenim tres partícules carregades, $Q_1 = 3,0 \mu\text{C}$, $Q_2 = -5,0 \mu\text{C}$ i $Q_3 = -8,0 \mu\text{C}$, situades, respectivament, en els punts $P_1 = (-1,0, 3,0)$, $P_2 = (3,0, 3,0)$ i $P_3 = (3,0, 0,0)$.

a) Dibuixeu les forces que exerceixen Q_1 i Q_2 sobre Q_3 . Calculeu la força elèctrica total, expressada en coordenades cartesianes, que actua sobre Q_3 .

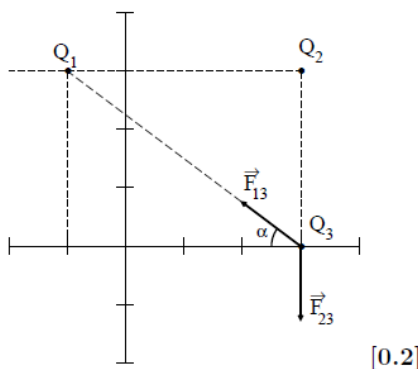
b) Calculeu el treball que fa la força elèctrica sobre Q_3 quan aquesta càrrega es desplaça des del punt P_3 , que ocupa inicialment, fins al punt $P_4 = (-1,0, -3,0)$. Interpreteu el signe del resultat.

NOTA: Les coordenades dels punts estan expressades en metres.

DADA: $k = 9,0 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$.

P4)

a)



[0.2]

$$r_{13} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{ m}; \tan(\alpha) = \frac{3}{4}; \sin(\alpha) = 0.6; \cos(\alpha) = 0.8$$

$$F_{13} = K \frac{Q_1 Q_3}{r_{13}^2} = 9 \times 10^9 \frac{3,0 \times 10^{-6} \cdot 8,0 \times 10^{-6}}{5^2} = 8,6 \times 10^{-3} \text{ N [0.2]}$$

$$F_{23} = K \frac{Q_2 Q_3}{r_{23}^2} = 9 \times 10^9 \frac{5,0 \times 10^{-6} \cdot 8,0 \times 10^{-6}}{3^2} = 4,0 \times 10^{-2} \text{ N [0.2]}$$

$$\vec{F}_{13} = -F_{13} \cos(\alpha) \vec{i} + F_{13} \sin(\alpha) \vec{j} = -6,9 \times 10^{-3} \vec{i} + 5,2 \times 10^{-3} \vec{j} \text{ N [0.1]}$$

$$\vec{F}_{23} = -F_{23} \vec{j} = -4,0 \times 10^{-2} \vec{j} \text{ N [0.1]}$$

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = -6,9 \times 10^{-3} \vec{i} - 3,5 \times 10^{-2} \vec{j} \text{ N [0.2]}$$

b) Al tractar-se d'un camp conservatiu, el treball realitzat pel camp serà igual al canvi de l'energia potencial canviada de signe: [0.1]

$$W_{P_3 \rightarrow P_4} = -\Delta E_p = -Q_3 [V(P_4) - V(P_3)] \text{ [0.2]}; r_{24} = \sqrt{4^2 + 6^2} = 7,21 \text{ m}; r_{14} = 6 \text{ m}$$

$$V(P_3) = K \frac{Q_1}{r_{13}} + K \frac{Q_2}{r_{23}} = 9 \times 10^9 \left\{ \frac{3 \times 10^{-6}}{5} + \frac{-5 \times 10^{-6}}{3} \right\} = -9,6 \times 10^3 \text{ V [0.2]}$$

$$V(P_4) = K \frac{Q_1}{r_{14}} + K \frac{Q_2}{r_{24}} = 9 \times 10^9 \left\{ \frac{3 \times 10^{-6}}{6} + \frac{-5 \times 10^{-6}}{7,21} \right\} = -1,7 \times 10^3 \text{ V [0.2]}$$

Per tan:

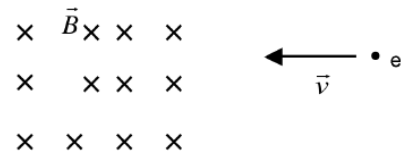
$$W_{P_3 \rightarrow P_4} = 8 \times 10^{-6} \{-1,7 \times 10^3 - (-9,6 \times 10^3)\} = 6,3 \times 10^{-2} \text{ J [0.2]}$$

Al ser una quantitat positiva, el treball serà realitzat pel camp. [0.1]

• 3.-

P5) Un electró entra amb una velocitat de $3,00 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$ en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic uniforme d'1,20 T perpendicular a la velocitat de l'electró i en sentit perpendicular al paper, tal com indica la figura, i queda confinat en aquesta regió de l'espai.

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

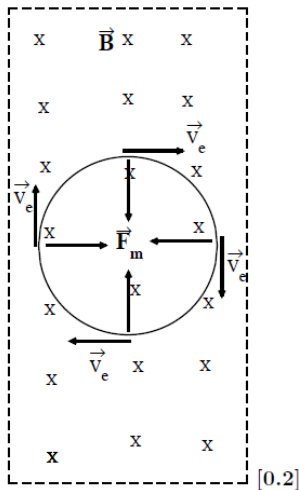


b) Perquè l'electró travessi el camp magnètic sense desviar-se, cal aplicar un camp elèctric uniforme en aquesta mateixa regió. Dibuixeu el vector camp elèctric que permeïria que això fos possible (justifiqueu-ne la direcció i el sentit) i calculeu-ne el mòdul.

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

P5)

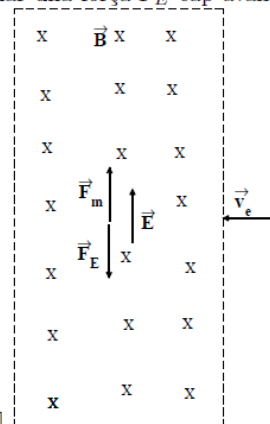
a) La trajectòria serà circular, ja que a l'entrar en la zona on actua el camp magnètic, apareix una força $\vec{F}_m$ perpendicular a la velocitat, que és la força centrípeta del M.C.U., girarà en sentit horari. [0.2]



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

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

b) El camp elèctric $\vec{E}$ aplicat és perpendicular al camp magnètic i a la velocitat de l'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 desvii en travessar el camp magnètic [0.4] [0.2]

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

• 4.-

P3) Una partícula carregada crea, a una distància d d'on es troba, un potencial de $-6,00 \times 10^3 \text{ V}$ i un camp elèctric de mòdul 667 N C^{-1} .

a) Calculeu el valor de la càrrega i el valor de la distància d .

b) Expliqueu com són les línies de camp i les superfícies equipotencials del camp que crea la càrrega.

DADA: $k = 9,00 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$.

P3)

a) Si $V < 0 \Rightarrow q < 0$ [0.2]

$$\left. \begin{aligned} V &= k \frac{q}{d} \\ E &= k \frac{q}{d^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow d = \left| \frac{V}{E} \right| = 9,00 \text{ m} [0.4]$$

$$q = \frac{dV}{k} = -6,00 \times 10^{-6} \text{ C} [0.4]$$

b) Les línies de camp segueixen la direcció radial amb centre la càrrega q [0.25] i el sentit és apuntant cap a la càrrega [0.25].

Les superfícies equipotencials són esferes centrades en la càrrega q [0.25] i són més juntes com més a prop estan de la càrrega que les genera. [0.25]

• 5.-

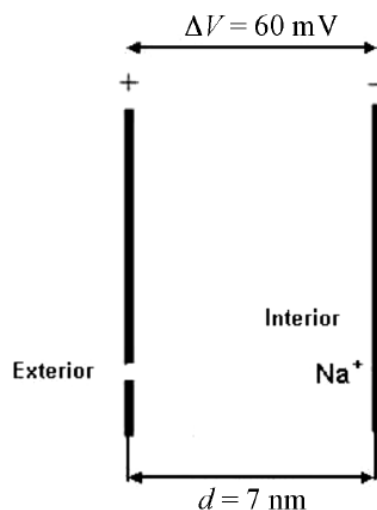
P3) Molts processos vitals tenen lloc en les membranes cel·lulars i depenen bàsicament de l'estructura elèctrica d'aquestes.

