مسابقة في مادة الفيزياء	الاسم:
المدة: ساعة ونصف	الرقم:

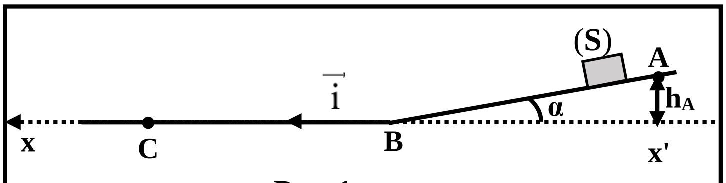
Cette épreuve est formée de trois exercices obligatoires réparties sur trois pages.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Exercice 1 (6,5 pts)

Détermination de la force de frottement

Un bloc (S), assimilé à une particule, de masse m = 100 g, peut se déplacer sur un rail ABC situé dans un plan vertical. Ce rail est constitué de deux parties :

- AB est rectiligne et inclinée d'un angle α avec l'horizontale (sin α = 0,1) ;
- BC est rectiligne et horizontale.



Doc. 1

À $t_0 = 0$, le bloc (S) est lâché sans vitesse initiale du point A, situé à une altitude h_A au-dessus d'un axe horizontal x'x, confondu avec BC, et de vecteur unitaire $\vec{i}$ (Doc. 1).

Sur la partie AB, le mouvement de (S) se fait sans frottement et sur la partie BC, (S) subit l'action d'une force de frottement $\vec{f}$ supposée constante et parallèle au déplacement.

Le but de cet exercice est de déterminer la valeur f de la force de frottement $\vec{f}$.

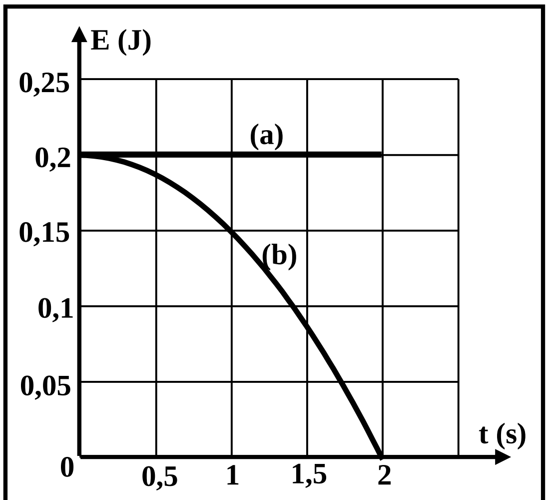
Prendre :

- le plan horizontal contenant x'x comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10\ m/s^2$.

1) Mouvement de (S) entre A et B

Le bloc (S) glisse sans frottement sur la partie AB et arrive en B à t = 2 s.

Les courbes (a) et (b) du document 2, représentent l'évolution des énergies potentielle de pesanteur et mécanique du système [(S), Terre] en fonction du temps, durant le mouvement de (S) entre A et B.



Doc. 2

1.1) Indiquer, pour chaque courbe, l'énergie convenable. Justifier.

1.2) En utilisant le document 2 :

1.2.1) déterminer la distance AB parcourue par (S) sur le plan incliné ;

1.2.2) montrer que la valeur de la vitesse de (S) en B est $V_B = 2$ m/s.

2) Mouvement de (S) entre B et C

À t = 2 s, le bloc (S) arrive en B, continue son mouvement sur la partie BC et s'arrête en C à t = 4 s.

2.1) Déterminer les quantités de mouvement de (S), « $\vec{P}_B$ » en B et « $\vec{P}_C$ » en C.

2.2) Déduire la variation $\Delta\vec{P}$ de la quantité de mouvement de (S) entre B et C.

2.3) Montrer que la somme des forces extérieures qui s'exercent sur (S) entre B et C est $\sum \vec{F}_{ext} = -f\ \vec{i}$.

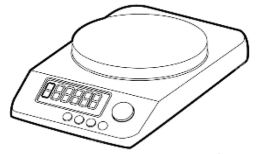
2.4) Déterminer la valeur f de $\vec{f}$, sachant que $\Delta\vec{P} \cong (\sum \vec{F}_{ext}).\Delta t$, où Δt est la durée du mouvement entre B et C.

