	مسابقة في مادة الفيزياء	الإسم :
	المدة: ساعتان ونصف	الرقم :

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

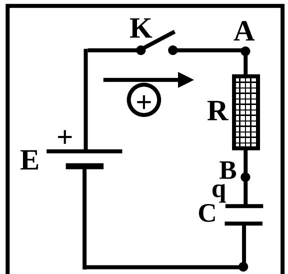
Exercice 1 (5 pts)

Charge d'un condensateur

Le but de cet exercice est de déterminer la capacité C d'un condensateur et la puissance électrique moyenne consommée par ce dipôle pendant un certain intervalle de temps.

Dans ce but on réalise le circuit série du document 1 formé d'un conducteur ohmique de résistance R = 1 kΩ, d'un condensateur initialement neutre de capacité C, d'un générateur idéal de force électromotrice E et d'un interrupteur K.

On ferme K à la date $t_0 = 0$.



Doc. 1

1) Nommer le phénomène physique qui a lieu dans le circuit.

2) Établir l'équation différentielle qui décrit l'évolution de la tension $u_{BD} = u_C$ aux bornes du condensateur.

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

4) La courbe du document 2 représente l'évolution de u_C avec le temps.

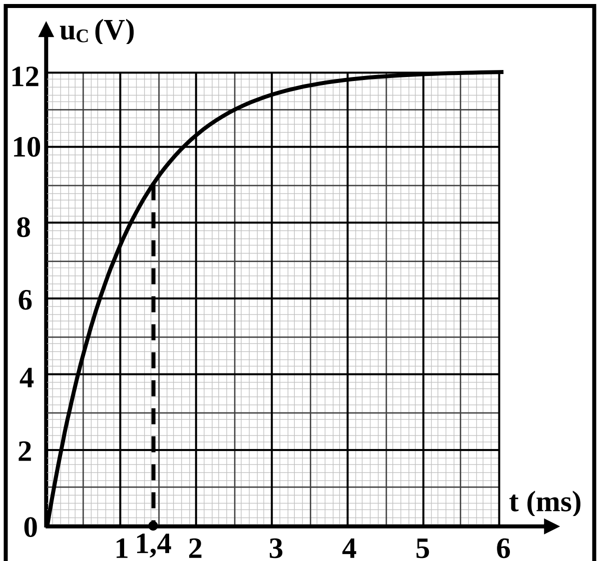
4.1) En se référant au document 2, indiquer la valeur de E.

4.2) En utilisant le document 2, déterminer la constante de temps τ du circuit.

4.3) Déduire la valeur de C.

4.4) En utilisant le document 2, déterminer l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur à t =1,4 ms.

4.5) Déduire la puissance électrique moyenne consommée le condensateur entre t = 0 et t =1,4 ms.



Doc. 2

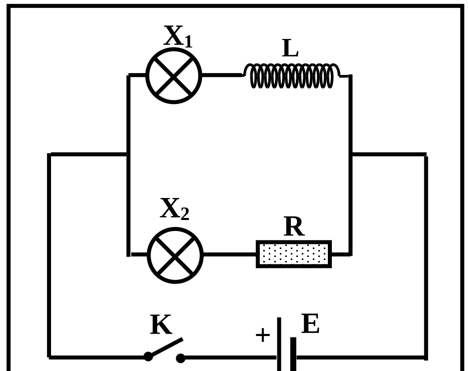
Exercice 2 (5 pts)

Auto-induction

On dispose d'un générateur idéal G de force électromotrice (f.é.m) E, d'une bobine d'inductance L et de résistance négligeable, d'un conducteur ohmique de résistance R, de deux lampes X_1 et X_2, d'un oscilloscope et d'un interrupteur K.

Le but de cet exercice est d'étudier l'effet de l'inductance d'une bobine durant l'établissement du courant et de déterminer la valeur de son inductance.