La figura següent mostra l'esquema d'una membrana biològica.

a) Calculeu el camp elèctric, suposat constant, a l'interior de la membrana de la figura. Indiqueu-ne el mòdul, la direcció i el sentit.

b) Calculeu l'energia que es requereix per a transportar l'ió Na^+ de la cara negativa a la positiva.

DADES: $Q_{\text{Na}^+} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.



P3)

a)

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{60 \times 10^{-3}}{7 \times 10^{-9}} = 8,57 \times 10^6 \text{ N/C o V/m} [0.5]$$

Direcció: perpendicular a les plaques [0.2] Sentit: cap a la placa negativa [0.3]

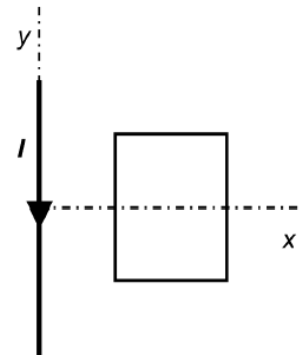
b) Hem de realitzar un treball en contra del camp:

$$\Delta E = Q \Delta V = 1,60 \times 10^{-19} \cdot 60 \times 10^{-3} = 9,60 \times 10^{-21} \text{ J} [1]$$

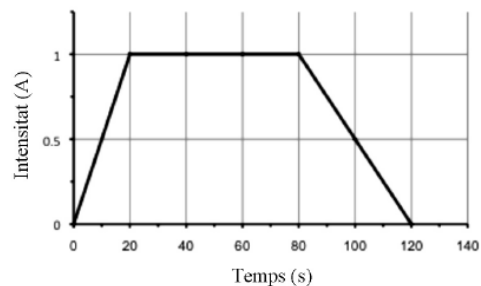
• 6.-

P5) Una espira rectangular es troba prop d'un fil conductor rectilini infinit pel qual circula una intensitat de corrent I cap avall, tal com mostra la figura.

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

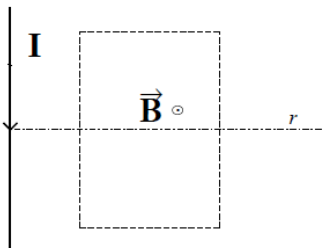


- b) Si el conductor i l'espira no es mouen, però la intensitat de corrent que circula pel conductor varia amb el temps tal com indica el gràfic, expliqueu raonadament si s'indueix o no corrent en l'espira en els intervals de temps següents: de 0 a 20 s, de 20 a 80 s i de 80 a 120 s. En quin dels tres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



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]

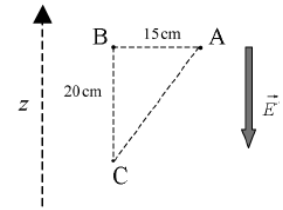
- b) Es produeix corrent induït en una espira quan el flux del camp magnètic varia amb el temps. [0.4]

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]

• 7.-

P3) En una regió de l'espai hi ha un camp elèctric constant de mòdul 500 N C^{-1} dirigit cap avall. Vegeu la figura, en què l'eix z representa la vertical.



a) Calculeu les diferències de potencial següents: $V_A - V_B$, $V_B - V_C$ i $V_A - V_C$.

b) Colloquem una partícula carregada, de massa $2,00 \text{ g}$, en el punt C i volem que es mantingui en equilibri. Calculeu quina càrrega i quin signe hauria de tenir aquesta partícula. Estarà en equilibri en algun altre punt d'aquesta regió? Justifiqueu les respostes.

DADA: $g = 9,80 \text{ m/s}^2$.

P3)

a) $V(A) - V(B) = 0$ [0.2], ja que $\vec{E}$ és perpendicular al camí $\vec{AB}$, [0.1]

$V(B) - V(C) = -\vec{E} \cdot \vec{CB} = |\vec{E}| \cdot |\vec{CB}| = 500 \cdot 0.2 = 100 \text{ V}$ [0.3]

$V(A) - V(C) = V(A) - V(B) + V(B) - V(C) = 100 \text{ V}$ [0.4]

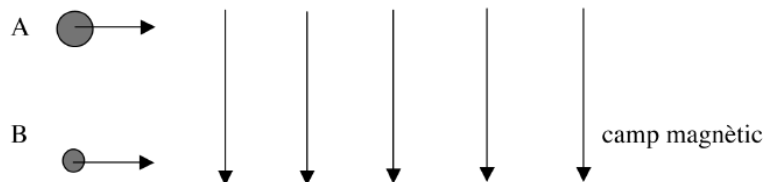
b) Per què es mantingui en equilibri la força elèctrica haurà de compensar exactament el pes, [0.2] per tant la càrrega haurà de ser negativa [0.2].

$$q E = m g \Rightarrow q = \frac{mg}{E} = 3,92 \times 10^{-5} \text{ C} \text{ [0.2]}$$

La càrrega estarà en equilibri en qualsevol punt de l'espai on existeixi aquest camp elèctric, ja que aquest és uniforme i per tant la força que exerceix sobre les càrregues elèctriques també és constant. [0.4]

• 8.-

P3) Dos ions positius A i B de càrrega elèctrica igual ($1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$) es mouen, separats, amb la mateixa velocitat ($3,00 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$), tal com indica la figura, i entren en una regió on hi ha un camp magnètic de mòdul $0,42 \text{ T}$ dirigit cap avall. La massa de l'ió A és el doble que la de l'ió B.



a) Calculeu la força magnètica que actua sobre cada un dels dos ions, i especifiqueu-ne la direcció i el sentit.

b) Indiqueu la relació que hi ha entre els radis de les trajectòries descrites pels ions A i B, és a dir, r_A/r_B .

P3)

a)

$$\vec{F}_A = \vec{F}_B = q\vec{v} \wedge \vec{B} \text{ [0.4]} \Rightarrow |\vec{F}| = qvB \sin \theta = 1.60 \times 10^{-19} \cdot 3 \times 10^5 \text{ m/s} \cdot 0,42 \text{ T} = 2,02 \times 10^{-14} \text{ N} \text{ [0.4]}$$

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

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

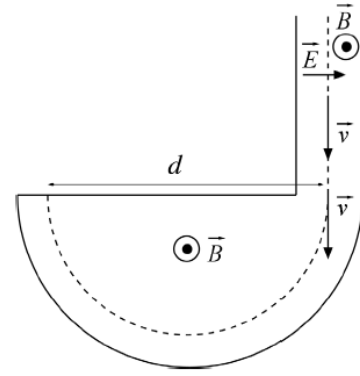
La força és la mateixa per els dos ions, però les masses no, el que farà que el radi no sigui igual. [0.2]

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

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

• 9.-

- P5) Un espectròmetre de masses consta d'un selector de velocitats i d'un recinte semicircular. En el selector de velocitats hi ha un camp elèctric i un camp magnètic, perpendiculars entre si i en la direcció de la velocitat dels ions. En entrar al selector, els ions d'una velocitat determinada no es desvien i entren a la zona semicircular, on només hi ha el camp magnètic perpendicular a la velocitat, que els fa descriure una trajectòria circular.

