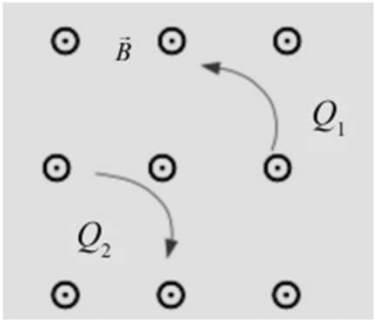
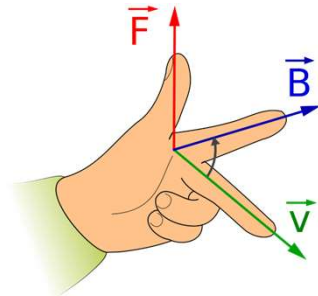
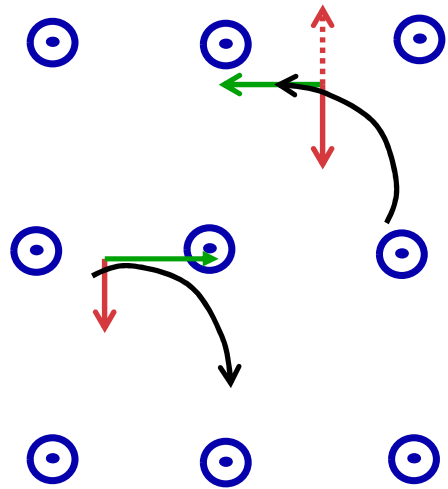


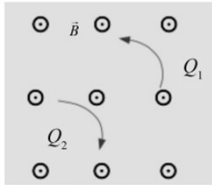
- P4)** Dues partícules carregades es mouen en el pla del paper a la mateixa velocitat per una zona en què hi ha un camp magnètic uniforme de valor $4,50 \times 10^{-1} \text{ T}$ perpendicular al pla i que surt del paper (vegeu la figura). Part de les trajectòries descrites per les càrregues són les que es veuen també en la figura. La partícula Q_1 té una massa de $5,32 \times 10^{-26} \text{ kg}$ i la partícula Q_2 , de $1,73 \times 10^{-25} \text{ kg}$. La magnitud de cadascuna de les càrregues és la mateixa, $3,20 \times 10^{-19} \text{ C}$, i la força magnètica que actua sobre elles també té el mateix mòdul, que és $1,01 \times 10^{-12} \text{ N}$.
- a)** Expliqueu raonadament el signe que tindrà cadascuna de les càrregues. Calculeu la velocitat d'aquestes càrregues.
 - b)** Calculeu els radis de les trajectòries de cada partícula i la freqüència (Hz) del moviment de Q_2 .



a) Expliqueu raonadament el signe que tindrà cadascuna de les càrregues. Calculeu la velocitat d'aquestes càrregues.



Si segueix la regla de la mà dreta, la càrrega serà positiva, si pel contrari la força apunta en direcció contrària, la càrrega serà negativa.



$$F = qvB \rightarrow v = \frac{F}{qB} = \frac{1,01 \cdot 10^{-1}}{3,2 \cdot 10^{-19} \cdot 4,5 \cdot 10^{-1}} = 7,01 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

b) Calculeu els radis de les trajectòries de cada partícula i la freqüència (Hz) del moviment de Q_2 .

$$R_1 = \frac{m_1 v}{qB} = \frac{5,32 \cdot 10^{-26} \cdot 7,01 \cdot 10^6}{3,2 \cdot 10^{-1} \cdot 0,45} = 2,56 \text{ m}$$

$$R_2 = \frac{m_2 v}{qB} = \frac{1,73 \cdot 10^{-25} \cdot 7,01 \cdot 10^6}{3,2 \cdot 10^{-19} \cdot 0,45} = 8,43 \text{ m}$$

$$f_2 = \frac{\omega_2}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \frac{v}{R_2} = \frac{1}{2\pi} \frac{7,01 \cdot 10^6}{8,43} = 1,32 \cdot 10^5 \text{ Hz}$$

$$F = ma$$

$$F = qvB$$

$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

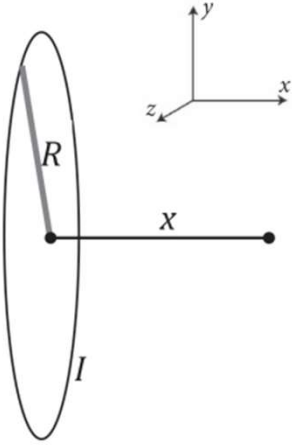
P5) Una espira magnètica es troba situada en el pla YZ, té un radi $R = 5 \text{ cm}$ i transporta un corrent de 10 A .

