

Chapitre **3** Les transferts d'énergie  Manuel, p. 127 à 146

## POUR FAIRE LE POINT

**Section 3.1**  
**La distinction entre chaleur et température** Manuel, p. 130

1.
    - a) Chaleur: Le ballon perd de la chaleur dans le congélateur. Travail: Les parois du ballon se contractent.
    - b) Chaleur: L'eau chaude transmet de la chaleur au thermomètre et au mercure qu'il contient. Travail: Le mercure prend de l'expansion et monte dans le tube.
    - c) Chaleur: La chaleur émise par son corps est transmise à l'air environnant et aux haltères. Aucun travail n'est effectué si les haltères sont immobiles.
    - d) Chaleur: Une ampoule allumée produit de la chaleur. Aucun travail n'est effectué puisqu'aucun mouvement n'est impliqué.
  
  2.
    - a) De la bleue vers la jaune.
    - b) La tasse bleue, car c'est elle qui contient le plus de chaleur.
  
  3.
    - a) Énergie thermique qui provient de la combustion de l'essence. La chaleur du moteur se propage dans l'environnement extérieur de la voiture. Sa température baisse alors qu'une légère augmentation de la température extérieure à proximité de la voiture se produit.
    - b) Le Soleil émet de l'énergie rayonnante et thermique. Elle est transmise graduellement à l'intérieur de la voiture, où la température monte.
    - c) Le chauffe-eau contient des éléments électriques (énergie potentielle électrique) à température élevée qui transmettent de la chaleur à l'eau du chauffe-eau, dont la température s'élève. Les éléments électriques ne refroidissent que lorsque le courant électrique est éteint, sinon ils reçoivent toujours de l'énergie et restent pratiquement stables.
  
  - d) Le Soleil émet de l'énergie rayonnante et thermique. La chaleur et la lumière du Soleil, en passant par la lentille de la loupe, sont transmises au papier, dont la température s'élève jusqu'à ce que la combustion puisse se produire. La flamme réchauffe alors l'environnement du papier. Une fois le papier brûlé, sa température descend et de la chaleur est propagée dans son environnement.
  
  - e) L'énergie rayonnante et thermique du Soleil réchauffe l'atmosphère terrestre pendant la journée, puis le soir, la chaleur est dégagée dans l'espace qui est froid en l'absence de rayonnement solaire. L'espace se réchauffe alors légèrement.
4. Pression:
 

Lorsque la température augmente, il y a un transfert de chaleur vers les molécules de gaz. Leur agitation augmente et cela leur confère plus d'énergie cinétique. Elles auront de plus grandes vitesses, se déplaceront rapidement et entreront plus fréquemment en collision entre elles et avec les parois du contenant. Ces collisions plus fréquentes se traduiront par une pression plus grande sur les parois, ainsi qu'une augmentation de la température du matériau qui compose le contenant. Cette chaleur se transmettra également à l'extérieur du contenant.

Volume:

Lorsque la température d'un gaz augmente, l'énergie cinétique des molécules augmente et cause davantage d'impacts sur les parois. Comme le matériau des parois est souple, il se produit une expansion, donc un travail des parois au moment des impacts. L'énergie est alors transférée vers l'extérieur du contenant sous forme de chaleur.

## Section 3.2

### La loi de la conservation de l'énergie

 Manuel, p. 133

- Bécher, eau et acide : tous des systèmes ouverts.
  - Six bouteilles de boissons gazeuses : six systèmes fermés.  
Boîte : système ouvert
  - Bouillotte remplie d'eau : système fermé.
  - Bouteille remplie d'azote : système isolé.
  - Tube de néon : système fermé.
  - Bombe remplie de gaz : système fermé.  
Calorimètre : système isolé.
- Énergie électrique et lumineuse.
  - Énergie potentielle et cinétique.
  - Énergie chimique.
  - Énergie nucléaire (centre du Soleil), lumineuse et thermique.
- La température monte.
  - La température descend.
  - S'il est parfaitement isolé, la température ne devrait pas changer. Cependant, une telle perfection est impossible et la température descend.
  - La température montera, mais beaucoup moins que pour l'eau, car l'agitation thermique se transmet moins bien dans un air raréfié que dans l'eau.

## Section 3.3

### La relation entre l'énergie thermique, la capacité thermique massique, la masse et la variation de température

 Manuel, p. 137

1. Calcul de la variation de température :
 
$$\begin{aligned}\Delta T &= T_f - T_i \\ &= -5^\circ\text{C} - (-2)^\circ\text{C} \\ &= -3^\circ\text{C}\end{aligned}$$

2. Calcul de l'énergie thermique :

$$\begin{aligned}Q &= mc\Delta T \\ &= 500 \text{ g} \cdot 0,74 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C}) \times -3^\circ\text{C} \\ &= 1\,110 \text{ J}\end{aligned}$$

Réponse : 1 110 J d'énergie est transférée de la crème glacée vers l'air du congélateur, puis vers l'extérieur sous forme de chaleur.

2. 1. Calcul de la variation de température :

$$\begin{aligned}\Delta T &= T_f - T_i \\ &= -10^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C} \\ &= -45^\circ\text{C}\end{aligned}$$

2. Calcul de l'énergie thermique :

$$\begin{aligned}Q &= mc\Delta T \\ &= 2,35 \text{ g} \cdot 0,385 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C}) \times -45^\circ\text{C} \\ &= -40,714 \text{ J}\end{aligned}$$

Réponse : La chaleur dégagée par le morceau de cuivre est de 41 J.

3.  $Q = mc\Delta T$

$$\begin{aligned}m &= \frac{Q}{c\Delta T} \\ &= \frac{6\,000 \text{ J}}{1,09 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C}) \cdot 10^\circ\text{C}} \\ &= 550,46 \text{ g}\end{aligned}$$

Réponse : Il faut utiliser 550 g de gypse.

