

EPREUVE DE PHYSIQUE

Durée : 04 heures

EXERCICE 1 (04 points)

On considère une bille homogène B, de centre d'inertie G, de rayon r et de masse $m = 40$ grammes.

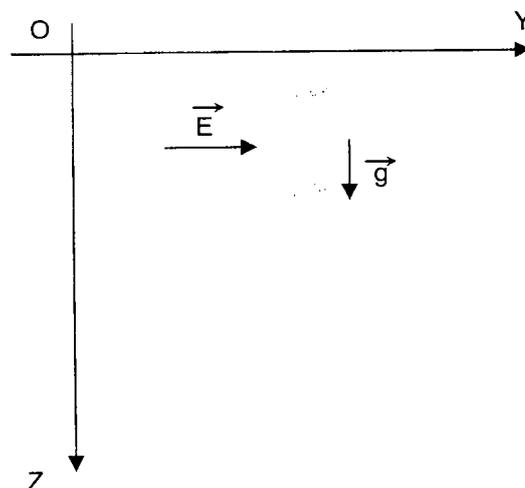
1. La bille est posée sans vitesse initiale en haut d'un plan incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontale. Elle roule sans glisser le long d'une ligne de plus grande pente de longueur $l = 1$ mètre.
 - a. Exprimer, puis calculer l'accélération de G et la vitesse acquise par G au bas du plan incliné.
 - b. Exprimer puis calculer l'intensité f des forces de frottement.

Le moment d'inertie de la bille par rapport à l'un de ses diamètres est $J = \frac{2}{5} m.r^2$.

2. La bille B, supposée ponctuelle, porte une charge $q > 0$.

Elle est abandonnée sans vitesse initiale en un point O d'une région (R) de l'espace.

Dans (R) règnent un champ électrostatique uniforme de vecteur \vec{E} horizontal et le champ de pesanteur (non négligeable) de vecteur \vec{g} (voir schéma).



- a. Déterminer les équations paramétriques et l'équation cartésienne de la trajectoire de B.
 - b. Etablir l'équation horaire du mouvement de B sur sa trajectoire (expression de $s = f(t)$ de son abscisse curviligne).
3. Maintenant la bille soumise uniquement au champ de pesanteur est lâchée, sans vitesse, à 10 mètres du sol.
 - a. Déterminer la vitesse avec laquelle elle frappe le sol.
 - b. Au contact avec le sol, B perd un cinquième de son énergie cinétique puis rebondit. Elle effectue plusieurs rebonds avant de s'immobiliser. Au bout de combien de temps le mouvement s'arrête-t-il ?
4. En réalité dans son mouvement de chute dans le champ de pesanteur la bille B est soumise, en plus de son poids, à des forces de frottement de résultante $\vec{F} = -k\vec{v}$.
 - a. Trouver la relation liant m , v , k , g et $\frac{dv}{dt}$.
 - b. En déduire la vitesse limite atteinte par la bille.

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

EXERCICE 2 (03 points)

1. On considère la Terre comme sphérique, de masse M et de rayon R . La constante de gravitation sera notée K .
- Enoncer la loi de la gravitation de Newton pour deux points matériels.
 - Représenter sur un schéma la force de gravitation exercée par la Terre sur un corps A de masse m placé à une distance $r > R$ de son centre.
 - Exprimer l'intensité de cette force en fonction de M , m , r , et K (constante de gravitation).
 - Soit G_0 le champ de gravitation créé par la Terre à sa surface. Exprimer G_0 en fonction de M , m , R et K .
 - En déduire l'expression de la force de gravitation exercée sur A en fonction de G_0 et r, m .
- 2.a. Qu'appelle-t-on satellite géostationnaire ?
- Calculer le rayon de la trajectoire d'un tel satellite sachant que le champ de gravitation à la surface de la Terre vaut $G_0 = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ et que le rayon de la Terre est $R = 6370 \text{ km}$. Le jour sidéral est $T_0 = 86164 \text{ s}$.
3. Déterminer l'énergie à fournir pour satelliser ainsi un objet de masse $m = 500 \text{ g}$ depuis l'équateur.

