

ELECTROMAGNETISME ET ELECTRICITE

1- CHAMP MAGNETIQUE

EXERCICE 57

Un solénoïde horizontal de 50cm de longueur et comprenant 1000 spires est placé dans la direction est-ouest. Une boussole placée à l'intérieur dévie de 45° quand le solénoïde est parcouru par un courant.

- 1) Sachant que la composante horizontale du champ magnétique terrestre est $B_h = 0,2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$, déduire la valeur du champ magnétique créé par le solénoïde.
- 2) Quelle est l'intensité du courant qui le parcourt ?

EXERCICE 58

On enroule un fil isolé de longueur $\ell = 150 \text{ m}$ de façon à obtenir un solénoïde de rayon $r = 4 \text{ cm}$, de longueur $L = 0,60 \text{ m}$.

- 1) Déterminer le nombre de spires par mètre de ce solénoïde.
- 2) Ce solénoïde est orienté de façon que son axe soit horizontal de direction est-ouest. Une aiguille aimantée mobile autour d'un axe vertical est placée à l'intérieur de ce solénoïde.

a) Lorsque le solénoïde n'est pas parcouru par un courant, l'aiguille prend une position d'équilibre stable. Laquelle ? (Faire un schéma en précisant les quatre points cardinaux)

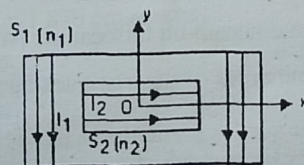
b) Lorsqu'on fait passer un courant d'intensité $I = 157 \text{ mA}$ dans le solénoïde, l'aiguille s'oriente en faisant un angle de 60° avec l'axe du solénoïde. Faire un schéma en précisant le sens du courant et le nom des faces du solénoïde.

En déduire la valeur de la composante horizontale $\vec{B}_H$ du champ magnétique terrestre. On donne $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ S.I.}$

EXERCICE 59

A l'intérieur d'un solénoïde S_1 comportant $n_1 = 1000$ spires par mètre et parcouru par un courant d'intensité $I_1 = 2 \text{ A}$, on a placé un solénoïde S_2 dont l'axe est perpendiculaire à celui de S_1 (voir fig.).

Le solénoïde S_2 est formé de 200 spires régulièrement enroulées sur une longueur de 5cm, et l'intensité du courant qui y circule vaut $I_2 = 1 \text{ A}$.

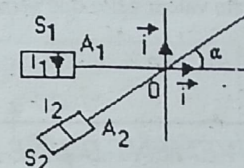


- 1) Les sens des courants étant ceux indiqués sur la figure, déterminer le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ en O.
- 2) Que devient ce champ magnétique si on inverse le sens de chacun des deux courants ?

EXERCICE 60

Deux solénoïdes identiques S_1 et S_2 sont disposés comme le montre la figure ci-dessous. Leurs axes se coupent en O, à la même distance $d = OA_1 = OA_2$ des faces les plus proches et font un angle $\alpha = 45^\circ$.

- 1) Le solénoïde S_1 crée en O un champ magnétique $\vec{B}_1$ de valeur $4 \cdot 10^{-4} \text{ T}$, lorsqu'il est parcouru par un courant d'intensité I_1 . Préciser la direction et le sens de $\vec{B}_1$.



La face A_1 est-elle sud ou nord ?

- 2) Le solénoïde S_1 fonctionne dans les mêmes conditions que précédemment, et on fait passer dans le solénoïde S_2 un courant continu d'intensité I_2 .

Quel doit être le sens de I_2 pour que le champ magnétique total $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ créé par les deux solénoïdes en O ait même direction que $\vec{j}$?

Quel est alors le sens du champ $\vec{B}_1$? La face A_2 est-elle sud ou nord ?

- 3) Calculer la valeur du champ magnétique total $\vec{B}$ ainsi que celle de l'intensité I_2 sachant que $I_1 = 1,2 \text{ A}$.

EXERCICE 61

On étudie expérimentalement, à l'aide d'un tesla mètre, l'intensité B du champ magnétique créé par un courant passant dans un solénoïde, au centre de celui-ci, en fonction de différents paramètres.

1) On utilise dans une première expérience un solénoïde de longueur $\ell_1 = 0,5 \text{ m}$ comportant $N_1 = 240$ spires. On fait varier l'intensité I du courant qui passe dans le solénoïde et, pour chaque valeur de I , on note la valeur de B . Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

$I \text{ (A)}$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$B \text{ (} 10^{-5} \text{ T)}$	60	85	120	150	190	215	245	275	310

- a) Construire le graphe donnant B en fonction de I .
Echelle : 1cm pour 1A ; 1cm pour $40 \cdot 10^{-5} \text{ T}$
- b) Après observation de la courbe, déterminer la relation liant B et I .

