



SERIE D'EXERCICES SUR P6: MOUVEMENT D'UNE PARTICULE CHARGÉE DANS UN CHAMP MAGNETIQUE UNIFORME

EXERCICE 1:

On considère le dispositif expérimental schématisé ci-contre, comportant 4 zones notées 1, 2, 3, 4.

zone 1: chambre d'accélération entre P_1 et P_2 .

zone 2: sélecteur de vitesse entre P_2 et P_3 .

zone 3: chambre de déviation de largeur l .

zone 4: région où il ne règne ni un champ électrique, ni un champ magnétique. (E) est un écran placé à une distance D de la plaque P_3 , perpendiculairement à l'axe horizontal $x'x$. C, est une chambre d'ionisation qui émet des ions sodium Na^+ de masse m et de charge q . P_1, P_2, P_3 sont des plaques métalliques verticales percées de trous T_1, T_2, T_3 alignés sur l'axe horizontal $x'x$. A_1 et A_2 sont des plaques métalliques horizontales séparées par une distance d ;

elles n'ont aucun contact électrique avec P_2 et P_3 .

Le dispositif est placé dans le vide. On néglige le poids des ions devant les autres forces.

1/ Les ions Na^+ sortent du trou T_1 , avec une vitesse supposée nulle. Accélérés par une différence de potentiel $U = V_{P_1} - V_{P_2}$ entre les plaques P_1 et P_2 , ils franchissent le trou T_2 avec une vitesse V_0 .

Par application du théorème de l'énergie cinétique, montrer que le rapport $\frac{q}{m}$ (charge massique) pour un

ion Na^+ est donné par l'expression: $\frac{q}{m} = \frac{V_0^2}{2U}$

2/ Dans la zone 2, règnent simultanément un champ électrique uniforme de vecteur \vec{E} vertical et un champ magnétique uniforme dont le vecteur \vec{B} est perpendiculaire au plan de la figure.

a/ Sur votre feuille de copie, faire un schéma où sera représentée la force électrique \vec{F}_e qui s'exerce sur un ion se trouvant dans la zone 2.

b/ Sur le même schéma, représenter, justification à l'appui, la force magnétique \vec{F}_m qui doit s'appliquer sur le même ion pour qu'il suive une trajectoire rectiligne jusqu'au trou T_3 .

c/ En déduire le sens du vecteur champ magnétique \vec{B} dans la zone 2. Compléter le schéma en mettant le sens de \vec{B}

d/ Exprimer le rapport q/m en fonction de U , E et B . Faire l'application numérique.

Données: $U = 3,9 \text{ kV}$; $E = 9.10^3 \text{ V.m}^{-1}$; $B = 5.10^{-2} \text{ T}$.

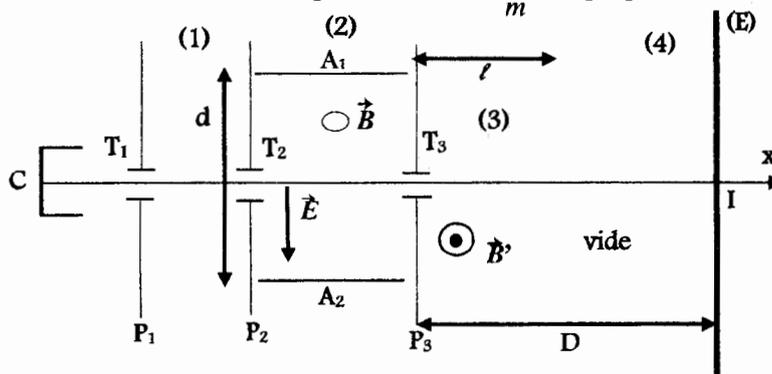
3/ Après le trou T_3 , les ions arrivent dans la zone 3 où règne le champ magnétique uniforme de vecteur \vec{B}' représenté sur la figure. A la sortie de la zone 3, le vecteur vitesse d'un ion Na^+ fait un angle α faible avec l'axe $x'x$.

a/ Représenter, justification à l'appui, la trajectoire d'un ion de T_3 à l'écran.

b/ Le point M est le point d'impact des ions Na^+ sur l'écran, I est le point d'intersection de l'axe ($x'x$) avec l'écran.

Établir l'expression de la déflexion magnétique $Y = IM$ en fonction de q , m , V_0 , B' , l et D puis en fonction de q , m , U , B' , l et D .

Peut-on en déduire une détermination expérimentale de $\frac{q}{m}$? Expliquer.



EXERCICE 2:

On se propose de déterminer le nombre de masse de l'un des isotopes du potassium, élément chimique, mélange de deux types d'isotope: ^{39}K et ^xK . L'isotope ^{39}K est plus abondant. On utilise alors un spectrographe de masse constitué essentiellement de trois compartiments: Dans le premier compartiment, les atomes de potassium sont ionisés en cations ($^{39}\text{K}^+$ et $^x\text{K}^+$) ; dans le deuxième compartiment, les ions sont accélérés, leurs vitesses initiales étant négligeables et dans le troisième compartiment, les ions sont soumis à l'action d'un champ magnétique; en fin de course, ils atteignent un écran luminescent.

Données: le poids d'un ion est négligeable devant la force électrique et la force magnétique. La charge élémentaire est $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; la tension U établie entre les plaques A et C a pour valeur $U = V_A - V_C = 1,0 \cdot 10^3 \text{ V}$; l'intensité du champ magnétique régnant dans la zone 3 est $B = 100 \text{ mT}$; la masse d'un nucléon est $m_0 = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; la masse de l'ion $^{39}\text{K}^+$ est $m_1 = 39 m_0$, la masse de l'ion $^x\text{K}^+$ est $m_2 = x m_0$

1/ Entre les plaques A et C, les ions sont accélérés par un champ électrique uniforme. Leur vitesse au point T_1 de la plaque A est supposée nulle.

a/ Reproduire la figure sur la feuille de copie et représenter la force électrique s'exerçant sur un ion potassium se trouvant en M.

b/ Montrer que, arrivés au niveau de la plaque C, en T_2 , tous les ions potassium ont la même énergie cinétique.

c/ Montrer alors qu'en T_2 , la vitesse de chaque ion $^{39}\text{K}^+$ a pour expression : $v_1 = \sqrt{\frac{2qU}{m_1}}$.

En déduire, sans démonstration, l'expression de la vitesse v_2 des isotopes $^x\text{K}^+$ en T_2 .

2/ A partir de T_2 , les ions pénètrent dans la zone 3 avec des vitesses perpendiculaires à la plaque C. Chaque type d'isotope effectue, dans le plan de la figure, un mouvement circulaire uniforme.

a/ En un point N de l'une des trajectoires, représenter sur la figure déjà reproduite, la vitesse d'un ion potassium et la force magnétique qui s'exerce sur cet ion.

b/ Compléter la figure en représentant le sens du champ magnétique régnant dans la zone 3.

3/ Montrer que le rayon de la trajectoire des ions $^{39}\text{K}^+$ a pour expression: $R_1 = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2m_1U}{q}}$.

En déduire l'expression du rayon R_2 de la trajectoire des isotopes $^x\text{K}^+$.

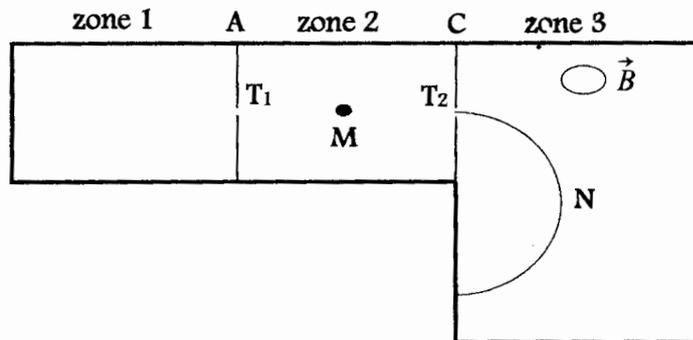
4/ Déterminer, par calcul, la valeur du rayon R_1 de la trajectoire des ions $^{39}\text{K}^+$.

5/ Les deux types d'isotopes rencontrent l'écran luminescent en deux points d'impact I_1 et I_2 ; le point d'impact I_1 étant plus lumineux.

a/ Préciser, en justifiant, le point d'impact de chaque type d'isotopes.

b/ Montrer que le rapport des rayons des trajectoires des isotopes du potassium dans la zone 3 est $\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$.

c/ La distance entre les points d'impact est $d = 2,5 \text{ cm}$. Déterminer la valeur du nombre de masse x de l'isotope $^x\text{K}^+$.

