

Physikalisches Praktikum für Anfänger - Teil 1
Gruppe 2 - Wärmelehre

2.4 Spezifische Wärme des Aluminiums bei tiefen Temperaturen

Stichwörter: Spezifische Wärme, Kalorimeter, Dulong und Petit, Debye-Modell, Debye-Temperatur, Thermospannung, Dewargefäß.

1 Vorbereitungsaufgaben

Vor dem Versuchstag, lesen Sie die angegebene Bibliographie und suchen Sie auch eigenständig andere zusätzliche Quellen um die Vorbereitungsfragen zu beantworten.

1. Definieren Sie den Begriff der Wärmekapazität.
2. Wie viele Freiheitsgrade hat ein Festkörper nach der klassischen Theorie?
3. Vergleichen Sie beide Modelle der Wärmekapazität von Festkörpern: (Dulong-Petit und Debye) und erklären Sie ihre gültigen Temperaturbereiche.
4. Geben Sie den Ausdruck für die Debye-Temperatur an.
5. Zeichnen Sie die Wärmekapazität in Abhängigkeit der Temperatur für beide Modelle.

2 Versuchsdurchführung

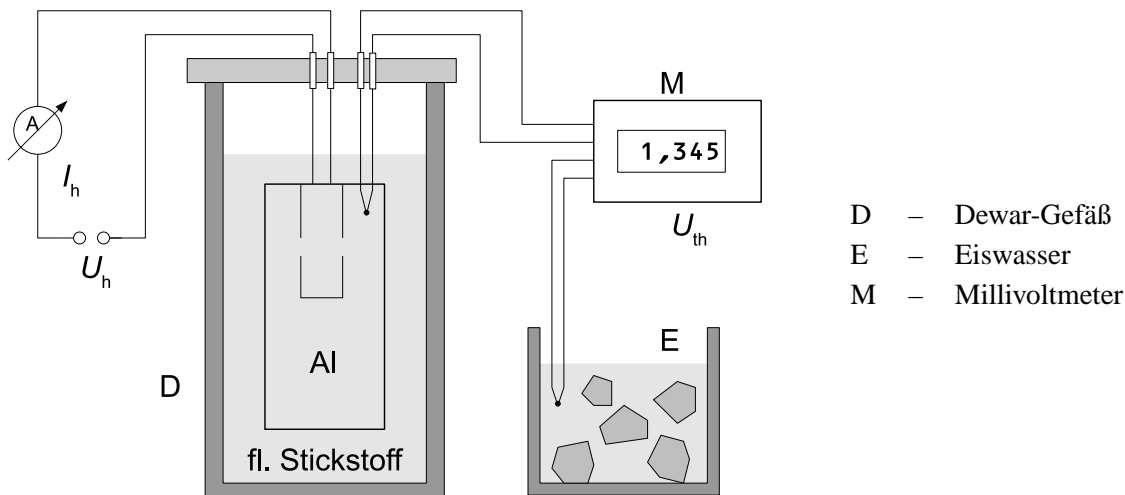


Abbildung 1: Versuchsaufbau zur C -Messung bei tiefen Temperaturen

In diesem Versuch soll die molare Wärmekapazität von Aluminium bei Zimmertemperatur und bei ca. -180°C gemessen und hieraus die Debye-Temperatur und die Debyesche Grenzfrequenz bestimmen werden. Ein 332 g schwerer Aluminiumzylinder, in den eine Heizwicklung und ein Thermoelement vom Typ K (NiCr-Ni) eingebaut sind, hängt in einem Dewar-Gefäß (Abb. 1). Als Referenz wird ein in Eiswasser eingetauchtes

zweites Thermoelement benutzt. Die resultierende Differenz der Thermospannungen U_{th} wird mit Hilfe eines Millivoltmeters gemessen.

2.1 Messung der molaren Wärmekapazität C bei Zimmertemperatur

Am Millivoltmeter wird als Messbereich 2 mV eingestellt. Der Aluminiumzylinder befindet sich im Dewar-Gefäß.

Aufgaben:

- Die Messung beginnt bei ausgeschalteter Heizung. Nach einer Wartezeit von 3 Minuten wird mit einer Spannung U_{h} von 60 V für 5 Minuten geheizt. Notieren Sie den Heizstrom I_{h} . Danach wird bei ausgeschalteter Heizung die Messung weitere 5 Minuten fortgesetzt. Während der gesamten Messung werden alle 15 s die Werte für die Thermospannung U_{th} erfasst.