4.  $Q = mc\Delta T$

$$\begin{aligned}c &= \frac{Q}{m\Delta T} \\ &= \frac{45 \text{ J}}{1,35 \text{ g} \cdot 10^\circ\text{C}} \\ &= 3,3 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})\end{aligned}$$

Réponse : Sa capacité thermique massique est de 3,3 J/(g · °C).

5. 1. Calcul de la variation de température :

$$\begin{aligned}Q &= mc\Delta T \\ \Delta T &= \frac{Q}{mc} \\ &= \frac{9\,690 \text{ J}}{2\,500 \text{ g} \cdot 1,76 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})} = 2,2^\circ\text{C}\end{aligned}$$

2. Calcul de la température finale :

$$\begin{aligned}T_f &= T_i + \Delta T \\ &= 22,2^\circ\text{C} + 2,2^\circ\text{C} = 24,4^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Réponse : La température finale de la planche de bois sera de 24,4°C.

6. 1. Calcul de la variation de la température :

$$Q = mc\Delta T$$
$$\Delta T = \frac{Q}{mc}$$
$$= \frac{50 \text{ J}}{5,5 \text{ g} \cdot 0,24 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})} = 37,9^\circ\text{C}$$

2. Calcul de la température initiale :

$$T_i = T_f - \Delta T$$
$$= 45^\circ\text{C} - 37,9^\circ\text{C} = 7,1^\circ\text{C}$$

Réponse : La température initiale de la bague était de  $7^\circ\text{C}$ .

7. 1. Calcul de la variation de température :

$$\Delta T = T_f - T_i$$
$$= 60^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 35^\circ\text{C}$$

2. Calcul de la capacité thermique massique :

$$Q = mc\Delta T$$
$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$
$$= \frac{2\,600 \text{ J}}{30 \text{ g} \cdot 35^\circ\text{C}} = 2,476 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$$

Réponse : La capacité thermique massique de la pierre est de  $2,5 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$ .

8.  $Q = mc\Delta T$

$$m = \frac{Q}{c\Delta T}$$
$$= \frac{0,02 \text{ J}}{0,1395 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C}) \cdot 100^\circ\text{C}} = 1,43 \times 10^{-3} \text{ g}$$

Réponse : Il faut utiliser  $1 \times 10^{-3} \text{ g}$  de mercure (Hg).

9. Eau :

1. Calcul de la variation de température :

$$\Delta T = T_f - T_i$$
$$= 100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 80^\circ\text{C}$$

2. Calcul de l'énergie thermique :

$$Q = mc\Delta T$$
$$= 100 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C}) \cdot 80^\circ\text{C} = 33\,472 \text{ J}$$

Huile :

1. Calcul de la variation de température :

$$\Delta T = T_f - T_i$$
$$= 210^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 190^\circ\text{C}$$

2. Calcul de l'énergie thermique :

$$Q = mc\Delta T$$
$$= 100 \text{ g} \cdot 2,00 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C}) \cdot 190^\circ\text{C} = 38\,000 \text{ J}$$

Réponse : Puisqu'il faut davantage d'énergie pour faire bouillir l'huile (38 kJ) que l'eau (33 kJ), il est plus rapide de faire bouillir une pomme de terre que de la faire frire.

10. 1. Calcul de la variation de température :

$$\Delta T = T_f - T_i$$
$$= 23,3^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 3,3^\circ\text{C}$$

2. Calcul de la capacité thermique massique :

$$Q = mc\Delta T$$
$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$
$$= \frac{92,3 \text{ J}}{12,50 \text{ g} \cdot 3,3^\circ\text{C}} = 2,238 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$$

Réponse : Parmi les trois substances mentionnées, il est plus probable que ce soit de l'antigel, car la capacité thermique massique est la plus rapprochée de la valeur obtenue.

11. a) Calcul pour la tarte aux pommes

1. Calcul de la variation de température :

$$\Delta T = T_f - T_i$$
$$= 20^\circ\text{C} - 75^\circ\text{C} = -55^\circ\text{C}$$

2. Calcul de l'énergie thermique :

$$Q_{\text{pommes}} = mc\Delta T$$
$$= 1,25 \times 10^3 \text{ g} \cdot c \cdot -55^\circ\text{C}$$
$$= -6,875 \times 10^4 (\text{g}\cdot^\circ\text{C})c$$

- b) Calcul pour la tarte aux cerises

1. Calcul de la variation de température :

$$\Delta T = T_f - T_i$$
$$= 20^\circ\text{C} - 75^\circ\text{C} = -55^\circ\text{C}$$

2. Calcul de l'énergie thermique :

$$Q_{\text{cerises}} = mc\Delta T$$
$$= 1,06 \times 10^3 \text{ g} \cdot c \cdot -55^\circ\text{C}$$
$$= -5,83 \times 10^4 (\text{g}\cdot^\circ\text{C})c$$

- c) Calcul pour la tarte aux fraises

1. Calcul de la variation de température :

$$\Delta T = T_f - T_i$$
$$= 20^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C} = -45^\circ\text{C}$$

2. Calcul de l'énergie thermique :

$$Q_{\text{fraises}} = mc\Delta T$$
$$= 1,25 \times 10^3 \text{ g} \cdot c \cdot -45^\circ\text{C}$$
$$= -5,625 \times 10^4 (\text{g}\cdot^\circ\text{C})c$$

Réponse : C'est la tarte aux fraises qui refroidira le plus vite, car il y a moins de chaleur à dégager. La quantité de chaleur de la tarte aux fraises ( $Q_{\text{fraises}}$ ) est plus petite en valeur absolue.

