

La calorimétrie

Situation - problème.

Pour faire une tisane tiède à son enfant malade, une maman ajoute aux 400 g d'eau à 75 °C contenu dans un pot, 200 g d'un jus à 20 °C. La maman appelle alors la sœur de l'enfant et lui pose les questions suivantes :

Dans le mélange obtenu que perd ou gagne chacun des corps mélangés ?

A quelle température se trouvait le pot qui contenait l'eau avant le mélange ?

Quelle est la température de la tisane obtenue ?

1 - Introduction.

La calorimétrie est la mesure de la quantité de chaleur Q reçue ($+Q$) ou cédée ($-Q$) par un corps.

N.B. Un échange de chaleur peut se traduire entre autre par une variation de température ou changement d'état. Dans la suite, la chaleur échangée ne change pas l'état physique du corps.

2 - La quantité de chaleur échangée.

2-1 Quantité de chaleur et variation de la température.

L'expérience montre que la quantité de chaleur Q reçue ou cédée par un corps est proportionnelle à la variation de sa température Δt .

Remarque La variation de température d'un corps est égale à la différence entre sa température finale t_f et sa température initiale t_i

$$\Delta t = t_f - t_i$$

2-2 Quantité de chaleur masse du corps.

La quantité de chaleur Q reçue ou cédée par un corps dépend de sa masse m .

2-3 Quantité de chaleur et chaleur massique du corps.

La quantité de chaleur reçue ou cédée par un corps dépend de la nature du corps. La nature du corps, dans ce cas, est caractérisée par sa chaleur massique c . Exemple : la chaleur massique de l'eau est :

$$c = 4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C}.$$

Expression de la quantité de chaleur échangée.

La quantité de chaleur Q reçue ou cédée par un corps dont l'état physique ne change pas est égale au produit de sa masse m par sa chaleur massique c que multiplie la variation de sa température Δt .

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$Q = m \cdot c (t_f - t_i)$$

2-4 Unités.

L'unité internationale de chaleur est le **joule J**.

La masse est kg.

La chaleur massique c en $\text{Jkg}^{-1}\text{C}^\circ$ or $1^\circ\text{K} = 1^\circ\text{C}$ on a aussi c en $\text{J/kg}^\circ\text{C}$

La variation de température Δt est $^\circ\text{K}$ donc en $^\circ\text{C}$.

3 - Température d'équilibre d'un mélange.

3-1 Bilan de l'échange thermique.

En mélangeant des corps de températures différentes, leur échange de chaleur aboutit à un équilibre thermique. Les corps chauds se refroidissent en cédant de la chaleur ($-Q_1$) : leur température initiale baissent ; les corps froids s'échauffent en gagnant de la chaleur ($+Q_2$) : leur température initiale augmente.

$$-Q_1 = +Q_2$$

3-2 La température d'équilibre.

A l'équilibre thermique, le mélange a une seule température t_{eq} appelée température d'équilibre du mélange. Cette température d'équilibre est aussi la température finale de chacun des corps mélangés.

Remarque.

Le calorimètre et ses accessoires (thermomètre, agitateur...) participent aussi à l'équilibre thermique. Quand cette participation n'est pas négligée, alors, on donne souvent sa valeur en eau qui est une masse d'eau qui aurait eu la même participation thermique.

Exemple pratique.

Un bloc métallique de masse $m_1 = 400 \text{ g}$ et de chaleur massique $0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ a une température de 80°C . On le plonge dans une masse d'eau $m_2 = 500 \text{ g}$ à la température $t_2 = 34^\circ\text{C}$. Trouver la température du mélange obtenu.

La quantité de chaleur cédée par le corps le bloc métallique est :

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= m_1 c_1 (t_{f1} - t_{i1}) \\
 m_1 &= 400 \text{ g} = 0,4 \text{ kg} \\
 c_1 &= 0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C} = \\
 &0,5 \times 4180 \times 10^3 \text{ J/kg}^\circ\text{C} = \\
 &2090 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \\
 t_{f1} &= t_{\text{eq}} ? \\
 t_{i1} &= 80^\circ\text{C} \\
 Q_1 &= 0,4 \times 2090 (t_{\text{eq}} - 80) = \\
 &(836 t_{\text{eq}} - 66880) \text{ J}
 \end{aligned}$$

La quantité de chaleur reçue par le corps froid est :

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= m_2 c_2 (t_{f2} - t_{i2}) \\
 m_2 &= 500 \text{ g} = 0,5 \text{ kg} \\
 c_2 &= 4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \\
 t_{f2} &= t_{\text{eq}} ? \\
 Q_2 &= 0,5 \times 4180 (t_{\text{eq}} - 34) = \\
 &(2090 t_{\text{eq}} - 71060) \text{ J}
 \end{aligned}$$

A l'équilibre

$$\begin{aligned}
 -Q_1 &= +Q_2 \\
 -836 t_{\text{eq}} + 66880 &= 2090 t_{\text{eq}} - 71060 \\
 \Leftrightarrow 2926 t_{\text{eq}} &= 137940 \\
 \text{La température d'équilibre du} \\
 \text{mélange est de :} \\
 t_{\text{eq}} &= \frac{137940}{2926} = \underline{\underline{47,14^\circ\text{C}}}
 \end{aligned}$$