**EXERCICE 3:**

Le poids d'un ion est négligeable devant la force électrique et la force magnétique et les vitesses sont faibles devant la célérité de la lumière.

Des ions isotopes du zinc ($^{A1}\text{Zn}^{2+}$ et $^{A2}\text{Zn}^{2+}$ du zinc), de masses respectives m_1 et m_2 sont produits dans une chambre d'ionisation (1). Ces ions sont ensuite accélérés entre deux plaques métalliques P_1 et P_2 verticales et parallèles. La tension accélératrice entre les plaques P_1 et P_2 est $U_0 = V_{P2} - V_{P1}$.

On suppose que les ions sortent de la chambre d'ionisation en O_1 avec une vitesse négligeable.

1/ Accélération des ions: chambre (2)

a/ Indiquer, en le justifiant, le signe de $U_0 = V_{P2} - V_{P1}$.

b/ Si v_1 et v_2 désignent respectivement les vitesses en O_2 des deux types d'ions $^{A1}\text{Zn}^{2+}$ et $^{A2}\text{Zn}^{2+}$ du zinc, donner la relation entre v_1 , v_2 , m_1 et m_2 .

c/ Le rapport $\frac{m_1}{m_2} = 1,05$; en déduire la valeur de v_1 , sachant que $v_2 = 1,55 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$.

2/ Filtre de vitesses: chambre (3)

Arrivés en O_2 , les ions pénètrent dans la chambre (3) constitué par:

► deux plaques horizontales R et Q séparées d'une distance $d = 10,00$ cm et entre lesquelles on établit une différence de potentiel $U = V_R - V_Q$.

► un dispositif adéquat crée dans l'espace situé entre les deux plaques un champ magnétique uniforme \vec{B}

orthogonal aux vecteurs vitesses \vec{v}_1, \vec{v}_2 et au champ électrique \vec{E} d'intensité $B = 0,01$ T.

a/ Quel doit être le signe de la tension $U = V_R - V_Q$ pour que les ions $^{A1}\text{Zn}^{2+}$, arrivant en O_2 avec la vitesse v_1 , traversent cette chambre en ligne droite ?

b/ Reprendre sur votre copie la chambre (3), puis représenter les deux forces qui s'exercent sur l'ion $^{A1}\text{Zn}^{2+}$ au point M.

c/ Exprimer la tension U en fonction de v_1, B, d . Calculer sa valeur.

3/ Déviation des ions: chambre (4)

Après le trou O_3 , l'isotope $^{A1}\text{Zn}^{2+}$ subit sur la distance $\ell = 5,00$ cm l'action d'un champ magnétique uniforme

\vec{B}' perpendiculaire au plan de la figure d'intensité $B' = 5,24 \cdot 10^{-2}$ T.

a/ Sachant que le mouvement de l'ion $^{A1}\text{Zn}^{2+}$ est circulaire uniforme dans la chambre (4), exprimer le rayon R_1 de l'arc décrit par l'ion $^{A1}\text{Zn}^{2+}$ en fonction de q, m_1, B' et v_1 .

b/ Reprendre sur votre copie les chambres (4) et (5), puis représenter la trajectoire d'un ion $^{A1}\text{Zn}^{2+}$ de O_3 à l'écran.

c/ A une distance $L = 2,00$ m du point O_3 , on place un écran (E) sur lequel arrive l'ion $^{A1}\text{Zn}^{2+}$ en un point P tel que $OP = H = 10,00$ cm appelée déflexion magnétique.

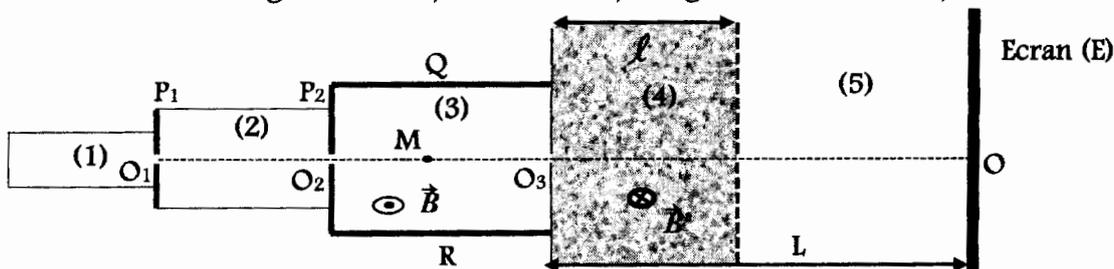
A la sortie de la chambre (4), le vecteur vitesse d'un ion $^{A1}\text{Zn}^{2+}$ fait un angle α avec l'horizontale OO_3 .

Etablir l'expression de la charge massique $\frac{q}{m_1}$ en fonction de H, B', ℓ, L et v_1 . Calculer $\frac{q}{m_1}$.

En déduire la valeur du nombre de nucléon A_1 de l'isotope $^{A1}\text{Zn}^{2+}$ ainsi que le nombre de nucléon A_2 de l'isotope $^{A2}\text{Zn}^{2+}$.

N.B: on néglige la largeur ℓ de la chambre (4) par rapport à la longueur L et que l'angle α est faible.

On donne: nombre d'Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; charge élémentaire $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$



EXERCICE 4:

Le chlore naturel est un mélange essentiellement constitué des isotopes ^{41}Cl et ^{42}Cl dont les proportions isotopiques sont respectivement 75% et 25%. La masse molaire du chlore naturel est de $35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

On considère le spectrographe de masse schématisé à la figure 4. Des atomes de chlore sont ionisés dans la chambre d'ionisation (1); les ions $^{41}\text{Cl}^-$ et $^{42}\text{Cl}^-$ obtenus sont introduits avec une vitesse initiale nulle par

le trou P_1 dans la chambre d'accélération (2) où règne un champ électrique uniforme \vec{E} créé par une tension $U_1 = V_{P1} - V_{P2}$ négative. Les ions sont alors accélérés vers le trou P_2 par lequel ils pénètrent avec une vitesse

\vec{V}_{0i} dans la chambre de déviation (3) où règne un champ magnétique uniforme \vec{B} orthogonal au plan de la figure et de valeur B .

1/ Quel est la direction et le sens du vecteur champ électrique \vec{E} dans la chambre d'accélération.

2/ Etablir l'expression de la vitesse V_{0i} de chaque ion en fonction de e, m_i et U_1 .

3/ Dans la chambre (3) de déviation:

a/ Montrer que le mouvement d'un ion s'effectue dans un plan que l'on précisera puis montrer que ce mouvement est circulaire uniforme.

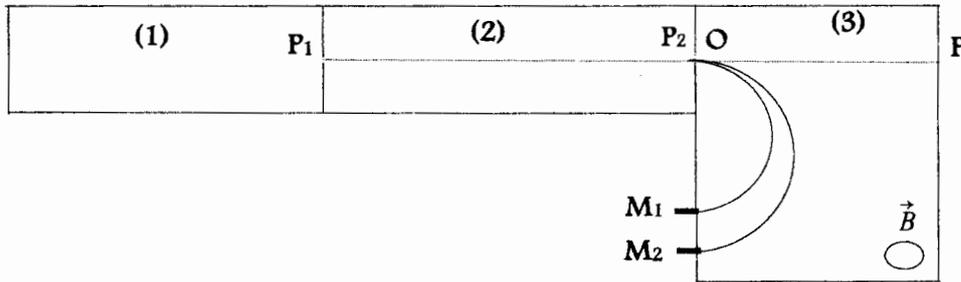
b/ Exprimer R_1 et R_2 respectivement rayons des trajectoires des ions $^{41}\text{Cl}^-$ et $^{42}\text{Cl}^-$ en fonction de e, B, U_1 et m_1 ou m_2 . En déduire l'expression de $\frac{R_2}{R_1}$ en fonction de A_1 et A_2 .

- c/ Donner le sens de \vec{B} pour que les ions tombent aux points M_1 et M_2 .
 d/ Les ions $^{41}\text{Cl}^-$ et $^{42}\text{Cl}^-$ tombent respectivement en M_1 et M_2 tel que $OM_1 = 0,972 \times OM_2$.
 Déterminer les valeurs de A_1 et A_2 .
 e/ Calculer les valeurs de R_2 et V_{0_2} pour $R_1 = 20 \text{ cm}$ et $V_{0_1} = 1,48 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$.

