Faculté Saint-Jean **automne 2021**
PHYSQ 124 LEC A1 - Particules et ondes **examen partiel 2**

Nom SOLUTIONS

Numéro ______________________________

Professeur Marc de Montigny
Date jeudi 18 novembre 2021, de 8h30 à 9h50
Local local 366

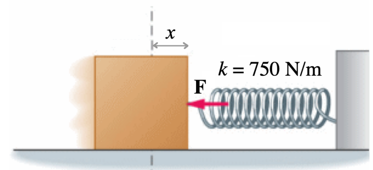
INSTRUCTIONS

- Cet examen contient **5 pages**, incluant celle-ci. Écrivez-y directement vos réponses. Vous pouvez utiliser le verso pour vos calculs; je ne le corrigerai pas, sauf si vous m'indiquez de le faire.
- L'examen contient **7 questions**. Vous pouvez obtenir une partie des points, même si des réponses finales sont erronées, pour 5 questions. Les 2 autres questions n'ont pas de points partiels.
- L'examen contient **20 points** et vaut **20%** de la note finale du cours.
- Examen à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire (une feuille recto-verso) que vous aurez imprimé et complété. Vous perdrez 5/20 si vous y avez inclus des solutions ou si vous ne retournez pas votre aide-mémoire avec l'examen.
- Matériel permis: aide-mémoire, crayon ou stylo, calculatrice (programmable ou graphique aussi permise). Tout autre appareil électronique ou moyen de communication est interdit. Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.

Si quelque chose n'est pas clair, n'hésitez pas à me demander de clarifier!

Question 1. Théorème de l'énergie cinétique [3.5 points]

Initialement, le bloc à droite, de masse $m = 1.2$ kg est au repos et appuyé contre un ressort comprimé de $x = 2.7$ cm à droite de sa position d'équilibre. La surface sous le bloc est lisse. Par la suite, le bloc se déplace vers la position d'équilibre.



(a) Quel est le travail effectué par le ressort sur le bloc entre sa position initiale et l'équilibre?

(b) Quelle est la vitesse du bloc quand il passe à la position d'équilibre?

(c) Le bloc continuera de glisser vers le gauche. À quelle distance, à gauche de la position d'équilibre, le bloc aura-t-il une vitesse de 50 cm/s?

Solutions

(a) $W = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}(750)(0.027)^2 = 0.2734 \approx \boxed{0.27 \text{ J}}$
(b) $W = K_f - K_i = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, d'où $v = \sqrt{2W/m} = \sqrt{2(0.2734)/1.2} = 0.675 \approx \boxed{68 \text{ cm/s}}$
(c) Avec i = position d'équilibre et f = point où $v = 0.50$, on a $W_{\text{ress}} < 0$ et

$$W = -\frac{1}{2}kx^2 = K_f - K_i = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \rightarrow x = \sqrt{\frac{m}{k}(v_i^2 - v_f^2)} = \sqrt{\frac{1.2}{750}(0.675^2 - 0.5^2)} = 0.0181 \approx \boxed{1.8 \text{ cm}}$$

Question 2. Énergie et force non-conservative [4.0 points]

Dans une piscine familiale dont l'eau a une profondeur $h = 132$ cm, un enfant laisse tomber (du repos) une boule de 2.11 kg de la surface de l'eau. L'eau exerce en tout temps une force de résistance de 2.63 N vers le haut. Donnez vos réponses avec *trois chiffres significatifs*.

(a) En prenant $y = 0.00$ m, c.-à-d. le zéro d'énergie potentielle gravitationnelle, au fond de la piscine, quelle est l'énergie totale de la boule à la surface de l'eau?
(b) Quand la boule est tombé de 50.0 cm (depuis la surface), quel travail W_{nc} la résistance de l'eau a effectué?
(c) Quand la boule est tombé de 50.0 cm, quelle est l'énergie potentielle gravitationnelle de la boule?
(d) Quand la boule est tombé de 50.0 cm, quelle est l'énergie cinétique de la boule?
(e) Quand la boule est tombé de 50.0 cm, quelle est l'énergie totale de la boule?

