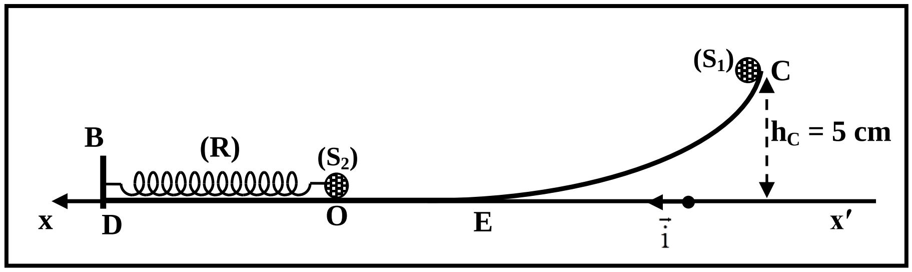
Cette épreuve est formée de trois exercices répartis sur trois pages.
L'usage d'une calculatrice non programmable est recommandé.

Exercice 1 (7 points)

Détermination de la constante de raideur d'un ressort

Dans le but de déterminer la constante k d'un ressort (R) à spires non jointives, on dispose :

- d'une glissière CEOD, située dans un plan vertical, formée d'une partie courbe CE et d'une partie horizontale EOD ;
- d'un ressort (R) horizontal, de masse négligeable et de constante de raideur k ;
- de deux solides identiques (S_1) et (S_2), supposés ponctuels et de même masse m.



Doc .1

On fixe le ressort par l'une de ses extrémités à un support B ; l'autre extrémité est reliée à (S_2).

À l'équilibre, (S_2) coïncide avec l'origine O d'un axe horizontal x'x de vecteur unitaire $\vec{i}$.

On lâche (S_1) sans vitesse initiale à partir du point C situé à une altitude $h_C = 5$ cm au-dessus de l'axe x'x comme le montre le document 1.

On néglige toutes les forces de frottement.

Prendre :

- le plan horizontal contenant l'axe x'x comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10\ m/s^2$ et $\pi = 3,14$.

1- (S_1) atteint (S_2) avec une vitesse $\overrightarrow{V_1} = V_1\,\vec{i}$. Appliquer le principe de conservation de l'énergie mécanique du système [(S_1), Terre] pour déterminer la valeur V_1 de $\overrightarrow{V_1}$.

2- (S_1) entre en collision frontale et parfaitement élastique avec (S_2) initialement au repos. Vérifier que juste après cette collision, (S_1) devient au repos et (S_2) se déplace avec une vitesse $V_0 = 1$ m/s.

3- Juste après la collision, (S_2) oscille le long de l'axe x'x. L'instant de la collision en O est considéré comme origine de temps $t_0 = 0$.

À un instant t, l'abscisse de (S_2) est x et la mesure algébrique de sa vitesse est $v = \frac{dx}{dt}$.

3-1) Établir l'équation différentielle du second ordre en x qui régit le mouvement de (S_2).

3-2) La solution de l'équation différentielle obtenue est $x = A\sin(\frac{2\pi}{T_0}t)$, où A est une constante et T_0 est la période propre des oscillations de (S_2).

3-2-1) Déterminer, en fonction de m et k, l'expression de T_0.

3-2-2) Déterminer, en fonction de V_0 et T_0, l'expression de A.

3-2-3) La constante A est une caractéristique du mouvement oscillatoire de (S_2). Nommer cette caractéristique.

4- À un instant $t_1 = 314$ ms, (S_2) repasse par le point O pour la première fois. En déduire la valeur de T_0.

5- Calculer la valeur de A.

6- Déterminer par deux méthodes différentes la valeur de k, sachant que m = 400 g.