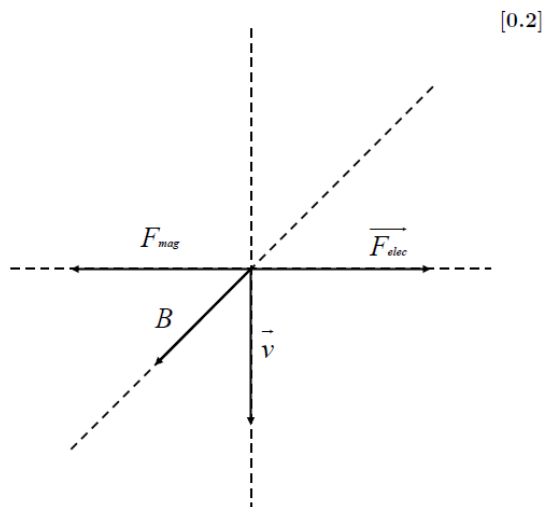


- a) Si el camp elèctric del selector té un valor $E = 20,0 \text{ N C}^{-1}$ i el valor de la inducció magnètica és $B = 2,50 \times 10^{-3} \text{ T}$, calculeu el valor del mòdul de la velocitat dels ions que NO es desvien. Feu l'esquema corresponent dels vectors següents: velocitat, força elèctrica,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

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

P5)

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



$$\vec{F}_{mag} = -\vec{F}_{elec} \text{ [0.2]} \Rightarrow F_{mag} = F_{elec} \Rightarrow qvB = qE \Rightarrow v = \frac{E}{B} \text{ [0.2]} \quad v = \frac{20 \text{ N/C}}{2,5 \times 10^{-3} \text{ T}} = 8,00 \times 10^3 \text{ m/s [0.2]}$$

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

$$\vec{F}_{mag} = q(\vec{v} \wedge \vec{B}) = \vec{F}_{cpa} \Rightarrow qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{qB} : \text{radi de la trajectòria circular dels ions [0.3]}$$

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

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

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

• **10.-**

- P4) Un electró es llança des del punt P i passa successivament per les regions A i B. A la regió A, un camp elèctric constant fa que l'electró es mogui amb un moviment rectilini i una acceleració uniforme cap a la dreta. A la regió B, el camp elèctric també és constant i està dirigit cap avall.



- a) Quina direcció i quin sentit té el camp elèctric a la regió A? Quin tipus de moviment realitza l'electró a la regió B?

Sabem que la regió A fa 5,00 cm de llarg i que el camp elèctric en aquesta regió és $E = 40,0 \times 10^3 \text{ N C}^{-1}$.

- b) Calculeu la diferència de potencial entre l'inici i el final de la regió A i l'energia cinètica que guanyarà l'electró en travessar-la.

DADA: $Q_{\text{electró}} = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

P4)

- a) En la regió A el camp ha d'anar dirigit cap a l'esquerra (o en sentit contrari al moviment de l'electró). Es pot justificar indicant que una força cap endavant actuant sobre una partícula negativa requereix un camp elèctric cap enrere. [0.5] En la regió B el moviment serà accelerat (però no rectilini), descrivint una paràbola ascendent (o còncaua tal com està dibuixat). Poden predir que xocarà amb la placa superior, però han d'especificar que la trajectòria serà parabòlica. [0.5]

- b) Tractant-se d'un camp elèctric constant

$$\Delta V = -\vec{E} \cdot \vec{\Delta x} = -40 \times 10^3 \text{ N/C} \cdot 0,0500 \text{ m} \cdot (-1) = 2,00 \times 10^3 \text{ V} [0.5]$$

Pot trobar-se ΔE_c calculant el treball que fa la força elèctrica:

$$\Delta E_c = W = \vec{f} \cdot \vec{\Delta x} = q\vec{E} \cdot \vec{\Delta x} = -1,60 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot 40 \times 10^3 \text{ N/C} \cdot 0,0500 \text{ m} \cdot (-1) = 3,20 \times 10^{-16} \text{ J}$$

o bé trobant la disminució d'energia potencial elèctrica

$$\Delta E_c = -\Delta E_p = -q \Delta V = -(-1,60 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot 2000 \text{ V}) = 3,20 \times 10^{-16} \text{ J} [0.5]$$

• **11.-**

- P5) Un timbre funciona a 12,0 V de tensió i 0,200 A d'intensitat. Per tal de poder-lo connectar a la xarxa elèctrica i que funcioni correctament, disposa d'un transformador ideal que té 20 espires en el secundari.

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

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]

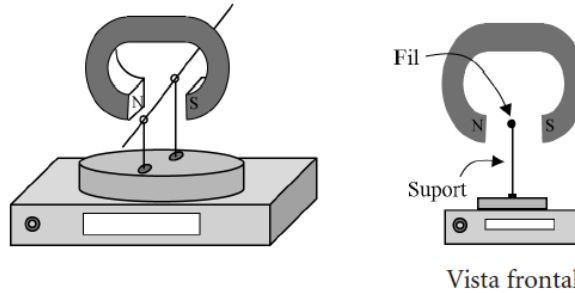
$\frac{V_P}{N_P} = \frac{V_S}{N_S}$ [0,3]; $N_P = \frac{V_P N_S}{V_S} = \frac{220 \cdot 20}{12} = 367 \text{ espires}$ [0,2]

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

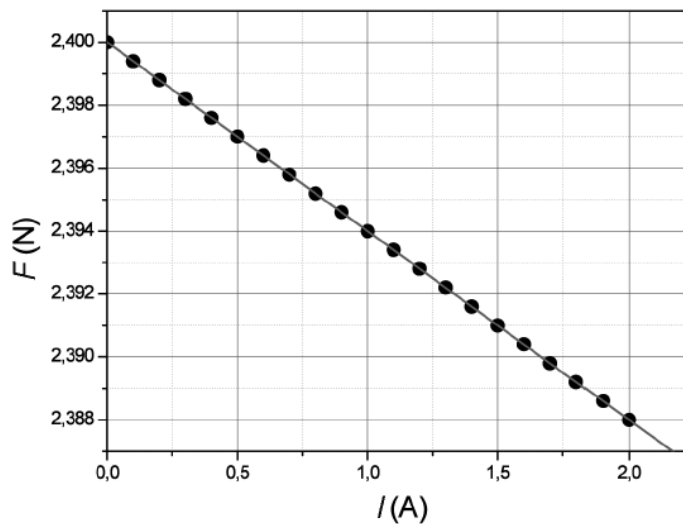
Si el corrent al primari és corrent continu, el corrent no variarà i no hi haurà fenomen d'inducció. No s'induirà cap fem al secundari, ja que el flux magnètic a través del secundari no varia. [0,7]
[a la justificació han de dir alguna cosa sobre el fenomen d'inducció]

• 12.-

- P4) Es col·loca per sobre d'una balança un imant amb els pols N i S enfrontats. Tal com veiem en les figures, entre aquests dos pols passa un fil conductor horitzontal que no toca l'imant. El fil elèctric s'aguanta mitjançant dos suports aïllants que recolzen sobre el plat de la balança. En absència de corrent elèctric pel fil, la balança indica un pes de 2,400 N. Quan circula corrent elèctric pel fil conductor, la balança indica pesos aparents més petits, que depenen de la intensitat del corrent, a causa de l'aparició d'una força magnètica cap amunt.



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



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

P4B

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

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

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

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

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

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

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

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

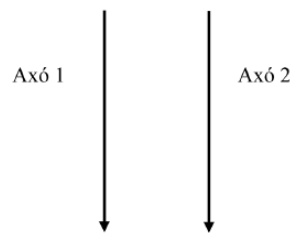
$$6,000 \cdot 10^{-3} I = I L B; B = \frac{6,000 \cdot 10^{-3}}{L} = 0,1 \text{ T} \quad [0,3]$$

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

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

• **13.-**

P2) Els axons són una part de les neurones i transmeten l'impuls nerviós. El corrent elèctric que circula per l'axó produeix un camp magnètic que podem considerar igual al que produiria un fil conductor rectilini infinitament llarg. Per dos axons paral·lels, representats en la figura següent, circula un corrent de $0,66 \times 10^{-6}$ A en el mateix sentit:



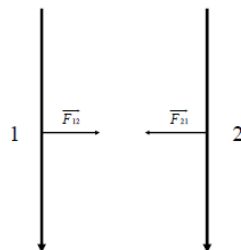
a) Indiqueu la direcció i el sentit del camp magnètic que produeix cada axó en la posició que ocupa l'altre. Dibuixeu la força que actua sobre cada axó causada pel corrent que circula per l'altre.

b) Calculeu el mòdul de la força que actua sobre 2 cm de l'axó 2 si el mòdul del camp magnètic que produeix l'axó 1 en la posició de l'axó 2 és $1,1 \times 10^{-10}$ T.

