Exercice 1

Attention au *soroche* !

Lié à la raréfaction du dioxygène, le *soroche* (ou mal aigu des montagnes) touche les personnes effectuant un séjour à haute altitude, sans acclimatation préalable.

1. En assimilant l'air à un gaz parfait à 15 °C, déterminer la masse volumique de l'air à 0 m et à 3810 m d'altitude.
2. Exprimer sous la forme d'un pourcentage la variation de la quantité de dioxygène occupant 1 L d'air à 3810 m d'altitude, par rapport au niveau de la mer.

Données

- **Masse molaire de l'air :** $M = 29{,}0\ \text{g·mol}^{-1}$
- **Constante des gaz parfaits :** $R = 8{,}314\ \text{J·K}^{-1}\text{·mol}^{-1}$
- **Pression atmosphérique au niveau de la mer :** $p_0 = 1013$ hPa
- **Pression à 3810 m d'altitude :** $p(3810\ \text{m}) = 628$ hPa

Exercice 2

Mélange

On considère deux récipients incompressibles pouvant communiquer par un robinet. Initialement, le robinet est fermé.

Le récipient A contient un volume $V_A = 10$ L de dioxygène gazeux à la pression $p_A = 3{,}0$ bar. Le récipient B contient un volume $V_B = 5{,}0$ L de dihydrogène gazeux à la pression $p_B = 5{,}0$ bar. Dans les deux récipients, la température est $\theta = 20$ °C. On ouvre alors le robinet.

1. Préciser le volume occupé par les deux gaz.
2. La température étant maintenue à sa valeur initiale, déterminer la pression p_1 du dioxygène et la pression p_2 du dihydrogène.
3. La pression totale du mélange gazeux est égale à la somme des pressions p_1 et p_2. On abaisse la température à 0 °C. Déterminer la valeur de la pression du mélange.

Données: 1 bar = 10^5 Pa

Exercice 3

La gourde d'eau

Pendant qu'il installe son campement, un randonneur laisse sa gourde d'eau pleine, d'une capacité de 1,5 L, sur un rocher au soleil. On suppose que 65% de l'énergie solaire est tranférée à l'eau dans la gourde.
L'eau est, à l'origine, à température ambiante $\theta_i = 22$°C. Après avoir installé son campement, le randonneur récupère sa gourde et l'eau est alors à une température $\theta_f = 26$°C.

1. Quel type de transfert thermique se produit entre le soleil et la gourde ?

2. Calculer l'énergie thermique Q nécessaire pour réchauffer l'eau de la gourde de θ_i à θ_f.

3. Combien de temps a mis le randonneur à installer son campement ?

Données :

Puissance solaire reçue par la gourde : 20W

Capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4180\ \text{J.kg}^{-1}.°\text{C}^{-1}$

Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1{,}0\ \text{kg.L}^{-1}$

Relation entre énergie et puissance: $E = P \cdot \Delta t$

Exercice 4

Trois liquides

Trois récipients identiques sont remplis respectivement de 330 mL d'eau, d'éthanol et d'huile. En début d'expérience, les températures des trois liquides sont identiques : $T_0 = 20$ °C. Les trois récipients sont ensuite éclairés par trois lampes identiques.

Au bout d'un temps suffisamment long, les températures indiquées par les thermomètres ne changent plus : l'eau est à $T_1 = 24$ °C, l'éthanol à $T_2 = 29$ °C et l'huile à $T_3 = 29$ °C.

Données :

- densité de l'huile : $d_{\text{huile}} = 0{,}92$
- densité de l'éthanol : $d_{\text{éthanol}} = 0{,}79$

a. Quels transferts énergétiques sont mis en jeu dans cette expérience ?

b. Déterminer la quantité d'énergie reçue par l'eau.

c. En supposant que les trois liquides ont reçu la même quantité d'énergie, déterminer les valeurs des capacités thermiques massiques de l'huile et de l'éthanol.

Exercice 5

Réchauffement sans transfert thermique

On considère une seringue cylindrique, de section S, dans laquelle on a introduit un gaz de capacité thermique C.

1. Rappeler la relation entre pression, force et surface.
2. On applique selon l'axe de la seringue une force d'intensité F. Le volume diminue, car le piston se déplace d'une distance d. Rappeler l'expression littérale du travail W reçu par le piston en justifiant son signe.
3. Après avoir exprimé la variation de volume ΔV entre l'état initial et l'état final en fonction de S et de d, montrer que $W = -p \cdot \Delta V$
4. La compression est si rapide qu'on peut négliger le transfert thermique Q reçu par le piston devant le travail W. Énoncer le premier principe de la thermodynamique dans ce cas.
5. Déterminer la variation de température ΔT du gaz.

