وزارة التربية والتعليم العالي
المديريّة العامّة للتربية
دائرة الامتحانات الرسميّة

امتحانات الشهادة الثانوية العامة
فرع علوم الحياة

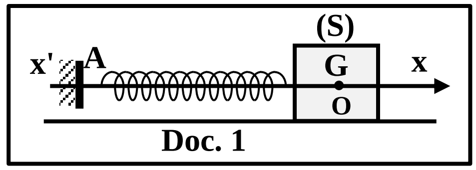
دورة العام ٢٠١٩ العاديّة
السبت ٢٢ حزيران ٢٠١٩

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 autorisé.

Exercice 1 (7 points) — Oscillateur mécanique horizontal

Un oscillateur mécanique est formé d'un bloc (S), de masse m, et d'un ressort de masse négligeable et de constante de raideur k. (S) est attaché à l'une des deux extrémités du ressort, l'autre extrémité étant reliée à un support fixe A. (S) peut se déplacer, sans frottement, sur un support horizontal (Doc. 1).



Doc. 1

Le but de cet exercice est de déterminer les valeurs de m et k.
À l'équilibre, le centre de masse G, de (S), coïncide avec l'origine O de l'axe x' x.
On déplace (S) horizontalement, dans le sens positif. À l'instant $t_0 = 0$, l'abscisse de G est x_0 et (S) est lancé, dans le sens négatif, avec une vitesse initiale $\vec{v_0} = v_0 \vec{i}$ ($v_0 < 0$) où $\vec{i}$ est le vecteur unitaire de l'axe x' x.

À un instant t, l'abscisse de G est x et la valeur algébrique de sa vitesse est $v = x' = \frac{dx}{dt}$.

Le plan horizontal contenant G est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

1) Écrire, à l'instant t, l'expression de l'énergie mécanique du système (Oscillateur, Terre), en fonction de x, m, k et v.

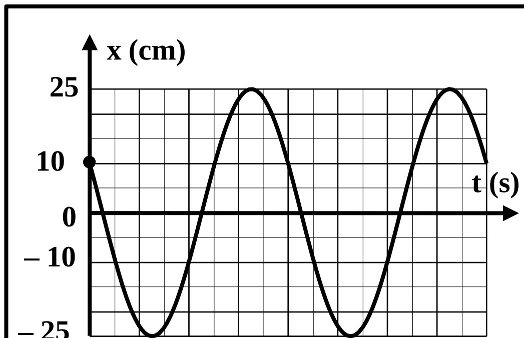
2) Etablir l'équation différentielle, du second ordre en x, qui régit le mouvement de (S).

3) Déduire, en fonction de m et k, l'expression de la pulsation propre ω_0 des oscillations.

4) La solution de l'équation différentielle obtenue est :
$x = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$ où X_m, ω_0 et φ sont des constantes.
Écrire l'expression de v en fonction de X_m, ω_0, φ et t.

5) Écrire les expressions de x_0 et v_0 en fonction de X_m, ω_0 et φ.

6) Déduire que : $X_m = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega_0^2}}$.

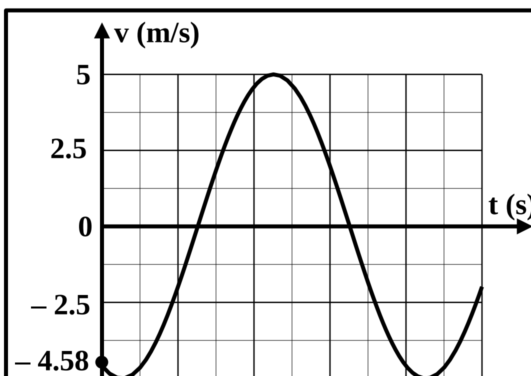


Doc. 2

7) Un dispositif approprié trace l'évolution de x et v en fonction du temps, comme le montre les documents 2 et 3 respectivement. En se référant aux documents 2 et 3 :

7- 1) préciser le type des oscillations ;

7- 2) indiquer les valeurs de x_0, v_0, X_m et V_m où V_m est la valeur maximale de v.



