UNIVERSITE LIBANAISE
FACULTE DE GENIE

الجامعة اللبنانية
كلية الهندسة

Concours d'entrée 2005-2006 Composition de physique Durée: 2 heures

I- [17 pts] L'oscillateur harmonique

Le but de cette étude est de trouver la condition à satisfaire pour qu'un pendule simple puisse être considéré comme un oscillateur harmonique.

Un pendule simple (P) est formé d'une petite boule, de masse m = 200 g, suspendue à un fil de masse négligeable et de longueur $\ell = 1$ m. (P), écarté d'un angle α_0 par rapport à la position d'équilibre, est lâché sans vitesse initiale à la date $t_o = 0$. À un instant t, (P) fait avec la verticale un angle α et se déplace avec la vitesse $\vec{V}$.
Prendre $g = 10$ m/s^2 et négliger toutes les forces de frottement.

A. Étude théorique

1. La position la plus basse de la boule est prise comme niveau zéro de l'énergie potentielle de pesanteur. À la date t, donner l'expression de l'énergie mécanique E_m du système ((P), Terre) en fonction de m, g, ℓ, α et V.

2. En appliquant la conservation de E_m, montrer que: $(\dot{\alpha})^2 = \left(\frac{d\alpha}{dt}\right)^2 = \frac{2g}{\ell}(\cos\alpha - \cos\alpha_0)$.

3. Montrer que l'équation différentielle qui décrit le mouvement de (P) est donnée par: $\ddot{\alpha} + \frac{g}{\ell}\sin\alpha = 0$.

4.a) Quelle approximation doit-on prendre afin de considérer (P) comme un oscillateur harmonique?
   b) Déduire alors l'expression de la période propre T_0 de ce pendule harmonique et calculer sa valeur.

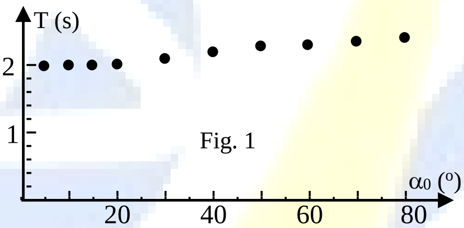


Fig. 1

B. Étude expérimentale

À l'aide d'un dispositif convenable, on enregistre les trois courbes 1, 2 et 3. La courbe 1 donne les variations de la période T du pendule en fonction de α_0 et les courbes 2 et 3 donnent les variations de l'angle α en fonction du temps pour deux valeurs différentes de α_0.

1. Déterminer, à partir de la courbe 1, la condition pour laquelle le pendule se comporte comme un oscillateur harmonique.
2. Déterminer, à partir des courbes 2 et 3, les périodes T_1 et T_2 et les amplitudes α_{01} et α_{02} des oscillations du pendule dans les deux cas.
3. En comparant T_1 et T_2 avec T_0, déduire que ce pendule ne se comporte pas toujours comme un oscillateur harmonique.
4. La condition dans la partie A est en accord avec celle de la partie B. Pourquoi?

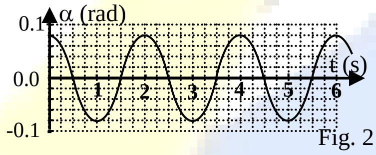


Fig. 2

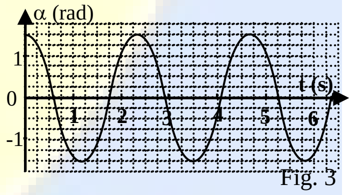


Fig. 3

II-[19 pts] Le nucléaire et le tabac

A Un radioisotope du polonium

Le polonium $^{210}_{84}Po$ est un isotope radioactif de l'élément polonium qui émet une particule α lors de sa désintégration. Le noyau fils est un isotope stable de plomb (Pb).