4/ On applique maintenant simultanément dans la chambre de déviation les champs \vec{E} et \vec{B} .

Quelle doit être la valeur de l'intensité du champ magnétique \vec{B} pour que les ions $^{41}\text{Cl}^-$ sortent au point P sans être déviés avec une vitesse $V_{0_1} = 1,48 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$?

On donne: $E = 7400 \text{ V.m}^{-1}$; la masse d'un ion est $m_i = A_i \times u$ ($1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$).



EXERCICE 5:

Dans toute la suite on néglige le poids de la particule devant la force magnétique. Les mouvements sont rapportés au référentiel du laboratoire supposé galiléen.

1/ Une particule de charge q , de masse m , pénètre dans un champ magnétique uniforme \vec{B} avec une vitesse \vec{v}_0 orthogonale à \vec{B} .

a/ Montrer que le mouvement de la particule est à vitesse constante dans la région où règne le champ magnétique \vec{B} .

b/ Montrer que la trajectoire est circulaire et est située dans un plan que l'on précisera. Donner l'expression littérale du rayon R de cette trajectoire.

2/ Une chambre d'ionisation C produit des ions de masse m , de charge q , accélérés par une tension appliquée entre la chambre d'ionisation C et l'électrode K horizontal percé d'un trou O.

Passant en O avec une vitesse \vec{v}_0 , les ions pénètrent dans une région où règne un champ magnétique uniforme horizontal \vec{B} . La trajectoire décrite par les ions est telle qu'ils viennent frapper en T_0 la plaque photographique P située dans le plan horizontal passant par K (voir figure).

a/ Exprimer en fonction de q , m , v_0 et B la distance $d_0 = OT_0$.

b/ A l'entrée dans le champ \vec{B} , la valeur de la vitesse de l'ion est $v = v_0 + \Delta v$.

L'ion frappe la plaque P en T. Exprimer en fonction de d_0 , v_0 et Δv la distance $D = TT_0$.

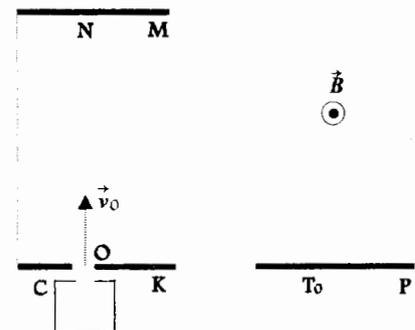
b-1/ En réalité le faisceau d'ion n'est pas homocinétique, les valeurs des vitesses des ions sont comprises entre $v_0 - \Delta v$ et $v_0 + \Delta v$.

b-2/ Exprimer littéralement les rayons R_1 et R_2 des trajectoires correspondant aux vitesses limites en fonction de q , m , v_0 , Δv et B .

b-3/ Exprimer littéralement la distance entre les deux traces T_1 et T_2 , puis calculer numériquement cette distance pour $\Delta v = 5 \cdot 10^3$.

Données: $|q| = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; masse de l'ion $m = 232u$; $1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$;

$v_0 = 10^5 \text{ m.s}^{-1}$; $B = 0,20 \text{ T}$.



3/ On superpose au champ \vec{B} un champ électrique uniforme \vec{E} .

a/ Déterminer les caractéristiques de \vec{E} , pour recueillir sur la plaque M en N seulement les ions animés de la vitesse v_0 du faisceau non homocinétique précédent (N est sur la même direction que O).

b/ Qu'arrive-t-il aux particules de vitesse $v_0 - \Delta v$? De vitesse $v_0 + \Delta v$.

Le dispositif convient-il aussi bien pour les charges positives que pour les charges négatives ?



pH D'UNE SOLUTION AQUEUSE - AUTOPROTOLYSE DE L'EAU - PRODUIT IONIQUE - INDICATEURS COLORES / NOTIONS D'ACIDE FORT ET DE BASE FORTE-REACTION ENTRE ACIDE FORT ET BASE FORTE

EXERCICE 1:

- 1) Calculer à 25°C les concentrations en ions H_3O^+ et en HO^- du sang humain de $\text{pH} = 7,39$
- 2) Calculer le pH d'une solution aqueuse dont la concentration $[\text{H}_3\text{O}^+]$ vaut $2 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ à 25°C.
- 3) Calculer le pH d'une solution aqueuse dont la concentration $[\text{OH}^-]$ vaut $6 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ à 25°C.

EXERCICE 2:

Les questions 1) ; 2) et 3) sont indépendantes.

- 1) A 60°C le pH de l'eau pure est 6,5. Calculer les concentrations des ions hydroniums et hydroxydes à cette température puis en déduire le produit ionique de l'eau à cette température.
- 2) A 50°C le produit ionique de l'eau est $5,6 \cdot 10^{-14}$. Trouver à cette température le pH de l'eau pure.
- 3) On considère à 80°C des solutions aqueuses S_1 , S_2 et S_3 de pH respectifs $\text{pH}_1=5,8$, $\text{pH}_2=6,93$ et $\text{pH}_3=6,3$. Préciser le caractère acide, basique ou neutre de chacune de ces solutions S_1 , S_2 et S_3 .
On donne A 80 °C, $K_c = 2,5 \cdot 10^{-13}$.

EXERCICE 3:

Dans une fiole jaugée de 250 mL, on introduit successivement les composés suivants:

- une solution d'acide chlorhydrique de volume $V_1 = 20 \text{ mL}$ et de concentration $C_1 = 0,02 \text{ mol.L}^{-1}$
- une solution d'acide nitrique de volume $V_2 = 25 \text{ mL}$ et de concentration $C_2 = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}$
- une masse $m_3 = 1,36 \text{ g}$ de sulfate de calcium solide CaSO_4
- une masse $m_4 = 3,28 \text{ g}$ de nitrate de calcium solide $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- On complète le tout à 250 mL avec de l'eau distillée, à 25°C

- 1) Ecrire les équations de dissolution de ces 4 composés et celle de l'autoprotolyse de l'eau.
- 2) Déterminer la concentration molaire de chacun des ions présents dans le mélange sachant qu'aucune réaction chimique n'a lieu.
- 3) Vérifier l'électroneutralité de la solution. On admettra qu'il ne se produit aucune réaction entre les différents ions présents.
- 4) Déterminer le pH de la solution obtenue.

On donne en g.mol^{-1} : $M(\text{H}) = 1$; $M(\text{O}) = 16$; $M(\text{Cl}) = 35,5$; $M(\text{N}) = 14$; $M(\text{Ca}) = 40$; $M(\text{S}) = 32$.

EXERCICE 4:

On dispose d'une solution commerciale titrant 30% en masse, de densité $d = 1,22$ et dénommée solution d'acide chlorhydrique.

- 1) Calculer la concentration molaire C_0 de la solution commerciale.
- 2) Quel volume de la solution commerciale faut-il utiliser pour préparer 1 litre d'une solution S_1 d'acide chlorhydrique de concentration $10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$?
- 3) Décrire le mode opératoire pour préparer la solution S_1 en précisant la verrerie utilisée.

EXERCICE 5:

Une solution aqueuse d'acide perchlorique de concentration $C_a = 5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ a un $\text{pH} = 2,3$ à 25°C.

- 1) Montrer que l'acide perchlorique est un acide fort.
- 2) Ecrire l'équation de la réaction de dissolution de l'acide perchlorique (HClO_4) dans l'eau.
- 3) Calculer la concentration molaire des différentes espèces chimiques en solution.
- 4) On prélève 15 mL de cette solution que l'on dose par une solution d'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de concentration $C_b = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.

4.1- Ecrire l'équation bilan de la réaction du dosage.

4.2- Calculer le volume de base versé à l'équivalence.

4.3- Calculer la concentration molaire des ions présents dans la solution à l'équivalence.

On obtient un solide en évaporant l'eau du mélange obtenu à l'équivalence. Donner la formule et nom de ce solide puis calculer sa masse.

EXERCICE 6:

Une solution aqueuse d'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de concentration $1,9 \text{ g.L}^{-1}$ a $\text{pH} = 12,7$ à 25°C.

