

PHYSQ 124 LEC A1
Examen partiel 2
Automne 2006

Nom _____

Numéro d'identité _____

Instructeur Marc de Montigny
Date Jeudi, 16 novembre, 2006
8h30 – 9h50

Instructions

- Ce cahier contient dix pages.
- Matériel permis: crayon ou stylo, calculatrice (programmable, graphique, etc.). Les *Personal Digital Assistants* (PDA) sont interdits. Fermez vos téléphones cellulaires.
- C'est un examen à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire que vous aurez complété. Vous perdrez 3/15 si : (1) vous ne retournez pas l'aide-mémoire avec l'examen, ou si (2) vous y avez inclus des solutions complètes.
- Vous pouvez obtenir **80 points au maximum, sur les 105 points disponibles. Cette note sur 80 sera ramenée à 15% de la note finale du cours.**
- L'examen contient deux parties : les choix multiples et les problèmes.
 - **8 questions à choix multiples.** Elles n'ont pas toutes la même valeur, et cumulent un **total de 24 points**. Il n'y a pas de points partiels pour cette partie. Choisissez la meilleure réponse.
 - **6 problèmes.** Ils cumulent un **total de 81 points**. Vous pourrez obtenir des points partiels pour cette partie. Soyez clairs et précis.
- Vous pouvez utiliser l'endos des pages pour vos calculs; je ne les corrigerai pas, sauf si vous m'indiquez de le faire.

Choix multiples (Total : 24 points). Encerclez la meilleure réponse.

CM-1. (3 points) Une machine lance-balle de masse M (incluant la masse m d'une balle de baseball) repose sur le monticule du lanceur. Quelle est la vitesse de recul de la machine lorsque la balle est tirée à vitesse v , par rapport au sol ?

- A. 0
- B. $\frac{mv}{M - m}$
- C. $\frac{mv}{M + m}$
- D. $\frac{mv}{M}$
- E. $\frac{2mv}{M - m}$

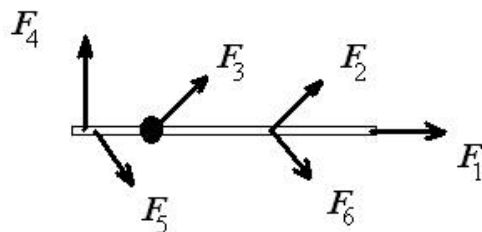
CM-2. (4 points) Une balle de fusil de 10 grammes est tirée dans un bloc de bois de 200 grammes, initialement au repos sur une surface horizontale rugueuse. Suite à l'impact, la balle reste collée au bloc et l'ensemble glisse sur une distance de 8 m avant de s'arrêter. Sachant que le coefficient de friction entre le bloc et la table vaut $\mu_k = 0.40$, trouvez la vitesse de la balle juste avant qu'elle ne frappe le bloc.

- A. 106 m/s
- B. 166 m/s
- C. 226 m/s
- D. 286 m/s

CM-3. (2 points) La Terre complète une rotation par jour autour de son axe. À quel point de sa surface la vitesse tangentielle est-elle la plus petite possible ?

- A. Sur l'équateur
- B. Sur les pôles
- C. Tous les points de la Terre tournent à la même vitesse angulaire.
- D. Aucune de ces réponses

CM-4. (3 points) La figure ci-dessous illustre une tige sur laquelle plusieurs forces sont appliquées. Le point représente l'axe de rotation.



Lequel, parmi les énoncés suivants, est vrai ?

- A. τ_1 entre, τ_2 entre, τ_3 entre, τ_4 est nul, τ_5 entre, τ_6 entre.

- B. τ_1 est nul, τ_2 entre, τ_3 entre, τ_4 entre, τ_5 sort, τ_6 sort.
- C. τ_1 est nul, τ_2 sort, τ_3 est nul, τ_4 entre, τ_5 sort, τ_6 entre.
- D. τ_1 est nul, τ_2 entre, τ_3 entre, τ_4 entre, τ_5 entre, τ_6 sort.
- E. τ_1 entre, τ_2 entre, τ_3 entre, τ_4 entre, τ_5 entre, τ_6 entre.

CM-5. (2 points) Un moment de force total constant est appliqué sur un objet. Une des quantités ci-dessous ne pourra demeurer constante. Est-ce qu'il s'agit

- A. de l'accélération angulaire,
- B. de la vitesse angulaire,
- C. du moment d'inertie, ou
- D. du centre de masse

de l'objet ?

