

PHYSQ 124 LEC A1 : Particules et ondes
Examen partiel 1
Automne 2011

Nom **SOLUTIONS**

Numéro d'étudiant _____

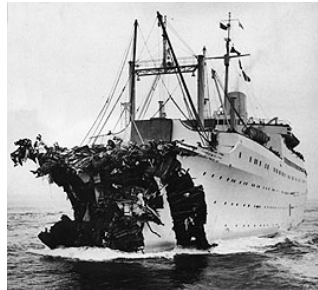
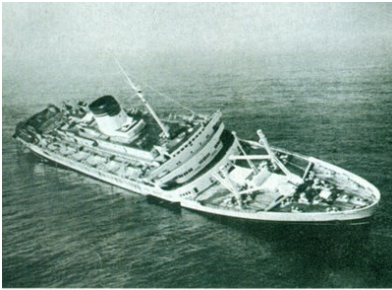
Professeur Marc de Montigny
Date Jeudi, 13 octobre 2011, de 8h30 à 9h30
Durée 60 minutes

Instructions

- Ce cahier contient **5 pages**. Vous y écrirez directement vos réponses.
- L'examen vaut **10%** de la note finale du cours.
- L'examen contient **4 problèmes**. Vous pouvez obtenir une partie des points même si la réponse finale n'est pas correcte. Soyez clairs et précis.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire dont vous aurez complété *seulement le recto*. Vous perdrez 2/10 si : (1) vous ne retournez pas l'aide-mémoire avec l'examen ; (2) vous y avez inclus des solutions, ou (3) s'il y a des équations au verso de la feuille.
- Vous pouvez utiliser le verso des pages pour vos calculs. *Je ne les corrigerai pas*, sauf si vous m'indiquez de le faire.
- Matériel permis: crayons ou stylos, calculatrices (programmables et graphiques permises). Les assistants numériques (en anglais, *PDA*s) sont interdits.
- Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.
- Si quelque chose n'est pas clair, posez-moi la question!

Problème 1. (2.0 points) Vitesse relative

Le 25 juillet 1956, le paquebot *SS Andrea Doria* (figure de gauche) se dirigeait vers l'ouest à 40 km/h. À quelques heures de distance de New York, il entra en collision avec le *MS Stockholm* (figure de droite), qui naviguait alors à 30 km/h, direction 20° à l'ouest du sud. Quelles étaient les composantes de la vitesse du *Stockholm*, du point de vue du *Andrea Doria*, juste avant la collision?



(Après la collision, le *Stockholm* se retira du *Andrea Doria*, qui fit naufrage. Le *Stockholm* fut réparé et porte maintenant le nom *MS Athena*. En 2008, le *Athena* fut attaqué par des pirates entre le Yémen et la Somalie! Heureusement, les passagers du *Athena* s'en sont bien tirés...)

Solution

Notation : A = *Andrea Doria*, S = *Stokholm*, E = eau

$$\begin{aligned}\vec{v}_{SA} &= \vec{v}_{SE} + \vec{v}_{EA} = \vec{v}_{SE} - \vec{v}_{AE} \\ &= (-30 \sin 20, -30 \cos 20) - (-40, 0) = (29.739, -28.19) \\ &= (30, -28) \text{ km/h}\end{aligned}$$

suite à la page suivante

Problème 2. (2.5 points) Mouvement d'un projectile

Une balle est lancée du haut d'un toit à 7 m au-dessus du sol. Sa vitesse initiale est de 13 m/s à 25° au-dessus de l'horizontale.

- A. Quel sera le temps de vol? **[1.0 point]**
B. À quelle distance horizontale de la position initiale la balle touchera-t-elle le sol? **[1.0 point]**
C. Quelles seront la *grandeur* et la *direction* de la vitesse de la balle juste avant de toucher le sol? **[0.5 point]**

Solution

A. Avec x vers la droite, y vers le haut, et l'origine au pied de l'édifice, le vecteur vitesse initiale a les composantes $v_{0x} = v_0 \cos \theta_0 = 13 \cos 25$ et $v_{0y} = v_0 \sin \theta_0 = 13 \sin 25$.

La composante y est donnée par

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 = 7 + (13 \sin 25)t - \frac{1}{2}(9.81)t^2.$$

En remplaçant $y = 0$, on garde la racine positive $t = 1.8794252 \text{ s} = \mathbf{1.9 \text{ s}}$.

B. La composante x est donnée par

$$x = v_{0x}t = (13 \cos 25)t$$

Et en remplaçant t par la réponse en A on obtient $x = 22.14339 \text{ m} = \mathbf{22 \text{ m}}$.

C. Les composantes finales de la vitesse sont

$$v_x = v_{0x} = 13 \cos 25 \text{ et } v_y = v_{0y} - gt = 13 \sin 25 - (9.81)(1.8794252).$$

Sa grandeur est donnée par $\sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} = 17.5257 = \mathbf{18 \text{ m/s}}$, et la direction, par $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} =$

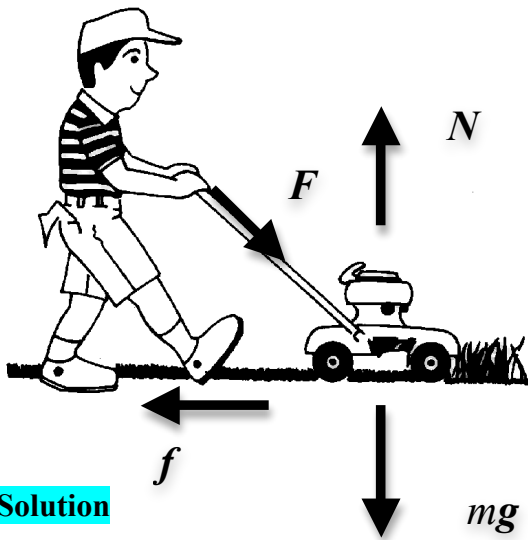
-47.7° , ou $\mathbf{48^\circ}$ sous l'horizontale.

suite à la page suivante

Problème 3. (3.5 points) Loi de Newton et cinématique

Un jardinier pousse une tondeuse à gazon avec une force F (montrée ci-dessous) parallèle au manche (c.-à-d. vers le bas à droite), à un angle de 40° par rapport à l'horizontale. La tondeuse a une masse de 30 kg. Les coefficients de frottement entre la tondeuse et le gazon sont $\mu_k = 0.15$ et $\mu_s = 0.45$.

- A. Quelle est la grandeur minimale F_{\min} de la force que le jardinier doit exercer pour faire avancer la tondeuse si elle est initialement immobile? **[1.5 points]**
- B. Si la tondeuse est initialement au repos et que le jardinier exerce une force $F = 100$ N, quelle sera la force de friction exercée sur la tondeuse? **[1.0 point]**
- C. Si $F = 300$ N, quelle sera l'accélération de la tondeuse? **[1.0 point]**



Solution

A. Lois de Newton

$$\sum F_x = F \cos \theta - f = ma_x \quad (1)$$

$$\sum F_y = N - mg - F \sin \theta = ma_y = 0 \quad (2)$$

La force minimale pour surpasser la friction est obtenue en prenant $a_x = 0$ et $f = f_{s,\max} = \mu_s N$. De l'équation (2), on trouve $N = mg + F \sin \theta$, que l'on remplace dans (1) pour obtenir $F_{\min} \cos \theta - \mu_s (mg + F_{\min} \sin \theta) = 0$. En isolant la force, on obtient

$$F_{\min} = \frac{\mu_s mg}{\cos \theta - \mu_s \sin \theta} = \frac{(0.45)(30)g}{\cos 40 - (0.45) \sin 40} = 277.7637845 = 280 \text{ N}$$

B. Comme la force appliquée est plus petite que F_{\min} , la tondeuse est immobile. La force de friction est *statique* et donnée par l'équation (1), avec $a_x = 0$:

$$f_s = F \cos \theta = (100) \cos 40 = 76.604444 = 77 \text{ N}$$

C. La force appliquée est plus grande que F_{\min} , donc la tondeuse se déplace et la friction est cinétique. L'accélération est donnée par l'équation (1) avec

$$f = f_k = \mu_k N = \mu_k (mg + F \sin \theta) :$$

$$a_x = \frac{1}{m} (F \cos \theta - \mu_k (mg + F \sin \theta)) = \frac{1}{30} (300 \cos 40 - (0.15)(30g + (300) \sin 40))$$
$$= 5.224763 = 5.2 \text{ m/s}^2$$

suite à la page suivante

Problème 4. (2.0 points) Mouvement circulaire

Lorsqu'un objet céleste de masse m se trouve à une distance r d'un second objet céleste de masse M , la force gravitationnelle d'attraction est donnée par la relation

$$F_g = \frac{GMm}{r^2} \quad G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$$

Supposez que l'objet de masse m tourne autour d'un cercle centré sur l'objet de masse M et de rayon r .

- A. Quelle est la vitesse de l'objet de masse m , en termes des variables ci-dessus et de la constante G ? **[1.5 point]**
- B. Considérez la lune en orbite autour de la Terre. Si la masse de la lune vaut $m = 7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$, la masse de la Terre, $M = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$, et que le rayon de l'orbite est $r = 3.84 \times 10^8 \text{ m}$, quelle est la vitesse de la lune? **[0.5 point]**

Solution

A. L'objet de masse m est en rotation, donc il a une accélération centripète $a_{cp} = \frac{v^2}{r}$, et comme il est soumis à la force F_g , la loi de Newton devient $F_g = \frac{GMm}{r^2} = ma_{cp} = \frac{mv^2}{r}$, ce

qui donne $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

B. On utilise la réponse de la partie A : $v = \sqrt{\frac{(6.67 \times 10^{-11})(5.97 \times 10^{24})}{(3.84 \times 10^8)}} = 1020 \text{ m/s}$

Fin de l'examen. Bonne chance!