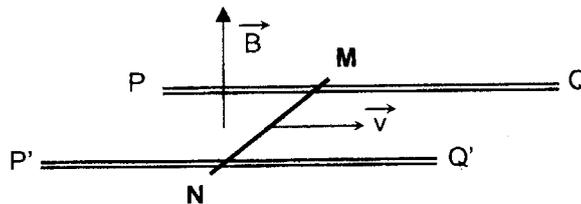
EXERCICE 3 (04 points)

On dispose de deux rails conducteurs, parallèles PQ et $P'Q'$, distants de l et situés dans un plan horizontal. Une barre métallique de masse m et de résistance électrique R , est posée perpendiculairement aux rails et peut s'y mouvoir sans frottement. L'ensemble est plongé dans un champ magnétique uniforme \vec{B} , vertical ascendant.

A. On déplace la barre avec une vitesse constante v parallèle aux rails (voir figure).

- Etablir, en fonction de v , B , et l , l'expression de la force électromotrice induite e dans la barre.

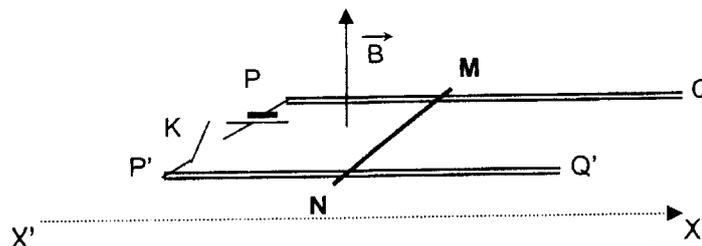
Sur un schéma représenter le générateur équivalent à la barre et en déduire le signe de la tension $U_{MN} = V_M - V_N$.



- On reprend l'expérience précédente, mais les extrémités P et P' sont maintenant reliées par un fil conducteur de résistance négligeable.

- Exprimer le courant induit i et préciser son sens. Vérifier la loi de Lenz.
- Sachant qu'à $t = 0$ qu'à $t = 0$ la distance $PM = L$, montrer que le flux du champ magnétique à travers le circuit fermé peut s'écrire : $\phi(t) = \phi_0 + a \cdot t$, où ϕ_0 et a sont des constantes à déterminer.

B. Maintenant les extrémités P et P' sont reliées par un générateur de force électromotrice constante E , de résistance interne r , en série avec un interrupteur K .



1. La barre MN étant immobile, on ferme l'interrupteur K à la date $t = 0$.

- Décrire brièvement les phénomènes électrique et mécanique après fermeture du circuit.
- Soit $v(t)$ la vitesse de la barre à la date t . Etablir l'expression de l'intensité i du courant qui traverse le circuit et en déduire les caractéristiques de la force électromagnétique globale F agissant sur la barre à la date t .
- Appliquer le théorème du centre à la barre et en déduire l'équation différentielle vérifiée par $v(t)$.

Quelle est la vitesse limite de la barre ?

2. Sachant que $e^x \approx 1 + x$, montrer que $v(t) \approx k.t$ avec $k = 0,1 \text{ m.s}^{-1}$.

Dans ces conditions, calculer numériquement à la date $t = 5 \text{ s}$: la vitesse de la barre, l'intensité du courant i , la f.é.m induite et l'intensité de la force électromagnétique.

Application numérique : $l = 10 \text{ cm}$, $E = 10 \text{ V}$, $m = 100 \text{ g}$, $B = 0,1 \text{ T}$, $r = 2 \Omega$ et $R = 8 \Omega$.

EXERCICE 4 : (05 points)

Entre les deux bornes M et N d'une source de courant alternatif, existe une tension de la forme : $u = U\sqrt{2} \cdot \sin \omega.t$, de fréquence f réglable et de valeur efficace constante $U = 100 \text{ V}$.

1. On réunit les bornes M et N par un circuit comprenant, en série, un résistor de résistance $R = 25 \text{ ohms}$, un condensateur de capacité $C = 10 \text{ microfarads}$ et un ampèremètre de résistance négligeable.

On donne à la fréquence la valeur $f_1 = 63,6 \text{ hertz}$.

a. Calculer l'intensité efficace I dans le circuit.

$$i = I_m \sin \omega t$$

b. Déterminer le déphasage φ entre l'intensité $i(t)$ et la tension $u(t)$, puis écrire l'expression de $i(t)$.

c. Faire le schéma du montage et montrer comment brancher un oscilloscope bicourbe pour visualiser $i(t)$ en voie A et $u(t)$ en voie B.

d. Représenter les deux tensions observées sur l'écran de l'oscilloscope (rectangle de 10 cm de long et 8 cm de haut).

sensibilité en voie A : 10 V / cm , sensibilité en voie B : 40 V / cm , balayage : 4 ms / cm .

