

CALORIMETRE ADIABATIQUE

Réf. 005 052



1. Description :

Ce calorimètre est composé d'un vase en verre double sous vide d'air. Il est protégé par une enveloppe en plastique.

Le couvercle contient :

- 1 agitateur à tige métallique et base plastique
- 1 ouverture circulaire \varnothing 15mm pour le passage d'un thermomètre ou d'une sonde
- 1 bouchon
- 2 résistances (2 et 4 Ω) montées en série avec douilles banane \varnothing 4mm

2. Caractéristiques :

- Contenance : 950ml
- Dimensions intérieures : 115x160mm
- Dimensions extérieures : 125x195mm
- Capacité thermique : 30J/°C
- Tension maximale : 12V continu

Attention les résistances doivent être immergées au cours de l'alimentation.

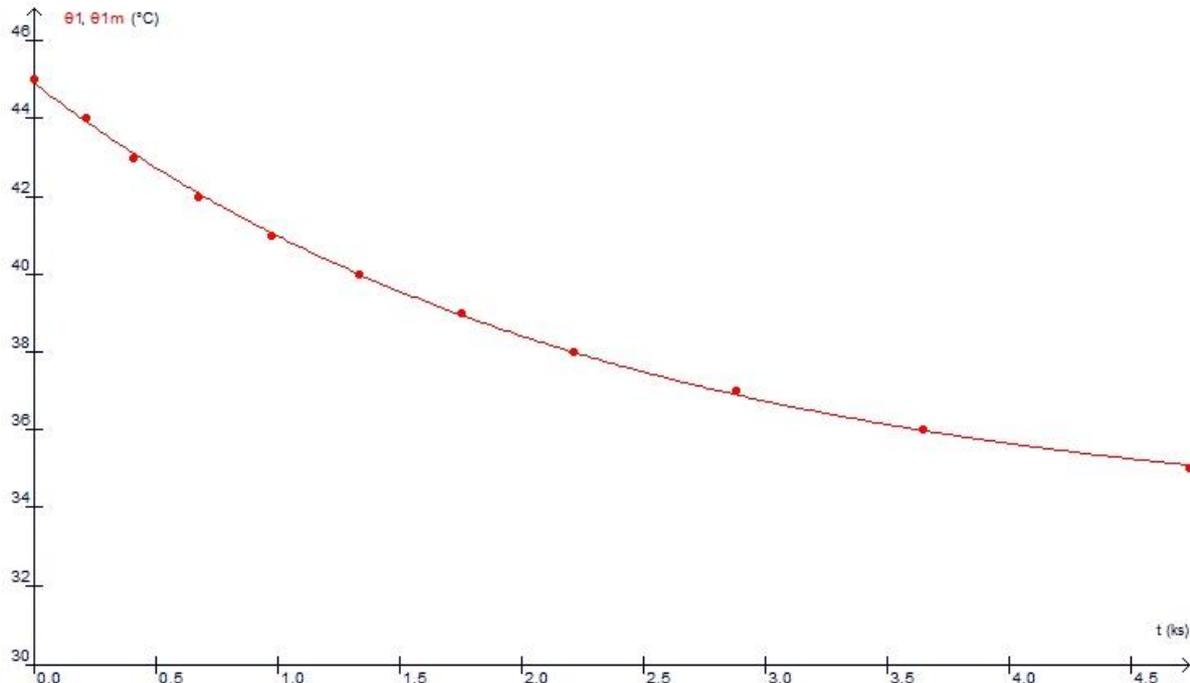
Avant de manipuler il est préférable de mesurer la valeur exacte des résistances.

3. Manipulations réalisables :

a. Inertie thermique :

On verse 200 g d'eau portée à 45°C dans le calorimètre (dans lequel plonge une sonde de température reliée à un système d'acquisition de données). On agite le calorimètre par rotation et on démarre l'enregistrement des températures en fonction du temps. La température extérieure est 19°C.

On obtient la courbe suivante :



Par modélisation, on peut montrer que la courbe de déperdition de chaleur du calorimètre (échange thermique entre l'intérieur du calorimètre et le milieu extérieur au travers de la paroi du vase Dewar)

répond à l'équation différentielle : $\frac{d\theta}{\theta - \theta_0} = -k dt$ (où θ_0 est la température ambiante extérieure).

La solution de cette équation différentielle est :

$$\theta = (\theta_i - \theta_0)e^{-kt} + \theta_0 \text{ (Avec } \theta_i, \text{ la température initiale)}$$

b. Détermination de la capacité thermique du calorimètre :

On plonge une sonde de température dans le calorimètre par l'ouverture du couvercle prévue à cet effet.

