وزارة التربية والتعليم العالي
المديرية العامّة للتربية
دائرة الامتحانات الرسميّة

امتحانات الشهادة الثانويّـة العامّة
فرع علوم الحياة

دورة العام ٢٠٢٥ العادية
الإثنين ١٤ تموز ٢٠٢٥

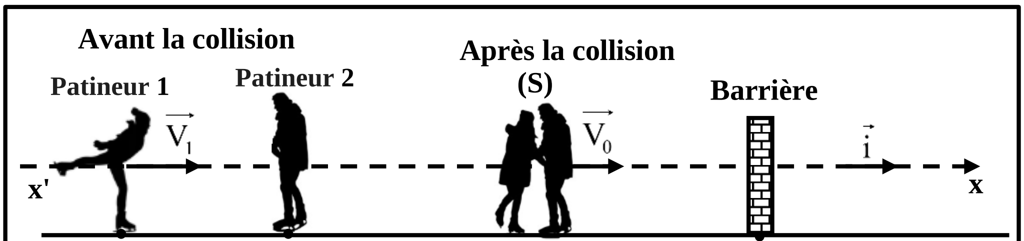
مسابقة في مادة الفيزياء	الاسم:
المدة: ساعتان	الرقم:

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

Exercice 1 (7 pts)

Collision entre deux patineurs sur glace

On considère deux patineurs 1 et 2, de masses respectives $m_1 = 60$ kg et $m_2 = 65$ kg, sur une patinoire de glace horizontale ABC. Le but de cet exercice est d'étudier les mouvements des centres de masses de ces deux patineurs, le long d'un axe x'x de vecteur unitaire $\vec{i}$ (Doc. 1).



Doc. 1

Prendre le plan horizontal contenant l'axe x'x comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

1) Mouvement du patineur 1

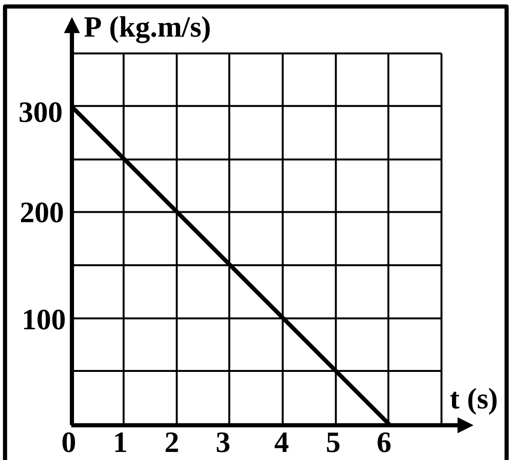
Le centre de masse du patineur 1 se déplace entre A et B avec une vitesse constante $\vec{V}_1 = V_1 \vec{i}$.
Montrer que les forces de frottement sur le patineur 1 sont négligeables durant son mouvement entre A et B.

2) Collision entre le patineur 1 et le patineur 2

Le patineur 2 est initialement au repos en B. Le patineur 1 se précipite dans les bras du patineur 2. Après la collision, les deux patineurs restent accrochés et forment un seul corps (S).
À l'instant initial $t_0 = 0$, la vitesse du centre de masse de (S) juste après la collision au point B est $\vec{V}_0 = V_0 \vec{i}$. Déterminer V_0 en fonction de V_1.

3) Mouvement du centre de masse de (S)

Après la collision, (S) s'arrête à l'instant t = 6 s, à cause de la force de freinage $\vec{f}$ de module constant f.
La courbe du document 2, représente l'évolution de la valeur algébrique P de la quantité de mouvement $\vec{P}$ de (S), en fonction du temps, durant son mouvement entre 0 et 6 s.



Doc. 2

3.1) En utilisant le document 2, montrer que $V_1 = 5$ m/s.

3.2) Montrer, par le calcul, que l'énergie cinétique du système (patineur 1, patineur 2) diminue pendant la collision.

3.3) Choisir la bonne réponse.
La diminution de l'énergie cinétique du système (patineur 1, patineur 2) durant cette collision, se transforme en :
- **a)** énergie interne du système (patineur 1, patineur 2, atmosphère, patinoire, Terre).
- **b)** énergie potentielle de pesanteur du système (patineur 1, patineur 2, Terre).
- **c)** énergie interne du système (patineur 1, patineur 2, Terre).