- a)** Calculeu el mòdul del camp magnètic en el centre de l'espira (en μT).
- b)** Quin sentit ha de tenir el corrent elèctric que circula per l'espira perquè el camp magnètic en el centre vagi en el sentit positiu de l'eix x ?

DADA: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$.

NOTA: El mòdul del camp magnètic creat per una espira magnètica en un punt de l'eix x és:

$$B(x) = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}}.$$

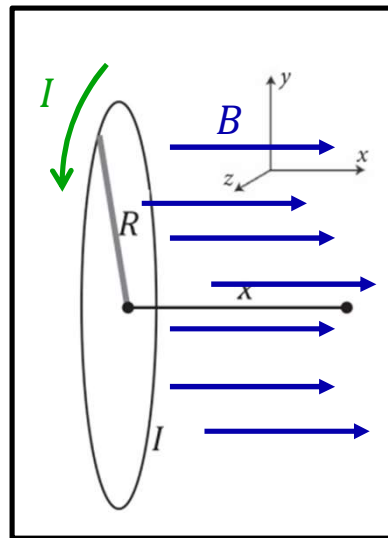
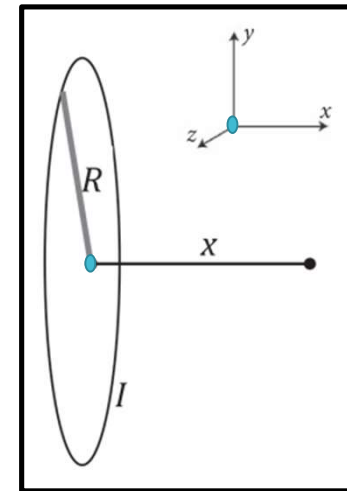


a) Calculeu el mòdul del camp magnètic en el centre de l'espira (en μT).

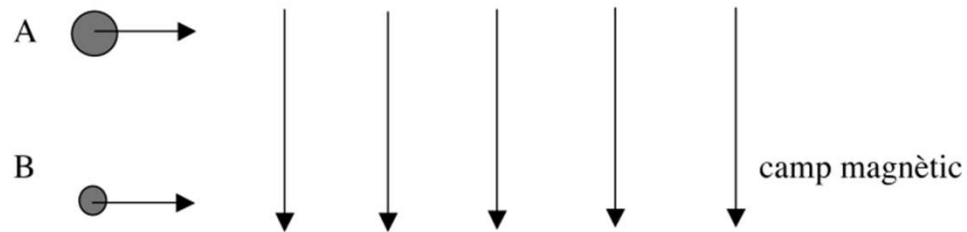
$$B(0) = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(R^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{2 \cdot 0,05} = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ T} = 126 \mu\text{T}$$

b) Quin sentit ha de tenir el corrent elèctric que circula per l'espira perquè el camp magnètic en el centre vagi en el sentit positiu de l'eix x?

Si el camp magnètic al centre de l'espira està dirigit cap al sentit positiu de l'eix de les x, aplicant la regla de la mà dreta, el sentit del corrent elèctric ha de ser antihorari.



- 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.



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

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

Mètode 1:

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

$$\vec{F} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot (3 \cdot 10^5 \vec{j}) \times (-0,42 \vec{k})$$

$$\vec{F} = -(1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^5 \cdot 0,42) \cdot \vec{j} \times \vec{k}$$

