PHYSQ 124 LEC A1 – Particules et ondes
Examen partiel 2
Automne 2010

Nom SOLUTIONS

Numéro d'étudiant ______________________________

Professeur Marc de Montigny
Date Jeudi, 18 novembre 2010, de 8h30 à 9h50

Instructions

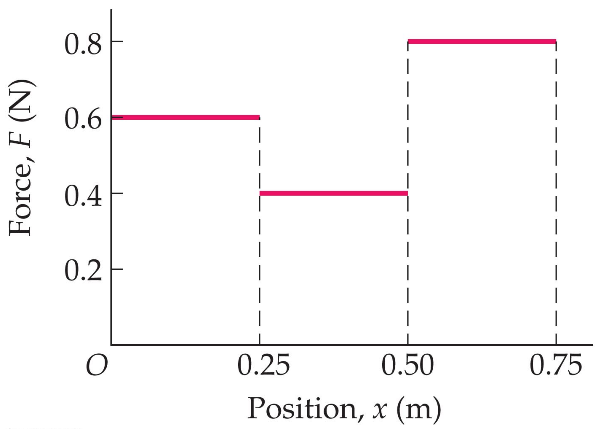
- Ce cahier contient six pages. Écrivez-y directement vos réponses.
- L'examen vaut **15%** de la note finale du cours.
- L'examen contient **cinq problèmes**. Vous pourrez obtenir une partie des points même si votre réponse finale est erronée. Expliquez de façon claire et précise, et encadrez votre réponse finale.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire que vous aurez imprimé et complété avec d'autres formules. Vous perdrez 3/15 si (1) vous ne retournez pas l'aide-mémoire avec l'examen, ou (2) si vous y avez inclus des solutions.
- Vous pouvez utiliser le verso des pages pour vos calculs.
- Matériel permis: crayons ou stylos, calculatrices (programmables et graphiques permises). Les assistants numériques (en anglais, *PDA*s) sont interdits.
- Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.
- Si quelque chose n'est pas clair, demandez-le moi!

Problème 1 [2.1 points] ***Théorème de l'énergie cinétique***

Un objet de 5.0 kg se déplace vers les x positifs à partir de $x = 0$ m sous l'action d'une force variable F qui dépend de x (voir figure).

A. Combien de travail est effectué par la force F sur cet objet lorsqu'il passe de $x = 0.15$ m à $x = 0.60$ m? **[0.8 point]**

B. Si l'objet a une vitesse de 0.20 m/s à la position $x = 0.15$ m, quelle est sa vitesse à la position $x = 0.60$ m ? **[1.3 point]**



Solution

Principe/technique : $W = Fd =$ aire sous la courbe

A. $W = (0.6)(0.25 - 0.15) + (0.4)(0.50 - 0.25) + (0.8)(0.60 - 0.50)$ $W = 0.24$ J

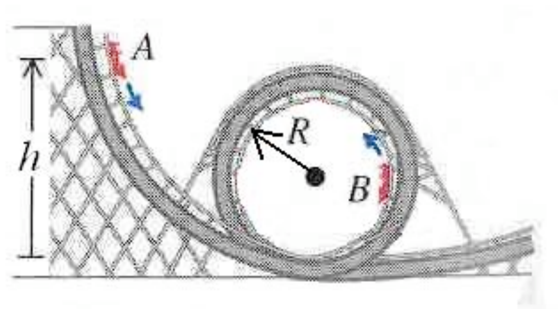
B. $\Delta K = K_f - K_i = W$ où $K_i = \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}(5.0)(0.20)^2$, $W = 0.24$ J et $K_f = \frac{1}{2}mv_f^2$. En isolant la vitesse, nous trouvons $v_f = \sqrt{v_i^2 + \frac{2W}{m}}$ d'où $v_f \cong 0.37$ m/s

Problème 2 [3.3 points] ***Conservation de l'énergie***

Dans un parc d'amusement, une voiturette roule sans friction le long d'une piste. Elle est lâchée du repos à partir du point A, qui se trouve à une hauteur h au-dessus du point le plus bas de la piste.

