



Afin d'éliminer les stratégies de réponses au hasard, chaque bonne réponse est gratifiée de 1,25 point, tandis que la mauvaise réponse est pénalisée par le retrait de 0,5 point.

Prendre, au besoin, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Exercice 1 : Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène (17,5 pts)

Les énergies des différents niveaux de l'atome d'hydrogène sont données par la relation :

$E_n = -\frac{E_0}{n^2}$, où $E_0 = 13,60 \text{ eV}$ et n un entier positif. Toutes les longueurs d'onde sont données dans le vide.

Pour cet atome, on associe plusieurs séries de raies spectrales relatives à l'absorption ou à l'émission.

Données : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$; $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$; limites du spectre visible : $400 \text{ nm} \leq \lambda_{\text{visible}} \leq 800 \text{ nm}$.

A- Questions particulières. Interaction photon-atome (5½)

1. Calculer, en eV, les énergies des trois premiers niveaux excités. (¾)
2. L'atome d'hydrogène est pris dans l'état fondamental.
 - 2.1. Déterminer, en J, l'énergie d'ionisation W_i de l'atome d'hydrogène. (1)
 - 2.2. L'atome d'hydrogène reçoit maintenant un photon de longueur d'onde λ_i . L'atome est ainsi ionisé et l'électron arraché est au repos. Calculer λ_i . (1)
 - 2.3. Déterminer la longueur d'onde maximale λ_{max} du photon capable d'exciter cet atome. (1½)
 - 2.4. L'atome d'hydrogène subit l'impact d'un photon de longueur d'onde $\lambda_0 = 206,20 \text{ nm}$.
 - 2.4.1. Ce photon va-t-il être absorbé ? Justifier. (¾)
 - 2.4.2. Indiquer alors l'état final de cet atome. (½)

B- Séries de raies spectrales de l'atome d'hydrogène

B-I Série de Balmer (4)

On considère la série de Balmer caractérisée par les transitions des niveaux d'énergie E_p ($p > 2$) au niveau d'énergie E_2 ($n = 2$). À chaque transition $p \rightarrow 2$ correspond une raie spectrale de longueur d'onde $\lambda_{p \rightarrow 2}$.

1. Montrer que l'expression donnant, en nm, la longueur d'onde $\lambda_{p \rightarrow 2}$ est : $\lambda_{p \rightarrow 2} = 365,07 \left(\frac{p^2}{p^2 - 4} \right)$. (1½)
2. L'analyse du spectre d'émission révèle la présence des radiations visibles notées (H_α), (H_β), (H_γ) et (H_δ) respectivement de la plus grande longueur d'onde à la plus petite.
 - 2.1. Calculer, en nm, les valeurs des longueurs d'onde respectives λ_α , λ_β , λ_γ et λ_δ . (1)
 - 2.2. La radiation H_α , de longueur d'onde λ_α , correspond à une extrémité de la série de Balmer.
 - 2.2.1. Déterminer la longueur d'onde λ_e de la radiation qui correspond à l'autre extrémité. (1¼)
 - 2.2.2. Cette radiation n'est pas visible. À quel type de rayonnement (IR ou UV) appartient-elle ? (¼)

B-II Série de Paschen (1¼)

1. Déterminer la longueur d'onde $\lambda_{4 \rightarrow 3}$, due à la transition du niveau $n = 4$ au niveau $n = 3$. (1)
2. À quel type de rayonnement (IR ou UV) appartient-elle ? (¼)

B-III Série d'absorption de Lyman de l'atome d'hydrogène (4¾)

Dans la série d'absorption de Lyman, l'atome passe du niveau fondamental vers un niveau excité d'énergie E_n en absorbant un photon d'énergie E_{ph} .

1. Déterminer, en eV, l'expression de l'énergie E_{ph} du photon absorbé en fonction de n . (¾)
2. En déduire que la longueur d'onde λ d'une raie spectrale de la série d'absorption de Lyman est donnée par la relation : $\frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 \left(1 - \frac{1}{n^2} \right)$, où λ est exprimée en m^{-1} . (1)



3. Un nuage peu dense d'atomes d'hydrogène, supposés dans l'état fondamental, est éclairé par un rayonnement UV polychromatique continu renfermant toutes les longueurs d'onde de l'intervalle $\lambda \in [96 \text{ nm} ; 100 \text{ nm}]$. L'analyse du rayonnement quittant ce nuage montre une forte absorption d'une unique longueur d'onde du rayonnement d'origine, alors que le reste de l'intervalle spectral n'a subi aucune absorption.

3.1. En absorbant cette radiation, l'atome devient dans le niveau n d'énergie E_n . Déterminer la valeur minimale n_{\min} de n ainsi que sa valeur maximale n_{\max} . (2)

3.2. En déduire la valeur de n . (1/2)

3.3. Calculer la valeur de λ . (1/2)

C- Interaction électron-atome (2)

Des électrons monocinétiques (tous les électrons ayant la même énergie cinétique) $E_c = 12,60 \text{ eV}$, heurtent le nuage d'atomes d'hydrogène, supposés dans l'état fondamental.

1. Déterminer l'état maximal excité d'un atome d'hydrogène. (1 1/2)

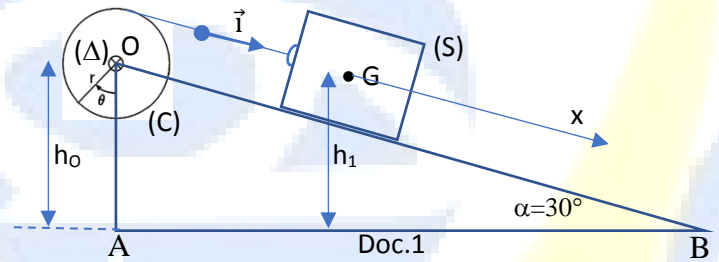
2. En déduire, en eV, l'énergie cinétique d'un électron après son interaction avec un atome d'hydrogène. (1/2)

Exercice 2 : Détermination du moment d'inertie d'une poulie (17,5 pts)

On dispose d'une poulie (C) homogène, de masse $m = 400 \text{ g}$, de rayon $r = 10 \text{ cm}$ et de moment d'inertie I_0 par rapport à son axe (Δ) passant par son centre d'inertie O. Le but de cet exercice est de déterminer I_0 .