- 1) L'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$ est-il une dibase forte ? Justifier.
- 2) Ecrire l'équation bilan de la réaction de l'hydroxyde de calcium avec l'eau pure.
- 3) Calculer les concentrations molaires des différentes espèces chimiques en solution.
- 4) On prélève 30 mL de cette solution et on complète avec de l'eau pure afin d'obtenir un volume final de 100 mL. Calculer le pH de la solution finale.

EXERCICE 7:



On dispose à 25°C les solutions aqueuses suivantes :

- S_1 une solution d'hydroxyde de magnésium $Mg(OH)_2$ de $pH = 12$
 - S_2 une solution d'acide chlorhydrique de $pH = 3,7$
- 1) On dilue 1000 fois la solution S_2 pour obtenir une solution S_3 ? Quelles sont les concentrations des espèces chimiques présentes dans S_3 ? Quelle est la valeur du pH de la solution S_3 ?
 - 2) On mélange un volume V_1 de S_1 avec un volume V_2 de S_2 de telle sorte que l'on obtienne une solution finale S_4 de volume $V_4 = 300\text{mL}$ et de $pH = 11,5$. Calculer V_1 et V_2 .
 - 3) Une solution S_5 est obtenue en mélangeant 600mL de S_1 ; 400mL de S_2 et 300mL d'une solution de chlorure de magnésium $MgCl_2$ de concentration $C = 0,1\text{mol.L}^{-1}$.
La solution S_5 est-elle acide, basique ou neutre. Quel est le pH de la solution S_5 .

Exercice 8:

On prélève un volume $V_B = 20\text{ mL}$ d'une solution S_B d'hydroxyde de potassium KOH qu'on introduit dans un bécher à laquelle on ajoute quelques gouttes de BBT puis à l'aide d'une burette graduée on verse goutte à goutte une solution S_A d'acide nitrique HNO_3 de $pH=2$ dans le bécher. Le volume d'acide versé à l'équivalence est $V_{AE} = 40\text{ mL}$.

- 1) Faire un schéma annoté du dispositif du dosage.
- 2) Définir l'équivalence acido-basique puis justifier le pH du mélange à l'équivalence.
- 3) Ecrire l'équation bilan de la réaction acide -base.
- 4) Déterminer la concentration C_B de la solution d'hydroxyde de potassium puis en déduire son pH .
- 5) Calculer la concentration des espèces chimiques présentes dans le mélange lorsque le volume d'acide versé est $V_A = 25\text{ mL}$?
- 6) Calculer la concentration des espèces chimiques présentes dans le mélange lorsque le volume d'acide versé est $V_A = 60\text{ mL}$?

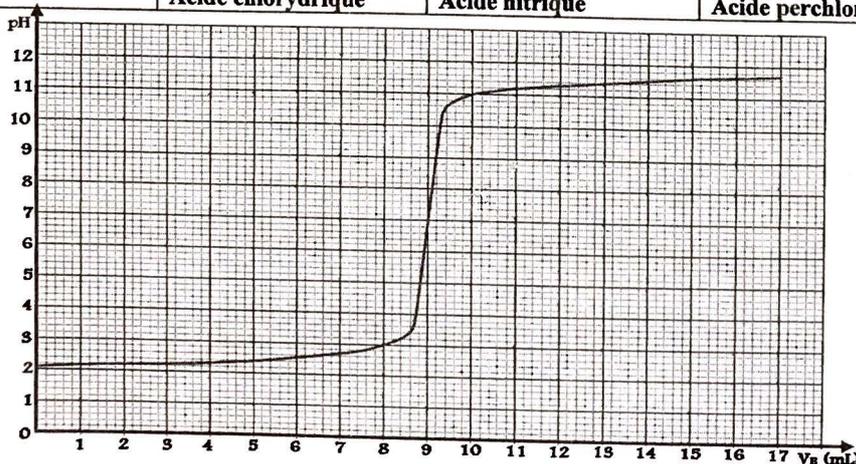
EXERCICE 9:

On dispose au laboratoire d'une bouteille contenant une solution étiquetée: solution d'un monoacide fort (HA) de concentration $C_A = 8.10^{-3}\text{ mol.L}^{-1}$.

Afin d'identifier ce monoacide fort, le professeur décide de doser par pH -métrique un volume $V_A = 5\text{ mL}$ de la solution de ce monoacide par la solution S_B d'hydroxyde de calcium de concentration $C_B = 2,2.10^{-3}\text{ mol.L}^{-1}$. Les résultats obtenus ont permis de tracer la courbe $pH = f(V_B)$ jointe en annexe:

- 1) Faire un schéma annoté du dispositif permettant d'effectuer ce dosage.
- 2) Ecrire l'équation-bilan de la réaction du dosage.
- 3) Préciser, en le justifiant, les coordonnées du point d'équivalence.
- 4) Définir l'équivalence acido-basique.
- 5) Déterminer la concentration C_A de la solution du monoacide (HA). Conclure.
- 6) Le mélange obtenu à l'équivalence est complètement déshydraté. Le composé X obtenu a une masse $m = 3,25\text{ mg}$.
6.1- Déterminer la masse molaire du composé X.
6.2- Déduire la masse molaire du monoacide (HA) utilisé puis donner sa formule brute et son nom.

Formules brutes	HCl	HNO ₃	HClO ₄
Noms	Acide chlorhydrique	Acide nitrique	Acide perchlorique



Exercice 10:

On étudie la variation du pH d'une solution d'hydroxyde de sodium à laquelle on ajoute progressivement une solution d'acide chlorhydrique de concentration 10^{-3} mol/L. Le bécher où est réalisé le mélange contient initialement 10 cm³ d'hydroxyde de sodium. On obtient les résultats suivants :

V_A (cm ³)	0	4	8	12	14	16	17	17,5	18	18,5	19	20	22	26
pH		11	10,7	10,4	10,2	9,9	9,5	9,2	7	4,7	4,5	4,2	3,9	3,7

- 1) Faire le schéma annoté du dispositif permettant d'effectuer ce dosage.
- 2) Tracer le graphe $\text{pH} = f(V_A)$.
- 3) Définir l'équivalence acido-basique.
- 4) Calculer la concentration molaire de la solution d'hydroxyde de sodium. En déduire le pH de la solution dans le bécher pour $V_A = 0$ mL.
- 5) Calculer la concentration molaire des ions présents dans le mélange quand on a ajouté 12 cm³ de la solution d'acide chlorhydrique dans le bécher?
- 6) Vers quelle valeur tendrait le pH du mélange si on continuait à ajouter la solution chlorhydrique ?
- 7) Quel indicateur colorés doit-on utiliser pour faire le dosage colorimétrie. Justifier ? Comment repérer alors le point équivalent

EXERCICE 11:

Dans un laboratoire, on dispose des solutions suivantes :

- Une solution S d'hydroxyde de sodium de masse volumique $\rho = 1,2 \text{ kg.L}^{-1}$ de pourcentage massique en hydroxyde de sodium pur 16,7 %.
- Une solution d'acide sulfurique de concentration molaire C_A .
- De l'eau distillée.

- 1) Montrer que la concentration volumique C_B de la solution S peut s'écrire: $C_B = \frac{167}{40}\rho$ (ρ en kg.L^{-1}).
- 2) On prélève 10mL de la solution S qu'on dilue pour obtenir une solution S' de concentration molaire volumique $C'_B = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. Déterminer le volume d'eau distillée nécessaire à la préparation de S'.
- 3) Afin de déterminer la concentration C_A de l'acide sulfurique, on dose 10mL de celle-ci par la solution S' d'hydroxyde de sodium.
 - 3.1- Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
 - 3.2- Définir l'équivalence acido-basique et évaluer qualitativement le pH du mélange à l'équivalence.
 - 3.3- Calculer C_A sachant que le volume de la solution S' utilisée est 20mL.
 - 3.4- Calculer les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans le mélange à l'équivalence.

