

Bestimmung der Wärmekapazität eines Kalorimeters

Versuchsprotokoll

Tobias Brinkert
eMail: <t.brinkert@semibyte.de>
Homepage: <www.semibyte.de>

27.05.2005
Version: 1.3

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|---|
| 1. Aufgabenstellung | 2 |
| 2. Grundlagen | 2 |
| 3. Versuchsgeräte | 2 |
| 4. untersuchte Gegenstände | 2 |
| 5. Arbeitsausführung | 2 |
| 6. Meßprotokoll | 3 |
| 7. Auswertung / Berechnung der Ergebnisse | 3 |
| 8. Fehlerabschätzung | 4 |
| 9. Endergebnis | 5 |

1. Aufgabenstellung

Bestimmung der Wärmekapazität eines Kalorimeters

2. Grundlagen

Die Wärmekapazität eines Kalorimeters ist der Quotient aus der zugeführten Wärmemenge Q , dividiert durch die herbeigeführte Temperaturänderung $\Delta\vartheta$.

$$C = Q(\Delta\vartheta)^{-1}$$

Bei homogenen Körpern ist sie gleich dem Produkt aus der Masse des Körpers m und der spezifischen Wärmekapazität c .

$$C = m \cdot c$$

Da nicht das ganze Kalorimetergefäß die gleiche Temperatur annimmt, weicht das Produkt $m \cdot c$ von dem experimentell zu bestimmenden Wert ab.

3. Versuchsgерäte

- 1 Kalorimetergefäß (Nr. 4)
- 1 Erlenmeyerkolben (500 ml)
- 1 Busnenbrenner mit Dreifuß und Drahtnetz
- 1 Thermometer, Meßbereich $(-50 - +180)^{\circ}C \pm 0,1 K$
- 1 Waage, Meßbereich $(0 - 2610) g \pm 0,1 g$

4. untersuchte Gegenstände

- kaltes und warmes Wasser
- Kalorimeter Nr. 4

5. Arbeitsausführung

- wägen des leeren Kalorimeters mit Deckel $[m_1]$
- das Kalorimeter etwa bis zur Hälfte mit kaltem Wasser füllen und wieder wägen $[m_2]$
- Temperatur des Wassers messen $[\vartheta_1]$

- in einem Erlenmeyerkolben kaltes Wasser auf ca 60 °C erwärmen, gut umrühren, warten bis die Temperatur konstant bleibt und jetzt die Temperatur des warmen Wassers messen [ϑ_2]
- das warme Wasser zu dem kalten im Kalorimetergefäß gießen, gut umrühren und die Mischtemperatur messen [ϑ_m]
- Gesamtmasse bestimmen und die Masse des kalten und warmen Wassers bestimmen [m_G, m_3, m_4]
- Wärmekapazität des Kalorimeters bestimmen

6. Meßprotokoll

| i | m_1 [g] | m_2 [g] | m_G [g] | ϑ_1 [°C] | ϑ_2 [°C] | ϑ_M [°C] | m_3 [g] | m_4 [g] | C [JK ⁻¹] |
|-----|-----------|-----------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------|-------------------------|
| 1 | 569,5 | 801,1 | 1057,4 | 19,2 | 59,6 | 39,6 | 231,6 | 256,3 | 82,3 |
| 2 | 569,2 | 824,5 | 1081,2 | 16,2 | 58,1 | 36,4 | 255,3 | 256,7 | 85,6 |
| 3 | 569,3 | 807,0 | 1047,2 | 16,5 | 61,5 | 38,3 | 237,7 | 240,2 | 75,0 |
| 4 | 569,3 | 809,8 | 1074,7 | 17,3 | 60,6 | 38,9 | 240,5 | 264,9 | 107,2 |
| 5 | 569,2 | 855,5 | 1060,6 | 17,3 | 60,4 | 34,6 | 286,3 | 205,1 | 81,8 |

i = Anzahl der Messungen

m_1 = Masse des leeren Kalorimeters in g

m_2 = Masse des Kalorimeters und des kaltem Wassers in g

m_G = Masse des Kalorimeters, des kalten und warmen Wassers in g

ϑ_1 = Temperatur des kalten Wassers in °C

ϑ_2 = Temperatur des warmen Wassers in °C

ϑ_M = Mischtemperatur in °C

m_3 = Masse des kalten Wassers in g $\Rightarrow m_3 = m_2 - m_1$

m_4 = Masse des warmen Wassers in g $\Rightarrow m_4 = m_G - m_2$

C = Wärmekapazität des Kalorimeters

7. Auswertung / Berechnung der Ergebnisse

Die Wärmekapazität C des Kalorimeters wird nach der Mischungsmethode bestimmt. Die Gleichung hierfür lautet: *Wärmegewinn = Wärmeverlust*.

$$\begin{aligned} \Rightarrow (m_1 c + C) (\vartheta_M - \vartheta_1) &= m_2 c (\vartheta_2 - \vartheta_M) \\ \Rightarrow C &= m_2 c \frac{\vartheta_2 - \vartheta_M}{\vartheta_M - \vartheta_1} - m_1 c \end{aligned}$$

und somit für die hier benutzten Indexe:

$$C = m_4 c \frac{\vartheta_2 - \vartheta_M}{\vartheta_M - \vartheta_1} - m_3 c$$

Die spezifische Wärmekapazität des Wassers c beträgt:

$4,182 \text{ kJ}(\text{kgK})^{-1} = 4,182 \text{ J}(\text{gK})^{-1}$ (aus Kuchling, Seite 621, Tabelle 17).

