

Sous Concept: Mouvement d'une Particule Dans un Champ Magnétique uniforme

Savoir faire et Savoir

Connaître les caractéristiques de force de Lorentz

Application correcte: de la RFO, à la détermination
de la nature du mouvement et ses caractéristique

- Description et fonctionnement du spectographe
de masse

Synthèse 1: Rappels

* Définition:

- Champ magnétique:

Tout région où une charge électrique est soumise
à l'action d'une force magnétique

- Champ Magnétique uniforme

Tout région de l'espace où champ magnétique
on la même direction même sens même intensité

Synthèse 2:

Caractéristique de la force de Lorentz une
particule de charge q animée d'un mouvement
de vitesse $\vec{v}$ dans un champ magnétique $\vec{B}$
subit une force ~~différent~~ magnétique appelé

Force de Lorentz ($\vec{F}_m$)

Point d'application? Tout point du champ

Direction: perpendiculaire au plan formé par $\vec{v}$ et $\vec{B}$

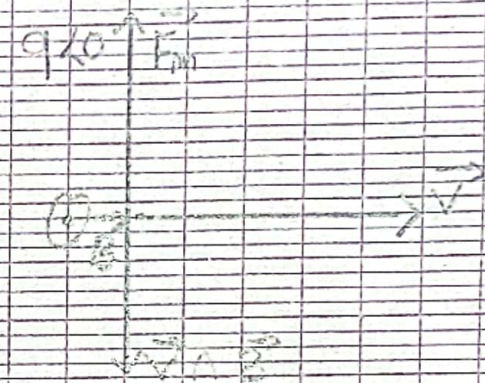
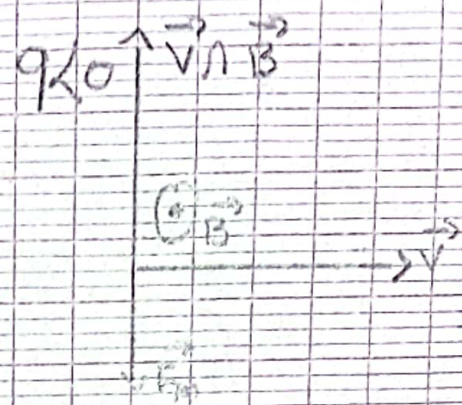
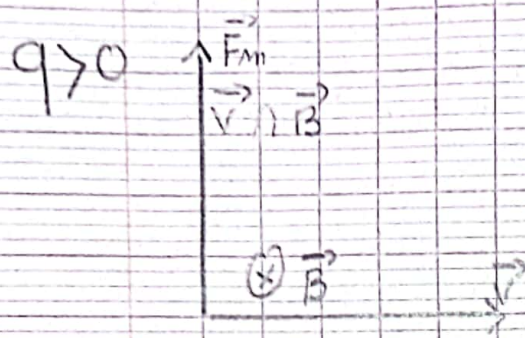
Sens: donne par la règle des trois doigts et
depend du signe de la charge q

NB

Si $q > 0$ $\vec{F}_m$ et $\vec{v} \wedge \vec{B}$ ont le même sens

Si $q < 0$ $\vec{F}_m$ et $\vec{v} \wedge \vec{B}$ sont de sens contraire
soit la règle de la main droite

- La paume représente $\vec{B}$
- Le pouce représente $\vec{F}_m$
- Les autres doigts représentent $\vec{q}\vec{v}$
- (X) B rentrent
- (O) B sortent



Intensité: $F_m = qvB \sin \alpha$
 avec $\vec{B} \perp \vec{v}$ $\alpha = 90^\circ$
 F_m module

$$F_m = |q|vB$$

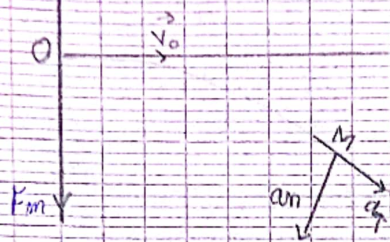
N C m/s

Synthèse

Soit une particule de masse (m) et de charge q , lancée dans un champ uniforme $\vec{B}$ avec une vitesse $\vec{v}$ est soumise à l'action de son poids $\vec{P} = m\vec{g}$ et la force magnétique (force de Lorentz) $\vec{F}_m = q\vec{v} \wedge \vec{B}$.
 Le poids est négligeable devant la force magnétique.