P2)

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

L'axó 2 produeix sobre l'1 un camp magnètic cap dins del paper i perpendicular a aquest. [0,25] L'axó 1 produeix sobre el 2 un camp magnètic que surt del paper i perpendicular a aquest. [0,25]



$\vec{F}_{12}$ és la força que fa l'axó 2 sobre el 1

$\vec{F}_{21}$ és la força que fa l'axó 1 sobre el 2 [0,5]

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

• **14.-**

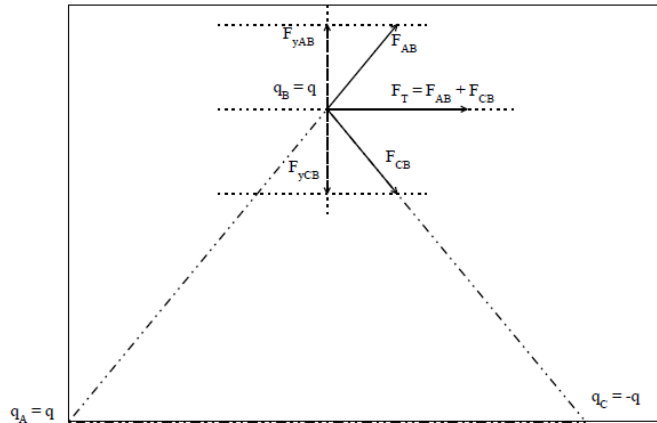
P3) Tres càrregues elèctriques puntuals de valor $Q = 10^{-5} \text{ C}$ es troben, cadascuna, en un vèrtex d'un triangle equilàter de $\sqrt{3} \text{ m}$ de costat. Dues són positives, mentre que la tercera és negativa.

- Calculeu la força elèctrica total que fan la càrrega negativa i una de les positives sobre l'altra càrrega positiva. Dibuixeu un esquema de les forces que actuen sobre les càrregues.
- Calculeu l'energia potencial elèctrica emmagatzemada en el sistema de càrregues. Trasl·ladem una de les càrregues positives al centre del costat que uneix les altres dues càrregues. Determineu el treball fet per la força elèctrica que actua sobre la càrrega que hem traslladat.

DADA: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$.

P3)

a) La gràfica de les forces que intervenen és:



[0,5]

Els components verticals de $\vec{F}_{AB}$ i $\vec{F}_{CB}$ són iguals i de sentit contrari, per tant al sumar les forces $\vec{F}_{AB} + \vec{F}_{CB}$ ens quedarà un vector que només tindrà component horitzontal, per tant tindrem:

$$|F_{AB}| = |F_{CB}| = k \frac{q^2}{l^2} = 0,3 \text{ N} \quad [0,25]$$

L'angle que formen els vectors F_{AB} i F_{CB} és de 120° per tant:

$$F_{xAB} = F_{xCB} = |F_{AB}| \cos(60^\circ) = 0,15 \text{ N}$$

en conclusió:

$$\vec{F}_T = 0,3 \vec{i} \text{ N} \quad [0,25]$$

- Cada parella de càrregues emmagatzema una certa energia potencial elèctrica. Al ser una magnitud escalar, l'energia potencial total emmagatzemada serà la suma algebraica de les energies potencials respectives, per tant:

$$E_{Pot.Tot.} = E_{Pot.(AB)} + E_{Pot.(AC)} + E_{Pot.(BC)} = K \frac{q^2}{l} - K \frac{q^2}{l} - K \frac{q^2}{l} = - \frac{9 \times 10^9 \cdot 10^{-10}}{\sqrt{3}} = -0,3\sqrt{3} \text{ J} = -0,52 \text{ J} \quad [0,5]$$

El treball realitzat per la força elèctrica total el podem calcular de manera senzilla a partir del potencial elèctric generat per les altres dues càrregues:

$$W = q (V_{final} - V_{inicial}) \quad [0,25]$$

$$V_{final} = K \frac{q}{l/2} - K \frac{q}{l/2} = 0$$

$$V_{inicial} = K \frac{q}{l} - K \frac{q}{l} = 0$$

Per tant el treball per moure la càrrega positiva del vertex superior al centre del costat que uneix les altres dues càrregues serà 0 [0,25].

Una altre manera de veure-ho, es mitjançant l'esquema de l'apartat a), on veiem que el component vertical de la força que actua sobre la càrrega B és zero, per tant el treball generat per aquesta força quan ens movem verticalment serà també zero.

• **15.-**

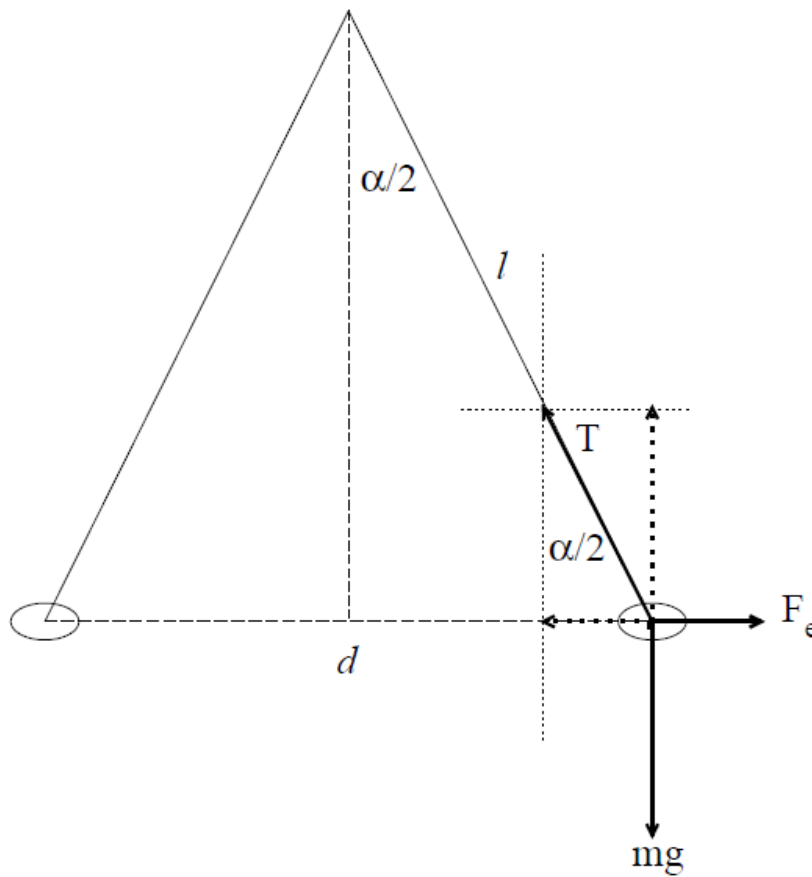
- P5) Un electroscopi simplificat consta de dues esferes metàl·liques unides a un ganxo aïllant mitjançant dos fils conductors, tal com indica la figura. Les dues esferes tenen la mateixa massa i la mateixa càrrega elèctrica, i els fils formen un angle de $30,0^\circ$ i tenen una longitud de 3,00 cm cadascun.



- a) Dibuixeu el diagrama de forces per a una de les esferes i anomeu-les. Calculeu també el valor de la tensió de cada fil, si la massa de cada esfera és 1,00 mg.
b) Calculeu el valor de la càrrega elèctrica de cada esfera.

DADES: $k = 9,00 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$; $g = 9,80 \text{ m s}^{-2}$.