Beispielsrechnung für i_1 :

geg: $m_3 = 231,6 \text{ g}$; $m_4 = 256,3 \text{ g}$, $\vartheta_1 = 19,2^\circ\text{C}$; $\vartheta_2 = 59,6^\circ\text{C}$; $\vartheta_M = 39,6^\circ\text{C}$

$$C = m_4 c \frac{\vartheta_2 - \vartheta_M}{\vartheta_M - \vartheta_1} - m_3 c$$

$$C = 256,3 \text{ g} \cdot 4,182 \text{ J}(\text{gK})^{-1} \cdot \frac{59,6^\circ\text{C} - 39,6^\circ\text{C}}{39,6^\circ\text{C} - 19,2^\circ\text{C}} - 231,6 \text{ g} \cdot 4,182 \text{ J}(\text{gK})^{-1}$$

$$C = 82,3 \text{ JK}^{-1}$$

8. Fehlerabschätzung

$$C = m_4 c \frac{\vartheta_2 - \vartheta_M}{\vartheta_M - \vartheta_1} - m_3 c$$

$$C_{max} = (m_4 + \Delta m_4) c \frac{\vartheta_2 + \Delta \vartheta_2 - \vartheta_M + \Delta \vartheta_M}{\vartheta_M - \Delta \vartheta_M - \vartheta_1 - \Delta \vartheta_1} - (m_3 - \Delta m_3) c$$

$$C_{min} = (m_4 - \Delta m_4) c \frac{\vartheta_2 - \Delta \vartheta_2 - \vartheta_M - \Delta \vartheta_M}{\vartheta_M + \Delta \vartheta_M - \vartheta_1 + \Delta \vartheta_1} - (m_3 + \Delta m_3) c$$

Beispielsrechnung für i_1 :

geg: $m_4 = \Delta m_3 = 0,1 \text{ g}$; $\Delta \vartheta_1 = \Delta \vartheta_2 = \Delta \vartheta_M = 0,1 \text{ K}$

$$C_{max} = (256,3 + 0,1) \text{ g} \cdot 4,182 \text{ J}(\text{gK})^{-1} \cdot \frac{59,6^\circ\text{C} + 0,1 \text{ K} - 39,6^\circ\text{C} + 0,1 \text{ K}}{39,6^\circ\text{C} - 0,1 \text{ K} - 19,2^\circ\text{C} - 0,1 \text{ K}} - (231,6 - 0,1) \text{ g} \cdot 4,182 \text{ J}(\text{gK})^{-1}$$

$$C_{max} = 104,1 \text{ JK}^{-1}$$

$$C_{min} = (256,3 - 0,1) \text{ g} \cdot 4,182 \text{ J}(\text{gK})^{-1} \cdot \frac{59,6^\circ\text{C} - 0,1 \text{ K} - 39,6^\circ\text{C} - 0,1 \text{ K}}{39,6^\circ\text{C} + 0,1 \text{ K} - 19,2^\circ\text{C} + 0,1 \text{ K}} - (231,6 + 0,1) \text{ g} \cdot 4,182 \text{ J}(\text{gK})^{-1}$$

$$C_{min} = 60,9 \text{ JK}^{-1}$$

$$\Delta C = \pm 2^{-1} (C_{max} - C_{min})$$

$$\Delta C = \pm 2^{-1} (104,1 - 60,9) \text{ JK}^{-1}$$

$$\Delta C = \pm 21,6 \text{ JK}^{-1}$$

$$\Delta C \cdot C^{-1} = \pm 21,6 \text{ JK}^{-1} (82,3 \text{ JK}^{-1})^{-1}$$

$$\Delta C \cdot C^{-1} = \pm 26\%$$

| i | $C [\text{JK}^{-1}]$ | $C_{max} [\text{JK}^{-1}]$ | $C_{min} [\text{JK}^{-1}]$ | $\Delta C \cdot C^{-1} [\%]$ |
|-----------|----------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1 | 82,3 | 104,1 | 60,9 | ±26 |
| 2 | 85,6 | 108,7 | 62,9 | ±27 |
| 3 | 75,0 | 95,0 | 55,3 | ±26 |
| 4 | 107,2 | 128,8 | 86,0 | ±20 |
| 5 | 81,8 | 107,9 | 56,4 | ±31 |
| \bar{C} | 86,4 | | | ±26 |

9. Endergebnis

Die Wärmekapazität C des Kalorimeters Nr. 4 beträgt $86 \text{ JK}^{-1} \pm 26\%$ [gemittelt].

Liste der Versionen

| Version | Datum | Bearbeiter | Bemerkung |
|---------|------------|------------|--|
| 0.9 | 15.11.1995 | Bri | Versuchsdurchführung und Protokollerstellung |
| 1.0 | 14.09.2003 | Bri | Erster EDV-Satz des Protokolls |
| 1.1 | 17.04.2004 | Bri | Layoutänderungen des Protokolls |
| 1.2 | 18.10.2004 | Bri | Layoutänderungen des Protokolls |
| 1.3 | 27.05.2005 | Bri | Adressänderungen aufgrund Domainwechsel |