1. Écrire, en le justifiant, l'équation relative à la désintégration α de $^{210}_{84}Po$.
2. Calculer, en MeV et en J, l'énergie libérée par cette désintégration.
3. En supposant que le noyau de polonium est initialement au repos et compte tenu de la conservation de la quantité de mouvement:
   a) déterminer la valeur de la vitesse du noyau fils (le plomb) et la valeur maximale de la vitesse de la particule α;

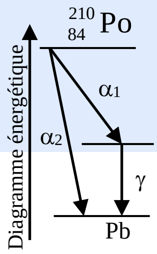


Fig. 4

b) déduire, en J et en MeV, l'énergie cinétique maximale de la particule α.

4. On remarque que cette désintégration est, en général, accompagnée par l'émission d'un rayonnement γ de longueur d'onde $\lambda = 1{,}53\times10^{-12}$ m. Montrer que le polonium 210 émet aussi des particules α d'énergie cinétique proche de 4,5 MeV.

Données: 1 u = $1{,}66\times0^{-27}$ kg = 931,5 MeV/c^2; e = $1{,}60\times10^{-19}$ C; h= $6{,}63\times0^{-34}$ J.s; c = 3×10^8 m/s;
m_{Po} = 209,9829 u; m_{Pb} = 205,9745 u; m_{α} = 4,0026 u.

B- Le polonium radioactif dans le tabac

Pour plus de 35 années, les compagnies de tabac et les hommes de recherche savaient que les plantes de tabac absorbent du plomb 210 et du polonium 210 du sol dans lequel elles poussent. De plus, ces plantes captent d'une façon naturelle du radon 222 présent dans l'air environnant. (*WWW.webspawner.com*)

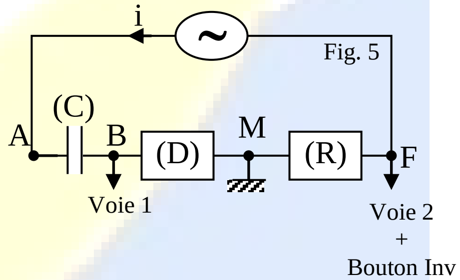
1. Le radon 222 ($^{222}_{86}Rn$), un gaz naturel, se désintègre en émettant plusieurs particules α et β^- et atteint finalement le polonium 210. Déterminer les nombres x et y respectivement des particules α et β^- émises.
2. Le plomb 210, en se désintégrant, émet une seule sorte de radiation et atteint aussi le polonium 210. Déterminer, en le justifiant, la nature de cette radiation.
3. Quand vous allumez une cigarette, le polonium se volatilise, vous l'aspirez et il se dépose vite dans les tissus vivants du système respiratoire. On estime que l'énergie absorbée due aux particules α émises par le polonium 210 est, à peu près, 1,2 J par an après avoir fumé deux paquets de cigarettes par jour.
   a) Laquelle des trois radiations α, β ou γ est-elle la moins pénétrante?
   b) Déduire que la particule α est plus dangereuse pour les poumons que les autres radiations.
4. Sachant qu'une radiographie à rayons X des poumons peut délivrer aux mêmes tissus, en moyenne, une énergie de 5×10^{-4} J, déterminer le nombre équivalent de radiographies reçues par les poumons par an.
5. Fumer une cigarette peut vous faire courir un risque. Que peut être alors ce risque?

III- [24 pts] Caractéristiques d'une bobine

Afin de déterminer les caractéristiques d'une bobine (D), on monte le circuit (fig. 5) où (C) est un condensateur de capacité C = 4,7 µF, (R) un conducteur ohmique de résistance R = 200 Ω et la bobine (L, r). L'ensemble est disposé en série aux bornes d'un générateur délivrant entre ses bornes une tension alternative sinusoïdale u de pulsation ω.

En régime permanent, le circuit sera parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité i.

Un oscilloscope, branché convenablement, permet de visualiser les tensions $u_{BM} = u_D$ et $u_{MF} = u_R$ respectivement aux bornes de (D) et de (R).