Exercice 2 (7,5 pts)

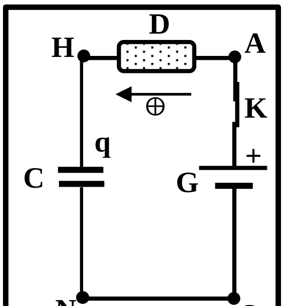
Condensateur dans une balance numérique

Le but de cet exercice est d'étudier le rôle d'un condensateur dans une balance numérique (Doc. 3).
Dans ce but on réalise le circuit du document 4, contenant en série :

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



Doc. 3



Doc. 4

1) Étude théorique

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

1.1) Reproduire le circuit du document 4 en y indiquant le sens du courant i.

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

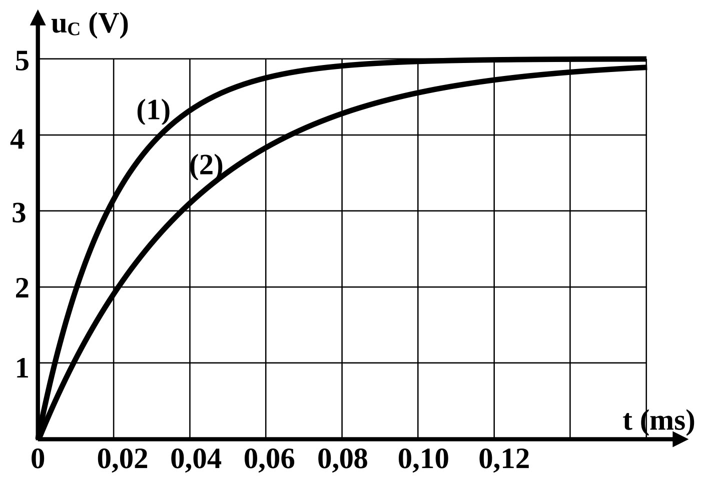
1.3) La solution de l'équation différentielle obtenue est de la forme :

$u_C = a + b\,e^{\frac{-t}{\tau}}$, où a, b et τ sont des constantes. Déterminer les expressions de a, b et τ en fonction de E, R et C.

1.4) Calculer le rapport $\dfrac{u_C}{E}$ à $t = \tau$.

2) Mesure de la masse d'un objet

Le document 4 représente un circuit simplifié, utilisé dans une balance numérique, où la capacité C varie selon la masse de l'objet placé sur la balance.
Deux objets de masses respectives m_1 et m_2 sont placés successivement sur cette balance numérique.
Pour chaque objet, le condensateur dans la balance aura une capacité de valeur différente.
Les courbes (1) et (2) du document 5 représentent l'évolution de la tension u_C avec le temps, pour chacune des masses m_1 et m_2 respectivement.
On donne $R = 10^7\ \Omega$.



Doc. 5

2.1) En utilisant la courbe (1) du document 5 :

2.1.1) indiquer la valeur de E ;

2.1.2) déterminer la capacité C_1 correspondante à l'objet de masse m_1.

2.2) Calculer m_1, sachant que la relation entre la masse m de l'objet et la capacité C du condensateur est : $C = \dfrac{1{,}066 \times 10^{-12}}{1 - m}$; (m en kg, C en F) et $0 < m < 1$ kg.

2.3) Déterminer si m_1 est plus grande ou plus petite que m_2.

Exercice 3 (6 pts)

Diffraction de la lumière

Le but de cet exercice est de déterminer la largeur d'une fente fine en utilisant le phénomène de diffraction.

Comportement des ondes

« Le spectre de la lumière visible est une partie du spectre électromagnétique que l'œil humain peut voir. L'œil humain peut détecter des longueurs d'onde comprises entre 380 et 700 nanomètres dans l'air…

Les ondes du spectre électromagnétique se comportent de manière similaire. Lorsqu'une onde lumineuse rencontre un objet, elle est soit transmise, réfléchie, absorbée, réfractée, diffractée ou diffusée selon la composition de l'objet et de la longueur d'onde de la lumière.

La diffraction est la déviation de la propagation des ondes autour d'un obstacle. La diffraction est plus claire lorsqu'une onde lumineuse frappe un objet d'une taille comparable à sa longueur d'onde... »

www.science.nasa.gov

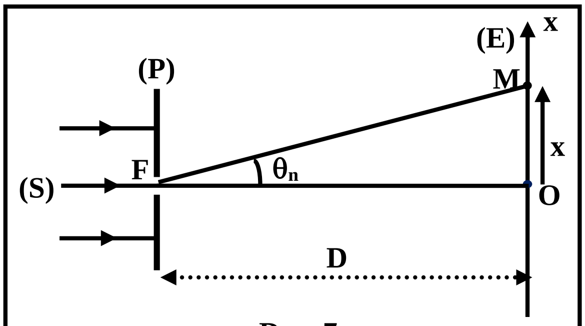
Doc.6

1) Le texte du document 6 mentionne que les ondes lumineuses visibles peuvent subir la diffraction comme toute onde électromagnétique. Tirer du document 6 :

1.1) une expression qui décrit le phénomène de diffraction des ondes ;

1.2) la condition pour obtenir une figure de diffraction claire.

