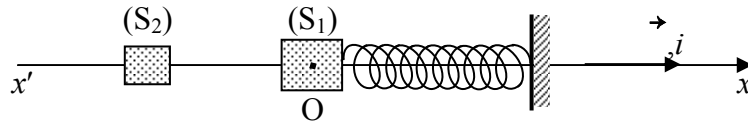


الاسم:  
الرقم:مسابقة في مادة الفيزياء  
المدة: ساعتان

**Cette épreuve est formée de trois exercices  
répartis sur trois pages numérotées de 1 à 3  
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé**

### **Premier exercice (7 pts) Étude d'un oscillateur mécanique**

Le but de l'exercice est de déterminer la constante de raideur du ressort d'un oscillateur mécanique horizontal. Cet oscillateur comporte un solide  $(S_1)$  de masse  $M = 400 \text{ g}$  et un ressort de masse négligeable et de raideur  $k$ . Le centre de gravité  $G$  de  $(S_1)$  peut se déplacer sur un axe rectiligne horizontal  $x'Ox$ . La position de  $G$  est repérée sur cet axe, à l'instant  $t$ , par son abscisse  $x = \overline{OG}$ ,  $O$  correspondant à la position d'équilibre  $G_0$  de  $G$  (figure).



#### **A - Mise en mouvement de l'oscillateur**

$(S_1)$  est initialement au repos et  $G$  est en  $O$ . Pour le mettre en mouvement, on lance vers  $(S_1)$ , le long de l'axe  $x'Ox$ , un solide  $(S_2)$  de masse  $m = \frac{M}{2}$ . Juste avant le choc,  $(S_2)$  a une vitesse  $\vec{V}_2 = V_2 \vec{i}$

( $V_2 = 0,75 \text{ m/s}$ ).  $(S_2)$ , entrant en choc élastique avec  $(S_1)$ , rebondit suivant  $x'Ox$ . Juste après le choc,  $(S_1)$  acquiert la vitesse  $\vec{V}_0 = V_0 \vec{i}$ .

- 1) Quelles sont les deux grandeurs physiques qui restent conservées durant ce choc ?
- 2) Écrire les équations qui expriment la conservation des grandeurs précédentes.
- 3) Dédurre que  $V_0 = 0,5 \text{ m/s}$ .

#### **B- Étude énergétique de l'oscillateur**

L'enregistrement graphique a montré que l'équation horaire du mouvement de  $G$ , après le choc, peut s'écrire sous la forme :

$$x = X_m \sin \left( \sqrt{\frac{k}{M}} t \right) \quad (x \text{ en m ; } t \text{ en s}) \quad \text{où } X_m \text{ est une constante positive.}$$

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

- 1) a- Écrire l'expression de l'énergie potentielle élastique  $E_{pe}$  de l'oscillateur en fonction de  $k$ ,  $X_m$ ,  $M$  et  $t$ .  
b- Déterminer l'expression de l'énergie cinétique  $E_c$  de l'oscillateur en fonction de  $k$ ,  $M$ ,  $X_m$  et  $t$ .  
c- Trouver l'expression de l'énergie mécanique  $E_m$  du système (oscillateur, Terre) en fonction de  $k$  et  $X_m$ .  
d- Dédurre que  $(S_1)$  ne subit aucune force de frottement durant son mouvement.
- 2) a- Déterminer la valeur de  $E_m$ .  
b- Au cours du mouvement de  $(S_1)$ ,  $G$  oscille entre deux positions extrêmes A et B distantes de 20 cm. Déterminer la valeur de  $k$ .

## Deuxième exercice (6 ½ pts) Charge d'un condensateur

Le but de l'exercice est de déterminer la capacité d'un condensateur et d'étudier l'effet de certaines grandeurs physiques sur la durée de sa charge.

Le circuit de la figure (1) comporte :

- un générateur idéal présentant entre ses bornes une tension constante  $u_{MN} = u_g = E$  réglable ;
- un conducteur ohmique de résistance  $R$  réglable ;
- un condensateur de capacité  $C$  ;
- un interrupteur  $K$ .

