

V47

Temperaturabhängigkeit der Molwärme von Festkörpern

Nicole Schulte
nicole.schulte@udo.edu

Hendrik Bökenkamp
hendrik.boekenkamp@udo.edu

Durchführung: 29.11.2017

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	3
2	Theorie	3
2.1	Das klassische Modell	3
2.2	Das Einstein-Modell	3
3	Durchführung	4
4	Auswertung	4
4.1	Molwärme bei konstantem Druck	4
5	Diskussion	5

1 Zielsetzung

Ziel dieses Versuches ist es, die Temperaturabhängigkeit der Molwärme von Kupfer zu messen und die Debye-Temperatur zu bestimmen.

2 Theorie

Die Molwärme beschreibt die Wärmemenge, die benötigt wird um ein Mol eines Stoffes um einen Kelvin zu erwärmen. Für die Beschreibung der Temperaturabhängigkeit der Molwärme für kristalline Festkörper werden drei Modelle herangezogen.

2.1 Das klassische Modell

Das Äquipartitionsprinzip aus der klassischen Mechanik besagt, dass sich die Wärmeenergie, die einem Körper zugeführt wird, gleichmäßig auf alle Bewegungsfreiheitsgrade der Atome verteilt. Für die mittlere Energie gilt dann

$$\langle E_{\text{kin}} \rangle = \frac{f}{2} kT. \quad (1)$$

Die verwendeten Parameter beschreiben dabei die Boltzmannsche Konstante k , die Anzahl der Freiheitsgrade f und die Temperatur T . Bei harmonisch schwingenden Atomen gilt, dass die mittlere potentielle Energie der mittleren kinetischen Energie entspricht. Ein Atom kann sich in einem Atom in drei senkrecht aufeinander stehende Bewegungsrichtungen bewegen. Es besitzt somit drei Freiheitsgrade. Dadurch folgt für die mittlere Energie

$$\begin{aligned} \langle E \rangle &= 2 \cdot \frac{3}{2} kT \\ &= 3kT. \end{aligned}$$

Nach der Umrechnung für ein Mol in einem Kristall gilt dann für die Energie

$$E = 3RT. \quad (2)$$

Für die spezifische Molwärme bei konstantem Volumen gilt dann

$$\left(\frac{\partial E}{\partial T} \right)_V = 3R. \quad (3)$$

Dem klassischen Modell nach gibt es bei der Molwärme somit keine materialabhängigen Eigenschaften. Auch die Temperatur wird vernachlässigt. Es zeigt sich jedoch, dass der Wert $3R$ nur asymptotisch bei ausreichend hohen Temperaturen erreicht werden kann.

2.2 Das Einstein-Modell

Das klassische Modell vernachlässigt, dass die Atome auf den Gitterplätzen mit verschiedenen Kreisfrequenzen oszillieren. Das Einstein-Modell nähert, dass alle Atome mit der gleichen Kreisfrequenz ω schwingen. Die Atome können nur diskrete Energien mit den Werten $n\hbar\omega$ aufnehmen und abgeben.

3 Durchführung

4 Auswertung

4.1 Molwärme bei konstantem Druck

Mit Hilfe der Formel

$$C_p = \frac{E \cdot M}{\Delta T \cdot m} \quad (4)$$

lässt sich die Molwärme unter konstantem Druck berechnen. Es ist E die zugeführte Energie, M die molare Masse, ΔT die Temperaturänderung und m die Masse der Probe.

Bei dem zu untersuchenden Material handelt es sich um Kupfer. Die entsprechenden Werte für die molare Masse und die Masse der Kupferprobe sind

$$M_{\text{Cu}} = ?? \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$
$$m_{\text{Cu}} = 342 \text{g}.$$

Die Energie lässt sich durch

$$E = U \cdot I \cdot \Delta t \quad (5)$$

berechnen, wobei U die aufgenommene Spannung, I der gemessene Strom und Δt das Intervall ist.

Aus der Formel

$$T = 0,00134R^2 + 2,296R - 243,02 \quad (6)$$

folgt nach der pq-Formel für die Widerstände die Formel

$$R_+ = -\frac{2,296}{2 \cdot 0,00134} + \sqrt{\left(\frac{2,296}{2 \cdot 0,00134}\right)^2 + \frac{243,02 + T}{0,00134}}, \quad (7)$$

mit der sich die Widerstände des Thermoelements zur entsprechenden Temperatur berechnen lassen. Der Tabelle 1 können die gemessenen Widerstände, Temperaturänderungen, Zeiten, Ströme, Spannungen, Energien und Molwärmen entnommen werden.

R [kOhm]	ΔT [°]	t [s]	I [mA]	U [V]	E [J]	C_p [J/mol K]
0.0211	-	-	0	0	-	-
0.0257	10.82	523	133.8	13.80		
0.0299	10.00	572	143.7	13.88		
0.0341	10.00	610	145.8	13.88		
0.0383	10.00	577	153.7	16.20		
0.0424	10.00	378	178.0	18.75		
0.0466	10.00	365	178.0	18.75		
0.0507	10.00	327	180.3	19.03		
0.0548	10.00	315	180.5	19.60		
0.0589	10.00	375	180.7	19.08		
0.0630	10.00	376	180.8	19.10		
0.0670	10.00	384	180.9	19.12		
0.0710	10.00	406	181.0	19.13		
0.0751	10.00	397	181.1	19.10		
0.0790	10.00	361	181.2	19.14		
0.0830	10.00	346	181.2	19.14		
0.0870	10.00	299	181.2	19.14		
0.0909	10.00	275	181.3	19.15		
0.0949	10.00	328	181.3	19.14		
0.0988	10.00	383	181.4	19.14		
0.1027	10.00	411	181.4	19.13		
0.1066	10.00	358	181.4	19.13		
0.1104	10.00	361	181.5	19.12		

Tabelle 1

5 Diskussion