| | |
|---|---|
| مسابقة في مادة الفيزياء | الاسم: |
| المدة: ساعتان | الرقم: |

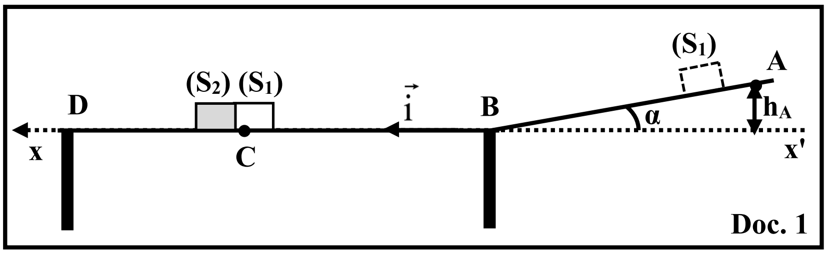
**Cette épreuve est formée de trois exercices obligatoires répartis sur trois pages.**
**L'usage d'une calculatrice non programmable est recommandé.**

## Exercice 1 (7 pts) Mouvement de deux blocs

Le but de cet exercice est de déterminer la distance parcourue par deux blocs ($S_1$) et ($S_2$) après leur collision. On dispose de :

- deux blocs ($S_1$) et ($S_2$), assimilés à des particules, de masses respectives $m_1 = 100$ g et $m_2 = 150$ g ;
- un rail AB rectiligne et incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale ($\sin \alpha = 0{,}1$) ;
- une table BCD horizontale.

L'axe x'x est horizontal, passant par B, C et D, et orienté selon le vecteur unitaire $\vec{i}$ (Doc. 1).



Doc. 1

Prendre :

- le plan horizontal contenant (BD) comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10$ m/s$^2$.

**1) Mouvement de ($S_1$) entre A et B**

À $t_0 = 0$, le bloc ($S_1$) se trouve au point A, situé à une altitude $h_A$ au-dessus du plan horizontal contenant (BD). Il descend ensuite le long du rail AB et atteint le point B à t = 2 s.
$E_1$ et $E_2$ sont les expressions, en fonction du temps, de l'énergie cinétique Ec de ($S_1$) et l'énergie potentielle de pesanteur Epp du système [($S_1$), Terre] entre $t_0 = 0$ et t = 2 s.

$$E_1 = 0{,}05\ t^2 + 0{,}05\ t + 0{,}0125 \text{ (S.I.)} \quad ; \quad E_2 = -\,0{,}05\ t^2 - 0{,}05\ t + 0{,}3 \text{ (S.I.)}$$

**1.1)** Calculer, à un instant t, l'énergie mécanique du système [($S_1$), Terre] entre A et B.
**1.2)** Déduire que la force de frottement est négligeable entre A et B.
**1.3)** $E_1$ correspond à Ec et $E_2$ correspond à Epp. Justifier.
**1.4)** Déduire :
  **1.4.1)** qu'au point A la vitesse de ($S_1$) n'est pas nulle.
  **1.4.2)** la valeur de l'altitude $h_A$.
**1.5)** Déterminer la vitesse de ($S_1$) en B.

**2) Collision entre ($S_1$) et ($S_2$)**

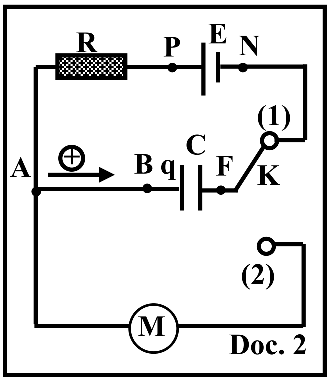
Le bloc ($S_1$) atteint le point B et poursuit son mouvement sur BC avec la vitesse $\vec{V} = 2{,}5\ \vec{i}$ (m/s). Il entre en collision frontale avec le bloc ($S_2$), initialement au repos en C. Juste après la collision, ($S_1$) et ($S_2$) forment un seul corps (S) qui se déplace avec une vitesse $\vec{V'} = V'\ \vec{i}$ .
Après la collision, (S) subit une force de frottement $\vec{f} = -\,0{,}5\ \vec{i}$ (N) et s'arrête après avoir parcouru une distance d.

**2.1)** Déterminer, en appliquant le principe de conservation de la quantité de mouvement du système [($S_1$), ($S_2$)], la vitesse $\vec{V'}$ de (S) juste après la collision.
**2.2)** Calculer, après la collision, la variation de l'énergie mécanique du système [(S), Terre] entre C et le point où (S) s'arrête.
**2.3)** En déduire que (S) s'arrêtera avant d'atteindre l'extrémité D de la table, sachant que CD = 0,5 m.