A. Si $h = \frac{7R}{2}$, où R est le rayon de la boucle circulaire, quelle sera la *force normale* (*grandeur* et *direction*) exercée sur la voiturette lorsqu'elle passera au point B, qui se trouve à la même hauteur que le centre de la boucle? **[2.7 points]**

B. Que vaut cette force normale si $m = 110$ kg et $R = 2.0$ m ? **[0.6 point]**



Solution

Principe/technique : $E_A = E_B$ et $\sum F = \frac{mv^2}{R}$ (point B)

A. $E_A = E_B$ donne $mg\frac{7R}{2} = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgR$ (1)

Au point B, **N** et $\mathbf{a}_{cp}$ pointent vers la gauche, et $m\mathbf{g}$ vers le bas (nous n'en avons pas besoin). La loi de Newton donne donc $N = \frac{mv_B^2}{R}$ d'où $NR = mv_B^2$ (2). De (2) dans (1), nous trouvons $mg\frac{7R}{2} = \frac{1}{2}RN + mgR$ qui conduit à $N = 5mg$. **N** = 5m**g** vers la gauche

B. $N = 5(110)(9.81) = 5395.5$ N = 5400 N

Problème 3 [3.8 points] ***Conservation d'énergie et de quantité de mouvement***

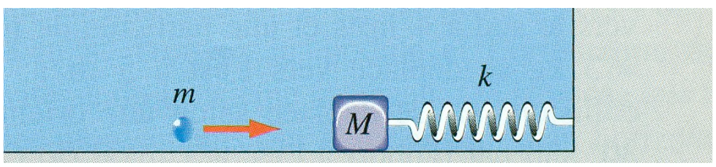
La figure ci-dessous illustre un projectile de masse m qui se déplace à vitesse v avant d'entrer en collision avec un bloc de masse M relié à un ressort de constante k. Après la collision, le projectile reste collé au bloc.

A. Immédiatement après la collision, quelle est la vitesse commune du bloc et du projectile, en termes des variables données ci-dessus ? **[1.1 point]**

B. Que vaut cette vitesse si $m = 0.25$ kg, $v = 24$ m/s et $M = 1.75$ kg? **[0.4 point]**

C. On suppose le bloc initialement sur une surface sans frottement, mais dès qu'il commence à glisser, suite au choc, il se trouve sur une surface rugueuse. Si la compression maximale du ressort est de d, quel est le coefficient de friction cinétique, μ_K, entre le bloc et le sol, en termes des variables données ? **[1.9 point]**

D. Que vaut μ_K si $k = 40$ N/m et $d = 50$ cm? **[0.4 point]**



Solution

A. $\vec{P}_{\text{avant impact}} = \vec{P}_{\text{apres impact}}$ devient $mv = (m+M)v_f$, d'où $\boxed{v_f = \dfrac{mv}{m+M}}$

B. $v_f = \dfrac{(0.25)(24)}{(0.25+1.75)} \boxed{= 3.0 \text{ m/s}}$

C. $E_f = E_i + W_{NC}$ avec i : juste avant l'impact et f : à la compression maximale

On calcule

$E_i = \dfrac{1}{2}(m+M)v_i^{\,2}$ (le v_f de la partie A), $E_f = \dfrac{1}{2}kd^2$ et $W_{NC} = -\mu_k(m+M)gd$.

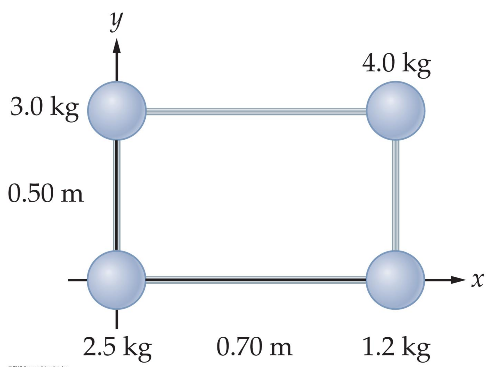
$\mu_k(m+M)gd = \dfrac{1}{2}(m+M)v_i^{\,2} - \dfrac{1}{2}kd^2$ donne $\boxed{\mu_k = \dfrac{(m+M)v_i^{\,2} - kd^2}{2(m+M)gd}}$