A- Détermination des caractéristiques de la bobine

1. Pour visualiser u_{MF}, il a fallu pousser le bouton "Inv" de la voie 2. Pourquoi?
2. Déterminer, à l'aide de l'oscillogramme, les valeurs de la période T de chaque courbe et de ω.
3. a) Calculer le déphasage φ de la courbe (a) par rapport à la courbe (b).
   b) Pourquoi r n'est-elle pas négligeable?
4. L'intensité i et la tension u_D peuvent s'écrire respectivement sous la forme:
   $i = I_m \sin\omega t$ et $u_D = (U_D)_m \sin(\omega t + \varphi)$.
   a) Déterminer I_m et $(U_D)_m$.
   b) Déterminer l'expression de u_D en fonction de t, r et L.
   c) En donnant à "ωt" deux valeurs différentes, déterminer les valeurs de L et r.

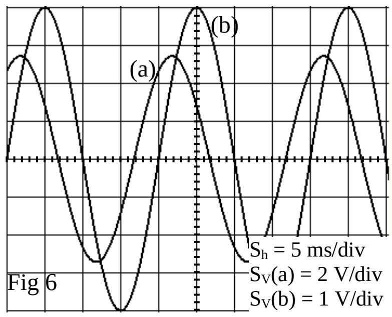


Fig 6

B- Vérification de la valeur de r

1. Donner deux expressions littérales de la puissance moyenne consommée par (D).
2. En déduire que la valeur de r est en accord avec celle obtenue dans A.

C- Vérification de la valeur de L

On change les connexions de l'oscilloscope, comme l'indique la figure 7.
On règle la fréquence de la tension u de telle façon que les deux courbes soient comme le montre la figure 8.

1. Comment s'appelle le phénomène observé? Pourquoi?
2. a) Laquelle des deux courbes donne les variations de la tension u_{AF}? Pourquoi?
   b) Déterminer, à partir des oscillogrammes, la période T_0 de la tension u.
3. En déduire que la valeur de L est en accord avec celle obtenue dans A.

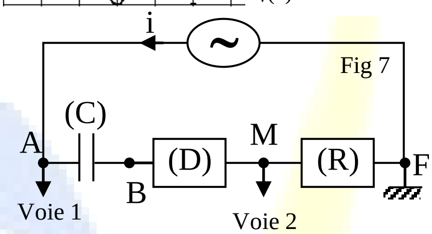


Fig 7

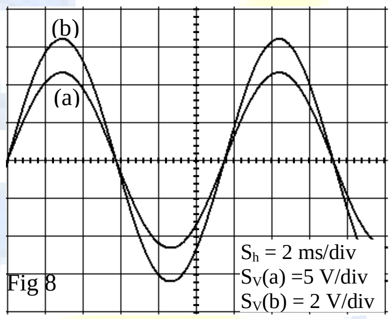


Fig 8

UNIVERSITE LIBANAISE
FACULTE DE GENIE

الجامعة اللبنانية
كلية الهندسة

Concours d'entrée 2005-2006 **Solution de physique** **Durée: 2 heures**

I- [17 pts] L'oscillateur harmonique

0,5 0,5 1

1. $E_m = 1/2\ mV^2 + mgh$; $h = \ell - \ell\cos\alpha \Rightarrow E_m = 1/2\ mV^2 + mg\ell(1-\cos\alpha)$

1

2. E_m = constante = $E_m(t = 0) = 0 + mg\ell(1 - \cos\alpha_0)$

$1/2\ mV^2 + mg\ell(1-\cos\alpha) = mg\ell(1 - \cos\alpha_0) \Rightarrow V^2 = 2g\ell(\cos\alpha - \cos\alpha_0)$

Or, en mesure algébrique, $V = \ell\dot{\alpha} = \ell\dfrac{d\alpha}{dt}$: $\left(\dfrac{d\alpha}{dt}\right)^2 = (\dot{\alpha})^2 = \dfrac{2g}{\ell}(\cos\alpha - \cos\alpha_0)$

0,5 1

0,5

3. Dérivons par rapport au temps: $2\dot{\alpha}\ddot{\alpha} = 2\dfrac{g}{\ell}(-\sin\alpha\,\dot{\alpha})$; or $\dot{\alpha} \neq 0$ au cours des oscillations: $\Rightarrow \ddot{\alpha} + \dfrac{g}{\ell}\sin\alpha = 0$

