

T.P.: Capacité thermique

Introduction

La quantité de chaleur Q (en J) reçue (ou cédée) par un corps est proportionnel à sa masse m (en kg) et à la variation de température $\Delta\theta = \theta_{B \text{ final}} - \theta_{A \text{ init}}$ (en K ou °C)

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta\theta \text{ dans un domaine de température où il n'y a pas de changement de phase}$$

La constante de proportionnalité c (en $\frac{J}{kg \cdot K}$) s'appelle capacité thermique massique.

Si on ne connaît pas exactement la composition du corps on prend la capacité thermique

$$Q = C \cdot \Delta\theta \text{ souvent utile pour des récipients (p.ex. calorimètre)}$$

La constante C s'appelle capacité thermique C (en J/K).

Pour déterminer c ou C on utilise deux méthodes:

1. Méthode du chauffage:

On chauffe électriquement un liquide dans un calorimètre

$$Q_{\text{cal}} + Q_1 = Q_{\text{reçue}}$$

$$C_{\text{cal}} \cdot (\theta_B - \theta_A) + m_1 \cdot c_1 \cdot (\theta_B - \theta_A) = U \cdot I \cdot t$$

On peut alors déduire la capacité thermique massique inconnue c_1 de l'équation.

2. Méthode du mélange

On plonge un corps chaud θ_2 dans un calorimètre rempli d'eau froide à la température θ_1 . Les quantités de chaleur sont échangées sans pertes jusqu'à ce l'équilibre se fait et on mesure la température du mélange θ_m .

$$Q_{\text{cal}} + Q_1 + Q_2 = 0$$

$$C \cdot (\theta_m - \theta_1) + m_1 \cdot c_1 \cdot (\theta_m - \theta_1) + m_2 \cdot c_2 \cdot (\theta_m - \theta_2) = 0$$

On peut alors déduire la capacité thermique c_2 du corps introduit dans le calorimètre.

1. Capacité thermique du calorimètre:

On recherche dans la description du constructeur la capacité thermique C_{cal} du calorimètre utilisé.

$$Q_{\text{cal}} = C_{\text{cal}} \cdot \Delta\theta$$

Pour vérifier l'ordre de grandeur on prend le calorimètre avec ses composants : thermomètre, agitateur, résistance chauffante, couvercle à la température ambiante θ_1 . Ensuite on verse $m_w \approx 0,040 \text{ kg}$ d'eau de $\theta_2 \approx 40^\circ\text{C}$ dans le récipient et on attend que l'équilibre se fasse à la température θ_m .

Exploitation:

L'équation calorimétrique donne:

$$Q_{\text{cal}} \uparrow + Q_2 \downarrow = 0 \text{ par } \uparrow \text{ on indique que } Q_{\text{cal}} > 0 \text{ (calorimètre s'échauffe)}$$

$$C_{\text{cal}} \cdot (\theta_m - \theta_1) + m_w \cdot c_w \cdot (\theta_m - \theta_2) = 0 \text{ en revanche } \downarrow \text{ comme } Q_2 < 0 \text{ (l'eau est refroidie)}$$

$$C_{\text{cal}} = \frac{m_w \cdot c_w \cdot (\theta_2 - \theta_m)}{(\theta_m - \theta_1)} \text{ avec } c_w = 4180 \text{ S.I. (valeur table)}$$

Pour la suite on prend la valeur du constructeur.

2. Capacité thermique massique de l'eau

Manipulation

- Remplir le calorimètre à 80% avec une masse d'eau m_w
- Fermer le couvercle brancher le **courant alternatif** (ou courant continu parfaitement lissé) pendant une courte durée pour vérifier le montage. Attention résistance chauffante bien immergée. Attendre 1 minute et noter la température initiale θ_A .
- Brancher le courant, démarrer le chronomètre, lire la tension U et l'intensité de courant I avec précision.
- Agiter continuellement et noter la température toutes les 60 s.
- Arrêter le chauffage si la température a augmenté de env. 10°C arrêter le courant et le chronomètre à la dernière tranche de 60s remuer puis noter la température finale θ_B .

Exploitation

a) Représentation graphique $Q_{\text{reçue}} = f(\Delta\theta)$. Vérifier par une régression linéaire que $Q = U \cdot I \cdot t$ est proportionnel à $\Delta\theta$.

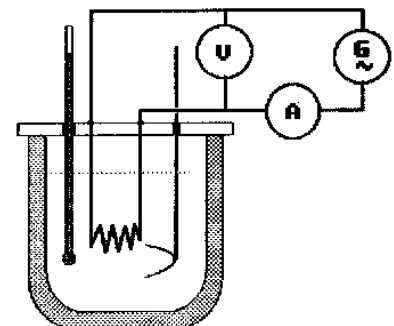
b) Calcul de c_w

L'équation calorimétrique donne

$$\begin{aligned} Q_{\text{cal}} \uparrow + Q_w \uparrow &= Q_{\text{reçue}} \\ C_{\text{cal}} \cdot (\theta_B - \theta_A) + m_w \cdot c_w \cdot (\theta_B - \theta_A) &= U \cdot I \cdot t \end{aligned}$$

$$c_w = \frac{U \cdot I \cdot t - C_{\text{cal}} (\theta_B - \theta_A)}{m_w (\theta_B - \theta_A)}$$

Compare à la valeur des tables. Ecart en %.