- 2) On refait la même expérience avec un deuxième solénoïde de longueur $\ell_2 = 0,80\text{m}$ et comportant $N_2 = 768$ spires. On obtient les résultats suivants :

I (A)	1,0	2,0	3,0	4,0
B (10^{-5} T)	120	240	380	480

- Compte tenu des incertitudes, comparer les résultats des deux séries de mesures.
- Calculer le nombre de spires par mètre pour chacun des deux solénoïdes.
- Déterminer la relation liant B à n.
- Exprimer B en fonction de I et n.
- Dans la formule théorique liant B, n et I intervient un coefficient $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ S.I.}$. Comparer à cette valeur celle que permet de calculer le graphique de la question 1).

2- MOUVEMENT D'UNE PARTICULE DANS UN CHAMP MAGNETIQUE

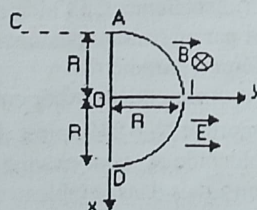
EXERCICE 62

Un électron de masse m et de charge q, émis en C sans vitesse initiale est accéléré vers un trou A par une tension $U = V_A - V_C = 285 \text{ V}$.

- Exprimer la vitesse V_A de l'électron lorsqu'il traverse le trou A en fonction de m, e et U puis calculer sa valeur.
- L'électron pénètre ensuite dans une région où règne un champ magnétique $\vec{B}$, dans laquelle il décrit un quart de cercle de rayon R d'expression $R = \frac{mV_A}{qB}$.

- En déduire l'expression de B en fonction de R, m, e et U ; puis calculer la valeur de B.
 - Donner les caractéristiques de la vitesse $\vec{V}_1$ de l'électron à la traversée du trou I.
- 3) L'électron est enfin dévié par un champ électrostatique $\vec{E}$ uniforme parallèle à l'axe Oy, régnant dans le plan xOy.

- Etablir les équations horaires du mouvement de l'électron projeté sur les axes Ox et Oy.
- En déduire l'équation cartésienne et la nature de la trajectoire de l'électron



- Donner l'expression de E en fonction de U et R, lorsque l'électron traverse le trou D à une distance R du point O, puis calculer E.

Données : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $R = 20 \text{ cm}$.

EXERCICE 63

Dans cet exercice les parties A et B sont indépendantes.

Partie A

On réalise l'expérience suivante : une sonde est placée au centre O d'un solénoïde ; on note alors la valeur du champ magnétique en O en fonction de l'intensité du courant qui circule dans le solénoïde. On obtient les mesures suivantes :

I (A)	0,5	1	1,5	2	2,5
B (mT)	34	67	102	132	168

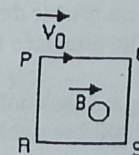
- Tracer la courbe $B = f(I)$. En déduire la pente de cette courbe.
Echelle : 2 cm pour 0,5 A et 1 cm pour 15 mT
- La longueur du solénoïde est $L = 40 \text{ cm}$. Calculer le nombre de spires du solénoïde. On donne $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ S.I.}$

Partie B

Des particules pénètrent dans un champ magnétique après avoir été accélérées par un champ électrique à partir d'une vitesse négligeable. Dans le carré PQRS de 5 cm de côté, le

champ magnétique $\vec{B}$, orthogonal au plan du carré, est constant, d'intensité 0,25 T. A la sortie du champ électrique, les particules entrent en P dans le champ magnétique avec une vitesse $\vec{V}_0$

colinéaire à $\vec{PQ}$. (Voir figure)



- Les particules sont des deutons (noyau deutérium, isotope de l'hydrogène et noté D^+).
 - Refaire le schéma en précisant le sens de $\vec{B}$ pour que les particules parviennent en S.
 - Déterminer la trajectoire des particules entre P et S et les caractéristiques de leur vecteur vitesse en S.
- On injecte maintenant un faisceau de particules α (He^{2+}).
 - Déterminer les caractéristiques du vecteur vitesse $\vec{V}_1$ en P dans le champ $\vec{B}$ pour que les particules α parviennent en R.
 - Préciser les caractéristiques de leur vitesse au point R.

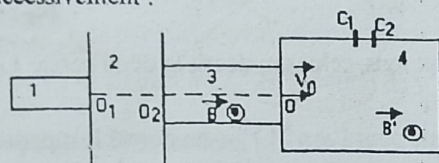
2.3. Trouver la tension accélératrice U nécessaire pour obtenir $\vec{V}_1$.

