

V201

Dulong-Petit

Maximilian Krebs
maximilian.krebs@tu-dortmund.de

Jan Ellbracht
jan.ellbracht@tu-dortmund.de

Durchführung: 17.Okt.2017

Abgabe: 24.Okt.2017

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	3
2	Durchführung	3
2.1	Bestimmung der Wärmekapazität des Kalorimeters	3
3	Auswertung	3
3.1	Wärmekapazität des Kalorimeters	3
3.2	spezifische Wärmekapazität der einzelnen Metalle	3
3.3	Atomwärme im Vergleich zum Vorhersagewert $3R$	4
4	Diskussion	5
	Literatur	5

1 Theorie

2 Durchführung

2.1 Bestimmung der Wärmekapazität des Kalorimeters

3 Auswertung

3.1 Wärmekapazität des Kalorimeters

Um die spezifische Wärmekapazität der Stoffe aus den Messdaten bestimmen zu können wird zunächst die Wärmekapazität des Kalorimeters benötigt, in welchem die Messungen durchgeführt wurden. Hierzu wurde 2.1 durchgeführt und es gilt, dass die Wärmekapazität des warmen Wassers $c_{\text{wasser}} m_{\text{warm}}$ mal der Temperaturdifferenz des warmen Wassers T_{warm} und der Mischtemperatur T_{gemischt} gleich der Temperaturdifferenz des kalten Wassers T_{kalt} und T_{gemischt} mal der Wärmekapazität des kalten Wassers $c_{\text{wasser}} m_{\text{kalt}}$ und der des Kalorimeters $c_g m_g$ ist.

$$(c_{\text{wasser}} m_{\text{kalt}} + c_g m_g) (T_{\text{gemischt}} - T_{\text{kalt}}) = c_{\text{wasser}} m_{\text{warm}} (T_{\text{warm}} - T_{\text{gemischt}}) \quad (1)$$

Wodurch sich folgendes für $c_g m_g$ ergibt

$$c_g m_g = \frac{c_{\text{wasser}} m_{\text{warm}} (T_{\text{warm}} - T_{\text{gemischt}}) - c_{\text{wasser}} m_{\text{kalt}} (T_{\text{gemischt}} - T_{\text{kalt}})}{(T_{\text{gemischt}} - T_{\text{kalt}})} \quad (2)$$

Durch einsetzen der Messwerte ergibt sich für die Wärmekapazität des Kalorimeters

$$c_g m_g = 202,79 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

3.2 spezifische Wärmekapazität der einzelnen Metalle

Zunächst werden die Mittelwerte der jeweiligen Messungen für die einzelne Metalle nach (3) sowie deren Fehler nach (4), unter Hilfenahme von Python, berechnet.

$$\langle x \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (3)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\langle x \rangle - x_i)^2} \quad (4)$$

$$\Delta f = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\frac{\partial f(x_j)}{\partial x_j} \cdot \sigma_j \right)^2} \quad (5)$$

Unter Berücksichtigung von (5) ergibt sich durch einsetzen in die folgende Gleichung

$$c_k = \frac{(c_{\text{wasser}} m_{\text{wasser}} + c_g m_g) (T_{\text{gemischt}} - T_{\text{wasser}})}{m_{\text{metal}} (T_{\text{metal}} - T_{\text{gemischt}})} \quad (6)$$

für Aluminium:

$$c_k = (0,72 \pm 0,20) \frac{\text{J}}{\text{g K}}$$

für Zinn:

$$c_k = (0,27 \pm 0,12) \frac{\text{J}}{\text{g K}}$$

für Blei:

$$c_k = (0,35 \pm 0,19) \frac{\text{J}}{\text{g K}}$$

3.3 Atomwärme im Vergleich zum Vorhersagewert 3R

Im folgenden soll nun bestimmt werden, wie genau der Dulong-Petitsche Wert $c_V \approx 3R \approx 24,942 \text{ J}/(\text{mol K})$ für den Realfall, sprich die Messung, ist. Die gemessene Atomwärme berechnet sich wie folgt

$$C_V = C_p - 9\alpha^2 \kappa V_0 T \quad (7)$$

beachte $C_p = M c_k$, $V_0 = M/\rho$ und $T = T_{\text{gemischt}}$

$$C_V = M c_k - 9\alpha^2 \kappa \frac{M}{\rho} T_{\text{gemischt}} \quad (8)$$

Die Werte α , κ , ρ und M sind dabei der Anleitung zu entnehmen. Weiterhin unter Berücksichtigung von (5) ergeben sich nun für die einzelnen Metalle die Atomwärmen und deren prozentuale Abweichung von der Dulong-Petitschen Konstante $c_V \approx 24,942 \text{ J}/(\text{mol K})$

für Aluminium:

$$C_V = (19 \pm 5) \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \quad \text{Abweichung} = (22 \pm 22) \%$$

für Zinn:

$$C_V = (33 \pm 14) \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \quad \text{Abweichung} = (30 \pm 60) \%$$

für Blei:

$$C_V = (70 \pm 40) \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \quad \text{Abweichung} = (190 \pm 160) \%$$

4 Diskussion

Die Ergebnisse der Messungen für Aluminium und Zinn umfassen mit ihrem zugehörigen Fehler den Wert von $3R$ die Messung für Blei jedoch nicht. Dies liegt wahrscheinlich daran das Blei von allen 3 Metallen die Wärme des Wasserbads, aufgrund seiner geringen Wärmeleitfähigkeit, am langsamsten aufnimmt und somit am wenigsten vollständig erhitzt ist. Auch bei den anderen Metallen kommen große Abweichungen zustande, welche auch hier zum Teil darauf zurück zu führen sind, dass sich die Wärme nicht gleichmäßig im Metall verteilt hat. Eine weitere Fehlerquelle ist, dass Wärme aus dem System nach außen dringen kann, da dieses nicht sonderlich gut isoliert war und das Metall zwischen der Entnahme aus dem Wasserbad und dem Eintauchen in das Kalorimeter bereits kurze Zeit an der Luft abkühlen konnte. Des weiteren, auch wenn die eigentlichen Werte von c_k zumindest für Zinn und Aluminium den Literaturwerten[1] $c_{k, \text{Aluminium}} = 0,897 \text{ J/(g K)}$ und $c_{k, \text{Zinn}} = 0,23 \text{ J/(g K)}$ sehr ähnlich sind, sind deren Fehler doch sehr groß was ein weiterer Grund für die Abweichung der Messwerte von $3R$ ist. Abschließend lässt sich sagen das die Dulong-Petitsche Konstante eine gute grobe Näherung sein kann, wenn man Metalle mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit bei hohen Temperaturen benutzt.

Literatur

- [1] *Literaturwerte für die spezifische Wärmekapazität*. URL: http://www.chemie.de/lexikon/Liste_der_spezifischen_W%C3%A4rmekapazit%C3%A4ten.html (besucht am 21.10.2017).