Durchführung: 13.06.2018
Abgabe: XX.XX.2018

Praktikumsprotokoll V47

TEMPERATURABHÄNGIGKEIT DER MOLWÄRME VON FESTKÖRPERN

Anneke Reinold[1],
Paul-Simon Blomenkamp[2]

---

[1]anneke.reinold@tu-dortmund.de
[2]paul-simon.blomenkamp@tu-dortmund.de

1 Einleitung

Das Ziel des Versuchs ist die Bestimmung der Molwärme und der Debye-Temperatur Θ_D einer Metallprobe. Hierzu ist es zunächst notwendig sich die grundlegenden Modelle zur Erklärung der Temperaturabhängigkeit der Molwärme zu vergegenwertigen. Bei diesen Modellen handelt es sich um das klassische, das Einstein- und das Debye-Modell. Zur untersuchung der Probe wird ein Aufbau erarbeitet, welcher es erlaubt die Temperaturabhängigkeit der Molwärme zu bestimmen.

2 Theorie

2.1 Das klassische Modell

Das klassische Modell liefert keinerlei Erklärung für die Temperaturabhängigkeit der Molwärme. Gemäß der klassischen Physik, besagt das Äquipartitionstheorem, dass sich die thermische Energie in einem Kristall gleichmäßig auf alle Freiheitsgrade der Atome verteilt. Die mittlere Energie pro Freiheitsgrad beträgt hierbei $\frac{1}{2}kT$. Da es durch die Kristallstruktur den Atomen nur gestattet ist, sich in drei Richtungen um die Glechgewichtslage zu bewegen, folgt für mittlere Energie pro Atom:

$$\langle u \rangle = 6\frac{1}{2}\mathrm{k}T, \tag{1}$$

wobei k die Boltzmannsche Konstante darstellt. Hochgerechnet auf ein Mol ergibt sich:

$$U = 3\mathrm{R}T, \tag{2}$$

mit der allgemeinen Gaskonstante R. Gemäß diesem Ergebnis muss die spezifische Molwärme also konstant:

$$C_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V = 3R\,. \tag{3}$$

Dieser Wert wird zwar für hohe Temperatur erreicht, jedoch zeigt sich, dass die klassische Physik an der Erklärung der Temperaturabhängigkeit der klassischen Physik scheitert und alternative Modelle notwendig sind.

2.2 Das Einstein-Modell

Im Einstein-Modell wird angenommen, dass alle Atome auf Gitterplätzen mit der Frequenz ω schwingen und die Energie die sie aufnehmen oder abgeben können in ganze vielfache von gequantelt ist. Die mittlere Energie pro Oszillator lässt sich über die Boltzmann-Verteilung:

$$W(n) = \exp\left(-\frac{n\hbar\omega}{k_\mathrm{B}T}\right) \tag{4}$$

bestimmen. Mit dieser lässt sich die Wahrscheinlichkeit, dass ein Oszillator bei Temperatur T, welchher im Glechgewicht mit seiner Umgebung ist, eine Energie n besitzt beschreiben.

Wird dies über alle Energie summiert ergibt sich:

$$\langle u \rangle_{\text{Einstein}} = \frac{\hbar\omega}{e^{\hbar\omega/kT} - 1}. \tag{5}$$

Hiermit folgt für die Molwärme:

$$C_{\text{V, Einstein}} = 3R \frac{\hbar^2 \omega^2}{k_{\text{B}}^2 T^2} \frac{\exp(\hbar\omega/k_{\text{B}}T)}{[\exp(\hbar\omega/k_{\text{B}}T)]^2} \, . \tag{6}$$

3 Aufbau

4 Auswertung

5 Diskussion