3. Capacité thermique massique de corps solides:

Manipulation

- Chauffer des cylindres métalliques ou des pierres de masse m dans un chauffe eau à $\theta \approx 100^\circ\text{C}$
- Egoutter brièvement et plonger dans un calorimètre rempli du masse m_w d'eau à la température θ_1 .
- Après 1min on détermine la température du mélange θ_m .

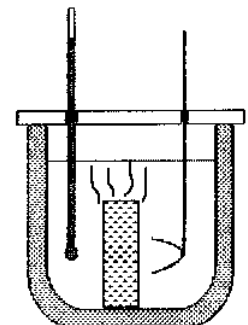
Exploitation

La capacité thermique massique c inconnue du corps se calcule à partir de l'équation calorimétrique.

$$\begin{aligned} Q_{\text{cal}} \uparrow + Q_w \uparrow + Q_{\text{corps}} \downarrow &= 0 \\ C_{\text{cal}} \cdot (\theta_m - \theta_1) + m_w \cdot c_w \cdot (\theta_m - \theta_1) + m \cdot c \cdot (\theta_m - \theta) &= 0 \end{aligned}$$

$$c = \frac{(c_w m_w + C_{\text{cal}}) \cdot (\theta_m - \theta_1)}{m \cdot (\theta - \theta_m)}$$

Comparer à la valeur des tables. Ecart en %.



T.P. Chaleur latente de fusion et de vaporisation

Definition:

On appelle chaleur latente de fusion L_f la quantité de chaleur Q qui est nécessaire pour faire fondre 1kg d'un corps solide à température de fusion constante.

$$L_f = \frac{Q_f}{m} \text{ in (J/kg)}$$

On appelle chaleur latente de vaporisation L_v la quantité de chaleur Q qui est nécessaire pour faire évaporer 1kg d'un liquide à la température d'ébullition constante.

$$L_v = \frac{Q_v}{m} \text{ in (J/kg)}$$

1. Détermination de la chaleur latente de fusion L_f de l'eau

Manipulation

- On verse $m_1 \approx 150\text{g}$ d'eau de $\approx 50^\circ\text{C}$ dans le calorimètre. Déterminer la masse exacte m_1 de l'eau chaude, remuer et déterminer la température θ_1 précise.
- On ajoute $\approx 50\text{g}$ de glace à $\theta_2 = 0^\circ\text{C}$ (glace au point de fusion), mesurer la masse m_2 des glaçons.
- Remuer jusqu'à fusion complète des glaçons et lire la température de mélange θ_m .

Exploitation

Comme on suppose que la glace se trouve à la température de fusion on néglige l'échauffement de la glace solide. L'équation calorimétrique donne:

$$\begin{aligned} Q_{\text{cal}} \downarrow + Q_1 \downarrow + Q_{2 \text{ fus}} \uparrow + Q_{2w} \uparrow &= 0 \\ C \cdot (\theta_m - \theta_1) + m_1 \cdot c_w \cdot (\theta_m - \theta_1) + m_2 \cdot L_f + m_2 \cdot c_w \cdot (\theta_m - 0^\circ\text{C}) &= 0 \end{aligned}$$

$$L_f = \frac{(m_1 \cdot c_w + C) \cdot (\theta_1 - \theta_m)}{m_2} - c_w \cdot (\theta_m - 0^\circ\text{C})$$

2. Chaleur latente de vaporisation L_v de l'eau

Manipulation

- Mettre en marche le chauffe-ballon (Heizpilz) qui fait bouillir de l'eau. La vapeur d'eau traverse un séparateur de vapeur jusqu'à ce que uniquement de la vapeur d'eau à 100°C sorte du tuyau. Remplir le calorimètre sans couvercle avec $m_1 \approx 0,100\text{kg}$ d'eau froide déterminer la masse d'eau exacte et la masse initiale M_{initial} du calorimètre rempli (sans thermomètre à fil).
- Juste avant de plonger le tube à vapeur à 5mm du fond du calorimètre, on note la température θ_1 initiale exacte. Les bulles de vapeur qui traversent l'eau du calorimètre condensent et échauffent l'eau du calorimètre. En même temps l'eau condensée s'ajoute à la masse d'eau initiale.
- Lorsque la température de l'eau du calorimètre atteint environ 40°C on enlève le tube à vapeur. et on détermine la température du mélange θ_m . On mesure à nouveau la masse finale du calorimètre avec thermomètre M_{final} pour déduire la masse d'eau apportée par condensation $m_2 = M_{\text{final}} - M_{\text{initial}}$.

Exploitation

La chaleur de vaporisation est l'opposé de la chaleur de liquéfaction : $L_v = -L_{\text{liquéfaction}}$.

$$\begin{aligned} Q_{\text{cal}} \uparrow + Q_1 \uparrow + Q_{2 \text{ liquéfaction}} \downarrow + Q_{2w} \downarrow &= 0 \\ C \cdot (\theta_m - \theta_1) + m_1 \cdot c_w \cdot (\theta_m - \theta_1) + m_2 \cdot (-L_v) + m_2 \cdot c_w \cdot (\theta_m - 100^\circ\text{C}) &= 0 \end{aligned}$$

$$L_v = \frac{(C + m_1 \cdot c_w) \cdot (\theta_m - \theta_1)}{m_2} - c_w \cdot (100^\circ\text{C} - \theta_m)$$