

Versuch 41 - Temperaturmessung

PAP 1

17.9.2025

Teilnehmender Student: **Paul Saß**

Gruppe: 9

Kurs: Vormittags

Tutor/in : Samuel Remmers

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Durchführung	1
3	Auswertung	2
3.1	Aufgabe I	2
3.2	Aufgabe II	2
3.2.1	Vergleiche	3
3.3	Aufgabe III	3
4	Zusammenfassung und Diskussion	4

1. Einleitung

$$W = \frac{c_w (T - T_1) (m_w - m_k)}{T_2 - T} \quad (1.1)$$

$$T = 100^\circ\text{C} + 0,0276 \frac{^\circ\text{C}}{\text{hPa}} (p - 1014\text{hPa}) \quad (1.2)$$

$$c_x = \frac{Q_V m_V}{m_x (T_1 - T_2)} \quad (1.3)$$

2. Durchführung

3. Auswertung

3.1 Aufgabe I

In Diagramm 1 wurden die gemessenen Temperaturen im Kalorimeter gegen die vergangene Zeit aufgetragen. Die Werte stammen aus Tabelle 2. Durch Verlängerung des linearen Anteils zum Anfangszeitpunkt $t = 0s$ konnte die Gleichgewichtstemperatur \bar{T} abgelesen werden. Der Fehler wird mithilfe einer Fehlergeraden bestimmt. Durch die Differenz der Werte bei $t = 0$ ergibt sich der Fehler:

$$\underline{\underline{\bar{T} = (48,6 \pm 0,4)^\circ C}}$$

$$\Delta\bar{T} = \bar{T} - \bar{T}_{Fehler} \quad (3.1)$$

Aus der Gleichgewichtstemperatur \bar{T} lässt sich die Wärmekapazität des Kalorimeters also der Wasserwert mit Gleichung 1.1 berechnen:

$$W = (95 \pm 17) \frac{J}{K}$$

Der Fehler folgt nach dem Fehlerrechner aus dem Skript:

$$\frac{\Delta W}{W} = \sqrt{\frac{\Delta T^2 (T_2 - T_1)^2}{(T - T_1)^2 (T - T_2)^2} + \frac{\Delta T_1^2}{(T - T_1)^2} + \frac{\Delta T_2^2}{(T - T_2)^2} + \frac{\Delta m_k^2}{(m_k - m_w)^2} + \frac{\Delta m_w^2}{(m_k - m_w)^2} + \frac{\Delta c_w^2}{c_w^2}} \quad (3.2)$$

Vergleicht man den erhaltenen Wert mit dem Literaturwert von $70 \frac{J}{K}$ so ergibt sich eine Abweichung des Messwerts von $1,5 \sigma$

3.2 Aufgabe II

Für die Berechnung der spezifischen Wärme muss zuerst die Siedetemperatur des Wassers bei gemessenem Luftdruck berechnet werden. Dabei gilt nach Gleichung 1.2 für die Siedetemperatur T_1 mit einem gemessenen Luftdruck von 1012,3 hPa:

$$T_1 = (99,9806 \pm 0,0028)^\circ C$$

Daraus ergibt sich für die spezifische Wärmekapazität c_m und die Molwärme $c_{mol} = c_m \cdot M$ mit M als molarer Masse:

Material	$m_{kw}[g]$	$T_{vor}[^\circ C]$	$T_{nach}[^\circ C]$	$c_m[J/gK]$	$c_{mol}[J/molK]$
Graphit	$592,47 \pm 0,01$	$24,30 \pm 0,07$	$28,70 \pm 0,09$	$0,77 \pm 0,02$	$9,25 \pm 0,24$
Alu.	$622,29 \pm 0,01$	$30,6 \pm 0,1$	$35,7 \pm 0,1$	$0,84 \pm 0,03$	$22,7 \pm 0,8$
Blei	$623,28 \pm 0,01$	$28,00 \pm 0,08$	$31,20 \pm 0,09$	$0,13 \pm 0,01$	27 ± 2

Dadurch, dass beim Thermometer ein systematischer Fehler vorhanden ist, wird zuerst die Differenz $A = \bar{T} - T_2$ berechnet, da sich dort dieser Fehler aufhebt. Bei der restlichen Fehlerrechnung

wurde der systematische Fehler berücksichtigt.

