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

مسابقة في مادة الفيزياء

المدة: ساعتان

(اللغة الفرنسية)

الاسم:.................................

الرقم:.................................

<u>Exercice 1</u> (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 :

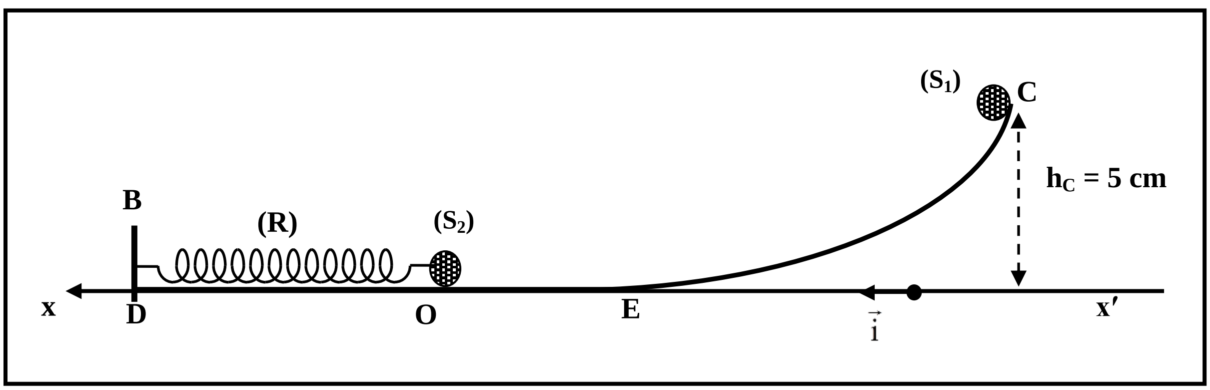
- <u>d'une glissière CEOD</u>, située dans un plan vertical, formée d'une partie courbe CE et d'une partie horizontale EOD ;
- <u>d'un ressort **(R)** horizontal</u>, de masse négligeable et de constante de raideur **k** ;
- de <u>deux solides identiques **(S_1) et (S_2),**</u> supposés ponctuels et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

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 <u>document 1</u>.

On néglige toutes les forces de frottement.



Doc .1

Prendre :

- le plan horizontal contenant l'axe **x'x** comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- **g = 10 m/s^2**.

1- **(S_1)** atteint **(S_2)** avec une vitesse $\overrightarrow{V_1} = V_1 \vec{i}$.

Déterminer la valeur $\mathbf{V_1}$ de $\overrightarrow{V_1}$ en a**ppliquant** le principe de conservation de l'énergie mécanique du système **[(S_1), Terre**].

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

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 $\mathbf{t_0 = 0}$.

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

3-1) Ecrire, en fonction de **m**, **v**, **k** et **x**, l'expression de l'énergie mécanique du système **[(S_2), ressort, Terre].**

3-2) Établir l'équation différentielle du second ordre en **x** qui régit le mouvement de **(S_2).**

3-3) La solution de l'équation différentielle obtenue est $\mathbf{x = A\ sin}(\frac{2\pi}{T_0}t)$, où

- A est une constante et,
- $\mathbf{T_0}$ est la période propre des oscillations de **(S_2).**

3-2-1) Déterminer, en fonction de **m** et **k**, <u>l'expression de $\mathbf{T_0}$</u>.

3-2-2) Déterminer, en fonction de $\mathbf{V_0}$ et $\mathbf{T_0}$, <u>l'expression de **A**</u>**.**

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

4- À un instant $\mathbf{t_1 = 314ms}$, **(S_2)** repasse par le point **O** pour la première fois.

En **déduire** la valeur de $\mathbf{T_0}$.

5- **Calculer** la valeur de **A.**

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

- pour la première méthode, se référer à la partie **3-2-1).**
- pour la deuxième méthode, **appliquer** le principe de conservation de l'énergie mécanique du système **[(S_1), (S_2), ressort, Terre].**

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

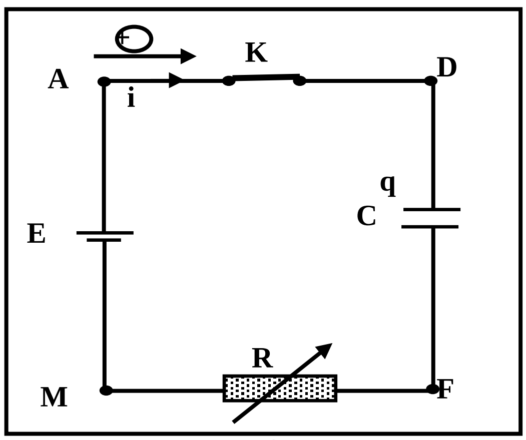
Effet de la résistance sur la charge d'un condensateur

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 <u>document 2</u> 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 $\mathbf{u_{AM} = E}$;
- un interrupteur **K.**

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



Doc. 2

1- Étude théorique

1-1) Donner l'expression de **i** en fonction de **C** et de $\frac{du_c}{dt}$

1-2) Montrer que l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_{DF} = u_C$ durant la charge du condensateur est donnée par $\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{Rc} = \frac{E}{Rc}$.

