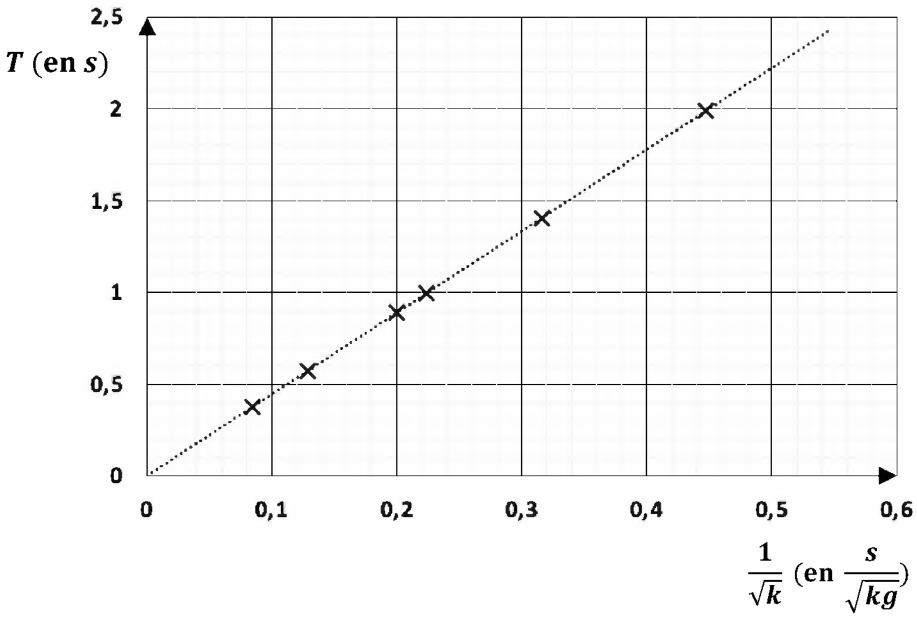
EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES – Sessions 2024							
QUESTIONNAIRE							
Date :	03.06.24		*Horaire :*	08:15 - 10:45		*Durée :*	150 minutes
Discipline :	PHYSI	*Type :*	écrit	*Section(s) :*	GSN		
					Numéro du candidat :		

Répartition des points : **T: Théorie** **P: Travaux pratiques** **A: Exercice**

1. Travaux pratiques : Pendule élastique (11 points)

Le but du TP est de déterminer la masse inconnue m d'un corps à l'aide d'un pendule élastique. Le corps est suspendu successivement à six ressorts différents avec des constantes de ressort k différentes et mis en oscillation. La durée de la période T est déterminée à l'aide d'un chronomètre. Lors de l'expérience, le diagramme suivant est établi :



1.1. Expliquez brièvement comment on peut déterminer lors des travaux pratiques la période d'oscillation d'un pendule élastique à l'aide d'un chronomètre. **(P:2 P)**

1.2. A l'aide du diagramme, déterminez la constante de raideur du ressort pour lequel une période de 1 seconde a été déterminée. Indiquez votre résultat en $\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$ et en $\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{dm}}$. **(P:3 P)**

1.3. Déterminez la pente de la demi-droite à partir du diagramme. Calculez la masse inconnue m du corps à l'aide de la pente. **(P:4 P)**

1.4. Calculez l'écart absolu et l'écart relatif de votre valeur calculée si le corps a une masse de m = 520 g. **(P:2 P)**

2. Quantité de mouvement (9 points)

Un canon tire un boulet sur un chariot qui vient en sens inverse. Le chariot a une masse de 2000 kg, et se déplace à une vitesse de 1,25 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ en direction du boulet. Le boulet a une masse de 25 kg et son énergie cinétique avant la collision avec le chariot est de 125 kJ. Après la collision, le boulet reste coincé dans le chariot.

