PHYSQ 124 LEC A1 : Particules et ondes — **Faculté Saint-Jean**
EXAMEN FINAL — **Automne 2015**

Nom ____________SOLUTIONS________________________

Numéro de l'étudiant.e ________________________________

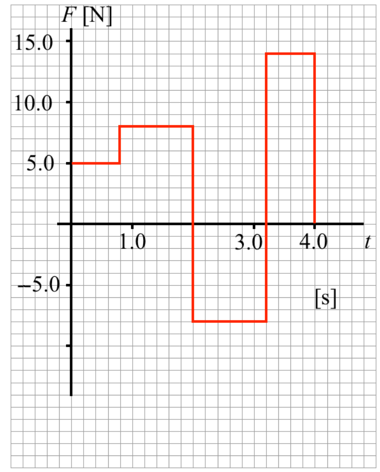
Professeur	Marc de Montigny
Date	Lundi 21 décembre 2015, de 9 h à midi
Lieu	Gymnase de la Faculté Saint-Jean

Instructions

- Ce cahier contient **12 pages**, incluant 3 pages pour vos calculs. Écrivez-y directement vos réponses.
- L'examen compte **35 points** et vaut **35%** de la note finale du cours.
- L'examen contient **15 questions**. Vous pouvez obtenir une partie des points même si votre réponse finale n'est pas correcte.
- L'examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire (une feuille recto-verso) que vous aurez complété. Vous perdrez 7/35 si vous ne retournez pas cet aide-mémoire avec l'examen ou si vous y avez inclus des solutions.
- Matériel permis: aide-mémoire, crayons ou stylos, calculatrices (programmables et graphiques permises). Tout autre appareil électronique ou moyen de communication est interdit. Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.

Si quelque chose n'est pas clair, dites-le moi !

Question 1. [2.5 points] **Théorème de l'impulsion**



Le graphique de droite montre la force F qui agit sur un objet de masse $m = 0.25$ kg en fonction du temps t.

A. Quelle est l'impulsion causée par cette force entre $t = 0.0$ et 4.0 s?

B. Si à $t = 0.0$ s, cet objet a une vitesse de 43 m/s, quelle sera sa quantité de mouvement à $t = 4.0$ s ?

C. Quelle sera sa vitesse à $t = 4.0$ s ?

Solutions

A. I = aire sous la courbe : $(0.8)(5)+(1.2)(8)+(1.2)(-8)+(0.8)(14)=$ 15 N·s

B. $p_f - p_i = I$ donne $p_f = p_i + I = (0.25)(43)+15=$ 26 N·s

C. $v = \dfrac{p}{m} = \dfrac{26}{0.25} =$ 104 m/s

Question 2. [3.0 points] **Conservation de la quantité de mouvement**

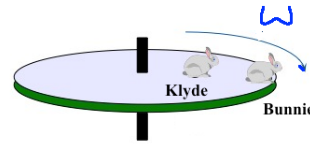
Un objet de masse 50.0 kg se déplace à 3.20 m/s dans la direction x d'un plan x-y. Soudain, cet objet se brise en deux morceaux: le premier a une masse de 20.0 kg et se déplace à 2.50 m/s à 60.0° au-dessus de l'axe x. Quelle est la vitesse vectorielle (grandeur et direction) du second morceau ?

Solution

Conservation de **P** : $\sum P_x : mv_x = m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x}$ et $\sum P_y : 0 = m_1 v_{1y} + m_2 v_{2y}$ donnent respectivement $v_{2x} = \dfrac{mv_x - m_1 v_{1x}}{m_2} = \dfrac{(50)(3.2)-(20)(2.5\cos 60°)}{30} = 4.50$ m/s

et $v_{2y} = -\dfrac{m_1 v_{1y}}{m_2} = -\dfrac{(20)(2.5\sin 60°)}{30} = -1.44$ m/s. Le vecteur vitesse $(4.50, -1.44)$ m/s a comme grandeur et direction 4.72 m/s à 17.7° sous l'axe x.

Question 3. [1.0 point] Cinématique de rotation



Bunnie est située à la circonférence d'une plate-forme circulaire qui tourne à vitesse angulaire constante ω et Klyde se trouve à mi-chemin entre Bunnie et le centre du cercle.

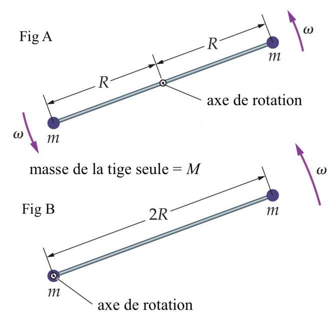
A. La vitesse angulaire de Klyde est-elle plus petite, égale ou plus grande que celle de Bunnie ?

