

Calorimétrie

Objectifs de cette séance de travaux pratiques :

- Se familiariser avec les techniques de calorimétrie.
- Déterminer une enthalpie standard de dissolution.
- Déterminer une capacité thermique.

Matériel :

- Calorimètre.
- Balance de précision.
- Mortier et pilon.
- Béchers.
- Plaque chauffante
- Sonde thermométrique à affichage digital

Produits chimiques :

- Eau.
- Nitrate d'ammonium NH_4NO_3 solide.
- Plaquettes de cuivre.

I Détermination de la valeur en eau du calorimètre.

La partie du calorimètre qui est en contact thermique avec l'eau (bêcher, vase calorimétrique, agitateur ...) a une capacité thermique non nulle. Sa valeur en eau m_0 est la masse d'eau qui aurait la même capacité thermique. On détermine m_0 en utilisant le protocole suivant :

Peser un bêcher contenant environ 75 mL d'eau pure, verser cette eau dans le calorimètre puis peser à nouveau le bêcher. En déduire la masse m_1 de l'eau versée dans le calorimètre.

Attendre l'équilibre thermique et relever la température θ_1 .

Peser à nouveau le bêcher avec environ 75 mL d'eau pure, le chauffer pour élever sa température d'une bonne dizaine de °C. Relever cette température θ_2 après avoir homogénéisé l'eau.

Introduire rapidement cette eau dans le calorimètre, agiter et noter la température la plus élevée obtenue θ .

Peser à nouveau le bêcher et en déduire la masse m_2 d'eau versée.

Vider et sécher le calorimètre.

Déduire des mesures la valeur en eau m_0 du calorimètre. Estimer (grossièrement) l'incertitude sur sa valeur.

II Détermination de l'enthalpie de dissolution du nitrate d'ammonium NH_4NO_3 .

Procéder comme en I pour placer dans le calorimètre une masse m_3 proche de 200 g et connue avec précision d'eau.

Attendre l'équilibre thermique et relever la température θ_3 .

Préparer 5 doses de masses proches de $m = 6\text{g}$ et déterminées avec précision de nitrate d'ammonium finement broyé à l'aide d'un mortier et d'un pilon.

Introduire une dose de nitrate tout en agitant continuellement, noter la température la plus basse obtenue, ajouter alors la seconde dose, puis la troisième, etc. en notant à chaque fois la température la plus basse obtenue et l'ordre de grandeur de la durée écoulée entre les ajouts de nitrate.

Afin d'estimer l'influence des fuites thermiques, continuer à remuer le mélange et noter la température de minute en minute.

Sans tenir compte des fuites thermiques, utiliser les mesures pour donner la valeur de l'enthalpie de la réaction (totale) $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) = \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$

$$dU = C dT$$

sys: calorimètre = 75g eau

$$dU = C_{\text{cal}} dT = (C_{75\text{g}} + C_{\text{cal}}) dT$$
$$C_{\text{cal}} = C_{\text{eau}} \frac{\Delta T}{\Delta T}$$

Donnée à 25°C : $C_{pm}(H_2O) = 75,3 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.

Utiliser l'étude des fuites thermiques pour affiner le résultat et évaluer sa précision.

III Détermination de la capacité thermique molaire du cuivre.

On dispose de plaquettes de cuivre. Concevoir et exploiter un protocole pour déterminer expérimentalement la capacité thermique massique du cuivre avec le matériel déjà utilisé.

Données : densité du cuivre : $d = 8,93$; conductivité thermique $\lambda = 384 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$; Masse molaire $63,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Évaluer les temps caractéristiques d'homogénéisation de la température des plaquettes et d'échange thermique entre le cuivre et l'eau.

Commenter la pertinence du protocole utilisé.

IV Annexe : Données de sécurité pour NH_4NO_3 .

Mentions de danger H

H272 : Peut aggraver un incendie ; comburant.

H315 : Provoque une irritation cutanée.

H319 : Provoque une sévère irritation des yeux.

H335 : Peut irriter les voies respiratoires.



Conseils de prudence P

P210 : Tenir à l'écart de la chaleur/des étincelles/des flammes nues/des surfaces chaudes. – Ne pas fumer.

P220 : Tenir/stocker à l'écart des vêtements/.../matières combustibles.

P305 : En cas de contact avec les yeux :

P351 : Rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes.

P338 : Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer.

P370 : En cas d'incendie :

P378.17 : Utiliser de l'eau, un produit extincteur à sec, de la mousse ou du CO_2 pour l'extinction.

P264 : Se laver les mains soigneusement après manipulation.

P280 : Porter des gants de protection/des vêtements de protection/un équipement de protection des yeux/ du visage.

$19,6^\circ$ T_{Cu} initial $M_{Cu} = 180,2 \text{ g}$

$\rightarrow 24,5^\circ\text{C}$



$$C_{Cu} \Delta T = C_{eau} \Delta T'$$

$$C_{Cu} \rho_{Cu} \Delta T_{Cu} = C_{eau} \rho_{eau} \Delta T_{eau}$$

$$C_{Cu} = \frac{C_{eau} \rho_{eau} \Delta T_{eau}}{\rho_{Cu} \Delta T_{Cu}}$$

$$C_{Cu} = \frac{m_{eau} (C_{eau}) (24,5 - 19,6)}{m_{Cu} (1 - 24,5)}$$

$$= 417 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}}$$