P5)



a)

[0.2]

$$T \cos(\alpha/2) = m g \text{ [0.4]} \Rightarrow T = \frac{m g}{\cos(\alpha/2)} = 1.01 \times 10^{-5} \text{ N [0.4]}$$

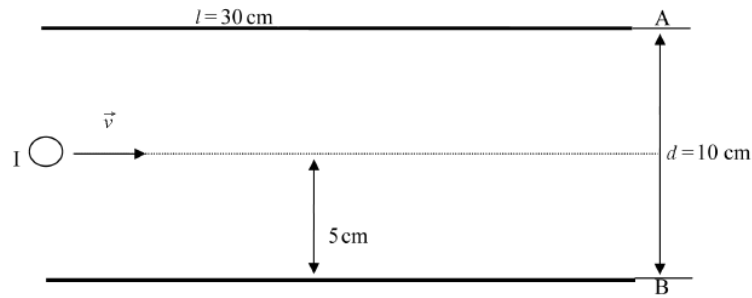
b)

$$d = 2 l \sin(\alpha/2) \text{ [0.2]}; T \sin(\alpha/2) = F_e = \frac{K q^2}{d^2} \text{ [0.4]}$$

$$q = \sqrt{\frac{T \sin(\alpha/2) d^2}{K}} = \sqrt{\frac{4 l^2 T \sin^3(\alpha/2)}{K}} = \sqrt{\frac{4 l^2 m g \sin^3(\alpha/2)}{K \cos(\alpha/2)}} = 2.65 \times 10^{-10} \text{ C [0.4]}$$

• **16.-**

P1) Entre dues plaques metàl·liques conductores, de 30 cm de llargària, hi ha un camp elèctric uniforme vertical, d'intensitat $E = 10^4 \text{ V/m}$.



- A quina velocitat $\vec{v}$ (horitzontal) s'ha de llançar un electró des de la posició I, a l'entrada del camp, perquè en surti fregant un dels extrems (A o B) de les plaques?
- Expliqueu raonadament quin tipus de trajectòria descriu l'electró dins del camp. Calculeu el treball que fa la força elèctrica que actua sobre l'electró en el recorregut que descriu pel camp.

DADES: $m_{\text{electró}} = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$; $Q_{\text{electró}} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$.

P1)

- Direcció horitzontal: moviment uniforme $\Rightarrow vt = L$
 Direcció vertical: moviment uniformement accelerat $\Rightarrow \frac{1}{2}at^2 = \frac{D}{2}$ [0.5] $\Rightarrow$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m}$$

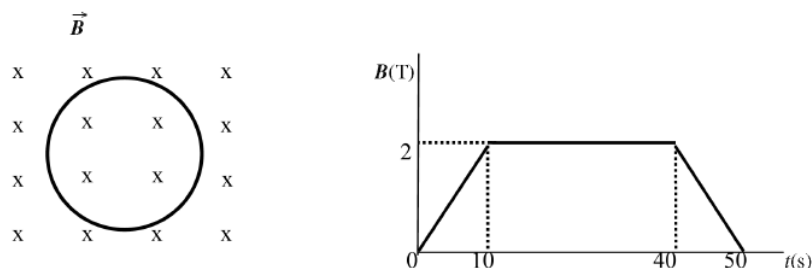
$$\frac{1}{2}at^2 = \frac{D}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{D}{a} = \frac{Dm}{qE} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{Dm}{qE}} \text{ [0.25]}$$

$$v = \frac{L}{t} = \sqrt{\frac{L^2 q E}{D m}} = 3,98 \times 10^7 \text{ m/s [0.25]}$$

- 1 Moviment uniforme en una direcció i moviment uniformement accelerat en la direcció perpendicular $\Rightarrow$ trajectòria parabòlica [0.5]
 2 $W = \frac{FD}{2} = \frac{qED}{2} = 8,01 \times 10^{-17} \text{ J [0.5]}$

• 17.-

- P5) Una espira de radi $r=25$ cm està sotmesa a un camp magnètic que és perpendicular a la superfície que delimita l'espira i de sentit entrant. En la gràfica següent es mostra el valor de la inducció magnètica B en funció del temps:



- Expliqueu raonadament si circula corrent elèctric per l'espira en cadascun dels intervals de temps indicats i determineu-ne, si s'escau, el sentit de circulació.
- Calculeu la intensitat de corrent elèctric en cada interval de temps, si la resistència de l'espira és $5\ \Omega$. Recordeu que la llei d'Ohm estableix que

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

P5)

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

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

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

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

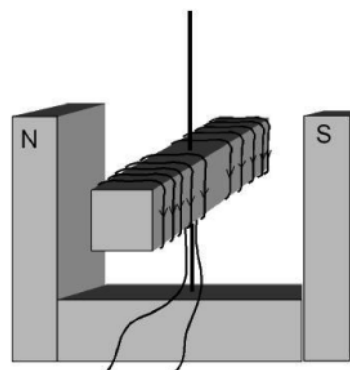
$$40 \leq t \leq 50 \Rightarrow \varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\pi r^2 \frac{dB}{dt} = -\pi 0.25^2 \frac{0-2}{50-40} = 3.93 \times 10^{-2} \text{ V} \text{ [0.25]}$$

En tots dos casos el valor absolut del corrent serà:

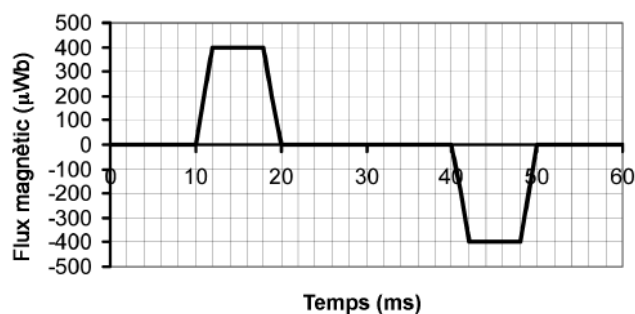
$$|I| = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{3.93 \times 10^{-2}}{5} = 7.85 \times 10^{-3} \text{ A} \text{ [0.5]}$$

• 18.-

P3) En la figura es mostra un dispositiu format per una barra de ferro que pot girar lliurement al voltant d'un eix vertical entre els pols d'un imant permanent de ferradura. Un fil elèctric aïllat envolta la barra.

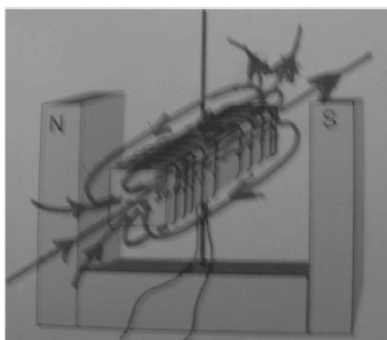


- a) Fem circular un corrent continu pel fil elèctric en el sentit indicat en la figura. Dibuixeu les línies del camp magnètic generat per l'electroimant i expliqueu raonadament com es mourà la barra.
- b) Si fem girar la barra sense fer circular cap corrent elèctric, tenim un generador. En la gràfica es mostra la variació del flux magnètic (Φ) a través de la bobina en funció del temps quan la barra gira. Expliqueu raonadament en quins moments hi ha força electromotriu (FEM) induïda en les espires.



P3)

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



[0.5]

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

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

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

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

• 19.-

P3) Tenim dues càrregues elèctriques, $Q_1 = 4 \mu\text{C}$, situada en el punt $(-2, 0)$, i $Q_2 = -3 \mu\text{C}$, situada en el punt $(2, 0)$.

a) Quina càrrega (valor i signe) hem de posar en el punt $(4, 0)$ perquè el camp elèctric creat per les tres càrregues en el punt $(0, 0)$ sigui nul?

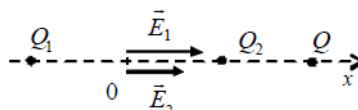
b) Quant val l'energia potencial electrostàtica d'aquesta tercera càrrega quan està situada en aquest punt $(4, 0)$?

NOTA: Les coordenades dels punts estan expressades en metres.

DADA: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$.