B. La vitesse tangentielle de Klyde est-elle plus petite, égale ou plus grande que celle de Bunnie ?

Réponses

A. égale B. plus petite

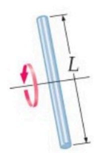
Question 4. [3.0 points] Moment d'inertie



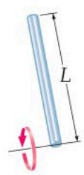
Considérez une tige de longueur $2R$ et de masse M au bout de laquelle sont attachées deux masses ponctuelles de masse m chacune. En vous aidant du tableau ci-dessous, calculez en termes de m, M et R, le moment d'inertie total de ce système (en additionnant les moments d'inertie) pour l'axe de rotation :

A. au milieu de la tige (Figure A), et

B. à un bout de la tige (Figure B).



Long thin rod
(axis through midpoint)
$I = \frac{1}{12}ML^2$



Long thin rod
(axis at one end)
$I = \frac{1}{3}ML^2$

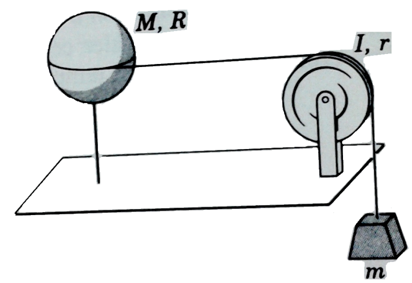
Solutions

A. $$2I_{\text{point}} + I_{\text{tige}} = 2mR^2 + \frac{1}{12}M(2R)^2 = \left(2m + \frac{M}{3}\right)R^2$$

B. $$I_{\text{point}} + I_{\text{tige}} = m(2R)^2 + \frac{1}{3}M(2R)^2 = 4R^2\left(m + \frac{M}{3}\right)$$

Question 5. [3.0 points] **Conservation de l'énergie et rotation**

Une sphère pleine homogène de masse M et de rayon R peut tourner autour d'un axe vertical sans frottement. Autour de son équateur, on enroule une corde fine qu'on relie à un bloc de masse m et qui passe par une poulie de moment d'inertie I et de rayon r. Si ce système part du repos, quelle sera la vitesse (en termes de m, M, I, r, h et g) du bloc après avoir tombé d'une hauteur h ? Prenez $I_{\text{sphère}} = \frac{2}{5}MR^2$.



Solution

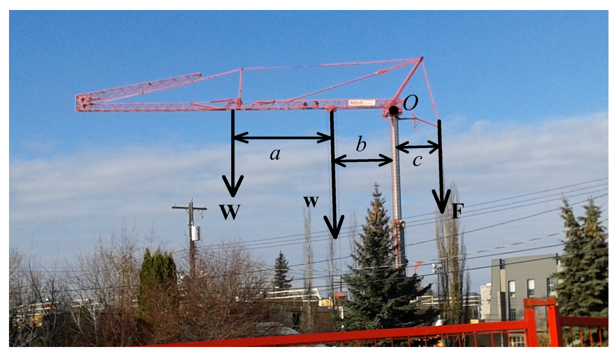
En appliquant la conservation de l'énergie, on trouve

$\Delta K + \Delta U = 0$, $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{2}{5}MR^2\right)\frac{v^2}{R^2} + \frac{1}{2}I\frac{v^2}{r^2} - mgh = 0$. En isolant v, on trouve

$$v = \sqrt{\frac{mgh}{\frac{1}{2}m + \frac{1}{5}M + \frac{I}{2r^2}}}$$

Question 6. [2.0 points] **Équilibre statique**

Le 4 novembre dernier, j'ai pris cette photo de la grue (*crane*) près de la Faculté. Supposez qu'elle supporte un poids externe w = 9000 N et que son poids vale W = 12000 N. Si a = 5.9 m, b = 4.1 m et c = 2.8 m, calculez la force **F** du contrepoids qui maintient la grue en équilibre. Toutes les forces sont verticales.

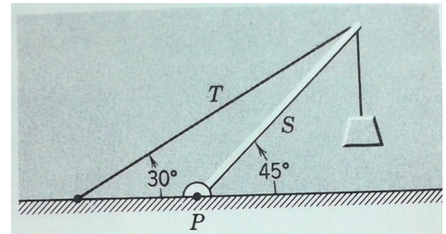


Solution

$(a+b)W + bw - cF = 0$ donne

$$F = \frac{(a+b)W + bw}{c} = \frac{(5.9+4.1)12000 + (4.1)9000}{2.8} = 5.6\times10^4\ \text{N}.$$

Question 7. [3.5 points] **Équilibre statique**



La figure de droite montre une poutre uniforme S de masse 45.0 kg en équilibre. Le point P est le pivot. Un bloc de 230 kg est suspendu à l'extrémité de S. Cette extrémité est retenue par un câble de tension T.