Doc. 3

8) Déduire que ω_0 vaut approximativement 20 rd/s.

9) On répète la même expérience en remplaçant le bloc (S) de masse m par un autre bloc (S') de masse m' = 0,8 kg.

La nouvelle pulsation propre est $\omega' = \frac{\omega_0}{2}$.

9-1) Écrire l'expression de ω' en fonction de m' et k.

9-2) Déduire les valeurs de k et m.

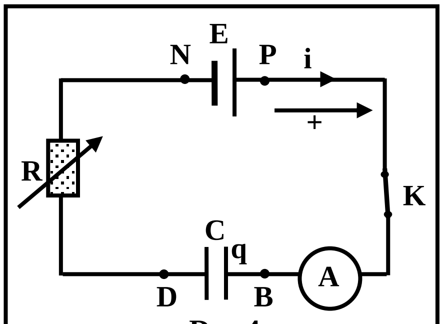
Exercice 2 (7 points) Capacité d'un condensateur

Le but de cet exercice est de déterminer la capacité C d'un condensateur.

On réalise le circuit série schématisé dans le document 4.

Ce circuit comprend :

- un générateur idéal de f. é.m. E = 10 V ;
- un rhéostat de résistance R ;
- un condensateur de capacité C ;
- un ampèremètre (A) de résistance négligeable ;
- un interrupteur K.



Doc.4

Le condensateur est initialement non chargé.

À l'instant $t_0 = 0$, on ferme K. À un instant t, l'armature B, du condensateur, porte la charge q et le circuit est parcouru par un courant d'intensité i, comme le montre le document 4.

1) Écrire l'expression de i en fonction de C et u_C, où $u_C = u_{BD}$ est la tension aux bornes du condensateur.

2) Établir l'équation différentielle qui décrit la variation de u_C.

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

4) Déduire que l'expression de l'intensité du courant est : $i = \frac{E}{R}\, e^{\frac{-t}{RC}}$.

5) L'ampèremètre (A) indique, à $t_0 = 0$, une valeur $I_0 = 5$ mA. Déduire la valeur de R.

6) Écrire l'expression de $u_R = u_{DN}$ en fonction de E, R, C et t.

7) À un instant $t = t_1$, la tension aux bornes du condensateur est $u_C = u_R$.

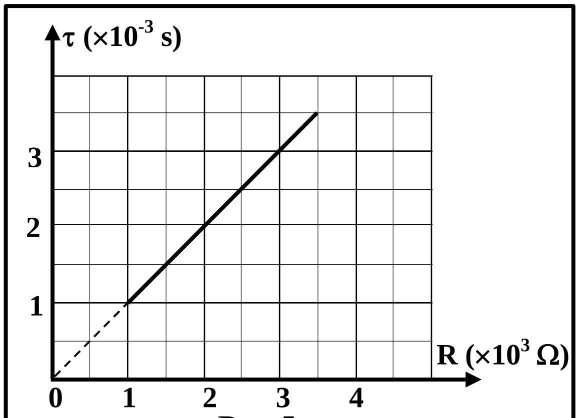
7- 1) Montrer que $t_1 = R\,C\,\ell n2$.

7- 2) Calculer la valeur de C, sachant que $t_1 = 1{,}4$ ms.

8) Dans le but de vérifier la valeur de C, on varie la valeur de R. Le document 5 montre l'évolution de τ en fonction de R.

8-1) Montrer que l'allure de la courbe du document 5 est en accord avec l'expression de τ obtenue dans la question 3.

8-2) En utilisant la courbe du document 5, déterminer de nouveau la valeur de C.



