مسابقة في مادة الفيزياء
المدة: ثلاث ساعات

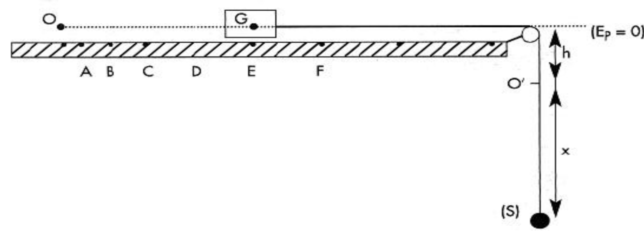
الاسم:
الرقم:

Cette épreuve, formée de quatre exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.

L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

<u>Premier exercice</u> (7 pts) Vérification de la deuxième loi de Newton

Pour vérifier la deuxième loi de Newton relative à la dynamique des solides en translation, on dispose d'un mobile autoporteur de centre d'inertie G et de masse M = 200 g, d'une table horizontale à coussin d'air, d'un solide (S) de masse m = 50 g, d'un fil inextensible et d'une poulie de masses négligeables.



On réalise le montage schématisé par la figure ci-contre.

Le brin du fil du côté du mobile autoporteur est tendu horizontalement; l'autre, du côté de (S) est tendu verticalement. Le plan horizontal passant par G est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

A l'instant t = 0, le centre d'inertie G de l'autoporteur est en O et celui du solide (S) est en O', situé à une distance h au dessous du plan de référence. On abandonne (S) sans vitesse initiale, et, en même temps, les positions de G sont enregistrées à des intervalles de temps successifs et égaux à $\tau = 50$ ms.

A l'instant t, G acquiert une vitesse $\vec{V}$ et (S) se trouve à une distance x de O'.

On néglige toutes les forces de frottement et on prend g = 10 m/s^2.

A- 1) Donner l'expression de l'énergie mécanique du système (autoporteur, (S), fil, Terre) en fonction de M, m, x, h, V et g. Cette énergie est conservée. Pourquoi?

2) Déduire l'expression de l'accélération de (S) en fonction de g, m et M et calculer sa valeur.

3) Représenter sur un schéma les forces agissant sur l'autoporteur et déterminer, en utilisant la relation $\sum \vec{F} = M\vec{a}$, la force $\vec{T}$ exercée par le fil sur l'autoporteur.

B- Par des moyens convenables, on détermine les valeurs V de la vitesse $\vec{V}$ du mobile autoporteur et on dresse le tableau suivant:

Point	A	B	C	D	E
t en ms	50	100	150	200	250
V en cm/s	10	20	30	40	50

Déterminer, à partir du tableau, les quantités de mouvement de l'autoporteur $\vec{P}_B$ en B et $\vec{P}_D$ en D et calculer le rapport $\frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} = \frac{\vec{P}_D - \vec{P}_B}{\Delta t}$.

C- Comparer $\frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$ et $\vec{T}$. La deuxième loi de Newton est-elle alors vérifiée? Justifier.

Deuxième exercice **(7 points)** **Détermination de la capacité d'un condensateur**

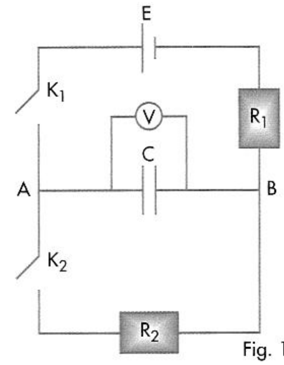


Fig. 1

Dans le but de déterminer la capacité C d'un condensateur, on réalise le circuit de la figure 1. Ce circuit comporte: le condensateur, un générateur de f.é.m. E = 9 V et de résistance interne négligeable, deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 = 200 KΩ et R_2 = 100 KΩ et deux interrupteurs K_1 et K_2.

I- Charge du condensateur

Le condensateur étant initialement non chargé, on ferme K_1 et on laisse K_2 ouvert. Le condensateur se charge.

1) Etablir l'équation différentielle qui régit les variations de la tension $u_C = u_{AB}$ aux bornes du condensateur.

2) Sachant que la solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme $u_C = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}})$, déduire l'expression de la constante τ_1 en fonction de R_1 et C.

3) Sachant qu'à la date t_1 = 20 s, le voltmètre indique la valeur u_C =7,78 V, calculer la capacité C du condensateur.

