

CALORIMETRIE

Dans ce TP nous allons effectuer des mesures calorimétriques et mesurer différentes grandeurs physiques : la capacité thermique, la chaleur de combustion et la chaleur latente de fusion. Toutes les unités, comme convenu en physique, seront les unités du système international (SI).

Rappel de cours : On rappelle la relation générale permettant de calculer la quantité de chaleur Q reçue ou fournie par une substance qui voit sa température varier de ΔT Kelvin ou degrés (sans subir de changement de phase) : $Q = C \cdot \Delta T$. La grandeur C se nomme 'capacité thermique' de la substance (J/K) et si la masse de la substance est m , la quantité $c = C/m$ s'appelle 'capacité thermique massique' de la substance (J/K/kg). On a alors $Q = m c \Delta T$.

Données : $c_{\text{eau}} = 4190 \text{ J/K/kg}$; incertitude sur 1 mesure de température = $0.1 \text{ }^\circ\text{C}$

1- Mesures sur le Calorimètre

Nous allons mélanger dans le calorimètre deux masses d'eau identiques mais à deux températures différentes T_f et T_c , et allons en déduire la capacité thermique du calorimètre, sa valeur en eau, la capacité thermique massique de l'aluminium.

Manipulation :

Versez 100 g d'eau du robinet dans le calorimètre. Mesurez la température T_f de l'ensemble (eau, calorimètre) après avoir attendu l'équilibre thermique. Prélevez 100 g d'eau chaude dans le bain marie et juste avant de la verser dans le calorimètre, mesurez sa température T_c . En prenant les précautions nécessaires, mesurez la température d'équilibre T_{eq} obtenue.

Exploitation :

Vous constatez que la température d'équilibre T_{eq} est plus faible que ce que l'on pouvait penser, c'est à dire $(T_f + T_c)/2$. **Proposez une explication**. A partir des variations de température, **calculez** la quantité de chaleur Q_c cédée par l'eau chaude, Q_r reçue par l'eau froide, Q_a reçue par l'aluminium du calorimètre. **Donnez** également les 3 incertitudes correspondantes. **Déduisez en** la capacité thermique de la cuve en aluminium du calorimètre et la capacité thermique massique de l'aluminium avec leurs incertitudes respectives. On appelle 'valeur en eau' du calorimètre la masse d'eau qui, soumise à la même variation de température que le calorimètre, aurait absorbé la même quantité de chaleur. **Quelle est la valeur en eau** de votre calorimètre ?

2- Mesure de la capacité thermique massique d'une substance

2-1 Mesure de la capacité thermique de l'acier

Manipulation :

Pesez les 2 échantillons d'acier puis déposez les dans le bain-marie afin que leur température augmente. Versez 300 g d'eau à la température ambiante dans le calorimètre puis mesurez la température T_f de l'ensemble (eau, calorimètre). Après cinq minutes environ, mesurez la température du bain-marie (on supposera que l'acier a atteint cette température), prenez les deux échantillons d'acier avec la pince en bois et déposez le plus rapidement possible dans le calorimètre. Après quelques secondes de légère agitation pour homogénéiser les températures, mesurez la température d'équilibre T_{eq} .

Exploitation :

En considérant que toute la chaleur cédée par l'acier est partie dans le calorimètre et dans l'eau, **déduisez en** la relation permettant de calculer la capacité thermique massique de l'acier, c_{acier} . **Quelle est la valeur de c_{acier}** issue de votre expérience avec son incertitude ? **Quelle est la capacité thermique C_{acier}** de votre échantillon d'acier ?

3- Mesure de la chaleur latente de fusion de la glace

Lorsque de la glace fond, elle absorbe de la chaleur mais reste à 0°C. La quantité de chaleur nécessaire pour faire fondre 1kg de glace s'appelle L, chaleur latente de fusion de la glace : nous allons essayer de l'estimer.

Manipulation :

Placez 300g d'eau à la température ambiante dans le calorimètre et mesurez la température T_c de l'ensemble. Prenez 4 ou 5 glaçons sortis du congélateur, placez les quelques minutes dans de l'eau à température ambiante de façon à les amener à 0°C. Séchez les, pesez les et placez les aussitôt dans le calorimètre. Observez la diminution de température puis notez la valeur de la température d'équilibre T_{eq} lorsqu'ils ont complètement fondu.

Exploitation :

En considérant le bilan énergétique de cette transformation, exprimez L en fonction des différentes grandeurs utiles puis calculez sa valeur avec son incertitude.

4- Chaleur de combustion du butane (C_4H_{10})

On appelle chaleur de combustion complète du butane, la chaleur dégagée par la combustion complète de 1kg de butane : nous allons essayer de l'estimer.

Manipulation :

Peser le briquet (contenant du butane) et ne plus l'utiliser jusqu'à l'expérience.

Peser la masse m_c de la canette en aluminium et en déduire sa capacité thermique (prendre $Calu = 897 \text{ J/kg/K}$).

Verser dans la canette $m_e = 100\text{g}$ d'eau. Mesurer la température T_i de l'ensemble (canette, eau).

Chauffer le fond de la canette avec la flamme du briquet jusqu'à ce que l'eau atteigne une température supérieure d'une dizaine de degrés à T_i .

Arrêter le chauffage et noter la température finale T_f .

Peser à nouveau le briquet afin de déterminer la masse m de butane consommée.

Exploitation :

En considérant que toute la chaleur cédée par la combustion du butane du briquet est allée dans la canette et l'eau, déterminez la chaleur de combustion du butane en MJ/kg (unité des chauffagistes) puis en kJ/mole (unité des thermochimistes).

Formulaire calculs d'incertitudes :

<p>Somme ou différence : les incertitudes absolues s'ajoutent :</p> $Z = X+Y \text{ ou } Z = X-Y$ $ \Delta Z = \Delta X + \Delta Y $	<p>Produit ou rapport : les incertitudes relatives s'ajoutent :</p> $Z = X.Y$ $\left \frac{\Delta Z}{Z} \right = \left \frac{\Delta X}{X} \right + \left \frac{\Delta Y}{Y} \right $ $Z = \frac{X}{Y}$ $\left \frac{\Delta Z}{Z} \right = \left \frac{\Delta X}{X} \right + \left \frac{\Delta Y}{Y} \right $
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------