Faculté Saint-Jean **Automne 2018**

PHYSQ 124 LEC A1 - Particules et ondes **Examen partiel**

Nom SOLUTIONS

Numéro d'étudiant.e ______________________

Professeur Marc de Montigny

Date Jeudi 18 octobre 2018, de 8h30 à 9h50

Local local 366

INSTRUCTIONS

- Ce cahier contient 5 pages. 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 **25 points** et il vaut **25%** de la note finale du cours.
- L'examen contient **6 questions**. Sauf pour la question 3, vous pouvez obtenir une partie des points même si votre réponse finale est erronée.
- Examen à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire (une feuille recto-verso) que vous aurez complété. Vous perdrez 5/25 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. 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. Chute libre [3.0 points]

Le plus haut jet d'eau du monde est la fontaine du roi Fahd, à Djeddah (Arabie Saoudite). Montré ci-dessous, ce jet d'eau peut atteindre une hauteur de 312 m. Négligez la friction de l'air.
(a) Quelle est la vitesse initiale de l'eau, c.-à-d. au niveau du sol, pour atteindre $h_{\text{max}} = 312$ m?
(b) Quelle est la durée de l'aller-retour de l'eau (c.-à-d. du sol à h_{max} de retour au sol)?

$\boxed{\text{Solutions}}$ (a) La vitesse est décrite par $v^2 = v_0^2 - 2gy$ avec $v = 0$ pour $y = h_{max}$, qui donne

$$v_0 = \sqrt{2gh_{max}} = \sqrt{2(9.81)(312)} = \boxed{78.2 \text{ m/s}}$$

(b) La position de l'eau est décrite par $y = y_0 + v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$. Pour le départ et le retour au sol ($y = y_0 = 0$) nous avons $0 = t\left(v_0 - \frac{1}{2}gt\right)$ d'où $t_1 = 0$ s (solution triviale) et

$$t_2 = \frac{2v_0}{g} = \frac{2(78.2)}{9.81} = \boxed{15.9 \text{ s}}$$

Question 2. Vitesse relative [4.0 points]

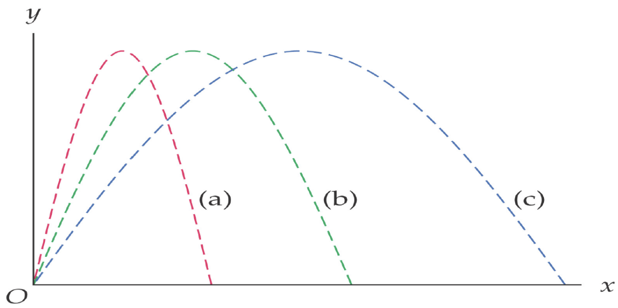
La ville de Prince Albert, en Saskatchewan, est située à 565 km à l'est de la ville d'Emonton. On veut s'y rendre à l'aide d'un avion qui peut voler à une vitesse de 620 km/h dans l'air au repos. Si un vent a une vitesse constante de 50 km/h à 30° au nord de l'est,
(a) dans quelle direction l'avion doit-il pointer, par rapport au vent, pour voler en ligne droite d'Edmonton à Prince Albert?
(b) Combien de temps sera nécessaire pour atteindre Prince Albert?

$\boxed{\text{Solutions}}$ (a) On veut que $\mathbf{v}_{AS} = (v_{AS}, 0)$. $\mathbf{v}_{AV} = \mathbf{v}_{AS} - \mathbf{v}_{VS} = (v_{AS}, 0) - (50\cos(30°), 50\sin(30°))$ donne $v_{AVy} = 620\sin\theta = -50\sin(30°)$ d'où $\boxed{\theta = -2.3°}$. On voit aussi que $v_{AVx} = 620\cos\theta = v_{AS} - 50\cos(30°)$, d'où
(b) $v_{AS} = 620\cos(-2.3°) + 50\cos(30°) = 663$ km/h vers l'est, donc $t = d/v_{AS} = 565/663 = 0.852$ h ou $\boxed{51 \text{ min}}$.

suite à la page suivante...