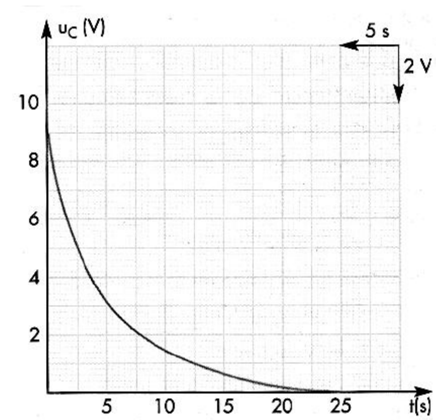
II- Décharge du condensateur

Le condensateur étant chargé sous la tension 9 V, on ouvre K_1 et on ferme K_2.

Le condensateur se décharge.

1) Reproduire le schéma du circuit durant cette phase en indiquant le sens du courant.

2) Etablir l'équation différentielle qui régit les variations de la tension $u_C = u_{AB}$ aux bornes du condensateur.



3) Sachant que la solution de cette équation différentielle est de la forme $u_C = E\ e^{-\frac{t}{\tau_2}}$, déduire l'expression de:

a) l'intensité i du courant en fonction du temps, en admettant comme sens positif dans le circuit celui du courant.

b) la constante de temps τ_2 en fonction de R_2 et C.

4) Un dispositif approprié permet de tracer la courbe des variations de u_C en fonction du temps. (fig. 2)
Déterminer, à partir de cette courbe, la valeur de τ_2.
En déduire la valeur de C.

III- Que peut-on conclure à propos des deux valeurs de C? Commenter.

Troisième exercice **(6 pts)** **Réaction nucléaire contrôlée**

La réaction nucléaire en chaîne dégage une énergie considérable. Sans précaution, elle conduirait à une explosion. Convenablement maîtrisée dans un réacteur nucléaire, cette réaction peut constituer une source d'énergie nécessaire au fonctionnement d'une centrale électrique.

A- Dans le réacteur nucléaire d'une pile atomique, la préparation de l'uranium 235, utilisé comme combustible, se fait de la façon suivante:

1) Le noyau d'uranium ${}^{238}_{92}U$ capte un neutron rapide et se transforme en un noyau d'uranium ${}^{239}_{92}U$. Ecrire la réaction correspondante.

2) Le noyau d'uranium 239 U, radioactif, se transforme en plutonium après deux désintégrations β^- successives, selon les réactions suivantes:

$${}^{239}_{92}U \rightarrow {}^{A}_{Z}Np + {}^{0}_{-1}e + ...$$

$${}^{A}_{Z}Np \rightarrow {}^{A_1}_{Z_1}Pu + {}^{0}_{-1}e + ...$$

Compléter ces réactions et déterminer Z, A, Z_1 et A_1 en précisant les lois utilisées.

3) Le noyau de plutonium (Pu) est radioactif α. Le noyau fils est l'isotope 235 de l'uranium. Certaines particules α sont éjectées chacune avec une énergie cinétique de 5,157 MeV et d'autres le sont avec une énergie cinétique de 5,144 MeV.

a) Ecrire l'équation de la désintégration du noyau (Pu).

b) Une de ces désintégrations α est accompagnée par l'émission d'un photon γ. Calculer l'énergie de ce photon et en déduire la longueur d'onde associée.

4) L'uranium 235 est fissile. Au cours de l'une des réactions de fission possibles, la diminution de masse est 0,2 u. Calculer, en MeV et en J, l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235.

B- Dans cette pile atomique, une masse d'uranium 235 de 0,4 kg est consommée en un jour. Le rendement de la transformation de l'énergie nucléaire en énergie électrique est de 30%. Calculer la puissance électrique de cette pile.

Donnée:

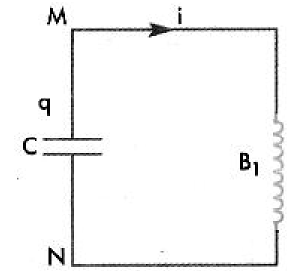
- 1 u = 1,67 x 10^{-27} kg = 931,5 MeV/c^2
- c = 3x10^8m/s
- Masse molaire de ${}^{235}U$ = 235 g.mol^{-1}
- Constante d'Avogadro N = 6,02 x 10^{23} mol^{-1}
- 1 MeV = 1,6 x 10^{-13} J
- h = 6,63 x 10^{-34} J.s.

Quatrième exercice (7½ pts) Oscillations électriques

On dispose d'un condensateur de capacité $C = 2 \times 10^{-10}$ F portant la charge électrique $Q = 2 \times 10^{-9}$ C et de deux bobines, B_1 d'inductance $L_1 = 5 \times 10^{-4}$ H et de résistance négligeable et B_2 d'inductance $L_2 = 5 \times 10^{-4}$ H et de résistance r.

I- Circuit oscillant idéal (L_1, C)

A l'instant $t_o = 0$, pris comme origine des temps, on relie le condensateur à la bobine B_1 (figure 1). On réalise ainsi un circuit oscillant idéal.