On donne : $m_{D^+} = 3,32 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $m_{\alpha} = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$;
charge élémentaire $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

EXERCICE 64

Un spectromètre de masse comprend successivement :

- Une chambre d'ionisation (1)
- Une zone d'accélération (2)
- Un filtre de vitesse (3)
- Une chambre de déviation (4)



Les ions produits en (1) et accélérés en (2) arrivent en O_2 avec des vitesses $\vec{V}$ de même direction et de même sens, mais avec des normes différentes. Afin de sélectionner une seule vitesse $\vec{V}_0$ en O_3 , on dispose dans la zone (3), d'un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ orienté comme l'indique la figure et d'un champ électrique uniforme $\vec{E}$.

1. Donner les expressions de $\vec{F}_m$ et $\vec{F}_e$, les forces magnétique et électrique agissant sur un ion de charge q et de vitesse $\vec{V}$.

2.

a. Représenter $\vec{F}_m$ et $\vec{F}_e$ pour que les ions de charge négative, ne soient pas déviés. En déduire la représentation de $\vec{E}$.

b. Calculer la valeur V_0 de la vitesse en O_3 .

On donne $E = 10^3 \text{ V.m}^{-1}$; $B = 0,2 \text{ T}$.

3. Les ions ainsi sélectionnés arrivent dans la chambre (4) où règne un champ magnétique $\vec{B}'$. Ils décrivent des trajectoires circulaires de rayons R_1 et R_2 puis tombent respectivement en C_1 et C_2 .

a. Montrer que les rayons des trajectoires sont : $R_1 = \frac{m_1 V_0}{|q| B'}$ et $R_2 = \frac{m_2 V_0}{|q| B'}$

b. Les rayons des trajectoires étant égales à $R_1 = 1,826 \text{ cm}$ et

$R_2 = 1,930 \text{ cm}$, en déduire les valeurs de $\frac{m_1}{|q|}$ et $\frac{m_2}{|q|}$.

On donne $B' = 0,1 \text{ T}$.

c. Calculer m_1 et m_2 . Identifier les ions utilisés dans ce spectromètre. On donne : $|q| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m = \text{Au} = A \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$;

$^{35}_{17}\text{Cl}^-$, $^{37}_{17}\text{Cl}^-$, $^{79}_{35}\text{Br}^-$, $^{81}_{35}\text{Br}^-$, $^{127}_{53}\text{I}^-$, $^{129}_{53}\text{I}^-$.

EXERCICE 65

On introduit dans un spectrographe de masse des ions potassium

$^{A_1}_{19}\text{K}^+$ et $^{A_2}_{19}\text{K}^+$ (A_1 et A_2 désignent les nombres de masse) de même charge q et de masses respectives m_1 et m_2 . En O_1 , la vitesse des ions est pratiquement nulle ; ils sont accélérés par la tension U , établie entre les plaques P_1 et P_2 .

1. a. Représenter sur un schéma le champ

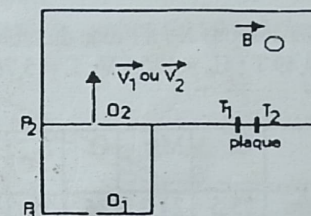
électrique $\vec{E}$ régnant entre les plaques.

b. Préciser le signe de $U = V_{P1} - V_{P2}$.

c. Exprimer les vitesses V_1 et V_2 en fonction de q , U et des masses respectives m_1 et m_2 .

2. Les ions pénètrent ensuite dans une région

où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ orthogonal au plan de la figure.



a. Quel doit être le sens de $\vec{B}$ pour que les ions

soient déviés vers la plaque sensible ?

b. Montrer que le mouvement des ions est circulaire uniforme et exprimer littéralement les rayons R_1 et R_2 de leurs trajectoires en fonction de U , q , B et de leurs masses respectives m_1 et m_2 .

3. Deux tâches T_1 et T_2 se forment sur la plaque sensible. En admettant que le rapport des masses des ions est égal au rapport des nombres de masse, calculer la valeur de A_2 sachant que $A_1 = 39$; $O_2 T_1 = 102,9 \text{ cm}$; $O_2 T_2 = 106,8 \text{ cm}$. La tâche T_1 correspond aux ions de masse m_1 .

EXERCICE 66

Dans cet exercice, le poids des ions est négligeable devant les autres forces.

On considère deux plaques verticales C et A séparées par une distance d . En O , la vitesse des ions X^{2+} est pratiquement nulle. Ils sont accélérés par une tension $U_{AC} = U_0 > 0$ établie entre C et A .

1. Représenter sur le même schéma la force $\vec{F}$ et le champ $\vec{E}$ régnant entre C et

A . Justifier le sens de $\vec{E}$.