A- Première méthode

Une corde de masse négligeable, fixée et enroulée sur la poulie, est attachée à un solide (S) de masse $M = 100 \text{ g}$ qui peut glisser sur la ligne de plus grande pente d'un plan incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontale. On néglige les frottements au niveau de (Δ) et on suppose que le plan incliné exerce sur (S) une force de frottement \vec{f} de valeur constante f .



I- Détermination de f

On libère le solide (S) de la corde et on le laisse glisser le long de la ligne de plus grande pente du plan incliné. Partant du repos, au bout d'une durée $\Delta t = 1 \text{ s}$, (S) atteint une vitesse de valeur $V_1 = 3,6 \text{ m/s}$.

1. Au bout de la durée Δt , la variation $\Delta \vec{P}$ de la quantité de mouvement de (S) est :

a) $\Delta \vec{P} = 3,6 \vec{i}$; b) $\Delta \vec{P} = 0,36 \vec{i}$; c) $\Delta \vec{P} = - 0,36 \vec{i}$.

2. En appliquant la deuxième loi de Newton $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \frac{d\vec{P}}{dt}$ et en prenant $\frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$, on trouve que f vaut :

a) $f = 1,4 \text{ N}$; b) $f = 0,014 \text{ N}$; c) $f = 0,14 \text{ N}$.

II. Détermination de I_0

On attache de nouveau (S) à la corde et à la date $t_0 = 0$, le centre d'inertie G de (S), qui se trouve initialement à la hauteur h_1 , part du repos et la poulie commence à tourner autour de son axe (Δ). À une date t , l'abscisse de G est x , la mesure algébrique de sa vitesse est $V = \frac{dx}{dt}$, l'abscisse angulaire de la poulie est $\theta(t)$ et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$. Prendre :

- le plan horizontal contenant AB comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur,
- la corde ne glisse pas sur la gorge de la poulie.

1.1. À une date t , l'expression de l'énergie mécanique du système [(C), (S), corde, Terre] est :

a) $E_m = \frac{1}{2}(M + \frac{I_0}{r^2}) V^2 + m g h_0 + M g (h_1 - x \sin \alpha)$; b) $E_m = \frac{1}{2}(M + \frac{I_0}{r^2}) V^2 + m g h_0 - M g x \sin \alpha$;

c) $E_m = \frac{1}{2}(M + \frac{I_0}{r^2}) V^2 + m g h_0 - M g (h_1 - x \sin \alpha)$.



1.2. Soient $m\vec{g}$ le poids de (C), $M\vec{g}$ le poids de (S), \vec{R}_Δ la réaction de l'axe (Δ), \vec{T} la tension de la corde exercée sur (S) et \vec{N} la réaction normale du plan incliné. Les forces extérieures qui s'exercent sur le système [(C), (S), corde, Terre] sont alors :

- a) $m\vec{g}$, $M\vec{g}$, \vec{R}_Δ , \vec{T} , \vec{N} et \vec{f} . b) \vec{R}_Δ , \vec{T} , \vec{N} et \vec{f} ; c) \vec{R}_Δ , \vec{N} et \vec{f} .

1.3. La puissance $P(\Sigma\vec{F}_{\text{ext}})$ des forces extérieures qui s'exercent sur le système [(C), (S), corde, Terre] est :

- a) $P = (Mg\sin\alpha - f) \cdot V$; b) $P = -f \cdot V$; c) $P = Mg\sin\alpha \cdot V$.

1.4. Sachant que $P(\Sigma\vec{F}_{\text{ext}}) = \frac{dE_m}{dt}$ (Théorème de l'énergie mécanique), alors on trouve que l'expression donnant la mesure algébrique a de l'accélération de (S) s'écrit :

- a) $a = \frac{Mg\sin\alpha - f}{(M + \frac{I_0}{r^2})}$; b) $a = \frac{-Mg\sin\alpha + f}{(M + \frac{I_0}{r^2})}$; c) $a = \frac{Mg - f}{(M + \frac{I_0}{r^2})}$.

2. On remarque qu'au bout de 5 s, (S) atteint une vitesse de valeur $V = 6$ m/s.

2.1. La valeur a , supposée constante, de l'accélération de (S) est :

- a) $a = 0,83$ m/s²; b) $a = 1,20$ m/s²; c) $a = 1,30$ m/s².

2.2. La valeur de I_0 est alors :

- a) $I_0 = 0,006$ kg·m²; b) $I_0 = 0,004$ kg·m²; c) $I_0 = 0,002$ kg·m².

B- Deuxième méthode

On enlève la corde et le solide (S) et on attache à la poulie (C), à l'aide d'une tige OB de masse négligeable, une petite boule (B) de masse $m' = 600$ g à la distance $OB = d = 20$ cm du centre O de la poulie. Soit $a = OG$, la distance entre O et le centre de gravité G de l'ensemble [(C), tige, (B)], noté (Z). (Doc 2)

Les forces de frottement sont négligées et le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur est le plan horizontal passant par O.

1. On trouve que :

1.1. la distance $a = OG$ a pour valeur :

- a) $a = 0,12$ m; b) $a = 0,24$ m; c) $a = 0,06$ m.

1.2. le moment d'inertie I de (Z) par rapport à l'axe (Δ) a, en kg·m², pour expression :

- a) $I = I_0 + 0,012$; b) $I = I_0 + 0,024$; c) $I = I_0 - 0,024$.

2. On écarte (Z), ainsi constitué, d'un angle $\theta_0 = 60^\circ$ à partir de sa position d'équilibre stable, schématisée par OG_0 , puis on l'abandonne sans vitesse à la date $t_0 = 0$. Il commence à effectuer, autour de (Δ), un mouvement de rotation de va-et-vient de part et d'autre de OG_0 .

À une date t , sa position est repérée par son élongation angulaire θ que fait la verticale passant par O avec OG , et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$.

