Devoir n°3 – 3 heures

Exercice n°1

1. On introduit dans un bécher un volume V_a = 20 mL d'une solution S_a d'acide chlorhydrique de concentration C_a. On y verse alors progressivement une solution S_b d'hydroxyde de sodium de concentration C_b et on suit le pH du mélange après chaque ajout. Pour V_{b1} = 0, pH = 2,7 et pour V_{b2} = 25 mL, pH = 7.
   1.1. Calculer les concentrations molaires C_a et C_b de S_a et S_b.
   1.2. Vers quelle limite tend le pH de ce mélange quand le volume V_b de soude ajouté augmente indéfiniment ?
   1.3. Donner l'allure du graphique pH = f(V_b) en tenant compte des informations ci-dessus.
2. Soit C le mélange réalisé lorsque V_{b3} = 35 mL. Au mélange C on ajoute un volume V_S = 8 mL d'une solution S d'acide sulfurique de concentration $C_S = 2.10^{-3}$ mol.L^{-1} et on obtient un mélange D.
   2.1. Quel est le nombre de moles d'ions hydroxyde dans le mélange C ?
   2.2. Calculer le pH de la solution S.
   2.3. Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit dans le mélange D.
   2.4. Déterminer le pH de ce mélange D.
   2.5. Calculer la concentration de toutes les espèces présentes dans la solution D.

Exercice n°2

Première partie

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

q_X et m_X sont respectivement la charge électrique et la masse de la particule $\mathbf{X}^{2+}$.

On considère que $\mathbf{Li}^+$ et $\mathbf{X}^{2+}$ sont soumises seulement à la force de Lorentz. .

Données :

- La vitesse initiale : $V=10^5$ m.s^{-1} ;
- L'intensité du champ magnétique : B=0,5T ;
- La charge élémentaire: $e=1,6.10^{-19}$ C ;
- La masse de $\mathbf{Li}^+$: $m_{Li}=6,015$u ;
- $1u=1,66.10^{-27}$ kg ;
- La figure 1 représente les trajectoires des deux particules dans le champ $\overrightarrow{B}$.

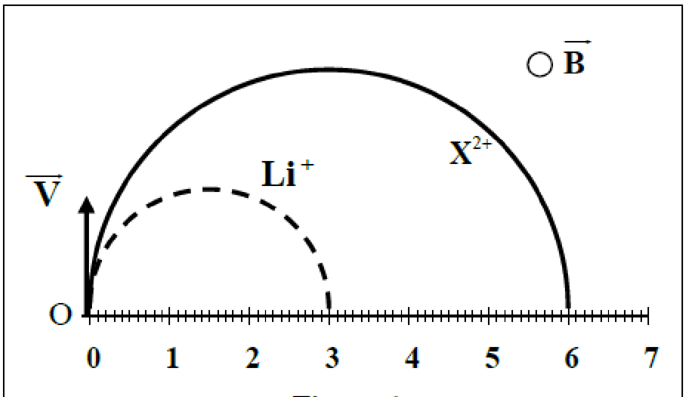


Figure 1

- on rappelle l'expression de la force de Lorentz : $\overrightarrow{F}=q\overrightarrow{V}\wedge\overrightarrow{B}$.

1. Déterminer la direction, le sens et l'intensité du vecteur force de Lorentz exercée sur la particule $\mathbf{Li}^+$ au point O.

2. Préciser le sens du vecteur $\overrightarrow{B}$ en le représentant par ⊙ s'il est vers l'avant ou par ⊗ s'il est vers l'arrière.

3. En appliquant la deuxième loi de Newton dans un référentiel galiléen, montrer que le mouvement de l'ion $\mathbf{Li}^+$ est uniforme et de trajectoire circulaire de rayon $R_{Li} = \frac{m_{Li}.V}{e.B}$.

4. En exploitant les données de la figure 1, déterminer le rapport $\frac{R_X}{R_{Li}}$; avec R_X le rayon de la trajectoire de la particule $\mathbf{X}^{2+}$.

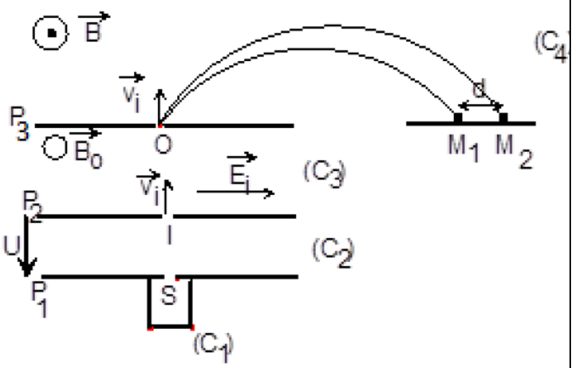
5. Sachant que la particule $\mathbf{X}^{2+}$ se trouve parmi les trois ions proposés avec leurs masses dans le tableau ci-dessous, identifier $\mathbf{X}^{2+}$ en justifiant la réponse.