Solutions

(a) $E = K + U_g = 0 + mgh = (2.11)(9.81)(1.32) = \boxed{27.3 \text{ J}}$
(b) $W_{nc} = -Fd = -(2.63)(0.5) = \boxed{-1.32 \text{ J}}$
(c) $U_g = mg(h - d) = (2.11)(9.81)(1.32 - 0.5) = \boxed{17.0 \text{ J}}$
(d) De $\Delta E = W_{nc}$, on obtient

$$K_f + U_f - (K_i + U_i) = W_{nc} \rightarrow K_f = K_i + W_{nc} - (U_f - U_i) = 0 - 1.32 - (17.0 - 27.3) = \boxed{8.98 \text{ J}}$$

(e) $E = K_f + U_f = 17.0 + 8.98 = \boxed{26.0 \text{ J}}$

[suite p. 3...]

Question 3. Impulsion et quantité de mouvement [3.0 points]

Une étudiante de masse égale à 54.0 kg sort du cours de PHYSQ 124 à une vitesse de 1.40 m/s en direction est, quand elle entre en collision avec un étudiant distrait, de sorte que la vitesse finale de l'étudiante est réduite à 1.25 m/s, à 20° au sud de l'est. Quelles sont

(a) la grandeur et
(b) la direction de l'impulsion sur l'étudiante de PHYSQ 124, ainsi que
(c) la grandeur de la force moyenne sur l'étudiante en supposant que l'impact a duré 0.420 s?

Solutions

(a) Avec x en direction est et y vers le nord: la vitesse initiale est $\mathbf{v}_i = (1.4, 0)$ m/s et la vitesse finale est $\mathbf{v}_f = (1.25\cos(20°), -1.25\sin(20°))$ m/s, de sorte que l'impulsion vaut

$$\vec{I} = m\vec{v}_f - m\vec{v}_i = (54)(1.25\cos(20°), -1.25\sin(20°)) - (54)(1.4, 0) = (-12.2, -23.1)\ \mathrm{kg \cdot m/s}$$

La grandeur de $\mathbf{I}$ vaut donc

$$I = \sqrt{(-12.2)^2 + (-23.1)^2} = \boxed{26.1\ \mathrm{kg \cdot m/s}}$$

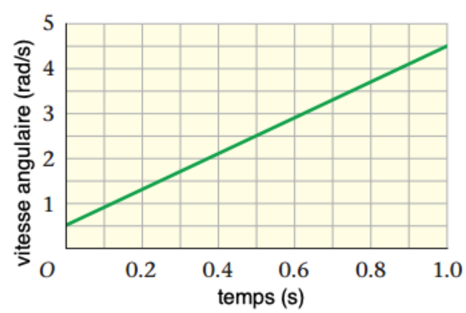
(b) Comme $\mathbf{I} = (-12.2, -23.1)$, l'impulsion pointe vers le sud-ouest avec l'angle

$$\theta = \arctan\frac{-23.1}{-12.2} = \boxed{62.2°\ \text{au sud de l'ouest}}$$

(c) De $I = F_{moy}t$, on calcule

$$F_{moy} = \frac{I}{t} = \frac{26.1}{0.42} = \boxed{62.1\ \mathrm{N}}$$

Question 4. Cinématique de rotation [3.0 points]



Le graphique ci-contre montre la vitesse angulaire ω (en rad/s) en fonction du temps d'un cylindre qui tourne sur lui-même. Déterminez

(a) la vitesse angulaire du cylindre à $t = 1.0$ s,
(b) l'accélération angulaire α du cylindre à $t = 0.4$ s,
(c) combien de tours le cylindre a-t-il complété entre 0.0 et 1.0 s.

Solutions

(a) Directement du graphique, on voit que $\boxed{\omega = 4.5\ \mathrm{rad/s}}$
(b) Partout le long de la droite, α est donnée par la pente:

$$\alpha = \frac{\omega_1 - \omega_0}{t_1 - t_0} = \frac{4.5 - 0.5}{1.0 - 0.0} = \boxed{4.0\ \mathrm{rad/s^2}}$$

(c) On peut calculer l'aire sous la courbe: $1 \times 0.5 + \frac{1}{2}(1.0)(4) = 2.5$ rad, ou utiliser l'équation

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2 = 0 + (0.5)(1) + \frac{1}{2}(4.0)(1)^2 = 2.5\ \mathrm{rad} \times \frac{1\ \text{tour}}{2\pi\ \mathrm{rad}} = \boxed{0.4\ \text{tour}}$$

[suite p. 4...]