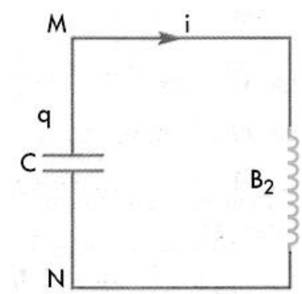


On désigne par q la charge électrique de l'armature M du condensateur, à l'instant t, et par i l'intensité du courant électrique à cet instant comptée positivement quand le courant circule dans le sens indiqué sur la figure 1.

1) Dans ce circuit, i et q sont reliées par l'expression $i = -\frac{dq}{dt}$.
   Justifier le signe (-) dans cette expression.
2) Etablir, en appliquant la loi de l'unicité des tensions, l'équation différentielle qui régit l'évolution de la charge q en fonction du temps. Déduire la fréquence propre f_o de ce circuit.
3) La solution de l'équation différentielle précédente est de la forme $q = Q \cos(2\pi f_o t)$.
   a) Donner l'expression de l'énergie électrique E_l du condensateur à l'instant t.
   b) Exprimer i en fonction du temps. Déduire l'expression de l'énergie magnétique E_2 de la bobine à l'instant t.
   c) Prouver que l'énergie électromagnétique $E = E_l + E_2$ du circuit est constante et déduire sa valeur numérique.

II- Circuit oscillant amorti

1) Au lieu de relier, à $t_o = 0$, le condensateur à B_1, on le relie à B_2 (figure 2). En considérant les mêmes définitions pour q et i, établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de la charge q en fonction du temps.



2) Déterminer $\frac{dE}{dt}$, la dérivée par rapport au temps de l'énergie électromagnétique E du circuit.
3) Etablir la relation entre $\frac{dE}{dt}$ et ri^2 et commenter cette relation en terme de transferts d'énergie.
4) Le circuit ainsi réalisé est utilisé maintenant comme détecteur des ondes radio.
   L'onde la mieux adaptée à ce circuit est celle dont la fréquence est égale à la fréquence propre f_o du circuit.
   a) Dans quel état électrique particulier, le circuit se trouvera-t-il quand l'onde la mieux adaptée sera captée?
   b) Calculer alors la longueur d'onde correspondante à cette onde.
   On donne: célérité de la lumière dans l'air: $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}.

اسس التصحيح لدورة 2001 الاستثنائية		
Question I (07 points)		
A-1.	$ME = \frac{1}{2}M\,v^2 + \frac{1}{2}mv^2 - m\,g(h+x)$ Les forces de frottement sont négligeables, alors l'énergie mécanique est conservée.	**1** **0,5**
A-2.	$a = \frac{m}{(M+m)} \times g$ $a = 2m/s^2$.	**1** **0,5**
A-3.	Les forces agissant sur le mobile sont: son poids $\vec{P}$, $\vec{N}$ et la tension $\vec{T}$. $\vec{w} + \vec{N} + \vec{T} = M\vec{a}$ $T = Ma = 0{,}2 \times 2 = 0{,}4N$.	**1** **1**
B	$\frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} = \frac{\vec{P_D} - \vec{P_B}}{\Delta t} = \frac{0{,}04}{0{,}1}\vec{\imath} = 0{,}4\vec{\imath}\,(kg.m/s^2)$	**1**
C	Ce résultat est compatible avec la deuxième loi de Newton $\sum \overrightarrow{F_{\text{ext}}} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$	**1**

Question II (07 points)		
A-1.	$E = u_C + R_1C\frac{du_C}{dt}$.	**1**
A-2.	$E + \left(1 - \frac{R_1C}{\tau_1}\right)Ee^{-\frac{t}{\tau_1}} = E$ Alors $1 - \frac{R_1C}{\tau_1} = 0$, donc $\tau_1 = R_1C$.	**1** **0.5**
A-3.	$C = -\frac{t_1}{R_1\ell n\left(1 - \frac{7{,}78}{9}\right)} \approx 5 \times 10^{-5}F = 50\mu F$	**1**
B-1	Circuit	**0.5**
B-2	Loi d'unicité des tensions: $u_C = u_{AB} = u_{R2}$. alors, $u_C + R_2C\frac{du_C}{dt} = 0$. $C = \frac{\tau_2}{R_2} = \frac{5}{100\times10^3} = 5 \times 10^{-5}F = 50\mu F$	**1**
B-3.a)	D'où, $i = -C\frac{du_C}{dt} = \frac{CE}{\tau_2}e^{-\frac{t}{\tau_2}}$	**0.5**
B-3.b)	On obtient: $E\,e^{-\frac{t}{\tau_2}}\left(1 - \frac{R_2C}{\tau_2}\right) = 0$ Alors $\left(1 - \frac{R_2C}{\tau_2}\right) = 0$, donc $\tau_2 = R_2C$.	**0.75**
B-4	A $t = \tau_2$: $u_C = 0{,}37 \times E = 0{,}37 \times 9 = 3{,}33\,V$ & $\tau_2 = 5\,s$. $C = \frac{\tau_2}{R_2} = \frac{5}{100\times10^3} = 5 \times 10^{-5}F = 50\mu F$	**0.25** **0.75**
C	Les résultats sont compatibles entre eux et la différence est dû aux erreurs expérimentales et de mesures.	**0.25**

