EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES – Sessions 2024 **QUESTIONNAIRE**							
Date :	18.09.24		*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) Choc élastique (13 points)

Une bille blanche de masse $m_1 = 30$ g et de vitesse $v_1 = 2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ entre en collision de manière centrale et élastique avec une bille noire au repos de masse $m_2 = 10$ g.

1.1 Calculez les vitesses des billes après le choc. **(A:2 P)**

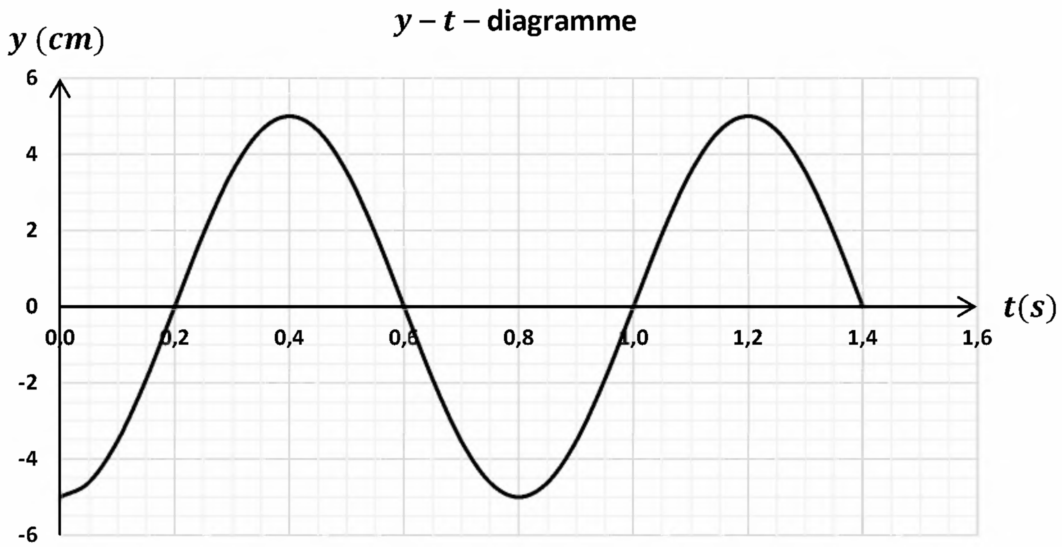
1.2 Calculez les valeurs des forces qui agissent sur la bille blanche et sur la bille noire pendant la collision, si le contact entre les billes dure 10 millisecondes. **(A:3 P)**

1.3 Vérifiez les lois de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement pour ce choc. **(A:5 P)**

1.4 Dans quelles directions et à quelles vitesses les billes se déplaceraient-elles après le choc si la masse de la bille noire était beaucoup plus grande que celle de la bille blanche $(m_2 \gg m_1)$? Justifiez votre réponse à l'aide d'un calcul. **(T:3 P)**

2) Pendule simple et énergie (8 points)

Le diagramme suivant montre l'élongation d'un pendule simple de masse $m = 500$ g en fonction du temps.



2.1 Retirez de la représentation graphique les grandeurs suivantes et indiquez l'équation horaire de l'élongation en fonction du temps de cette oscillation. **(A:2 P)**

- l'amplitude
- la période
- la phase initiale

2.2 Montrez que l'énergie potentielle d'un pendule simple est donnée par l'expression suivante. **(A:3 P)**

$$E_{pot}(t) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \frac{g}{l} \cdot y_{max}^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

2.3 Calculez l'énergie potentielle du pendule au bout de 10,2 secondes et, à l'aide du résultat obtenu, indiquez la position du pendule à cet instant. Justifiez votre réponse. **(A:3 P)**

3) Couches minces (7 Points)

Le rayonnement solaire dans la zone UV-B $(280 - 320\ \mathrm{nm})$ provoque des coups de soleil sur la peau. Pour se protéger des coups de soleil, un jardinier souhaite coller un film de protection en polytéréphtalate d'éthylène (PET) avec un indice de réfraction de 1,60 sur les vitres (indice de réfraction : 1,50) de sa serre de jardin.

