

Nom

SOLUTIONS

Numéro d'étudiant.e

Professeur

Marc de Montigny

Date

Jeudi 19 octobre 2017, de 8h30 à 9h50

Local 366

INSTRUCTIONS

- Ce cahier contient 5 pages. Écrivez-y directement vos réponses. Vous pouvez utiliser le verso pour vos calculs. **Je ne le corrigera 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 **7 questions**. 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. Mouvement relatif [2.5 points]

À un moment donné, deux bateaux s'approchent d'une marina. Le bateau 1 se déplace par rapport au bateau 2 à 2.15 m/s à 42.0° à l'est du nord. Si le bateau 1 se déplace à 0.825 m/s vers le nord par rapport au sol, quelles sont la *grandeur* et la *direction* du bateau 2 par rapport au sol?

Solution

La relation entre les vitesses nous donne (nord dans la direction y et est dans la direction x)

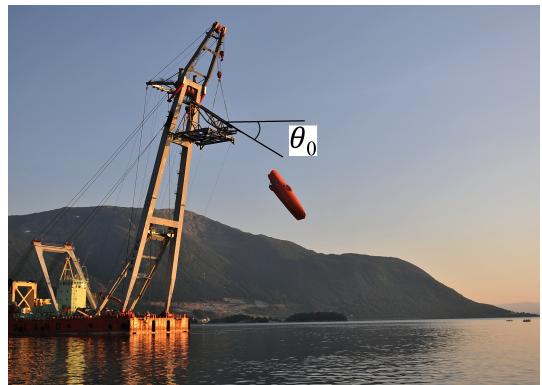
$$\mathbf{v}_{2s} = \mathbf{v}_{21} + \mathbf{v}_{1s} = -\mathbf{v}_{12} + \mathbf{v}_{1s} = -(2.15 \sin 42.0^\circ \mathbf{x} + 2.15 \cos 42.0^\circ \mathbf{y}) + (0.825 \mathbf{y}) = (-1.44, -0.773)$$

d'où $\boxed{\mathbf{v}_{2s} = 1.63 \text{ m/s à } 28.2^\circ \text{ au sud de l'ouest.}}$

Question 2. Chute libre à deux dimensions [4.0 points]

En mai 2013, le bateau de sauvetage à chute libre (ou *freefall lifeboat*) FF1200 de la compagnie Umoe Schat-Harding a battu un record en tombant d'une hauteur de 65.1 m. Ce bateau peut contenir jusqu'à 70 personnes. Supposez que l'angle de sa vitesse initiale \mathbf{v}_0 au bout de la rampe valait 40.0° sous l'horizontale. Si le temps de vol valait 3.20 s,

- quelle était la grandeur de la vitesse initiale, et
- à quelle distance horizontale de la rampe l'embarcation a-t-elle touché l'eau?



Solutions

(a) La hauteur y est donnée par $y = y_0 + v_0 \sin \theta_0 t - \frac{1}{2}gt^2$, avec $y_0 = 65.1 \text{ m}$, $t = 3.2 \text{ s}$ et $\theta_0 = -40^\circ$. On isole donc v_0 pour trouver $v_0 = \frac{-1}{\sin \theta_0 t} (y_0 - y - \frac{1}{2}gt^2) = \frac{-1}{(\sin(-40^\circ))3.2} (65.1 - \frac{1}{2}(9.81)(3.2)^2) = \boxed{7.23 \text{ m/s}}$

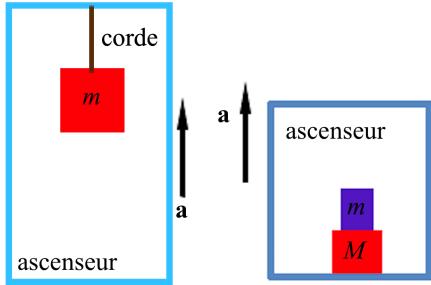
(b) La position horizontale x est donnée par $x = v_0 \cos \theta_0 t = (7.23)[\cos(40)][3.2] = \boxed{17.7 \text{ m}}$

suite à la page suivante...