12. Système 1 : bois.  
Système 2 : verre.

$$m_1 = m_2$$

$$\Delta T_1 = \Delta T_2$$

$$c_1 = 1,76 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$c_2 = 0,84 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{1,76 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})}{0,84 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})}$$

$$\frac{c_1}{c_2} = 2,095$$

$$c_1 = 2,095c_2$$

$$Q_1 = 2,095c_2m_2\Delta T_2 = 2,095Q_2$$

$$= 2,1Q_2$$

Réponse : La chaleur dégagée par le verre sera environ deux fois plus grande que celle dégagée par le bois.

13. a) 1. Calcul de la variation de température :

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$= 85,0^\circ\text{C} - 24,5^\circ\text{C} = 60,5^\circ\text{C}$$

2. Calcul de la capacité thermique massique :

$$Q = mc\Delta T$$

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

$$= \frac{343 \text{ J}}{23,9 \text{ g} \cdot 60,5^\circ\text{C}} = 0,237 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$$

Réponse : La capacité thermique massique de l'argent solide est de 0,237 J/(g·°C).

- b) Calcul de la variation de température :

$$Q = mc\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q}{mc}$$

$$= \frac{343 \text{ J}}{23,9 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})} = 3,43^\circ\text{C}$$

Réponse : La variation de la température de l'eau est de 3,43°C.

14. 1. Calcul de la variation de température :

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$= 35,0^\circ\text{C} - 19,5^\circ\text{C} = 15,5^\circ\text{C}$$

2. Calcul de la capacité thermique massique :

$$Q = mc\Delta T$$

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

$$= \frac{1,6 \times 10^4 \text{ J}}{938 \text{ g} \cdot 15,5^\circ\text{C}} = 1,100 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$$

Réponse : La chaleur spécifique de la brique est de 1,1 J/(g·°C).

15. À l'aide du tableau 8.12 de l'annexe 8 : La capacité thermique de diverses substances (p. 423 du manuel), on détermine  $c = 4,70 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ .

1. Calcul de la variation de température :

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$= 82,7^\circ\text{C} - 25,0^\circ\text{C} = 57,7^\circ\text{C}$$

2. Calcul de l'énergie thermique :

$$Q = mc\Delta T$$

$$= 789 \text{ g} \cdot 4,70 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 57,7^\circ\text{C} = 213\,968,91 \text{ J}$$

Réponse : Une quantité de  $2,14 \times 10^5 \text{ J}$  ou de 214 kJ de chaleur est requise.

16.  $Q = mc\Delta T$

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

$$= \frac{4\,937,50 \text{ J}}{250,00 \text{ g} \cdot 25,00^\circ\text{C}} = 0,79 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$$

Réponse : La valeur de capacité thermique qui se rapproche le plus de la réponse est 0,84. La substance est donc du verre.

## Section 3.4

### Le calcul de l'énergie transférée

 Manuel, p. 141

1. 1. Calcul de la variation de température du système 1 :

$$\Delta T_1 = T_{f1} - T_{i1}$$

$$= 15^\circ\text{C} - 200^\circ\text{C} = -185^\circ\text{C}$$

2. Calcul de la variation de température du système 2 :

$$\Delta T_2 = T_{f2} - T_{i2}$$

$$= 15^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C}$$

3. Calcul de la masse d'antigel :

$$-m_1c_1\Delta T_1 = m_2c_2\Delta T_2$$

$$m_2 = \frac{-m_1c_1\Delta T_1}{c_2\Delta T_2}$$

$$= \frac{-50 \text{ g} \cdot 0,16 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -185^\circ\text{C}}{2,20 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 10^\circ\text{C}} = 67,273 \text{ g}$$

Réponse : Il faut prendre une masse de 67 g d'antigel.

2. 1. Calcul de la variation de température du système 1 :

$$\Delta T_1 = T_{f1} - T_{i1}$$

$$= 20^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C} = -15^\circ\text{C}$$

2. Calcul de la variation de température du système 2 :

$$\Delta T_2 = T_{f2} - T_{i2}$$

$$= 20^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C} = 8^\circ\text{C}$$

3. Calcul de la masse d'eau :

$$\begin{aligned}
 -m_1 c_1 \Delta T_1 &= m_2 c_2 \Delta T_2 \\
 m_2 &= \frac{-m_1 c_1 \Delta T_1}{c_2 \Delta T_2} \\
 &= \frac{-1 \times 10^6 \text{ g} \cdot 2,10 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -15^\circ\text{C}}{4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 8^\circ\text{C}} \\
 &= 9,411 \times 10^5 \text{ g} \\
 \rho &= \frac{m}{V} \\
 V &= \frac{\rho}{m} \\
 &= (1,00 \text{ g/mL})(9,411 \times 10^5 \text{ g}) \\
 &= 9,411 \times 10^5 \text{ mL} = 941 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Réponse : Il faut un volume de  $9 \times 10^2$  L d'eau.

3. 1. Calcul de la variation de température du système 1 :

$$\begin{aligned}
 \Delta T_1 &= T_{f1} - T_{i1} \\
 &= 40^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C} = -20^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

2. Calcul de la variation de température du système 2 :

$$\begin{aligned}
 -m_1 c_1 \Delta T_1 &= m_2 c_2 \Delta T_2 \\
 c_1 &= c_2 \\
 \text{donc : } -m_1 \Delta T_1 &= m_2 \Delta T_2 \\
 \Delta T_2 &= \frac{-m_1 \Delta T_1}{m_2} \\
 &= \frac{-2,5 \times 10^4 \text{ g} \cdot -20^\circ\text{C}}{1,00 \cdot 10^5} = 5,0^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

3. Calcul de la température initiale du système 2 :

$$\begin{aligned}
 T_{i2} &= T_{f2} - \Delta T_2 \\
 &= 40^\circ\text{C} - 5,0^\circ\text{C} = 35^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Réponse : La température du bain était de  $35^\circ\text{C}$  avant l'ajout d'eau chaude.