EXERCICE 12:

- 1) On prépare une solution en dissolvant une masse m d'un monoacide fort de masse molaire M dans un volume V d'eau pure. On négligera la variation de volume consécutive à la dissolution de l'acide. On mesure les pH de plusieurs solutions obtenues chacune par dissolution d'une masse m de cet acide dans un volume $V = 1\text{L}$ d'eau et on obtient le tableau suivant:

pH	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4
m(g)	1	0,63	0,39	0,25	0,158	0,1	0,06	0,04	0,02
logm									

- 1.1- Exprimer le pH de la solution en fonction de m , M et V .
- 1.2- Compléter le tableau ci-dessus et tracer la courbe $\text{pH} = f(\log m)$.
Echelle: abscisse: 1cm pour 0,2 ; ordonnée: 1 cm pour 0,4
- 1.3- Montrer, à partir de la courbe, que le pH peut se mettre sous la forme: $\text{pH} = a \log m + b$ relation où a et b sont des constantes dont on déterminera les valeurs.
- 1.4- Déduire de ceux qui précèdent la masse molaire M de l'acide et l'identifier parmi les acides de formules brutes: HCl ; HNO_3 ; HClO_3 .
- 2) On prélève un volume $V_a = 20$ mL d'une des solutions de l'acide de $\text{pH} = 2,1$ et on y ajoute un volume $V_b = 30$ mL d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
 - 2.1- Le mélange obtenu est-il acide, basique ou neutre ? Justifier la réponse.
 - 2.2- Calculer le pH de ce mélange.
 - 2.3- Quel volume de la solution d'hydroxyde de sodium devrait-on ajouter pour neutraliser exactement le volume d'acide prélevé?

SERIE D'EXERCICE SUR P5 : GENERALITES SUR LES CHAMPS MAGNETIQUES-CHAMP MAGNETIQUE DES COURANTS

EXERCICE 1:

1/ En un point de l'espace M se superposent deux champs magnétiques \vec{B}_1 et \vec{B}_2 créés par les deux aimants dont les directions sont orthogonales (figure 1). Les mesures sont respectivement $B_1 = 3.10^{-3}$ T et $B_2 = 4.10^{-3}$ T.

a/ Déterminer les pôles des deux aimants.

b/ Représenter graphiquement le champ résultant \vec{B} .

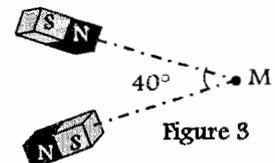
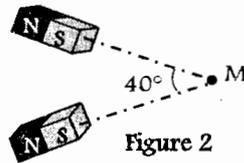
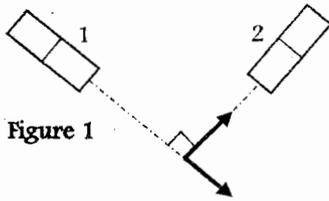
c/ Calculer le champ résultant B et $\alpha = (\vec{B}_1; \vec{B})$.

2/ Chaque aimant (figure 2 et 3) crée au point M un champ magnétique de valeur $2,5.10^{-3}$ T.

a/ Tracer, en précisant l'échelle, les champs \vec{B}_1 et \vec{B}_2 et $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$.

b/ Déduire de la construction vectorielle la valeur du champ magnétique résultant au point M.

c/ Retrouver le résultat précédent en utilisant une fonction trigonométrique.



EXERCICE 2:

Deux solénoïdes S_1 et S_2 comportant respectivement $N_1 = 400$ spires et $N_2 = 500$ spires et de longueurs respectives $L_1 = 40$ cm et $L_2 = 20$ cm sont placés de telle manière que leurs centres occupent le point M comme l'indique la figure. Sur cette figure on a indiqué le sens de circulation du courant I_2 traversant S_2 .

1/ Lorsque $I_2 = 0$ et $I_1 = 0$, l'aiguille aimantée fait un angle 45° avec l'axe des y. Représenter la composante horizontale du vecteur champ magnétique terrestre.

2/ $I_2 = 0$ et $I_1 \neq 0$. On remarque que l'aiguille aimantée prend la direction de l'axe yy' .

a/ Donner les caractéristiques du champ magnétique B_1 créé au point M par S_1 .

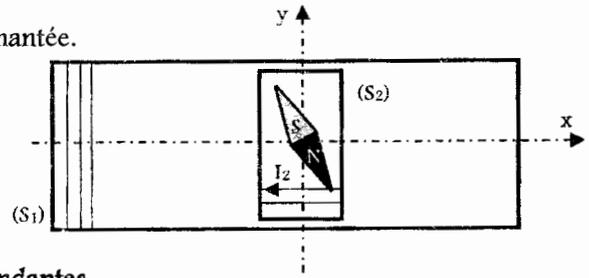
b/ Faire un schéma clair où figure les vecteurs \vec{B}_H et \vec{B}_1 et l'aiguille aimantée.

c/ Déterminer le sens et l'intensité du courant I_1 .

3/ Dans la suite de cet exercice, les deux solénoïdes S_1 et S_2 sont parcourus respectivement par des courants I_1 et I_2 avec $I_1 = I_2 = 1$ A.

a/ Faire un schéma dont lequel figure \vec{B}_H , \vec{B}_1 et \vec{B}_2 au point M.

b/ Calculer la déviation de l'aiguille.



EXERCICE 3:

Les parties 1 ; 2 et 3 sont indépendantes

PARTIE 1

Un solénoïde de longueur $L = 25$ cm est constitué par une couche de fil à spires jointives. L'axe du solénoïde est disposé horizontalement de sorte que son axe fait un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'axe Sud-Nord magnétique. En un point O à l'intérieur du solénoïde, on place une aiguille aimantée mobile autour d'un axe vertical.

1/ Reprendre le schéma en indiquant la position stable de l'aiguille aimantée lorsqu'aucun courant ne traverse le solénoïde.

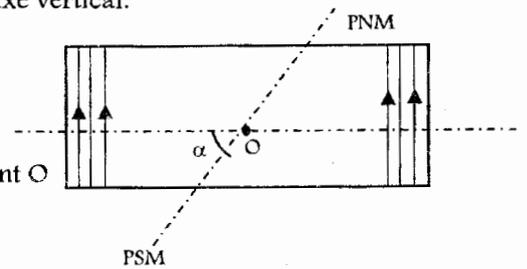
2/ On fait passer dans le solénoïde un courant d'intensité I de sorte que l'aiguille aimantée s'oriente perpendiculairement par rapport à l'axe du solénoïde.

a/ Reprendre le schéma en indiquant les vecteurs champs magnétiques au point O

et l'angle de rotation β de l'aiguille aimantée ainsi que sa position finale.

b/ Déterminer l'intensité du champ magnétique créée par le courant au point O. En déduire l'intensité du courant I.

On donne: $B_H = 2.10^{-5}$ T ; $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ SI ; nombre de spires $N = 200$ spires



PARTIE 2:

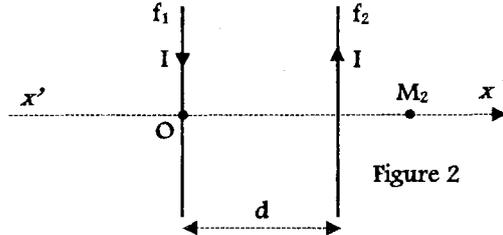
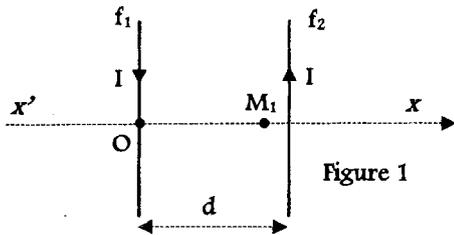
Une aiguille aimantée de déclinaison s'aligne sur la composante horizontale du champ magnétique terrestre auquel elle est soumise. On approche un aimant en U entre les branches où règne un champ magnétique \vec{B} de sorte que sa direction soit orthogonale à \vec{B}_H .

- 1/ Faire un schéma en indiquant \vec{B}_H, \vec{B} la position finale de l'aiguille aimantée et les pôles de l'aimant en U.
 - 2/ L'aiguille aimantée dévie d'un angle $\alpha = 30^\circ$. Quelle est la valeur de B ?
- On donne: $B_H = 0,2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$.

PARTIE 3:

N.B: On ne tiendra pas compte du champ magnétique terrestre.

On considère deux fils conducteurs f_1 et f_2 verticaux, parallèles, distants de d et de longueurs infinies. Les deux fils f_1 et f_2 sont parcourus respectivement par des courants de même intensité I mais de sens opposés. On considère un point M situé à une distance $OM_1 = x_1$ dans les deux cas de figures suivantes:



- 1/ Représenter une vue de dessus de chaque figure en indiquant les directions et les sens des deux champs magnétiques créés par le courant qui traverse les deux fils.
- 2/ En déduire l'expression de la résultante du champ magnétique créé en M par les deux courants rectilignes dans chaque figure en fonction de x_i, d et I .
- 3/ Faire l'application numérique.