Question 5. Cinématique de rotation [1.5 point]

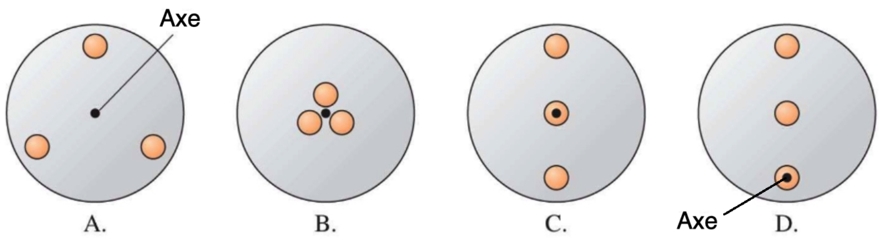
Supposez que l'indicateur de vitesse (ou odomètre) d'un vélo soit ajusté avec certaines roues pour donner la vitesse linéaire du vélo, mais en mesurant la vitesse angulaire des roues. Si on remplace les roues du vélo par des roues de rayon plus petit, quelle sera la lecture de l'odomètre comparée à la vitesse linéaire réelle du vélo? (Une seule réponse est valide; pas de points partiels.)

(a) L'odomètre donnera une vitesse plus petite que la vitesse linéaire réelle du vélo.
(b) L'odomètre donnera une vitesse plus grande que la vitesse linéaire réelle du vélo.
(c) L'odomètre donnera correctement la vitesse linéaire réelle du vélo.
(d) Il manque de l'information pour répondre à la question.

Réponse: (b) (Le rayon plus petit des nouvelles roues donne une vitesse réelle plus petite.)

Question 6. Moment d'inertie [1.5 point]

Quatre plates-formes circulaires de masses négligeables et de rayons égaux ont chacune trois billes lourdes qui leur sont collées, tel que montré ci-dessous. Classez les moments d'inertie I du plus grand au plus petit, pour les axes indiqués par les points et perpendiculaires aux plates-formes. (Une seule réponse est valide; pas de points partiels.)



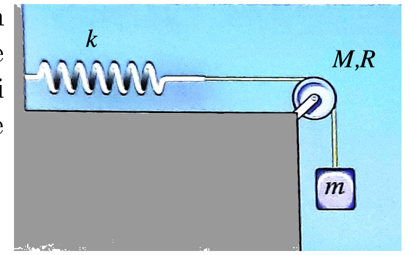
(a) $I_A > I_B > I_C > I_D$
(b) $I_A = I_D > I_C > I_B$
(c) $I_D > I_A > I_C > I_B$
(d) $I_D = I_C > I_A > I_B$
(e) $I_B > I_C > I_A > I_D$

Réponse: (c) $I_D > I_A > I_C > I_B$ Nous calculons approximativement $I_A = 3mr^2$, $I_B = 0$, $I_C = 2mr^2$ et $I_D = mr^2 + m(2r)^2 = 5mr^2$.

[suite p. 5...]

Question 7. Conservation de l'énergie [3.5 points]

Un bloc de masse $m = 4$ kg est attaché à un ressort dont $k = 32$ N/m par un corde légère qui passe –sans glisser– sur une poulie de masse $M = 8$ kg. On considère la poulie comme un disque dont $I = \frac{1}{2}MR^2$. Si ce système part du repos avec le ressort à l'équilibre, quel sera la vitesse du bloc quand il sera tombé de 1 m?



Solutions

La vitesse du bloc et la vitesse angulaire de la poulie sont reliées par $v = \omega R$. Quand le bloc tombe de x, son énergie potentielle gravitationnelle diminue de $\Delta U_g = -mgx$, l'énergie potentielle du ressort augmente de $\Delta U_r = \frac{1}{2}kx^2$ et l'énergie cinétique du bloc et de la poulie change de

$$\Delta K = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}MR^2\right)\left(\frac{v}{R}\right)^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{4}Mv^2 = \frac{1}{2}\left(m + \frac{M}{2}\right)v^2.$$

L'équation $\Delta K + \Delta U$ donne donc

$$\frac{1}{2}\left(m + \frac{M}{2}\right)v^2 + \frac{1}{2}kx^2 - mgx = 0 \to v^2 = \frac{kx^2 - 2mgx}{m + \frac{M}{2}} \to \boxed{v = 2.4 \text{ m/s}}$$

Bonne chance!