1-3) La solution de cette équation différentielle est de la forme :

$\mathbf{u_C = A + B\,e^{Dt}}$. **Déterminer** les constantes **A, B et D** en fonction de **E, R et C**.

1-4) Vérifier que le condensateur sera pratiquement chargé complètement à **t = 5 RC**.

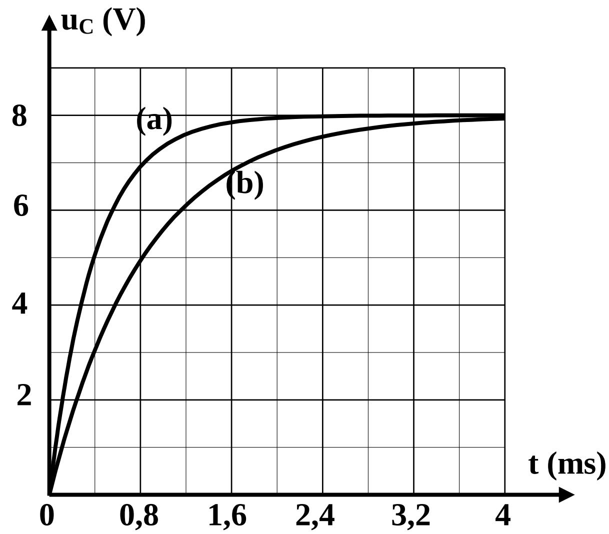
1-5) Indiquer alors l'effet de la résistance du conducteur ohmique sur la durée de charge du condensateur.

2- Étude expérimentale

On donne à **R** deux valeurs différentes $\mathbf{R_1}$ et $\mathbf{R_2}$.

Un système approprié permet de tracer, pour chaque valeur de R**,** la tension $\mathbf{u_C}$ en fonction du temps (Doc. 3).

- Courbe **(a)** correspond à $\mathbf{R = R_1}$.
- Courbe **(b)** correspond à $\mathbf{R = R_2}$.



Doc. 3

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 $\mathbf{R_2}$ est :

- égale,
- plus petite ou
- plus grande que $\mathbf{R_1}$;

2-1-3) Déterminer les valeurs de $\mathbf{R_1}$ et $\mathbf{R_2}$.

2-2) Le condensateur est complètment chargé, l'énergie électrique emmagasinée dans le condonsateur est $\mathbf{W_C}$.

2-2-1) La valeur de $\mathbf{W_C}$ dépend-elle de la résistance du conducteur ohmique ? **Justifier**.

2-2-2) Déduire la valeur de $\mathbf{W_C}$.

Exercice 3 **(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.

La bombe 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 $^{1}_{0}\mathbf{n}$, il se divise en deux noyaux plus légers avec l'émission de certains neutrons.

Une des réactions possibles est :

$$^{1}_{0}\mathbf{n} + {}^{235}_{92}\mathbf{U} \rightarrow {}^{A}_{53}\mathbf{I} + {}^{94}_{B}\mathbf{Y} + 3\,{}^{1}_{0}\mathbf{n}.$$

Données : $\mathbf{m_n = 1{,}00866\ u;}$

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

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

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

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

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

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 $\mathbf{\Delta m}$ qui est converti en énergie durant la fission nucléaire précédente $\mathbf{(\Delta m = m_{avant} - m_{après})}$.

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 $\mathbf{4 \times 10^{12}}$ **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**.

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

Détermination de la constante de raideur d'un ressort

Partie	Réponse	Note
1	$Em_A = Em_O$, alors $m\,g\,h_G + 0 = ½\, mV_1^2 + 0$ 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	$Em = \frac{1}{2}\, m\, v^2 + \frac{1}{2}\, k\, x^2$	0,25
3 — 3.2	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 $x'' + \frac{k}{m}\, x = 0$	0,75
3 — 3.3 — 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 — 3.3 — 2	$V = x' = \frac{2\pi}{T_0} A \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$; 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 — 3.3 — 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] $½\, m\, V_o^2 + 0 = ½\, k\, A^2 + 0$, 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

<u>Exercice 2</u> (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 $i = C\frac{du_C}{dt}$.	0,25
	1.2		$u_{AM} = u_{AD} + u_{DF} + u_{FM}$, alors $E = u_C + R\,i$ $E = u_C + R\,C\frac{du_C}{dt}$, par suite $\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{RC} = \frac{E}{RC}$. donnée	0,75
	1.3		$u_C = A + B\,e^{Dt}$, 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 $t_o = 0$, $u_C = 0 = A + B\,e^{Dt}$, 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). $\tau = R_1C$, 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 = $\frac{m}{M}\times100 = \frac{0.777}{52}\times100 = 1.5$	**0,75**