Composition n°1 de Sciences Physiques – 4 heures

Exercice n°1 : 3 points

Le bleu de bromothymol est bleu en milieu basique et jaune en milieu acide

Un composé organique de formule générale $C_nH_{2n}O_2$ contient 27,6% d'oxygène, en masse

1) Montrer que la molécule correspondant à ce composé comporte 6 atomes de carbone.
2) Ce composé est un ester noté (E). Par hydrolyse de E, on obtient deux corps (A) et (B)

2.1. Etude du composé (A)

Sa formule est $C_2H_4O_2$.

a) Quelques gouttes de bleu de bromothymol additionnées à (A) donnent une solution de couleur jaune. Donner la formule semi-développée et le nom de (A)
b) On déshydrate le composé *A,* en présence de P_4O_{10}, Donner la formule semi-développée et le nom du composé A_1 obtenu à partir du composé (A)
c) On fait agir sur A du chlorure de thionyle $SOCl_2$. Donner la formule semi-développée et le nom du composé A_2 obtenu à partir du composé (A)
d) Pourquoi utilise-t-on souvent les composés (A_1) et (A_2.) à la place de (A) pour effectuer certaines réactions chimiques ?

2.2. Etude du corps (B)

a) Quelle est la formule brute de (B) ?
b) Pour préciser la structure de (B), on effectue son oxydation ménagée qui conduit à la formation d'un composé (C). Puis on soumet (C) aux tests suivants :

Premier test : une solution de (C) additionnée de DNPH conduit à un précipité jaune

Deuxième test : Une solution de (C) additionnée de liqueur de Fehling et chauffée, ne provoque aucun changement de coloration de la liqueur.

Déduire de ces expériences la formule semi-développée et le nom du corps B. Justifier

c) Une molécule des composés (A) ou (B) présente un carbone lié à quatre groupes d'atomes différents. Lequel ?
d) Ecrire la formule semi-développée et le nom de l'ester (E).

3) L'oxydation ménagée de (B) s'est faite grâce à une solution acidifiée de permanganate de potassium (MnO_4^-/ Mn^{2+} ; C/B)
   a) Ecrire l'équation bilan de la réaction d'oxydation ménagée
   b) La solution oxydante a pour concentration molaire Cox= 5.10^{-2}.mol.L^{-1} et la masse de (B) oxydée est m = 7,4g. Quel est le volume minimal Vox utilisé ?

Exercice n°2 : 3 points

1) On mesure le pH d'une solution aqueuse S_O d'acide perchlorique $HClO_4$, dont la concentration est C_0 = $2{,}5.10^{-3}$mol.L^{-1}. On trouve pH = 2,6
   a) Montrer que l'acide perchlorique est un monoacide fort.
   b) Ecrire l'équation de la réaction de l'acide perchlorique avec l'eau
   c) Indiquer le mode opératoire et la verrerie utilisée pour obtenir 100mL de solution S_1 d'acide perchlorique de concentration C_1 = $1{,}00.10^{-4}$mol.L^{-1} à partir de la solution précédente
   d) Quel est le pH de la solution S_1 ?
2) Une solution commerciale S_0' d'hydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$ a une densité par rapport à l'eau d =1,4 et titre 37% d'hydroxyde de calcium en masse.
   a) Montrer que la concentration molaire de cette solution S_0' est C_0 =7 mol.L^{-1}
   b) Quel volume V_0' de cette solution S_0' doit-on diluer par de l'eau pure pour obtenir 2L de solution S_1' de pH égal à 12,5 ? Avec quelle verrerie mesure-t-on V_0' ?
3) A V_A =175mL de la solution S_0 d'acide perchlorique, on ajoute V'$_0$ = 25mL de la solution S_1' d'hydroxyde de calcium.
   a) Ecrire l'équation bilan de la réaction acide-base qui se produit.
   b) La solution obtenue est-elle acide, neutre ou basique ? justifier la réponse

c) Quel est le pH du mélange ?

On donne : $M(Ca(OH)_2) = 74\ g.mol^{-1}$

Exercice n°3 : 5 points

On étudie dans cette partie le mouvement d'un oscillateur mécanique élastique dans deux situations : l'oscillateur horizontal et l'oscillateur est vertical.

L'oscillateur mécanique étudié est modélisé par un système (solide-ressort) constitué d'un solide (S) de masse m et d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur K. On noteT_0 la période propre de cet oscillateur. On étudie le mouvement du centre d'inertie G du solide (S) dans un repère lié à un référentiel terrestre considéré galiléen. On néglige les frottements et on prendra $g=10 m.s^{-2}$.

1) Etude de l'oscillateur mécanique horizontal :

Le ressort est horizontal, une de ses extrémités est fixe. On accroche à son autre extrémité le solide (S). Ce solide peut glisser sur le plan horizontal. On repère la position de G à un instant t par l'abscisse x sur l'axe $(O, \vec{i})$. A l'équilibre, le centre d'inertie G du solide coïncide avec l'origine O du repère (figure 1).