4. 1. Calcul de la variation de température du système 1 :

$$\begin{aligned}
 \Delta T_1 &= T_{f1} - T_{i1} \\
 &= 75^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C} = -5^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

2. Calcul de la variation de température du système 2 :

$$\begin{aligned}
 \Delta T_2 &= T_{f2} - T_{i2} \\
 &= 75^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 55^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

3. Calcul de la capacité thermique massique du système 2 :

$$\begin{aligned}
 -m_1 c_1 \Delta T_1 &= m_2 c_2 \Delta T_2 \\
 c_2 &= \frac{-m_1 c_1 \Delta T_1}{m_2 \Delta T_2} \\
 &= \frac{-100 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -5^\circ\text{C}}{230 \text{ g} \cdot 55^\circ\text{C}} \\
 &= 0,1654 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})
 \end{aligned}$$

Réponse : La capacité thermique massique du métal est de  $0,2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ .

5. 1. Calcul de la variation de température du système 1 :

$$\begin{aligned}
 \Delta T_1 &= T_{f1} - T_{i1} \\
 &= 5^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C} = -7^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

2. Calcul de la variation de température du système 2 :

$$\begin{aligned}
 -m_1 c_1 \Delta T_1 &= m_2 c_2 \Delta T_2 \\
 m_1 &= m_2 \\
 \text{donc : } -c_1 \Delta T_1 &= c_2 \Delta T_2 \\
 \Delta T_2 &= \frac{-c_1 \Delta T_1}{c_2} \\
 &= \frac{-4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -7^\circ\text{C}}{2,20 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})} = 13,3^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

3. Calcul de la température initiale du système 2 :

$$\begin{aligned}
 T_{i2} &= T_{f2} - \Delta T_2 \\
 &= 5^\circ\text{C} - 13,3^\circ\text{C} = -8,3^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Réponse : L'antigel était à  $-8^\circ\text{C}$ .

$$\begin{aligned}
 6. \quad T_f &= \frac{m_2 c_2 T_{i2} + m_1 c_1 T_{i1}}{m_1 c_1 + m_2 c_2} \\
 &= \frac{(150 \text{ g} \cdot 2,00 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 21,5^\circ\text{C}) + (2,5 \times 10^3 \text{ g} \cdot 0,46 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 140^\circ\text{C})}{(2,5 \times 10^3 \text{ g} \cdot 0,46 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})) + (150 \text{ g} \cdot 2,00 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}))} \\
 &= 115^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Réponse : La température finale de l'huile et de la poêle sera de  $120^\circ\text{C}$ .

$$\begin{aligned}
 7. \quad T_f &= \frac{m_2 c_2 T_{i2} + m_1 c_1 T_{i1}}{m_1 c_1 + m_2 c_2} \\
 &= \frac{(2,3 \text{ g} \cdot 0,1395 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 80^\circ\text{C}) + (10 \text{ g} \cdot 2,20 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -5^\circ\text{C})}{(10 \text{ g} \cdot 2,20 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})) + (2,3 \text{ g} \cdot 0,1395 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}))} \\
 &= -3,78^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Réponse : La température finale du mercure et de l'antigel sera de  $-4^\circ\text{C}$ .

8. Système 1 : eau.

Masse molaire de l'eau :

$$\begin{aligned}
 &15,999 \text{ g/mol} + 2(1,008 \text{ g/mol}) = 18,015 \text{ g/mol} \\
 m &= n \cdot M_1 = (2,5 \text{ mol})(18,015 \text{ g/mol}) = 45,0375 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Système 2 :  $\text{CO}_2$ .

Masse molaire du  $\text{CO}_2$  :

$$\begin{aligned}
 &12,011 \text{ g/mol} + 2(15,999 \text{ g/mol}) = 44,009 \text{ g/mol} \\
 m &= n \cdot M = (1,8 \text{ mol})(44,009 \text{ g/mol}) = 79,2162 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_f &= \frac{m_2 c_2 T_{i2} + m_1 c_1 T_{i1}}{m_1 c_1 + m_2 c_2} \\
 &= \frac{(79,2162 \text{ g} \cdot 0,839 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 30^\circ\text{C}) + (45,0375 \text{ g} \cdot 1,41 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 125^\circ\text{C})}{(45,0375 \text{ g} \cdot 1,41 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})) + (79,2162 \text{ g} \cdot 0,839 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}))} \\
 &= 76,42^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Réponse : La température finale du mélange de gaz sera de  $76^\circ\text{C}$ .

$$9. T_f = \frac{m_2 c_2 T_{i2} + m_1 c_1 T_{i1}}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

$$= \frac{(100 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 5^\circ\text{C}) + (100 \text{ g} \cdot 2,05 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -5^\circ\text{C})}{(100 \text{ g} \cdot 2,05 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})) + (100 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}))}$$

$$= 1,712^\circ\text{C}$$

Réponse: Oui, comme la température finale est en haut de  $0^\circ\text{C}$ , la glace fondra.

10. Système 1: café.  
Système 2: tasse.  
Système 3: crème.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m_1 = \rho_1 V_1$$

$$= (1,00 \text{ g}/\text{mL})(250 \text{ mL}) = 250 \text{ g}$$

$$-Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$-m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2 + m_3 c_3 \Delta T_3$$

$$T_f = \frac{m_1 c_1 T_{i1} + m_2 c_2 T_{i2} + m_3 c_3 T_{i3}}{m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3}$$

$$= \frac{(250 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 80^\circ\text{C}) + (300 \text{ g} \cdot 0,84 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 20^\circ\text{C}) + (10 \text{ g} \cdot 3,77 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 4^\circ\text{C})}{(250 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})) + (300 \text{ g} \cdot 0,84 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})) + (10 \text{ g} \cdot 3,77 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}))}$$

$$= 66,54^\circ\text{C}$$

Réponse: La température finale du mélange de café et de crème dans la tasse sera de  $67^\circ\text{C}$ .

$$11. T_f = \frac{m_2 c_2 T_{i2} + m_1 c_1 T_{i1}}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

$$= \frac{(30 \text{ g} \cdot 2,042 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -200^\circ\text{C}) + (25 \text{ g} \cdot 2,05 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -10^\circ\text{C})}{(25 \text{ g} \cdot 2,05 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})) + (30 \text{ g} \cdot 2,042 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}))}$$

$$= -113,45^\circ\text{C}$$

Comme cette température est plus haute que le point d'ébullition de l'azote, celui-ci se mettra à bouillir.