On réalise, dans ce but, deux expériences :



Doc. 3

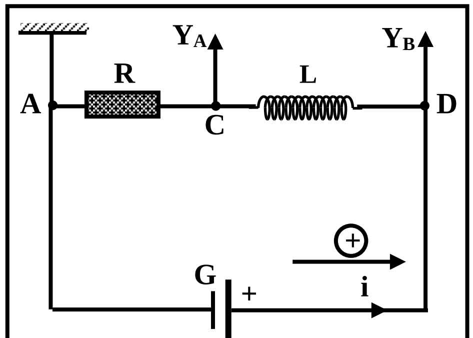
1) Première expérience

On réalise le circuit du document 3. Lorsqu'on ferme K, on constate que la lampe X_2 s'allume instantanément alors que la lampe X_1 s'allume avec un léger retard par rapport à X_2.

Expliquer la cause de ce retard d'éclairage de la lampe X_1.

2) Deuxième expérience

On réalise le circuit du document 4. On donne R = 100 Ω.



Doc. 4

2.1) L'oscilloscope, branché comme l'indique le circuit du document 4, permet de visualiser l'évolution, en fonction du temps, de deux tensions.
Indiquer la tension visualisée sur chacune des voies Y_A et Y_B.

2.2) Établir l'équation différentielle qui décrit la variation de la tension $u_{CA} = u_R$ aux bornes du conducteur ohmique.

2.3) La solution de cette équation différentielle est :

$$u_R = A\,(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$$

Déterminer les expressions des constantes A et τ en fonction de E, L et R.

2.4) Montrer que la tension aux bornes du conducteur ohmique, en régime permanent, est $u_R = E$.

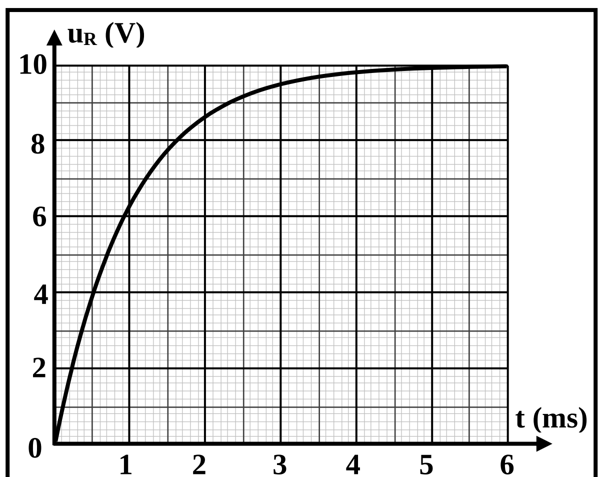
2.5) La courbe du document 5 représente l'évolution de la tension u_R avec le temps.

2.5.1) En se référant au document 5, indiquer la valeur de E.

2.5.2) Définir la constante de temps τ d'un circuit série (R, L).

2.5.3) En utilisant le document 5, déterminer la valeur de τ.

2.5.4) Déduire la valeur de L.

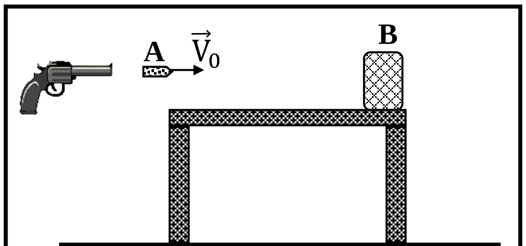


Doc. 5

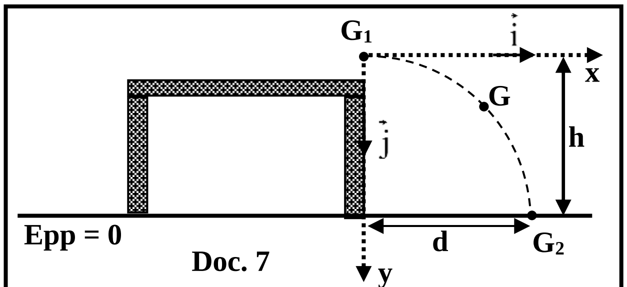
Exercice 3 (5 pts)

