

# CYCLE INGENIEUR

CONCOURS D'ADMISSION  
 SERIE D, E, F, CI, GCEA/L

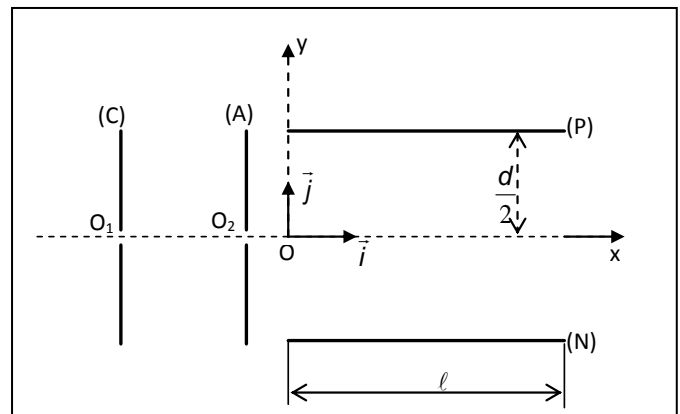
EPREUVE DE PHYSIQUE  
 DUREE : 3 HEURES

## EXERCICE 1 (5 POINTS) - Appareil à déviation électrique

Des électrons sont émis par une cathode (C) avec une vitesse initiale négligeable. Ils sont alors accélérés par une différence de potentiel positive  $U_{AC} = U_0$  et arrivent en  $O_2$  avec une vitesse initiale  $\vec{v}_0$  parallèle à  $(Ox)$ . Le poids des électrons a un effet négligeable.

### Données :

- charge d'un électron :  $q = -e$ ,  
avec  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C ;
- masse d'un électron :  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg.



- 1) Déterminer l'expression de la valeur de la vitesse  $\vec{v}_0$  d'un électron en  $O_2$ , en fonction de  $U_0$ ,  $m$  et  $e$ . **0,75pt**
  
2. Les électrons venant de  $O_2$  pénètrent en O, avec la vitesse  $\vec{v}_0$ , à l'intérieur d'un condensateur plan. Ce dernier est constitué par deux armatures planes (P) et (N), parallèles à  $(Ox)$  et perpendiculaires à  $(Oy)$ , de longueur  $\ell = 15$  cm et séparées par une distance  $d = 10$  cm. On applique entre les plaques (P) et (N) une différence de potentiel positive  $U_{PN} = U$ . On considère le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  de la figure.
  - 2) a) Exprimer, en fonction de  $U$ ,  $v_0$ ,  $e$ ,  $m$ ,  $d$  et du temps  $t$ , les coordonnées des différents vecteurs suivants :
    - vitesse  $\vec{v}$ , de l'électron dans le condensateur.
    - position  $\vec{OM}$ , de l'électron dans le condensateur. **1,50pt**
  - 2) b) Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire.  
On fera apparaître les grandeurs  $U$ ,  $U_0$ ,  $d$ . **1,00pt**
  - 2) c) Etablir la relation d'inégalité entre  $U$ ,  $U_0$ ,  $d$  et  $\ell$  pour que le faisceau d'électrons sorte du condensateur. **0,75pt**
  - 2) d) Calculer la déviation angulaire  $\alpha$  des électrons à la sortie du condensateur.  
On prendra  $U_0 = 700$  V et  $U = 100$  V. **1,00pt**

## **EXERCICE 2 (7 POINTS) - Pendule simple**

Tous les frottements sont négligeables.

$$g = 10 \text{ N.Kg}^{-1}.$$

On constitue un pendule simple en accrochant une sphère métallique ponctuelle (S) de masse  $m = 25 \text{ g}$  à l'extrémité libre d'un fil vertical, inextensible, de masse négligeable et de longueur  $\ell = 25 \text{ cm}$ . Ce pendule peut osciller sans frottement autour d'un axe horizontal passant par le point de suspension O du fil.

On écarte le pendule de sa position d'équilibre stable, fil tendu, d'un angle  $\theta_0$ , à la date  $t = 0$ , et le solide est lancé avec un vecteur vitesse  $\vec{v}_0$  perpendiculaire au fil.

On repère la position du pendule à la date  $t$  par l'angle  $\theta$  qu'il fait avec la verticale.

1) On prend pour niveau de référence de l'énergie potentielle le plan horizontal passant par la position d'équilibre stable  $G_0$  de (S).

1) a) Exprimer l'énergie mécanique du système (pendule simple – Terre) à la date  $t$ , en fonction de  $m$ ,  $g$ ,  $\theta$ ,  $v$  et  $\ell$ , à la date  $t$ . **0,75pt**

1) b) En remarquant que le système est conservatif, exprimer la valeur  $v$  de la vitesse du solide à la date  $t$ , en fonction de  $\theta$ ,  $\theta_0$ ,  $g$ ,  $\ell$  et  $v_0$ . **0,75pt**

1) c) i) En écrivant la 2<sup>e</sup> loi de Newton, exprimer la tension du fil à la date  $t$ , en fonction de  $m$ ,  $g$ ,  $\theta$ ,  $\theta_0$ ,  $v_0$  et  $\ell$ . **1,00pt**

1) c) ii) Pour quelle position du pendule la tension du fil est-elle minimale ? Donner la valeur de cette tension, en fonction de  $m$ ,  $g$ ,  $\theta_0$ ,  $v_0$  et  $\ell$ . **1,00pt**

1) c) iii) Quelle doit être la valeur minimale de  $v_0$  pour que le solide fasse un tour complet ?