9

$q < 0$ $\odot_B$



D'après la RFD

$$\vec{F}_{ext} = m\vec{a}, \quad \vec{F}_m = q\vec{v} \wedge \vec{B}$$

$$\vec{F}_{ext} = \vec{F}_m$$

$$ma = qvB \Rightarrow a = \frac{qvB}{m}$$

module

$$a = \frac{qvB}{m}$$

Au point M on a deux accélérations

a_t (tangentielle)
 a_c (centrifuge)

Dans la base Frenet on a :

$$a = a_t + a_c$$

$$a_t = \frac{dv}{dt} = 0 \text{ (v constante)} \Rightarrow a = a_c$$

$$a_c = \frac{v^2}{R} \Rightarrow a = a_c$$

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

$$R = \frac{mv}{qB} \text{ D'où la nature du mouvement}$$

est circulaire uniforme de rayon (R)

Remarque

Le rayon de la trajectoire augmente
si la vitesse (v) augmente et B diminue

Autres caractéristiques

* Période du mouvement T

$$T = \frac{2\pi}{\omega}, \quad \omega = \frac{v}{R}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v}, \quad R = \frac{mv}{qB}$$

$$T = \frac{2\pi}{v} \times \frac{mv}{qB} \Rightarrow T = \frac{2\pi m}{qB}$$

* Fréquence : N

$$N = \frac{1}{T}; \quad N = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$N = \frac{v}{2\pi R}; \quad N = \frac{qB}{2\pi m}$$

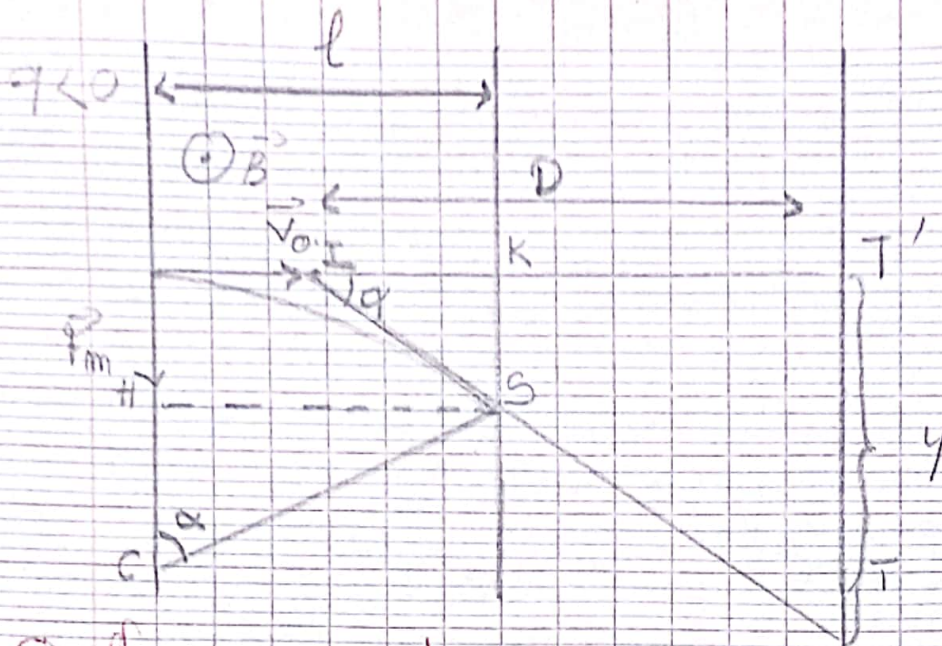
* Vitesse angulaire ω

$$\omega = \frac{v}{R}; \quad R = \frac{mv}{qB}$$

$$\omega = \frac{v}{\frac{mv}{qB}} = \frac{qB}{m} \quad \omega = \frac{qB}{m}$$

Synthèse 4: Déflexion magnétique et déviation angulaire
Soit une particule qui pénètre en O avec une vitesse initiale $\vec{v}_0$ perpendiculaire à $\vec{B}$
Elle décrit en vitesse constante un arc de cercle (OS)
Tant qu'elle est sous l'influence de la source en S
du champ décrit une trajectoire rectiligne (ST)
La distance $TT' = y$ est appelée la déflexion magnétique.