A. Quelle est la valeur de T ?
B. Quelle est la composante horizontale F_h de la force au pivot ?
C. Quelle est la composante verticale F_v de la force au pivot ?

Solutions

A. Il y a 15° entre le câble et la poutre. Avec l'axe au point P, on obtient

$$\sum \tau = \ell T \sin 15° - \frac{\ell}{2}(45g)\cos 45° - \ell(230g)\cos 45° = 0 \text{ donne}$$

$$T = \frac{\frac{1}{2}(45g)\cos 45° + (230g)\cos 45°}{\sin 15°} = 252.5g\frac{\cos 45°}{\sin 15°} = 6770 \text{ N}$$

B. $\sum F_x = F_h - T\cos 30° = 0$ donne $F_h = 6770\cos 30° = 5860 \text{ N}$

C $\sum F_y = F_v - T\sin 30° - 230g - 45g = 0$, $F_v = T\sin 30° + 230g + 45g = 6080 \text{ N}$

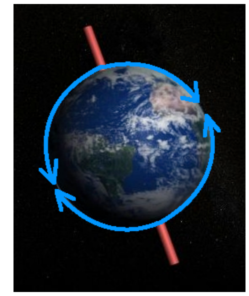
Question 8. [1.5 point] **Dynamique de rotation**

Le film *The Walk* porte sur l'exploit du funambule Philippe Petit qui, le 7 août 1974, a traversé un fil tendu entre les deux tours du World Trade Center, à New York. Pourquoi les funambules utilisent-ils une perche longue ? (*Indice:* on désire avoir $\alpha \approx 0$)

Solution

$I \propto L^2$ et $\alpha = \dfrac{\tau}{I}$ impliquent qu'une longue perche mènera à une accélération angulaire plus petite.

**Question 9. [2.0 points]	Moment angulaire**



Le 11 décembre 2015, Mathieu Dumberry (*Physics*, U of A) et ses collègues ont publié un article décrivant l'influence de la fonte des glaciers, qui fera que la masse de la Terre sera déplacée des pôles vers l'équateur (figure de droite).

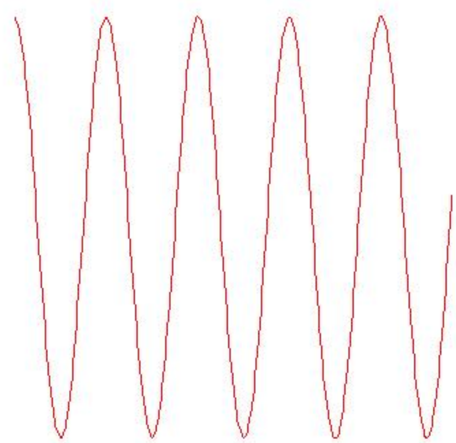
A.	Est-ce que le moment d'inertie I de la Terre va ainsi augmenter, diminuer ou rester le même ?
B.	Est-ce que la Terre tournera plus vite ou moins vite ?
C.	Les journées seront un peu plus longues ou plus courtes ?

Réponses

A.	De $I = \sum mr^2$, I va augmenter car l'ensemble des r va augmenter.
B.	De $I_i\omega_i = I_f\omega_f$, la Terre tournera moins vite.
C.	Les journées seront un peu plus longues.

**Question 10. [3.0 points]	Oscillateur harmonique simple**

Vous attachez un bloc de 150 grammes à un ressort de constante k = 20.0 N/m. Vous tirez sur le bloc puis, à t = 0, vous lâchez la masse quand le ressort est étiré de 9.00 cm. La position de la masse en fonction du temps est illustrée à droite.

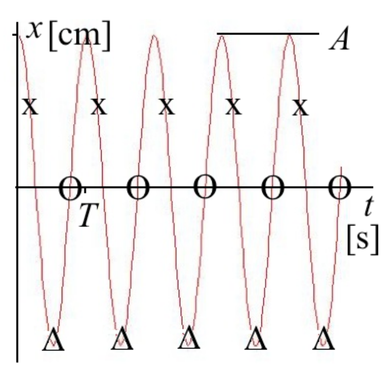


A.	Que vaut la période T ?
B.	Tracez les axes en indiquant les échelles et les unités horizontale et verticale ?
C.	Sur la courbe, indiquez par X les points où le bloc est à la position x = 4.50 cm et se déplace vers la gauche.
D.	Sur la courbe, indiquez par des cercles les points où le bloc se déplace à vitesse maximale vers la droite.
E.	Sur la courbe, indiquez par des triangles les points où le bloc a une accélération maximale vers la droite.