Ion	$^{24}_{12}Mg^{2+}$	$^{26}_{12}Mg^{2+}$	$^{40}_{20}Ca^{2+}$
Masse (u)	23,985	25,983	39,952

Deuxième partie

On se propose d'identifier des ions hydrogène $^{A_1}_{1}H^+$ et hélium $^{A_2}_{2}He^{2+}$ produits simultanément par la chambre d'ionisation (C_1) d'un spectrographe de masse. Ces ions pénètrent, avec une vitesse initiale négligeable, par un point S dans une chambre (C_2) où ils sont accélérés par une tension U appliquée entre les plaques P_1 et P_2. Au point I chaque type d'ions acquiert une vitesse $\vec{v_i}$ (On attribue l'indice i = 1 à l'ion $^{A_1}_{1}H^+$ et l'indice i = 2 à l'ion $^{A_2}_{2}He^{2+}$).

Cette vitesse est maintenue constante dans un sélecteur (C_3) délimité par les plaques P_2 et P_3 où règnent simultanément un champ électrique uniforme $\vec{E_1}$ réglable et un champ magnétique uniforme $\vec{B_0}$. Au-delà du trou O, les ions sont déviés dans une chambre (C_4) où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ et collectés sur une plaque déflectrice.



3.1 La chambre d'accélération (C_2).

3.1.1. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, exprimer l'intensité v_i de la vitesse $\vec{v_i}$ d'un ion (i) à la sortie de (C_2) au point I, en fonction de sa masse m_i, de sa charge q_i et de la tension U. **(0,25 point)**

3.12. Montrer que le rapport des masses $\frac{m_2}{m_1} = 2\,\frac{v_1^2}{v_2^2}$ **(0,25 point)**

3.2. Le sélecteur (C_3) ou filtre de vitesses

On règle l'intensité du champ électrique $\vec{E_1}$ à une valeur E_1 pour faire passer un type d'ions par le trou O.

3.2.1. Reproduire sur la copie le sélecteur(C_3), puis représenter la force électrique $\vec{Fe_1}$ et la force magnétique $\vec{Fm_1}$ qui s'appliquent sur l'ion (1). Justifier la direction et le sens de $\vec{Fm_1}$ **(0,75 point)**

3.2.2. Indiquer le sens du vecteur champ magnétique $\vec{B_0}$. Justifier. **(0,5 point)**

3.2.3. Etablir l'expression de la valeur v_1 de la vitesse $\vec{v_1}$ en fonction de E_1 et B_0. **(0,25 point)**

3.3. La chambre de déviation (C_4).

3.3.1. Chaque type d'ions effectue dans le plan de la figure un mouvement circulaire uniforme. Montrer que le rayon R_i de la trajectoire d'un ion (i) a pour expression $R_i = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2\,m_I\,U}{q_i}}$ **(0,5 point)**

3.3.2. Les deux types d'ions rencontrent la plaque déflectrice aux points M_1 et M_2 tel que la distance $M_1M_2 = d = 1,5\ cm$. Déterminer les masses m_1 et m_2 puis identifier les isotopes étudiés **(1,5 points)**

N.B. Le sélecteur de vitesse a permis de calculer la valeur du rapport des vitesses $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{2}$.

Données : U = 980 V ; B = 0,25 T ; l'unité de masse atomique : 1 u = 1,67.10^{-27} kg ; masse d'un atome : m = Au

Exercice n°3

Première partie

On fixe à l'extrémité libre d'un ressort de masse négligeable, à spires non jointives et de raideur K, un solide (S_2) de masse m_2 = 182 g. l'autre extrémité est fixée à un support fixe (Figure 2).

Le solide (S_2) est susceptible de glisser sur un plan horizontal.

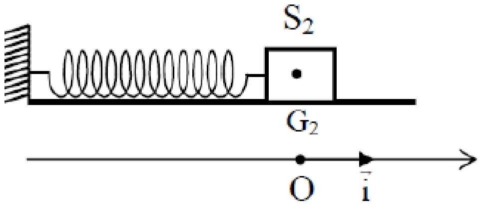


Figure 2

On écarte le solide (S_2) de sa position d'équilibre, d'une distance X_m, et on l'abandonne sans vitesse initiale.

Pour étudier le mouvement du centre de gravité G_2 du solide (S_2), on choisit un repère galiléen $(O,\vec{i})$, tel que G_2 coïncide à l'équilibre avec l'origine O.

On repère la position de G_2 à un instant t dans le repère $(O,\vec{i})$, par son abscisse x.

L'équation différentielle du mouvement de G_2 s'écrit sous la forme : $\ddot{x} + \frac{K}{m_2}x = 0$, et sa solution est : $x(t) = X_m\cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$.

Une étude expérimentale a permis de tracer la courbe représentée sur la figure 3.

