CONCOURS D'ENTREE A L'ECOLE MILITAIRE DE SANTE. SESSION 2005

EPREUVE DE PHYSIQUE

Durée : 04 heures

EXERCICE 1 (0 5 points)

On prendra g = 9,8 m.s^{-2}.

On dispose d'un ressort (R), à spires non jointives, parfaitement élastique, de longueur à vide l_0 = 30 cm et de constante de raideur k = 20 N.m^{-1}.

I. L'extrémité supérieure de (R) est fixée à une potence, à l'autre extrémité est accroché un solide (S) supposé ponctuel de masse m = 500 grammes. Lorsque le système est en équilibre l'abscisse de (S) sur un axe X'X vertical descendant est nulle. On déplace (S) verticalement vers le bas d'une distance x_0 = 2 cm, puis on le lâche sans vitesse initiale à l'instant t = 0. La masse du ressort ainsi que les frottements sont supposés négligeables.

1. En utilisant deux méthodes différentes, établir l'équation différentielle du mouvement de (S)
2. Donner l'équation horaire du mouvement de (S), en précisant justifications à l'appui les valeurs de toutes les constantes y figurant.
3. Exprimer puis calculer la période des oscillations de ce pendule élastique.

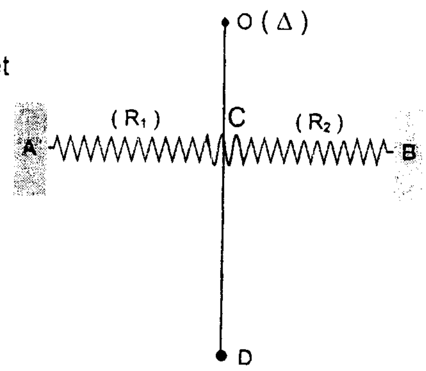
II. On se propose d'étudier la variation de la période en fonction de la masse m de (S). Pour cela on accroche successivement des solides de masses différentes et on mesure dans chaque cas la période T des oscillations du pendule. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

m (en g)	100	150	200	250	300
T (en s)	0,490	0,583	0,663	0,735	0,800
T^2					

1. Compléter le tableau, puis tracer le graphe T^2 = f (m).
On utilisera les échelles suivantes : - *en abscisses* : 1cm pour 20 g ; - *en ordonnées* : 1 cm pour 0,04 s^2
2. Montrer que ce graphe ne vérifie pas la relation obtenue dans la question I.3.
3. En réalité $T = 2\pi.\sqrt{\dfrac{m+\mu}{k}}$, μ étant un paramètre dépendant de la masse du ressort.

Montrer que cette expression est en accord avec le graphe. En utilisant le graphe, déterminer la valeur de μ.

III. On considère deux ressorts (R_1) et (R_2) identiques à (R).
Les deux ressorts sont tendus horizontalement entre deux points A et B fixes, et soudés en un point C d'une tige OD verticale et de masse négligeable.
A l'extrémité D de la tige est fixé un solide ponctuel de masse m = 200 g.
La tige OD peut osciller autour d'un axe horizontal (Δ) passant par O (voir figure).
On donne AB = 80 cm, d = OD = 40 cm et a = OC = 10 cm.
On écarte OD de sa position d'équilibre d'un angle α_0 très petit et on lâche le système sans vitesse initiale. On néglige la masse des ressorts et tout frottement.



Exprimer la période T des petites oscillations de la tige en fonction de a, d, m et k. Calculer T.

EXERCICE 2 (0 5 points)

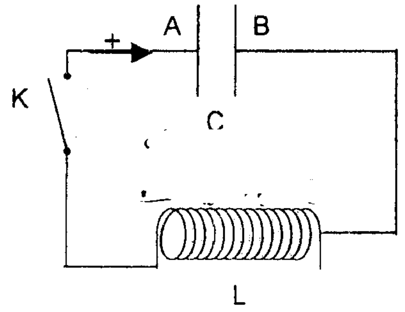
1. Un condensateur de capacité C = 3,2 microfarads portant une charge $Q = Q_A = 6\ \mu C$ est relié aux bornes d'une bobine d'inductance L = 0,5 H et de résistance négligeable.