2.1. À une date t , l'expression de l'énergie mécanique E_m du système [(Z), Terre] est :

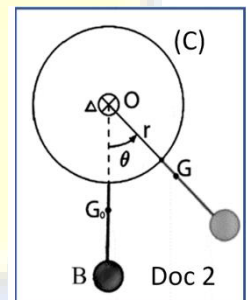
- a) $E_m = \frac{1}{2}I \cdot \theta'^2 - (m + m')g \cdot d \cdot \cos\theta$; b) $E_m = \frac{1}{2}I \cdot \theta'^2 - (m + m')g \cdot a \cdot \sin\theta$; c) $E_m = \frac{1}{2}I \cdot \theta'^2 - (m + m')g \cdot a \cdot \cos\theta$.

2.2. La valeur de l'énergie mécanique E_{m0} du système considéré à la date $t_0 = 0$ est :

- a) $E_{m0} = 0,60$ J; b) $E_{m0} = -0,60$ J; c) $E_{m0} = -0,70$ J

2.3. Sachant que la valeur absolue de la vitesse angulaire de (Z) lorsqu'il passe par sa position d'équilibre est $|\theta'_e| = 6,79$ rad/s, alors la valeur du moment d'inertie I de (Z) est :

- a) $I = 0,029$ kg·m²; b) $I = 0,026$ kg·m²; c) $I = 0,022$ kg·m²



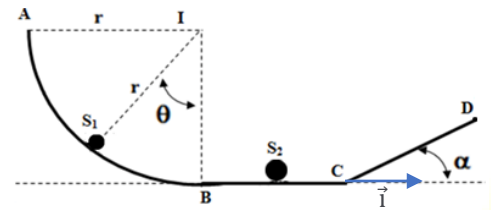


2.4. La valeur de I_0 est alors :

- a) $I_0 = 0,002 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$; b) $I_0 = 0,004 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$; c) $I_0 = 0,006 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

Exercice 3 : Conservation et non conservation de l'énergie mécanique (10 pts)

On se propose d'étudier le mouvement de deux solides (S_1) et (S_2), supposés ponctuels, de masses respectives $m_1 = 30 \text{ g}$ et $m_2 = 60 \text{ g}$ le long d'une piste ABCD située dans un plan vertical et représentée sur le document ci-contre. Le trajet AB est circulaire de centre I et de rayon r ; le trajet BC est horizontal. Les forces de frottement sont négligeables le long du trajet ABC. Le trajet CD est la ligne de plus grande pente d'un plan incliné qui fait un angle $\alpha = 9,6^\circ$ avec l'horizontale et (S_2) subit, sur ce trajet, une force de frottement de valeur $f = 0,20 \text{ N}$. Le sens positif est de B vers C, (C, \vec{i}).



Le solide (S_1), lâché sans vitesse du point A, acquiert une vitesse \vec{v}_1 de valeur v_1 en B et entre en collision avec le solide (S_2), initialement au repos, entre B et C.

1. Soient v'_1 et v'_2 les valeurs algébriques respectives des vitesses \vec{v}'_1 et \vec{v}'_2 de (S_1) et (S_2) juste après le choc. Après la collision, (S_1) rebondit et atteint sur BA un point N de hauteur $h_N = 1,25 \text{ cm}$ où sa vitesse s'annule et (S_2) atteint le point D, avec $CD = 10 \text{ cm}$ où sa vitesse s'annule.

1.1. L'énergie mécanique E_{m1} du système [(S_1), Terre] juste après la collision vaut,

- a) $E_{m1} = 0,00375 \text{ J}$; b) $E_{m1} = 0,00450 \text{ J}$; c) $E_{m1} = 0,00250 \text{ J}$.

1.2. La quantité de mouvement \vec{P}'_1 de (S_1) juste après la collision vaut (en $\text{kg}\cdot\text{m/s}$) :

- a) $\vec{P}'_1 = -0,012 \vec{i}$; b) $\vec{P}'_1 = -0,015 \vec{i}$; c) $\vec{P}'_1 = -0,017 \vec{i}$.

1.3. La variation de l'énergie mécanique ΔE_{m2} du système [(S_2), Terre] entre C et D vaut :

- a) $\Delta E_{m2} = -0,01 \text{ J}$; b) $\Delta E_{m2} = -0,02 \text{ J}$; c) $\Delta E_{m2} = -0,04 \text{ J}$.

1.4. L'énergie mécanique E_{m2} du système [(S_2), Terre], juste après la collision, vaut :

- a) $E_{m2} = 0,200 \text{ J}$; b) $E_{m2} = 0,250 \text{ J}$; c) $E_{m2} = 0,030 \text{ J}$

1.5. La quantité de mouvement \vec{P}'_2 de (S_2), juste après la collision vaut (en $\text{kg}\cdot\text{m/s}$) :

- a) $\vec{P}'_2 = -0,060 \vec{i}$; b) $\vec{P}'_2 = +0,060 \vec{i}$; c) $\vec{P}'_2 = +0,045 \vec{i}$.

2. La valeur v_1 de la vitesse de (S_1), juste avant la collision, vaut :

- a) $v_1 = 1,5 \text{ m/s}$; b) $v_1 = 1,7 \text{ m/s}$; c) $v_1 = 1,8 \text{ m/s}$.

3. L'énergie cinétique totale $E_{C(\text{après})}$ du système [(S_1), (S_2)], juste après la collision, vaut :

- a) $E_{C(\text{après})} = 0,03756 \text{ J}$; b) $E_{C(\text{après})} = 0,03635 \text{ J}$; c) $E_{C(\text{après})} = 0,03375 \text{ J}$.

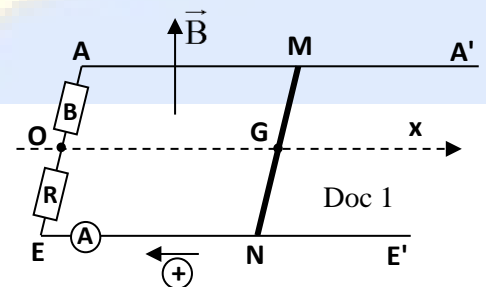
4. Le rayon r du trajet AB circulaire vaut :

- a) $r = 15,52 \text{ cm}$; b) $r = 8,41 \text{ cm}$; c) $r = 11,25 \text{ cm}$.