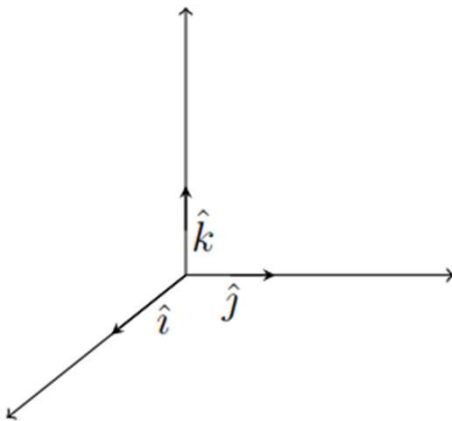
$$\vec{F} = -2,02 \cdot 10^{-14} \vec{i} \text{ N}$$

Mètode 2:

Si apliquem la regla de la mà dreta, la força resultant ha d'anar cap a dins del paper.

$$F = qvB = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^5 \cdot 0,42$$

$$F = 2,02 \cdot 10^{-14} \text{ N}$$



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 .

$$\frac{r_A}{r_B} = \frac{\frac{m_A v}{qB}}{\frac{m_B v}{qB}} = \frac{m_A}{m_B} = \frac{2m_B}{m_B} = 2$$

$$F = ma$$

$$F = qvB$$

$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

- P4)** Per la paret que teniu al darrere de l'aula on feu l'examen, entren protons amb una trajectòria horitzontal i a una velocitat $\vec{v}_{p^+} = 2,00 \times 10^6 \vec{i}$ m/s. Dins l'aula hi ha un camp magnètic també horitzontal el valor del qual és $\vec{B} = 0,500 \vec{j}$ T. Determineu:
- a)** La força causada pel camp magnètic que actua sobre els protons quan entren en la zona on hi ha aquest camp magnètic.
 - b)** El radi de la trajectòria circular dels protons dins l'aula i indiqueu si aquests protons impactaran contra les persones que estan assegudes a l'aula.

DADES: Càrrega del protó: $1,60 \times 10^{-19}$ C
Massa del protó: $1,67 \times 10^{-27}$ kg

NOTA: Negligiu el pes del protó.

a) La força causada pel camp magnètic que actua sobre els protons quan entren en la zona on hi ha aquest camp magnètic.

Mètode 1:

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

$$\vec{F} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot (2 \cdot 10^6 \vec{i}) \times (0,5 \vec{j})$$

$$\vec{F} = 1,6 \cdot 10^{-13} (\vec{j} \times \vec{k})$$

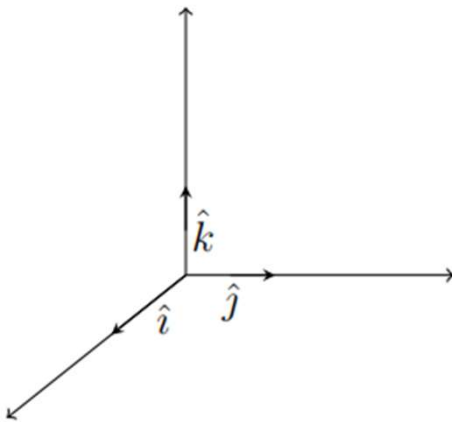
$$\vec{F} = 1,6 \cdot 10^{-13} \vec{k} \text{ N}$$

Mètode 2:

Si apliquem la regla de la mà dreta, la força resultant ha d'anar cap a dalt.

$$F = qvB = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,5$$

$$F = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ N}$$



b) El radi de la trajectòria circular dels protons dins l'aula i indiqueu si aquests protons impactaran contra les persones que estan assegudes a l'aula.

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 2 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,5} = 4,17 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 4,175 \text{ cm}$$

A la llum del resultat, les partícules no arribarien a les persones assegudes a l'aula, a no ser que aquestes es trobessin "enganxades" a la paret.

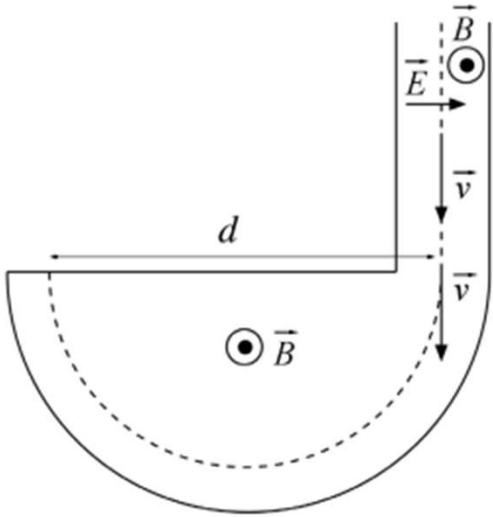
$$F = ma$$

$$F = qvB$$

$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

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.