2.1. Montrez que la vitesse du boulet avant la collision avec le chariot est de 100 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. **(A:1 P)**

2.2. Montrez, à l'aide d'un calcul, que le boulet arrête le chariot. **(A:3 P)**

2.3. Calculez la somme des énergies cinétiques du chariot et du boulet avant la collision. **(A:1 P)**

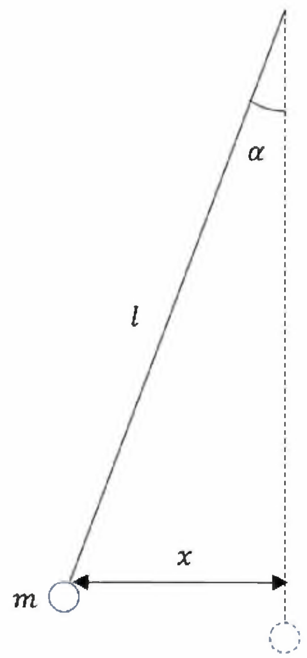
2.4. Calculez la somme des énergies cinétiques du chariot et du boulet après la collision. **(A:1 P)**

2.5. Le choc est-il élastique ou inélastique ? Justifiez votre affirmation. **(T:1 P)**

2.6. La même expérience est répétée. Dans ce cas, le choc est élastique. Calculez les vitesses du chariot et du boulet après la collision. **(A:2 P)**

3. Pendule simple (10 points)

Une petite bille de masse m =500 g est attachée à un long fil de longueur l. La bille est déviée de sa position de repos d'une distance x = 3,00 m, de sorte que le fil forme un angle de α = 9° avec la verticale.



Position d'équilibre

3.1. Montrez que le fil a une longueur de l = 19,2 m. **(A:1 P)**

3.2. Montrez que dans cette position, la bille se trouve à une hauteur de h = 23,6 cm par rapport à sa position d'équilibre. **(A:1 P)**

3.3. La bille est lâchée. Montrez que la vitesse de la bille en passant par la position d'équilibre, lorsqu'elle oscille, est de 2,15 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. **(A:2 P)**

3.4. Calculez combien de temps il faut à la bille pour osciller pour la première fois à travers la position d'équilibre. **(A:2 P)**

3.5. Montrez que l'énergie totale du pendule est de 1,16 J. **(A:1 P)**

3.6. Après quelques oscillations, le pendule a émis 870 mJ dans l'environnement. De quel pourcentage l'amplitude a-t-elle diminué pendant ce temps ? **(A:3 P)**

4. Onde transversale (12 points)

Une onde transversale se propage dans la direction de l'axe des x positifs à une vitesse de 2,0 $\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}}$. Sa propagation commence à l'instant t = 0 à l'origine. A cet endroit, l'élongation est nulle à ce moment-là ; elle commence à augmenter immédiatement par après. L'amplitude de l'onde est de 4 cm et la durée de la période est de 3 s.

4.1. Montrez que la longueur d'onde est de 6 cm. **(A:1 P)**

4.2. Écrivez l'équation d'onde $y(x, t)$ pour cette onde. **(A:2 P)**

4.3. Tracez l'élongation y de l'onde en fonction de la distance x à l'instant t= T pour l'intervalle [0,λ]. **(A:4 P)**

4.4. A l'aide du diagramme du point **4.3.**, expliquez pourquoi la vitesse de la particule au lieu x = 4,5 cm est nulle à l'instant t= T. **(A:2 P)**

4.5. Calculez la vitesse maximale de la particule à l'endroit x = 4,5 cm. Quand est-ce que cette vitesse est atteinte pour la première fois ? **(A:3 P)**

5. Condensateur plan (10 points)

Un condensateur plan avec des plaques circulaires a une capacité de 50 µF. La distance entre les plaques est de 0,01 µm. De l'air se trouve entre les plaques du condensateur.

5.1. Calculez le rayon des plaques du condensateur en mm. **(A:2 P)**

5.2. Le condensateur est mis en parallèle avec un deuxième condensateur de capacité C inconnue. Les deux condensateurs en parallèle sont mis en série avec un troisième condensateur de même capacité C que le deuxième condensateur. La capacité totale du circuit est de 25 µF.
Faites un croquis du circuit et calculez C.

(A:4 P)

5.3. Le condensateur de remplacement entièrement chargé du circuit de la question **5.2.** est déchargé via une résistance R. Après t = 1 s, la charge de la plaque positive du condensateur a diminué de 8%. Calculez la résistance R en MΩ ainsi que la constante de temps.

(A:4 P)

6. Physique quantique (8 points)

Lors d'une expérience, une lumière d'une longueur d'onde de 320 nm frappe une couche de césium. On constate que seule la moitié de l'énergie d'un photon lumineux incident est convertie en énergie cinétique d'un électron libéré.