Exercice 4 : Induction et auto-induction (15 pts)

Une tige métallique MN, de longueur $\ell = 1 \text{ m}$ et de résistance négligeable, peut se déplacer sans frottement sur deux longs rails horizontaux, parallèles et rectilignes AA' et EE' de résistance négligeable. Durant son déplacement, elle reste perpendiculaire aux rails. Un conducteur ohmique de résistance $R = 10 \Omega$ et une bobine (B) d'inductance L et de résistance r sont reliés aux deux rails par des fils de connexion. L'ensemble déjà cité est placé dans un champ magnétique \vec{B} uniforme, vertical, ascendant et d'intensité $B = 0,80 \text{ T}$. (Doc 1)

À la date $t_0 = 0$, le centre de gravité G de la tige est en O. Un dispositif approprié fait déplacer la tige d'un mouvement de translation uniforme,





de gauche à droite, avec une vitesse de valeur $v = 0,50$ m/s. À une date t , G est repéré par son abscisse $x = \overline{OG}$ sur l'axe $x'x$.

1. À la date t , l'expression du flux magnétique ϕ à travers la surface AMNE est donnée par :

a) $\phi = -B\ell v$; b) $\phi = -B\ell x$; c) $\phi = B\ell x$.

2.1. Une f.é.m. induite E apparaît aux bornes N et M de la tige de valeur :

a) $E = -0,40$ V ; b) $E = -0,60$ V ; c) $E = 0,40$ V.

2.2. À une date t , un courant induit d'intensité i passe dans le circuit. L'intensité i de ce courant est :

a) dans le sens positif ; b) dans le sens négatif.

2.3. La valeur algébrique de la tension u_{MN} entre M et N est :

a) $u_{MN} = -0,20$ V ; b) $u_{MN} = -0,40$ V ; c) $u_{MN} = -0,60$ V.

3. À partir de la date t_1 , le circuit atteint un régime permanent et l'ampèremètre (A) affiche $I_0 = 25$ mA.

3.1. À partir de la date $t_0 = 0$, au cours du déplacement de la tige, une force électromotrice d'auto-induction "e" apparaît aux bornes de la bobine. À une date t , l'expression algébrique de cette f.é.m. "e" est :

a) $e = -L \frac{di}{dt}$; b) $e = L \frac{di}{dt}$; c) $e = 0$.

3.2. En régime permanent, l'expression algébrique de cette f.é.m. "e" est :

a) $e = -L \frac{di}{dt}$; b) $e = L \frac{di}{dt}$; c) $e = 0$.

4. La valeur de la résistance r de la bobine est :

a) $r = 8 \Omega$; b) $r = 6 \Omega$; c) $r = 4 \Omega$.

5. L'équation différentielle qui décrit l'évolution de $u_R = u_{EO}$ est donnée par :

a) $\frac{du_R}{dt} + \frac{R+r}{L} u_R = \frac{R \cdot u_{NM}}{L}$; b) $\frac{du_R}{dt} + \frac{R}{L} u_R = \frac{R \cdot u_{NM}}{L}$; c) $\frac{du_R}{dt} + \frac{R+r}{L} u_R = \frac{(R+r) \cdot u_{NM}}{L}$.

6. La solution de cette équation différentielle est de la forme :

a) $u_R = \frac{R \cdot u_{NM}}{r+R} (1 - e^{-\frac{Rt}{L}})$; b) $u_R = \frac{R \cdot u_{NM}}{r+R} (1 - e^{-\frac{(r+R)t}{L}})$; c) $u_R = \frac{R \cdot u_{NM}}{r} (1 - e^{-\frac{(r+R)t}{L}})$.

7. L'expression de t_1 est donnée par :

a) $t_1 = 5 \frac{r+R}{L}$; b) $t_1 = 5 \frac{L}{r+R}$; c) $t_1 = 5 \frac{L}{R}$.

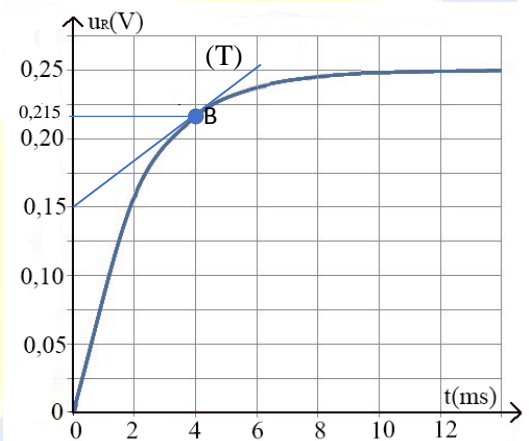
8. La courbe du document 2 montre l'évolution de u_R au cours du temps. (T) est la tangente à la courbe u_R au point B (4 ms ; 0,215 V).

8.1. La pente "p" de la tangente (T) vaut :

a) $p = 16,25$ V/s ; b) $p = 14,25$ V/s ; c) $p = 12,5$ V/s.

8.2. En utilisant le document 2 et l'équation différentielle, on trouve que la valeur de "L" est :

a) $L = 0,48$ H b) $L = 0,039$ H ; c) $L = 0,034$ H.



Doc 2



Mettre un X ou ✓ dans la case correspondante

Exercice 1 : Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène (17.5 pts)

Exercice 2 : Détermination du moment d'inertie d'une poulie (17.5 pts)

Question	a)	b)	c)
A-I-1.		X	
12.			X
A-II-1.1.	X		
1.2.			X
1.3.		X	
1.4.	X		
2.1.		X	
2.2.			X
B-1.1.	X		
1.2.		X	
2.1.			X
2.2.		X	
2.3.		X	
2.4.	X		

Exercice 3 : Conservation et non conservation de l'énergie mécanique (10 pts)

Question	a)	b)	c)
1.1	X		
1.2.		X	
1.3.		X	
1.4.			X
1.5.		X	
2.	X		
3.			X
4.			X



**Exercice 4 : Induction et auto-induction
(15 pts)**

Question	a)	b)	c)
1.		X	
2.1			X
2.2.	X		
2.3.		X	
3.1.	X		
3.2.			X
4.		X	
5.	X		
6.		X	
7.		X	
8.1.	X		
8.2.			X