I- La valeur de  $E$  est réglée à  $E = 10 \text{ V}$  et celle de  $R$  à  $R = 2 \text{ k}\Omega$ .

Le condensateur étant initialement neutre, on ferme l'interrupteur à la date  $t_0 = 0$ .

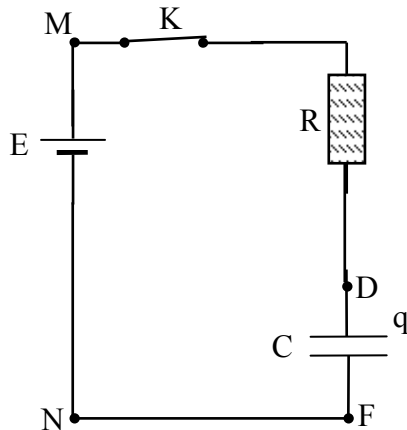


Figure 1

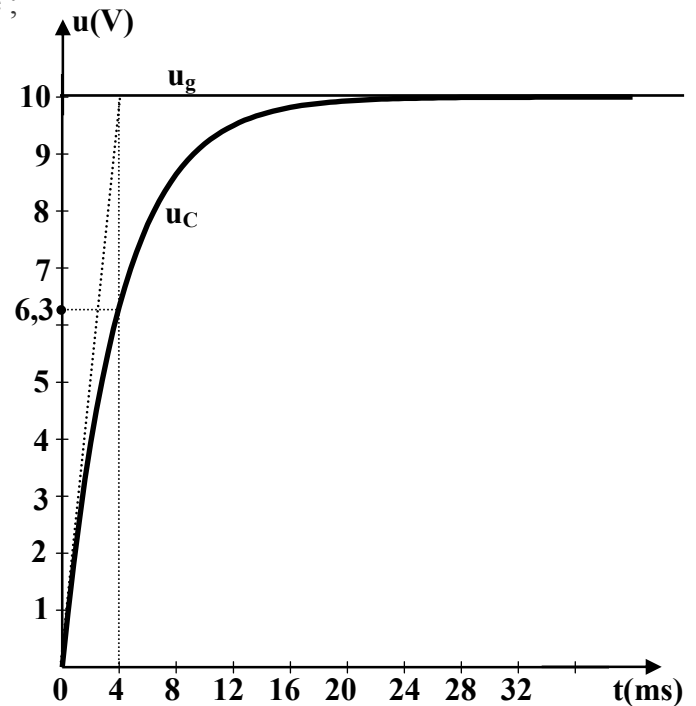


Figure 2

1) a -Établir l'équation différentielle donnant les variations de la tension  $u_{DF} = u_C$  aux bornes du condensateur en fonction du temps.

b- Vérifier que la solution de cette équation différentielle est  $u_C = E (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$ .

2) Les tensions  $u_C$  et  $u_g$  sont visualisées à l'aide d'un oscilloscope (figure 2) .

a- Reproduire le montage de la figure (1) en indiquant les branchements de cet oscilloscope.

b- Donner la valeur maximale de  $u_C$ .

3) Une méthode de calcul de  $C$  consiste à déterminer la durée  $t_1$  au bout de laquelle la tension  $u_C$  atteint 63 % de sa valeur maximale.

a- Montrer que  $t_1$  est, à peu près, égale à  $RC$ .

b- En utilisant la figure (2), déterminer la valeur de la capacité  $C$ .

4) Une autre méthode permet de déterminer  $C$  à partir de la tangente à la courbe  $u_C = f(t)$  en O (fig.2).

a- Trouver l'expression de  $\frac{du_C}{dt}$ , en O, en fonction de  $E$ ,  $R$  et  $C$ .

b- Montrer que l'équation de cette tangente à la courbe est  $u = \frac{E}{RC}t$ .

c- Vérifier que cette tangente coupe l'asymptote à la courbe au point d'abscisse  $t_1 = RC$ .

d- Déterminer alors la valeur de la capacité  $C$  du condensateur.

II – La valeur de  $R$  est réglée à  $R = 1 \text{ k}\Omega$ .