## Exercice 2 (6,5 pts) Conversion d'énergie à travers un condensateur

Le but de cet exercice est d'étudier la conversion d'énergie électrique en énergie mécanique durant la décharge d'un condensateur à travers le moteur d'une petite voiture jouet. Dans ce but, on réalise le circuit du document 2, contenant :

- un condensateur, initialement non chargé, de capacité C ;
- un conducteur ohmique de résistance R = 10 kΩ ;
- un générateur idéal de tension continue $U_{PN} = E$ ;
- un moteur (M) d'une voiture jouet ;
- un commutateur K.

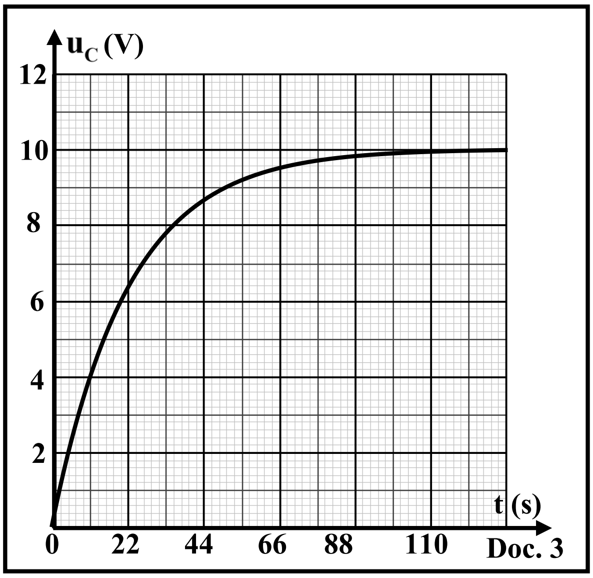



Doc. 2

### 1) Charge du condensateur

À l'instant $t_0 = 0$, on place K à la position (1) et la phase de charge du condensateur commence. À un instant t, l'armature B du condensateur porte la charge q et le circuit est parcouru par un courant d'intensité i.

**1.1)** Montrer que l'équation différentielle qui décrit la variation de la tension $u_{BF} = u_C$ aux bornes du condensateur est : $RC\dfrac{du_C}{dt} + u_C = E$.




Doc. 3

**1.2)** La solution de cette équation différentielle est :

$u_C = E(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$ où $\tau = RC$ est la constante de temps du circuit. Le document 3 montre l'évolution de $u_C$ avec le temps.

**1.2.1)** En se référant au document 3, indiquer la valeur de E.

**1.2.2)** En utilisant le document 3, déterminer la valeur de τ.

**1.2.3)** Déduire que C = 2200 μF.

**1.2.4)** Déduire, en fonction de t, l'expression de l'intensité du courant électrique i.

**1.3)** Choisir en justifiant la bonne réponse.
Le condensateur est complètement chargé.

**1.3.1)** La durée dont le condensateur a besoin pour qu'il devienne pratiquement chargé complètement est :

a) 0,63 τ  b) τ  c) 5 τ  d) $\dfrac{\tau}{2}$

**1.3.2)** La valeur de la charge q de l'armature B est :

a) 0  b) 0,0022 C  c) 0,022 C  d) 0,1 C

**1.3.3)** L'intensité du courant i est :

a) 0  b) 2,2 mA  c) 10 mA  d) 100 mA

**1.3.4)** L'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur est :

a) 0  b) 0,0011 J  c) 0,11 J  d) 1,1 J

### 2) Décharge du condensateur

Le condensateur est complètement chargé. A un instant $t_0 = 0$, pris comme nouvelle origine de temps, K est placé à la position (2) ; le phénomène de décharge du condensateur commence et le moteur tourne provoquant le mouvement d'une petite voiture jouet. Lorsque la tension aux bornes du condensateur devient $u_{BF} = u_C = 2V$ le moteur s'arrête.

**2.1)** Indiquer la valeur de l'énergie électrique $W_0$ emmagasinée dans le condensateur à $t_0 = 0$.

**2.2)** Calculer l'énergie $W_1$ qui reste emmagasinée dans le condensateur lorsque le moteur s'arrête.

**2.3)** Déduire la valeur de l'énergie électrique $W_e$ consommée par le moteur durant son fonctionnement.

**2.4)** Calculer l'énergie utile $W_u$ fournie par le moteur durant son fonctionnement, sachant que son rendement est $r = \dfrac{W_u}{W_e} = 20\ \%$.