Doc. 5

Exercice 3 (6 points) Aspects de la lumière

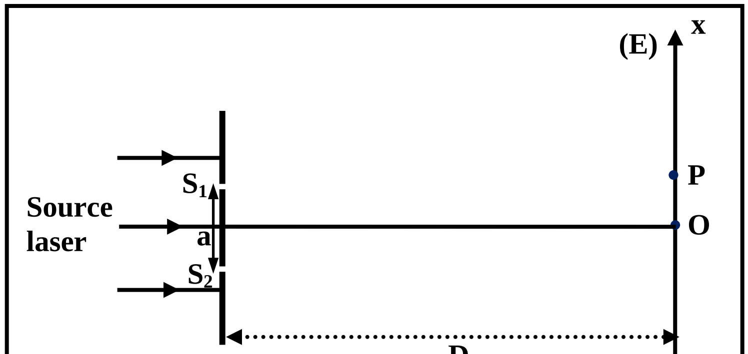
Le but de cet exercice est de mettre en évidence les deux aspects de la lumière.

1) Premier aspect

On considère le dispositif de Young. Les deux fentes fines S_1 et S_2, du dispositif, sont parallèles, horizontales et distantes de a = 0,5 mm. L'écran d'observation (E) est placé parallèlement au plan des fentes à une distance D = 2 m.

Une source laser, émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ = 600 nm dans l'air, éclaire sous une incidence normale les deux fentes.

O est le point d'intersection de la médiatrice de $[S_1S_2]$ avec (E).



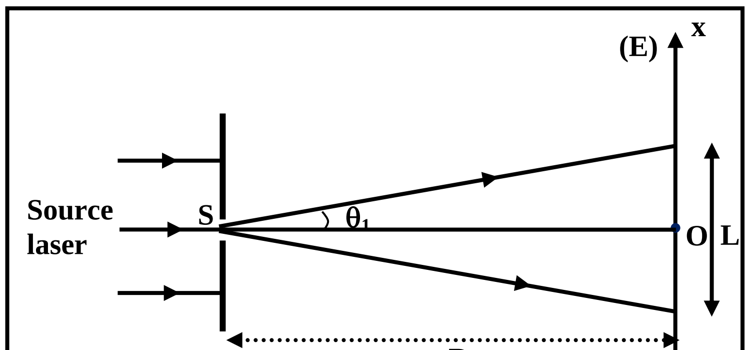
Doc. 6

P est un point de (E) d'abscisse $x_P = \overline{OP}$ = 9,6 mm (Doc. 6).

1-1) Calculer la valeur de l'interfrange i.

1-2) Préciser la nature et l'ordre de la frange de centre P.

1-3) Les fentes S_1 et S_2 sont remplacées par une seule fente horizontale S de largeur a_1 = 0,1 mm. O est le centre de la tache brillante centrale, où $\alpha = 2\,\theta_1$ est la largeur angulaire de la tache centrale (θ_1 faible) (Doc. 7).



Doc. 7

1-3-1) Nommer le phénomène qui aura lieu au niveau de la fente S.

1-3-2) Montrer que la largeur L de la frange lumineuse centrale est donnée par l'expression : $L = \dfrac{2\lambda D}{a_1}$.

1-3-3) Déduire la distance d entre O et le centre de la première frange sombre.

1-3-4) Déduire que P n'est ni le centre d'une frange brillante, ni le centre d'une frange sombre.

1-4) Les deux expériences précédentes mettent en évidence un aspect de la lumière. Nommer cet aspect.

2) Deuxième aspect

La radiation monochromatique de longueur d'onde λ = 600 nm dans l'air, émise par la source laser, éclaire maintenant la surface d'un métal au lithium dont le travail de sortie (énergie d'extraction) vaut W_0 = 2,39 eV.

On donne : constante de Planck h = $6{,}6 \times 10^{-34}$ J.s ; 1 eV = $1{,}6 \times 10^{-19}$J.

Prendre la vitesse de la lumière dans l'air c = 3×10^{8} m/s.

2-1) Définir le travail de sortie (énergie d'extraction) d'un métal.

2-2) Calculer, en eV, l'énergie d'un photon de cette radiation.

2-3) Déduire que l'émission photoélectrique n'a pas eu lieu.

2-4) Pour extraire des électrons du métal au lithium, la source laser est remplacée par une autre émettant une radiation de longueur d'onde λ' = 500 nm dans l'air.
Déterminer, en eV, l'énergie cinétique maximale des électrons libérés.