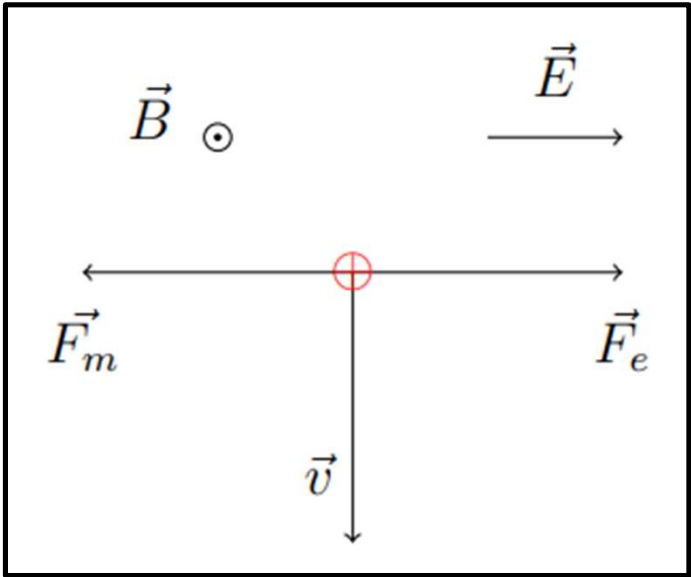
- a) Si el camp elèctric del selector té un valor $E = 20,0 \text{ N C}^{-1}$ i el valor de la inducció magnètica és $B = 2,50 \times 10^{-3} \text{ T}$, calculeu el valor del mòdul de la velocitat dels ions que NO es desvien. Feu l'esquema corresponent dels vectors següents: velocitat, força elèctrica, 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: $1 \text{ u} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$; $Q_{\text{protó}} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

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.

Al selector de velocitats, la condició per les partícules que el travessen sense desviar-se és que la força magnètica sigui igual en mòdul a la elèctrica (i de sentit oposat), llavors

$$F_e = F_m \rightarrow qE = qvB \rightarrow v = \frac{E}{B} = \frac{20}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 8 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$



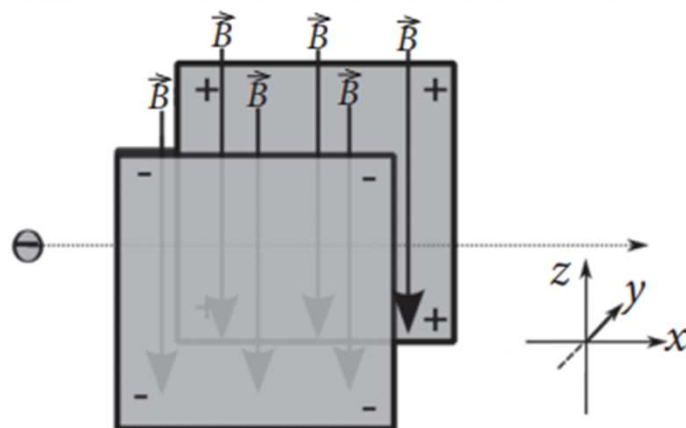
b) Calculeu la distància, d, a què impactaran els ions de triti, que són isòtops de l'hidrogen i tenen una massa $m = 3 \text{ u}$.

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{3 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 8 \cdot 10^3}{1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}} = 10^{-1} \text{ m}$$

$$d = 2r = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} F &= ma \\ F &= qvB \\ qvB &= m \frac{v^2}{R} \\ R &= \frac{mv}{qB} \end{aligned}$$

P4) Uns electrons que es mouen horitzontalment travessen un selector de velocitats format per un camp magnètic de 0,040 T dirigit cap avall i un camp elèctric de 250 V/m perpendicular al camp magnètic i a la direcció de moviment dels electrons.



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

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

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

a) Dibuixeu i anomenau les forces que actuen damunt l'electró quan és dins del selector de velocitats. Calculeu la velocitat dels electrons que travessaran el selector sense desviar-se.