A l'instant initial t = 0, on ferme le circuit. On désigne par q la charge de l'armature A du condensateur à l'instant t quelconque. (figure ci-contre)

a / Etablir l'équation différentielle qui régit la charge q du condensateur .

b / Résoudre l'équation différentielle et donner les expressions de q et i en déterminant les valeurs numériques de toutes les constantes .

c / A quels instants $q = + 3\ \mu C$ avec i positif ?

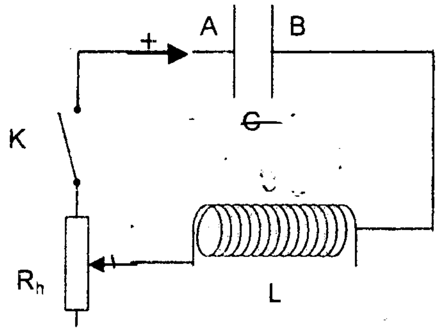


2. On reprend l'expérience précédente en intercalant un rhéostat R_h dans le circuit avant la fermeture du circuit.

a / Etablir l'équation différentielle que vérifie q.

b / Un oscilloscope permet de visualiser la tension aux bornes du condensateur.

Donner l'allure des courbes obtenues suivant la valeur de R_h. Commenter



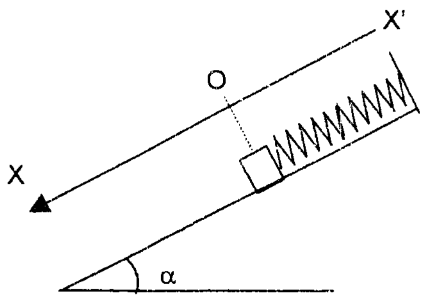
3. Sur une table parfaitement lisse inclinée d'un angle $\alpha = 30\ °$ par rapport à l'horizontale on fixe à l'extrémité d'un ressort de raideur $k = 20\ N.m^{-1}$ un palet pouvant glisser sur la table. La masse du palet est m = 400 g.

A l'équilibre l'abscisse du centre d'inertie du palet est nulle. On écarte le palet de sa position d'équilibre d'une distance d = + 6 cm, puis on l'abandonne sans vitesse initiale à l'instant t = 0.

a / On néglige les frottements entre le palet et le plan. Etablir l'équation différentielle que vérifie x et résoudre cette équation .

b / Les frottements sont équivalentes à une force unique $\vec{f} = -b\,.\vec{v}$ où b est une constante positive et $\vec{v}$ la vitesse du palet. Etablir la nouvelle équation différentielle que vérifie x.

Dire qualitativement ce que l'on observe. On prendra $g = 10\ m.s^{-2}$



EXERCICE 3 :(0 5 points)

Données numériques à toutes fins utiles :

– *célérité de la lumière dans le vide* : $c \approx 3.10^8$ m.s^{-1} ;

– *masse du proton isolé* : m_p = 1,007276 u = 938,28 Mev.c^{-2} ;

– *masse du neutron isolé* : m_n = 1,008665 u = 939,57 Mev.c^{-2} ;

– *masse de l'électron* : m_e = 0,000549 u = 0,51 Mev.c^{-2} ;

– *l'unité de masse atomique* : 1 u = 1,6606.10^{-27} kg = 931,50 Mev.c^{-2} ;

– *constante d'Avogadro* : N_A = 6,022.10^{23} mol^{-1} ;

L'uranium naturel contient 0,71 % de l'isotope 235 qui est fissile, l'isotope 238 représentant environ 99% du mélange naturel n'est pas fissile mais fertile.

Un réacteur d'une centrale nucléaire utilise comme *combustible* de *l'uranium enrichi* (3% d'uranium 235 et 97 % d'uranium 238).

1. a. Qu'appelle-t-on nucléide fissile et nucléide fertile ?

   b. Rappeler la définition du défaut de masse d'un nucléide et celle de l'énergie de liaison.