Question 3. Lois de Newton [3.5 points]

Les deux figures ci-dessous représentent un ascenseur qui accélère vers le haut à une accélération a . L'ascenseur de gauche contient un bloc de masse m relié au plafond par une corde de masse négligeable. L'ascenseur de droite contient un bloc de masse m sur un bloc de masse M qui est sur le plancher de l'ascenseur.

- Pour la figure de gauche, quelle est la tension dans la corde, en termes de m , g et a ?
- Pour la figure de droite, quelle est la force de contact entre les blocs, en termes de m , M , g et a ?
- Pour la figure de droite, quelle est la force de contact entre le bloc inférieur et le plancher, en termes de m , M , g et a ?



Solutions

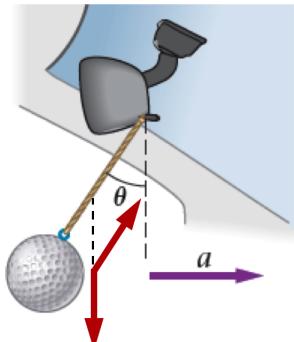
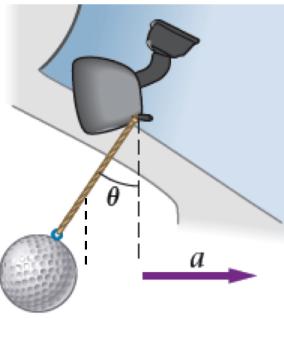
- Le bloc subit deux forces : la tension \mathbf{T} vers le haut et son poids mg vers le bas. La loi de Newton donne : $T - mg = ma$ d'où $T = m(g + a)$.
- Le bloc de masse m subit l'action de deux forces: la force de contact (ou normale) par M , \mathbf{N}_{mM} vers le haut, et son poids mg vers le bas. La loi de Newton donne : $N_{mM} - mg = ma$ d'où la force entre les deux blocs: $N_{mM} = m(g + a)$.
- Le bloc de masse M subit l'action de trois forces: la force de contact (ou normale) par m , \mathbf{N}_{Mm} et son poids Mg vers le bas, et la force normale par le plancher \mathbf{N}_{MP} vers le haut. La loi de Newton donne $N_{MP} - N_{Mm} - Mg = Ma$, et comme $N_{Mm} = N_{mM}$, on obtient $N_{MP} = N_{Mm} + Mg + Ma = m(g + a) + M(g + a)$ et la force par le plancher: $N_{MP} = (M + m)(g + a)$.

suite à la page suivante...

Question 4. Lois de Newton [4.0 points]

Initialement, une auto *recule* à une vitesse de 15.0 km/h. Soudain, on applique les freins pour arrêter sur une distance de 4.60 m. Pendant la décélération (supposée constante), une balle de golf attachée au rétroviseur de l'auto pendille vers l'arrière. La balle a une masse de 46.0 grammes.

- (a) Quel est la grandeur de l'accélération?
- (b) Quel est l'angle entre la corde et la verticale pendant la décélération?
- (c) Quel est la tension dans la corde pendant la décélération?
- (d) Quel est la tension dans la corde quand l'auto et la balle sont arrêtées?



Solutions

- (a) La valeur de l'accélération est donnée par $v^2 = v_0^2 + 2ax$ d'où $a = \frac{v^2 - v_0^2}{2x} = \frac{0 - (15 \times \frac{1000}{3600})^2}{2 \times 4.6} = -1.887 \text{ m/s}^2$. La grandeur est donc $a = 1.89 \text{ m/s}^2$. (Nous n'utiliserons pas le - par la suite.)
- (b) La figure ci-dessus à droite illustre les forces: la tension dans la corde (vers le haut à droite) et le poids (vers le bas). Les lois de Newton donnent $T \sin \theta = ma$ et $T \cos \theta - mg = 0$. En divisant ces équations, on trouve $\tan \theta = \frac{a}{g}$ et $\theta = 10.9^\circ$.
- (c) De $T \cos \theta = mg$, on calcule $T = \frac{mg}{\cos \theta} = 0.460 \text{ N}$.
- (d) Avec le système au repos la corde est vertical et $T = mg = 0.451 \text{ N}$.

