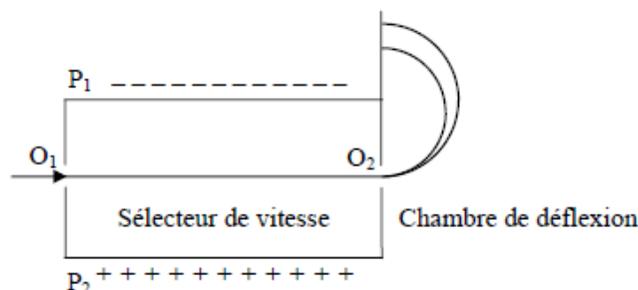


Un spectromètre de masse est utilisé pour séparer les ions $^{35}\text{Cl}^-$ et $^{37}\text{Cl}^-$.

Dans son sélecteur de vitesse (voir figure ci-dessous), les ions subissent les effets combinés d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Le champ électrique uniforme \vec{E} , de valeur $E = 2,00 \cdot 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$, est créé par deux plaques parallèles chargées, P_1 et P_2 . Le champ magnétique uniforme \vec{B} a pour valeur $B = 0,200 \text{ T}$.

Ces ions pénètrent parallèlement aux plaques P_1 et P_2 par l'ouverture O_1 du sélecteur de vitesse.

Seuls les ions de vitesse particulière \vec{v} le quittent par l'ouverture O_2 .



- a) i. 1. Représenter sur un schéma les directions et sens des forces électrique et magnétique agissant sur ces ions de vitesse \vec{v} .
2. Représenter sur un schéma les directions et sens de \vec{E} , \vec{B} et \vec{v} . Justifier la réponse.
- ii. Montrer que la mesure de cette vitesse est donnée par l'expression

$$v = \frac{E}{B}$$

- iii. Expliquer pourquoi la vitesse nécessaire pour que les ions quittent le sélecteur en O_2 est la même pour les deux ions $^{35}\text{Cl}^-$ et $^{37}\text{Cl}^-$.
- iv. Calculer v .

- b) Certains ions entrent dans le sélecteur de vitesse avec une vitesse v' plus petite que v . Ces ions ne le quittent pas par l'ouverture O_2 .

- i. Indiquer vers quelle plaque sont déviés ces ions entrant par O_1 . Justifier la réponse.
- ii. Démontrer que l'accélération initiale a (en O_1) d'un ion de masse m est donnée par l'équation

$$a = (E - v' \cdot B) \cdot \frac{e}{m}$$

où e est la charge électrique élémentaire.

- c) Les ions passant à travers O_2 à la vitesse \vec{v} pénètrent dans la chambre de déflexion où seul règne le champ magnétique \vec{B} .

- i. Expliquer pourquoi le mouvement des ions est circulaire uniforme dans la chambre de déflexion.
- ii. Montrer que le rayon r de cette trajectoire circulaire est donné par la relation

$$r = \frac{m \cdot v}{e \cdot B}$$

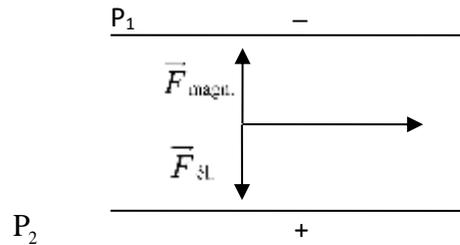
- iii. Les ions $^{35}\text{Cl}^-$ de masse m_1 décrivent une trajectoire circulaire de rayon r_1 . Les ions $^{37}\text{Cl}^-$ de masse m_2 décrivent une trajectoire circulaire de rayon r_2 .

Démontrer que $\frac{r_2}{r_1} = \frac{m_2}{m_1}$

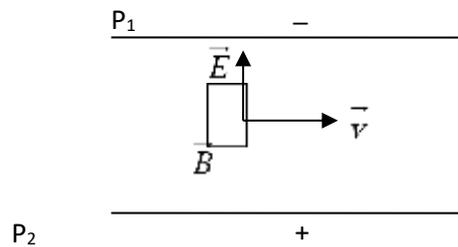
- iv. Calculer $\frac{r_2}{r_1}$

Correction

a) i. 1.



2. La force électrique s'exerce vers la plaque positive P₂, la force magnétique doit, pour la compenser s'exercer vers la plaque négative P₁. En utilisant, par exemple, la règle des trois doigts de la main gauche (règle de Fleming) ; pouce : sens opposé au mouvement des ions négatifs ; index : sens de $\vec{F}_{\text{magn.}}$; majeur : sens de $\vec{B} \Rightarrow \vec{B}$ sort du plan du schéma : □



- ii. Pour que le mouvement des ions soit rectiligne uniforme, il faut que

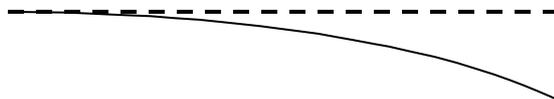
$$F_{\text{électrostatique}} = F_{\text{Lorentz}} \Rightarrow \not\propto E = \not\propto vB \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

- iii. On remarque en a) ii. que la vitesse est indépendante de la masse des ions.

iv. $v = \frac{E}{B} = \frac{2,00 \cdot 10^4}{0,200} = 1,00 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

b)

- i. Si $v' < v$, la force magnétique est plus faible que la force électrostatique et les ions sont déviés vers la plaque positive P₂.



$$\text{ii. } F = F_{\text{elec.}} - F_{\text{magn.}} \Rightarrow F = e \cdot E - e \cdot v' \cdot B = e \cdot (E - v' \cdot B)$$

$$F = m \cdot a \Rightarrow a = \frac{F}{m} = (E - v' \cdot B) \cdot \frac{e}{m}$$

c)

i. Il n'y a plus que la force de Lorentz qui agit : $F = q \cdot v \cdot B$ toujours perpendiculaire à v

$$\Rightarrow F_t = m \cdot \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow \text{la vitesse est constante en mesure.}$$

$$F_n = F = m \cdot v^2 / r \Rightarrow m \cdot v^2 / r = q \cdot v \cdot B \Rightarrow r = m \cdot v / q \cdot B = \text{constante.}$$

Le rayon est constant et la vitesse est uniforme, le mouvement est bien circulaire uniforme.

$$\text{ii. } F_{\text{cp}} = F_{\text{magn.}} \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = e \cdot v \cdot B \Rightarrow r = \frac{m \cdot v}{e \cdot B}$$

$$\text{iii. } r_1 = \frac{m_1 \cdot v}{e \cdot B}, r_2 = \frac{m_2 \cdot v}{e \cdot B} \Rightarrow \frac{r_2}{r_1} = \frac{m_2 \cdot v}{e \cdot B} / \frac{m_1 \cdot v}{e \cdot B} = \frac{m_2}{m_1}$$

$$\text{iv. } \frac{r_2}{r_1} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{37}{35} = 1,06$$