Concours d'entrée 2024-2025

Physique (A)
Bac. Français

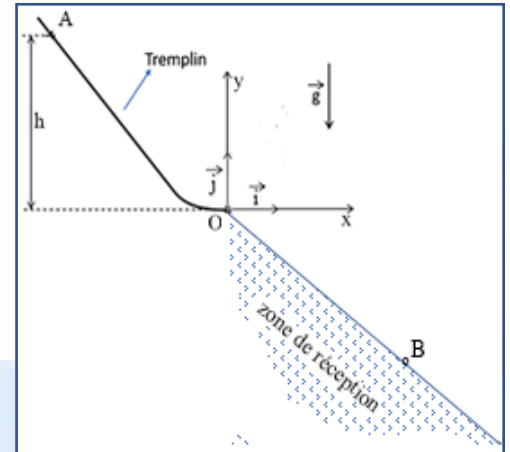
Juillet 2024
Durée 120 min

Exercice 1 : Étude d'un saut à ski (17½)

Au cours d'une épreuve de saut à ski, le skieur, assimilé à un point G de masse $m = 50 \text{ kg}$, démarre sa prise d'élan sur un tremplin, de hauteur notée h (schéma ci-contre), au point A pour prendre son envol au point O, à son extrémité inférieure. Pour ne pas être pénalisé, le sportif doit atterrir au point B, ou plus loin, dans la zone de réception. Dans tout l'exercice, prendre $\vec{g} = -g \vec{j}$ où $g = 10 \text{ m/s}^2$.

A- Prise d'élan sur le tremplin (6½)

Le départ s'effectue sans vitesse initiale ; la vitesse du skieur au point d'envol O est notée \vec{V}_0 . La résultante \vec{f} des forces de frottement avec la piste a pour valeur $f = 50 \text{ N}$. La hauteur de la piste est $h = 51 \text{ m}$ et sa longueur est $AO = 60 \text{ m}$. La résistance de l'air est négligée. Prendre le plan horizontal passant par O comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.



1. Faire l'inventaire des forces s'exerçant sur le skieur entre A et O. (½)

2. Exprimer, en fonction de V_0 , la variation de l'énergie mécanique du skieur entre A et O. (½)

3. Calculer le travail $W_{AO}(\vec{f})$ de la force \vec{f} de frottement entre A et O. (1)

4. En appliquant la non-conservation de l'énergie mécanique, déduire que la valeur de \vec{V}_0 est $V_0 = 30 \text{ m/s}$. (1½)

5. Lors de la descente sur la piste, la température est 0°C .

5.1. Le transfert d'énergie des skis sur la piste s'effectue-t-il par travail, par transfert thermique ou par travail et transfert thermique ? (¾)

5.2. Indiquer le signe de ce transfert. (¼)

5.3. En supposant que la température des skis ne change pas, la température restant toujours 0°C , calculer la masse de neige qui s'est fondue, sachant qu'à 0°C , la chaleur latente de fusion de la glace est $L_f = 333 \text{ kJ/kg}$ et la capacité thermique massique de la glace est $c = 2,06 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$. (1)

B- Étude d'un saut dans le repère (O, \vec{i} , \vec{j}) (11)

Dans cette partie, la résistance de l'air n'est plus négligée. On étudie un saut effectué avec une vitesse initiale horizontale: $\vec{V}_0 = V_0 \vec{i}$ où $V_0 = 30 \text{ m/s}$. L'instant $t_0 = 0$ est défini comme l'instant d'envol du skieur depuis le point O, origine du repère. Afin d'atterrir le plus loin possible dans la zone de réception, le skieur adopte une position « en V ». On supposera que le skieur subit une force de résistance de l'air constante au cours de son vol où : $\vec{R} = R_x \vec{i} + R_y \vec{j}$ avec $R_x = -100 \text{ N}$ et $R_y = 50 \text{ N}$.

1. Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur le skieur. (½)

2. En appliquant, à un instant t , la deuxième loi de Newton ($\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$) au skieur, déduire les expressions des composantes a_x et a_y du vecteur accélération \vec{a} . (1½)

3. Déterminer, à l'instant t , les composantes V_x et V_y du vecteur vitesse \vec{V} . (1½)

4. Montrer que les coordonnées $x(t)$ et $y(t)$ du skieur, dans le repère (O, \vec{i} , \vec{j}), ont pour expressions $x(t) = (30 - t) t$ et $y(t) = -4,5 t^2$ avec x et y en mètres et t en secondes. (1½)

5. Le point B a pour coordonnées $x_B = 60 \text{ m}$ et $y_B = -18 \text{ m}$.

5.1. Déterminer l'équation de la droite portant OB. (1)

5.2. Déterminer les coordonnées (x_D , y_D) du point D, point d'atterrissage de la zone de réception. (2)

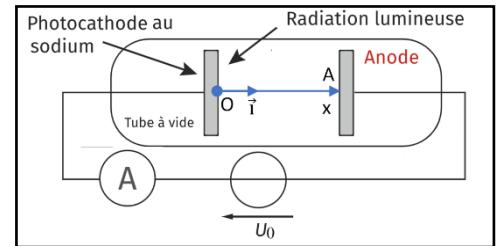
5.3. Le skieur sera pénalisé. Pourquoi ? (½)

6. Déterminer alors la valeur minimale $V_{0\text{min}}$ de V_0 pour qu'il ne soit pas pénalisé. (2½)



Exercice 2 : Effet photoélectrique et force électrique (10)

L'expérience consiste à éclairer la photocathode par un rayonnement de longueur d'onde $\lambda = 430 \text{ nm}$. Des électrons sont émis dans toutes les directions, chacun avec une vitesse maximale notée v_0 . La tension d'arrêt $U_0 = 0,61 \text{ V}$ correspond à la valeur de la tension, appliquée entre la cathode et l'anode, pour laquelle chaque électron arrive avec une vitesse nulle sur l'anode.