2. Etablir l'expression de la vitesse V_1 de ces ions X^{2+} à leur sortie en O_1 en fonction de m , e et U_0 .

3. Les ions pénètrent ensuite dans une chambre de déviation où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$.

- Sur la figure, donner le sens de $\vec{B}$ pour que les ions soient déviés vers I.
- Le mouvement des ions étant circulaire et uniforme, montrer la relation qui lie le rayon R de la trajectoire à B, V_1 , e et m.
- La trace de I correspondant à l'impact des ions, on mesure la distance $L = O_1I$. Exprimer la distance L en fonction de V_1 , B, m et e.

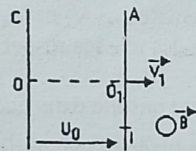
4.

- Exprimer le rapport e/m en fonction de U_0 , L et B.
- Calculer la masse m des ions X^{2-} . En déduire leur masse molaire atomique M.

c. Identifier les ions X^{2-} à l'aide du tableau ci-dessous.

On donne : $B = 0,49 \text{ T}$; $U_0 = 1200 \text{ V}$; $L = 5,76 \text{ cm}$; $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

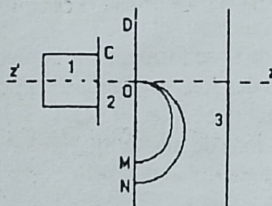
Elément chimique	Cl	Mg	O	S	Na
Masse molaire (g.mol ⁻¹)	35,5	24,3	16	32	23



EXERCICE 67

Deux ions d'oxygène $^x\text{O}^{2-}$ et $^y\text{O}^{2-}$ de masses respectives $m_1 = x.u$ et $m_2 = y.u$ de charge q sont produits dans une chambre d'ionisation (région 1), puis dirigés vers une chambre d'accélération entre deux plaques parallèles C et D. x et y sont des entiers naturels tels que $x < y$.

1. Des ions oxygène sortent de la région 1 avec une vitesse sensiblement nulle et se dirigent de C vers D suivant la direction $z'z$ dans la région 2 soumises à une tension $U_{DC} = U$.



- Préciser, sur un schéma, le sens du champ $\vec{E}$ et le signe de la tension U.
- Donner les expressions des vitesses V_1 de l'ion $^x\text{O}^{2-}$ et V_2 des ions $^y\text{O}^{2-}$ à leur arrivée en O, en fonction de U, e, u, x ou y. En déduire le rapport $\frac{V_1}{V_2}$ en fonction de x et y. Ils décrivent les demi cercles représentés sur la figure.

2. A partir du point O, ces ions pénètrent dans la région 3 où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ normal aux vecteurs vitesses $\vec{V}_1$ et $\vec{V}_2$.

- Préciser le sens du champ magnétique $\vec{B}$ par rapport au plan de la figure.
- Sachant que les trajectoires de ces ions sont circulaires de rayons R_1 pour $^x\text{O}^{2-}$ et R_2 pour $^y\text{O}^{2-}$, déterminer le rapport $\frac{R_1}{R_2}$ en fonction de x et y.

Déduire des deux ions, celui qui décrit le demi cercle $\widehat{OM}$ et celui qui décrit $\widehat{ON}$. Justifier.

c. Sachant que pour l'ion $^x\text{O}^{2-}$, on donne le rapport

$k = \frac{|q|}{m_1}$, et les distances $ON = 4,24 \text{ cm}$ et $MN = 0,24 \text{ cm}$, déterminer les entiers x

et y.

Données : charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; masse d'un proton : $u = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; rapport $k = 1,197 \cdot 10^7 \text{ C.kg}^{-1}$.

EXERCICE 68

Un cyclotron est constitué par deux boîtes demi-cylindriques D_1 et D_2 à l'intérieur desquelles on établit un champ

magnétique uniforme de vecteur $\vec{B}$.

Dans l'espace compris entre ces boîtes, on établit une tension alternative $u(t)$ de valeur maximale U_{max} dont la période est égale à celle du cyclotron. Cette tension a pour rôle d'inverser

le sens du champ électrostatique $\vec{E}$

ainsi créé, de sorte que les particules sont toujours accélérées à chaque traversée de l'intervalle étroit. Des protons de masse m sont injectés en S avec une vitesse négligeable.

- Un proton émis en S entre pour la première fois dans D_1 avec la vitesse v_1 . Exprimer v_1 en fonction de U_{max} , e (charge élémentaire) et m. (S est à égale distance des faces N_2M_2 et N_1M_1).

Déterminer $\vec{V}_1$.

On donne $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $d = 1 \text{ cm}$; $U_{\text{max}} = 4000 \text{ V}$.

- Etablir l'expression du rayon de la trajectoire R_1 dans D_1 correspondant à la vitesse v_1 . Pour l'application numérique, on prendra $B = 1,03 \text{ T}$.

