AlloSchool

Physique et Chimie : 2ème Bac SM-SPC

Séance 19-B (Mouvements plans : Particule chargée dans un champ magnétique)

Professeur : Mr EL GOUFIFA Jihad

Sommaire

I- Mouvement d'une particule chargée dans un champs magnétique uniforme

1-1/ Le champ magnétique uniforme

1-2/ Déviation d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

1-3/ La force magnétique (force de Lorentz)

1-4/ Étude du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

1-5/ La déviation magnétique

II- Exercices

2-1/ Exercice 1

2-2/ Exercice 2

2-3/ Exercice 3

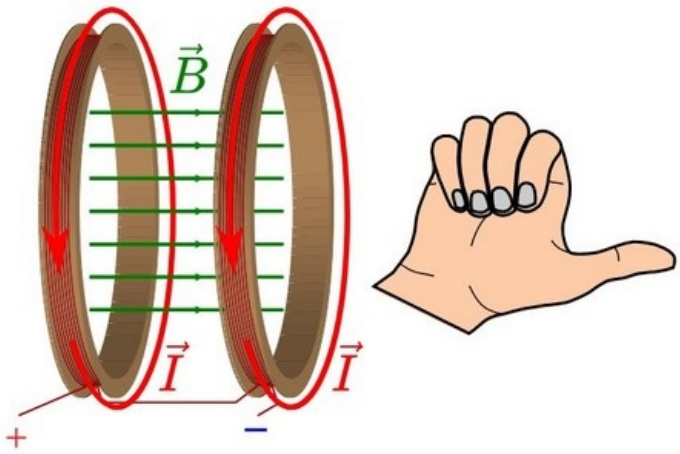
2-4/ Exercice 4

I- Mouvement d'une particule chargée dans un champs magnétique uniforme

1-1/ Le champ magnétique uniforme

Un champ magnétique est dit uniforme s'il est constant en direction, en sens et en valeur.

- Exemple : Le champ magnétique est uniforme entre les bobines d'Helmholtz parcourues par un courant électrique :



L'unité de l'intensité du champ magnétique est le tesla (T).

Remarque

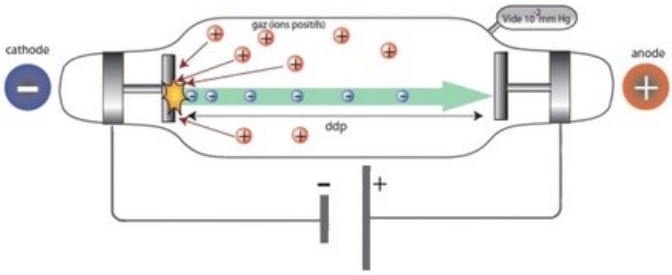
Si le vecteur $\overrightarrow{B}$ est perpendiculaire au plan de la feuille et dirigée vers l'avant on le représente par : $\odot\overrightarrow{B}$

Si le vecteur $\overrightarrow{B}$ est perpendiculaire au plan de la feuille et dirigée vers l'arrière on le représente par : $\otimes\overrightarrow{B}$

1-2/ Déviation d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

Expérience

On utilise un tube de crookes (qui contient un canon d'électrons permettant d'obtenir un faisceau d'électrons ayant la même vitesse), à l'intérieur duquel il y'a un champ magnétique uniforme entre deux bobines d'Helmholtz parcourues par un courant électrique :

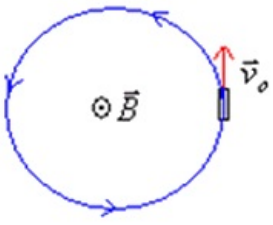


On constate expérimentalement que :

Si la vitesse des électrons $\overrightarrow{v_0}$ est parallèle à $\overrightarrow{B}$, le faisceau d'électrons ne subit pas de déviation.

Si la vitesse des électrons $\overrightarrow{v_0}$ est perpendiculaire à $\overrightarrow{B}$, le faisceau d'électrons dévie et sa trajectoire devient circulaire.





Interprétation

La déviation du faisceau d'électron est due à l'existence d'une force magnétique qui s'exerce sur toute particule chargée et en mouvement dans un champ magnétique uniforme qu'on appelle : force magnétique ou force de Lorentz.

1-3/ La force magnétique (force de Lorentz)

Définition

Toute particule chargée de vitesse est soumise dans un champ magnétique uniforme à une force magnétique appelée force de Lorentz donnée par la relation suivante :

$$\overrightarrow{F} = q.\overrightarrow{v} \wedge \overrightarrow{B}$$

Le symbole $\wedge$ signifie produit vectoriel.