Données : masse de l'électron : $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$; $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$;
 $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$; $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

1. L'énergie cinétique maximale d'un électron émis par effet photoélectrique est donnée par :

- a) $E_{C\max} = eU_0$; b) $E_{C\max} = \frac{1}{2} eU_0$; c) $E_{C\max} = \frac{1}{2} eU_0^2$.

2. La valeur de la vitesse maximale v_0 d'un photoélectron vaut :

- a) $2,94 \times 10^5 \text{ m/s}$; b) $4,63 \times 10^5 \text{ m/s}$; c) $5,14 \times 10^5 \text{ m/s}$.

3. L'énergie d'un photon E_{ph} reçu par la cathode est :

- a) $E_{ph} = 2,36 \times 10^{-19} \text{ J}$; b) $E_{ph} = 4,96 \times 10^{-19} \text{ J}$; c) $E_{ph} = 4,63 \times 10^{-19} \text{ J}$.

4. Le travail d'extraction W_S d'un électron pour le sodium est :

- a) $W_S = 2,28 \text{ eV}$; b) $W_S = 2,71 \text{ eV}$; c) $W_S = 2,12 \text{ eV}$.

5. L'ensemble cathode-anode est équivalent à un condensateur plan d'épaisseur $d = 3,5 \text{ mm}$ et générant un champ électrique \vec{E} dans le cas du dispositif réglé à la tension d'arrêt ; on étudie uniquement le cas des électrons émis, avec une vitesse initiale \vec{v}_0 , dans la direction horizontale et soumis à une force électrique \vec{F}_e . On néglige le poids \vec{P} devant \vec{F}_e et on suppose que l'électron quitte O à la date $t_0 = 0$.

5.1. Le champ électrique \vec{E} et la force électrique \vec{F}_e :

- a) ont même sens dirigé de O vers A ; b) \vec{E} se dirige de A vers O et \vec{F}_e se dirige de O vers A ;
c) \vec{E} se dirige de O vers A et \vec{F}_e se dirige de A vers O.

5.2. La valeur algébrique a du vecteur accélération \vec{a} de l'électron, exprimée dans le repère (O, \vec{i}) , est :

- a) $a = -2,16 \times 10^{13} \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; b) $a = -3,06 \times 10^{13} \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; c) $a = 2,16 \times 10^{13} \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

5.3. La valeur algébrique v de la vitesse \vec{v} de l'électron selon l'axe (Ox) , dans le SI, est :

- a) $v = -3,06 \times 10^{13} \cdot t + 4,62 \times 10^5$ b) $v = -2,16 \times 10^{13} \cdot t + 5,14 \times 10^5$; c) $v = -2,16 \times 10^{13} \cdot t + 2,94 \times 10^5$.

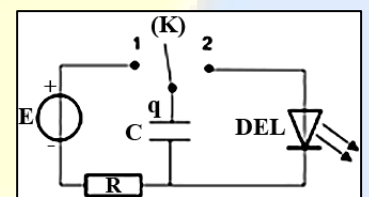
5.4. La date à laquelle l'électron atteint l'anode (au point A) située à la distance d de O est :

- a) $t = 2,31 \times 10^{-7} \text{ s}$; b) $t = 6,82 \times 10^{-8} \text{ s}$; c) $t = 1,51 \times 10^{-8} \text{ s}$.

Exercice 3 : Un radar de contrôle de vitesse (13¼)

Le cinémomètre, un radar de contrôle de vitesse, sert à mesurer la vitesse instantanée d'un véhicule grâce à des ondes électromagnétiques. Lorsque la vitesse d'un véhicule dépasse la limite autorisée, le cinémomètre déclenche deux prises de vues. La première cible les occupants du véhicule et la seconde, la lisibilité de la plaque d'immatriculation. Chaque prise de vue est accompagnée de l'émission d'un flash. La durée entre le début du premier flash et le début du deuxième n'excède pas 52 ms.

Le fonctionnement d'un flash peut être modélisé par le circuit ci-dessus qui est formé d'un générateur de tension constante $E = 6,0 \text{ V}$, d'un conducteur ohmique de résistance R , d'un condensateur de capacité $C = 470 \mu\text{F}$, d'une diode électroluminescente (DEL) et d'un interrupteur à bascule (K).

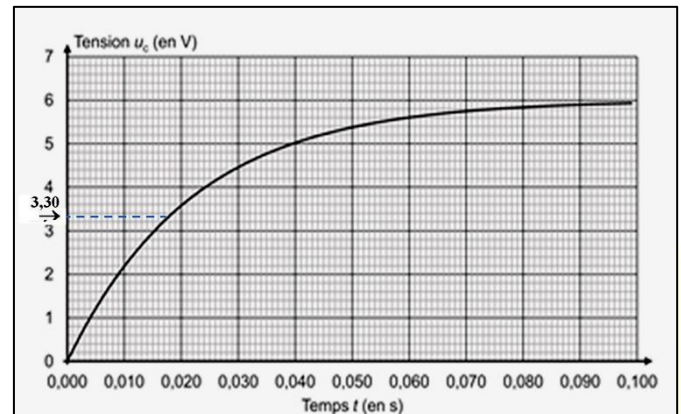




Dans un premier temps, on charge le condensateur en basculant l'interrupteur en position 1, puis, dans un second temps, on décharge le condensateur dans la diode en basculant l'interrupteur en position 2. La diode produit alors le flash tant que la tension à ses bornes est supérieure à sa tension seuil $U_S = 3,30$ V.

A- Détermination de R

Le condensateur étant initialement non-chargé, on bascule l'interrupteur en position 1 à la date $t_0 = 0$. La courbe expérimentale de l'évolution temporelle de la tension u_C aux bornes du condensateur est représentée ci-contre.



1. À une date t , l'équation différentielle vérifiée par u_C est :

a) $\frac{du_C}{dt} + RC u_C = E$; b) $RC \frac{du_C}{dt} + u_C = E$;

c) $\frac{1}{RC} \frac{du_C}{dt} + u_C = \frac{E}{RC}$.

2. La solution de cette équation est de la forme $u_C = A + B e^{-\frac{t}{\tau}}$, avec :

a) $A = B = E$ et $\tau = RC$;

b) $A = -B = E$ et $\tau = RC$;

c) $A = -B = E$ et $\tau = 1/RC$.