Mètode 1:

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

$$\vec{F} = -1,6 \cdot 10^{-19} \cdot v(\vec{i}) \times 0,04(-\vec{k})$$

$$\vec{F} = 6,4 \cdot 10^{-21} v(\vec{i} \times \vec{k})$$

$$\vec{F} = 6,4 \cdot 10^{-1} (-\vec{j}) \text{ N}$$

Mètode 2:

Si apliquem la regla de la mà dreta, la força resultant ha d'anar cap a fora del paper.

$$F = qvB = -1,6 \cdot 10^{-19} \cdot v \cdot 0,04$$

$$F = -6,4 \cdot 10^{-2} v \text{ N}$$

$$\vec{F}_e = q\vec{E} = -1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 250(-\vec{j}) = 4 \cdot 10^{-17} \vec{j}$$

(perpendicular al paper i entrant en ell)

$$F_e = F_m \rightarrow qE = qvB$$

$$v = \frac{E}{B} = \frac{250}{0,04} = 6,25 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

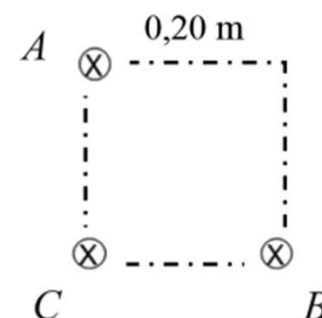
b) Dins del selector un electró té una velocitat $\vec{v} = 1,25 \cdot 10^4 \vec{i} \text{ m/s}$ en el moment en què es desactiva el camp elèctric sense modificar el camp magnètic. Indiqueu la freqüència de rotació, el radi, el pla de gir i el sentit de gir del moviment circular uniforme d'aquest electró.

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 1,25 \cdot 10^4}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,04} = 1,78 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \frac{v}{R} = \frac{1}{2\pi} \frac{qB}{m} = \frac{1}{2\pi} \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,04}{9,11 \cdot 10^{-31}} = 1,12 \cdot 10^9 \text{ Hz}$$

El pla de gir és el perpendicular al camp $\vec{B} = 0,04(-\vec{k})$, format pels vectors \vec{i} i \vec{j} , o dit d'una altra manera, el format per els eixos OX i OY del sistema de coordenades.

P4) En la figura es mostren tres fils conductors rectilinis i infinitament llargs, perpendiculars al pla del paper, per cadascun dels quals circula una mateixa intensitat de corrent de 0,30 A en el sentit que va cap a dins del paper. Aquests tres conductors estan situats en tres vèrtexs d'un quadrat de 0,20 m de costat.



- Representeu en un esquema els camps magnètics, en el vèrtex C, generats pels conductors A i B, i també el camp total. Calculeu el mòdul del camp magnètic total en aquest punt.
- Representeu la força total sobre el conductor C i calculeu el mòdul de la força que suporten 2,00 m del conductor que passa per C.

NOTA: El mòdul del camp magnètic a una distància r d'un fil infinit pel qual circula una

intensitat I és: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, on $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$.

a) Representeu en un esquema els camps magnètics, en el vèrtex C, generats pels conductors A i B, i també el camp total. Calculeu el mòdul del camp magnètic total en aquest punt.

$$B_A = B_B = \frac{\mu_0 I_B}{2\pi r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0,3}{2\pi \cdot 0,2} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$