2. Une bobine de résistance négligeable et d'inductance L inconnue est intercalée entre le résistor et le condensateur.

a. En réglant la fréquence à la valeur $f_2 = 100 \text{ hertz}$, on constate que l'ampèremètre indique $I = 2,00 \text{ A}$.

Exprimer puis calculer les deux valeurs L' et L'' pouvant être celle de L .

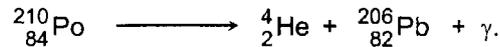
Interpréter l'existence de ces deux valeurs à l'aide de la construction de Fresnel.

b. Déterminer la fréquence de résonance du circuit, pour chacune des valeurs possibles L' et L''

(respectivement f_0' et f_0'').

c. En augmentant la fréquence f à partir de la valeur f_2 , on constate expérimentalement que l'intensité commence d'abord par augmenter. En déduire, quelle est de L' ou L'' , la valeur de l'inductance L de la bobine.

d. Exprimer, en fonction de la fréquence f , la puissance électrique consommée dans le circuit. Pour quelle valeur de f est-elle maximale ? Pouvait-on prévoir ce résultat ?

EXERCICE 5 (04 points)Données :Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = \text{MeV.c}^{-2}$;charge élémentaire : $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;masse du proton : $m_p = 1,007276 \text{ u} = 938,28 \text{ MeV.c}^{-2}$; masse du neutron : $m_n = 1,008665 \text{ u} = 939,57 \text{ MeV.c}^{-2}$;A. Le polonium 210 subit une désintégration de type α selon l'équation suivante :

1. a. Rappeler brièvement la signification de cette équation.
 - b. Donner la structure (nature et nombre des constituants) des nucléides intervenant dans cette réaction nucléaire.
 - c. Rappeler la définition de l'énergie de liaison et calculer, en MeV, celle de chacun des nucléides précédents
 - d. Soit ΔE l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de polonium. Calculer ΔE en joules et en électronvolts. Sous quelles formes cette énergie est-elle libérée ?
 - e. On suppose que le noyau de polonium est initialement immobile et que l'énergie du photon γ est négligeable.
- Exprimer, les énergies cinétiques E_{C1} et E_{C2} d'un noyau d'hélium (de masse m_1) et d'un noyau de plomb (de masse m_2), en fonction de ΔE , m_1 et m_2 . Comparer ces énergies et conclure.

Données : masses des noyaux ${}_{84}^{210}\text{Po}$: $m = 210,0857 \text{ u}$; ${}_2^4\text{He}$: $m_1 = 4,0026 \text{ u}$; ${}_{82}^{206}\text{Pb}$: $m_2 = 206,0789 \text{ u}$.

2. La demi-vie du polonium est de 140 jours. On dispose d'une masse de 2,00 grammes de polonium à la date $t = 0$. Quel sera, à la date $t' = 280$ jours, le volume d'hélium obtenu, volume mesuré dans les conditions où le volume molaire est 24 L.mol^{-1} ?

B. Les noyaux d'hélium émis par le polonium sont utilisés pour bombarder un échantillon de béryllium qui émet alors des neutrons ayant chacun une masse μ .

1. Un de ces neutrons de vitesse \vec{v}_0 heurte un noyau d'hydrogène de masse m_H , au repos.
Le choc est élastique et on admet que les vitesses des particules après le choc sont colinéaires.
La vitesse du neutron après le choc est \vec{v}_1 et celle du noyau d'hydrogène \vec{v}_H .
Un autre neutron de même vitesse \vec{v}_0 rencontre dans les mêmes conditions un noyau d'azote de masse m_N qui après le choc a une vitesse \vec{v}_N .

Exprimer v_H et v_N , déduire l'expression du rapport $\frac{v_N}{v_H}$.

2. On mesure la vitesse des noyaux d'hydrogène : $v_H = 3,3 \cdot 10^7 \text{ m.s}^{-1}$. On admettra que les masses du proton et du neutron sont égales à l'unité de masse atomique.
 - a. Calculer les vitesses v_0 et v_1 du neutron avant et après la collision neutron – hydrogène.
Ce résultat était-il prévisible ?
 - b. Sachant que le nombre de masse de l'azote est 14, calculer la vitesse du noyau d'azote et celle du neutron après la collision neutron – azote.

FIN DU SUJET.