Question 5. Friction [4.0 points]

Un bloc de masse égale à 245 g repose sur un plan incliné de 27.0° . Les coefficients de friction cinétique et statique entre le bloc et le plan valent $\mu_k = 0.315$ et $\mu_s = 0.590$ respectivement.

- (a) Le bloc glisse-t-il ou reste-t-il au repos?
- (b) Quelle est la grandeur de la force de friction?

Solutions

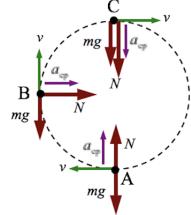
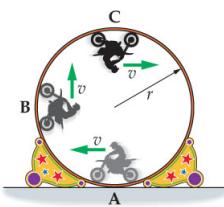
- (a) Les composantes parallèles au plan donnent $mg \sin \theta - f = ma$ (si $a \neq 0$ est vers le bas) et les composantes perpendiculaires, $N = mg \cos \theta$. $f_{s,max} = \mu_s N = \mu_s mg \cos \theta$. Si le bloc ne glisse pas, $a = 0$ et on a $f_s = mg \sin \theta$, donc pour l'angle maximal on a $f_{s,max} = \mu_s mg \cos \theta = mg \sin \theta$ d'où $\tan \theta_{max} = \mu_s$ qui donne $\theta_{max} = \tan^{-1} 0.590 = 30.5^\circ$. Vu que $27.0^\circ < \theta_{max}$, le bloc reste au repos.
- (b) $f_s = mg \sin \theta = (0.245)(9.81) \sin 27.0^\circ = 1.09 \text{ N}$.

suite à la page suivante...

Question 6. Mouvement circulaire [3.5 points]

Dans un cirque, une personne en motocyclette se déplace à vitesse constante v à l'intérieur d'une piste circulaire verticale de rayon R , tel qu'illustré ci-dessous. La masse totale de la personne et de la motocyclette vaut M . Quelle est la force normale exercée par la voie sur la motocyclette :

- (a) au point A?
- (b) au point B?
- (c) au point C?



Solutions

(a) Avec la figure de droite, on voit que $\sum F_y = N - Mg = \frac{Mv^2}{R}$ qui donne
$$N = M \left(\frac{v^2}{R} + g \right)$$

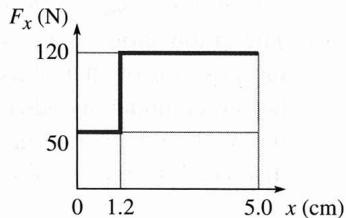
(b)
$$\sum F_x = N = \frac{Mv^2}{R}$$

(c)
$$\sum F_y = -N - Mg = -\frac{Mv^2}{R}$$
 qui donne
$$N = M \left(\frac{v^2}{R} - g \right)$$

Question 7. Travail et énergie [3.5 points]

Le graphique ci-dessous représente approximativement la grandeur de la force F_x en fonction de la position x qui doit être exercée par un marteau sur un clou qui entre dans un mur. La première partie est une cloison sèche (*drywall* en anglais), plus molle, de 1.2 cm, et la seconde partie est plus rigide.

- (a) Combien de travail est effectué par le marteau sur le clou sur une distance de 5.0 cm dans le mur?
- (b) Sachant que le clou est initialement au repos, est-il possible de calculer la vitesse après qu'il ait parcouru 5.0 cm? Expliquez brièvement.



Solutions

(a) Le travail est donné par l'aire de la surface sous la courbe: $(0.012 \text{ m})(50 \text{ N}) + (0.05 - 0.012 \text{ m})(120 \text{ N}) = 5.16 \approx 5.2 \text{ J}$

(b) Non, car F_x n'est pas la force totale et nous ne pouvons pas calculer $W_{total} = K_f - K_i$.
(Il faudrait connaître aussi la fonction de la résistance par le mur.)

Bonne chance!