Question III (06 points)		
A-1.	${}^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{239}_{92}U.$	**0,25**
A-2.	$A = 239$ & $Z = 93$; L'équation s'écrit ${}^{239}_{92}U \longrightarrow {}^{239}_{93}Np + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\upsilon} + \gamma$ $A_1 = 239$ & $Z_1 = 94$; L'équation s'écrit: ${}^{239}_{93}Np \longrightarrow {}^{239}_{94}Pu + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\upsilon} + \gamma$	**0,5** **0,5**
A-3.a)	${}^{239}_{94}Pu \longrightarrow {}^{235}_{92}U + {}^{4}_{2}He + \gamma$	**0,25**
A-3.b)	$E_\gamma = Ec_{\alpha_1} - Ec_{\alpha_2} = 0{,}013MeV = 2{,}08 \times 10^{-15}J;$ $\lambda = \frac{hc}{E_\gamma} = \frac{6{,}63 \times 10^{-34}J.s \times 3 \times 10^{8}m/s}{2{,}08 \times 10^{-15}J} = 9{,}562 \times 10^{-11}m.$	**0,5** **0,5**
A-4)	$E_\ell = \Delta m\, c^2 = 0{,}2 \times 931{,}5MeV = 186{,}3MeV = 2{,}98 \times 10^{-11}J$	**0,75**
B-	$N = \frac{m}{M} \times N_A = \frac{0.4 \times 10^3 g}{238\, g.mo\ell^{-1}} \times 602 \times 10^{23} mo\ell^{-1} = 1{,}025 \times 10^{24}.$ $E_{t\ell} = N \times E_\ell = 3{,}05 \times 10^{13}J;$ $P_{\text{nucléaire}} = \frac{E_{t\ell}}{\Delta t}$ $P_{\text{électrique}} = \eta \times P_{\text{nucléaire}} = 0{,}3 \times 353MW = 106MW$	**0,75** **1** **0,5** **0,5**

Question IV (7,5 points)		
A-1.	La charge q diminue.	**0,25**
A-2.	Loi d'unicité des tensions: $u_{MN} = u_{MN}$; On obtient: $q'' + \omega_0^2 q = 0$; $$\text{avec } \omega_0^2 = \frac{1}{L_1 C};$$ $$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C}}$$ $f_0 = 5 \times 10^5 Hz$	**0,5** **0,5** **0,25**
A-3.a)	$E_1 = \frac{q^2}{2C} = \frac{Q^2}{2C}\cos^2(2\pi f_0 t)$	**0,5**
A-3.b)	$E_2 = \frac{1}{2}L_1 i^2 = \frac{1}{2}L_1 Q^2 (2\pi f_0)^2 \sin^2(2\,\pi f_0 t)$	**0,5**
A-3.c)	$E = E_1 + E_2 = \frac{Q^2}{2C}\cos^2(2\pi f_0 t) + \frac{1}{2}L_1 Q^2 \times \frac{1}{L_1 C}\sin^2(2\,\pi f_0 t) = \frac{Q^2}{2C}$ $E = 10^{-8} J.$	**1** **0,25**
B-1.	Loi d'unicité des tensions: $u_{MN} = u_{MN}$, d'où $u_C = u_r + u_L$; $$\text{Donc, } \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{r}{L_2}\frac{dq}{dt} + \frac{1}{L_2 C} q = 0$$	**0,75**
B-2.	Alors: $\frac{dE}{dt} = \frac{1}{C} q\, q' + L_2 i\, i'$	**0,5**
B-3	$\frac{dE}{dt} = -i\left(\frac{q}{C} + L_2 q''\right)$ En utilisant l'équation différentielle: $$\text{On obtient, } \frac{dE}{dt} = -i\left(\frac{q}{C} + L_2 q''\right) = -r\, i^2.$$ La diminution de l'énergie électromagnétique se convertit en énergie thermique et apparaît sous forme de chaleur.	**0,75** **0,25**
B-4.a)	Résonance d'intensité.	**0,5**
B-4.b)	$\lambda = \frac{c}{f} = c \times 2\pi\sqrt{LC} = 600m$	**1**