6.1. Que se passe-t-il avec l'autre moitié de l'énergie du photon ? Expliquez. **(T:2 P)**

6.2. Calculez l'énergie de la lumière incidente en eV. **(A:1 P)**

6.3. Calculez le travail de sortie du césium en eV. **(A:1 P)**

6.4. Calculez l'énergie cinétique des électrons libérés en eV. **(A:1 P)**

6.5. Calculez la vitesse des électrons libérés. **(A:1 P)**

6.6. Quelle condition doit remplir la lumière qui frappe la couche de césium pour que le nombre d'électrons libérés augmente ? **(T:1 P)**

6.7. Quelle condition doit remplir la lumière qui frappe la couche de césium pour que l'énergie cinétique des électrons libérés augmente ? **(T:1 P)**

Constantes physiques

Constante	Symbole	Valeur	Unité SI
nombre d'Avogadro	N_A	$6{,}022 \cdot 10^{23}$	mol^{-1}
charge élémentaire	e	$1{,}602 \cdot 10^{-19}$	C
vitesse de la lumière	c	$2{,}998 \cdot 10^{8}$	$m \cdot s^{-1}$
constante de Planck	h	$6{,}626 \cdot 10^{-34}$	$J \cdot s$
permittivité du vide	ε_0	$8{,}854 \cdot 10^{-12}$	$C \cdot V^{-1} \cdot m^{-1}$
masse au repos de l'électron	m_e	$9{,}109 \cdot 10^{-31}$	kg
masse au repos du proton	m_p	$1{,}673 \cdot 10^{-27}$	kg
masse au repos neutron	m_n	$1{,}675 \cdot 10^{-27}$	kg
masse au repos d'une particule α	m_α	$6{,}645 \cdot 10^{-27}$	kg

Conversion d'unités en dehors du système SI			
unité de masse atomique	1 u	$1{,}6605 \cdot 10^{-27}$	kg
électron-volt	1 eV	$1{,}602 \cdot 10^{-19}$	J
année	1 a	365,25	d (jours)

Formules trigonométriques

$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$ $\quad$ $\tan x = \dfrac{\sin x}{\cos x}$

$\cos^2 x = \dfrac{1}{1+\tan^2 x}$ $\quad$ $\sin^2 x = \dfrac{\tan^2 x}{1+\tan^2 x}$ $\quad$ $1+\tan^2 x = \dfrac{1}{\cos^2 x}$

$\sin(-x) = -\sin(x)$ $\quad$ $\sin(\pi - x) = \sin(x)$ $\quad$ $\sin(\pi + x) = -\sin(x)$

$\cos(-x) = \cos(x)$ $\quad$ $\cos(\pi - x) = -\cos(x)$ $\quad$ $\cos(\pi + x) = -\cos(x)$

$\tan(-x) = -\tan(x)$ $\quad$ $\tan(\pi - x) = -\tan(x)$ $\quad$ $\tan(\pi + x) = \tan(x)$

$\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos(x)$ $\quad$ $\sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = \cos(x)$

$\cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin(x)$ $\quad$ $\cos\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\sin(x)$

$\tan\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cot(x)$ $\quad$ $\tan\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\cot(x)$

$\sin(x+y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$

$\sin(x-y) = \sin x \cos y - \cos x \sin y$

$\cos(x+y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$

$\cos(x-y) = \cos x \cos y + \sin x \sin y$

$\tan(x+y) = \dfrac{\tan x + \tan y}{1 - \tan x \tan y}$

$\tan(x-y) = \dfrac{\tan x - \tan y}{1 + \tan x \tan y}$

$\sin 2x = 2\sin x \cos x$ $\quad$ $2\cos^2 x = 1 + \cos 2x$

$\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$ $\quad$ $2\sin^2 x = 1 - \cos 2x$

$\sin 2x = \dfrac{2\tan x}{1+\tan^2 x}$ $\quad$ $\cos 2x = \dfrac{1-\tan^2 x}{1+\tan^2 x}$ $\quad$ $\tan 2x = \dfrac{2\tan x}{1-\tan^2 x}$

$\sin 3x = 3\sin x - 4\sin^3 x$ $\quad$ $\cos 3x = -3\cos x + 4\cos^3 x$

$\sin x + \sin y = 2\sin\left(\dfrac{x+y}{2}\right)\cos\left(\dfrac{x-y}{2}\right)$