D. $\mu_k = \dfrac{(0.25+1.75)(3.0)^2 - 40(0.50)^2}{2(0.25+1.75)(9.81)(0.50)} = \boxed{0.41}$

Problème 4 [2.0 points] ***Moment d'inertie***

Le système ci-dessous contient quatre masses attachées à des tiges rigides. Négligez la masse des tiges et le rayon des masses, que l'on considère ponctuelles. Calculez le moment d'inertie de ce système de masses par rapport à

A. l'axe *x*, **[1.0 point]**
B. l'axe perpendiculaire au plan *xy* et qui passe par la masse 2.5 kg. **[1.0 point]**



Solution

Principe/technique : $I = \sum_i m_i r_i^2$

A. $I = (3.0)(0.5)^2 + (4.0)(0.5)^2 =$ 1.8 kg m^2

B. $I = (3.0)(0.5)^2 + (4.0)\left[(0.5)^2 + (0.7)^2\right] + (1.2)(0.7)^2 =$ 4.3 kg m^2

Problème 5 [3.8 points] ***Énergie cinétique de rotation***

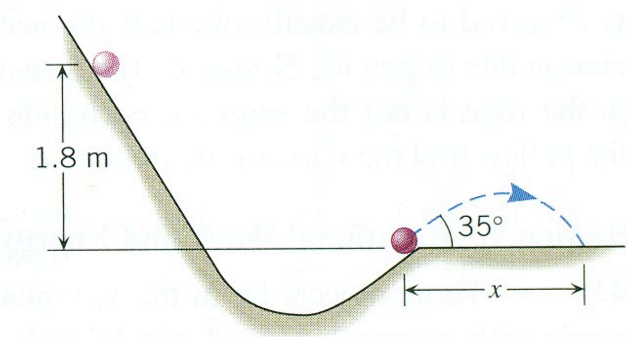
Une balle de tennis (moment d'inertie $I_{\text{balle}} = \frac{2}{3}mr^2$) de rayon $r = 3.5$ cm est lâchée du repos et roule sans glisser vers le bas d'une piste inclinée. Au point de quitter la piste, 1.8 m plus bas, la trajectoire fait un angle de 35° au-dessus de l'horizontale.

A. Quelle grandeur a la vitesse de la balle au moment de quitter la piste ? **[1.1 point]**

B. De quelle distance x se déplace-t-elle avant de toucher le sol ? (Rappelez-vous que $x = x_0 + v_0 \cos\theta_0 t$, $y = y_0 + v_0 \sin\theta_0 t - \frac{1}{2}gt^2$.) **[1.3 point]**

C. Une fois qu'elle quitte la piste, la balle continue de tourner sur elle-même à vitesse angulaire constante. Combien de tours sur elle-même complètera-t-elle avant de retoucher le sol ? **[0.9 point]**

D. Si la piste était sans friction, de sorte que la balle glisserait sans rouler, est-ce que la valeur de x augmenterait, diminuerait ou resterait la même ? **[0.5 point]**



Solution

Principes : Conservation de l'énergie (incluant l'énergie cinétique de rotation), chute libre, cinématique de rotation

A. $U_{g,i} = K_{t,f} + K_{rot,f}$ avec *i* au point de départ et *f* au point de décollage

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}\overbrace{\left(\frac{2}{3}mr^2\right)}^{I}\overbrace{\frac{v^2}{r^2}}^{\omega^2} = \frac{5}{6}mv^2 \text{ donne } v = \sqrt{\frac{6gh}{5}} = 4.603216 \cong 4.6 \text{ m/s}$$

B. De l'équation de cinématique, avec $y = 0$, $0 = 0 + (4.6\cdots)(\sin 35)t - \frac{1}{2}gt^2$ donne t = 0.53828669 s, que l'on remplace dans $x = 0 + (4.6\cdots)(\cos 35)t = 2.0$ m

C. $\theta = \omega t = \frac{v}{r}t = \frac{4.6\cdots}{0.035}(0.538\cdots) = 70.7957 \times \frac{1 \text{ tour}}{2\pi \text{ rad}} = 11$ tours

D. On aurait $U_{g,i} = K_{t,f}$ donc v est plus grand et x augmenterait

Bonne chance !