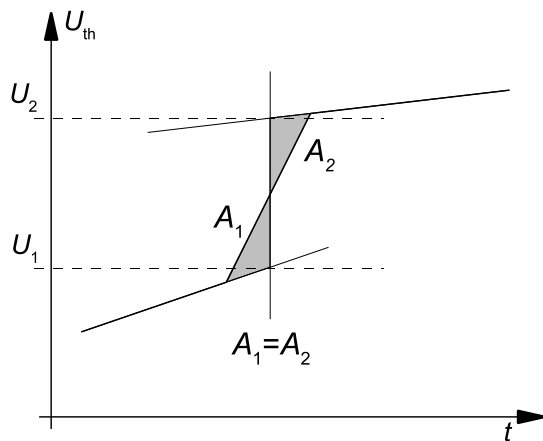


Abbildung 2: U_{th} gegen t , Messbeispiel

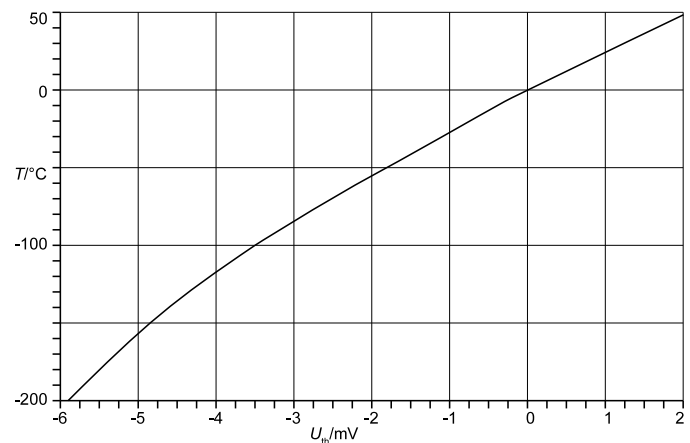


Abbildung 3: Kalibrierkurve des Thermoelementes

- Tragen Sie die gemessenen Thermospannungen U_{th} gegen die Zeit t auf (siehe Abb. 2), und entnehmen Sie dem Diagramm Anfangs- und Endthermospannung U_1 bzw. U_2 . Beachten Sie bei der Bestimmung von U_1 und U_2 den allgemeinen Hinweis in der Anleitung zum Versuch „Spezifische und latente Wärmen“. Der Zusammenhang von U_{th} und der Temperatur ist im Bereich der Raumtemperatur in guter Näherung (siehe auch Abb. 3) gegeben durch

$$T / ^\circ\text{C} = 25,3 \cdot U_{\text{th}} / \text{mV} - 0,27 \cdot (U_{\text{th}} / \text{mV})^2. \quad (1)$$

Bestimmen Sie mit Hilfe dieser Beziehung den Temperatursprung $\Delta T = T_1(U_1) - T_2(U_2)$ und aus der mittleren Thermospannung $\bar{U} = 0,5 \cdot (U_1 + U_2)$ die mittlere Temperatur $\bar{T} = T(\bar{U})$.

- Berechnen Sie C aus der Energiebilanz des Erwärmungsvorganges

$$U_{\text{h}} \cdot I_{\text{h}} \cdot t_{\text{h}} = \Delta W = \frac{m}{m_{\text{Mol}}} \cdot C \cdot \Delta T \quad (2)$$

Hierbei ist m_{Mol} die Molmasse von Aluminium. Sie hat den Wert 27,0 g/mol.

2.2 Messung der molaren Wärmekapazität C bei tiefer Temperatur

Am Millivoltmeter wird als Messbereich 20 mV eingestellt. Zum Abkühlen des Aluminiumzylinders wird das Dewar-Gefäß mit flüssigem Stickstoff gefüllt und dann der Zylinder hinein getaucht. Wenn keine Dampfbildung mehr zu beobachten ist, hat er sich auf ca. -180°C abgekühlt. Für die Messung wird das Gefäß dann bis auf einen kleinen Rest wieder entleert.

Wichtiger Hinweis: Aus Sicherheitsgründen darf die Kühlung nur mit Hilfe eines Betreuers vorgenommen werden!