3



Deflexion magnétique y

soit le triangle $IT'T'$ on a

$$\tan \alpha = \frac{IT'}{IT} ; IT' = y \text{ et } IT = D$$

$$\tan \alpha = \frac{y}{D} \Rightarrow y = \tan \alpha \times D$$

* Deviation angulaire α

Considérons un triangle CSH

$$\tan \alpha = \frac{HS}{HC} ; HS = l$$

D'après le Théorème de Pythagore

$$(CS)^2 = (HC)^2 + (HS)^2$$

$$(HC)^2 = (CS)^2 - (HS)^2$$

$$HC = \sqrt{(CS)^2 - (HS)^2} = \sqrt{R^2 - l^2} \Rightarrow HC = \sqrt{R^2 \left(1 - \frac{l^2}{R^2}\right)}$$

$$= R \sqrt{1 - \frac{l^2}{R^2}} ; \tan \alpha = \frac{l}{R \sqrt{1 - \frac{l^2}{R^2}}} ; \frac{l}{R} \rightarrow 0$$

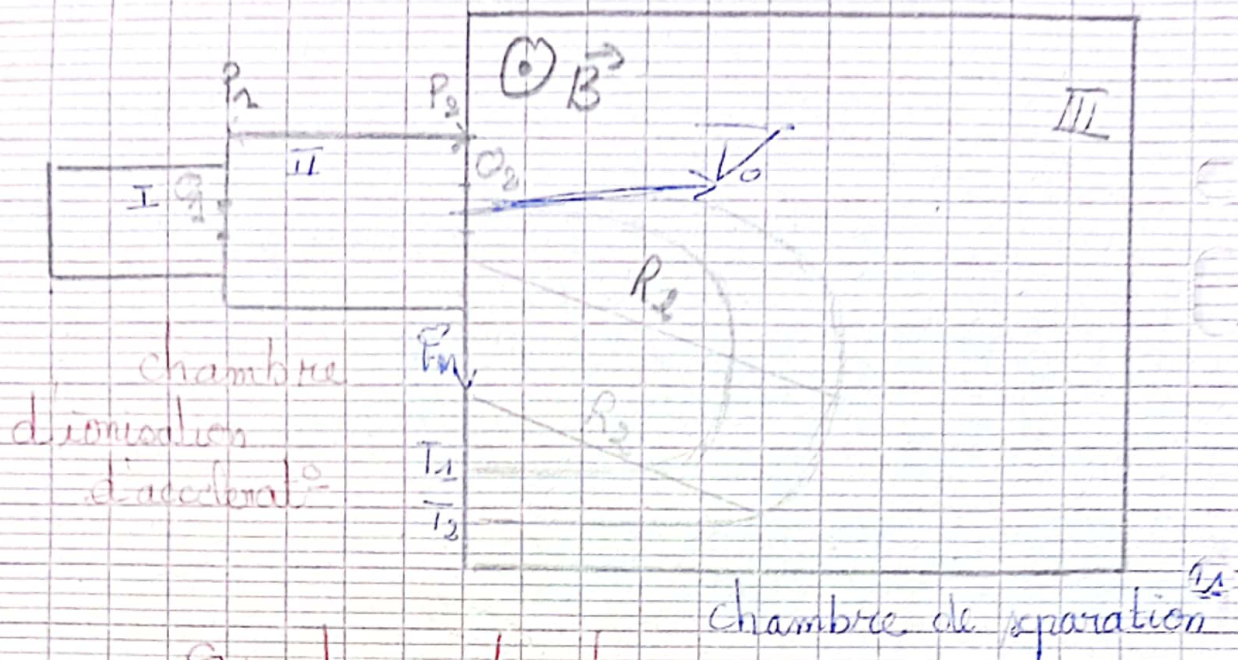
$$\tan \alpha = \frac{l}{R} \Rightarrow \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{l}{R} \right)$$

Synthèse 5. Spectrographe de masse

5-1 Définition

Le spectromètre de masse est un dispositif utilisé pour séparer les isotopes d'un même élément chimique.