2-5) Cette expérience met en évidence un aspect de la lumière. Nommer cet aspect.

أسس التصحيح – مادة الفيزياء – فرنسي

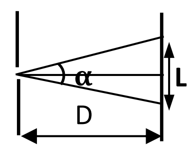
Exercice 1 (7 points) Oscillateur mécanique horizontal

Partie		Réponses	notes
1		$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$	0,5
2		Pas de frottement donc l'énergie mécanique est conservée : Em = constante, $\frac{dE_m}{dt} = 0$: m v v′ + k x x′ = 0 avec v = x′ et v′ = x″ x′ (mv + kx) = 0 , mais x′ ≠ 0 au cours du mouvement ; donc $x'' + \frac{k}{m}x = 0$	1
3		L'équation différentielle est de la forme $x'' + \omega_0^2 x = 0$ Donc : $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$	0,5
4		$v = X_m\omega_0\cos(\omega_0 t + \varphi)$	0,5
5		$x_0 = X_m\sin\varphi$ $v_0 = \omega_0 X_m\cos\varphi$	0,25 0,25
6		$\sin\varphi = \frac{x_0}{X_m}$; $\cos\varphi = \frac{v_0}{\omega_0 X_m}$ $\sin^2\varphi + \cos^2\varphi = 1$ $\frac{x_0^2}{X_m^2} + \frac{v_0^2}{\omega_0^2 X_m^2} = 1$; $X_m^2 = x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega_0^2}$ On aura : $X_m = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega_0^2}}$	1
7	7.1	Oscillations libres non amorties	0,25
	7.2	x_0 = 10 cm ; v_0 = - 4,58 m/s X_m = 25 cm ; V_m = 5 m/s	0,25 0,25 0,25 0,25
8		On remplace les valeurs de x_0. v_0 et X_m dans l'expression de X_m $0{,}25 = \sqrt{0{,}1^2 + \frac{-4{,}58^2}{\omega_0^2}}$ On aura ω_0 = 19,98 ≅ 20 rd/s **<u>Ou bien</u>** : $V_m = \omega_0 X_m$, donc $\omega_0 = \frac{V_m}{X_m} = \frac{5}{0{,}25}$ = 20 rd/s	0,5
9	9.1	$\omega' = \sqrt{\frac{k}{m'}}$	0,25
	9.2	$\omega' = 10$ rd/s k = m' × ω'² = 0,8 × 10² = 80 N/m et m = $\frac{k}{\omega_0^2} = \frac{80}{400}$ = 0,2 kg	0,5 0,5