1. Calcul de la variation de température:

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$= -113,45^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C}) = -103,45^\circ\text{C}$$

2. Calcul de l'énergie thermique:

$$Q = mc\Delta T$$

$$= 25 \text{ g} \cdot 2,05 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -103,45^\circ\text{C} = -5\,301,8 \text{ J}$$

Réponse: La chaleur transférée de la glace vers l'azote est de  $-5,3 \times 10^3 \text{ J}$  ou  $-5,3 \text{ kJ}$ .

## Chapitre 3

### Les transferts d'énergie

 Manuel, p. 145 et 146

- 1. a) Verre d'eau: système ouvert.  
Congélateur: système isolé.  
Environnement: la pièce où se trouve le congélateur.  
Transfert de chaleur de l'eau vers l'air du congélateur.

- b) Chocolat chaud: système ouvert.

Astronaute: système ouvert.

Station spatiale: système isolé.

Environnement: l'espace.

Transfert de chaleur entre la tasse de chocolat chaud et l'astronaute.

Transfert de chaleur entre le chocolat chaud et l'air à l'intérieur de la station.

Transfert de chaleur entre l'astronaute et l'air à l'intérieur de la station.

- c) Friteuse: système ouvert.

Cuisinier: système ouvert.

Environnement: cuisine.

Travail: mouvement des éclaboussures d'huile allant du contenu de la friteuse vers la cuisine.

Transfert de chaleur de l'huile à la cuisine et au cuisinier.

Transfert de chaleur entre le cuisinier et la cuisine.

- 2. 1. Calcul de la variation de température:  
 $\Delta T = T_f - T_i = 120^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 100^\circ\text{C}$

- 2. Calcul de la quantité de chaleur:

$$Q = mc\Delta T$$

$$= 222 \text{ g} \cdot 2,00 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 100^\circ\text{C} = 44\,400 \text{ J}$$

Réponse: La chaleur absorbée par l'huile est de  $4,44 \times 10^4 \text{ J}$  ou de  $44,4 \text{ kJ}$ .

- 3. Non, la chaleur ne sera pas la même, car les deux substances n'ont pas la même capacité thermique massique.

Glace:

$$Q = mc\Delta T$$

$$= 1 \text{ g} \cdot 2,05 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -10^\circ\text{C} = -20,5 \text{ J}$$

Eau:

$$Q = mc\Delta T$$

$$= 1 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -10^\circ\text{C} = -41,84 \text{ J}$$

Réponse: La chaleur dégagée par la glace est de  $-2 \times 10^1 \text{ J}$  alors que celle dégagée par l'eau est de  $-4 \times 10^1 \text{ J}$ . C'est donc l'eau qui dégage le plus de chaleur.

- 4.  $m_2 = \rho_2 V_2 = (1,00 \text{ g}/\text{mL})(1 \times 10^3 \text{ mL}) = 1 \times 10^3 \text{ g}$

- 1. Calcul de la variation de température:

$$\Delta T_2 = T_{i2} - T_{i1}$$

$$= 19,1^\circ\text{C} - 18,9^\circ\text{C} = 0,2^\circ\text{C}$$

- 2. Calcul de la quantité de chaleur absorbée par l'eau:

$$Q_2 = m_2 c_2 \Delta T_2$$

$$= 1 \times 10^3 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 0,2^\circ\text{C} = 836,8 \text{ J}$$

Comme la chaleur absorbée par l'eau est la même que celle libérée par le plomb (Pb):

$$-Q_1 = Q_2 = -m_1 c_1 \Delta T_1$$

3. Calcul de la variation de température du plomb :

$$Q_2 = -m_1 c_1 \Delta T_1$$

$$\Delta T_1 = \frac{-Q_2}{m_1 c_1}$$

$$= \frac{-836,8 \text{ J}}{9,4 \text{ g} \cdot 0,129 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})} = -690,09^\circ\text{C}$$

4. Calcul de la température initiale :

$$T_i = T_f - \Delta T$$

$$= 19,1^\circ\text{C} - (-556,38^\circ\text{C}) = 575,48^\circ\text{C}$$

Réponse : La température initiale du plomb était de  $576^\circ\text{C}$ .

● 5. 1. Calcul de la variation de température du cuivre (Cu) :

$$\Delta T_2 = T_{f2} - T_{i2}$$

$$= 20^\circ\text{C} - 300^\circ\text{C} = -280^\circ\text{C}$$

2. Calcul de la variation de température d'antigel :

$$-m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2$$

$$\Delta T_1 = \frac{-m_2 c_2 \Delta T_2}{m_1 c_1}$$

$$= \frac{-20 \text{ g} \cdot 0,385 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -280^\circ\text{C}}{100 \text{ g} \cdot 2,20 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})} = 9,8^\circ\text{C}$$

3. Calcul de la température initiale :

$$T_{i1} = T_{f1} - \Delta T_1$$

$$= 20^\circ\text{C} - 9,8^\circ\text{C} = 10,2^\circ\text{C}$$

Réponse : L'antigel doit être conservé à  $10^\circ\text{C}$ .