3.1 Déduisez la formule pour calculer l'épaisseur de la couche pour l'interférence destructive dans la lumière transmise en cas de lumière incidente perpendiculaire. Accompagnez la déduction d'un croquis propre et de toutes les explications nécessaires.

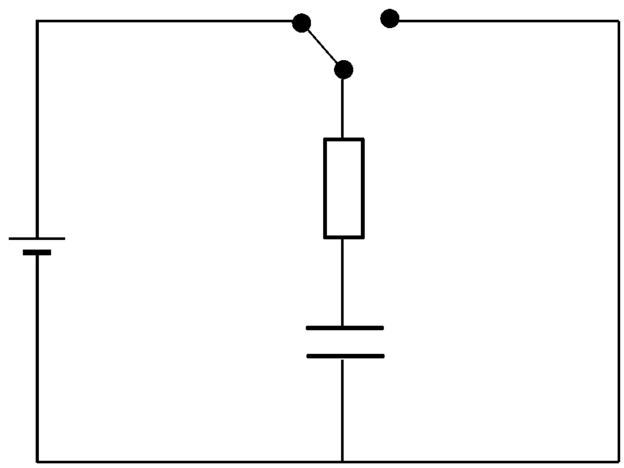
(T:5 P)

3.2 Calculez l'épaisseur minimale théorique du film de protection pour que la lumière de longueur d'onde $\lambda = 300\ \mathrm{nm}$ soit éliminée après avoir traversé le film. **(A:2 P)**

4) Appareil photographique (13 Points)

4.1 Comme le montre la figure, un condensateur est chargé par une résistance. Déduisez la formule qui décrit l'évolution de l'intensité du courant en fonction du temps. Donnez toutes les explications nécessaires. **(T:5 P)**

$$I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$



Les objets à photographier doivent être correctement éclairés. Cela se fait à l'aide d'un flash. Pour produire le flash, les charges stockées dans un condensateur de $100\ \mu\mathrm{F}$ sont déchargées via une résistance de $0{,}500\ \mathrm{k\Omega}$ entladen. Ensuite, le condensateur est rechargé avec une tension de 200 V afin d'être prêt pour la prochaine utilisation.

4.2 Calculez la charge stockée dans le condensateur chargé. **(A:1 P)**

4.3 Définissez et calculez la constante de temps τ. **(T:2 P)**

4.4 Calculez l'intensité maximale du courant qui apparaît lors de la décharge du condensateur. **(A:1 P)**

4.5 Combien de millisecondes faut-il pour que le condensateur soit à nouveau chargé à 95% après une décharge complète ? **(A:3 P)**

4.6 Afin de permettre des temps d'exposition plus longs, il est possible que la durée du flash doive être augmentée. Comment faudrait-il modifier le condensateur ou la résistance à cet effet ?

(A:1 P)

5) Effet photoélectrique (7 Points)

5.1 L'effet photoélectrique est décrit par l'équation suivante : $h \cdot f = W_A + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
Indiquez la signification de chaque terme de cette équation. **(T:3 P)**

L'effet photoélectrique est utilisé entre autres dans les photomultiplicateurs. Un photomultiplicateur convertit la lumière en un signal électrique. La lumière incidente libère des électrons d'une cathode, qui sont accélérés par une série de dynodes (anneaux chargés positivement). Lorsqu'un électron rencontre une dynode, plusieurs électrons sont libérés, ce qui amplifie le flux d'électrons et génère un signal électrique mesurable à l'extrémité du photomultiplicateur.