1) Tracer, sur un même système d'axes, l'allure de la courbe  $u_C$  dans les deux cas suivants :

cas (1) :  $E = 10 \text{ V}$ ,  $C = 2 \times 10^{-6} \text{ F}$  (courbe 1)

cas (2) :  $E = 5 \text{ V}$ ,  $C = 2 \times 10^{-6} \text{ F}$  (courbe 2)

Échelles : en abscisses : 1 div  $\leftrightarrow$  4 ms ; en ordonnées : 1 div  $\leftrightarrow$  1 V .

2) Préciser, en le justifiant, laquelle des deux grandeurs  $E$  ou  $R$  influe sur la durée de charge du condensateur.

### Troisième exercice (6 ½ pts) Interaction rayonnement-matière

**I** - Au début des années 1880, Balmer identifie, dans le spectre d'émission de l'hydrogène, les quatre raies visibles désignées par  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$  et  $H_\delta$ .

En 1913, Bohr élabore une théorie de structure de l'atome et montre qu'on peut associer, à l'atome d'hydrogène, des niveaux d'énergie donnés par la formule :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \quad \text{où } E_0 \text{ est une constante positive exprimée en eV et } n \text{ un nombre entier non nul.}$$

Selon Bohr, chacune des raies de la série de Balmer est caractérisée par sa longueur d'onde  $\lambda$  dans l'air et la transition correspondante :

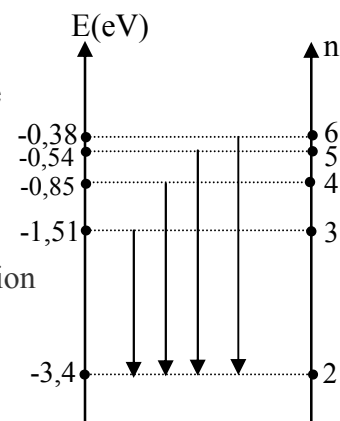
$H_\alpha$  ( $\lambda_\alpha = 658 \text{ nm}$  ; transition de  $n = 3$  à  $n = 2$ ) ;

$H_\beta$  ( $\lambda_\beta = 487 \text{ nm}$  ; transition de  $n = 4$  à  $n = 2$ ) ;

$H_\gamma$  ( $\lambda_\gamma = 435 \text{ nm}$  ; transition de  $n = 5$  à  $n = 2$ ) ;

$H_\delta$  ( $\lambda_\delta = 412 \text{ nm}$  ; transition de  $n = 6$  à  $n = 2$ ).

Le diagramme des niveaux d'énergie correspondant à cette série est schématisé par la figure ci-contre.



1) Déterminer, en s'aidant du diagramme, la valeur de  $E_0$  en eV.

2) a) **Spectre d'émission**

i) Montrer, à partir du diagramme, que la raie  $H_\beta$  correspond à l'émission d'un photon d'énergie 2,55 eV.

ii) Vérifier que la valeur de la longueur d'onde de la raie  $H_\beta$  est environ 487 nm.

b) **Spectre d'absorption**

Pour obtenir le spectre d'absorption de l'atome d'hydrogène, on doit éclairer de l'hydrogène à l'aide de la lumière blanche. Qu'observe-t-on dans le spectre d'absorption ?

3) L'atome d'hydrogène, pris dans son premier état excité ( $n = 2$ ), subit l'impact d'un photon d'énergie 2,26 eV. Ce photon n'est pas absorbé par l'atome. Pourquoi ?

**II**-Une lampe à hydrogène éclaire maintenant une surface métallique de longueur d'onde seuil  $\lambda_s = 500 \text{ nm}$ .

1) Quelles sont les radiations visibles susceptibles de provoquer l'émission photoélectrique ? Pourquoi ?

2) a) Déterminer la radiation qui est capable d'arracher un électron possédant la plus grande énergie cinétique  $E_c$ .

b) Calculer alors  $E_c$ .

**III**- Les spectres de raies atomiques et le phénomène de l'effet photoélectrique mettent en évidence une caractéristique concernant l'énergie d'une onde électromagnétique et l'échange énergétique entre la matière et les ondes électromagnétiques. Préciser cette caractéristique.

On donne :

- célérité de la lumière dans le vide  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  ;
- constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  ;
- $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$  ;
- $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ .