

Physique générale II - Section SV

EXAMEN (07 JUILLET 2010)

Prof. A. Fasoli

*Centre de Recherches en Physique des Plasmas
École Polytechnique Fédérale de Lausanne*

Exercice 1

Un bâton en bois, rigide et homogène, de masse $M = 250\text{ g}$ et de longueur $L = 1.5\text{ m}$, d'épaisseur négligeable, peut tourner sans frottement autour d'un axe horizontal passant par son extrémité O . Le bâton est initialement au repos en position verticale. Un projectile de masse $m = M/2$ est tiré horizontalement sur le bâton avec une vitesse $v = 8\text{ m/s}$ et reste planté dans le bâton au point P à une distance x de son extrémité O .

- Faites un schéma du problème.
- Déterminez la valeur x_0 de la distance x pour laquelle la vitesse angulaire initiale du bâton (avec le projectile) est maximale.
- Déterminez cette valeur de la vitesse angulaire initiale maximale.
- Calculez la valeur maximale de l'angle de déviation par rapport à la verticale lorsque le projectile frappe le bâton à $x = x_0$.
- A quel type de mouvement le bâton (avec le projectile) est-il sujet ? Justifiez brièvement et qualitativement votre réponse.

Indication : Le moment d'inertie du bâton par rapport à l'axe passant au point O vaut $I_O = (ML^2)/3$.

Exercice 2

Une série de lampes est arrangée le long d'une ligne dans le désert. Les lampes sont séparées les unes des autres de $d = 10\text{ m}$. Elles sont programmées pour donner un flash l'une après l'autre avec un intervalle de temps $\tau = 5\text{ ns}$ entre lampes adjacentes (mesuré dans le référentiel du désert). Un cycliste (très rapide) voyage dans la direction de l'onde des flashes à une vitesse uniforme $v = 0.6c$. Les lampes sont à la hauteur des yeux du cycliste.

- Dans le référentiel du cycliste, à quel intervalle de temps les flashes ont-ils lieu ? Quelle distance sépare les flashes ? Quelle est la distance entre les lampes ?
- Supposez que le cycliste voyage dans la direction opposée par rapport à l'onde des flashes. Dans son référentiel, quels sont l'intervalle de temps et la distance entre les flashes, ainsi que la distance entre les lampes ?
- Supposez que vous pouvez choisir les valeurs de d , τ et v . Pour quelle(s) combinaison(s) de valeurs est-ce que les flashes sont simultanés dans le référentiel du cycliste ?
- Dans le cas a), à quel intervalle de temps le cycliste voit-il les flashes ?

Exercice 3

Dans une machine thermique, 0.8 moles d'un gaz parfait mono-atomique parcourent un cycle irréversible $ABCD$, composé des transformations suivantes : une détente isotherme irréversible AB (lors de laquelle le gaz fournit un travail de 4000 J) ; une détente adiabatique réversible BC ; une compression isobare réversible CD ; une compression adiabatique réversible DA . La pression et le volume à l'état A valent 12 atm et 3 L respectivement. Le volume vaut 12 L à l'état B et la pression vaut 1 atm à l'état C .

- Représentez le cycle sur le diagramme pV . S'agit-il d'un moteur ou d'un réfrigérateur ? Justifiez votre réponse.

- b) Déterminez les valeurs de la pression, du volume et de la température aux états A , B , C et D du cycle.
- c) Calculez le rendement (s'il s'agit d'un moteur) ou le coefficient de performance (s'il s'agit d'un réfrigérateur) du système.
- d) Calculez la variation d'entropie et d'enthalpie libre du gaz pour la transformation AB .
- e) Répondez à la question c) en supposant que l'isotherme AB est réversible.

Indications : $R = 8.3144 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$, $1 \text{ atm} \simeq 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Exercice 4

M. Fogg, le personnage du roman *Le tour du monde en 80 jours* de Jules Verne, est très pointilleux quant à la température de son bain qui doit être exactement de 38°C , ainsi que très attentif aux dépenses. Vous êtes son majordome et vous apercevez que les 100 litres d'eau dans la baignoire de M. Fogg sont à 45°C . Vous avez dans un frigo à -25°C une pièce de 5 kg d'aluminium, ainsi que beaucoup de glaçons de 50 g chacun. L'aluminium est gratuit, alors que vous devez payer 1 CHF par glaçon. On néglige les pertes de chaleur à travers les parois de la baignoire et par la surface de l'eau.

- a) Quel est le prix minimum que vous devez payer pour satisfaire aux désirs de M. Fogg (i.e. d'avoir son bain à 38°C) ?
- b) Quelles sont les variations d'entropie de l'eau du bain et de l'univers suite à la préparation de ce très cher bain de M. Fogg ?
- c) Vérifiez maintenant l'approximation faite aux points a) et b) de négliger toute les pertes en évaluant la quantité de chaleur perdue par la surface de l'eau du bain (2 m^2) sur un temps que vous considérez raisonnable pour refroidir l'eau avec l'aluminium et les glaçons. Faites des approximations pour simplifier le calcul et discuter-les brièvement.

Indications : Chaleur latente de fusion de la glace $L = 333.6 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$, chaleur spécifique de l'eau et de la glace $c_{\text{eau}} = c_{\text{glace}} = 4184 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, chaleur spécifique de l'aluminium $c_{\text{alu}} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, constante de Stefan-Boltzmann $\sigma = 5.6703 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$.

Exercice 5

Considérez un transfert de chaleur dans une situation stationnaire à travers un objet de forme conique de longueur $L = 1 \text{ m}$ (voir figure ci-contre). Le cône a une section circulaire de 20 cm de rayon d'un côté et de 40 cm de l'autre. Le coefficient de conductivité thermique est constant et vaut $k = 1 \text{ J}/(\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{K})$. La température du petit côté (sommet) est $T_1 = 80^\circ\text{C}$. La température du grand côté (base) est $T_2 = 30^\circ\text{C}$. Considérez que l'enveloppe latérale du cône ne laisse pas passer de chaleur.

- a) Ecrivez une équation simple pour le transfert de chaleur à travers la section du cône le long de x .
- b) Déduisez-en le taux de transfert de la chaleur sur tout l'objet.
- c) Dérivez une équation pour la distribution de température en fonction de la coordonnée longitudinale x .
- d) Calculez la température au centre de l'objet ($x = 0.5 \text{ m}$).