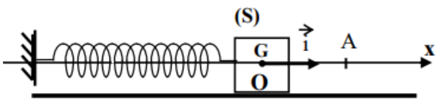


Figure 1

On écarte (S) de sa position d'équilibre et on le lâche sans vitesse initiale à un instant choisi comme origine des dates(t=0). La courbe de la figure 2 représente l'évolution au cours du temps de l'accélération a_x du centre d'inertie G.

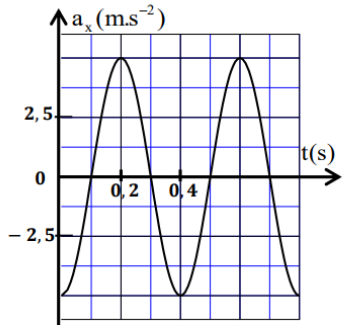


Figure 2

a) Etablir, en appliquant la deuxième loi de Newton, l'équation différentielle vérifiée par l'abscisse x(t).

b) La solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme : $x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$. Déterminer la valeur de x_m et celle de φ.

2) Etude de l'oscillateur mécanique vertical :

On fixe maintenant le ressort étudié comme l'indique la figure 3 ; l'une des deux extrémités du ressort est liée au solide (S) et l'autre est fixée à un support. On repère la position de G à un instant t par la côte z sur l'axe $(O, \vec{k})$. A l'équilibre, le centre d'inertie G du solide coïncide avec l'origine O du repère $\mathscr{R}(O, \vec{k})$(figure 3).

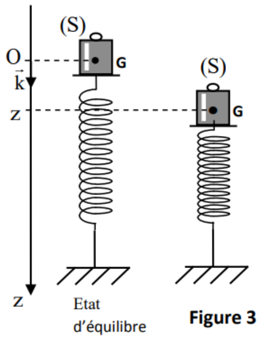


Figure 3

On écarte, verticalement vers le bas, le corps (S) de sa position d'équilibre stable puis on le libère sans vitesse initiale à un instant choisi comme origine des dates (t=0). L'oscillateur effectue alors un mouvement oscillatoire selon l'axe (Oz). On choisit comme référence ($E_{pp}=0$) de l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} le plan horizontal auquel appartient le point O et comme référence ($E_{pe}=0$) de l'énergie potentielle élastique E_{pe} l'état où le ressort n'est pas déformé.

a) Déterminer, à l'équilibre, l'expression de l'allongement $\Delta\ell_0$ du ressort en fonction de m, K et de l'intensité de la pesanteur g.

b) Montrer qu'à un instant t , l'expression de l'énergie potentielle totale Ep de l'oscillateur s'écrit sous la forme :$Ep = Az^2 + B$ où A et B sont deux constantes.

c) La courbe de la figure 4 représente les variations de l'énergie potentielle totale en fonction de la côte z.

i) Trouver la valeur de $\Delta\ell_0$ et celle de K .

ii) Trouver, en se basant sur la variation de l'énergie potentielle totale Ep, le travail de la force de rappel

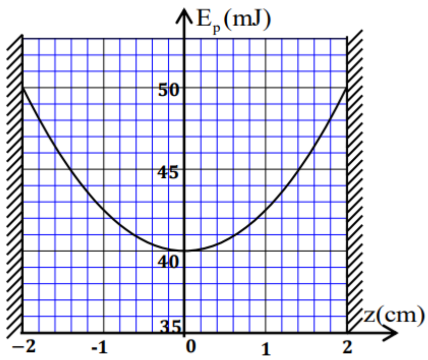


Figure 4

appliquée par le ressort sur le corps (S) lorsque G se déplace de la position de côte $z_1=0$ à la position de côte $z_2=1,4$cm.

Exercice n°4 : 4 points

A. Champs de pesanteur $\vec{g}$ et champ de gravitation $\vec{G}$

Du fait de la rotation de la terre sur elle-même autour de l'axe des pôles, un référentiel terrestre n'est pas tout à fait galiléen. Le poids n'est pas exactement égal à la force gravitationnelle exercée par la Terre, le champ de pesanteur $\vec{g}$ n'est donc pas égal au champ de gravitation $\vec{G}$ de la terre. Dans le référentiel géocentrique la terre tourne sur elle-même autour de l'axe des pôles. La période du jour sidéral T= 86164 s.

Un satellite considéré comme ponctuel, de masse m est au repos par rapport à la Terre en un point de latitude λ.

1) Calculer dans le référentiel géocentrique la vitesse angulaire ω du mouvement du satellite.
2) Exprimer le rayon ρ de la trajectoire décrite par le satellite dans le référentiel géocentrique en fonction du rayon R de la Terre et de la latitude λ.
3) Soit l'angle ε que font les deux directions des champs $\vec{g}$ et $\vec{G}$
   a) En appliquant le théorème du centre d'inertie au satellite sur le sol : montrer que $\vec{g}_0 = G_0\,\vec{u} + R\omega^2\cos\lambda\,\vec{i}$
   b) En déduire que $\tan\varepsilon = \dfrac{R\omega^2}{2G_0}\sin(2\lambda)$
   c) En quel point de la Terre cet angle est-il maximal ? Calculer sa valeur ε_{max}.