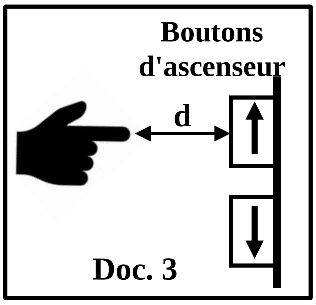
3.4) En se référant au document 2, déterminer l'expression de P en fonction du temps t entre 0 et 6 s.

3.5) Déterminer f, en appliquant la deuxième loi de Newton sur (S).

3.6) Déduire que (S) s'arrêtera avant d'atteindre la barrière en C, sachant que BC = 12 m.

Exercice 2 (6,5 pts)

Détecteur capacitif de proximité



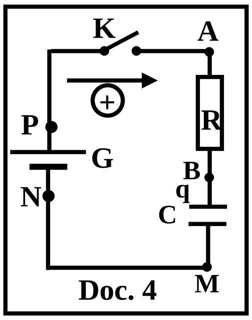
Doc. 3

Les détecteurs capacitifs de proximité sont utilisés dans certains ascenseurs, permettant d'activer un bouton sans le toucher physiquement pour limiter la propagation des bactéries et des virus (Doc. 3).
Le but de cet exercice est de déterminer la capacité minimale d'un condensateur dans un détecteur capacitif de proximité utilisé dans le bouton d'un ascenseur pour activer le détecteur.

1) Capacité du condensateur

Le document 4 représente un circuit qui comporte en série :

- un générateur idéal (G) de force électromotrice E = 5 V ;
- un conducteur ohmique de grande résistance R ;
- un condensateur, initialement non chargé, de capacité C ;
- un interrupteur K.



Doc. 4

À $t_0 = 0$, on ferme K et la phase de charge du condensateur commence. À un instant t, l'armature B du condensateur porte une charge q et un courant électrique d'intensité i traverse le circuit.

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

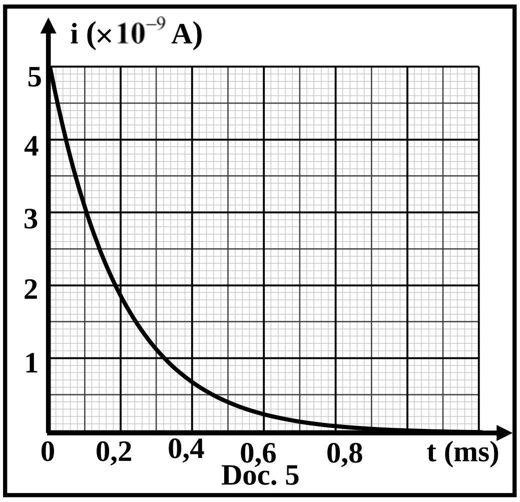
1.2) La solution de cette équation différentielle est de la forme :
$u_C = a - a\,e^{\frac{-t}{\tau}}$ où a et τ sont des constantes.
Déterminer les expressions de a et τ en fonction de E, R et C.

1.3) Déterminer l'expression de i, en fonction de E, R, C et t.

1.4) La courbe du document 5, montre l'évolution de i avec le temps. Montrer que l'allure de cette courbe est en accord avec l'expression trouvée dans la partie (1.3).

1.5) En utilisant le document 5, déterminer :
1.5.1) la valeur de la résistance R ;
1.5.2) la valeur de la constante de temps τ du circuit.

1.6) Déduire que $C = 0{,}2 \times 10^{-12}$ F = 0,2 pF.



Doc. 5

2) Condensateur dans un détecteur de proximité

Un condensateur de capacité C_d est utilisé dans un détecteur de proximité dans les boutons d'un ascenseur. Pour activer ce détecteur, le doigt d'une main doit se trouver à une certaine distance d du bouton (Doc. 3). La capacité C_d varie avec d selon la relation suivante :

$$C_d = 0{,}526 \times \frac{1}{d} \quad (C_d \text{ en pF ; d en cm et } d \neq 0)$$

Le détecteur capacitif de proximité est activé lorsque la distance $d \leq 2$ cm.

2.1) Déterminer, en pF, la capacité minimale nécessaire pour activer le détecteur.

2.2) Le document 4 est un circuit simplifié, utilisé dans un détecteur capacitif de proximité.
Déduire si le condensateur de capacité C = 0,2 pF permet d'activer ce détecteur.