Mouvement d'un bloc dans un plan vertical

Une arme à feu tire une balle (A) de masse m_1 = 10 g vers un bloc (B), assimilée à une particule, de masse m_2 = 240 g, initialement au repos, au bord d'une table horizontale (Doc.6).
La balle (A) frappe le bloc (B) avec une vitesse horizontale $\vec{V}_0$ de valeur V_0 = 125 m/s et s'y incruste.
Le système [(A), (B)] est assimilé à une particule G de masse M = $m_1 + m_2$. Juste après la collision, G quitte la table, à la position G_1 de hauteur h = 80 m, avec une vitesse $\vec{V}_1$ horizontale. G se déplace dans un plan vertical G_1xy contenant $\vec{V}_1$, puis il atteint le sol en G_2 (Doc 7).
On néglige les frottements avec l'air.



Doc. 6



Doc. 7

Prendre :

- le plan horizontal contenant G_2 comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10\ m/s^2$.

1) Durant la collision entre (A) et (B), la quantité du mouvement du système [(A), (B)] est conservée. Pourquoi ?
2) Déduire que la valeur de $\vec{V}_1$ est V_1 = 5 m/s.
3) Montrer que la collision entre (A) et (B) est une collision non élastique (choc mou).
4) G quitte la table en G_1 à un instant $t_0 = 0$ pris comme origine de temps.

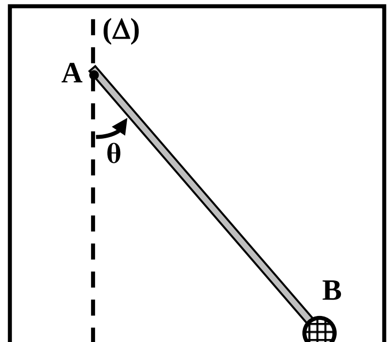
4. 1) Durant le mouvement de G entre G_1 et G_2, l'énergie mécanique du système [(A), (B), Terre] est conservée. Pourquoi ?
4. 2) Déduire la valeur de la vitesse V_2 avec laquelle G atteint le sol en G_2.
4. 3) Appliquer la deuxième loi de Newton pour montrer que l'expression de la quantité du mouvement du système [(A), (B)], à une date t, est : $\vec{P} = 1{,}25\,\vec{i} + 2{,}5t\,\vec{j}$ (en S.I.).
4. 4) Déduire les équations paramétriques x(t) et y(t) de G dans le repère G_1xy.
4. 5) Sachant les coordonnées de G_2 (x_{G2} = d, y_{G2} = 80 m), déduire :

4.5.1) le temps pris par G pour passer de G_1 à G_2 ;
4.5.2) la valeur de la distance d = x_{G2}.

Exercice 4 (5 pts)

Pendule pesant

On dispose d'une tige rigide AB, uniforme, de section négligeable, de masse M = 0,5 kg et de longueur L = AB = 2 m. Cette tige peut tourner autour d'un axe horizontal (Δ) passant par son extrémité supérieure A (Doc. 8).



Doc. 8

Le but de cet exercice est de déterminer le moment d'inertie I_1 de la tige par rapport à (Δ).
Dans ce but on fixe sur l'extrémité inférieure B de la tige, une particule de masse m = 0,1 Kg.
Le système (S), formé de la tige et de la particule, constitue un pendule pesant de centre de masse G.
(S) est écarté, à partir de sa position d'équilibre ($\theta_0 = 0$), d'un petit angle puis il est lâché sans vitesse initiale à $t_0 = 0$.
(S) oscille alors sans frottement autour de (Δ).
À un instant t, l'élongation angulaire du pendule est θ et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$.
Prendre :

- le plan horizontal contenant A comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $\sin\theta \approx \theta$ et $\cos\theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$ pour $\theta \le 10^o$ (θ en rd) ;
- $g = 10\ m/s^2$; $\pi^2 = 10$.

1) Écrire l'expression du moment d'inertie I de (S) par rapport à (Δ) en fonction de I_1, m et L.
2) Montrer que la position de G par rapport à A est : $AG = a = \frac{L(M+2m)}{2(M+m)}$.
3) (S) effectue des oscillations libres non-amorties. Pourquoi ?
4) Écrire l'expression de l'énergie mécanique du système [(S), Terre] en fonction de m, M, g, θ, θ′ et I.
5) Établir l'équation différentielle en θ qui régit le mouvement de (S).
6) Déduire que l'expression de la période propre du pendule est $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{2I}{(M+2m)gL}}$.
7) Le pendule effectue 20 oscillations pendant 49 secondes.
7.1) Déterminer la valeur de I.
7.2) Déduire la valeur de I_1.