● 6. 1. Calcul de la variation de température du benzène ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) :

$$\Delta T_1 = T_{f1} - T_{i1}$$

$$= 25,3^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} = -4,7^\circ\text{C}$$

2. Calcul de la quantité de chaleur dégagée par le benzène :

$$Q_1 = m_1 c_1 \Delta T_1$$

$$= 75 \text{ g} \cdot 1,72 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -4,7^\circ\text{C} = -606,3 \text{ J}$$

Comme la chaleur absorbée par l'hexane ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ) est la même que celle libérée par le benzène :

$$-Q_1 = Q_2 = 606,3 \text{ J}$$

3. Calcul de la variation de température de l'hexane :

$$\Delta T_1 = T_{f1} - T_{i1}$$

$$= 25,3^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 5,3^\circ\text{C}$$

4. Calcul de la capacité thermique de l'hexane :

$$Q_2 = m_2 c_2 \Delta T_2$$

$$c_2 = \frac{Q_2}{m_2 \Delta T_2}$$

$$= \frac{606,3 \text{ J}}{50 \text{ g} \cdot 5,3^\circ\text{C}} = 2,29 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$$

Réponse : La capacité thermique massique de l'hexane est de  $2,3 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ .

● 7. 1. Calcul de la quantité de chaleur absorbée par l'eau :

$$Q_1 = m_1 c_1 \Delta T_1$$

$$= 75,0 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 28,5^\circ\text{C} = 8943,3 \text{ J}$$

Comme la chaleur dégagée par le métal est la même que celle absorbée par l'eau :

$$-Q_1 = Q_2 = -8943,3 \text{ J}$$

2. Calcul de la température finale :

$$T_{f2} = \Delta T_2 + T_{i2}$$

$$= 28,5^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C} = 48,5^\circ\text{C}$$

3. Calcul de la variation de température du métal :

$$\Delta T_1 = T_{f1} - T_{i1} = 48,5^\circ\text{C} - 98,0^\circ\text{C} = -49,5^\circ\text{C}$$

4. Calcul de la capacité thermique du métal :

$$Q_2 = m_2 c_2 \Delta T_2$$

$$c_2 = \frac{Q_2}{m_2 \Delta T_2}$$

$$= \frac{-8943,3 \text{ J}}{14,9 \text{ g} \cdot 49,5^\circ\text{C}} = 12,1 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$$

Réponse : La capacité massique du métal est de  $12,1 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ .

● 8.  $T_f = \frac{m_2 c_2 T_{i2} + m_1 c_1 T_{i1}}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$

$$= \frac{(45,5 \text{ g} \cdot 0,129 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 80,5^\circ\text{C}) + (192 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 15,0^\circ\text{C})}{(192 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})) + (45,5 \text{ g} \cdot 0,129 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}))}$$

$$= 15,48^\circ\text{C}$$

Réponse : La température finale du système est de  $15,5^\circ\text{C}$ .

■ 9. Note : La question 9 devrait se lire comme suit : « La chaleur massique de l'aluminium (Al) est de  $0,900 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ . La chaleur massique du cuivre (Cu) est de  $0,385 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ . La même quantité de chaleur est appliquée à des masses égales d'aluminium (Al) et de cuivre (Cu). Déterminez le métal dont la température augmentera le plus. Expliquez votre réponse. »

Système 1 : aluminium.

Système 2 : cuivre.

$$m_1 = m_2$$

$$\Delta T_1 = \Delta T_2$$

$$c_1 = 0,900 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$c_2 = 0,385 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{0,900 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})}{0,385 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})}$$

$$\frac{c_1}{c_2} = 2,338$$

$$c_1 = 2,338 c_2$$

$$Q_1 = 2,338 c_2 m_2 \Delta T_2 = 2,338 Q_2$$

Réponse : La chaleur dégagée par l'aluminium sera environ 2,34 fois plus grande que celle dégagée par le cuivre.

■ 10. Masse d'eau :

$$\begin{aligned} m &= n \cdot M \\ &= (2,1 \text{ mol})(2 \cdot 1,00794 \text{ g/mol} + 15,999 \text{ g/mol}) \\ &= 37,832 \text{ g} \end{aligned}$$

Masse d'O<sub>2</sub> :

$$\begin{aligned} m &= n \cdot M \\ &= (2,1 \text{ mol})(2 \cdot 15,999 \text{ g/mol}) \\ &= 67,1958 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_f &= \frac{m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2} \\ &= \frac{(37,832 \text{ g})(1,41 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C})(103^\circ\text{C}) + (67,1958 \text{ g})(0,918 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C})(24^\circ\text{C})}{(37,832 \text{ g})(1,41 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}) + (67,1958 \text{ g})(0,918 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C})} \\ &= 61^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Réponse : La température finale du mélange de gaz est de 61 °C.

■ 11. 1. Calcul de la variation de température de l'eau du système 1 :

$$\begin{aligned} \Delta T_1 &= T_{f1} - T_{i1} \\ &= 0^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = -20^\circ\text{C} \end{aligned}$$

2. Calcul de la variation de température de l'eau du système 2 :

$$\begin{aligned} \Delta T_2 &= T_{f2} - T_{i2} \\ &= 0^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C} = -100^\circ\text{C} \end{aligned}$$

3. Calcul de la masse du système 2 qui gèlerait :

$$\begin{aligned} -m_1 c_1 \Delta T_1 &= -m_2 c_2 \Delta T_2 \\ c_1 &= c_2 \\ \text{donc : } m_1 \Delta T_1 &= m_2 \Delta T_2 \\ m_2 &= \frac{m_1 \Delta T_1}{\Delta T_2} \\ &= \frac{300 \text{ g} \cdot -20^\circ\text{C}}{-100^\circ\text{C}} = 60 \text{ g} \end{aligned}$$

Réponse : 60 g d'eau à 100 °C gèlerait en dégageant la même quantité de chaleur contenue dans 300 g d'eau à 20 °C.

