

Semaine 4 : tout le programme

Problèmes ouverts- Résolution de problèmes

Mercredi 14/06 : Séance Centrale Physique-Chimie II avec python pour les admissibles à Centrale

Mercredi 14/06 8h-10h : TP de Physique pour les admissibles à Centrale

Mercredi 14/06 10h-12h : TD de correction des exercices « en retard »

Vendredi 16/06 : TP de Chimie pour les admissibles à Centrale

Lundi 12/06 et jeudi 15/06 : exercices « ouverts » énoncés ci-dessous.

S4ex1 - ENSEA 2022 Ambroise Grandjean – Chute d'une bille

On lâche une bille dans un puits très profond sans vitesse initiale et sans frottement.

On la lâche exactement au centre du puits. Quand touche-t-elle les parois du puits ?

S4ex2 - Mines-Télécom : Composition de l'atmosphère

Une molécule peut s'échapper de l'atmosphère si sa vitesse quadratique moyenne est égale au dixième de sa vitesse de libération (deuxième vitesse cosmique).

En déduire une évaluation de la composition de l'atmosphère.

Données : $R_T = 6400 \text{ km}$, $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$, $M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.
 $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{N}) = 14 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{He}) = 4 \text{ g.mol}^{-1}$

S4ex3 - CCINP 2022 – C. Ayadi – Rayon de courbure d'une autoroute

Trouver le rayon de courbure minimal d'une autoroute.

Données :

Sur autoroute la vitesse maximale autorisée est de $V_{\text{max}} = 130 \text{ km.h}^{-1}$.

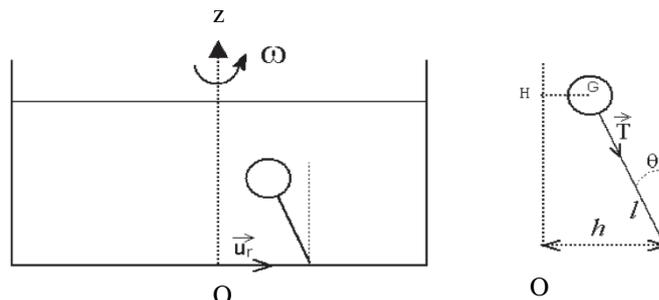
Le coefficient de frottement pneu/route est de 0,5 sur route mouillée et 0,7 sur route sèche.

S4ex4 - Mines-Télécom : « Archimède m'a trompé ! »

Une cuve cylindrique contenant de l'eau est mise en rotation avec une vitesse angulaire de rotation constante autour de son axe de symétrie (Oz).

Un fil inextensible de longueur l , de masse négligeable est accroché au fond de la cuve à une distance h du centre. Au bout de ce fil est attachée une bille de ping-pong.

Trouver une relation entre l'angle de déviation θ du fil, ω , g , h et l .



S4ex5 - Centrale Physique-Chimie 1 : Etude d'une chaufferette

On étudie une chaufferette (ou bouillotte magique).

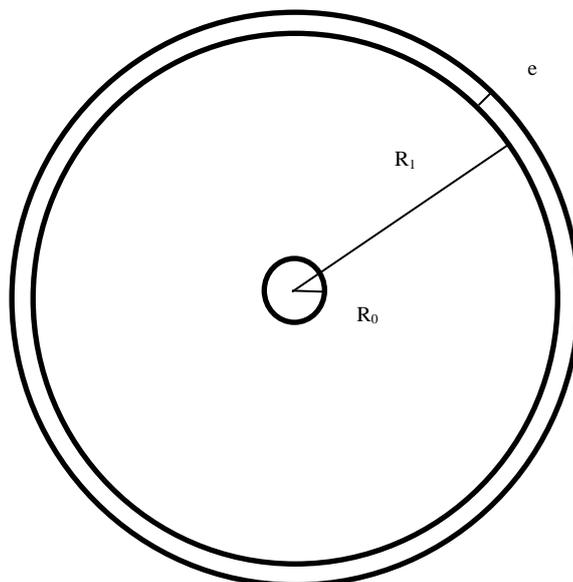
(<http://www.voyagesaucoeurdelascience.fr/bouillottes-magiques/>)

C'est une petite poche en PVC qui renferme un liquide (mélange d'eau et d'acétate de sodium). De plus une petite pastille métallique est immergée dans le liquide.

Lorsqu'on tord la pièce métallique par une petite pression sur la chaufferette, l'acétate de sodium se solidifie (à partir de la pièce) et la température de la bouillotte atteint environ 58°C. Une fois la pochette refroidie, il suffit de la plonger dans de l'eau bouillante pendant quelques minutes afin que le solide redevienne liquide.

Le constructeur d'une chaufferette indique qu'elle peut maintenir une température de chauffage pendant une durée d'environ 1h.