1,5 0,5

4. a) Pour un oscillateur harmonique, l'équation différentielle est de la forme: $\ddot{\alpha} + \omega_0^2 \cdot \alpha = 0$;

b) Or ceci n'est possible que si $\alpha \leq 15^o$; car pour $\alpha \leq 15^o$ $\sin\alpha \approx \alpha(rd) \Rightarrow \ddot{\alpha} + \dfrac{g}{\ell}\alpha = 0$. 0,5

0,5 0,5

0,5 0,5

$\omega_0^2 = \dfrac{g}{\ell}$; $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{g}{\ell}} = \dfrac{2\pi}{T_0} \Rightarrow T_o = 2$ s 1

0,5 0,5

B. 1- D'après la courbe 1: T = 2 s pour $\alpha < 20^o$. $T = T_0 = 2$ s.

2. $T_1 = 2$ s et $\alpha_{01} = 0{,}08$ rd($\alpha_{01} < 0{,}1$ rd or 0,1 rd = $6^o < 15^o$) 2

- $T_2 \approx 2{,}33$ s et $\alpha_{02} = 1{,}5$ rd

3. $T_1 = T_0$ et $T_2 > T_0$. 1

Ce pendule se comporte comme un oscillateur harmonique lorsque α est faible, soit $\alpha \leq 15^o$ (ou expérimentalement $\alpha < 20^o$) 1 ($\alpha_{02} \approx 86^o$) 0,5

4. Car $T_1 = T_0$ pour $\alpha \leq 15^o$. 1

II- [19] Le nucléaire et le tabac

A 1. ${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb^* + {}^{4}_{2}He$ 1 Z et A 1

0,5

2. $E = \Delta mc^2 = (209{,}9829 - 205{,}9745 - 4{,}0026)\times 931{,}5 = 5{,}4027$ MeV ou $8{,}644\times10^{-13}$ J. 0,5

0,5 0,5

3. a) conservation de la quantité de mouvement: $\vec{P}_{Pb} + \vec{P}_\alpha = \vec{0} \Rightarrow m_{Pb} V_1 = m_\alpha V_2$ 0,5

0,5

Conservation de l'énergie totale du système:

$E = E_{c(Pb)} + E_{cmax(\alpha)} = 1/2\ m_{Pb} V_1^2 + 1/2\ m_\alpha V_2^2 = 1/2\ m_{Pb} V_1^2 + \dfrac{1}{2m_\alpha} m_{Pb}^2 m_\alpha V_1^2$ 1

1

$V_1 = \sqrt{\dfrac{2m_\alpha E}{m_{Pb}(m_\alpha + m_{Pb})}} \Rightarrow V_1 = 3{,}1\times10^5$ m/s et $V_2 = \dfrac{m_{Pb}\cdot V_1}{m_\alpha} = 1{,}6\times10^7$ m/s. 1

0,5

b) $E_{cmax(\alpha)} = 1/2\ m_\alpha V_2^2 = 8{,}48\times10^{-13}$ J = 5,29 MeV 0,5

4. L'énergie du photon émis est donnée par:

$E_\gamma = \frac{hc}{\lambda}$ 0,5 $= \frac{6{,}63\times10^{-34}\cdot 3\times10^{8}}{1{,}53\times10^{-12}} = 1{,}3\times10^{-13}$ J 0,5 ou 0,81 MeV 0,5

Mais $E_{cmax(\alpha)} = E_\gamma + E_{c(\alpha)}$ 1 $\Rightarrow E_{c(\alpha)} = 5{,}29 - 0{,}81 = 4{,}48$ MeV. 0,5

B. 1. ${}^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{210}_{84}Po + x\,{}^{4}_{2}He + y\,{}^{0}_{-1}e$ 1 ; $222 = 210 + 0 + 4x \Rightarrow x = 3$; $86 = 84 - y + 2x \Rightarrow y = 4$ 1

2. Plomb 210 émet β^- car A reste la même et Z augmente de 82 à 84 1

3. a) α est la moins pénétrante, car sa masse est beaucoup plus grande que celle de β. 1
b) Les particules α restent alors piégées dans les poumons et donnent ainsi toute leur énergie aux poumons. 1