◆ 12.  $c_{\text{Al}} = 0,900 \text{ J/(g}\cdot^\circ\text{C)}$   
 $c_{\text{Cu}} = 0,385 \text{ J/(g}\cdot^\circ\text{C)}$   
 $\frac{c_{\text{Al}}}{c_{\text{Cu}}} = \frac{0,900 \text{ J/(g}\cdot^\circ\text{C)}}{0,385 \text{ J/(g}\cdot^\circ\text{C)}} = 2,338$

Réponse : Le métal qui perdra le plus de chaleur est l'aluminium. Cette chaleur sera environ 2,34 fois plus grande que celle dégagée par le cuivre.

◆ 13. 1. Conversion des L en mL :

$$\begin{aligned} \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} &= \frac{2 \text{ L}}{?} \\ ? &= \frac{2 \text{ L} \cdot 1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 2000 \text{ mL} \end{aligned}$$

2. Calcul de la masse d'eau dans le calorimètre :

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \frac{m_1}{V_1} \\ m_1 &= \rho_1 V_1 = 1 \text{ g/mL} \cdot 2000 \text{ mL} = 2000 \text{ g} \end{aligned}$$

3. Calcul de la variation de température de l'eau :

$$\begin{aligned} \Delta T_1 &= T_{f1} - T_{i1} \\ &= 23^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 3^\circ\text{C} \end{aligned}$$

4. Calcul de la quantité de chaleur absorbée par l'eau :

$$\begin{aligned} Q_1 &= m_1 c_1 \Delta T_1 \\ &= 2000 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J/(g}\cdot^\circ\text{C}) \cdot 3^\circ\text{C} = 25104 \text{ J} \end{aligned}$$

5. Calcul de la masse d'huile dans le calorimètre :

$$\begin{aligned} \rho_2 &= \frac{m_2}{V_2} \\ m_2 &= \rho_2 V_2 = 0,9 \text{ g/mL} \cdot 2000 \text{ mL} = 1800 \text{ g} \end{aligned}$$

6. Calcul de la variation de température de l'huile :

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 = m_2 c_2 \Delta T_2 \\ \Delta T_2 &= \frac{Q_1}{m_2 c_2} \\ &= \frac{25104 \text{ J}}{1800 \text{ g} \cdot 2,00 \text{ J/(g}\cdot^\circ\text{C})} = 6,973^\circ\text{C} \end{aligned}$$

7. Calcul de la température finale de l'huile :

$$\begin{aligned} T_{f2} &= \Delta T_2 + T_{i2} \\ &= 6,973^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C} = 26,973^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Réponse : L'huile sera à 27 °C.

◆ 14. Système 1 : eau.  
Système 2 : éthanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH).

1. Calcul du rapport des masses :

$$\begin{aligned} \frac{m_1}{m_2} &= \frac{60}{40} \\ m_1 &= \frac{60 m_2}{40} = 1,5 m_2 \end{aligned}$$

2. Calcul des variations de température :

$$\begin{aligned} \Delta T_1 &= T_{f1} - T_{i1} \\ &= 15^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} \\ &= -5^\circ\text{C} \\ &= T_{f2} - T_{i2} \\ &= 15^\circ\text{C} - 2,13^\circ\text{C} \\ &= 12,87^\circ\text{C} \end{aligned}$$

3. Calcul de la capacité thermique de l'éthanol:

$$\begin{aligned}
 -m_1 c_1 \Delta T_1 &= m_2 c_2 \Delta T_2 \\
 -1,5 m_2 c_1 \Delta T_1 &= m_2 c_2 \Delta T_2 \\
 c_2 &= \frac{-1,5 m_2 c_1 \Delta T_1}{m_2 \Delta T_2} \\
 &= \frac{-1,5 c_1 \Delta T_1}{\Delta T_2} \\
 &= \frac{-1,5 \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -5^\circ\text{C}}{12,87^\circ\text{C}} \\
 &= 2,438 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})
 \end{aligned}$$

Réponse: La capacité thermique massique de l'éthanol est de 2,4 J/(g·°C).

- ◆ 15. Calculons pour 1,00 g, pour une température initiale de 20 °C.

a) Calcul pour le méthanol (CH<sub>3</sub>OH)

1. Calcul de la variation de température:

$$\begin{aligned}
 \Delta T &= T_f - T_i \\
 &= 65^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 45^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

2. Calcul de l'énergie thermique:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{CH}_3\text{OH}} &= mc\Delta T \\
 &= 1,00 \text{ g} \cdot 2,60 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 45^\circ\text{C} \\
 &= 177 \text{ J}
 \end{aligned}$$

b) Calcul pour l'acétone (CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>)

1. Calcul de la variation de température:

$$\begin{aligned}
 \Delta T &= T_f - T_i \\
 &= 56,1^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 36,1^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

2. Calcul de l'énergie thermique:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{acétone}} &= mc\Delta T \\
 &= 1,00 \text{ g} \cdot 2,15 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 36,1^\circ\text{C} \\
 &= 77,615 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Réponse: Le méthanol serait le meilleur choix pour son expérience.

- ◆ 16. a) Calcul pour l'eau pure

1. Calcul de la variation de température:

$$\begin{aligned}
 \Delta T &= T_f - T_i \\
 &= 0^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C} = -22^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

2. Calcul de l'énergie thermique:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{eau pure}} &= mc\Delta T \\
 &= 20 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -22^\circ\text{C} \\
 &= -1\,840,96 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Calcul pour l'eau de mer

1. Calcul de la variation de température:

$$\begin{aligned}
 \Delta T &= T_f - T_i \\
 &= -2,60^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C} = -24,6^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

2. Calcul de l'énergie thermique:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{eau de mer}} &= mc\Delta T \\
 &= 20 \text{ g} \cdot 3,99 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -24,6^\circ\text{C} \\
 &= -1\,963,08 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Réponse: L'eau pure dégage moins de chaleur en se solidifiant que l'eau de mer.