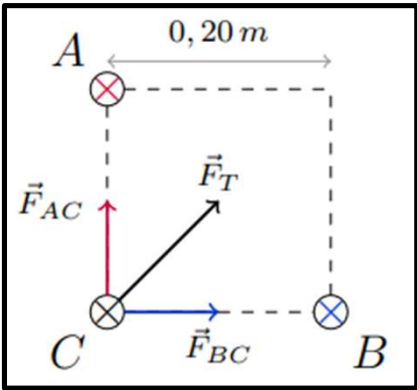
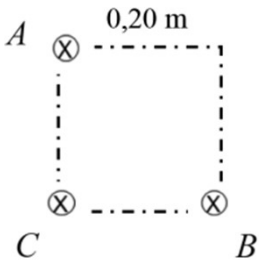
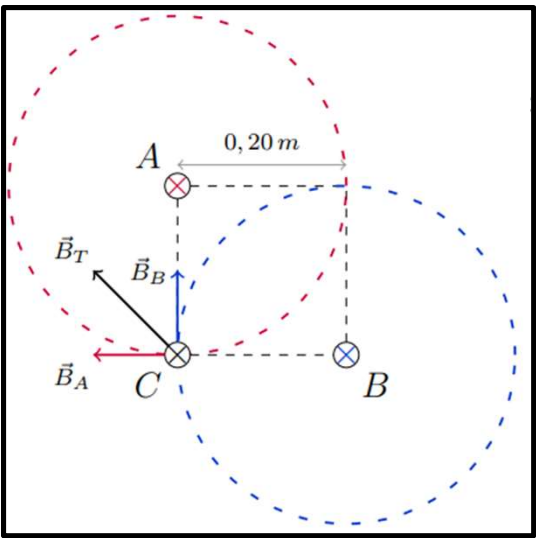
$$B_{total} = \sqrt{B_A^2 + B_B^2} = \sqrt{2 \cdot (3 \cdot 10^{-7})^2} = 4,2 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$

b) Representeu la força total sobre el conductor C i calculeu el mòdul de la força que suporten 2,00 m del conductor que passa per C.

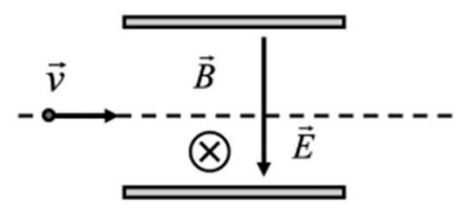
$$F_{AC} = F_{BC}$$

$$F = I \cdot (l \times B)$$

$$F = 0,3 \cdot 2 \cdot 4,2 \cdot 10^{-7} = 2,55 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$



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.



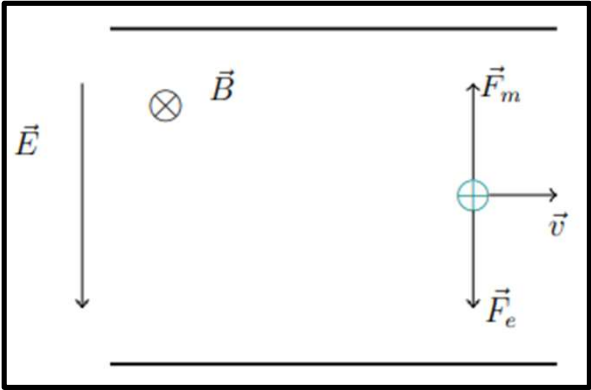
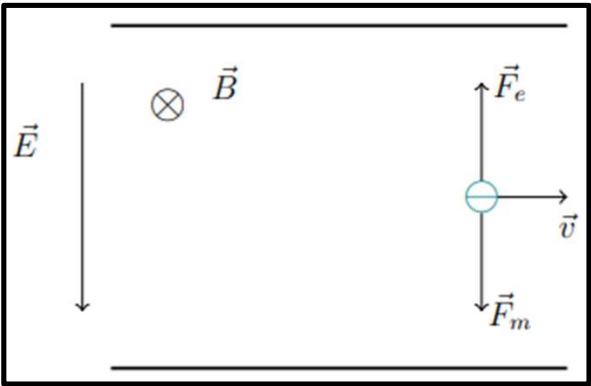
- a)** Dibuixeu la força causada per l'acció del camp magnètic i la força causada per l'acció del camp elèctric sobre un ió positiu que penetra en el selector de velocitats. Si el camp magnètic és 0,50 T i el camp elèctric és 500 N/C, calculeu la velocitat amb què sortiran del selector els ions que no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

a) 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.