5.2 Dans un laboratoire, un photomultiplicateur est utilisé pour mesurer l'intensité de la lumière émise par un échantillon fluorescent. La lumière fluorescente incidente a une longueur d'onde de $450\ \mathrm{nm}$. Parmi les métaux mentionnés ci-dessous, lequel peut constituer la photocathode ? Justifiez votre réponse. **(A:2 P)**

Métal	**Travail de sortie en eV**
Césium	$2{,}1$
Magnésium	$3{,}0$

5.3 Calculez la vitesse des électrons libérés lorsque antimoine avec un travail de sortie de$1{,}8\ \mathrm{eV}$ est utilisé comme matériau de cathode. **(A:2 P)**

6) Travaux pratiques : Doubles Fentes de Young (12 Points)

Pendant le TP, deux élèves ont essayé de déterminer la longueur d'onde d'un laser. Pour cela, ils ont dirigé le laser sur une double fente avec une distance entre les fentes de $400\ \mu\mathrm{m}$. Sur un écran situé à $600\ \mathrm{cm}$ ils ont mesuré à chaque fois la distance $(2 \cdot d_k)$ entre les maxima de même ordre.

Valeurs mesurées :

k	1	2	3	4	5
$2\ d_k$ (mm)	16,0	30,0	48,0	62,0	82,0

6.1 Représentez sur un diagramme d_k en fonction de k. **(P:4 P)**

6.2 Expliquez comment la longueur d'onde du laser peut être déterminée à l'aide de la représentation graphique et déterminez-la. **(P:4 P)**

6.3 Calculez l'écart absolu et l'écart relatif de la longueur d'onde lorsque la longueur d'onde du laser indiquée par le fabricant est de $530\ \mathrm{nm}$. **(P:2 P)**

6.4 Quel serait l'effet d'une modification des paramètres suivants sur le motif de diffraction obtenue ? Justifiez votre réponse. **(P:2 P)**

- Diminution de moitié de la distance à l'écran.
- Doublement de la distance entre les fentes.

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)

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

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

Formules trigonométriques

$$\sin^2 x + \cos^2 x = 1 \qquad \tan x = \frac{\sin x}{\cos x}$$

$$\cos^2 x = \frac{1}{1+\tan^2 x} \qquad \sin^2 x = \frac{\tan^2 x}{1+\tan^2 x} \qquad 1+\tan^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$$

$$\sin(-x) = -\sin(x) \qquad \sin(\pi - x) = \sin(x) \qquad \sin(\pi + x) = -\sin(x)$$
$$\cos(-x) = \cos(x) \qquad \cos(\pi - x) = -\cos(x) \qquad \cos(\pi + x) = -\cos(x)$$
$$\tan(-x) = -\tan(x) \qquad \tan(\pi - x) = -\tan(x) \qquad \tan(\pi + x) = \tan(x)$$

$$\sin\left(\tfrac{\pi}{2} - x\right) = \cos(x) \qquad \sin\left(\tfrac{\pi}{2} + x\right) = \cos(x)$$
$$\cos\left(\tfrac{\pi}{2} - x\right) = \sin(x) \qquad \cos\left(\tfrac{\pi}{2} + x\right) = -\sin(x)$$
$$\tan\left(\tfrac{\pi}{2} - x\right) = \cot(x) \qquad \tan\left(\tfrac{\pi}{2} + x\right) = -\cot(x)$$

$$\sin(x+y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$$
$$\sin(x-y) = \sin x \cos y - \cos x \sin y$$
$$\tan(x+y) = \frac{\tan x + \tan y}{1 - \tan x \tan y}$$
$$\cos(x+y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$$
$$\cos(x-y) = \cos x \cos y + \sin x \sin y$$
$$\tan(x-y) = \frac{\tan x - \tan y}{1 + \tan x \tan y}$$

$$\sin 2x = 2\sin x \cos x \qquad 2\cos^2 x = 1 + \cos 2x$$
$$\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x \qquad 2\sin^2 x = 1 - \cos 2x$$

$$\sin 2x = \frac{2\tan x}{1+\tan^2 x} \qquad \cos 2x = \frac{1-\tan^2 x}{1+\tan^2 x} \qquad \tan 2x = \frac{2\tan x}{1-\tan^2 x}$$

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

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

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