P3A

a)



$$E = K \frac{Q}{r^2} \begin{cases} E_1 = K \frac{Q_1}{x_1^2} = 9 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}} \\ E_2 = K \frac{|Q_2|}{x_2^2} = \frac{3}{4} \cdot 9 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{cases} \quad [0,2]$$

Segons la figura: $\vec{E}_1 = E_1 \hat{i}$; $\vec{E}_2 = E_2 \hat{i}$; per tant $\vec{E}_Q = -(\vec{E}_1 + \vec{E}_2) = -(E_1 + E_2) \hat{i}$. Això vol dir que Q ha de ser positiva. [0,3]

$E_Q = E_1 + E_2 = \frac{7}{4} 9 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ [0,3]; però, a més $E_Q = K \frac{Q}{4^2}$ [0,1]. D'on s'obté: $Q = 28 \mu\text{C}$ [0,1]

b) $U = qV$ [0,2]

$$V_1 = k \frac{Q_1}{r_1} = 9 \cdot 10^9 \frac{4 \cdot 10^{-6}}{6} = 6.000 \text{ V} \quad [0,3]$$

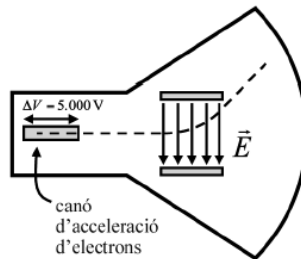
$$V_2 = k \frac{Q_2}{r_2} = 9 \cdot 10^9 \frac{-3 \cdot 10^{-6}}{2} = -13.500 \text{ V} \quad [0,3]$$

[per cada signe mal posat resteu 0,1 punts (no penalitzeu el mateix error dues vegades)]

$$U = qV = 28 \cdot 10^{-6} \cdot (6.000 - 13.500) = -0,21 \text{ J} \quad [0,2]$$

• 20.-

- P3) En una pantalla de raigs catòdics, els electrons s'acceleren en passar per un canó amb una diferència de potencial de $5,0 \cdot 10^3$ V entre els extrems. Després arriben a una zona on hi ha un camp elèctric de mòdul $1,0 \cdot 10^4$ N/C, constant i dirigit cap avall.



- Determineu l'energia cinètica i la velocitat dels electrons en sortir del canó d'acceleració.
- Calculeu la força elèctrica que actua sobre els electrons i l'acceleració que experimenten (indiqueu el mòdul, la direcció i el sentit per a les dues magnituds) mentre són a la zona on hi ha el camp elèctric vertical. Justifiqueu si s'ha de tenir en compte o no el pes dels electrons.

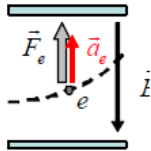
DADES: $m_{\text{electró}} = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg; $q_{\text{electró}} = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

P3B

- a) Treball realitzat pel camp elèctric: $|W_e| = |q\Delta V| = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5.000 = 8,0 \cdot 10^{-16}$ J **[0,4]**

$$\frac{1}{2}mv^2 = 8,0 \cdot 10^{-16} \text{ J} \quad \mathbf{[0,3]} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot 8,0 \cdot 10^{-16}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 4,2 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \mathbf{[0,3]}$$

- b) $|F_e| = |qE| = |-1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10.000| = 1,6 \cdot 10^{-15}$ N **[0,2]**



$$\vec{F} = m\vec{a}; \quad a_e = \frac{F_e}{m_e} = \frac{1,6 \cdot 10^{-15}}{9,1 \cdot 10^{-31}} = 1,8 \cdot 10^{15} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \mathbf{[0,2]}$$

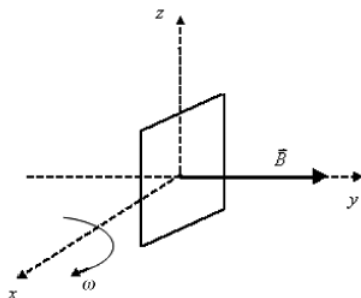
direcció i sentit $\vec{F}_e$ **[0,2]**; direcció i sentit $\vec{a}_e$ **[0,2]**

$p_e = m_e g = 8,9 \cdot 10^{-30}$ N; $p_e \ll F_e$, per tant no cal tenir en compte el pes dels electrons **[0,2]**

• **21.-**

P5) Calculeu, dins d'un camp magnètic $\vec{B} = 0,2 \vec{j}$, expressat en T:

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



P5)

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

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

per tant:

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

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

-

La força electromotriu ve donada per la llei de Lenz:

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

on Φ és el flux de camp magnètic que atravesa l'espira [0,2].

En aquest cas veiem que el camp magnètic és constant i l'espira gira amb una velocitat angular $\omega = 30 \text{ rad/s}$, on l'eix de rotació és l'eix z . [0,2]

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

$$S(t) = 0,01 \cos(\omega t) \quad [0,2]$$

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

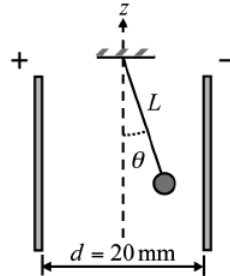
$$\Phi(t) = B S(t) = 0,2 \times 0,01 \cos(30 t) \quad [0,2]$$

en conclusió:

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

• 22.-

- P1) Entre les armadures del condensador planoparal·lel de la figura apliquem una diferència de potencial de 200 V. A l'interior del condensador roman en equilibri una càrrega de 15 μC , de 20 g de massa, penjada d'un fil, tal com indica la figura següent:



- a) Determineu el camp elèctric a l'interior del condensador. Indiqueu-ne el mòdul, la direcció i el sentit.
b) Dibuixeu les forces que actuen sobre la càrrega. Calculeu l'angle que forma el fil amb la vertical, θ , en la figura.

NOTA: L'eix z indica la vertical.

DADA: $g = 9,80 \text{ m/s}^2$.

P1

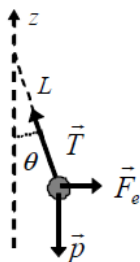
- a) $\Delta V = E d$ [0,4]

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{200}{20 \cdot 10^{-3}} = 10.000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad [0,2]$$

$\vec{E}$ direcció horitzontal, cap a la dreta [0,3],

el camp va de potencials alts a potencials baixos [0,1]

- b)



[per cada força ben representada] [0,1]

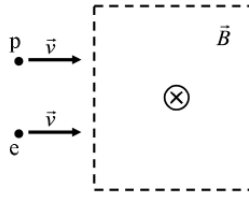
$$p = m g = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 9,80 = 0,20 \text{ N}$$

$$F_e = q E = 15 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4 = 0,15 \text{ N} \quad [0,3]$$

$$\left. \begin{array}{l} p = T \cos \theta \\ F_e = T \sin \theta \end{array} \right\} [0,2] \Rightarrow \operatorname{tg} \theta = \frac{F_e}{p} = 0,765 \Rightarrow \theta = 37,4^\circ [0,2]$$

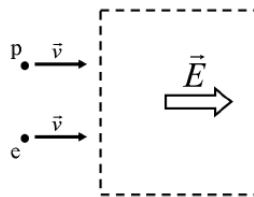
• 23.-

- P4) Un protó i un electró, amb la mateixa velocitat, entren en una regió de l'espai on hi ha un camp magnètic uniforme dirigit cap a l'interior del paper, tal com indica la figura següent:



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

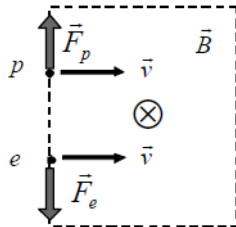
Imagineu-vos que en aquesta regió, en comptes d'un camp magnètic, hi ha un camp elèctric uniforme dirigit cap a la dreta, tal com indica la figura següent:



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

P4A

a)



[per cada força ben dibuixada] [0,2]

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

[justificació de les òrbites] [0,2]

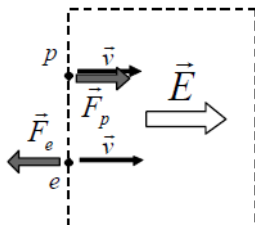
Les òrbites seran circulars, les dues partícules seguiran un moviment circular uniforme, ja que $\vec{F} \perp \vec{v}$, en tots dos casos.

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

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

b)

[per cada força ben dibuixada] [0,2]



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

[justificació de les trajectòries] [0,2]

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

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

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

• **24.-**

P4) Les càrregues $Q_A = -2 \mu\text{C}$, $Q_B = -4 \mu\text{C}$ i $Q_C = -8 \mu\text{C}$ estan situades sobre una mateixa recta. La càrrega A és a una distància d'1 m de la càrrega B, i la càrrega C està situada entre totes dues.