CM-6. (4 points) Lorsqu'un travail égal à 100 J est exercé sur une poulie, sa vitesse angulaire augmente de 1 tour/s à 3 tours/s. Quel est le moment d'inertie de la poulie ?

- A. $0.633 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
- B. $1.99 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
- C. $2.53 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
- D. $25.0 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

CM-7. (3 points) Une masse de 0.4 kg, attachée à un ressort de constante $k = 80 \text{ N/m}$, oscille. Quelle est l'accélération de la masse lorsqu'elle se trouve à son déplacement maximal, égal à 10 cm ?

- A. zéro
- B. 5 m/s^2
- C. 10 m/s^2
- D. 20 m/s^2

CM-8. (3 points) Un véhicule de masse égale à $30 \times 10^4 \text{ kg}$ frappe, à une vitesse de 2 m/s, un pare-choc analogue à un ressort de constante $2 \times 10^6 \text{ N/m}$. Quelle est la compression maximale du pare-choc durant la collision ?

- A. 0.300 m
- B. 0.387 m
- C. 0.775 m
- D. 1.55 m

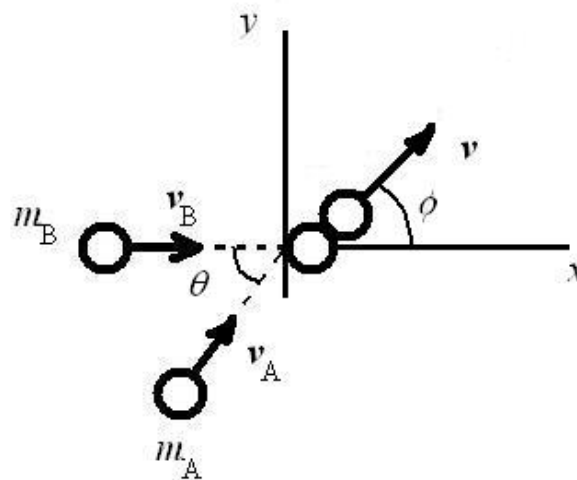
(Les problèmes débutent à la page suivante)

Problèmes (Total : 81 points). Expliquez clairement votre raisonnement et vos calculs.

P-1. (15 points) Collisions.

Deux boules de mastic de masses m_A et m_B entrent en collision aux vitesses illustrées ci-dessous, et restent collées l'une à l'autre après l'impact. Nous prenons $m_A = m_B = 45 \text{ kg}$, $v_A = v_B = 45 \text{ m/s}$, et $\theta = 45^\circ$.

- A. Quelle est leur vitesse commune finale (grandeur et direction) ? **[10 points]**
 B. De combien l'énergie cinétique totale change-t-elle ? **[5 points]**



(a) $x: m_A v_A \cos \theta + m_B v_B = (m_A + m_B) v \cos \phi$
 $y: m_A v_A \sin \theta = (m_A + m_B) v \sin \phi$

$$\tan \phi = \frac{m_A v_A \sin \theta}{m_A v_A \cos \theta + m_B v_B} = \frac{\sin 45}{\cos 45 + 1} \Rightarrow \phi = 22.5^\circ$$

$$v = \frac{m_A v_A \sin \theta}{(m_A + m_B) \sin \phi} = 41.6 \text{ m/s}$$

(b) $E_{Kf} - E_{Ki} = \frac{1}{2} (m_A + m_B) v^2 - \left(\frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 \right) = -13\,300 \text{ J}$

P-2. (12 points) Dynamique de rotation.

Une roue, dont le moment d'inertie est de $0.03 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, est accélérée à partir du repos jusqu'à 20 rad/s en 5 secondes. Lorsqu'on supprime le moment de force extérieur, la roue s'arrête en une minute. Trouvez :

A. le moment de force de frottement

[6 points]

B. le moment de force extérieur

[6 points]

Nous utilisons $\omega = \omega_0 + \alpha t$ et $\sum \tau = I\alpha$ pour (1) l'accélération et (2) le ralentissement.