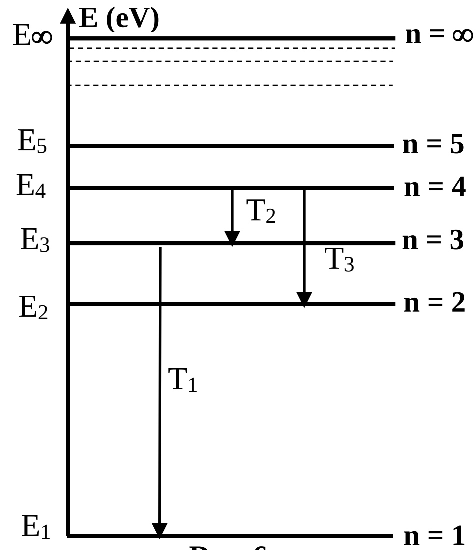
Exercice 3 (6,5 pts)

Atome d'hydrogène

L'énergie au niveau n de l'atome d'hydrogène est donnée par :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2}$$; avec E_0 = 13,6 eV et n un entier positif non nul.

Le document 6 montre un diagramme simplifié du niveau fondamental E_1, des niveaux excités E_2, E_3, E_4, E_5 et le niveau d'ionisation $E_\infty = 0$ d'un atome d'hydrogène.



Doc. 6

On donne :

- Constante de Planck : $h = 6{,}63\times10^{-34}$ J·s ;
- 1 eV = $1{,}6\times10^{-19}$ J ;
- Spectre visible : 400 nm < $\lambda_{visible}$ < 800 nm ;
- 1nm = 10^{-9} m ;
- La vitesse de la lumière dans l'air : $c = 3\times10^8$ m/s.

1) Calculer E_1, E_2, E_3 et E_4 en eV.
2) L'énergie de l'atome d'hydrogène est quantifiée. Justifier.
3) Un atome d'hydrogène, initialement dans son état fondamental, reçoit séparément trois photons (a), (b) et (c) dont les énergies sont indiquées dans le document 7.
Préciser, pour chaque photon, l'état final de l'atome parmi les trois choix suivants :

- état fondamental ;
- troisième état excité ;
- état ionisé.

Photon	**Énergie du photon (eV)**
(a)	**14,20**
(b)	**12,75**
(c)	**3,40**

Doc. 7

4) Les raies du spectre de l'atome d'hydrogène sont regroupées en séries ; chaque série correspond aux transitions électroniques d'un niveau n_i, vers un même niveau énergétique n_f. On considère les trois séries suivantes :

- Série de Lyman : transition de $n_i \geq 2$ à $n_f = 1$
- Série de Balmer : transition de $n_i \geq 3$ à $n_f = 2$
- Série de Paschen : transition de $n_i \geq 4$ à $n_f = 3$

4.1) Justifier que chacune des transitions T_1, T_2 et T_3 représentées dans le document 6, est accompagnée d'une émission d'un photon.
4.2) Faire correspondre chacune des transitions T_1, T_2 et T_3 à l'une des séries de Lyman, Balmer ou Paschen.
4.3) Pour une série donnée (définie par $n_f = n$), la transition de $n_i = n + 1$ à $n_f = n$, correspond à la plus grande longueur d'onde λ_{max} émise dans cette série. Expliquer.
4.4) Déduire que la transition T_2 est accompagnée par l'émission d'un photon de longueur d'onde maximale λ_{max} de sa série.
4.5) Déterminer la valeur de λ_{max} .
4.6) À quel domaine : visible, infrarouge ou ultra-violet appartient λ_{max} ? Justifier.