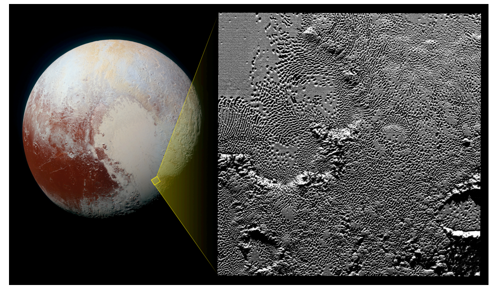
Solutions

A.	$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}} = 0.544\ \text{s}$

B-E	A = 9.00 cm



Question 11. [2.0 points] **Pendule simple**



Le 14 juillet 2015, la sonde spatiale *New Horizons* a survolé la planète naine Pluton (photo diffusée par la NASA le 10 décembre), dont la constante gravitationnelle ne vaut que $g = 0.620\ \text{m/s}^2$.

A. Un pendule ayant une longueur de 35.0 cm oscillerait-il plus ou moins vite à la surface de cette comète que sur Terre ?

B. Quelle serait sa période T sur la Terre ?

C. Quelle serait sa période T sur Pluton?

Solutions

A. $\omega = \sqrt{\dfrac{g}{\ell}}$ avec un g plus petit, ça oscillerait moins vite

B. $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{g}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{0.35}{9.81}} = 1.19\ \text{s}$

C. $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{0.350}{0.620}} = 4.72\ \text{s}$

Question 12. [2.0 points] **Ondes sur une corde**

Une corde de 92.0 cm a une masse de 1.05 g. On lui attache un bloc de masse 12.5 g pour créer une tension. On agite cette corde avec une fréquence de 22.0 Hz.

A. Quelle est la vitesse de l'onde dans cette corde ?

B. Quelle est la période d'oscillation ?

C. Quelle est la longueur d'onde ?

Solutions

A. $v = \sqrt{\dfrac{F}{\mu}} = \sqrt{\dfrac{m_b g L}{m_c}} = \sqrt{\dfrac{(0.0125)g(0.92)}{(0.00105)}} = 10.4\ \text{m/s}$

B. $T = \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{22} = 4.55\times10^{-2}\ \text{s}$.

C. $\lambda = \dfrac{v}{f} = 47.1\ \text{cm}$

Question 13. [2.0 points] **Niveau d'intensité sonore**

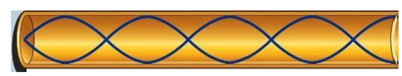
Dans un cours de physique, une étudiante chuchote avec un niveau de 65.0 décibels, pendant que le prof parle à un niveau de 70.0 décibels. Quelle est le niveau d'intensité total, en décibels ?

Solution

De $\beta = 10\log\frac{I}{I_0}$ et $I = I_0 10^{\beta/10}$ on obtient

$$\beta_{total} = 10\log\frac{I_1 + I_2}{I_0} = 10\log\left(10^{\beta_1/10} + 10^{\beta_2/10}\right) = 10\log\left(10^{6.5} + 10^{7}\right) = \text{71.2 décibels}$$

Question 14. [2.5 points] **Ondes stationnaires dans un tuyau**



On place un générateur d'ondes proche d'un tuyau de longueur égale à 160 cm et on ajuste la fréquence pour obtenir la configuration d'onde stationnaire montrée à droite. La vitesse du son vaut 343 m/s.

A. Quelle fréquence produit l'onde ci-dessous ?
B. Quelle est la fréquence fondamentale dans ce tuyau ?
C. Quelle est la fréquence de l'harmonique suivant l'onde montrée à la figure ?

Solutions

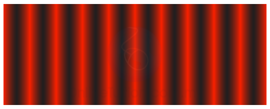
A. La figure montre que $n = 9$. $f_9 = \frac{9v}{4L} = \frac{9(343)}{4(1.60)} =$ 482 Hz

B. $f_1 = \frac{1}{9} f_9 =$ 53.6 Hz

C. Attention, n est impair. Donc, l'harmonique suivant a $f_{11} = 11 f_1 =$ 589 Hz

Question 15. [2.0 points] **Interférence à deux fentes de Young**

On observe un patron d'interférence de Young sur un écran situé à 1.50 m des deux fentes, avec un laser de longueur d'onde 632 nm. Le troisième maximum ($m = 3$) est à 1.6 cm du maximum central. Quelle est la distance entre les deux fentes ?



Solutions

$d\sin\theta = m\lambda$ et $y = L\tan\theta$ donnent $\tan\theta = \frac{y}{L} = \frac{1.6}{150}$ d'où $\theta = 0.6111°$, ce qui donne

$$d = \frac{m\lambda}{\sin\theta} = \frac{3\left(6.32\times10^{-7}\right)}{\sin\left(0.6111°\right)} = 1.78\times10^{-4} \text{ m ou } 0.178 \text{ mm}$$

Page vide pour vos calculs

Bonnes vacances !
Marc de Montigny

Page vide pour vos calculs – vous pouvez la détacher

Page vide pour vos calculs – vous pouvez la détacher