**Exercice 3 (6,5 pts)** **Stabilité des noyaux**

Le but de cet exercice est d'étudier la stabilité de certains noyaux, et la désintégration des noyaux instables.

**1) Noyau d'uranium 238**

On considère le noyau d'uranium 238 ( $^{238}_{92}U$ ), de masse $m_U$ = 237,99905 u.

**On donne** :

$1\ u = 931{,}5\ \frac{MeV}{c^2}$ ; Masse d'un proton : $m_p$ = 1,00727 u ; Masse d'un neutron : $m_n$ = 1,00866 u.

**1.1)** Indiquer la composition du noyau d'uranium 238.

**1.2)** Montrer que le défaut de masse $\Delta m$ du noyau d'uranium 238 est $\Delta m$ = 1,93415 u.

**1.3)** Ce défaut de masse est converti en énergie équivalente à l'énergie de liaison $E_\ell$ d'un noyau.

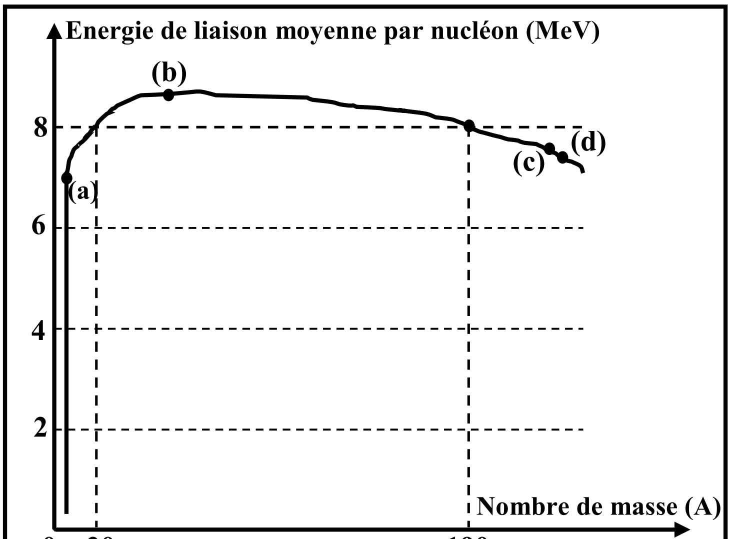
**1.3.1)** Définir l'énergie de liaison d'un noyau.

**1.3.2)** Calculer l'énergie de liaison par nucléon du noyau d'uranium 238.

**2) Stabilité d'un noyau**

On considère les noyaux : uranium 238 ( $^{238}_{92}U$ ), thorium 234 ( $^{234}_{90}Th$ ), fer 56 ( $^{56}_{26}Fe$ ) et hélium 4 ( $^{4}_{2}He$ ).

La courbe d'Aston du document 4, représente l'énergie de liaison moyenne par nucléon $\left(\frac{E_\ell}{A}\right)$ en fonction du nombre de masse A.



Doc. 4

**2.1)** Faire correspondre chacun des noyaux : $^{238}_{92}U$ , $^{234}_{90}Th$ , $^{56}_{26}Fe$ et $^{4}_{2}He$ à un des noyaux (a), (b), (c) et (d) sur la courbe d'Aston.

**2.2)** Déduire le noyau le plus stable.

**2.3)** L'énergie de liaison de chacun des noyaux $^{234}_{90}Th$ , $^{56}_{26}Fe$ et $^{4}_{2}He$ , est donnée dans le tableau suivant.

| Noyau | $^{4}_{2}He$ | $^{56}_{26}Fe$ | $^{234}_{90}Th$ |
|---|---|---|---|
| Énergie de liaison $E_\ell$ (MeV) | 28,28 | 492,24 | 1778,4 |

Calculer l'énergie de liaison par nucléon pour chaque noyau.

**2.4)** Montrer que les résultats obtenus sont en accord avec la partie **2.2**.

**2.5)** Choisir la bonne réponse.

L'interaction entre les nucléons qui assure la stabilité d'un noyau est appelée :

**a)** Interaction électrostatique.

**b)** Interaction forte.

**c)** Interaction gravitationnelle.

**3) Désintégration d'un noyau instable**

L'uranium 238 est radioactif. Il se désintègre en thorium 234 selon l'équation :

$$^{238}_{92}U \rightarrow\ ^{234}_{90}Th +\ ^{A}_{Z}X$$

**3.1)** Calculer Z et A en indiquant les lois utilisées.

**3.2)** Nommer la particule $^{A}_{Z}X$ émise.

**3.3)** Choisir la bonne réponse.

Un noyau père se désintègre en un noyau fils, l'énergie de liaison par nucléon du noyau fils est :