$$(1) \quad 20 = 0 + 5\alpha \Rightarrow \alpha = 4$$

$$(2) \quad 0 = 20 + 60\alpha \Rightarrow \alpha = -\frac{1}{3}$$

$$A. \quad \text{cas (2) Frottement seul : } 0.03\alpha = \tau_F \Rightarrow \alpha = -\frac{1}{3} = \frac{\tau_F}{0.03}$$

$$\text{donne } \tau_F = -0.01 \text{ N}\cdot\text{m}$$

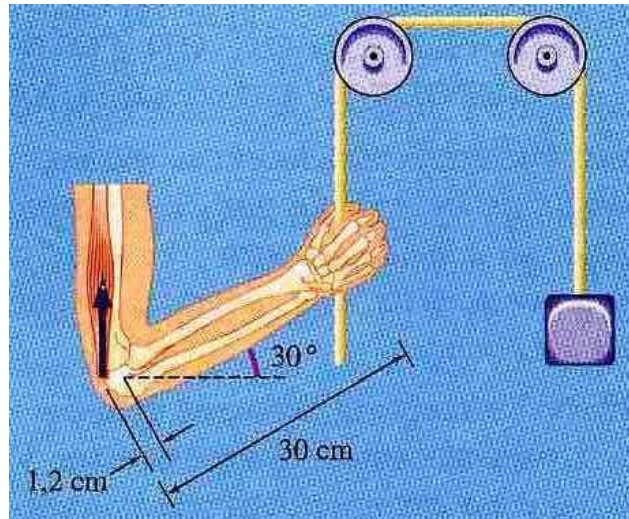
B. cas (1) Deux forces :

$$0.03\alpha = \tau_E + \tau_F \Rightarrow \alpha = 4 = \frac{\tau_E + \tau_F}{0.03} \Rightarrow \tau_E + \tau_F = 0.12$$

$$\tau_F = -0.01 \text{ N}\cdot\text{m}, \quad \tau_E = 0.13 \text{ N}\cdot\text{m}$$

P-3. (10 points) Équilibre statique.

La figure ci-dessous représente une personne en train de tirer vers le bas sur une corde en exerçant une force de module 50 N. L'avant-bras est dirigé à 30° par rapport à l'horizontale. Le muscle du triceps est fixé à 1.2 cm de l'articulation et exerce une force verticale. On suppose que l'avant-bras est une tige homogène d'épaisseur négligeable, de masse 2 kg et de longueur 30 cm. Quelle est la tension dans le muscle ?



Nous prenons l'axe de rotation au coude :

$$(T \cos 30)(1.2) + (19.62 \cos 30)(13.8) - 50(28.8) \cos 30 = 0$$

$$T = \frac{50(28.8) - 19.62(13.5)}{1.2} = 974 \text{ N}$$

P-4. (16 points) Conservation du moment angulaire.

Un étudiant, assis sur un banc de piano, tourne à une vitesse angulaire de 2.95 rev/s. Il tient une masse de 1.25 kg dans chaque bras, étendu à 75.9 cm de l'axe de rotation vertical. Le moment d'inertie combiné de l'étudiant et du banc seuls, sans compter les deux masses, vaut $5.43 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

- A. Si l'étudiant rapproche ses bras, sa vitesse angulaire augmente à 3.54 rev/s. En considérant les masses comme des particules ponctuelles, et en négligeant la masse des bras, à quelle distance de l'axe de rotation se trouvent les masses ? **[10 points]**
- B. Quelle est l'énergie cinétique du système initialement ? **[3 points]**
- C. Quelle est l'énergie cinétique du système à la fin ? **[3 points]**



Le moment d'inertie de l'ensemble est la somme de I_{eb} (élève et banc) et des deux masses.

- A. $(I_{eb} + 2mr_i^2)\omega_i = (I_{eb} + 2mr_f^2)\omega_f \Rightarrow r_f = 34.4 \text{ cm}$
- B. $E_{Ki} = \frac{1}{2} I_i \omega_i^2 = 1180 \text{ J}$
- C. $E_{Kf} = 1420 \text{ J}$

P-5. (11 points) Oscillateur harmonique simple.

Une masse de 250 grammes est attachée à un ressort et effectue un mouvement harmonique simple de fréquence égale à 2.5 cycles par secondes.

- A. Quelle est la constante de rappel du ressort ? **[3 points]**
- B. Sachant que la masse se déplace à une vitesse de 12 cm/s au moment où sa position est de 5 cm, calculez l'énergie mécanique totale du système. **[4 points]**
- C. En négligeant les effets de la friction, déterminez la vitesse maximale de la masse à l'aide du principe de conservation de l'énergie. **[4 points]**

A. $k = m\omega^2 = 61.7 \text{ N/m}$

B. $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = 7.89 \times 10^{-2} \text{ J}$

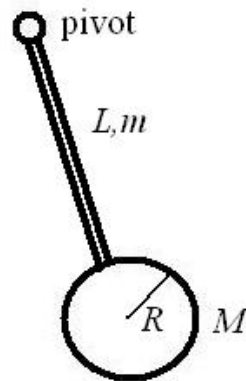
C. $v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 79.5 \text{ cm/s}$

P-6. (17 points) Pendule composé.