- Si la força elèctrica total sobre Q_C deguda a les altres dues càrregues és zero, calculeu la distància entre Q_C i Q_A .
- Calculeu el treball que cal fer per a traslladar la càrrega C des del punt on es troba fins a un punt equidistant entre A i B. Interpreteu el signe del resultat.

DADA: $k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$.

P4)

- En aquest apartat l'alumne ha de fer un esquema de les forces que actuen sobre la càrrega C. Distància A-C: x , Distància C-B: $1 - x$, per tan tindrem:

$$\begin{aligned}\Sigma \vec{F}_C &= 0 \Rightarrow \\ \vec{F}_{AC} &= -\vec{F}_{BC} \Rightarrow \\ K \frac{q_A q_C}{x^2} &= K \frac{q_B q_C}{(1-x)^2} [0,5] \Rightarrow \\ \left(\frac{1-x}{x}\right)^2 &= \frac{q_B}{q_A} \Rightarrow x = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{q_B}{q_A}}} = 0,41 \text{ m} [0,5]\end{aligned}$$

- Potencial elèctric creat per les càrregues A i B, en el punt on es troba actualment la càrrega C:

$$V(i) = k \frac{q_A}{|x|} + k \frac{q_B}{|1-x|} [0,2] = -1,05 \times 10^5 \text{ V} [0,1]$$

Potencial elèctric creat per les càrregues A i B, en el seu punt mig:

$$V(f) = k \frac{q_A}{0,5} + k \frac{q_B}{0,5} = -1,08 \times 10^5 \text{ V} [0,1]$$

Diferència de potencial elèctric entre el punt final i el punt de partida:

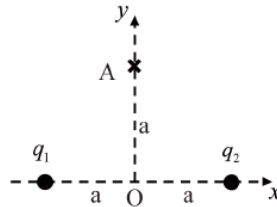
$$\Delta V = V(f) - V(i) = -1,08 \times 10^5 + 1,05 \times 10^5 = -3 \times 10^3 \text{ V} [0,2]$$

• 25.-

P4) Dues càrregues elèctriques puntuals idèntiques, de valor $q = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, estan fixes en els punts $(a, 0)$ i $(-a, 0)$, on $a = 30 \text{ nm}$. Calculeu:

a) Les components del camp elèctric creat per les dues càrregues en el punt A, de coordenades $(0, a)$.

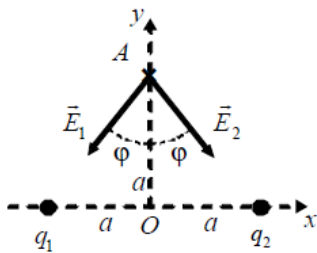
b) El treball necessari per a portar una càrrega $Q = 3,20 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ des del punt A fins a l'origen de coordenades. Interpreteu el signe del resultat.



DADES: $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9,00 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$, $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

P4A

a)



$$\vec{E}_A = \vec{E}_{1A} + \vec{E}_{2A}; \varphi = 45^\circ; E = K \frac{q}{r^2}$$

$$|\vec{E}_{1A}| = |\vec{E}_{2A}| = 9,0 \cdot 10^9 \cdot \frac{|-1,6 \cdot 10^{-19}|}{(30 \cdot 10^{-9})^2 + (30 \cdot 10^{-9})^2} = 8,00 \cdot 10^5 \text{ N/C} \quad [0,4]$$

$$|E_{1Ay}| = |E_{2Ay}| = 8 \cdot 10^5 \cdot \cos(45^\circ) = 5,66 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

$$\text{Com que } E_{1Ax} = -E_{2Ax} \Rightarrow E_{Ax} = 0 \quad [0,3]$$

$$E_{Ay} = -2|E_{1Ay}| = -1,13 \cdot 10^6 \text{ N/C} \quad [0,3]$$

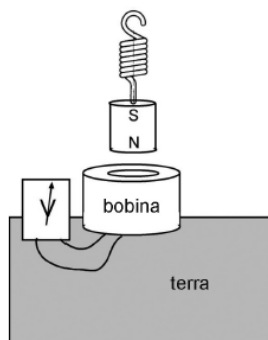
$$\text{b) } V = K \frac{q}{r}; V_A = V_{A1} + V_{A2} = -0,068 \text{ V} \quad [0,2]; V_O = V_{O1} + V_{O2} = -0,096 \text{ V} \quad [0,2]$$

$$W_{A \rightarrow O} = -\Delta E_p = -Q\Delta V = -Q(V_O - V_A) = -3,2 \cdot 10^{-19} \cdot (-0,096 - (-0,068)) = 8,96 \cdot 10^{-21} \text{ J} \quad [0,4]$$

El treball el realitzen les forces del camp. [0,2]

• 26.-

- P5) Un imant penja d'una molla sobre una bobina conductora, fixada a terra, i un voltímetre tanca el circuit de la bobina, tal com mostra la figura següent:



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

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

P5A

- a) a1. Mentre el terra estigui pujant. El flux magnètic a través de la bobina varia, per tant, s'indueix un corrent i el voltímetre indicarà una diferència de potencial. **[0,4]**
- a2. Mentre el terra estigui baixant. El flux magnètic varia, per tant s'indueix corrent i el voltímetre indicarà una diferència de potencial de signe contraria al que indica en l'apartat a1. **[0,2]**
- a3. Quan no hi ha cap terratrèmol (i el terra no es mou). El flux magnètic no varia, per tant no hi ha corrent induït i el voltímetre indicarà una diferència de potencial igual a zero. **[0,4]**
- b) El corrent elèctric que circula per la bobina produeix un camp magnètic, de manera que els seus extrems esdevenen els pols d'un electroimant. Quan hi hagi un pol sud a prop del pol nord de l'imant que penja, l'imant serà atret i baixarà (i viceversa). **[0,5]** [no cal que facin la discussió parlant de pols magnètics, però sí han de dir que hi haurà repulsió/atracció]
- En ser el corrent altern, la polaritat variarà contínuament i l'imant oscil·larà verticalment amb la mateixa freqüència que la del corrent altern. **[0,5]** [com a mínim ha de dir que l'imant oscil·larà]

• 27.-

P4) Un dispositiu per a accelerar ions està constituït per un tub de 20 cm de llargària dins del qual hi ha un camp elèctric constant en la direcció axial. La diferència de potencial entre els extrems del tub és de 50 kV. Volem accelerar ions K^+ amb aquest dispositiu. Calculeu:

- La intensitat, la direcció i el sentit del camp elèctric dins de l'accelerador i el mòdul, la direcció i el sentit de la força que actua sobre un ió quan és dins del tub.
- L'energia cinètica que guanya l'ió quan travessa l'accelerador. La velocitat que tindrà l'ió a la sortida del tub accelerador, si inicialment estava parat. Indiqueu si, en aquest cas, cal considerar o no la variació relativista de la massa.

