Correction des exercices n°13-25-29-32-34-37 p365-372

Exercice n°13

1. L'énergie interne d'un système peut varier si le système échange avec l'extérieur de l'énergie par travail ou par transfert thermique.

2. Les flèches indiquent le sens du transfert énergétique.
W et Q_1 sont reçus par le système, donc W > 0 et $Q_1 > 0$.
Le système perd Q_2 par transfert thermique, donc $Q_2 < 0$.

3. La variation d'énergie interne est : $\Delta U = W + Q_1 + Q_2 = 120 + 100 - 200 = +20$ J.
L'énergie interne du système augmente de 20 J.

Exercice n°25

1. La fréquence des ondes décrites est comprise entre 10^9 et 10^{11} Hz, ce qui correspond bien, d'après le spectre des ondes électromagnétiques, au domaine des micro-ondes.
La longueur d'onde dans le vide se calcule par :

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \times 10^8}{2{,}450 \times 10^9} = 0{,}122 \text{ m.}$$

2. Du magnétron à l'eau liquide, le transfert thermique s'effectue par rayonnement. De l'eau liquide aux autres parties de l'aliment, il s'effectue par conduction thermique.
3a. Pour une masse m d'eau, la variation d'énergie interne s'écrit :

$$\Delta U = m \cdot c(H_2O(\ell)) \cdot (T_f - T_i)$$

$$\Delta U = 0{,}500 \times 4{,}18 \times 10^3 \times (40{,}8 - 18{,}2)$$
$$\Delta U = 47{,}2 \times 10^3 = 47{,}2 \text{ kJ}$$

ΔU est positive, ce qui est cohérent avec l'augmentation de la température de l'eau.
b. L'énergie consommée par le four est :
$E_{cons} = 750 \times 90 = 67{,}5$ kJ.
c. Le rendement de conversion du four est : $\rho = \frac{\Delta U}{\mathscr{E}_{cons}} = 0{,}70$
Le rendement de conversion du four est de 70 %.

Exercice n°29

1. La résistance thermique se calcule à partir du flux thermique et de l'écart de température :

$$R_{th1} = \frac{|\Delta T|}{\varphi_1} = \frac{15}{10} = 1{,}5 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}.$$

2. Pour la laine de verre 2, il faut utiliser l'énergie transférée :

$$\varphi_2 = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{|T_B - T_A|}{R_{th2}}$$

$$\text{d'où } R_{th2} = \frac{\Delta t \cdot |T_B - T_A|}{Q} = \frac{2{,}0 \times 3\,600 \times (30 - 10)}{36 \times 10^3}$$
$$R_{th2} = 4{,}0 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}.$$

3. Par étude des unités des grandeurs de la relation, on trouve λ en $W \cdot m^{-1} \cdot °C^{-1}$ ou $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$.

$$\lambda_1 = \frac{e_1}{S_1 R_{th1}} = \frac{60 \times 10^{-3}}{1{,}0 \times 1{,}5} = 4{,}0 \times 10^{-2} \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$
$$\lambda_2 = \frac{e_2}{S_2 R_{th2}} = \frac{240 \times 10^{-3}}{4{,}0 \times 1{,}5} = 4{,}0 \times 10^{-2} \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

4. La conductivité thermique est indépendante de l'épaisseur du matériau. Sa valeur caractérise les propriétés d'un matériau à faciliter les transferts thermiques.

5. Le flux thermique s'exprime par :
Soit : $R_{th} = e /(\lambda.S)$ (1)

Et : $\varphi = |\Delta T|/ R_{th}$, ainsi : $\varphi = \frac{\lambda \cdot S \cdot |\Delta T|}{e}$ (en substituant l'expression de R_{th} dans (1))

6. Lorsqu'on double la surface de laine de verre, le flux thermique double.
7. Lorsqu'on double l'épaisseur de laine de verre, le flux thermique est divisé par deux.
8. Les pertes d'énergie sont d'autant plus grandes que le flux thermique est élevé. Pour limiter les pertes d'énergie par la toiture, il faut limiter sa surface et augmenter l'épaisseur de laine de verre.

Exercice n°32

1. Durant un cycle de fonctionnement, le système PAC :
– reçoit un travail électrique W qui est compté positivement;
– reçoit, de la part de l'extérieur, le transfert thermique Q_{ext} qui est compté positivement ;
– fournit, à l'intérieur de l'habitation, un transfert thermique Q_{int} qui est compté négativement.