Question 3. Mouvement d'un projectile [2.5 points]

Étant donné les trois trajectoires de chute libre ci-dessous, comparez leurs temps de vol respectifs.



Réponse $\boxed{\text{Temps de vol égaux}}$ car ils ont la même hauteur maximale et le temps de vol dépend seulement du mouvement vertical.

Question 4. Deuxième loi de Newton [5.0 points]

À $t = 0$ s, un bateau de 325 kg vogue à 15.0° au nord de l'est avec une vitesse de 2.00 m/s. À $t = 30$ s, le même bateau a une vitesse de 4.00 m/s à 35.0° au nord de l'est. Entre $t = 0$ et 30 s, le bateau est soumis à l'action de trois forces *constantes* : (1) la force du vent $\mathbf{F}_V$ (à calculer), (2) la force du moteur $\mathbf{F}_M$ de 31.0 N à 15.0° au nord de l'est et (3) la résistance de l'eau $\mathbf{F}_E$ de 23.0 N à 15.0° au sud de l'ouest. Quelles sont *la grandeur et la direction* (par rapport à l'est) de la force du vent $\mathbf{F}_V$?

Solution

$\sum \mathbf{F} = \mathbf{F}_V + \mathbf{F}_M + \mathbf{F}_E = m\mathbf{a}$ donne $\mathbf{F}_V = m\mathbf{a} - \mathbf{F}_M - \mathbf{F}_E$, où nous savons que $\mathbf{F}_M = (31.0\cos(15°), 31.0\sin(15°))$ N et $\mathbf{F}_E = (-23.0\cos(15°), -23.0\sin(15°))$ N. L'accélération (constante) est donnée par

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{v} - \mathbf{v}_0}{t} = \frac{(4.00\cos(35°), 4.00\sin(35°)) - (2.00\cos(15°), 2.00\sin(15°))}{30} = \left(4.48 \times 10^{-2}, 5.92 \times 10^{-2}\right)$$

Nous obtenons ainsi

$$\begin{aligned} \mathbf{F}_V &= 325\left(4.48 \times 10^{-2}, 5.92 \times 10^{-2}\right) - (31.0\cos(15°), 31.0\sin(15°) - (-23.0\cos(15°), -23.0\sin(15°)) \\ &= (6.83, 17.2)\ \text{N} \end{aligned}$$

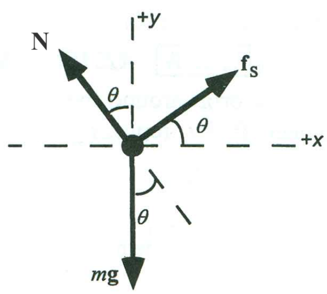
ce qui donne que $\boxed{\mathbf{F}_V \text{ vaut 18.5 N à 68.3° au nord de l'est.}}$

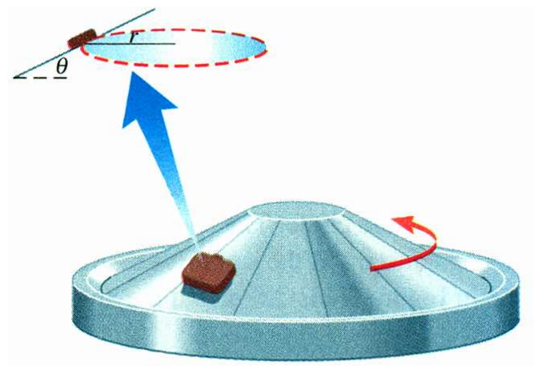
suite à la page suivante...

Question 5. Mouvement circulaire [5.5 points]

La figure ci-dessous illustre un carrousel à bagages dans un aéroport. Une valise de masse $m = 25.0$ kg a tout juste cesser de glisser et tourne à vitesse constante v autour d'un cercle de rayon $r = 12.0$ m. Prenez $\theta = 36.0°$. Les coefficients de friction cinétique et statique entre la valise et le carrousel valent respectivement $\mu_k = 0.450$ et $\mu_s = 0.760$. On veut calculer la vitesse maximale v avant que la valise ne glisse vers le bas.