DADES: $m_{i\acute{o} K^+} = 6,5 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$; $q_{i\acute{o} K^+} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

P4B

$$a) \Delta V = Ed \quad \Rightarrow \quad E = \frac{\Delta V}{d} = 2,5 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad [0,3]$$

Direcció de $\vec{E}$, la mateixa que el tub. Sentit: de potencial alt a potencial baix. [0,3]

$\vec{F} = q\vec{E}$; $F = qE = 4,0 \cdot 10^{-14} \text{ N}$, en la mateixa direcció i sentit que $\vec{E}$, ja que $q > 0$. [0,4]

b) El treball fet pel camp: $W = -\Delta E_p = \Delta E_c$ [0,3]

$$\Delta E_c = -\Delta E_p = -q\Delta V = 8,0 \cdot 10^{-15} \text{ J} \quad [0,2]$$

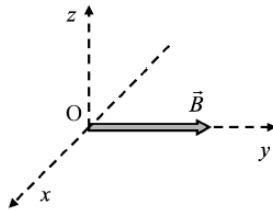
$$\Delta E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2\Delta E_c}{m}} = 5,0 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad [0,2]$$

Comparem v amb c : $\frac{v}{c} \cdot 100 = 0,17 \%$

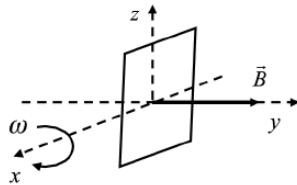
Per tant, la correcció relativista seria negligible, ja que $v \ll c$. [0,3]
[si algú fa el càlcul s'ha de puntuar correctament]

• 28.-

P5) En una regió àmplia de l'espai hi ha un camp magnètic dirigit en la direcció de l'eix y , de mòdul $5,0 \cdot 10^{-5}$ T, tal com mostra la figura següent. Calculeu:



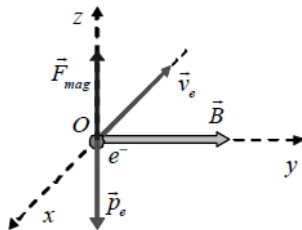
- El mòdul i el sentit que ha de tenir la velocitat d'un electró que es mou en la direcció de l'eix x , perquè la força magnètica sigui vertical (eix z), de mòdul igual que el pes de l'electró i de sentit contrari.
- Una espira quadrada de $0,025 \text{ m}^2$ de superfície gira, en la regió on hi ha el camp magnètic anterior, amb una velocitat angular constant de $100\pi \text{ rad/s}$, al voltant d'un eix fix que passa per la meitat de dos dels seus costats oposats, tal com s'indica en la figura. Calculeu l'expressió de la força electromotriu induïda en funció del temps.



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

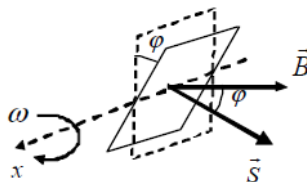
P5B

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



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

b)



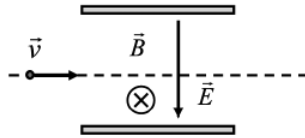
$$\mathcal{E} = -\frac{d\phi}{dt} \quad [0,2]$$

$$\mathcal{E} = -\frac{d}{dt}(B S \cos \phi) = -\frac{d}{dt}(B S \cos \omega t) = B S \omega \sin \omega t \quad [0,4]$$

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

• 29.-

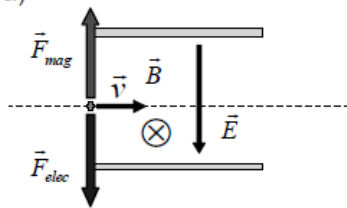
- P5) En la figura següent es mostra un esquema d'un selector de velocitat d'ions, que és una màquina que serveix per a seleccionar els ions que van a una velocitat determinada. Bàsicament, es tracta de fer passar un feix d'ions, que inicialment van a velocitats diferents, per una regió on hi ha un camp magnètic i un camp elèctric perpendiculars. L'acció d'aquests camps sobre els ions en moviment fa que els que van a una velocitat determinada no es desviïn.



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

P5A

a)



[cada força ben dibuixada] [0,2]

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

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

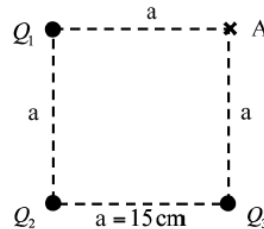
- b) Les dues forces anirien dirigides en sentit contrari al dibuixat en a). [0,5]

També es podria complir $F_{ele} = F_{mag}$, i la velocitat dels ions que no es desviarien seria la mateixa. [0,5]

• 30.-

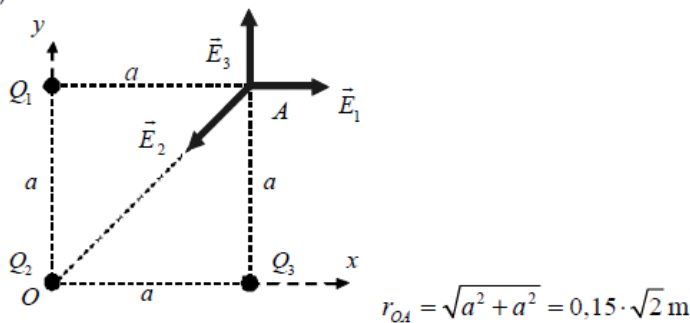
P4) En tres dels vèrtexs d'un quadrat de 15 cm de costat hi ha les càrregues $Q_1 = +1,0 \mu\text{C}$, $Q_2 = -2,0 \mu\text{C}$ i $Q_3 = +1,0 \mu\text{C}$, tal com indica la figura. Calculeu:

- El camp elèctric (mòdul, direcció i sentit) creat per les tres càrregues en el quart vèrtex, punt A.
- El potencial elèctric total en el punt A. Calculeu el treball que cal fer per a traslladar una càrrega de $7,0 \mu\text{C}$ des de l'infinit fins al punt A. Digueu si el camp fa aquest treball o si el fa un agent extern.



P4B

a)



$$E_1 = k \frac{Q_1}{a^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-6}}{0,15^2} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad [0,2]$$

Per simetria $E_3 = E_1 = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad [0,2]$

$$E_2 = k \frac{Q_2}{r_{OA}^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6}}{(0,15 \cdot \sqrt{2})^2} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad [0,2]$$

[per cada signe mal posat resteu 0,1 punts (no penalitzeu el mateix error dues vegades)]

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = E_x \hat{i} + E_y \hat{j};$$

$$E_x = E_{x1} - E_{x2} \cos 45 = 1,17 \cdot 10^5 \text{ N/C} \quad [0,2]$$

$$E_y = -E_{y2} \cos 45 + E_{y3} = 1,17 \cdot 10^5 \text{ N/C} \quad [0,2]$$

$$\text{b) } V_1 = k \frac{Q_1}{a} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-6}}{0,15} = 6 \cdot 10^4 \text{ V} \quad [0,2]$$

$$V_2 = k \frac{Q_2}{a\sqrt{2}} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-2 \cdot 10^{-6}}{0,15 \cdot \sqrt{2}} = -8,48 \cdot 10^4 \text{ V} \quad [0,2]$$

$$V_3 = k \frac{Q_3}{a} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-6}}{0,15} = 6 \cdot 10^4 \text{ V} \quad [0,2]$$

[per cada signe mal posat resteu 0,1 punts (no penalitzeu el mateix error dues vegades)]

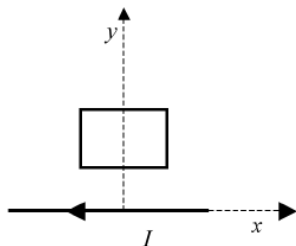
$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 3,52 \cdot 10^4 \text{ V} \quad [0,2]$$

$$U = qV_A = 7 \cdot 10^{-6} \cdot 3,52 \cdot 10^4 = 0,25 \text{ J} \quad [0,1]$$

Treball realitzat per un agent extern, en contra del camp. [0,1]

• **31.-**

P5) Tenim una espira a prop d'un fil rectilini indefinit, tal com indica la figura següent:



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

P5B

a)

El camp magnètic creat per un fil rectilini indefinit disminueix amb la distància al fil.

Apareixerà un corrent induït a l'espira quan el flux magnètic a través seu variï.

Així, com que la superfície de l'espira es manté constant:

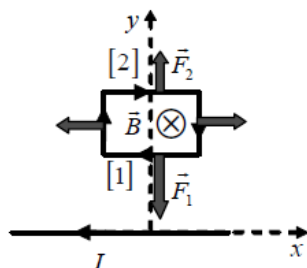
a-1: la movem en la direcció X : no s'induirà cap corrent a l'espira ja que el flux magnètic a través seu es mantindrà constant. [0,5]

[si només diuen que no s'indueix corrent, sense justificació] [0,3]

a-2: la movem en la direcció Y : s'induirà un corrent a l'espira ja que el flux magnètic a través seu variarà. [0,5]

[si només diuen que s'indueix corrent, sense justificació] [0,3]

b)



[direcció del camp] [0,2]

[per cada força ben posada] [0,15]

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