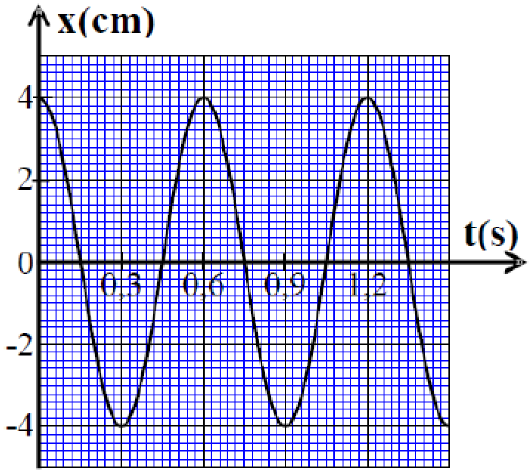


Figure 3

2-1- Déterminer graphiquement les grandeurs suivantes :

L'amplitude X_m, la période propre T_0 et la phase φ à l'origine des dates.

2-2- En déduire la valeur de la raideur K du ressort.

2-3- On choisit comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur, le plan horizontal auquel appartient G_2 à l'équilibre, et comme état de référence de l'énergie potentielle d'élasticité, lorsque le ressort est non déformé.

a- Montrer que l'expression de l'énergie cinétique E_C du solide (S_2) s'écrit sous la forme : $E_C = \frac{K}{2}(X_m^2 - x^2)$.

b- Trouver l'expression de l'énergie mécanique E_m du système {solide (S_2) – ressort} en fonction de X_m et K, et déduire la valeur de la vitesse V_{G2} au passage de G_2 à la position d'équilibre dans le sens positif.

Deuxième partie

On étudie dans cette partie, les oscillations d'un système mécanique (solide-ressort) dans une situation où les frottements fluides ne sont pas négligeables.

On considère un solide (S) de masse m et de centre d'inertie G, fixé à l'extrémité d'un ressort, de masse négligeable, à spires non jointives et de raideur $k = 20\ N.m^{-1}$, dont l'autre extrémité est fixée à un support A fixe. On fixe à (S), à l'aide d'une tige, une plaque qu'on immerge partiellement dans un liquide visqueux, comme indiqué sur la figure 2.

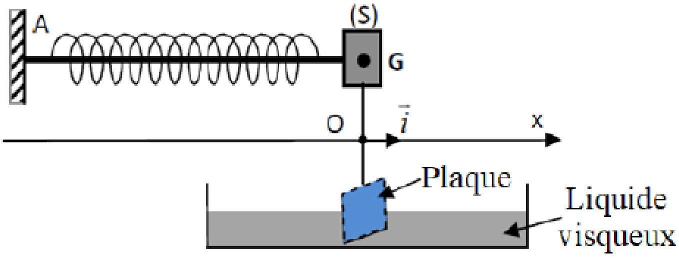


Figure 2

- On néglige les masses de la tige et de la plaque devant la masse du solide (S) ;
- On repère la position de G sur l'axe (O,x) à l'instant t, par l'abscisse x ;
- La position G_0 de G à l'équilibre, coincïde avec l'origine O de l'axe (O,x) ;
- On étudie le mouvement de G dans un repère terrestre supposé galiléen ;
- On choisit la position G_0 comme état de référence de l'énergie potentielle d'élasticité de l'oscillateur, et le plan horizontal passant par G comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.
- Le ressort est non déformé à l'équilibre.

On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre, d'un distance d et on le lâche sans vitesse initiale. Une carte d'aquisition informatique permet de tracer les variations de l'abscisse de G en fonction du temps. (Figure 3)

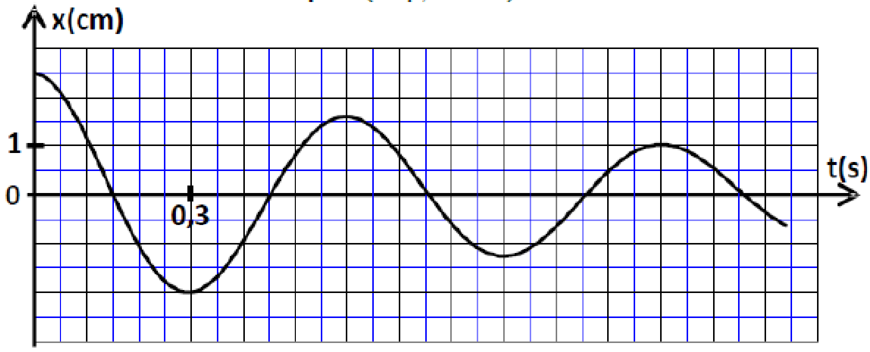


Figure 3

1- Quel régime des oscillations mis en évidence par la courbe de la figue 3 ?

2- En calculant la variation de l'énergie potentielle d'élasticité de l'oscillateur entre les instants $t_0 = 0$ et $t_1 = 1{,}2$ s, trouver le travail $W(\vec{F})$ de la force de rappel appliquée par le ressort entre ces deux instants.

3- Déterminer la variation de l' énergie mécanique ΔE_m du système entre les instants t_0 et t_1. Donner une explication du résultat obtenu.