

**Licence 1ère année - UE PHYS104**  
**Section BGPC1**  
**Contrôle continu du 9 novembre 2004**

**Durée : 1 heure 15 min.**

Les calculettes de type « collègue » (non graphiques, non programmables) sont autorisées. Les exercices sont indépendants les uns des autres et peuvent être traités dans un ordre quelconque

**I. Équations aux dimensions et ordres de grandeur**

- I.1 Donner (en la justifiant) la dimension d'une force  $F$ ,
- I.2 Rappeler l'expression du module de la force de gravitation  $F$  s'exerçant entre deux masses  $m_1$  et  $m_2$  séparées par une distance  $r$ ,
- I.3 En déduire la dimension de la constante de gravitation  $G$ ,
- I.4 Quelle est la dimension de la vitesse de la lumière,  $c$  ?
- I.5 L'énergie d'un photon  $E$  est liée à la fréquence  $\nu$  du rayonnement correspondant par la relation  $E = h\nu$ ,  $h$  désignant la constante de Planck. Rappeler la dimension d'une fréquence et en déduire la dimension de  $h$ .
- I.6 A partir de  $G$ ,  $h$  et  $c$ , les trois constantes physiques fondamentales de notre Univers, on forme une autre grandeur  $K = G^\alpha h^\beta c^\gamma$ . Déterminer les valeurs de  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  pour que  $K$  ait la dimension d'une longueur.
- I.7 Sachant que  $c = 3 \cdot 10^8$ ,  $G = 6.6 \cdot 10^{-11}$ , et  $h = 6.6 \cdot 10^{-34}$  (en unités SI), calculer l'ordre de grandeur de  $K$ .

**II. Choc entre deux wagons en mouvement**

Deux wagons de masse  $m_1$  et  $m_2$  roulent sans frottement sur un rail rectiligne horizontal. L'axe  $x'Ox$  est confondu avec ce rail. Les deux wagons se dirigent l'un vers l'autre et restent accrochés après contact ; on désignera par  $V_{1x}$  et  $V_{2x}$  les vitesses des wagons avant le choc et  $V'_x$  la vitesse de l'ensemble après accrochage.

- 1) A quel type de choc correspond cet accrochage ? Précisez les grandeurs qui sont conservées ou ne sont pas conservées lors du choc.
- 3) En déduire la vitesse  $V'_x$  après le choc en fonction de  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $V_{1x}$  et  $V_{2x}$ .
- 4) Application numérique :  $m_1 = 2000$  kg,  $m_2 = 4000$  kg,  $V_{1x} = 3$  m s<sup>-1</sup>,  $V_{2x} = -2$  m s<sup>-1</sup> ; calculer  $V'_x$ .
- 5) Quelle relation doivent vérifier  $V_{1x}$  et  $V_{2x}$  pour que  $V'_x$  soit nul ? Avec les valeurs numériques ci-dessus, quelle devrait-être la valeur de  $V_{2x}$  pour qu'il en soit ainsi.

**III. Saut à l'élastique**

Un homme de masse  $m = 80$  kg effectue un saut à l'élastique depuis un pont situé à l'altitude  $z = h = 100$ m (dans cet exercice, les altitudes  $z$  sont évaluées par rapport à la surface de l'eau coulant sous le pont). Pour cela il utilise un élastique de longueur  $l_0 = 20$ m dont on supposera la masse négligeable. Lorsqu'il est tendu cet élastique est assimilé à un ressort de raideur  $k = 40$  (unités SI). On admettra que le frottement avec l'air lors de la chute est négligeable et on prendra  $g = 10$  m s<sup>-2</sup>.

- 1) Donner la dimension de  $k$ .
- 2) Au début du saut, l'élastique n'est pas tendu. Déterminer par la méthode de votre choix, la vitesse  $V_0$  du sauteur après qu'il ait parcouru la distance  $l_0$ . Soit  $z_0$  l'altitude correspondante ; justifier en vous aidant d'un schéma la relation :  $z_0 = h - l_0$ .
- 3) Calculer la valeur numérique de  $V_0$ .
- 4) L'élastique est maintenant tendu. Donner, pour cette seconde phase du mouvement, l'expression de l'énergie mécanique du sauteur lorsqu'il se situe à une altitude  $z$ , l'élastique ayant alors une longueur  $l$  ( $l = h - z$ ). On exprimera cette énergie en fonction de  $m$ ,  $V$ ,  $g$ ,  $z$ ,  $z_0$  et  $k$ .  
On rappelle que l'énergie potentielle associée à la force exercée par l'élastique lorsqu'il a une longueur  $l$  vaut  $(1/2) k (l - l_0)^2 + C$  ( $C$  étant une constante arbitraire).
- 5) Soit  $z_1$  l'altitude du point le plus bas atteint par le sauteur (et  $l_1$  la longueur correspondante pour l'élastique). En exprimant la conservation de l'énergie mécanique, établir l'équation vérifiée par  $z_1$ .
- 6) Réécrire l'équation obtenue au 5) en posant  $x = z_0 - z_1$  et  $u = 2mg/k$ . Résoudre cette équation et donner la solution physiquement acceptable pour  $x$ .
- 7) Calculer la valeur numérique de  $x$  et en déduire celle de  $z_1$ .