On modélise la pastille métallique par une sphère de rayon R_0 , la partie liquide par une sphère de rayon R_1 , et une couche de PVC d'épaisseur e :



Données :

$$e = 1.0 \text{ mm}$$

$$R_0 = 2 \text{ mm}$$

$$R_1 = 2 \text{ cm}$$

$$T_{\text{ext}} = 37^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{fus}}(\text{acétate}) = 58^\circ\text{C}$$

$$\Delta_{\text{fus}}H^\circ(\text{acétate}) = 243 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$C_p(\text{acétate liquide}) = 3,1 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$$

$$C_p(\text{acétate solide}) = 3,3 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}; \quad C_p(\text{PVC}) = 1,0 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$$

$$\text{Conductivités thermiques : } \lambda(\text{PVC}) = 0,2 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1},$$

$$\lambda(\text{solution acétate liquide}) = 0,6 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}, \quad \lambda(\text{acétate solide}) = 2 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1} \text{ (j'ai pris celles de l'eau).}$$

$$\text{Masse volumique du mélange : } \rho(\text{acétate liquide}) = 1,4 \text{ g.cm}^{-3}, \quad \rho(\text{acétate solide}) = 1,2 \text{ g.cm}^{-3} \text{ (inventée)}$$

- 1) Rappeler la loi de Fourier. Déterminer la résistance thermique entre deux sphères de rayons R_1 et R_2 en régime permanent.
- 2) En déduire que celle de la couche de PVC est négligeable.
- 3) Expliquer le principe de fonctionnement de la chaufferette.
- 4) Déterminer, avec quelques approximations, la durée du chauffage. Comparer avec les données du constructeur.

S4ex6 : Mines-Ponts Ex 2 : Lunette astronomique

Imaginez être un chercheur myope qui utilise une lunette astronomique. Comment devez-vous régler la lunette pour voir net ?

S4ex7 : Mines-Télécom 2022 – Alicia Thomas

Déterminer le pourcentage en volume immergé d'un iceberg.

Si l'iceberg fond totalement, de combien le niveau de la mer s'élève-t-il ?

On donne la masse volumique de la glace : 900 kg.m^{-3} .

S4ex8 - CCINP : Crash-test

Une voiture réalise un crash-test à $64 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, la ceinture est censée encaisser toute la force. Cette dernière peut être supérieure à 40 fois le poids de l'automobiliste.



Dans le cas du crash-test ci-dessus, quelle est la force exercée par la ceinture sur le passager ?

Réponses :

S4ex1 - ENSEA 2022 : Chute d'une bille

$$t_f = \left(\frac{3TR}{2\pi \cos(\lambda)g} \right)^{1/3} \text{ avec } R \text{ le rayon du puits, } \lambda \text{ la latitude du lieu et } T \text{ la période de rotation de la Terre sur elle-même.}$$

S4ex2 - Mines-Télécom : Composition de l'atmosphère

Par comparaison des vitesses quadratiques moyennes et des vitesses de libération, l'atmosphère contient $N_{2(g)}$, $O_{2(g)}$, mais pas $H_{2(g)}$ ni $He_{(g)}$.

S4ex3 - CCINP 2022 : Rayon de courbure minimal d'une autoroute

Il faut que le rayon de courbure R de l'autoroute vérifie : $R > \frac{v_{\max}^2}{f_{\min}g} = 266 \text{ m}$ avec f_{\min} le coefficient de frottement pneu/route mouillée.

S4ex4 - Mines-Télécom : « Archimède m'a trompé ! »

Il faut écrire la condition d'équilibre de la balle dans le référentiel tournant et en déduire la tension du fil. La difficulté est d'exprimer correctement la poussée d'Archimède dans ce référentiel tournant. On en déduit : $\tan(\theta) = \frac{\omega^2(h-l\sin(\theta))}{g}$

S4ex5 - Centrale Physique-Chimie I : Etude d'une chaufferette

$$2) R_{\text{acétate}} = \frac{1}{4\pi\lambda_{\text{acétate}}} \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_1} \right) = 60 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}; R_{\text{PVC}} = \frac{1}{4\pi\lambda_{\text{PVC}}} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_1+e} \right) = 0,95 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$$

$$4) \Delta t = \frac{\rho_{\text{liq}}\Delta_{\text{fus}}H^{\circ}}{\lambda_{\text{liq}}(T_{\text{fus}}-T_{\text{ext}})} \left[\frac{R_1^2}{6} - \frac{R_0^2}{2} + \frac{R_0^3}{3R_1} \right] \approx 0,5 \text{ h}$$

S4ex6 - Mines-Ponts : Lunette astronomique

Pour un œil normal, la lunette doit être réglée en système afocal. Ce n'est pas le cas pour un œil myope.

Pour un œil myope il faut modifier le réglage de l'oculaire, expliquer comment.

S4ex7 - CCINP 2022 : Iceberg

90% du volume total d'un iceberg est immergé.

Lorsqu'il fond le niveau de la mer ne s'élève pas !

Alors pourquoi parle-t-on d'élévation du niveau des mers liée au réchauffement climatique ?

S4ex8 - CCINP : Crash-test

Si on suppose l'accélération de la voiture constante pendant le choc et une déformation de la voiture de 50 cm, $F \approx 19 \text{ kN}$