AN :  $\theta_0 = 60^\circ$  **0,50pt**

2) Etablir l'équation différentielle du mouvement du pendule dans le cas d'oscillations de faibles amplitudes, puis donner alors la valeur de sa période propre  $T_0$ . **1,25pt**

3) La sphère S est électrisée et porte une charge électrique  $q$ . Le pendule est placé entre deux armatures métalliques planes et horizontales, entre lesquelles règne un champ électrique uniforme vertical  $\vec{E}$  dirigé de haut en bas et de valeur  $E = 2,45 \cdot 10^4 \text{ V.m}^{-1}$ .

3) a) La nouvelle période des oscillations de faible amplitude est légèrement supérieure à  $T_0$ . En déduire le signe de la charge  $q$ . **1,00pt**

3) b) On donne :  $T = 1,01 \cdot T_0$ . Que vaut la charge  $q$  ? **0,75pt**

### **EXERCICE 3 (5 POINTS) - Datation au carbone 14**

Dans le cycle du carbone, l'élément carbone est présent sous forme de :

- 2 isotopes stables : le carbone 12 (majoritaire), le carbone 13 (minoritaire) ;
- 1 isotope instable : le carbone 14 (très minoritaire).

Le temps de demi-vie du carbone 14 est de 5 730 ans. Il est continuellement produit dans la haute atmosphère grâce à des réactions nucléaires entre les noyaux des atomes d'azote 14 de l'air et des neutrons d'origine cosmique. Ces réactions maintiennent une teneur constante en carbone 14 dans l'atmosphère.

Le carbone 14 formé réagit rapidement avec le dioxygène de l'air pour former du dioxyde de carbone, CO<sub>2</sub>.

Tous les organismes vivants échangent du dioxyde de carbone avec l'atmosphère par la respiration et l'alimentation. Ils fixent le carbone 14 dans leurs tissus jusqu'à leur mort, à une teneur égale à celle de l'atmosphère. Après la mort, l'absorption et le rejet de dioxyde de carbone s'arrêtent.

#### **Données :**

Carbone 12 :  ${}^12_6\text{C}$

Carbone 13 :  ${}^{13}_6\text{C}$

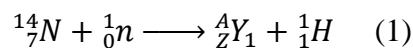
Azote 14 :  ${}^{14}_7\text{N}$

#### **1. Etude du noyau.**

- 1) a) Donner la composition du noyau de l'atome de carbone 14. **0,50pt**  
1) b) Définir le terme isotope. **0,50pt**

#### **2. Les réactions nucléaires.**

2) a) Le bombardement des noyaux d'atomes d'azote par les neutrons aboutit à la réaction nucléaire dont l'équation est la suivante :



- 2) a) i) Enoncer les deux lois de conservation qui ont permis d'écrire l'équation (1). **0,50pt**  
2) a) ii) L'application des lois de conservation précédentes permet de déterminer la nature du noyau  ${}^A_Z\text{Y}_1$ . Quel élément est associé à Y<sub>1</sub> ? **0,25pt**

2) b) La désintégration du noyau de carbone 14 conduit à l'émission d'un électron de symbole  ${}^0_{-1}\text{e}$  et d'un noyau  ${}^A_Z\text{Y}_2$ .

- 2) b) i) Ecrire l'équation de la réaction nucléaire correspondante. **0,50pt**  
2) b) ii) La radioactivité d'une réaction nucléaire peut être du type  $\alpha$ ,  $\beta^+$  ou  $\beta^-$ . Quelle est celle qui correspond à la désintégration du noyau de carbone 14 ? **0,25pt**

#### **3. Loi de décroissance radioactive.**

3) a) Dans le texte on utilise l'expression : " temps de demi-vie du carbone 14 ". Donner la définition du terme " *temps de demi-vie* ". **0,50pt**

3) b) La loi de décroissance radioactive en fonction du temps est du type :  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ .

- 3) b) i) Que représentent les grandeurs physiques  $N(t)$ ,  $N_0$  et  $\lambda$  ? **0,50pt**  
3) b) ii) Calculer  $\lambda$ . **0,50pt**

#### 4. Datation au carbone 14.

En 1983 fut découverte l'épave d'un bateau dans le port de Roskilde (à l'ouest de Copenhague).

Une datation au carbone 14 est réalisée sur un échantillon de bois prélevé sur sa coque.

L'activité  $A$  mesurée pour cet échantillon est de 12,0 désintégrations par minute et par gramme de carbone. Or l'activité pour 1 gramme de carbone participant au cycle du dioxyde de carbone de l'atmosphère est égale à  $A_0 = 13,6$  désintégrations par minute.

4) a) Justifier la variation d'activité d'un échantillon de bois au cours du temps. **0,50pt**

4) b) On rappelle que la loi de décroissance de l'activité en fonction du temps s'écrit :

$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$ . Le temps  $t$  correspond au temps écoulé entre la date de fabrication du bateau et la date de découverte de l'épave.

Déterminer l'année de construction du bateau. **0,50pt**

#### **EXERCICE 4 (3 POINTS) - Rotation d'un disque**

Un disque homogène de masse  $m = 100$  g, de rayon  $r = 5$  cm, tournant autour de son axe de révolution ( $\Delta$ ), est préalablement lancé jusqu'à atteindre une vitesse angulaire de rotation  $\dot{\theta} = 312 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ . On freine ensuite le disque en le soumettant à un couple résistant de moment constant  $M$ .

On prend pour origine des dates le début du freinage.

Le disque s'arrête 120s après le début du freinage.

1) Déterminer l'accélération angulaire  $\ddot{\theta}$  du mouvement. **1,00pt**

2) Déterminer le moment  $M$  du couple résistant. **1,25pt**

3) Quel est le nombre de tours effectués par le disque jusqu'à l'arrêt ? **0,75pt**

Fin de l'épreuve