On donne: $d = 5\text{cm}$; $OM_1 = x_1 = 3\text{cm}$; $OM_2 = x_2 = 7\text{cm}$; $I = 1\text{A}$; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ SI}$.

EXERCICE 4:

On étudie le champ magnétique créé par les bobines de HELMOHLTZ. Ce sont deux bobines plates circulaires, identiques, de même axe, de centres O_1 et O_2 , de rayon R , distantes l'une de l'autre de $d = R$, comportant chacune N spires. On désigne par O le milieu de O_1O_2 (Voir figure 1 et 2).

On donne $R = 6,5 \text{ cm}$; $N = 100$ spires.

- 1/ Les deux bobines sont traversées par des courants de même sens et de même intensité i .
- 2/ Recopier la figure 2 et représenter le vecteur champ magnétique résultant \vec{B} , créé par les bobines au point O. Justifier cette représentation.
- 3/ On fait varier l'intensité du courant i et on mesure, à chaque fois, la valeur du champ magnétique B au point O. On obtient le tableau de mesures suivant:

$i \text{ (A)}$	0	0,2	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	2,8
$B \text{ (mT)}$	0	0,28	0,69	1,10	1,40	2,10	2,70	3,50	3,90

Tracer la courbe $B = f(i)$ avec les échelles suivantes: $\begin{cases} 1 \text{ cm pour } 0,25 \text{ A} \\ 1 \text{ cm pour } 0,4 \text{ mT} \end{cases}$

Déduire de l'allure de la courbe, la relation entre B et i.

- 4/ Dans le vide, la valeur du champ magnétique résultant créé par les bobines, en O, est donnée par: $B = 0,72 \mu_0 \frac{N}{R} i$. Dans cette relation, μ_0 représente la perméabilité magnétique du vide. En utilisant la relation établie en 3/ déterminer la valeur de μ_0 .

5/ Au point O, on place une aiguille aimantée, mobile autour d'un pivot vertical. En l'absence de courant dans les bobines, l'aiguille s'oriente comme l'indique la figure 3. L'axe de l'aiguille est alors parallèle aux plans des bobines. La valeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre vaut $B_H = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$. On fait passer dans les bobines un courant d'intensité $I = 50 \text{ mA}$, l'aiguille aimantée dévie alors d'un angle α .

a/ Faire un schéma indiquant clairement le sens du courant dans les bobines, les vecteurs champs magnétiques au point O et l'angle de rotation α de l'aiguille aimantée.

b/ Déterminer la valeur de l'angle de rotation α de l'aiguille aimantée.

6/ Sans modifier le courant traversant les bobines ($I = 50 \text{ mA}$) on place un aimant droit suivant une direction perpendiculaire à O_1O_2 et confondue avec la direction initiale de l'aiguille (voir figure 4). L'aiguille accuse alors une déviation $\alpha' = 45^\circ$ par rapport à sa position en l'absence de courant. Préciser les caractéristiques du vecteur champ magnétique créé par l'aimant droit au point O.

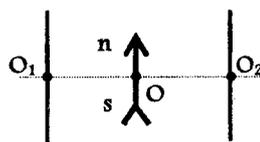
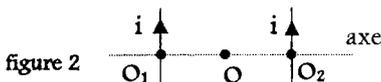
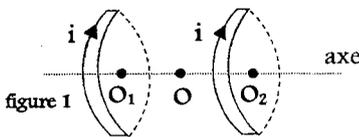


figure 3

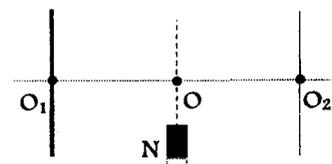


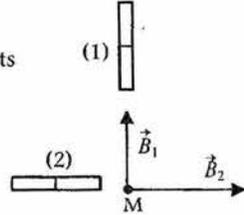
figure 4



SERIE D'EXERCICE SUR P5 & P6: GENERALITES SUR LES CHAMPS MAGNETIQUES-CHAMP MAGNETIQUE DES COURANTS / MOUVEMENT D'UNE PARTICULE CHARGEE DANS UN CHAMP MAGNETIQUE UNIFORME

EXERCICE 1:

En un point M de l'espace se superposent deux champs magnétiques \vec{B}_1 et \vec{B}_2 créés par deux aimants droits dont les directions sont orthogonales. Leurs valeurs sont: $B_1 = 3.10^{-3}$ T et $B_2 = 4.10^{-3}$ T.
1/ Déterminer les noms des pôles des deux aimants.



2/ Construire graphiquement le champ résultant \vec{B} . Calculer les valeurs de B et $\alpha = (\vec{B}, \vec{B}_1)$
3/ Quelle est la position prise par une aiguille aimantée (témoin) placée en M.

EXERCICE 2:

Pour chaque question de cet exercice, on fera un schéma.

Un solénoïde d'axe horizontal se trouve dans le plan du méridien magnétique ; il comporte n spires par mètre. On place en son centre une aiguille aimantée.

1/ Déterminer le sens et l'intensité i_1 du courant qui devra traverser les spires pour que l'aiguille ne prenne aucune direction privilégiée à l'intérieur du solénoïde. Données : $B_H = 2.10^{-5}$ T et $n = 1000$ spires/mètre

2/ On fait passer dans le solénoïde un courant $I_2 = 2I_1$. Déterminer l'angle α dont on doit faire tourner le solénoïde autour d'un axe vertical pour que l'aiguille tourne de 90° ;

a/ si le courant a le même sens que dans la question 1/
b/ s'il est de sens contraire.

EXERCICE 3:

Un solénoïde long est constitué par cinq couches de fil à spires jointives; le fil a un diamètre de 1 mm, isolant compris. Son axe, horizontale est perpendiculaire au méridien magnétique. Une boussole est placée en son centre.

1/ Dessiner une vue de dessus.

2/ On fait passer dans le solénoïde un courant de 5 mA.

a/ Indiquer sur le schéma le sens du courant et le sens de rotation d l'aiguille aimantée.
b/ De quel angle tourne l'aiguille ?

EXERCICE 4:

On étudie le champ magnétique créé par les bobines de HELMOHLTZ. Ce sont deux bobines plates circulaires, identiques, de même axe, de centres O_1 et O_2 , de rayon R, distantes l'une de l'autre de $d = R$, comportant chacune N spires. On désigne par O le milieu de O_1O_2 (Voir figure 1 et 2). On donne $R = 6,5$ cm ; $N = 100$ spires.

1/ Les deux bobines sont traversées par des courants de même sens et de même intensité i.

2/ Recopier la figure 2 et représenter le vecteur champ magnétique résultant \vec{B} , créé par les bobines au point O. Justifier cette représentation.

3/ On fait varier l'intensité du courant i et on mesure, à chaque fois, la valeur du champ magnétique B au point O. On obtient le tableau de mesures suivant:

i (A)	0	0,2	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	2,8
B (mT)	0	0,28	0,69	1,10	1,40	2,10	2,70	3,50	3,90

Tracer la courbe $B = f(i)$ avec les échelles suivantes: $\begin{cases} 1 \text{ cm pour } 0,25 \text{ A} \\ 1 \text{ cm pour } 0,4 \text{ mT} \end{cases}$

Déduire de l'allure de la courbe, la relation entre B et i.

4/ Dans le vide, la valeur du champ magnétique résultant créé par les bobines, en O, est donnée par: $B = 0,72 \mu_0 \frac{N}{R} i$.

Dans cette relation, μ_0 représente la perméabilité magnétique du vide. En utilisant la relation établie en 3/ déterminer la valeur de μ_0 .

5/ Au point O, on place une aiguille aimantée, mobile autour d'un pivot vertical. En l'absence de courant dans les bobines, l'aiguille s'oriente comme l'indique la figure 3. L'axe de l'aiguille est alors parallèle aux plans des bobines. La valeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre vaut $B_H = 2.10^{-5}$ T. On fait passer dans les bobines un courant d'intensité $I = 50$ mA, l'aiguille aimantée dévie alors d'un angle α .

a/ Faire un schéma indiquant clairement le sens du courant dans les bobines, les vecteurs champs magnétiques au point O et l'angle de rotation α de l'aiguille aimantée.

b/ Déterminer la valeur de l'angle de rotation α de l'aiguille aimantée.

6/ Sans modifier le courant traversant les bobines ($I = 50$ mA) on place un aimant droit suivant une direction perpendiculaire à O_1O_2 et confondue avec la direction initiale de l'aiguille (voir figure 4). L'aiguille accuse alors une déviation $\alpha' = 45^\circ$ par rapport à sa position en l'absence de courant. Préciser les caractéristiques du vecteur champ magnétique créé par l'aimant droit au point O.

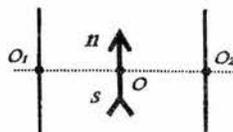
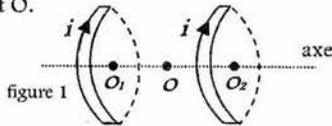


figure 3

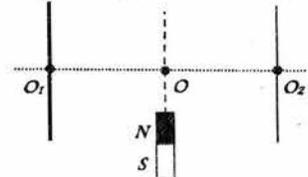


figure 4

EXERCICE 5:

On considère le dispositif expérimental schématisé ci-contre, comportant 4 zones notées 1, 2, 3, 4.

zone 1: chambre d'accélération entre P₁ et P₂.

zone 2: sélecteur de vitesse entre P₂ et P₃.

zone 3: chambre de déviation de largeur ℓ.

zone 4: région où il ne règne ni un champ électrique, ni un champ magnétique.

(E) est un écran placé à une distance D de la plaque P₃,

perpendiculairement à l'axe horizontal x'x. C est une chambre d'ionisation

qui émet des ions sodium Na⁺ de masse m et de charge q. P₁, P₂, P₃ sont des plaques métalliques verticales percées de trous T₁, T₂, T₃ alignés sur l'axe horizontal x'x. A₁ et A₂ sont des plaques métalliques horizontales séparées par une distance d ; elles n'ont aucun contact électrique avec P₂ et P₃. Le dispositif est placé dans le vide. On néglige le poids des ions devant les autres forces.

1/ Les ions Na⁺ sortent du trou T₁, avec une vitesse supposée nulle. Accélérés par une différence de potentiel U = V_{P1} - V_{P2} entre les plaques P₁ et P₂, ils franchissent le trou T₂ avec une vitesse V₀.

Par application du théorème de l'énergie cinétique, montrer que le rapport $\frac{q}{m}$ (charge massique) pour un ion Na⁺ est donné par

l'expression: $\frac{q}{m} = \frac{V_0^2}{2U}$

2/ Dans la zone 2, règnent simultanément un champ électrique uniforme de vecteur \vec{E} vertical et un champ magnétique uniforme dont le vecteur \vec{B} est perpendiculaire au plan de la figure.

a/ Sur votre feuille de copie, faire un schéma où sera représentée la force électrique \vec{F}_e qui s'exerce sur un ion se trouvant dans la zone 2.

b/ Sur le même schéma, représenter, justification à l'appui, la force magnétique \vec{F}_m qui doit s'appliquer sur le même ion pour qu'il suive une trajectoire rectiligne jusqu'au trou T₃.

c/ En déduire le sens du vecteur champ magnétique \vec{B} dans la zone 2. Compléter le schéma en mettant le sens de \vec{B}

d/ Exprimer le rapport q/m en fonction de U, E et B. Faire l'application numérique.

Données: U = 3,9 kV; E = 9.10³ V.m⁻¹; B = 5.10⁻² T.

3/ Après le trou T₃, les ions arrivent dans la zone 3 où règne le champ magnétique uniforme de vecteur \vec{B}' représenté sur la figure. A la sortie de la zone 3, le vecteur vitesse d'un ion Na⁺ fait un angle α faible avec l'axe x'x.

a/ Représenter, justification à l'appui, la trajectoire d'un ion de T₃ à l'écran.

b/ Le point M est le point d'impact des ions Na⁺ sur l'écran, I est le point d'intersection de l'axe (x'x) avec l'écran.

Établir l'expression de la déflexion magnétique Y = IM en fonction de q, m, V₀, B', l et D puis en fonction de q, m, U, B', l et D.

Peut-on en déduire une détermination expérimentale de $\frac{q}{m}$? Expliquer.

EXERCICE 6:

Données: |U₀| = 4,00.10⁵ V; B = 1,00.10¹ T; e = 1,60.10⁻¹⁹ C.

1/ Des ions de masse m et de charge q < 0 sont produits dans la chambre d'ionisation (I) avec une vitesse pratiquement nulle. Ils entrent en E dans l'enceinte A, sous vide, où ils sont accélérés et ressortent en S. Les orifices E et S sont pratiquement ponctuels, et on note U₀ = V_E - V_S la différence de potentiel accélératrice. La vitesse des ions reste suffisamment faible pour que les lois de la mécanique classique soient applicables.

Etablir l'expression littérale de la norme du vecteur vitesse d'un ion à sa sortie en S, en fonction de m, q et U₀.

2/ A leur sortie en S, les ions pénètrent dans une deuxième enceinte sous vide D, dans laquelle règne un champ magnétique uniforme vertical.

a/ Quel doit être le sens du vecteur champ magnétique pour que les ions puissent atteindre les points O₁ ou O₂? Justifier la réponse.

b/ En S, le vecteur vitesse des ions est perpendiculaire à la droite passant par les points O₂, O₁ et S. ► Montrer que la trajectoire d'un ion dans l'enceinte D est plane.

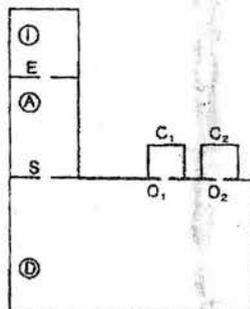
► Montrer que la vitesse de l'ion est constante, que la trajectoire est un cercle de rayon R. Déterminer l'expression du rayon R.

3/ Le jet d'ions sortant de la chambre d'ionisation est un mélange d'ions ⁸¹Br, de masse m₁ = 1,3104.10⁻²⁵ kg, et d'ions ⁷⁹Br, de masse m₂ = 1,3436.10⁻²⁵ kg.

a/ Dans quel collecteur sont reçus les ions de masse m₁? Justifier la réponse.

b/ Calculer la distance entre les entrées O₁ et O₂ des deux collecteurs C₁ et C₂ chargés de récupérer les deux types d'ions.

c/ En une minute, les quantités d'électricité reçues respectivement par les collecteurs C₁ et C₂ sont q₁ = -6,60.10⁻⁸ C et q₂ = -1,95.10⁻⁸ C. Déterminer la composition du mélange d'ions. Justifier votre réponse.



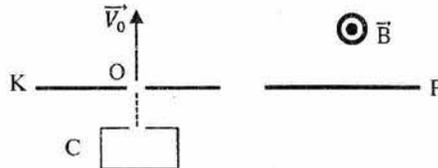
EXERCICE 7:

La déviation magnétique de particules chargées possède de nombreuses applications théoriques et pratiques (cyclotrons, téléviseurs, filtres de vitesse...).

On se propose d'étudier la déviation de particules chargées dans un champ magnétique uniforme.

Des ions de masse m , de charge q sont émis par une chambre d'ionisation C avec une vitesse quasi nulle. Ils sont ensuite accélérés par une tension appliquée entre la chambre d'ionisation et l'électrode K horizontale percée d'un trou O.

Le dispositif est placé dans l'espace où règne un vide supposé parfait. Le poids des ions est négligeable devant les autres forces et les vitesses sont faibles devant la célérité de la lumière.



1/ Un ion de masse m , de charge q , arrive par le trou O dans une zone où règne le champ magnétique uniforme \vec{B} . La vitesse de l'ion en O est verticale et perpendiculaire au vecteur \vec{B} . Après avoir décrit une trajectoire dans l'espace où règne le champ \vec{B} , l'ion frappe une plaque photographique P se trouvant dans le plan horizontal de K. Soit I_0 le point d'impact de l'ion sur la plaque P.

a/ Etablir l'expression de l'intensité de la force magnétique qui s'exerce sur l'ion quand il pénètre en O dans le champ magnétique. Déterminer la valeur de cette intensité. Quel est le signe de la charge portée par un ion ? Justifier la réponse.

b/ Pour un ion donné, comment varie la norme du vecteur vitesse avec le temps dans la zone où le champ magnétique est uniforme? Justifier la réponse.

c/ Montrer que le mouvement d'un ion est plan dans l'espace où règne le champ magnétique \vec{B} .

d/ Montrer qu'un ion a une trajectoire circulaire et exprimer la distance OI_0 en fonction de m, B, q, V_0 . Calculer cette distance.

On donne : $|q| = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m = 232 \text{ u}$ (masses de l'ion étudié); $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $V_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ m/s}$; $B = 0,02 \text{ T}$.

2/ Les ions produits par la chambre d'ionisation ont même masse $m = 232 \text{ u}$ mais des vitesses différentes. Quand les ions entrent dans le champ magnétique \vec{B} , ils n'ont pas tous la même vitesse. La valeur des vitesses des ions est comprise entre $V_0(1+a)$ et $V_0(1-a)$. Les ions de vitesse $V_0(1+a)$ impressionnent la plaque P en un point I alors que les ions de vitesse $V_0(1-a)$ l'impressionnent en I'. Déterminer la distance $D = II'$ sur laquelle se répartissent les points d'impact des ions sur la plaque photographique. On prendra: $a = 5 \cdot 10^{-5}$.

3/ Les ions produits par la chambre d'ionisation ont même vitesse mais sont des isotopes du même élément.

a/ Si les isotopes arrivent en O avec la même vitesse, quelle grandeur physique caractéristique des différents isotopes peut-on identifier à partir des positions des points d'impact sur la plaque photographique?

b/ La dispersion des ions étudiée à la question 2, peut-elle entraîner des difficultés pour déterminer le nombre d'isotopes si elle se produit ? Quel dispositif faudrait-il placer entre la chambre d'ionisation et le point O pour avoir un faisceau rigoureusement homocinétique au point O ? Faire un schéma clair pour appuyer son argumentation.

EXERCICE 8:

A l'intérieur d'une chambre d'ionisation, on produit des ions potassium K^+ . Parmi ces ions existent deux isotopes : ${}^a_{19}K^+$ et ${}^b_{19}K$ de masse respectives m_1 et m_2 .

1/ Ces ions pénètrent dans l'accélérateur par le trou S avec une vitesse pratiquement nulle. Ils sont accélérés sous l'action d'une différence de potentiel positive $U = V_P - V_{P'}$, établie entre les plaques P et P' . Ils parviennent au trou S' qui les conduit vers le filtre de vitesse.

On désigne par \vec{V}_1 le vecteur vitesse en S' de l'ion ${}^a_{19}K^+$ et par \vec{V}_2 celui de l'ion ${}^b_{19}K$. On désigne par V_1 et V_2 les valeurs de ces vitesses.

a/ Montrer que les énergies cinétiques des deux isotopes sont égales.

b/ Déterminer le rapport des masses $\frac{m_2}{m_1}$ et le rapport des vitesses $\frac{V_2}{V_1}$ en fonction des nombres de masse a et b (on assimilera la masse de l'ion à la somme des masses des nucléons composant son noyau).

c/ Application numérique: pour cette question et pour toute la suite du problème, on prendra $a = 39$ et $b = 40$.

Calculer $\frac{m_2}{m_1}$ et $\frac{V_2}{V_1}$. Déterminer la valeur de U permettant d'obtenir $V_1 = 10^5 \text{ m.s}^{-1}$. Quelle est alors la valeur de V_2 ?

2/ Les deux isotopes pénètrent à l'intérieur du filtre de vitesse avec des vitesses horizontales ayant les valeurs V_1 et V_2 précisées dans la question 1/.

Le faisceau d'ions K^+ est soumis à l'action simultanée de deux champs: un champ électrique \vec{E} perpendiculaire à \vec{V}_1, \vec{V}_2 et dans le plan de la figure ; un champ magnétique uniforme de vecteur \vec{B} perpendiculaire à la fois à \vec{V}_1, \vec{V}_2 et \vec{E} . \vec{E} et \vec{B} sont tels que la force électrique et la force magnétique sont de même direction mais de sens contraires. On désignera par E et B les intensités de \vec{E} et \vec{B} .

a/ On règle E à la valeur $E1$, telle que le mouvement des ions ${}^a_{19}K^+$ soit, dans le filtre de vitesse, un mouvement rectiligne uniforme de trajectoire horizontale $S'O$ (O étant le trou de communication avec le déviateur magnétique). Quelle relation

existe-t-il entre B, E₁ et V₁ ? Montrer que seuls les ions ${}^a_{19}\text{K}^+$ parviennent au point O.

b/ E₁ étant égal à 4000 V.m⁻¹, quelle est la valeur de B ?

Cette valeur de B sera maintenue constante dans toute la suite du problème.

c/ On donne à E une autre valeur E₂ permettant de sélectionner au point O l'isotope ${}^b_{19}\text{K}$. Déterminer le rapport $\frac{E_2}{E_1}$ en fonction de a et b, puis calculer numériquement E₂.

3/ Les ions sélectionnés au point O pénètrent dans le déviateur magnétique où règne uniquement un champ magnétique uniforme de vecteur \vec{B}' perpendiculaire au vecteur vitesse des ions, parallèle au vecteur \vec{B} , de même sens que ce vecteur et d'intensité B'.

a/ Etudier, dans le déviateur, la trajectoire et la vitesse des ions sélectionnés en O.

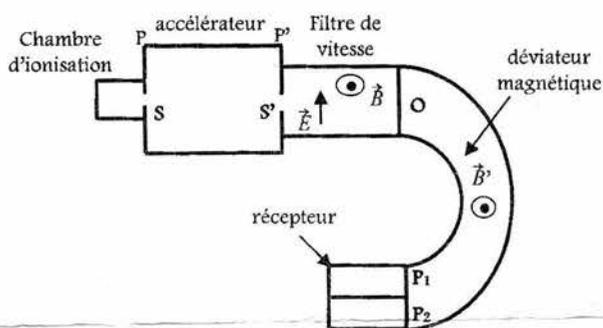
b/ On règle E à la valeur E₁ permettant de sélectionner l'isotope ${}^a_{19}\text{K}^+$ au point O, avec la vitesse horizontale de valeur V₁. Ces ions parviennent au trou F₁ tel que OP = 2,000m. Calculer numériquement B'. Cette valeur sera maintenue dans la question suivante.

c/ On règle E à la valeur E₂ permettant de sélectionner l'isotope ${}^b_{19}\text{K}$ au point O, avec la vitesse horizontale de valeur V₂. Ces ions parviennent au point P₂.

Déterminer le rapport $\frac{OP_2}{OP_1}$ en fonction de a et b, puis calculer numériquement la distance P₁P₂.

NB: Dans tout le problème, le poids des ions sera considéré comme négligeable devant les interactions électromagnétiques qu'ils subissent et les lois de la mécanique classique seront applicables.

On utilisera les données suivantes: $\frac{e}{m} = 0,96 \cdot 10^8 \text{ C.kg}^{-1}$ et $\frac{m}{e} = 1,040 \cdot 10^{-8} \text{ kg.C}^{-1}$.



EXERCICE 9:

Un cyclotron est constitué par deux boîtes demi cylindriques D et D' à l'intérieur desquels on établit un champ magnétique de vecteur \vec{B} . Dans l'espace compris entre ces boîtes, on établit une tension alternative U_{DD'} de valeur maximale U. Des ions positifs de charge q et de masse m sont injectés en O avec une vitesse négligeable mais non nulle.

1/ La tension U_{DD'} est positive.

a/ Exprimer l'énergie cinétique E_c et la vitesse V de ces ions à leur première en D'. On suppose que les ions sont soumis au champ électrique d'intensité maximale.

Application numérique: $Q = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m = 0,33 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$; $U = 10^6 \text{ V}$.

b/ Ces ions pénètrent alors dans D'. Quel est leur mouvement ultérieur ?

Exprimer le rayon R de leur trajectoire en fonction de B, q, U et m.

Application numérique: $\|\vec{B}\| = 1 \text{ T}$.

2/ Les ions ressortent de D', on inverse la tension U_{DD'} en conservant la valeur de U.

Etablir les expressions littérales:

a/ de leur vitesse et de leur énergie cinétique ;

b/ du rayon de leur trajectoire dans D. Plus généralement, exprimer le rayon de la trajectoire des ions en fonction de R et du nombre n de passage entre D et D'.

3/ Le rayon du cyclotron étant de 49,5 cm, calculer le nombre total de tours décrit par ces ions et leur énergie cinétique (en eV) à leur sortie.