Exercice 6

Utilisation d'un calorimètre

Un calorimètre adiabatique est un récipient parfaitement isolé qui supprime tout transfert thermique vers l'extérieur. Ce dispositif permet de réaliser des mesures de capacités thermiques à condition de connaître le coefficient μ, appelé masse en eau du calorimètre.

L'objectif de cet exercice est de déterminer la valeur numérique de μ. Pour cela, on introduit de l'eau froide (masse $m_1 = 0{,}200$ kg) dans le calorimètre adiabatique.

Lorsque l'équilibre thermique est établi, la température est $\theta_1 = 15$ °C.

On ajoute de l'eau chaude ($m_2 = 0{,}200$ kg) à $\theta_2 = 45{,}9$ °C. La température finale est de $\theta_f = 30$ °C.

Données : la masse en eau μ d'un calorimètre est le rapport de sa capacité thermique sur la capacité thermique d'un kilogramme d'eau. La capacité thermique massique de l'eau est $4\,180\ \mathrm{J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}}$, donc la capacité thermique d'une masse m d'eau est $C_{eau} = m \times 4\,180\ \mathrm{J \cdot K^{-1}}$).

a. Quels sont les différents systèmes en contact dans cette expérience ?

b. Quelles sont les températures du calorimètre avant le mélange eau froide/eau chaude ? après le mélange ?

c. L'ensemble des systèmes est isolé de l'extérieur.
Que vaut la variation d'énergie interne de l'ensemble des systèmes ?

d. En déduire la capacité thermique du calorimètre puis sa masse en eau μ. Quel est l'intérêt pratique d'un tel coefficient ?

Exercice 7

Ballon électrique d'eau chaude

Un ballon d'eau chaude de capacité 200 L contient une masse m d'eau à température de 60 °C. L'eau chaude prélevée en pleine journée est remplacée par une masse m' d'eau froide à température 10 °C. L'eau n'est chauffée qu'une fois dans la nuit pour limiter le coût.

a. Un prélèvement de 20 L est effectué en journée. En détaillant le raisonnement et les hypothèses effectuées, calculer la température finale de l'eau après rétablissement de l'équilibre thermique dans le ballon.

b. Quel volume d'eau maximal peut-on prélever sans que la température de l'eau du ballon descende en-dessous de 37 °C ?

c. Le ballon est équipé d'une résistance de 2 400 W permettant, selon le constructeur, de chauffer les 200 L d'eau de 20 °C à 50 °C en 2 h 30 min.

L'affirmation du constructeur est-elle juste ?

Exercice 8

Détermination d'un matériau

Le flux thermique à travers un mur vaut $3{,}0.10^3$ W. La température intérieure vaut 22 °C et la température extérieure vaut 8 °C.

a. Par quel mode s'effectue le transfert thermique : conduction, convection, rayonnement ?

b. Déterminer la résistance thermique du matériau dans lequel est fabriqué le mur.

c. En déduire le matériau composant le mur parmi la liste ci-dessous.

d. Lequel est le plus isolant ? Justifier.

Données : résistances thermiques :
- des parpaings : $7{,}5.10^{-3}$ K.W^{-1}
- du placoplâtre : $1{,}4.10^{-3}$ K.W^{-1}
- du béton plein : $4{,}6.10^{-3}$ K.W^{-1}

Exercice 9

Murs en bois et en béton

Pour décrire la conduction dans un matériau, le physicien utilise la conductivité thermique λ, caractéristique du matériau, exprimée en $W.m^{-1}.K^{-1}$.

Dans le bâtiment, l'isolation des parois est caractérisée par la résistance thermique surfacique r_s qui vérifie $r_s = \frac{e}{\lambda}$ où *e* est l'épaisseur de la paroi, en mètres.

Données : conductivité thermique moyenne :
- du bois : 0,20 $W.m^{-1}.K^{-1}$
- du béton plein : 1,7 $W.m^{-1}.K^{-1}$

1. Déterminer l'unité de r_s, puis déterminer, par analyse dimensionnelle, le lien entre r_s, la résistance thermique totale de la paroi R_{th} et sa superficie *S*.

2. Exprimer R_{th} en fonction de *S*, *e* et λ.

3. Déterminer la résistance thermique surfacique d'un mur de béton plein d'épaisseur 20 cm.

4. Faire de même pour un mur de bois de même épaisseur.

5. La température du mur à l'intérieur de la maison est de 18 °C. Elle est de 12 °C à l'extérieur de la maison.

a. Dans quel sens s'effectue le transfert d'énergie ?

b. Déterminer le flux thermique à travers le mur de béton de surface 10 m^2. Faire de même pour le mur de bois et conclure.