La figure ci-dessous représente un pendule composé formé d'un disque uniforme de rayon R et de masse M attaché au bout d'une tige uniforme de longueur L et de masse m . Le système oscille autour du pivot indiqué ci-dessous.

A. Quelle est la période d'oscillation du mouvement ? (*Indices*: pour un pendule composé, $\omega = \sqrt{mgd/I}$. Une table des moments d'inertie est donnée à la page suivante.) **[11 points]**

B. Que vaut la période si $R = 2$ cm, $M = 100$ grammes, $L = 20$ cm et $m = 8$ grammes ? **[6 points]**



A. $I_{\text{tige}} = \frac{1}{3} mL^2$ $I_{\text{disque}} = \frac{1}{2} MR^2$

$$d = \frac{m(L/2) + M(L + R)}{m + M}$$

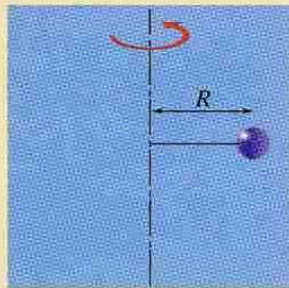
$$I = \frac{1}{3} mL^2 + \frac{1}{2} MR^2 + M(L + R)^2$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{3} mL^2 + \frac{1}{2} MR^2 + M(L + R)^2}{g \left(m \frac{L}{2} + M(L + R) \right)}} = \sqrt{\frac{2mL^2 + 3MR^2 + 6M(L + R)^2}{3g (mL + 2M(L + R))}}$$

B. $T = 0.936$ s

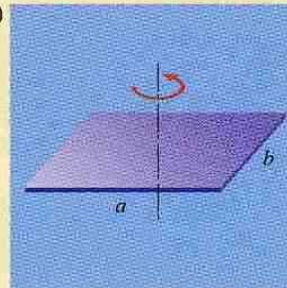
Objet ponctuel tournant sur un cercle de rayon R

$$I = MR^2$$



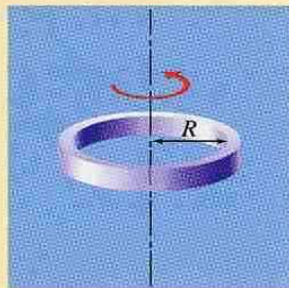
Plaque rectangulaire mince et homogène de côtés a et b tournant autour de son centre

$$I = \frac{1}{12}M(a^2 + b^2)$$



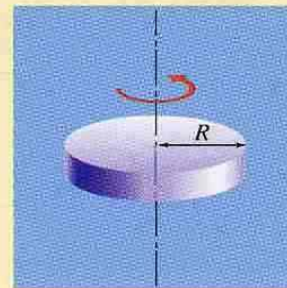
Anneau (ou cylindre creux) de rayon R tournant autour de son centre

$$I = MR^2$$



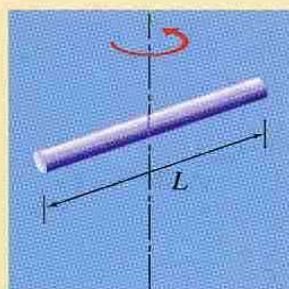
Disque (ou cylindre) plein de rayon R tournant autour de son centre

$$I = \frac{1}{2}MR^2$$



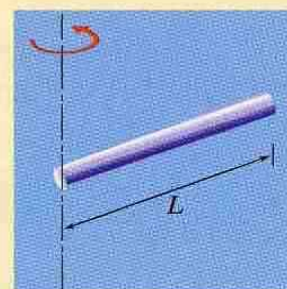
Tige de longueur L tournant autour de son centre

$$I = \frac{1}{12}ML^2$$



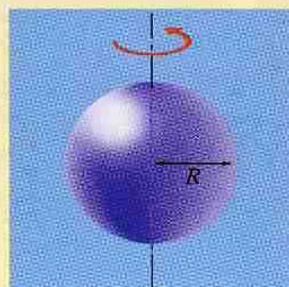
Tige de longueur L tournant autour d'une de ses extrémités

$$I = \frac{1}{3}ML^2$$



Sphère pleine de rayon R tournant autour de son centre

$$I = \frac{2}{5}MR^2$$



Sphère creuse (coquille) de rayon R tournant autour de son centre

$$I = \frac{2}{3}MR^2$$