وزارة التربية والتعليم العالي
المديريّة العامّة للتربية
دائرة الامتحانات الرسميّة

امتحانات الشهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامّة

دورة العام ٢٠٢١ الإستثنائية

مسابقة في مادة الفيزياء
أسس التصحيح - فرنسي

Exercice 1 (5 pts) **Charge d'un condensateur**

Partie		Réponse	Note
1		Charge d’un condensateur	**0,25**
2		$u_{AD} = u_{AB} + u_{BD}$ $E = Ri + u_C$ $i = \frac{dq}{dt}$ et $q = C\,u_C$ donc $i = C\frac{du_C}{dt}$ $E = R\,C\frac{du_C}{dt} + u_C$	**1**
3		$u_C = A + Be^{-t/\tau}$, donc $\frac{du_C}{dt} = -\frac{B}{\tau}e^{-t/\tau}$ On remplace u_C et $\frac{du_C}{dt}$ dans l'équation différentielle $E = -RC\frac{B}{\tau}e^{-t/\tau} + A + Be^{-t/\tau}$ $E = Be^{-t/\tau}(-RC\frac{1}{\tau} + 1) + A$ Cette égalité est vérifié à tout instant t, donc : $E = A$ et $Be^{-t/\tau}(-RC\frac{1}{\tau} + 1) = 0$ $Be^{-t/\tau} = 0$ inacceptable, donc $(-RC\frac{1}{\tau} + 1) = 0$; par sutie $\tau = RC$	**1**
4	**4.1**	$E = 12$ V	**0,25**
	4.2	À $t = \tau$: $u_C = 0,63\,E = 0,63 \times 12 = 7,56$ V Graphiquement, pour $u_C = 7,56$ V , $t = \tau = 1$ ms	**1**
	4.3	$\tau = RC$, donc $1 \times 10^{-3} = 1000 \times C$, alors $C = 1 \times 10^{-6}$ F	**0,5**
	4.4	Graphiquement, à $t = 1,4$ ms on a $u_c = 9$V $W_C = \frac{1}{2}C\,u_C^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-6} \times 9^2$, donc $W_C = 4,05 \times 10^{-5}$ J	**0,5**
	4.5	$P_{moyenne} = \frac{W_C}{\Delta t} = \frac{4\ 05 \times 10^{-5}}{1\ 4 \times 10^{-3}} = 0,029$ W	**0,5**

Exercice 2 (5 pts) **Auto-induction**

Partie		Réponses	Note
1		A l'instant de fermeture de l'interrupteur, l'intensité du courant augmente, ce qui donne naissance au phénomène d'auto-induction dans la bobine qui va retarder l'établissement du courant ce qui explique le retard d'éclairage de la lampe X_1 branchée en série avec la bobine.	0,75
2	2.1	Sur la voie Y_A on mesure u_{CA} Sur la voie Y_B on mesure u_{DA}.	0,25 0,25
	2.2	$u_{DA} = u_{DC} + u_{CA}$ $E = L\frac{di}{dt} + u_R$; $i = \frac{u_R}{R}$, donc $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{du_R}{dt}$ On remplace $\frac{di}{dt}$: $E = \frac{L}{R}(\frac{du_R}{dt}) + u_R$	1
	2.3	$u_R = A\,(1 - e^{-t/\tau}) = A - A\,e^{-t/\tau}$, donc $\frac{du_R}{dt} = \frac{A}{\tau}\,e^{-t/\tau}$ On remplace u_R et $\frac{du_R}{dt}$ dans l'équation différentielle : $E = \frac{L\,A}{R\,\tau}\,e^{-t/\tau} + A - A\,e^{-t/\tau}$ Cette équation est vérifiée à tout instant, donc $E = A$ $Ae^{-t/\tau}\,(\frac{L}{R\,\tau} - 1) = 0$, mais $A\,e^{-t/\tau} = 0$ est inacceptable Donc, $(\frac{L}{R\,\tau} - 1) = 0$, par suite $\tau = \frac{L}{R}$	1
	2.4	En régime permanent $t = 5\,\tau$ alors $u_R = E(1 - e^{-5}) \cong E$	0,25
	2.5.1	$E = 10V$	0,25
	2.5.2	C'est la durée nécessaire pour que l'intensité du courant atteigne 63% de sa valeur maximale.	0,5
	2.5.3	At $t = \tau$: $u_R = 0,63E = 0,63\times 10 = 6,3$ V Graphiquement : pour $u_R = 6,3$ V , $t = \tau = 1$ ms	0,25
	2.5.4	$\tau = \frac{L}{R}$,donc $1\times10^{-3} = \frac{L}{100}$, alros $L = 0,1$ H	0,5