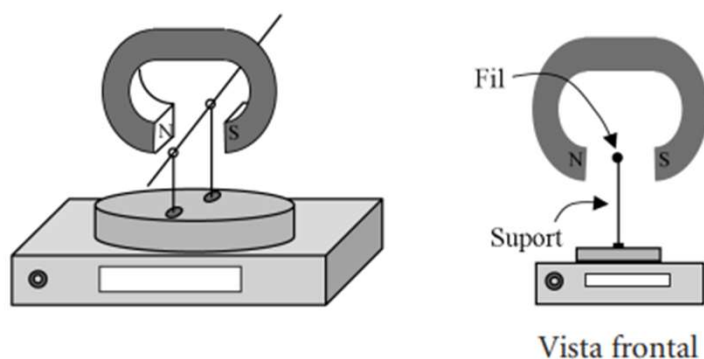
$$\left. \begin{aligned} F_m &= qvB \\ F_e &= qE \end{aligned} \right\} F_e = F_m$$

$$qE = qvB \rightarrow v = \frac{E}{B} = \frac{500}{0,5} = 1000 \text{ m/s}$$

b) Expliqueu què passaria si en aquest selector entressin ions negatius, en comptes d'ions positius.

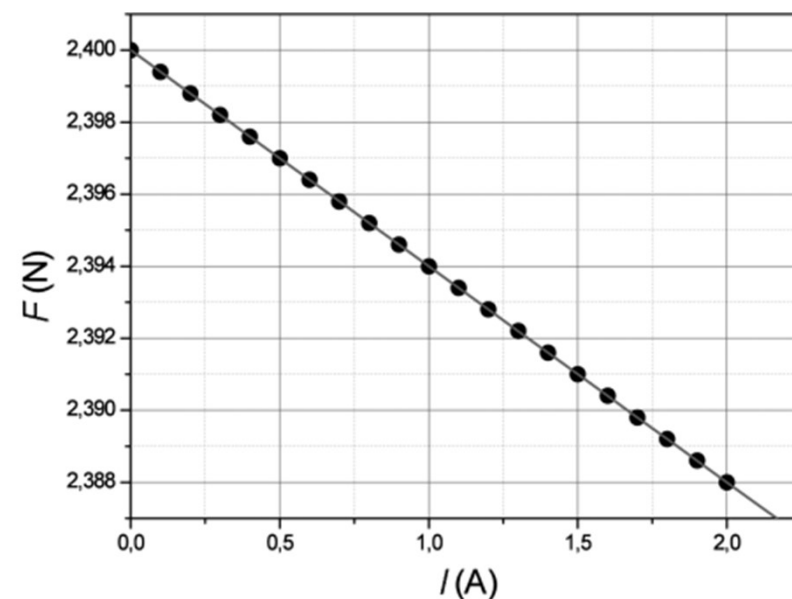


- P4)** Es col·loca per sobre d'una balança un imant amb els pols N i S enfrontats. Tal com veiem en les figures, entre aquests dos pols passa un fil conductor horitzontal que no toca l'imant. El fil elèctric s'aguanta mitjançant dos suports aïllants que recolzen sobre el plat de la balança. En absència 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 a fora. Calculeu el camp magnètic entre els pols de l'imant. En quin sentit circula el corrent elèctric?



a) Determineu l'equació que relaciona la força amb la intensitat. Calculeu la força magnètica que actua sobre el fil elèctric quan la intensitat del corrent és 2,0 A i quan és 2,5 A.

$$F = aI + b \begin{cases} 2,4 = a \cdot 0 + b \\ 2,338 = a \cdot 2 + b \end{cases} \qquad F = -6 \cdot 10^{-3} I + 2,4$$

$$b = 2,4 \text{ N}; \quad a = \frac{2,388 - b}{2} = \frac{2,388 - 2,4}{2} = -6 \cdot 10^{-3} \text{ N/A}$$

$$F(2) = 2,388 \text{ N}$$

$$F(2,5) = -6 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5 + 2,4 = 2,385 \text{ N}$$

$$F_m(2) = F_{buit} - F_{aparent}(2,5) = 2,4 - 2,388 = 0,012 \text{ N}$$

$$F_m(2,5) = 2,4 - 2,385 = 0,015 \text{ N}$$

b) Considereu que el tram de fil situat entre els pols de l'ímant té una longitud de 6 cm i que el camp magnètic és uniforme (constant) dins d'aquesta zona i nul a fora. Calculeu el camp magnètic entre els pols de l'ímant. En quin sentit circula el corrent elèctric?

$$F = ILB \qquad B = \frac{F}{IL} = \frac{0,015}{2,5 \cdot 6 \cdot 10^{-2}} = 0,1 \text{ T}$$