(a) Sur le petit schéma du haut, indiquez la direction de l'accélération centripète $\mathbf{a}_{cp}$.
(b) Faites un diagramme des forces exercées sur la valise.
(c) Avec l'axe x dans la direction de $\mathbf{a}_{cp}$, écrivez les deux composantes de la deuxième loi de Newton.
(d) Trouvez l'expression algébrique de la vitesse v en termes des variables (possibles) m, r, g, θ et du μ approprié.
(e) Calculez la valeur numérique de v.





Solutions

(a) $\boxed{\mathbf{a}_{cp} \text{ pointe vers la droite}}$

(b) Voir ci-dessus à gauche

(c) On utilise f_s^{max} car la valise ne glisse pas sur le carrousel, mais elle est sur le point de glisser vers le bas. Newton 2 donne

$$\boxed{f_s \cos\theta - N \sin\theta = ma_{cp}, \qquad N\cos\theta + f_s \sin\theta - mg = 0}$$

(d) En utilisant $f_s^{max} = \mu_s N$ et $a_{cp} = \frac{v^2}{r}$,

$$\mu_s N \cos\theta - N\sin\theta = m\frac{v^2}{r}, \qquad N\cos\theta + \mu_s N \sin\theta - mg = 0$$

La seconde équation donne $N = \frac{mg}{\cos\theta + \mu_s \sin\theta}$ que l'on remplace dans la première équation,

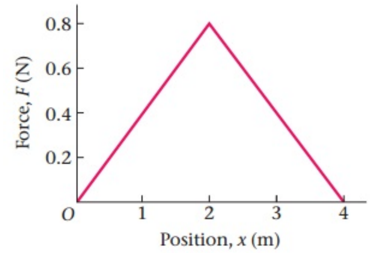
$$\boxed{v = \sqrt{\frac{rg\,(\mu_s\cos\theta - \sin\theta)}{\mu_s \sin\theta + \cos\theta}}}$$

(e) Avec $r = 12.0$ m, $g = 9.81$ m/s^2, $\mu_s = 0.760$ et $\theta = 36.0°$, on calcule $\boxed{v = 1.59 \text{ m/s}}$

suite à la page suivante...

Question 6. Théorème de l'énergie cinétique [5.0 points]

Le graphique ci-dessous montre la force totale F sur un objet de masse égale à 160 g en fonction de la position x.
(a) Quel est le travail effectué sur l'objet entre $x = 1$ et 4 m?
(b) Si la vitesse de l'objet est égale à $+3.4$ m/s à la position $x = 1$, quelle sera sa vitesse à $x = 4$ m?
(c) Quelle est la vitesse de l'objet à l'origine, $x = 0$ m ?



$\boxed{\text{Solution}}$

(a) L'équation de la droite entre $0 < x < 2$ m est $F = 0.4x$. W est l'aire sous la courbe: $W = \left[\frac{1}{2}(2)(0.8) - \frac{1}{2}(1)(0.4)\right] + \frac{1}{2}(2)(0.8) = \boxed{1.4 \text{ J}}$
(b) Du théorème de l'énergie cinétique, nous avons $K_f = K_i + W$ qui donne

$$v_f = \sqrt{v_i^2 + \frac{2W}{m}} = \sqrt{(3.4)^2 + \frac{2(1.4)}{0.16}} = \boxed{5.4 \text{ m/s}}$$

(c) Comme F est positive, W est positif pour un déplacement vers la droite, ce qui implique que la vitesse augmente avec x et diminue vers la gauche. En partant de $x = 1$ m, on soustrait un triangle d'aire $W = \frac{1}{2}(1)(0.4) = 0.2$, pour obtenir $v_0 = \sqrt{3.4^2 - \frac{2(0.2)}{0.16}} = \boxed{3.0 \text{ m/s}}$

Bonne chance!