Exercice 10

Igloo

Afin de s'abriter durant la nuit, un couple d'esquimaux souhaite construire un igloo dont la température intérieure ne baisse pas. Pour cela, il faut que l'énergie thermique dégagée par les esquimaux soit au moins égale à l'énergie transférée par les parois extérieures.

Données : Énergie thermique dégagée par un esquimau en une heure : 400 kJ. Conductivité thermique de la neige compactée : $\lambda_{neige} = 0{,}10\ W \cdot K^{-1} \cdot W^{-1}$

1. Calculer la résistance thermique correspondant à la paroi de l'igloo de surface 12 m^2 et d'épaisseur 20 cm.

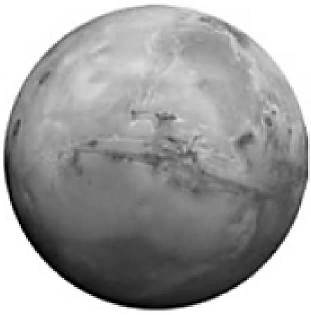
2. Calculer le flux thermique Φ transférée à travers la paroi de l'igloo sachant que la température intérieure est de 5 °C et la température extérieure est de −30 °C.

3. Comparer le flux Φ au flux thermique produit par les deux esquimaux. Conclure sur l'évolution de la température à l'intérieur de l'igloo.

Exercice 11

Température sur Mars

Mars reçoit un rayonnement moyen du Soleil égal à 147 $W \cdot m^{-2}$. Dépourvue d'atmosphère, la planète ne dispose pas d'effet de serre. Sa température moyenne avoisine les −63 °C.



1. Calculer le flux surfacique rayonné par la surface de Mars.

2. En déduire l'albédo de Mars.

Données
- **Expression de la loi de Stefan-Boltzmann :** $\varphi = \sigma \cdot T^4$
- **Constante de Stefan-Boltzmann :** $\sigma = 5{,}67 \times 10^{-8}\ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$

Exercice 12

Température moyenne de l'atmosphère

On modélise l'atmosphère comme une enveloppe située à une altitude moyenne *h* de la surface.

1. Sachant que l'atmosphère terrestre rayonne un flux thermique surfacique de 150 $W \cdot m^{-2}$ essentiellement dans le domaine des infrarouges, déterminer sa température *T* à l'aide de la loi de Stefan-Boltzmann.

2. En considérant que la température décroît en altitude de 6,5 °C tous les km et que la température moyenne au niveau de la mer est de 15 °C, évaluer l'altitude *h* de l'enveloppe modélisant l'atmosphère.

Données
- **Expression de la loi de Stefan-Boltzmann :** $\varphi = \sigma \cdot T^4$
- **Constante de Stefan-Boltzmann :** $\sigma = 5{,}67 \times 10^{-8}\ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$

Exercice 13

Canette de soda

Une canette de soda sortant du réfrigérateur à la température initiale $\theta_i = 5$ °C se retrouve à l'air libre en été à $\theta_f = 30$ °C. Le bilan thermique conduit à l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = \frac{\theta_f}{\tau}$$

La constante de temps caractéristique du réchauffement est égale à $\tau = 910$ s.

1. Déterminer la solution de cette équation différentielle.
2. Calculer l'instant $t_{20\,°C}$ pour lequel la température de la canette atteint 20 °C.

Exercice 14

Chauffage dans un four

Un four ventilé est mis en fonctionnement. Une fois la température de l'air stabilisée à l'intérieur à 180 °C, un saladier rempli d'eau de masse 1,3 kg y est déposé.

La ventilation de l'appareil permet un transfert thermique de type convectif dont le flux thermique entre l'eau et l'air ventilé correspond à $\phi = \frac{\theta_{air} - \theta_{eau}}{R_{th}}$ avec $R_{th} = 0{,}083$ K·W^{-1}.

1. Exprimer la variation d'énergie interne ΔU correspondant à un échauffement de l'eau de sa température initiale égale à 20 °C jusqu'à sa température de vaporisation.
2. Établir l'équation différentielle selon la température θ_{eau} en dérivant la variation d'énergie interne par rapport au temps t.
3. Résoudre l'équation différentielle et déterminer à quelle date $t_{100\,°C}$ l'eau commence à se vaporiser.

Donnée

- **Capacité thermique massique de l'eau :** $c = 4\,180$ J·°C^{-1}·kg^{-1}

Corrections disponibles sur http://mgendrephyschim.free.fr