**a)** égale à celle du noyau père.

**b)** plus petite que celle du noyau père.

**c)** plus grande que celle du noyau père.

مسابقة في مادة الفيزياء
أسس التصحيح - فرنسي

| Exercice 1 (7 pts) | Mouvement de deux blocs | |
|---|---|---|
| **Partie** | **Réponse** | **Note** |
| **1.1** | $Em = E_1 + E_2 = 0{,}05t^2 + 0{,}05\,t + 0{,}0125 - 0{,}05t^2 - 0{,}05\,t + 0{,}3 = 0{,}3125$ J | **0,5** |
| **1.2** | Em = constante donc entre A et B le frottement est négligeable | **0,25** |
| **1.3** | $E_1$ correspond à l'énergie cinétique<br>Car lorsque t augmente, cette énergie augmente donc la vitesse augmente, ce qui a lieu durant le mouvement descendant d'un corps sans frottement sur un plan incliné.<br><br>$E_2$ correspond à l'énergie potentielle de pesanteur<br>Car elle diminue avec le temps, ce qui est cohérent avec un bloc qui descend sur le rail AB, l'altitude par rapport au niveau de référence de l'Epp diminue et par suite l'énergie potentielle de pesanteur (Epp=mgh) diminue (m et g des constates) | **0,5**<br><br>**0,5** |
| **1.4.1** | $E_C = 0{,}05t^2 + 0{,}05\,t + 0{,}0125$<br>Au point A : $t_0 = 0$, $E_C = 0{,}0125$ J $\neq 0$ donc $V_A \neq 0$. | **0,5** |
| **1.4.2** | $Epp_A = m_1.g.h_A = 0{,}3$ , donc $h_A = 0{,}3$ m7 | **1** |
| **1.5** | $E_C = 0{,}05t^2 + 0{,}05\,t + 0{,}0125$ à t = 2s : $E_C = 0{,}3125$ J<br>$\frac{1}{2} m V_B^2 = 0{,}3125$ donc $V_B^2 = 6{,}25$ donc $V_B = 2{,}5$ m/s | **0,75** |
| **2.1** | Système [$(S_1)$, $(S_2)$],<br>durant la collision :<br>$\vec{P}_{avant} = \vec{P}_{après}$<br>$m_1 \vec{V} + m_2\,0 = (m_1 + m_2)\vec{V'}$<br>Donc, $0{,}1 \times 2{,}5\,\vec{i} = (0{,}1 + 0{,}15)\vec{V'}$ , alors $\vec{V'} = 1\,\vec{i}$ (m/s) | **1** |
| **2.2** | $\Delta Em = Em_f - Em_C = Ec_f + Epp_f - (Ecc + Eppc) = 0 - (\frac{1}{2}(m_1 + m_2) V'^2 + 0)$<br>$\Delta Em = -0{,}5 \times 0{,}25 \times 1^2 = -0{,}125$ J | **1** |
| **2.3** | La variation de l'énergie mécanique est égale au travail effectué par la force de frottement<br>$\Delta Em = W_{\vec{f}}$ donc $\Delta(Em) = -0{,}125 = -f \times d$<br>$-0{,}125 = -0{,}5 \times d$ , donc $d = 0{,}25$m<br>Puisque d < CD donc il s'arrête avant D | **1** |