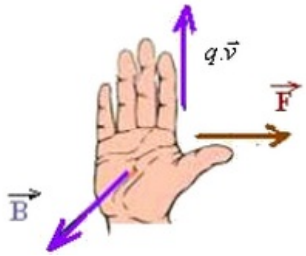
Caractéristiques de la force magnétique

L'intensité : $F = |q|.v.B.\sin\left(\widehat{\overrightarrow{B},\overrightarrow{v}}\right)$

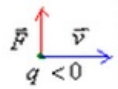
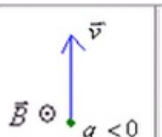
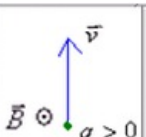
La direction : la force magnétique.

Le sens : il est donné par la règle de la main droite suivante :

En plaçant la main droite tendue de sorte que les doigts soient dirigés dans le sens du produit $q.\overrightarrow{v}$ et la paume de la main soit dirigée dans le sens de $\overrightarrow{B}$, le pouce tendu indique le sens de la force magnétique :



Exemples

					Figure
					réponse

1-4/ Étude du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

Mouvement uniforme

L'électron dans le champ magnétique est soumis à l'action de la force magnétique $\overrightarrow{F} = q.\overrightarrow{v} \wedge \overrightarrow{B}$, cette force de Lorentz est toujours perpendiculaire au vecteur vitesse $\overrightarrow{v}$.

Donc le produit scalaire $\overrightarrow{F}.\overrightarrow{v} = 0$

Par conséquence la puissance de la force magnétique est nulle $P = \overrightarrow{F}.\overrightarrow{v} = 0$,donc son travail est nul$W\overrightarrow{F} = 0$.

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique : $\Delta E_c = W\overrightarrow{F} = 0 \Rightarrow E_{c_i} = E_{c_f}$

Donc sa vitesse est constante $v = Cte$.

Donc l'action du champ magnétique ne modifie pas l'énergie cinétique de la particule.

Mouvement plan

La vitesse de l'électron est constante $v = Cte$.

Donc son accélération tangentielle $a_t = \frac{dv}{dt} = 0$ est nulle.

Alors l'accélération de l'électron est normale.

Et on a $\overrightarrow{F} = q.\overrightarrow{v} \wedge \overrightarrow{B}$

Donc la force magnétique $\overrightarrow{F}$ est perpendiculaire au plan $\left(\overrightarrow{B}, \overrightarrow{v}\right)$, est elle aussi normale.

En conclusion, le mouvement de l'électron est plan, il se fait dans un plan perpendiculaire au vecteur champ magnétique.

Mouvement circulaire

Dans le repère de Frenet, le vecteur accélération : $\overrightarrow{a} = a_n\overrightarrow{n} + a_t\overrightarrow{u}$

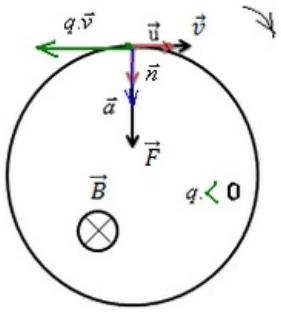
or :$v = Cte \Rightarrow a_t = \frac{dv}{dt} = 0$

Donc l'accélération est normale.

En appliquant la deuxième loi de Newton : $\overrightarrow{F} = q.\overrightarrow{v} \wedge \overrightarrow{B} = m\overrightarrow{a_G}$

En projetant sur la normale : $\overrightarrow{F} = |q|v.B = m\frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{|q|.B}$

Le rayon est constant donc le mouvement est circulaire.

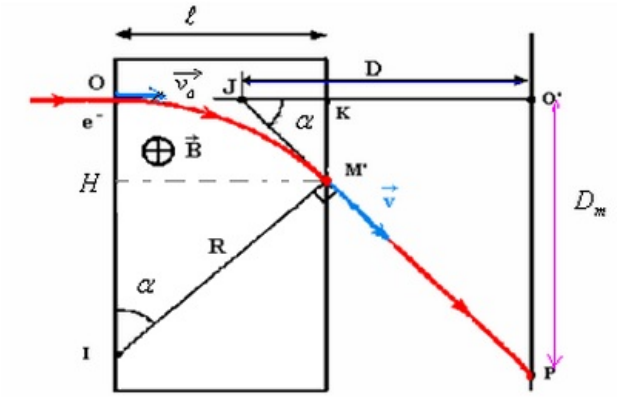


1-5/ La déviation magnétique

On fait pénétrer un faisceau d'électron dans une région de l'espace de largeur l dans laquelle règne un champ magnétique $\overrightarrow{B}$ uniforme avec une vitesse $\overrightarrow{v_0}$, le faisceau d'électrons est soumis à l'action de la force magnétique et son mouvement devient circulaire de rayon $R = \frac{mv_0}{|q|.B}$ dans le champ magnétique.

Les électron du faisceau quittent le champ magnétique au point S et prennent un mouvement rectiligne uniforme jusqu'à ce qu'ils rencontrent l'écran au point P.