$\sin x - \sin y = 2\sin\left(\dfrac{x-y}{2}\right)\cos\left(\dfrac{x+y}{2}\right)$

$\cos x + \cos y = 2\cos\left(\dfrac{x+y}{2}\right)\cos\left(\dfrac{x-y}{2}\right)$

$\cos x - \cos y = -2\sin\left(\dfrac{x+y}{2}\right)\sin\left(\dfrac{x-y}{2}\right)$

$\tan x + \tan y = \dfrac{\sin(x+y)}{\cos x \cos y}$

$\tan x - \tan y = \dfrac{\sin(x-y)}{\cos x \cos y}$

$\sin x \cos y = \frac{1}{2}\left[\sin(x+y) + \sin(x-y)\right]$

$\cos x \cos y = \frac{1}{2}\left[\cos(x+y) + \cos(x-y)\right]$

$\sin x \sin y = \frac{1}{2}\left[\cos(x-y) - \cos(x+y)\right]$

Recueil de formules

Mécanique

$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$	$\sum \vec{p} = \sum \vec{p'}$	$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$

$$\Delta E_{\text{méc}} = -\frac{1}{2}\frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}\left(v_{1x} - v_{2x}\right)^2$$

$v'_{1x} = \frac{m_1 \cdot v_{1x} + m_2 \cdot (2v_{2x} - v_{1x})}{m_1 + m_2}$	$v'_{2x} = \frac{m_2 \cdot v_{2x} + m_1 \cdot (2v_{1x} - v_{2x})}{m_1 + m_2}$

Oscillations

$T = \frac{t}{n}$	$f = \frac{1}{T}$	$\omega = 2\pi \cdot f$
$F_{r,y} = -k \cdot y(t)$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$
$y(t) = y_{\max} \cdot \sin\left(\omega \cdot t + \varphi_0\right)$	$v_y(t) = \omega \cdot y_{\max} \cdot \cos\left(\omega \cdot t + \varphi_0\right)$	$a_y(t) = -\omega^2 \cdot y_{\max} \cdot \sin\left(\omega \cdot t + \varphi_0\right)$
$E_{\text{pot}}(t) = \frac{1}{2}k \cdot y_{\max}^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t + \varphi_0)$	$E_{\text{cin}}(t) = \frac{1}{2}k \cdot y_{\max}^2 \cdot \cos^2(\omega \cdot t + \varphi_0)$	$E_{\text{tot}} = \frac{1}{2}k \cdot y_{\max}^2$

$y(t) = 2y_{\max} \cdot \cos\left[2\pi \cdot \left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right) \cdot t\right] \cdot \sin\left[2\pi \cdot \left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right) \cdot t\right]$	$f_b = \lvert f_1 - f_2 \rvert$	$f = \frac{f_1 + f_2}{2}$

Ondes

$v_{ph} = \lambda \cdot f$	$v_{ph} = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$	$\mu = \frac{m}{l}$
$y(x,t) = y_{\max} \cdot \sin\left[2\pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) + \varphi_0\right]$	$f_n = \frac{n+1}{2l} \cdot v_{ph}$	$f_n = \frac{2n+1}{4l} \cdot v_{ph}$

$\Delta s = k \cdot \lambda$	$\Delta\varphi = k \cdot 2\pi$	$\Delta s = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$	$\Delta\varphi = (2k+1) \cdot \pi$

$d_k = \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{g}$	$d_k = \frac{k \cdot \lambda}{2 \cdot n}$	$d_k = \frac{(2k+1) \cdot \lambda}{4 \cdot n}$

Electricité

$\vec{F}_{\text{él,1 sur 2}} = -\vec{F}_{\text{él,2 sur 1}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \vec{u}_{1;2}$	$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{\text{él}}}{q}$	$E = \frac{U}{d}$
$C = \frac{Q}{U}$	$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d}$	$E_{\text{pot,él}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$
$C_{\text{éq}} = C_1 + C_2$	$\frac{1}{C_{\text{éq}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	$\tau = R \cdot C$
$I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$	$U_C(t) = U_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$	$Q(t) = Q_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$
$I(t) = -I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$	$U_C(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$	$Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

Mécanique quantique

$E = h \cdot f$	$E = W_s + E_{\text{cin}}$	$h = \frac{e(U_{s1} - U_{s2})}{f_1 - f_2}$