| Exercice 2 (6,5 points) | Conversion d'énergie à travers un condensateur | |
|---|---|---|
| **Partie** | **Réponse** | **Note** |
| **1.1** | Loi d'additivité des tensions : $u_{PN} = u_{PA} + u_{AB} + u_{BF} + u_{FN}$<br>$E = R\,i + u_C$, mais $i = \frac{dq}{dt}$ et $q = C\,u_C$ donc $i = C\frac{du_C}{dt}$ ;<br>Alors : $E = RC\frac{du_C}{dt} + u_C$ | **1** |
| **1.2.1** | E = 10 V | **0,25** |
| **1.2.2** | A $t = \tau$: $u_C = E\,(1 - e^{-1}) = 0{,}63\,E = 6{,}3$ V<br>ce qui correspond graphiquement à $\tau = 22$ s | **0,75** |
| **1.2.3** | $\tau = 22$ s et $\tau = R \times C$ ; $C = \frac{\tau}{R} = \frac{22}{10000} = 2{,}2 \times 10^{-3}$ F $= 2200\ \mu$F | **0,5** |
| **1.2.4** | $i = C\frac{du_C}{dt}$ ; $i = \frac{C}{\tau}\,E\,e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$ ; $i = 1\times10^{-3}\,e^{-t/22}$ (i en A et t en s) | **0,75** |
| **1.3.1** | **c) t = 5τ**<br>car $u_C = E\,(1 - e^{-5}) = 99$ % E donc il devient pratiquement chargé complètement | **0,5** |
| **1.3.2** | **c) q = 0,022 C** Car lorsque le condensateur est complétement chargé on aura<br>$q = Q = EC = 10 \times 2{,}2 \times 10^{-3} = 0{,}022$ C | **0,5** |
| **1.3.3** | **a) i = 0** car lorsque le condensateur est pratiquement chargé complètement on a t = 5τ et puisque $i = 1\times10^{-3}\,e^{-t/22} \approx 0$ A | **0,5** |
| **1.3.4** | **c) W = 0,11 J** car $W = \frac{1}{2}C\,u_C^2 = \frac{1}{2}C\,E^2 = \frac{1}{2}2{,}2 \times 10^{-3} \times 10^2 = 0{,}11$ J | **0,5** |
| **2.1** | à $t_0 = 0$, $W_0 = 0{,}11$ J | **0,25** |
| **2.2** | $W_1 = \frac{1}{2}C\,u_C^2 = \frac{1}{2}2{,}2 \times 10^{-3} \times 2^2 = 0{,}0044$ J | **0,5** |
| **2.3** | $W_e = 0{,}11 - 0{,}0044 = 0{,}1056$ J | **0,25** |
| **2.4** | $W_u = 0{,}2 \times 0{,}1056 = 0{,}02112$ J | **0,25** |

<table>
<tr><th colspan="3">Exercice 3 (6,5 pts) Stabilité des noyaux</th></tr>
<tr><th>Partie</th><th>Réponse</th><th>Note</th></tr>
<tr><td>1.1</td><td>Le noyau de radon $^{238}_{92}U$ est composé de :<br>Protons : Z = 92<br>Neutrons : N= A−Z= 238 – 92 =146</td><td>0,25<br>0,25</td></tr>
<tr><td>1.2</td><td>Masse des nucléons séparés = $Z\times m_p + N\times m_n = 92\times m_p + 146\times m_n$<br>Masse des nucléons séparés = 92×1,00727 + 146×1,00866 =<br>92,66884 + 147,26436 = 239,9332 u<br>Δm = Masse des nucléons séparés − Masse du noyau = 239,9332 – 237,99905<br>Δm =1,93415 u</td><td>0,75</td></tr>
<tr><td>1.3.1</td><td>L'énergie de liaison est l'énergie minimale qu'il faut donner au noyau pour le scinder entièrement.</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>1.3.2</td><td>$E_\ell = \Delta m \times c^2 = 1{,}93415 \times 931{,}5\ \frac{MeV}{c^2} \times c^2 = 1801{,}66\ MeV$ ;<br>$\frac{E_\ell}{A} = 7{,}57\ MeV$</td><td>1</td></tr>
<tr><td>2.1</td><td>$^{238}_{92}U \rightarrow$ (d)    $^{56}_{26}Fe \rightarrow$ (b)<br>$^{234}_{90}Th \rightarrow$ (c)    $^{4}_{2}He \rightarrow$ (a)</td><td>1</td></tr>
<tr><td>2.2</td><td>Le noyau le plus stable est le fer car il possède $\frac{E_\ell}{A}$ la plus grande.</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>2.3</td><td><table>
<tr><th>Noyau</th><th>Énergie de liaison $E_\ell$ (MeV)</th><th>$\frac{E_\ell}{A}$ (MeV)</th></tr>
<tr><td>$^{4}_{2}He$</td><td>28,28</td><td>7,07</td></tr>
<tr><td>$^{56}_{26}Fe$</td><td>492,24</td><td>8,79</td></tr>
<tr><td>$^{234}_{90}Th$</td><td>1778,4</td><td>7,6</td></tr>
</table></td><td>0,75</td></tr>
<tr><td>2.4</td><td>$\left.\frac{E_\ell}{A}\right)_{Fe}$ la plus grande</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>2.5</td><td>b) → Interaction forte</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>3.1</td><td>D'après la loi de conservation de nombre de masse : 238 = 234 + A ; A = 4<br>D'après la loi de conservation de nombre de charge : 92 = 90 +Z ; Z = 2</td><td>0,75</td></tr>
<tr><td>3.2</td><td>Noyau d'Hélium</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>3.3</td><td>c) plus grande que celle du noyau père.</td><td>0,25</td></tr>
</table>