Pendant que la température se stabilise, on chauffe une masse M_e de 200mL d'eau contenue dans un bécher placé sur le bec électrique Iboo (réf 212 015) jusqu'à environ 50°C. On pose le bécher sur une table, on agite et on mesure la température θ_2 .

On note la température θ_1 indiquée par la sonde de température qui plonge dans le calorimètre.

On lève le couvercle et on verse le contenu du bécher. On referme aussitôt, on agite en tournant le calorimètre sur lui-même et on note la température d'équilibre atteinte θ_f .

De ces valeurs on en déduit la capacité thermique du calorimètre à partir des quantités de chaleurs échangées.

La quantité de chaleur perdue par l'eau chaude est $Q = M_e c_e (\theta_2 - \theta_F)$

La quantité de chaleur gagnée par le calorimètre est $Q = C_{\text{cal}} (\theta_F - \theta_1)$

$$\text{On en déduit : } C_{\text{cal}} = \frac{M_e c_e (\theta_2 - \theta_F)}{\theta_F - \theta_1}$$

Avec $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$; $\theta_2 = 50^\circ\text{C}$; $\theta_F = 48^\circ\text{C}$, on trouve : $C_{\text{cal}} = 29,9 \text{ J.K}^{-1} \approx \mathbf{30 \text{ J.K}^{-1}}$.

c. Détermination de la capacité thermique massique d'un solide (ex : cylindre de cuivre) :



Attention : Le vase Dewar qui constitue la cuve du calorimètre adiabatique est en verre, **donc très fragile**.

Il faut éviter tous chocs et manipuler avec précaution.

On pose très délicatement le cylindre de cuivre de masse $M_{\text{Cu}} = 101 \text{ g}$ au fond du calorimètre.

On plonge une sonde de température dans le calorimètre par l'ouverture du couvercle prévue à cet effet.

Pendant que la température se stabilise, on chauffe une masse M_e de 100mL d'eau contenue dans un bécher placé sur le bec électrique Iboo (réf 212 015) jusqu'à environ 50°C . On pose le bécher sur une table, on agite et on mesure la température θ_2 .

On note la température θ_1 indiquée par la sonde de température qui plonge dans le calorimètre.

On lève le couvercle et on verse le contenu du bécher. On referme aussitôt, on agite en tournant le calorimètre sur lui-même et on note la température d'équilibre atteinte θ_F . (Le métal étant un bon conducteur de la chaleur, la température d'équilibre atteinte θ_F est rapidement atteinte).

De ces valeurs on en déduit la capacité thermique du calorimètre à partir des quantités de chaleurs échangées.

La quantité de chaleur perdue par l'eau chaude est $Q = M_e c_e (\theta_2 - \theta_F)$

La quantité de chaleur gagnée par le calorimètre et le cylindre de cuivre est

$$Q = (M_{\text{Cu}} c_{\text{Cu}} + C_{\text{cal}}) (\theta_F - \theta_1)$$

$$\text{On en déduit : } c_{\text{Cu}} = \frac{M_e c_e (\theta_2 - \theta_F) - C_{\text{cal}} (\theta_F - \theta_1)}{M_{\text{Cu}} (\theta_F - \theta_1)}$$

Avec $\theta_1 = 22,5^\circ\text{C}$; $\theta_2 = 50^\circ\text{C}$; $\theta_F = 45,5^\circ\text{C}$, on trouve : $c_{\text{Cu}} = \mathbf{394 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}}$. (Valeur théorique $385 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$).

Remarque : Le choix de la détermination de la capacité thermique massique d'un solide, telle qu'elle est présentée, est délibéré. En effet cette expérience est souvent présentée par l'insertion rapide du solide chaud dans l'eau froide contenue dans le calorimètre ; ce protocole risque de détériorer le vase du calorimètre)

Quant à la détermination de la capacité thermique massique d'un liquide par la méthode des mélanges, l'expérience ne requiert pas de précaution particulière).

d. Loi de Joule à intensité constante :