- b)  $Q_{\text{eau de mer}}$  doit être de -1 840,96 J

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{eau de mer}} &= mc\Delta T \\
 m &= \frac{Q_{\text{eau de mer}}}{c\Delta T} \\
 &= \frac{-1\,840,96 \text{ J}}{3,99 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -24,6^\circ\text{C}} \\
 &= 18,756 \text{ g d'eau de mer}
 \end{aligned}$$

Réponse: Il faudrait prendre 19 g d'eau de mer pour qu'elle perde autant de chaleur que l'eau pure.

- ◆ 17. 1. Conversion des mL en L:

$$\begin{aligned}
 \frac{1 \text{ L}}{1\,000 \text{ mL}} &= \frac{1,2 \text{ L}}{?} \\
 ? &= \frac{1,2 \text{ L} \cdot 1\,000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 1\,200 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

2. Calcul de la masse d'eau dans le calorimètre:

$$\begin{aligned}
 \rho_1 &= \frac{m_1}{V_1} \\
 m_1 &= \rho_1 V_1 \\
 &= 1 \text{ g/mL} \cdot 1\,200 \text{ mL} = 1\,200 \text{ g}
 \end{aligned}$$

3. Calcul de la variation de température de l'eau:

$$\begin{aligned}
 \Delta T_1 &= T_{f1} - T_{i1} \\
 &= 21^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C} = -1^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

4. Calcul de la quantité de chaleur absorbée par l'eau:

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= m_1 c_1 \Delta T_1 \\
 &= 1\,200 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot -1^\circ\text{C} \\
 &= -5\,050,8 \text{ J}
 \end{aligned}$$

5. Calcul de la variation de température de l'argon (Ar):

$$Q_1 = Q_2 = m_2 c_2 \Delta T_2$$

$$\Delta T_2 = \frac{Q_1}{m_2 c_2}$$

$$= \frac{-5\,050,8 \text{ J}}{400 \text{ g} \cdot 0,520 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})} = -24,12^\circ\text{C}$$

6. Calcul de la température finale de l'huile:

$$T_{i2} = \Delta T_2 - T_{i2}$$

$$= -24,12^\circ\text{C} + 22^\circ\text{C}$$

$$= -2,12^\circ\text{C} = -2^\circ\text{C}$$

Réponse: L'argon sera à  $-2^\circ\text{C}$ .

★ 18. Système 1: hélium (He).  
Système 2: dihydrogène ( $\text{O}_2$ ).

1. Conversion de la température en kelvins du système 1:

$$T_1 = 15^\circ\text{C} + 273 = 288 \text{ K}$$

2. Calcul de la masse d'hélium:

$$P_1 V_1 = \frac{m_1 R T_1}{M_{\text{He}}}$$

$$m_1 = \frac{P_1 V_1 M_{\text{He}}}{R T_1}$$

$$= \frac{101,3 \text{ kPa} \cdot 3 \text{ L} \cdot 4,003 \text{ g/mol}}{8,31 \text{ (kPa} \cdot \text{L})/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 288 \text{ K}}$$

$$= 0,508 \text{ g}$$

3. Conversion de la température en kelvins du système 2:

$$T_2 = 7,5^\circ\text{C} + 273 = 280,5 \text{ K}$$

4. Calcul de la masse de dihydrogène:

$$P_2 V_2 = \frac{m_2 R T_2}{M_{\text{H}_2}}$$

$$m_2 = \frac{P_2 V_2 M_{\text{H}_2}}{R T_2}$$

$$= \frac{101,3 \text{ kPa} \cdot 2 \text{ L} \cdot 2,016 \text{ g/mol}}{8,31 \text{ (kPa} \cdot \text{L})/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 280,5 \text{ K}}$$

$$= 0,175 \text{ g}$$

5. Calcul de la température finale du mélange:

$$T_f = \frac{m_2 c_2 T_{i2} + m_1 c_1 T_{i1}}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

$$= \frac{(0,508 \text{ g} \cdot 5,19 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 15^\circ\text{C}) + (0,175 \text{ g} \cdot 14,30 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 7,5^\circ\text{C})}{(0,175 \text{ g} \cdot 14,30 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})) + (0,508 \text{ g} \cdot 5,19 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}))}$$

$$= 11,347^\circ\text{C}$$

Réponse: La température finale du mélange de gaz sera de  $11^\circ\text{C}$ .

★ 19. 1. Conversion des L en mL:

$$\frac{1 \text{ L}}{1\,000 \text{ mL}} = \frac{1,5 \text{ L}}{?}$$

$$? = \frac{1,5 \text{ L} \cdot 1\,000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 1\,500 \text{ mL}$$

2. Calcul de la masse d'eau dans la bouilloire:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = \rho v = 1 \text{ g/mL} \cdot 1\,500 \text{ mL} = 1\,500 \text{ g}$$

3. Calcul de la variation de température de l'eau:

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$= 100^\circ\text{C} - 19^\circ\text{C} = 81^\circ\text{C}$$

4. Calcul de la quantité de chaleur absorbée par l'eau:

$$Q = mc\Delta T$$

$$= 1\,500 \text{ g} \cdot 4,184 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 81^\circ\text{C}$$

$$= 508\,356 \text{ J}$$

5. Calcul du temps avant l'ébullition:

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$t = \frac{Q}{P}$$

$$= \frac{508\,356 \text{ J}}{1\,600 \text{ J/s}} = 317,722 \text{ s}$$

6. Conversion en minutes:

$$\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{?}{318 \text{ s}}$$

$$? = \frac{1 \text{ min} \cdot 318 \text{ s}}{60 \text{ s}} = 5,3 \text{ min}$$

Réponse: L'eau atteindra son point d'ébullition en 5 minutes et 18 secondes.