2) Une source (S) émet, dans l'air, une onde électromagnétique de fréquence $\nu = 4{,}34 \times 10^{14}$ Hz. Un faisceau cylindrique de cette source tombe sous une incidence normale sur une fente F, fine et horizontale, de largeur « a », pratiquée dans un écran opaque (P). Un écran d'observation (E) est placé parallèlement à (P), à une distance D = 2 m (Doc. 7).



Doc. 7

On donne :

- célérité des ondes électromagnétiques dans l'air $c = 3\times10^{8}$ m/s ;
- les angles de diffraction dans cet exercice sont de petites valeurs ;
- l'angle de diffraction θ_n correspondant à une frange sombre d'ordre n est donné par :

$\sin\theta_n = \dfrac{n\lambda}{a}$, où λ est la longueur d'onde de l'onde électromagnétique, avec $n = \pm1, \pm2, \pm3\ldots$

Pour des faibles angles, prendre $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$ en radian.

2.1) Montrer que la longueur d'onde de l'onde électromagnétique émise par (S) est $\lambda = 6{,}91 \times 10^{-7}$ m.

2.2) Déduire que cette onde est visible par l'œil humain.

2.3) Comparer la direction des franges de diffraction obtenue sur (E) à celle de la fente F.

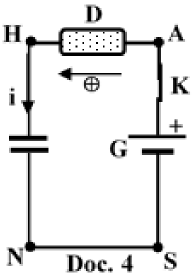
2.4) M, un point sur (E), est le centre d'une frange sombre d'ordre n sur la figure de diffraction. La position de M est repérée par $x = \overline{OM}$ par rapport à O, le centre de la frange brillante centrale.

Montrer que l'abscisse de M est $x = \dfrac{n\lambda D}{a}$.

2.5) Calculer la largeur « a » de la fente, sachant que la distance entre O et le centre de la deuxième frange sombre est x = 6 mm.

مسابقة في مادة الفيزياء
أسس التصحيح - إنكليزي

Exercice 1 (6,5 pts) Détermination de la force de frottement		
Partie	**Réponses**	**Notes**
1.1	Courbe (a) correspond à Em. Pas de frottement donc Em = constante Courbe (b) corresponds à Epp. La hauteur diminue donc Epp diminue	**0,25** **0,25** **0,25** **0,25**
1.2.1	Au point A : Epp = 0,2 J mais $Epp_A = mgh = mg(AB \sin\alpha)$ Donc $0{,}2 = 0{,}1\times10\times AB\times0{,}1$; AB = 2 m	**1**
1.2.2	$Em_B = Ec_B + Epp_B$ $0{,}2 = \frac{1}{2}\times0{,}1\times V_B^2 + 0$ Donc $V_B = 2$ m/s	**1**
2.1	$\vec{P}_B = m\vec{V}_B$, donc $\vec{P}_B = 0.2\vec{i}$; $\vec{P}_C = m\vec{V}_C = \vec{0}$ (kg m/s)	**1**
2.2	$\Delta\vec{P} = \vec{P}_C - \vec{P}_B$, donc $\Delta\vec{P} = \vec{0} - 0{,}2\vec{i} = -0{,}2\vec{i}$ (kg m/s)	**1**
2.3	$\Sigma\vec{F}_{ext} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{f}$; $m\vec{g} + \vec{N} = \vec{0}$ donc: $\Sigma\vec{F}_{ext} = \vec{f} = -f\,\vec{i}$	**1**
2.4	$\Delta\vec{P} = \Sigma\vec{F}_{ext}\,.\,\Delta t$, $-0{,}2\vec{i} = -f\,\vec{i}\times2$ Donc f = 0,1 N	**0,5**