Exercice 3 (5 pts) **Mouvement d'un bloc dans un plan vertical**

Partie		Réponse	Note
1		Durant la collision, les forces extérieures appliquées au système sont négligeables par rapport aux forces intérieures. Le système étudié est isolé pendant la collision $\sum \vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{0}$ donc $\vec{P}$ est constante.	0,25
2		$\vec{P}_{avant} = \vec{P}_{après}$ $m\ \vec{V}_0 = (m_1 + m_2)\ \vec{V}_1$ Donc, $0{,}01 \times 125\ \vec{i} = (0{,}01 + 0{,}24)\ \vec{V}_1$,alors $V_1 = 5$ m/s	0,75
3		$Ec_{avant} = \frac{1}{2} m V_0^2 = \frac{1}{2} \times 0{,}01 \times 125^2 = 78{,}125$ J $Ec_{après} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) V_1^2 = \frac{1}{2}(0{,}01 + 0{,}24) \times 5^2 = 3{,}125$ J $Ec_{avant} > Ec_{après}$, donc c'est un choc inélastique	0,5
4	4.1	Car on néglige les frottements avec l'air.	0,25
4	4.2	$Em_{G1} = Em_{G2}$ $Ec_{G1} + Epp_{G1} = Ec_{G2} + Epp_{G2}$ $Ec_{G1} + (m_1 + m_2)gh = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) V_2^2 + 0$ $3{,}125 + (0{,}25 \times 10 \times 80) = \frac{1}{2} \times 0{,}25 \times V_2^2$; Donc, $V_2 = 40{,}3$ m/s	0,75
4	4.3	$\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum \vec{F}_{ext} = (m_1 + m_2)\ \vec{g} = (m_1 + m_2) g\ \vec{j}$ Par projection sur G_1x : $\frac{dP_x}{dt} = 0$; $P_x = cte = P_{0x} = (m_1 + m_2)v_1 = 0{,}25 \times 5 = 1{,}25$ kg.m/s Par projection sur G_1y : $\frac{dP_y}{dt} = (m_1 + m_2)g$; $P_y = (m_1 + m_2)gt + P_{0y}$ or v_1 est horizontale donc $P_{0y} = 0$ on aura $P_y = (m_1 + m_2)gt = 0{,}25 \times 10 \times t = 2{,}5\ t$ (S.I.) Donc $\vec{P} = 1{,}25\ \vec{i} + 2{,}5t\ \vec{j}$ **<u>Ou bien</u>** $\sum \vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{P}}{dt}$,donc $(m_1 + m_2)\ \vec{g} = (m_1 + m_2)\ g\ \vec{j} = \frac{d\vec{P}}{dt}$, alors $d\vec{p} = (m_1 + m_2)\ g\ \vec{j}\ dt$ $\vec{p} = (m_1 + m_2)\ g\ t\ \vec{j} + \vec{P}_i$, mais $\vec{P}_i = (m_1 + m_2)\ \vec{V}_i = 0{,}25 \times 5\ \vec{i}$ Donc $\vec{P}_i = 1{,}25\ \vec{i}$ (kg.m/s) $\vec{p} = (0{,}25 \times 10)\ t\ \vec{j} + 1{,}25\ \vec{i}$; donc, $\vec{P} = 1{,}25\ \vec{i} + 2{,}5t\ \vec{j}$	0,75
4	4.4	$v_x = \frac{P_x}{(M+m)} = v_1 = 5$ m/s donc $x(t) = 5t + x_0 = 5t$ $v_y = \frac{P_y}{(M+m)} = 10\ t$ donc $y(t) = 5t^2 + y_0 = 5t^2$ **Ou bien** : $\vec{V} = \frac{\vec{P}}{M} = \frac{1\ 25\ \vec{i} + 2\ 5t\ \vec{j}}{0\ 25} = 5\ \vec{i} + 10\ t\ \vec{j}$ (SI) $\vec{r} = \int \vec{V}\ dt = 5t\ \vec{i} + 5\ t^2\ \vec{j} + \vec{r}_i$,mais $\vec{r}_i = \vec{0}$, donc $\vec{r} = 5t\ \vec{i} + 5\ t^2\ \vec{j}$ $x = 5\ t$ (SI) et $y = 5\ t^2$ (SI)	0,5 0,5
4-5	1	Lorsque G arrive en G_2, on a y = 80 m alors $80 = 5t^2$ donc t = 4 s	0,5
4-5	2	En remplaçant t = 4 dans l'équation horaire x(t) on calcul $x_{G2} = d = 20$ m	0,25

