

Université Paul Sabatier de Toulouse, année universitaire 2003-2004

**CIMP, PHYSIQUE**

**Épreuve 1 de CONTRÔLE CONTINU, en SECTION B**

24 Novembre 2003

Durée : 1 h

**A. Questions de cours (4 points)**

Interactions fondamentales :

- 1) Citer les quatre interactions fondamentales dans l'ordre d'intensité décroissante.
- 2) Comparer la force électrostatique et la force de gravitation qui s'exercent entre deux protons.
- 3) Pourquoi, compte tenu de son intensité, la force de gravitation joue-t-elle un rôle décisif à l'échelle de l'Univers ?

**B. Problème (16 points)**

*Conformément à l'usage typographique international, les vecteurs sont représentés en gras*

**Pendule élastique vertical amorti par frottement visqueux**

On fait osciller un pendule élastique vertical, constitué d'une petite bille métallique  $A$ , de masse  $m = 100$  g, suspendue à l'extrémité d'un ressort, de longueur à vide  $l_0 = 15$  cm et de raideur  $K = 20$  SI. L'autre extrémité  $O$  du ressort est maintenue fixe dans le référentiel  $\mathcal{R}$  du laboratoire. Le fluide environnant exerce sur la bille une force de frottement visqueux de Stokes, d'expression  $-\alpha\mathbf{v}$ . On désigne par  $g = 9,81$  m.s<sup>-2</sup>, l'intensité du champ de pesanteur terrestre.

1. a) Effectuer le bilan des forces qui s'exercent sur la bille.  
b) À l'aide d'une analyse dimensionnelle, préciser l'unité SI de  $K$  et celle de  $\alpha$ .  
c) Écrire, sous sa forme vectorielle, la deuxième loi de Newton.  
d) Projeter l'équation précédente selon l'axe vertical descendant  $Ox$ .
2. a) Quelle est, en fonction de  $m$ ,  $g$  et  $l_0$ , la longueur  $l_1$  du pendule à l'équilibre ? Calculer sa valeur.  
b) Montrer que l'équation différentielle à laquelle satisfait le mouvement du pendule peut se mettre sous la forme :

$$\ddot{X} + \frac{\dot{X}}{\tau_e} + \omega_0^2 X = 0$$

$X$  étant une quantité que l'on exprimera en fonction de  $x$  et  $l_1$  ;  $\tau_e$  et  $\omega_0$  sont deux coefficients dont on donnera les dimensions physiques et les unités SI.

- c) En déduire l'influence du poids sur l'oscillateur. Comment pourriez-vous illustrer expérimentalement cette influence ?

**T.S.V.P.**

3. a) L'analyse expérimentale montre que le pendule oscille avec une amplitude qui n'est pas constante mais décroît lentement au cours du temps. Donner l'expression générale de la solution  $X(t)$  de l'équation différentielle précédente. Exprimer la pseudo-pulsation  $\omega_a$  en fonction de  $\omega_0$  et du facteur de qualité  $Q$ .
- b) En déduire l'expression précise de  $X(t)$ , sachant qu'à l'instant pris comme origine  $X = 0$  et  $\dot{X} = v_0$ .
- c) Que devient  $\tau_e$  dans l'hypothèse où l'on néglige l'influence du frottement ? Calculer, dans ce cas, la valeur de la période du pendule.
- d) Dans la suite, le frottement n'est pas négligé. Représenter graphiquement le carré de l'amplitude de l'oscillateur amorti au cours du temps, en précisant la signification graphique de  $\tau_e$ . On dit que  $\tau_e$  caractérise la relaxation de l'énergie de l'oscillateur. Pourquoi ?
- e) La détermination expérimentale de  $\tau_e$  donne 2,5 SI. En déduire la valeur du facteur de qualité  $Q$  de l'oscillateur, ainsi que celle de la pseudo-période du mouvement.
- f) On utilise l'expérience précédente pour mesurer le coefficient de viscosité  $\eta$  du fluide dans lequel le pendule oscille. Sachant que le rayon de la bille vaut  $r = 1$  cm, déterminer la valeur de  $\eta$  en précisant son unité SI. On rappelle l'expression de Stokes du coefficient  $\alpha$  en fonction de  $\eta$  et de  $r$  :  $\alpha = 6\pi r\eta$ .

### Constantes fondamentales de la physique

- $G = 6,672\,59 \times 10^{-11}$  N.m<sup>2</sup>.kg<sup>-2</sup>, constante de gravitation,
- $c = 2,997\,924\,58 \times 10^8$  m.s<sup>-1</sup>, vitesse de la lumière dans le vide (valeur exacte),
- $h = 6,626\,068\,76(52) \times 10^{-34}$  J.s, constante de Planck,
- $\hbar = 1,054\,571\,596(82) \times 10^{-34}$  J.s constante de Planck divisée par  $2\pi$ ,
- $e = 1,602\,176\,462(63) \times 10^{-19}$  C, charge élémentaire (charge de l'électron :  $-e$ ),
- $m_e = 0,910\,938\,188(72) \times 10^{-30}$  kg, masse de l'électron,
- $m_e c^2 = 0,510\,998$  MeV  $\approx 0,511$  MeV,
- $m_p = 1,672\,621\,58(13) \times 10^{-27}$  kg, masse du proton,
- $m_p c^2 = 938,272$  MeV,
- $k_B = 1,380\,650\,3(24) \times 10^{-23}$  J.K<sup>-1</sup>, constante de Boltzmann,
- $N_A = 6,022\,141\,99(47) \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>, nombre d'Avogadro,
- $R = N_A k_B = 8,314\,472(15)$  J.mol<sup>-1</sup>. K<sup>-1</sup>, constante des gaz parfaits,
- $F = N_A e = 96\,485,341\,5(39)$  C.mol<sup>-1</sup>, le faraday,
- $\varepsilon_0 = 8,854\,187\,817 \times 10^{-12}$  F.m<sup>-1</sup> constante de la loi de Coulomb (valeur exacte),
- $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  H.m<sup>-1</sup> perméabilité du vide (valeur exacte),
- $q_e^2 \equiv e^2/(4\pi\varepsilon_0) = 230,707\,705\,6 \times 10^{-30}$  SI,
- $r_e = q_e^2/(m_e c^2) = 2,817\,934\,23 \times 10^{-15}$  m, rayon classique de l'électron ( $r_e \approx 2,8$  fm),
- $\alpha = q_e^2/(\hbar c) = 7,297\,352\,533(27) \approx 1/137,036$ , constante de structure fine,
- $\Phi_0 = h/(2e) = 2,067\,833\,636(81) \times 10^{-15}$  Wb quantum de flux magnétique,
- $R_K = h/e^2 = 25\,812,807\,572(95)$   $\Omega$ , constante de von Klitzing,
- $\mu_B = e\hbar/(2m_e) = 927,400\,899(37) \times 10^{-26}$  J.T<sup>-1</sup>, magnéton de Bohr,
- $\mu_N = e\hbar/(2m_p) = 5,050\,783\,17(20) \times 10^{-27}$  J.T<sup>-1</sup> magnéton nucléaire.