$$\begin{aligned} \left(\frac{\Delta W}{W}\right)^2 &= \frac{c_w^2 \Delta m_k^2}{(W - c_w m_k + c_w m_w)^2} + \frac{c_w^2 \Delta m_w^2}{(W - c_w m_k + c_w m_w)^2} \\ &+ \frac{\Delta T^2}{(T - T_2)^2} + \frac{\Delta T_2^2}{(T - T_2)^2} + \frac{\Delta W^2}{(W - c_w m_k + c_w m_w)^2} \\ &+ \frac{\Delta c_w^2 (m_k - m_w)^2}{(W - c_w m_k + c_w m_w)^2} + \frac{\Delta m_x^2}{m_x^2} + \frac{\Delta A^2}{A^2} \end{aligned} \quad (3.3)$$

3.2.1 Vergleiche

Die Werte werden nun mit den Literaturwerten verglichen. Zusätzlich wird die spezifische Wärmekapazität mithilfe Dulong-Petit berechnet:

$$c_{DP} = 3 \frac{R}{M} \quad (3.4)$$

Mit $R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$ als universelle Gaskonstante und M als molare Masse. Daraus lässt sich folgende Tabelle erstellen.

Material	$c_m [\text{J/gK}]$ gemessen	$c_m [\text{J/gK}]$ Literatur	σ_{Lit}	c_{DP}	σ_{DP}
Graphit	$0,77 \pm 0,02$	0,709	3	2,077	70
Alu.	$0,84 \pm 0,03$	0,90	2	0,925	2,8
Blei	$0,13 \pm 0,01$	0,129	0,1	0,120	1

3.3 Aufgabe III

Abschließend werden die Molwärmen und spezifischen Wärmekapazitäten mithilfe Gleichung 1.3 bei der Temperatur von Siedendem Stickstoff berechnet.

Material	$c_m [\text{J/gK}]$	$c_{mol} [\text{J/molK}]$
Graphit	$0,5098 \pm 0,0023$	$6,123 \pm 0,027$
Alu.	$0,759 \pm 0,003$	$20,48 \pm 0,08$
Blei	$0,1298 \pm 0,0006$	$26,89 \pm 0,12$

Dabei gilt der folgende Fehler.

$$\frac{\Delta c_m}{c_m} = \sqrt{\frac{\Delta T_1^2}{(T_1 - T_2)^2} + \frac{\Delta m_x^2}{m_x^2}} \quad (3.5)$$

Abschließend wird das Verhältnis der Molwärmen bei beiden Temperaturen bestimmt woraus die Debye-Wärme bestimmt werden kann. Für den Fehler des Verhältnisses gilt:

$$\frac{\Delta \left(\frac{c_{molN_2}}{c_{molH_2O}} \right)}{\left(\frac{c_{molN_2}}{c_{molH_2O}} \right)} = \sqrt{\left(\frac{\Delta c_{molN_2}}{c_{molN_2}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta c_{molH_2O}}{c_{molH_2O}} \right)^2} \quad (3.6)$$

Abschließend lassen sich die Ergebnisse in folgender Tabelle zusammenfassen.

Eigenschaft	Graphit	Aluminium	Blei
Kalorimeter			
spez. Wärme. c_m [J/gK]	$0,77 \pm 0,02$	$0,84 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,03$
Molwärme c_{mol} [J/molK]	$9,25 \pm 0,24$	$22,7 \pm 0,8$	27 ± 2
In Stickstoff			
spez. Wärme. c_m [J/gK]	$0,5098 \pm 0,0023$	$0,759 \pm 0,003$	$0,1298 \pm 0,0006$
Molwärme c_{mol} [J/molK]	$6,123 \pm 0,027$	$20,48 \pm 0,08$	$26,89 \pm 0,12$
$\frac{c_{molN_2}}{c_{molH_2O}}$	$0,66 \pm 0,17$	$0,93 \pm 0,03$	$1,00 \pm 0,07$
Debye-Temp. Θ [K]	80 ± 18	210 ± 10	630 ± 30
Abweichung σ von Θ	0,8	22	50

4. Zusammenfassung und Diskussion