<u>Exercice 2</u> (7 points)

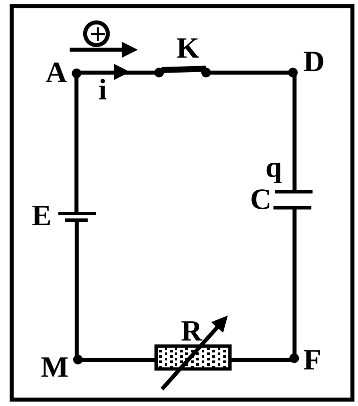
Effet de la résistance sur la charge d'un condensateur

Le but de cet exercice est d'étudier l'effet de la résistance d'un conducteur ohmique sur la charge d'un condensateur.

Dans ce but, on réalise le circuit du document 2 qui comprend :

- un condensateur initialement non chargé de capacité C = 4 μF ;
- un conducteur ohmique de résistance R réglable ;
- un générateur idéal de tension continue $u_{AM} = E$;
- un interrupteur K.

On ferme l'interrupteur à $t_0 = 0$, et la charge du condensateur commence.



Doc. 2

1- Étude théorique

1-1) Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_{DF} = u_C$ durant la charge du condensateur.

1-2) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $u_C = A + B\,e^{Dt}$. Déterminer les constantes A, B et D en fonction de E, R et C.

1-3) Vérifier que le condensateur sera pratiquement chargé complètement à t = 5 RC.

1-4) Indiquer alors l'effet de la résistance du conducteur ohmique sur la durée de charge du condensateur.

2- Étude expérimentale

On donne à R deux valeurs différentes R_1 et R_2 ; un système approprié permet de tracer, pour chaque valeur de R, la tension u_C en fonction du temps (Doc. 3).

- Courbe (a) correspond à $R = R_1$.
- Courbe (b) correspond à $R = R_2$.

2-1) En utilisant les courbes du document 3 :

2-1-1) préciser la valeur de E ;

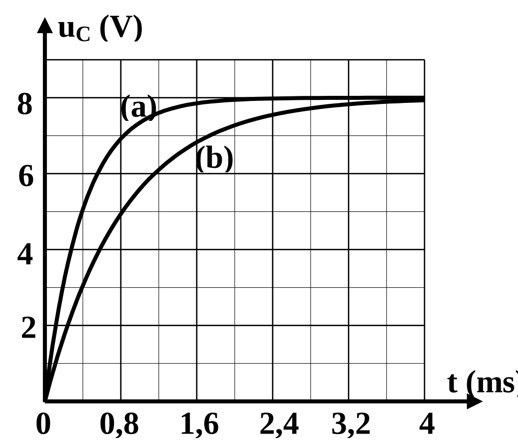
2-1-2) préciser, sans calcul, si la valeur de R_2 est : égale, plus petite ou plus grande que R_1;

2-1-3) Déterminer les valeurs de R_1 et R_2.

2-2) Le condensateur est complètment chargé, l'énergie électrique emmagasinée dans le condonsateur est W_C.

2-2-1) La valeur de W_C dépend-elle de la résistance du conducteur ohmique ? Justifier.

2-2-2) Déduire la valeur de W_C.



Doc. 3

<u>Exercice 3</u> (6 points)

La bombe nucléaire d'Hiroshima

Le 6 Août 1945, une bombe atomique (nucléaire), alimentée par l'uranium fortement enrichi (uranium 235), tomba sur Hiroshima ; elle provoqua une violente explosion due à la fission nucléaire en chaîne de l'uranium. La bombe contenait M = 52 kg d'uranium 235, seulement une petite partie de masse « m » de ces noyaux subissent la fission avant que l'explosion éjecte le contenu de la bombe très loin.
Le but de cet exercice est d'étudier la fission nucléaire et de déterminer le pourcentage d'uranium 235 qui a été fissuré dans cette bombe.