5-2 Description



Spectromètre de masse

Les ions sont accélérés entre deux plaques P_1 et P_2 admettent alors ils acquièrent alors une vitesse V .

D'après le théorème d'énergie cinétique

$$\Delta E_{CO_1O_2} = \sum W_{ext}$$

$$E_{CO_2} - E_{CO_1} = F \times d$$

$$\frac{1}{2} m V_{O_2}^2 - \frac{1}{2} m V_{O_1}^2 = q E \times d$$

en O_1 ($V_1 = 0$)

$$\frac{1}{2} m V_{O_2}^2 = q U \Rightarrow m V_{O_2}^2 = 2 q U$$

$$V_{O_2} = \sqrt{\frac{2 q U}{m}}, \text{ avec } V_{O_2} = V$$

$$\text{D'où } V = \sqrt{\frac{2 q U}{m}}$$

Les particules pénètrent dans un champ uniforme

(4)

3. leur trajectoire décrit un arc de cercle de rayon (R):
 $R = \frac{mV}{|q|B}$; $R_1 = \frac{m_1 V_1}{|q|B}$ avec

$$V_1 = \sqrt{\frac{2|q|U}{m}}$$

$$R_1 = \frac{m_1}{|q|B} \sqrt{\frac{2|q|U}{m_1}} \Rightarrow R_1 = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2|q|U \cdot m_1^2}{|q|^2 m_1}}$$

$$R_1 = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2Um_1}{|q|}} ; R_2 = \frac{m_2 V_2}{|q|B}$$

$$R_2 = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2Um_2}{|q|}}$$

La distance (D) séparant les deux isotope

$$A_1 A_2 = C_2 A_2 - C_1 A_1$$

$$D = d_2 - d_1 ; R = \frac{d}{2} \Rightarrow d = 2R$$

$$D = 2R_2 - 2R_1 \Rightarrow D = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{2Um_2}{|q|}} - \frac{2}{B} \sqrt{\frac{2Um_1}{|q|}}$$

$$D = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{2U}{|q|}} [m_2 - m_1]$$

NB:

N = nombre d'Avogadro ($6,02 \cdot 10^{23}$)

la masse de l'atome (m) / la composition isotopique

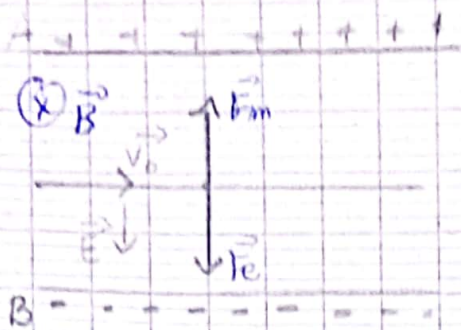
$$m = A \times m_p = A \times 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m = \frac{A}{N} \text{ ou } m = \frac{M}{N}$$

la masse molaire atomique : $M = M_1 A_1 + M_2 A_2$

Synthèse : Action simultanée du champ $\vec{E}$ et $\vec{B}$

une particule chargée positivement avec une vitesse V_0 dans une région où règne à la fois le champ $\vec{E}$ et $\vec{B}$



La particule est soumise à l'action simultanée des deux forces

- La force électrique $\vec{F}_e = q\vec{E}$

- La force magnétique $\vec{F}_m = q\vec{v} \wedge \vec{B}$

Ces deux forces sont de sens contraire (trois (3) cas sont possibles)

* La particule ne subit aucune déviation $\vec{F}_m = \vec{F}_e$

$$\vec{F}_e + \vec{F}_m = 0 \text{ en module } F_e - F_m = 0$$

$$F_e = F_m$$

$$qE = qvB \Rightarrow E = vB \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

* La particule est déviée dans le sens de $\vec{F}_m$ alors

$$F_m > F_e$$

$$qVB > qE \Rightarrow VB > E \Rightarrow v > \frac{E}{B}$$

* La particule est déviée dans le sens de $\vec{F}_e$

$$F_m < F_e \Rightarrow qVB < qE$$

$$VB < E$$

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