On appelle déviation magnétique la distance $D_m = O'P$



$$\begin{cases} \sin\alpha = \frac{l}{R} \ (HM'I) \\ \tan\alpha = \frac{D_m}{D} \ (JPO') \end{cases}$$

$\tan\alpha \approx \sin\alpha$

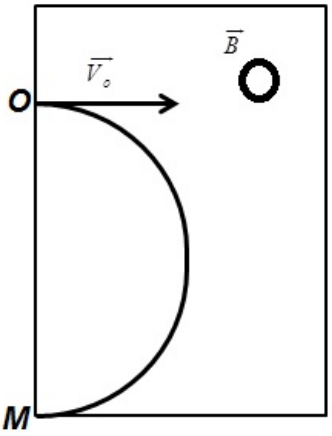
$\Rightarrow \frac{D_m}{D} = \frac{l}{R}$

$\Rightarrow D_m = \frac{Dl}{R} = \frac{Dl|q|B}{mv_0}$

II- Exercices

2-1/ Exercice 1

Les ions Mg^{2+} pénètrent dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme $\overrightarrow{B}$ (perpendiculaire au plan de la figure). Avec une vitesse $V_0 = 1,6.10^4 m.s^{-1}$



1. Donner les caractéristique de la force magnétique $\overrightarrow{F_m}$
2. Déterminer le sens du champs magnétique $\overrightarrow{B}$
3. En appliquant la deuxième loi de newton dans un référentiel galiléen, montrer que le mouvement des ions Mg^{2+} est circulaire uniforme
4. Calcule la masse d'ion Mg^{2+} (On donne $OM = 4cm$)

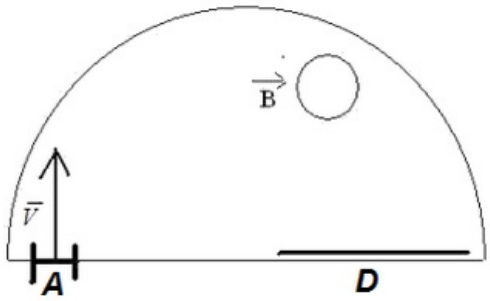
Données :

- L'intensité du champs magnétique $B = 0,1T$
- La charge élémentaire $e = 1,6.10^{-19}C$

2-2/ Exercice 2

On considère les ions de deux isotopes ${}^{200}_{80}Hg^{2+}$ et ${}^{202}_{80}Hg^{2+}$ du mercure.

Ils pénètrent en A, avec une vitesse V non nulle, dans une capsule où règne un champ magnétique uniforme (perpendiculaire au plan de la feuille) :



1. Indiquer le sens du champ magnétique pour que les ions soient déviés vers le détecteur D.
2. Montrer que dans cette capsule les ions ont un mouvement uniforme, et exprimer les rayons R de la trajectoire de deux isotopes en fonction de m, e, v et B.
3. Déterminer lequel de ces deux ions va être le plus dévié. Justifier.

2-3/ Exercice 3

Deux particules chargées He^{2+} et O^{2-} sont introduites en un point A, avec la même vitesse initiale $\overrightarrow{V}$, dans un espace où règne un champ magnétique uniforme $\overrightarrow{B}$ perpendiculaire au vecteur $\overrightarrow{V}$.

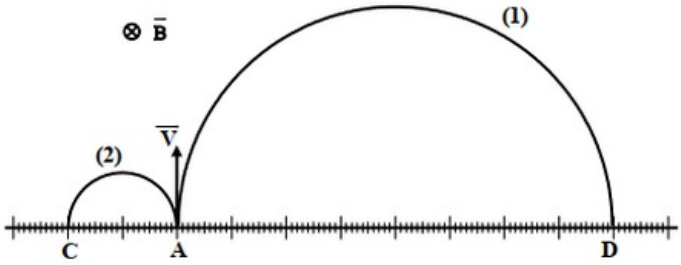
On considère que les deux particules He^{2+} et O^{2-} ne sont soumises qu'à la force de Lorentz.

Données :

L'expression de la force de Lorentz : $\overrightarrow{F} = q\overrightarrow{V} \wedge \overrightarrow{B}$

La masse de la particule He^{2+} : $m\left(He^{2+}\right) = 6,68.10^{-27}Kg$

La figure suivante représente l'enregistrement des deux trajectoires des particules He^{2+} et O^{2-} dans le champ magnétique uniforme $\overrightarrow{B}$:



1. Identifier la trajectoire correspondante à chaque particule.
2. En appliquant la deuxième loi de Newton dans un référentiel galiléen, montrer que le mouvement de l'ion He^{2+} est uniforme et de trajectoire circulaire de rayon $R_{He^{2+}} = \frac{m_{He^{2+}}.V}{2.e.B}$
3. En exploitant la figure, déterminer le rapport $\frac{R_{O^{2-}}}{R_{He^{2+}}}$
4. Montrer que la masse de la particule O^{2-} est $m\left(O^{2-}\right) = 2,67.10^{-26}Kg$