2. Par définition, et puisque la relation puissance énergie s'écrit $P = E / \Delta t$
Le coefficient de performance de la pompe à chaleur s'exprime par :
$COP = P_{th\ fournie} / P_{th\ électrique}$

Or : $P_{th\ fournie} = |Q_{int}|/ \Delta t$ et $P_{th\ électrique} = W / \Delta t$

Ainsi : $COP = | Q_{int} / W |$ avec : $Qint < 0$ et $W > 0$.

3. On cherche la valeur de W :
Soit : $W = |Q_{int}|/COP$

Or, pour chauffer cette habitation et la maintenir à Tint, il faut compenser les pertes thermiques qui ont été évaluées à $Q_{pertes} = – 874$ kJ pour le système habitation pendant 3 heures.
Il faut donc que $Q_{int} = Q_{pertes}$. Il vient donc : $W = |-874|/4 = 219$ kJ.

Pour maintenir la température intérieure à T_{int} pendant 3 heures, cette PAC consomme environ $2,2 \cdot 10^2$ kJ.

4. Un COP supérieur à 1 montre que l'on récupère plus d'énergie (ici Q_{int} en valeur absolue) que ce que l'on consomme pour faire fonctionner la machine. Grâce à l'énergie gratuite fournie par l'air extérieur, ce genre de machine permet de réaliser des économies d'énergie.

Exercice n°34

1. Les transferts thermiques par conduction et convection sont limités par le vide entre les parois ; le couvercle limite aussi la convection. Le rayonnement est limité grâce aux surfaces argentées réfléchissantes.

2. La variation d'énergie interne du système {cuivre} s'écrit :
$\Delta U = m_2 \cdot c_2 \cdot (T_f – T_2)$

3. Ce système n'échange aucun travail (W = 0), mais il échange de l'énergie thermique :
• Q_a avec l'eau initialement froide, négative, car cédée par le cuivre (corps chaud) à l'eau (corps froid) ;
• Q_b avec le calorimètre, négative, car cédée par le cuivre (corps chaud) au calorimètre (corps froid).

4. D'après ce qui précède, la variation d'énergie interne du cuivre solide est donc :

$\Delta U = m_2 \cdot c_2 \cdot (T_f – T_2) = Q_a + Q_b$
$\Leftrightarrow m_2 \cdot c_2 \cdot (T_f – T_2) = –m_1 \cdot c_1 \cdot (T_f – T_1) – C_{cal} \cdot (T_f – T_1)$

Ainsi :

$$c_2 = -\frac{(m_1 \cdot c_1 + C_{cal}) \cdot (T_f - T_1)}{m_2 \cdot (T_f - T_2)}$$

$$c_2 = -\frac{(80,1 \times 4,19 + 8,5) \times (20,4 - 16,4)}{62,3 \times (20,4 - 75,0)}$$

$$c_2 \approx 0,404 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot {}^\circ\text{C}^{-1}.$$

5. Les sources d'erreur systématique sont dues à l'opérateur, au calorimètre (isolation thermique non parfaite, incertitude sur la valeur de C_{cal}), au thermomètre (mesures de T), à la balance (mesures de m) et à l'incertitude sur c_1.
Pour améliorer le résultat, il faut répéter plusieurs fois la mesure (par exemple, tenir compte des mesures de tous les binômes en TP), utiliser des balances et thermomètres de précision, un calorimètre très bien isolé.

<u>Exercice n°37</u>

1. Par lecture graphique, la température extérieure (x = 0 mm) est T_e = 3,0 °C et la température intérieure (x = 24 mm) est T_i = 19,0 °C.

2. Le flux thermique constant au cours du temps est le même à travers les différents matériaux (verre, air) traversés : $\varphi = \frac{|T_{e'} - T_e|}{R_{th\_vitre}}$

d'où $T_{e'} = \varphi \cdot R_{th\_vitre} + T_e$

$T_{e'} = 62,2 \times 1,4 \times 10^{-3} + 3,0 = 3,1$ °C.

3. On utilise l'expression du flux thermique pour l'ensemble de la paroi :

$$R_{th\_tot} = \frac{|T_i - T_e|}{\varphi} = \frac{19,0 - 3,0}{62,2} = 0,26 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}.$$

4 a. A nouveau, on utilise la relation définissant le flux thermique :

$$\varphi = \frac{|T_i - T_e|}{R_{vitre}} = \frac{19,0 - 3,0}{8,3 \times 10^{-3}} = 1,92 \times 10^3 \text{ W}.$$

b. Avec un simple vitrage aussi épais qu'un double vitrage et de même surface, le flux thermique est 31 ($1,92.10^3$ / 62,2) fois plus important, donc les pertes d'énergie sont beaucoup plus grandes.

5. La paroi en verre présente un intérêt esthétique mais aussi une meilleure résistance thermique (selon les valeur du texte).