1- Étude de la réaction de fission nucléaire

Lorsque le noyau fissile d'uranium 235 est bombardé par un neutron thermique ${}_0^1n$, il se divise en deux noyaux plus légers avec l'émission de certains neutrons.
Une des réactions possibles est :

$$ {}_0^1n + {}_{92}^{235}U \rightarrow {}_{53}^{A}I + {}_{B}^{94}Y + 3\,{}_0^1n. $$

Données : $m_n = 1{,}00866$ u;

$m({}_{92}^{235}U) = 234{,}99332$ u;

$m({}_{53}^{A}I) = 138{,}89700$ u;

$m({}_{B}^{94}Y) = 93{,}89014$ u ;

$1\text{ u} = 1{,}66 \times 10^{-27}$ kg ;

$c = 3 \times 10^{8}$ m/s.

1-1) Cette réaction peut engendrer une réaction nucléaire en chaîne. Pourquoi ?
1-2) Calculer, en indiquant les lois utilisées, les valeurs de A et B.
1-3) Déterminer le défaut de masse Δm qui est converti en énergie durant la fission nucléaire précédente.
1-4) Déduire que, 0,08 % de la masse d'un noyau d'uranium qui subit cette fission, est convertie en énergie.

2- Détermination du pourcentage d'uranium 235 utilisé dans la bombe d'Hiroshima

Dans une bombe nucléaire, les réactions nucléaires sont incontrôlables. La grande quantité d'énergie libérée provoque une explosion nucléaire. La bombe qui a bombardé Hiroshima a libéré une quantité d'énergie équivalente à celle libérée par 14 kilotonnes de TNT.

2-1) Calculer l'énergie nucléaire totale libérée par la bombe atomique sachant que l'énergie libérée par 1 kilotonne de TNT est 4×10^{12} J.
2-2) Déduire que la masse d'uranium 235, convertie en énergie pendant l'explosion de la bombe, est Δm' = 622,22 mg.
2-3) La masse de l'uranium 235 qui subit la fission dans la bombe est « m ». On suppose que 0,08 % de « m » est convertie en énergie. Calculer « m ».
2-4) Calculer le pourcentage de masse d'uranium 235 qui a subit la fission dans la bombe d'Hiroshima contenant M = 52 kg d'uranium 235.

وزارة التربية والتعليم العالي | امتحانات الشهادة الثانوية العامة | دورة العام ٢٠١٨ الاستثنائيّة
المديرية العامة للتربية | الفرع: علوم الحياة | السبت في ٤ آب ٢٠١٨
دائرة الامتحانات الرسميّة | مسابقة في مادة الفيزياء

أسس التصحيح

<u>Exercice 1</u> (7 points)