Exercice 4 (5 pts) **Pendule pesant**

Partie		Réponses	Note
1		$I = I_{tige/(\Delta)} + I_{particule/(\Delta)} = I_1 + m L^2$	0,5
2		$\overrightarrow{AG} = \frac{M\,\overrightarrow{AO}+m\,\overrightarrow{AB}}{M+m}$; $a = \frac{M\frac{L}{2}+m L}{M+m} = \frac{L(M+2m)}{2(M+m)}$	0,75
3		(S) oscille alors sans frottement autour de (Δ)	0,25
4		$Em = Ec + Epp = \frac{1}{2} I(\theta')^2 - (M+m)gh$; $h = a \cos\theta$ $Em = \frac{1}{2}.I(\theta')^2 - (m + M)g\, a \cos\theta$ $Em = \frac{1}{2}.I(\theta')^2 - (m + M)g(\frac{L\,(M+2m)}{2\,(M+m)}) \cos\theta$ $Em = \frac{1}{2}.I(\theta')^2 - \frac{g\,L\,(M+2m)}{2} \cos\theta$	1
5		Pas de frottement, Em = constante , donc $\frac{dEm}{dt} = 0$ $I\theta'\,\theta'' + \frac{g\,L\,(M+2m)}{2}\,\theta' \sin\theta = 0$, donc $\theta'\,(I\theta'' + \frac{g\,L\,(M+2m)}{2} \sin\theta) = 0$ $\theta' = 0$ inacceptable , donc $I\theta'' + \frac{g\,L\,(M+2m)}{2} \sin\theta = 0$ θ faible, donc $\sin\theta \approx \theta$, alors $\theta'' + \frac{(M+2\,m)\,g\,L}{2I}\,\theta = 0$	0,5
6		L'équation différentielle est de la forme : $\theta'' + \omega_o^2\,\theta = 0$ Donc $\omega_o = \sqrt{\frac{(M+2m)\,g\,L}{2I}}$; mais $\omega_o = \frac{2\pi}{T_0}$ Donc $T_o = 2\pi\sqrt{\frac{2I}{(M+2m)gL}}$	1
7	7.1	$T_0 = \frac{49}{20} = 2{,}45$ s $T_o^2 = \frac{8\,\pi^2\,I}{(M+2m)gL}$; $2{,}45^2 = \frac{8\,(10)\,I}{(0{,}5+0{,}2)\times 10\times 2}$ donc $I = 1{,}05$ kg.m^2	0,5
	7.2	$I = I_1 + m\,L^2$ $I_1 = 1{,}05 - (0{,}1 \times 2^2)$, donc $I_1 = 0{,}65$ kg.m^2	0,5