3. Pour $t = \tau$, la valeur de la tension u_C est :

a) $u_C = 0,63 E$;

b) $u_C = 0,22 E$;

c) $u_C = 0,37 E$.

4. La valeur de R est :

a) $R = 49 \Omega$;

b) $R = 47 \Omega$;

c) $R = 45 \Omega$.

5. La durée Δt au bout de laquelle le condensateur est pratiquement chargé est .

a) $\Delta t = 0,11$ s ;

b) $\Delta t = 0,22$ s ;

c) $\Delta t = 0,09$ s ;

B- Décharge du condensateur

À la fin de la charge, on bascule l'interrupteur en position 2 à la nouvelle date $t_0 = 0$.

1. À une date t , l'équation différentielle vérifiée par u_C est :

a) $RC \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$;

b) $RC \frac{du_C}{dt} + u_C = E$;

c) $\frac{1}{RC} \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$.

2. La solution de cette équation différentielle est :

a) $u_C = E e^{-RC/t}$;

b) $u_C = E (1 - e^{-t/RC})$;

c) $u_C = E e^{-t/RC}$.

3. La durée Δt de décharge du condensateur jusqu'à la tension seuil U_S de la diode est :

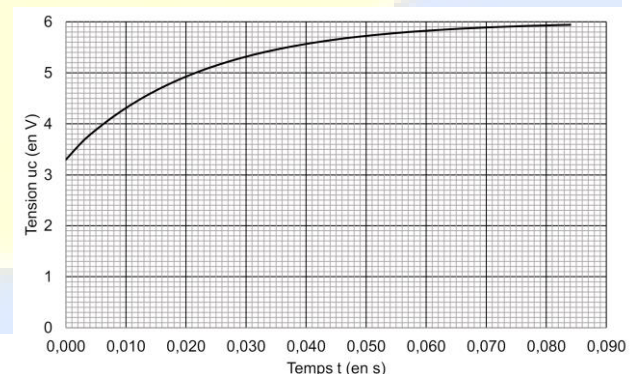
a) $\Delta t = 0,013$ s ;

b) $\Delta t = 0,022$ s ;

c) $\Delta t = 0,009$ s ;

C- Réalisation de l'émission des deux flashes

Pour réaliser l'émission des deux flashes dans les conditions du cinémomètre avec le montage décrit précédemment, on équipe l'interrupteur par un dispositif donné qui fait passer l'interrupteur à la position 2 afin de décharger le condensateur dans la diode tant que la tension u_C reste de valeur $u_C \geq 3,30$ V. Le premier flash est émis. Lorsque la tension aux bornes de la diode devient juste inférieure ou égale à U_S , l'interrupteur passe à la position 1 pour recharger le condensateur et le premier flash s'éteint. Le condensateur se charge à nouveau suivant la courbe donnée ci-contre avant le second flash.



1. Lors de la deuxième charge, l'interrupteur bascule sur la position 2 afin d'émettre le second flash dès qu'il a emmagasiné une énergie égale à $7,0 \times 10^{-3}$ J. La tension u_C vaut dans ce cas :

a) $u_C = 5,45$ V ;

b) $u_C = 5,13$ V ;

c) $u_C = 4,82$ V.

2. La durée T entre le début du premier flash et le début du deuxième est :

a) $T = 35$ ms ;

b) $T = 57$ ms ;

c) $T = 48$ ms.



3. Le circuit utilisé permet-il d'émettre les deux flashes avec le décalage temporel entre les deux flashes imposé par le cinémomètre ?

- a) oui ; b) non.

Exercice 4 : LA MISSION GRACE-FO (18^{3/4})

L'attraction gravitationnelle de notre planète subit de faibles variations d'un mois à l'autre dues, principalement, à une infime fraction de la masse terrestre, constamment en mouvement, essentiellement de l'eau : la pluie tombe, la rosée s'évapore, les courants océaniques coulent, la glace fond...

Le 22 mai 2018, deux satellites jumeaux scientifiques GRACE-FO sont lancés, ayant pour objectif la mesure, avec une grande précision, des variations mensuelles du champ de gravité de la Terre. (Doc 1)

A. Caractéristiques de l'orbite

L'orbite des satellites de la mission GRACE-FO, orbite polaire, est quasi circulaire à l'altitude $z = 490$ km, Les deux satellites se déplacent sur la même orbite à une distance, notée L , de 220 km l'un de l'autre.

On étudie le mouvement d'un de ces satellites, de masse m , dans le référentiel géocentrique considéré galiléen.

Données : masse de la Terre : $M_T = 5,98 \times 10^{24}$ kg ; rayon de la Terre : $R_T = 6\,371$ km ; constante de gravitation universelle :

$G = 6,67 \times 10^{-11}$ N·m²·kg⁻² ; \vec{n} et \vec{t} sont deux vecteurs unitaires respectivement normal et tangentiel à l'orbite des deux satellites.

1. L'expression vectorielle de la force gravitationnelle $\vec{F}_{T/S}$ exercée par la Terre sur le satellite, supposé ponctuel, est :

- a) $\vec{F}_{T/S} = -G \frac{M_T m}{(R_T + z)^2} \vec{n}$; b) $\vec{F}_{T/S} = G \frac{M_T m}{(R_T + z)^2} \vec{n}$; c) $\vec{F}_{T/S} = -G \frac{M_T m}{(R_T + z)^2} \vec{n}$.

2. L'expression vectorielle du champ gravitationnel terrestre \vec{g} est :

- a) $\vec{g} = -\frac{M_T}{(R_T + z)^2} \vec{n}$; b) $\vec{g} = -G \frac{m}{(R_T + z)^2} \vec{n}$; c) $\vec{g} = G \frac{M_T}{(R_T + z)^2} \vec{n}$.

3. L'expression algébrique a de l'accélération \vec{a} du satellite, sous l'effet de la Terre seulement, est :

- a) $a = \frac{dv}{dt}$; b) $a = \frac{v^2}{(R_T + z)}$; c) $a = \frac{v^2}{(R_T + z)^2}$

4. L'expression de la vitesse v du satellite, sous l'effet de la Terre seulement, s'exprime par la relation :

- a) $v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R_T + z}}$; b) $v = \frac{G \cdot M_T}{R_T + z}$; c) $v = \sqrt{\frac{G \cdot m}{R_T + z}}$.