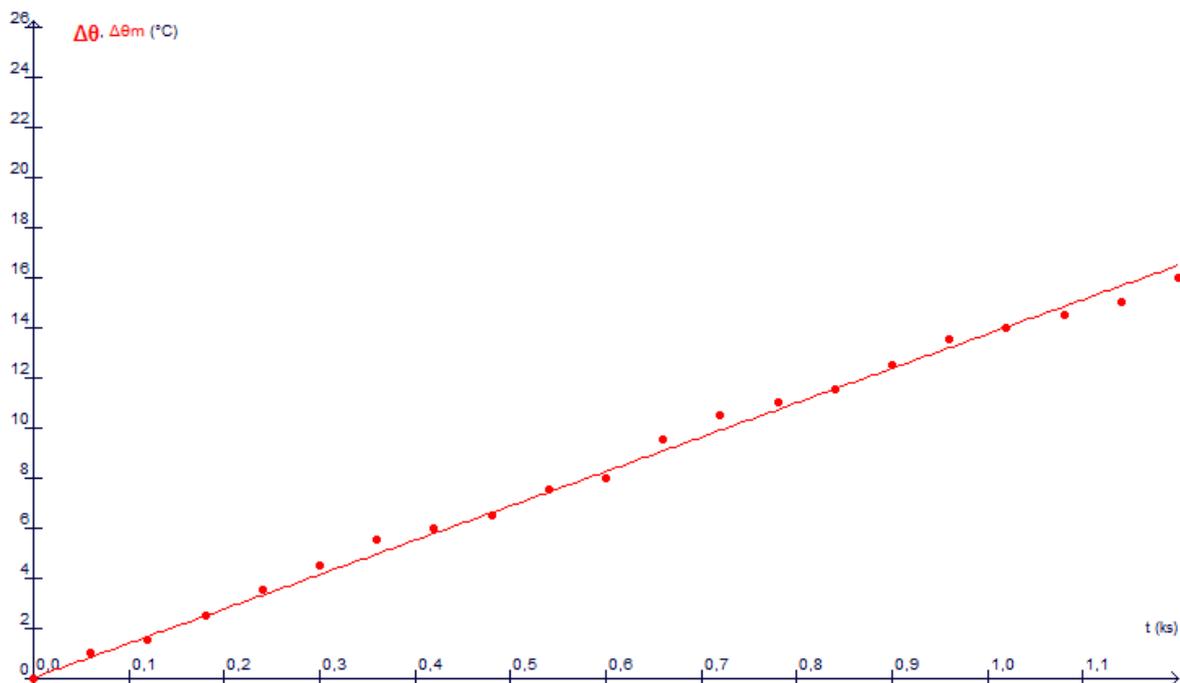
On verse 400 g d'eau dans le calorimètre dans lequel plonge la sonde de température d'un thermomètre numérique au demi-degré. On commute les deux résistances en série (6Ω) à un générateur 12V continu en insérant un ampèremètre en série.

A $t = 0$ on ferme le circuit et on note la température toutes les minutes après avoir agité par rotation le calorimètre 10 secondes avant de lire la mesure.

Les résultats sont consignés dans un tableau. On calcule et note la variation de température $\Delta\theta$ à l'instant t .

t (s)	0	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600
θ (°C)	$\theta_0 = 17,5$	18,5	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	23,5	24,0	25,0	25,5
$\Delta\theta$ (°C)	$\theta - \theta_0 = 0$	1,0	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,0	6,5	7,5	8,0
t (s)	660	720	780	840	900	960	1020	1080	1140	1200	
θ (°C)	27,0	28,0	28,5	29,0	30,0	31,0	31,5	32,0	32,5	33,5	
$\Delta\theta$ (°C)	9,5	10,5	11,0	11,5	12,5	13,5	14,0	14,5	15,0	16,0	

On peut alors tracer la courbe et en déduire la droite de régression : $\Delta\theta = 0,0137 t$



Vérification du résultat :

Dans l'expérience, l'énergie électrique a été transformée en quantité de chaleur reçue par l'eau : $W = Q$

On a alors la relation suivante : $RI^2 t = M_e c_e (\theta - \theta_0)$, D'où $(\theta - \theta_0) = \frac{RI^2}{M_e c_e} t$

$$\frac{RI^2}{M_e c_e} = \frac{6 \times 2^2}{0,4 \times 4185} = 1,43 \cdot 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{s}^{-1}, \text{ valeur à rapprocher de } 1,37 \cdot 10^{-2} \text{ C} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Remarque :

Au bout de 20 min (= 1200 s) on a ouvert le circuit sans arrêter le thermomètre. 45 minutes plus tard, la température dans le calorimètre « adiabatique » est descendue de 1 degré. On peut donc affirmer que les températures mesurées (au demi degré près) sont dues à l'apport d'énergie électrique sans déperdition de chaleur.

4. Nous contacter :

Ce matériel est garanti 2 ans. Pour toutes questions, veuillez contacter :

sav@sciencethic.com

www.sciencethic.com