B. Passage du sol à « l'orbite de Parking » C_1

A partir d'une base de lancement de latitude λ, le satellite est lancé par une fusée porteuse sur une orbite circulaire basse C_1 de rayon r_1 à l'altitude h_1. L'orbite C_1 est appelée « orbite de Parking ».

On rappelle que l'énergie potentielle d'un satellite est donnée par l'expression $Ep = -\dfrac{KM_Tm}{r}$ ou K est une constante universelle de gravitation, MT la masse de la terre, m la masse du satellite et r sa distance du centre de la Terre.

1) Exprimer l'énergie mécanique E_0 du satellite au sol en fonction de K, M_T, m, r et T.
2) Exprimer en fonction de K, M_T, R et h la vitesse V du satellite sur l'orbite C_1.
3) En déduire l'expression de son énergie cinétique E_C puis exprimer son énergie potentielle E_{P1} et son énergie mécanique E_1. Comparer E_{C1} et E_{P1} à E_1.
4) Exprimer en fonction de λ et des autres paramètres l'énergie E(λ) qu'il a fallu communiquer au satellite pour le mettre sur l'orbite C_1. Quel est l'avantage d'utiliser des bases de lancement proches de l'équateur ?

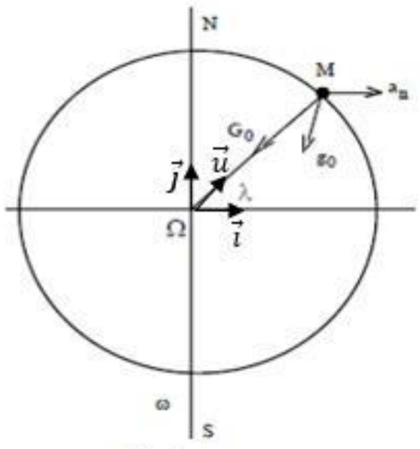


Fig. 1

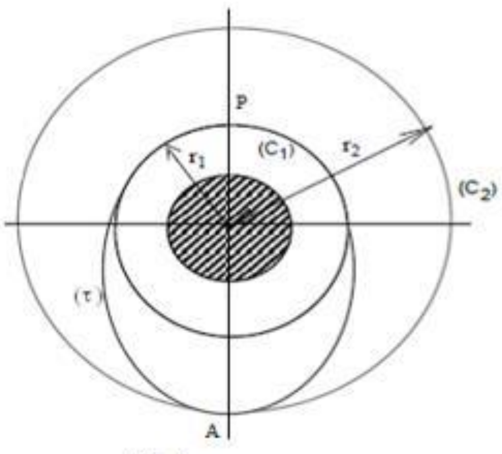


fig.2

Exercice n°5 : 5 points

Partie 1

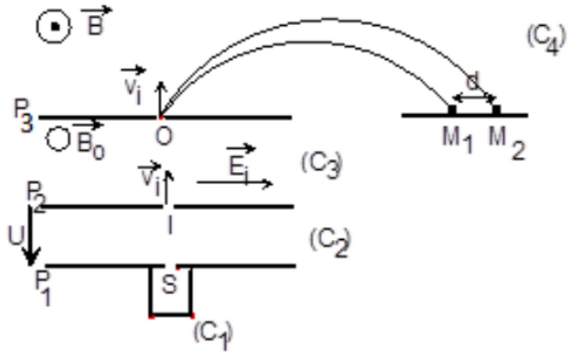
On démontre que l'intensité du champ magnétique au centre d'une bobine circulaire de rayon R, de longueur L comportant N spires est donné par la relation : $B = \dfrac{4\pi\, N.I}{10^7\sqrt{L^2 + 4R^2}}$.

1) Montrer que pour une bobine longue (longueur très grande par rapport au diamètre de la spire), on retrouve la formule $B = 4\pi.10^{-7}\, n.I$ d'un solénoïde infiniment long.
2) Retrouver la formule d'une bobine plate à partir de la formule générale ci-dessus.
3) Etudier le cas d'une bobine où la longueur est égale au diamètre de la spire et donner l'expression de B en fonction du diamètre D

Partie 2

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 $\overrightarrow{v_i}$ (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 $\overrightarrow{E_1}$ réglable et un champ magnétique uniforme $\overrightarrow{B_0}$. 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 $\overrightarrow{v_i}$ 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 $\dfrac{m_2}{m_1} = 2\,\dfrac{v_1^2}{v_2^2}$ **(0,25 point)**

3.2. Le sélecteur (C_3) ou filtre de vitesses

On règle l'intensité du champ électrique $\overrightarrow{E_1}$ 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 $\overrightarrow{Fe_1}$ et la force magnétique $\overrightarrow{Fm_1}$ qui s'appliquent sur l'ion (1). Justifier la direction et le sens de $\overrightarrow{Fm_1}$ **(0,75 point)**

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

3.2.3. Etablir l'expression de la valeur v_1 de la vitesse $\overrightarrow{v_1}$ 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 $R_i = \dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{2\, m_I\, U}{q_i}}$ **(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 $\dfrac{v_1}{v_2} = \sqrt{2}$.

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