5. La valeur de la période de révolution du satellite est :

- a) $T = 5,65 \times 10^3$ s ; b) $T = 5,41 \times 10^3$ s ; c) $T = 6,17 \times 10^3$ s.

6. Leur altitude leur permet de parcourir environ n fois leur orbite polaire par jour ; la valeur de n est :

- a) $n \approx 14$ fois ; b) $n \approx 15$ fois ; c) $n \approx 16$ fois

7. On s'intéresse à la situation particulière schématisée (Doc 1) ci-dessous.

7.1. De cette situation, on considère que le mouvement du 2^{ème} satellite est :

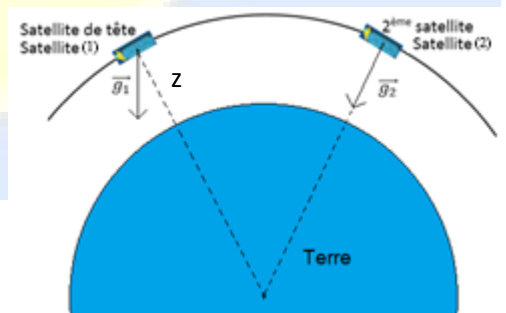
- a) circulaire uniforme ; b) circulaire uniformément accéléré ; c) circulaire uniformément décéléré.

7.2 De cette situation, on considère que le mouvement du satellite de tête est :

- a) circulaire uniforme ; b) circulaire uniformément accéléré ; c) circulaire uniformément décéléré.

8. Dans le cas de la situation schématisée (Doc 1) ci-dessous entre les deux satellites :

- a) la distance L diminue ; b) la distance L reste constante ; c) la distance L augmente.



Doc 1



B. Principe de fonctionnement de l'interféromètre embarqué

Le satellite de tête est affecté, en premier, par un changement du champ gravitationnel ; cela engendre alors une légère modification de la distance le séparant du 2^{ème} satellite. La mesure, par interférométrie, des variations de distance entre les deux satellites permet d'accéder à l'évolution du champ gravitationnel dans la région survolée.

À l'aide d'un interféromètre laser, dont une partie est embarquée dans le satellite de tête et l'autre partie dans le 2^{ème} satellite, on peut déterminer, avec une très grande précision, la variation de distance, notée d , entre les deux satellites. Le schéma simplifié du principe de fonctionnement de l'interféromètre est le suivant : (Les échelles ne sont pas respectées)

Le faisceau lumineux issu du laser se sépare en deux faisceaux au niveau du miroir semi-réfléchissant A, un faisceau 1 parcourant le trajet ABCD, un faisceau 2 parcourant le trajet AD. Les faisceaux 1 et 2 se réunissent en D pour atteindre le détecteur d'interférences. Le laser utilisé émet un rayonnement infrarouge de longueur d'onde $\lambda = 1064 \text{ nm}$ dans le vide.

1. Le dispositif présenté par le schéma simplifié :

a) permet d'obtenir des interférences.

b) Ne permet pas d'obtenir des interférences.

2. Le phénomène d'interférences constructives de deux ondes est caractérisé par une différence de marche δ :

a) $\delta = k\lambda + \frac{\lambda}{2}$; b) $\delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$; c) $\delta = k\lambda$.

3. D'après les informations figurant sur le schéma, on trouve que l'expression de δ est :

a) $\delta = 2L + 2h$; b) $\delta = 2L - h$ c) $\delta = 2L$.

4. Le satellite 1 s'éloigne d'une distance d du satellite 2. Les deux satellites sont maintenant distants de $L + d$. Alors, la variation $\Delta\delta$ de la différence de marche vaut :

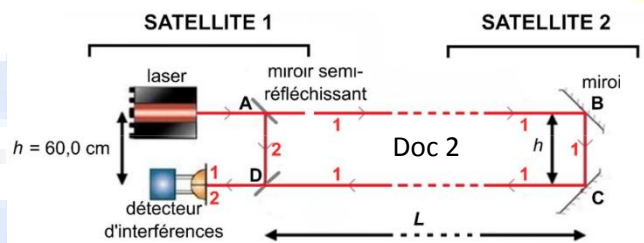
a) $\Delta\delta = 2L - d$; b) $\Delta\delta = 2d$; c) $\Delta\delta = 2L + 2d$

5. Le détecteur d'interférences est capable de repérer au mieux une variation de différence de marche qui correspond à deux états immédiatement successifs d'interférences constructives. Alors, la variation de distance d correspondant à deux états immédiatement successifs d'interférence constructive est égale à :

a) $d = \lambda$; b) $d = \frac{\lambda}{2}$; c) $d = \frac{3\lambda}{2}$.

6. La plus petite valeur de la variation de distance, entre les deux satellites, détectable par l'interféromètre, est alors :

a) $d = 532 \text{ nm}$; b) $d = 1064 \text{ nm}$; c) $d = 1596 \text{ nm}$.





Concours d'entrée 2024-2025

Physique (A)
Solution Bac. Français

Juillet 2024
Durée 120 min

Mettre un X ou ✓ dans la case correspondante

Exercice 1 : Étude d'un saut à ski (17½)

Exercice 2 : Effet photoélectrique et force électrique (10)

Question	a)	b)	c)
1.	X		
2.		X	
3.			X
4.	X		
5.1.			X
5.2.		X	
5.3.	X		
5.4.			X

Exercice 3 : Un radar de contrôle de vitesse (13¾)

Question	a)	b)	c)
A-1.		X	
2.		X	
3.	X		
4.		X	
5.	X		
B-1.	X		
2.			X
3.	X		
C-1.	X		
2.			X
3.	X		



Exercice 4 : LA MISSION GRACE-FO (18%)

Question	a)	b)	c)
A-1.		X	
2.			X
3.		X	
4.	X		
5.	X		
6.		X	
7.1.	X		
7.2.		X	
8.			X
B-1.	X		
2.			X
3.			X
4.		X	
5.		X	
6.	X		