2. Considérons les nucléides des deux isotopes : $^{235}_{92}U$ et $^{238}_{92}U$; donner la structure de chacun.

3. Sous l'action d'un neutron thermique un noyau d'uranium 235 peut subir la fission suivante :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{x}_{38}Sr + ^{140}_{y}Xe + 2.\ ^{1}_{0}n$$

   a. Déterminer x et y pour équilibrer l'équation-bilan de cette réaction nucléaire.

   b. Calculer, en MeV, les énergies de liaison des nucléides : $^{235}_{92}U$, $^{x}_{38}Sr$ et $^{140}_{y}Xe$.

   Masses des noyaux : m ($^{235}_{92}U$) = 234,9942 u ; m ($^{x}_{38}Sr$) = 93,9154 u ; m ($^{140}_{y}Xe$) = 139,9252 u.

   c. Déduire des énergies de liaisons calculées, justification à l'appui, l'énergie ΔE libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235.

4. La centrale fournit une puissance électrique moyenne de 25 MW. Calculer la masse d'uranium consommée en 30 jours par le réacteur sachant que 40% de l'énergie libérée lors des fissions est transformée en énergie électrique. On suppose que toutes les fissions sont identiques à celle étudiée en question 3.

5. Une fission libère d'autres neutrons dits rapides, ayant une vitesse v_0 de l'ordre 20 000 km.s^{-1}. Pour qu'un neutron puisse provoquer une nouvelle fission, il doit avoir une vitesse de l'ordre de 2 km.s^{-1}. Le ralentissement se fait par des chocs successifs avec les noyaux d'un « *modérateur* ». Un neutron de vitesse 20 000 km.s^{-1} heurte un noyau de deutérium ($^{2}_{1}D$ ou $^{2}_{1}H$) initialement immobile. On suppose les chocs parfaitement élastiques et toutes les vitesses colinéaires.

Soit m_n la masse d'un neutron rapide de vitesse v_0 = 20 000 km.s^{-1} et v_1 la vitesse de ce neutron après le premier choc, et m_D la masse d'un noyau de deutérium initialement immobile.

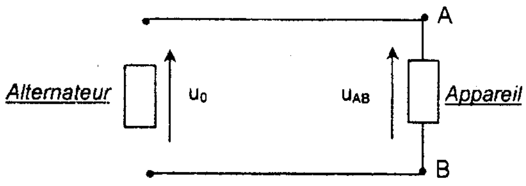
   a. Exprimer v_1, en fonction de m_n, m_D et v_0.

   b. Déterminer le nombre n de chocs identiques nécessaires pour que la vitesse finale v_n du neutron soit au plus égal à 2 km.s^{-1}. On prendra $m_n \approx 1$ u et $m_D \approx 2$ u.

EXERCICE 4 (0 5 points)

Dans une centrale nucléaire une partie de l'énergie produite par les réactions de fission de l'uranium 235 sert à entraîner un alternateur. Cet alternateur maintient, aux bornes d'une ligne de résistance totale r =4 ohms, une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace U_0 constante, de fréquence f = 50 Hz.

A l'autre extrémité de cette ligne entre les points A et B, on branche un appareil assimilable à une bobine de résistance R et d'inductance L.



L'intensité efficace dans le circuit est I = 5 A, la tension efficace entre A et B vaut 220 V et le facteur de puissance de l'appareil est $\frac{\sqrt{3}}{2}$.

1. Déterminer la résistance et l'inductance L de l'appareil.

2. Quelle est la capacité du condensateur que l'on doit placer en série entre A et B avec l'appareil pour que le facteur de puissance de l'ensemble branché entre A et B soit égal à 1 ?

3.Soit u_{AB} et u_0 les tensions instantanées à chaque extrémité de la ligne avant le branchement du condensateur. En utilisant la construction de Fresnel, déterminer U_0 et le déphasage entre u_{AB} et u_0.

4. Après le branchement du condensateur, déterminer la nouvelle valeur efficace U'_{AB} de la tension entre A et B ; que vaut alors le déphasage entre u_0 et u'_{AB} ?

FIN DU SUJET