مسابقة في مادة الفيزياء
أسس التصحيح - فرنسي

Exercice 1 (7 points)	Collision entre deux patineurs sur glace	
Partie	**Réponse**	**Note**
1	**Méthode 1** : On considère le système (Patineur 1, Terre) $Em_A = Ec_A + EPP_A = Ec_A = \frac{1}{2} m_1 V_1^2$ $Em_B = Ec_B + EPP_B = Ec_B = \frac{1}{2} m_1 V_1^2$ Donc $Em_A = Em_B$ = constante ; par suite le patineur 1 glisse sans frottement entre A et B **Méthode 2** : On considère le système (Patineur 1) D'après la relation générale de la deuxième loi de Newton : $\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum \vec{F}_{ext}$ puisque $\vec{P} = (m_1)\vec{v}_1$ = constante entre A et B donc $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ Ce qui correspond à $m\vec{g} + \vec{N} = \vec{0}$ par suite le patineur 1 glisse sans frottement entre A et B	**1**
2	$\vec{P}_{\text{avant la collision}} = \vec{P}_{\text{après la collision}}$ $m_1 \vec{V_1} = (m_1 + m_2)\vec{V_0}$ D'où : $\mathbf{V_0} = \frac{\mathbf{m_1 V_1}}{\mathbf{m_1 + m_2}} = \frac{60}{125}\mathbf{V_1} = 0{,}48\mathbf{V_1}$	**1**
3.1	D'après la courbe on a $P_{\text{juste après la collision}} = 300$ kg.m/s $(m_1 + m_2)V_0 = 300$; $V_0 = \frac{300}{125} = 2{,}4$m/s Puisque $V_0 = 0{,}48 V_1$ donc $V_1 = 2{,}4 / 0.48 = 5$ m/s	**0,75**
3.2	Système (patineur 1, patineur 2) $Ec_{\text{ juste avant la collision}} = \frac{1}{2} m_1 V_1^2 = 750$ J $Ec_{\text{ juste après la collision}} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) V_0^2 = 360$ J $< Ec_{\text{ juste avant la collision}}$	**1**
3.3	**a)** énergie interne du système (patineur 1, patineur 2, atmosphère, patinoire, Terre).	**0,25**
3.4	L'allure est une ligne droite décroissante, son équation est de la forme : P = at + b A t = 0: P = 300, donc b = 300 kg.m/s A t = 6 s : P = 0, donc 0 = 6 a + 300 , on aura : a = – 50 kg.m/s^2, Alors : **P = – 50 t + 300** avec P en kg.m/s et t en seconde.	**1**
3.5	On applique la deuxième loi de Newton sur (S): $\Sigma \vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{P}}{dt}$ donc $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{f} = \frac{d\vec{P}}{dt}$; mais $m\vec{g} + \vec{N} = \vec{0}$ car le mouvement est horizontal donc $-50\ \vec{i} = -f\ \vec{i}$ par suite **f = 50 N**	**1**
3.6	La variation de l'énergie mécanique est égale au travail effectué par la force de frottement $\Delta Em = W_{\vec{f}}$ avec $\Delta(Em) = Em_f - Em_0 = (Ec_f + Epp_f) - (Ec_0 + Epp_0) = (Ec_f) - (Ec_0)$ $\Delta Em = \frac{1}{2} m\ (v_f^2 - v_0^2) = 0{,}5 \times 125\ (0 - 2{,}4^2) = \mathbf{-360\ J}$ $\Delta Em = W_{\vec{f}}$ $-360 = -50 \times d$; d = 7,2 m < BC = 12 m. Donc (S) s'arrêtera avant d'atteindre la barrière.	**1**

Exercice 2 (6,5 points)	Détecteur capacitif de proximité	
Partie	**Réponse**	**Note**
1.1	Loi d'additivité des tensions : $u_{PN} = u_{PA} + u_{AB} + u_{BM} + u_{MN}$ $E = R\,i + u_C$, mais $i = \frac{dq}{dt}$ et $q = C\,u_C$ donc $i = C\,\frac{du_C}{dt}$; Alors : $E = R\,C\,\frac{du_C}{dt} + u_C$	**1**
1.2	$u_C = a - a\,e^{\frac{-t}{\tau}}$; $\frac{d\,u_C}{d\,t} = \frac{a}{\tau}\,e^{\frac{-t}{\tau}}$ on remplace u_C et $\frac{d\,u_C}{d\,t}$ dans l'équation différentielle : $E = RC\,\frac{a}{\tau}\,e^{\frac{-t}{\tau}} + a - a\,e^{\frac{-t}{\tau}}$; $a\,e^{\frac{-t}{\tau}}\,[\,\frac{RC}{\tau} - 1\,] + a = E$ Cette égalité est vérifiée quel que soit t, par identification : $a\,e^{\frac{-t}{\tau}} \neq 0$ donc $\mathbf{a = E}$ et $-\frac{RC}{\tau} + 1 = 0$ donc $\boldsymbol{\tau = R\,C}$ Alors : $u_C = E\,(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$ avec $\tau = RC$	**1**
1.3	$i = C\,\frac{du_C}{dt} = C\,\frac{E}{RC}\,e^{\frac{-t}{\tau}} = \frac{E}{R}\,e^{\frac{-t}{\tau}}$ **ou** $i = \frac{E - u_c}{R} = \frac{E}{R}\,e^{\frac{-t}{\tau}}$	**1**
1.4	L'allure de cette courbe est en accord avec l'expression de i car elle est exponentielle décroissante vers zéro.	**0,5**
1.5.1	À t = 0, $i(0) = \frac{E}{R} = 5 \times 10^{-9}$ A ; $5 \times 10^{-9} = \frac{5}{R}$; $\mathbf{R = 10^9\ \Omega}$	**0,25** **0,5**
1.5.2	A $t = \tau$: $i = \frac{E}{R}\,(e^{-1}) = 0{,}37 \times 5 = 1{,}85 \times 10^{-9}$ A ce qui correspond graphiquement à $\boldsymbol{\tau = 0{,}2}$ **ms**	**0,5** **0,25**
1.6	$\tau = R \times C$; $C = \frac{0{,}2\times 10^{-3}}{10^9} = 0{,}2 \times 10^{-12}$ F	**0,5**
2.1	$d \leq 2$cm ; $\frac{1}{d} \geq \frac{1}{2}$ par suite $C_d \geq 0{,}526 \times \frac{1}{2} \geq 0{,}263$ pF donc $\mathbf{C_{min} = 0{,}263}$ **pF**	**0,5**
2.2	$C = 0{,}2 \times 10^{-12}$ F $= 0{,}2$ pF $< 0{,}263$ pF par suite le détecteur n'est pas activé	**0,5**