Détermination de la constante de raideur d'un ressort

Partie	Réponse	Note
1	$Em_A = Em_O$, alors $m\ g\ h_G + 0 = \frac{1}{2} mV_1^2 + 0$ alors $V_1 = \sqrt{2\ g\ h_G} = \sqrt{2 \times 10 \times 0.05} = 1$ m/s	0,75
2	Pendant le choc, la quantité de mouvement du système [(S_1) et (S_2)] doit se conserver: $\left.\begin{array}{l}\vec{P}_{\text{juste avant}} = m\,\vec{V}_1 + \vec{0} = m \times 1\vec{\imath} \\ \vec{P}_{\text{juste après}} = \vec{0} + m\,\vec{V}_o = m \times 1\,\vec{\imath}\end{array}\right\}$ $\vec{P}_{\text{juste avant}} = \vec{P}_{\text{juste après}}$ c'est vérifié **Ou bien** : Durant le choc, la quantité de mouvement du système [(S_1) et (S_2)] se conserve : $m\,\vec{V}_1 + \vec{0} = \vec{0} + m\,\vec{V}_o$ donc $\vec{V}_o = \vec{V}_1$ donc $V_o = 1$ m/s c'est vérifié. **Ou bien** vérification de la conservation de l'énergie cinétique	0,75
3 – 3.1	$Em = \frac{1}{2}\ m\,v^2 + \frac{1}{2}\ k\,x^2$ La somme des travaux des forces non conservatives est nulle (pas de frottement), donc Em est conservée : $\frac{dEm}{dt} = 0 = 2\left(\frac{1}{2}\ m\,vv'\right) + 2\left(\frac{1}{2}\ k\,xx'\right)$, mais $x' = v$ and $v' = x''$, donc $v\ (m\,x'' + k\,x) = 0$, mais $v \neq 0$, donc $m\,x'' + k\,x = 0$, alors $x'' + \frac{k}{m}\,x = 0$	1
3 – 3.2 – 1	$x' = \frac{A\,2\,\pi}{T_o}\cos\left(\frac{2\pi}{T_o}t\right)$, $x'' = -A\left(\frac{2\,\pi}{T_o}\right)^2\sin\left(\frac{2\pi}{T_o}t\right) = -\left(\frac{2\,\pi}{T_o}\right)^2 x$. Remplaçons dans l'équation différentielle, alors $-\left(\frac{2\,\pi}{T_o}\right)^2 x + \frac{k}{m}\ x = 0$ $x\left[-\left(\frac{2\,\pi}{T_o}\right)^2 + \frac{k}{m}\right] = 0$, mais $x \neq 0$, alors $T_o = 2\,\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	1
3 – 3.2 – 2	$V = x' = \frac{2\pi}{T_o}\ A\cos\left(\frac{2\pi}{T_o}t\right)$; À $t_o = 0$, $v = V_o = \frac{A\,2\,\pi}{T_o}\cos(0)$ alors $A = \frac{T_o V_o}{2\,\pi}$	1
3 – 3.2 – 3	A = Xm est l'amplitude du mouvement oscillatoire de (S_2).	0,25
4	$T_o = 2\,t_1 = 2 \times 0{,}314 = 0{,}628$ s	0,5
5	$A = \frac{0.628 \times 1}{2 \times 3.14} = 0.1$ m	0,5
6	Première méthode: $T_o = 2\,\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, then $k = \frac{4\,\pi^2 \times m}{T_o^2} = \frac{4 \times 3.14^2 \times 0.4}{0.628^2} = 40$ N/m. Deuxième méthode, système [(S_2), (R), Terre] $\frac{1}{2}\,m\,V_o^2 + 0 = \frac{1}{2}\,k\,A^2 + 0$, alors $k = \frac{m\,V_o^2}{A^2} = \frac{0.4 \times 1^2}{0.1^2} = 40$ N/m.	0,5 0,75