Exercice 2 (7 points) **Capacité d'un condensateur**

Partie		Réponses	notes
1		$i = \frac{dq}{dt}$; Or $q = C \times u_C$ donc $i = C\,\frac{du_C}{dt}$	**0,5**
2		$E = u_{AB} + u_{BN} = u_C + Ri$ or $i = C\,\frac{du_C}{dt}$ donc $E = u_C + RC\,\frac{du_C}{dt}$	**0,75**
3		$\frac{du_C}{dt} = -\frac{b}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$; on remplace u_C et $\frac{du_C}{dt}$ dans l'équation différentielle : $E = a + b\,e^{-\frac{t}{\tau}} + RC\,(-\frac{b}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}})$; $E = a + b\,e^{-\frac{t}{\tau}}\,(1 - \frac{RC}{\tau})$ par identification on obtient : $a = E$ $e^{-\frac{t}{\tau}}(1 - \frac{RC}{\tau}) = 0$, cette égalité est vérifiée quelque soit t donc $1 - \frac{RC}{\tau} = 0$ Par suite, $\tau = RC$ À $t_o = 0$, la charge est $q_o = 0$, donc $u_{0C} = 0$. On remplace $u_{0C} = 0$ dans l'expression de u_c donne : $0 = a + b$, donc $b = -a = -E$	**2**
4		$i = C\,\frac{du_C}{dt} = C\frac{E}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$.	**0,5**
5		A $t_0 = 0$: $i = \frac{E}{R}e^0 = I_0$; donc $I_0 = \frac{E}{R}$ alors $R = \frac{E}{I_0} = \frac{10}{5 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^3\ \Omega$	**0,5**
6		$u_R = Ri = RC\,\frac{du_C}{dt} = RC\frac{E}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} = E\ e^{-\frac{t}{\tau}}$.	**0,5**
7	**7.1**	$u_C = u_R$ $E - Ee^{-\frac{t_1}{\tau}} = E\ e^{-\frac{t_1}{\tau}}$, donc $E = 2E\ e^{-\frac{t_1}{\tau}}$, alors $\frac{1}{2} = e^{-\frac{t_1}{\tau}}$, par suite $-\ell n2 = -\frac{t_1}{\tau}$ Alors, $t_1 = \tau\ \ell n2$; donc, $t_1 = RC\ \ell n2$	**0,75**
	7.2	$C = \frac{t_1}{R\,\ell n2} = \frac{1{,}4 \times 10^{-3}}{2 \times 10^3 \times \ell n\,2} = 1 \times 10^{-6}$ F	**0,5**
8	**8.1**	L'allure de la courbe est une ligne droite dont le prolongement passe par l'origine et de pente positive, ce qui est en accord avec l'expression $\tau = RC$	**0,5**
	8.2	Pente = $C = \frac{\Delta\tau}{\Delta R} = \frac{3 \times 10^{-3}}{3 \times 10^3} = 1 \times 10^{-6}$ F	**0,5**

Exercice 3 (6 points) Aspects de la lumière

Part			Réponses	Notes
1	1.1		$i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{600 \times 10^{-9} \times 2}{0,5 \times 10^{-3}} = 24 \times 10^{-4}$ m = 2,4 mm	0,5
	1.2		x_P = 9,6 mm = 4 i , donc P est le centre de la quatrième frange brillante d'ordre 4 **<u>Ou bien</u>**: P est le centre de la frange brillante si $x_P = \frac{k \lambda D}{a}$ avec $k \in Z$. $k = \frac{a\, x_P}{\lambda D} = \frac{0,5 \times 10^{-3} \times 9,6 \times 10^{-3}}{600 \times 10^{-9} \times 2} = 4 \in Z$ donc P est le centre de la frange brillante d'ordre 4	1
	1.3	1.3.1	Diffraction de la lumière	0,25
		1.3.2	D'après la figure : $\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{L/2}{D}$, mais α est faible donc $\tan\alpha \cong \alpha$ donc $\frac{\alpha}{2} = \frac{L}{2D}$ Mais $\alpha = \frac{2\lambda}{a_1}$; par suite, $L = \frac{2 \lambda D}{a_1}$ 	0,75
		1.3.3	$d = \frac{L}{2} = \frac{2 \times 600 \times 10^{-9} \times 2}{2 \times 0,1 \times 10^{-3}} = 0,012$ m = 12 mm	0,5
		1.3.4	$x_P < d = \frac{L}{2}$, donc P n'est ni le centre d'une frange brillante ni le centre d'une frange sombre.	0,25
	1.4		Aspect ondulatoire de la lumière	0,25
2	2.1		Le travail de sortie (énergie d'extraction) : c'est l'énergie minimale qu'il faut fournir au métal pour en extraire un électron.	0,5
	2.2		$E_{ph} = \frac{h\,c}{\lambda} = \frac{6,6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{600 \times 10^{-9}} = 3,3 \times 10^{-19}$ J $E_{ph} = \frac{3,3 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 2,0625$ eV	0,75
	2.3		$E_{ph} < W_o$, donc pas d'émission photoélectrique.	0,25
	2.4		$E'_{ph} = W_o + E_{Cmax}$, donc $E_{Cmax} = E'_{ph} - W_o = \frac{h\,c}{\lambda'} - W_o$ $E_{Cmax} = \frac{6,6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{500 \times 10^{-9} \times 1,6 \times 10^{-19}} - 2,39 = 0,085$ eV	0,75
	2.5		Aspect corpusculaire de la lumière	0,25