<table>
<tr><th colspan="3">Exercice 3 (6,5 points) Atome d'hydrogène</th></tr>
<tr><th>Partie</th><th>Réponse</th><th>Note</th></tr>
<tr><td>1</td><td>n = 1 ; $E_1 = -\frac{E_0}{1^2} = -13{,}6$ eV ; n = 2 ; $E_2 = -\frac{E_0}{2^2} = -3{,}4$ eV
n = 3 ; $E_3 = -\frac{E_0}{3^2} = -1{,}51$ eV ; n = 4 ; $E_4 = -\frac{E_0}{4^2} = -0{,}85$ eV</td><td>1</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Les valeurs de En ne sont pas continues mais discrètes.
Chaque niveau possède une énergie bien précise, elle prend des valeurs discrètes dépendant de n</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>3</td><td><table>
<tr><th>Photon</th><th>Energie du photon (eV)</th><th>Etat final de l'atome</th><th>Justification</th></tr>
<tr><td>a</td><td>14,20</td><td>état ionisé</td><td>$E_{photon} > (E_\infty - E_1 = E_{ionisation} = 13{,}6$ eV)</td></tr>
<tr><td>b</td><td>12,75</td><td>troisième état excité</td><td>$E_{photon} = E_4 - E_1 = 12{,}75$ eV
L'atome passe au niveau n =4 qui correspond au troisième niveau excité</td></tr>
<tr><td>c</td><td>3,40</td><td>état fondamental</td><td>$-13{,}6 + 3{,}4 = -10{,}2 \neq E_n$
L'atome n'absorbe pas ce photon il reste alors à l'état fondamental</td></tr>
</table></td><td>0,5
0,5
0,5</td></tr>
<tr><td>4.1</td><td>Les transitions vont d'un niveau n_i élevé vers un niveau n_f plus bas. Cela correspond à une perte d'énergie par suite émission d'un photon.</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>4.2</td><td>Transition T_1 : de $n_i = 3$ à $n_f = 1$ → Série Lyman
Transition T_2 : de $n_i = 4$ à $n_f = 3$ → Série Paschen
Transition T_3 : de $n_i = 4$ à $n_f = 2$ → Série Balmer</td><td>0,25
0,25
0,25</td></tr>
<tr><td>4.3</td><td>L'énergie du photon émis est $E_{photon} = E_{n+1} - E_n$; $\frac{hc}{\lambda} = E_{n+1} - E_n$
Donc plus la différence d'énergie est faible, plus λ est grande.
Or $E_{n+1} - E_n$ est la plus petite énergie émise dans la série (car $n_i = n+1$ est le plus proche de n dans chaque série). Donc λ est maximum.</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>4.4</td><td>Car c'est une transition entre deux niveaux consécutifs n = 4 et n = 3 de la série Paschen</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>4.5</td><td>$E_4 - E_3 = \frac{hc}{\lambda_{max}}$; $\lambda_{max} = \frac{hc}{E_4 - E_3}$; $\lambda_{max} = \frac{6{,}63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{(-0{,}85+1{,}51)\times1{,}6\times10^{-19}} = 1{,}884\times10^{-6}$ m =1884 nm</td><td>0,75</td></tr>
<tr><td>4.6</td><td>Domaine infrarouge
1884 nm > 800 nm ou bien car il appartient à la série Paschen</td><td>0,25
0,25</td></tr>
</table>