Exercice 2 (7,5 pts)	Condensateur et balance numérique	
Partie	**Réponses**	**Notes**
1.1		**0,25**
1.2	Loi d'additivité des tensions : $u_{AS} = u_{AH} + u_{HN} + u_{NS}$ $E = R\,i + u_C$, mais $i = \frac{dq}{dt}$ et $q = C\,u_C$ donc $i = C\,\frac{du_C}{dt}$ Ce qui donne : $E = R\,C\frac{du_C}{dt} + u_C$	**1**
1.3	$u_C = a + b\;e^{\frac{-t}{\tau}}$ donc $\frac{du_C}{dt} = -\frac{1}{\tau}\;b\;e^{\frac{-t}{\tau}}$ On remplace u_C et $\frac{du_C}{dt}$ dans l'équation différentielle : $R\,C\,[-\frac{1}{\tau}\;b\;e^{\frac{-t}{\tau}}] + a + b\;e^{\frac{-t}{\tau}} = E$; $b\;e^{\frac{-t}{\tau}}[-\frac{RC}{\tau} + 1] + a = E$; Cette égalité est vérifiée quelque soit t, par identification : $b\;e^{\frac{-t}{\tau}} \neq 0$ donc $a = E$ et $-\frac{RC}{\tau} + 1 = 0$ donc $\tau = R\,C$ $u_C = a + b\;e^{\frac{-t}{\tau}}$. Mais à $t = 0$; $u_C = 0$ donc $b = -a = -E$ Alors : $u_C = E\,(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$ avec $\tau = RC$	**2**
1.4	A $t = \tau$: $u_C = E\,(1 - e^{-1}) = 0{,}63\,E$; donc $\frac{u_C}{E} = 0{,}63$	**0,5**
2.1.1	$E = 5$ V	**0,5**
2.1.2	A $t = \tau$: $u_C = 0{,}63 \times 5 = 3{,}15$ V ; Graphiquement $\tau = 0{,}02$ ms $= 2\times10^{-5}$ s $\tau = R\,C_1$ alors $C_1 = 2\times10^{-12}$ F	**1**
2.2	$C_1 = \frac{1{,}066\times10^{-12}}{1-m_1}$ donc $2\times10^{-12} = \frac{1{,}066\times10^{-12}}{1-m_1}$; $1 - m_1 = \frac{1{,}066\times10^{-12}}{2\times10^{-12}}$, on obtient: $m_1 = 0{,}467$ kg	**1**
2.3	D'après la courbe (2):$u_C = 3.15$ V à $t = \tau_2 = 0{,}04$ ms $= 4\times10^{-5}$ s donc $C_2 = 4\times10^{-12}$ F $4\times10^{-12} = \frac{1{,}066\times10^{-12}}{1-m_2}$ on obtient $1 - m_2 = \frac{1{,}066\times10^{-12}}{4\times10^{-12}}$, alors: $m_2 = 0{,}7335$ kg par suite $m_1 < m_2$ **Ou bien** La courbe (1) atteint le regime permanent avant la courbe (2) donc $\tau_1 < \tau_2$ alors $C_1 < C_2$. Mais C et $(1 - m)$ sont inversement proportionnels, et puisque $1 - m_1 > 1 - m_2$ par suite $m_1 < m_2$.	**1,25**

Exercice 3 (6 pts) Diffraction de la lumière		
Partie	**Réponses**	**Notes**
1.1	La diffraction est la déviation de la propagation des ondes autour d'un obstacle.	**1**
1.2	La diffraction est plus claire lorsqu'une onde lumineuse frappe un objet d'une taille comparable à sa longueur d'onde.	**1**
2.1	$\lambda = \frac{c}{\upsilon}$ donc $\lambda = \frac{3\times10^{8}}{4{,}34\times10^{14}} = 6{,}91\times10^{-6}\,\text{m} = 691\text{ nm}$	**1**
2.2	Cette radiation est visible car elle est comprise entre 380 nm et 700 nm	**0,5**
2.3	La direction des franges de diffraction obtenues est perpendiculaire à celle de la fente F.	**0,5**
2.4	Frange sombre d'ordre n : $\sin\theta_n = \frac{n\lambda}{a}$, donc $\theta_n = \frac{n\lambda}{a}$ D'autre part : $\tan\theta_n = \frac{x}{D}$, donc $\theta_n = \frac{x}{D}$ Par suite $\frac{n\lambda}{a} = \frac{x}{D}$ alors $x = \frac{n\lambda D}{a}$.	**1**
2.5	$x = \frac{n\lambda D}{a}$ $6\times10^{-3} = \frac{2\times691\times10^{-9}\times2}{a}$, Donc $a = 0{,}46\times10^{-3}\,\text{m} = 0{,}46\text{ mm}$	**1**