4. $N = 1{,}2 / (5\times10^{-4}) = 2{,}4\times10^{3}$ 1
La cigarette est dangereuse, car elle peut causer le cancer des poumons aux personnes. 1

III- [24 pts] Caractéristiques d'une bobine
A. 1) L'oscilloscope visualise la tension entre un point et la masse. Il peut visualiser u_{BM} et u_{FM}. 1 Pour visualiser u_{MF}, on doit pousser le bouton Inv.
2) T s'étale sur 4 div, avec s_h = 5 ms/div, sur les deux voies. On obtient:

T = 5 ms/div × 4 div = 20 ms soit $T = 2\times10^{-2}$ s. 1 La pulsation $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2\cdot10^{-2}} = 100\,\pi$ ou 314 rd/s 1

3. a) Pour le déphasage: $\varphi = \frac{2\pi\times0{,}6\,\text{div}}{4\,\text{div}} = 0{,}3\pi$ ou 0,94 rd 1

(a) est en avance de phase de φ sur (b) car (a) prend la valeur zéro avant (b). 0,5

b) si r est négligeable, on aura $u_D = L\frac{di}{dt}$ et u_D sera en quadrature avance sur i, ce qui n'est pas le cas 1

4- a) La tension maximale aux bornes de R est: RI_m = 1 V/div×4 div = 4 V 1 $\Rightarrow I_m = U_m/R$ 0,5 ; $I_m = \frac{4}{200} = 0{,}02$ A 0,5

$(U_D)_m$ = 2 V/div×2,8 div = 5,6 V. ١

b) $u_D = = r\,i + L\frac{di}{dt}$ 1 $= rI_m\sin(\omega t) + L\omega I_m\cos(\omega t)$ 1

c) $u_D = (U_D)_m\sin(\omega t + \varphi) = rI_m\sin(\omega t) + L\omega I_m\cos(\omega t)$

Pour $\omega t = 0$: $(U_D)_m\sin(\varphi) = L\omega I_m$ 0,5 $\Rightarrow L = \frac{(U_D)_m\cdot c\sin\varphi}{I_m\cdot\omega} \approx 0{,}72$ H 1

Pour $\omega t = \pi/2$: $(U_D)_m\cos(\varphi) = rI_m$ 0,5 $\Rightarrow r = \frac{(U_D)_m\cdot\cos\varphi}{I_m} = 164{,}58\ \Omega \approx 165\ \Omega$ 1

.

B. 1. Puissance moyenne: $P_{moy} = rI^2 = U_D\, I \cos(\varphi)$ 1 1

2. a) $r = \dfrac{U_D \cdot \cos\varphi}{I} = \dfrac{(U_D)_m \cdot \cos\varphi}{I_m} = 165\ \Omega$ 1

C. 1. C'est le phénomène de résonance d'intensité car la tension aux bornes du générateur est en phase avec l'intensité du courant qui est visualisée par la tension aux bornes de R. 0,5 1

1

2. a) Pour la courbe (a): $(U_{(a)})_m = 2{,}3\times5 = 11{,}5$ V

Pour la courbe (b): $(U_{(b)})_m = 3{,}2\times2 = 6{,}4$ V $\Rightarrow$ (a) représente u_{AF} la tension aux bornes du générateur et (b) représente u_{MF} la tension aux bornes de R. 1

En effet, les valeurs maximales ou efficaces sont toujours telles que: $(U_G)_m >$: $(U_R)_m$ car la bobine possède une résistance.

À la résonance $(U_G)_m = (R+r)I_m$ et $(U_R)_m = RI_m$. 1

1

b) La période propre du circuit: $T_0 = 2$ ms/div$\times5{,}75$ div $= 2\times10^{-3}\times5{,}75 = 11{,}5\times10^{-3}$ s.

3. À la résonance d'intensité: $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ 1 $\Rightarrow L = \dfrac{T_0^2}{4\pi^2 C}$ et L = 0,71 H. 1