Exercice 2 **(7 points)**

Effet de la résistance sur la charge d'un condensateur

Partie			Réponse	Note
1	1.1		Le sens positive est dirigé vers l'armature de charge q, alors $i = +\frac{dq}{dt}$, donc $i = C\frac{du_C}{dt}$. $u_{AM} = u_{AD} + u_{DF} + u_{FM}$, alors $E = u_C + R\,i$ $E = u_C + RC\frac{du_C}{dt}$, par suite $\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{RC} = \frac{E}{RC}$.	**0,75**
	1.2		$u_C = A + B\,e^{Dt}$, so $\frac{du_c}{dt} = BD\,e^{Dt}$, on remplace dans l'équation différentielle $BD\,e^{Dt} + \frac{A + B\,e^{Dt}}{RC} = \frac{E}{RC}$, donc $RC\,B\,D\,e^{Dt} + A + Be^{Dt} = E$ $Be^{Dt}(RC\,D + 1) + A = E$. $A = E$; et $Be^{Dt}(RC\,D + 1) = 0$. Mais $Be^{Dt} = 0$ à rejeter, donc $(R\,C\,D + 1) = 0$ alors $D = -\frac{1}{RC}$. À $t_0 = 0$, $u_C = 0 = A + B\,e^{D\,t}$, donc $0 = A + B$, alors $B = -A$, Par suite $B = -E$.	**1,25**
	1.3		$u_C = E\,(1 - e^{\frac{-t}{R_1 C}})$ À t = 5 RC: $u_C = E\,(1 - e^{\frac{-5RC}{RC}}) = E\,(1 - e^{-5})$, donc $u_C = 0.99$ E. Donc le condensateur devient pratiquement complètement chargé à t = 5 R C.	**0,75**
	1.4		Si la résistance augmente, la durée de charge (5 R C) augmente, par suite la durée de charge devient plus lente.	**0,5**
2	2.1	1	Lorsque le régime permanent est atteint, le condensateur devient complètement chargé, donc $u_C = E$. Graphiquement, le régime permanent est atteint lorsque $u_C = 8$ V. Donc E = 8 V.	**0,75**
		2	La courbe (a) atteint son régime permanent avant la courbe (b) donc $5R_1\,C < 5R_2\,C$ Par suite $R_1 < R_2$ **<u>Ou bien</u>** : A partir des graphes, $u_{C(b)} < u_{C(a)}$ pour tout instant t (à l'exception de t = 0), donc la charge pour la courbe (b) est plus lent, donc $R_2 > R_1$	**0,75**
		3	A $t = \tau$, $u_C = 0.63\,E = 0.63 \times 8 = 5$ V. Graphiquement, $u_C = 5$ V, lorsque : $t = \tau_1 = 0{,}4$ ms pour la courbe (a) et $t = \tau_2 = 0{,}8$ ms pour la courbe (b). $\tau = R_1 C$, donc $R_1 = \frac{0.4 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-6}}$; $R_1 = 100\ \Omega$ de même $R_2 = 200\ \Omega$	**1,25**
	2.2	1	Lorsque le condensateur est complètement chargé : $W_C = \frac{1}{2}C\,E^2$ donc W_C dépend seulement de C et E. Par suite la valeur de W_C n'est pas affectée par la valeur de la résistance du circuit.	**0,5**
		2	$W_C = \frac{1}{2}C\,E^2 = \frac{1}{2}(4 \times 10^{-6})\,(8^2)$, alors $W_C = 1.28 \times 10^{-4}$ J.	**0,5**

Exercice 3 **(6 points)**

La bombe nucléaire d'Hiroshima

Partie		Réponse	Note
1	1.1	Car chaque réaction nucléaire libère 3 neutrons.	**0,5**
	1.2	Loi de conservation de nombre de masse : 1+ 235 = A + 94 + 3(1) donc A = 139. Loi de conservation de nombre de charge : 0+ 92 = 53 + B + 3(0) donc B = 39.	**1**
	1.3	$\Delta m = m_{avant} - m_{après}$ = (1,00866 + 234,99332) - [138,897+ 93,89014 + 3(1,00866)] Δm = 0,18904u.	**0,75**
	1.4	$\frac{\Delta m}{m(U)} = \frac{0{,}18904}{234{,}99332} = 0{,}0008 = 0.08\ \%$	**0,75**
2	2.1	$E_{\text{totale libérée par la bombe atomique}} = 14 \times 4 \times 10^{12} = 56 \times 10^{12}$ J	**0,5**
	2.2	$E_{\text{totale libérée par la bombe atomique}} = \Delta m' \times c^2$ Donc $\Delta m' = \frac{56\times10^{12}}{(3\times10^{8})^{2}} = 0{,}00062222\text{kg} = 0{,}62222\text{g} = 622{,}22\text{mg}.$	**1**
	2.3	0,08% m = Δm' donc La masse « m » qui est convertie en énergie vaut : $m = \frac{\Delta m'}{0{,}08\%} = \frac{0{,}62222}{0{,}0008} = 777{,}775\text{ g} = 0{,}777\text{ kg}.$	**0,75**
	2.4	Le pourcentage de masse qui a subit la fission dans la bombe d'Hiroshima vaut Pourcentage = $\frac{m}{M} \times 100 = \frac{0.777}{52} \times 100 = 1.5$	**0,75**