Aufgaben:

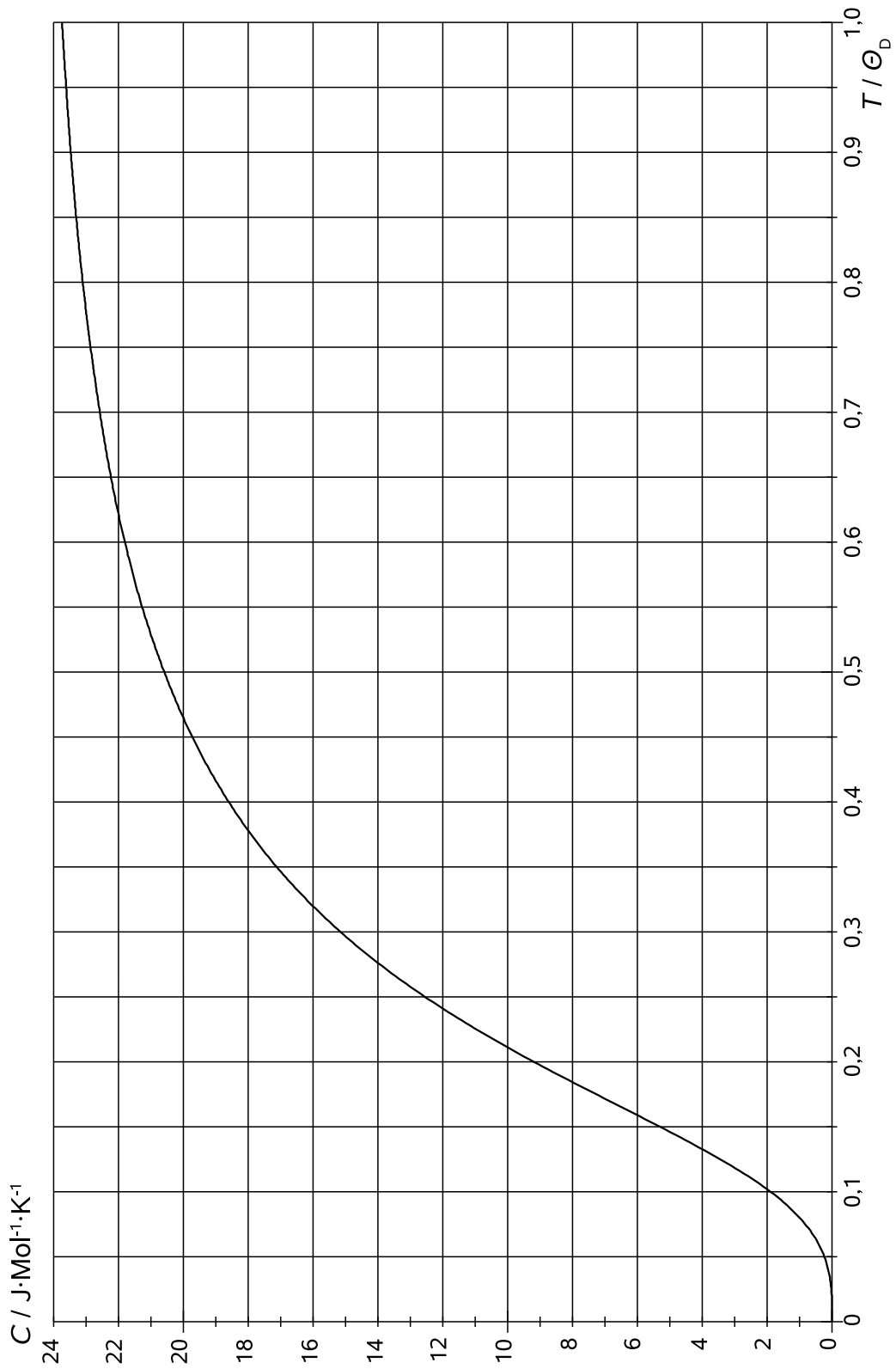
1. Führen Sie Messung wie in Aufgabe 2.1.1 beschrieben durch.
2. Tragen Sie wie in Aufgabe 2.1.2 U_{th} gegen t auf. Rechnen Sie die dem Diagramm entnommene Anfangs- und Endthermospannung U_1 bzw. U_2 mit der für den Bereich $-180^\circ\text{C}.. -140^\circ\text{C}$ geltenden Näherungsformel

$$T/^\circ\text{C} = -127 - 33,1 \cdot U_{\text{th}}/\text{mV} - 7,67 \cdot (U_{\text{th}}/\text{mV})^2. \quad (3)$$

in Temperaturen um, und berechnen Sie daraus die Temperaturdifferenz und die mittlere Temperatur.

3. Berechnen Sie die spezifische Wärme C nach Formel (2).
4. Entnehmen Sie für die beiden C -Werte aus der Abbildung 4 die zugehörigen Werte für T/Θ , und berechnen Sie mit Hilfe der gemessenen mittleren Temperaturen die Debye-Temperatur Θ . Wie groß ist die Grenzfrequenz ν_g (siehe Vorbereitungsaufgabe 4).

Literatur: D. Meschede *Gehrtsen Physik* Kap. 6.2, 18.2, 25. Auflage (2015).

Abbildung 4: molare Wärmekapazität C nach Debye