

# Trägheitsmoment

Versuch V101

8. März 2017

# 1 Zielsetzung

Der Versuch soll überprüfen, ob die im Dulong-Petit Gesetz angesprochenen Oszillation der Atome einer klassischen Beschreibung genügt, oder ob die Quantenmechanik benötigt wird.

## 2 Theorie

### 2.1 Spezifische Wärmekapazität und Molwärme

Die *spezifische Wärmekapazität*  $c$  gibt die Fähigkeit eines Stoffes an, thermische Energie zu speichern. (siehe Wikipedia). Sie ist eine Proportionalitätskonstante in der Gleichung

$$\Delta Q = mc\Delta T \quad (\text{folgt aus dem 1. HS der Thermodynamik})$$

Die *Molwärme*  $C$  gibt an, wie viel Wärmemenge  $dQ$  benötigt wird um ein Mol (Einheit der Stoffmenge,  $1 \text{ mol} = 6,022 \cdot 10^{23}$  Teilchen, 12 g Kohlenstoff [C-12] entsprechen genau einem Mol) um  $dT$  zu erwärmen. Hierbei wird zwischen der spezifischen Wärmekapazität bei konstantem Volumen  $C_V$  und bei konstantem Druck  $C_p$  unterschieden. Die Größe  $C_V$  ist gegeben durch:

$$C_V = \left( \frac{dU}{dT} \right)_V$$

### 2.2 Dulong-Petit-Gesetz

Das Dulong-Petit-Gesetz sagt aus, dass die Atomwärme (im festem Aggregatzustand) bei konstantem Volumen unabhängig von den chemischen Eigenschaften eines Elementes und gleich  $3R$  ist. Man bezeichnet  $R$  als die allgemeine Gaskonstante. Das Gesetz führt die makroskopischen thermodynamischen Phänomene auf zufällige mikroskopischen Bewegungen der Atome zurück.

Wenn das Dulong-Petit-Gesetz *quantenmechanisch* betrachtet so wird angenommen, dass die oszillierende Atome nur quantisierte Energiezustände annehmen können. Der quantenmechanische Zusammenhang läuft für  $T \rightarrow \infty$  gegen den aus der klassischen Physik bekannten Wert  $3RT$  (für die innere Energie  $U$ , nach Differenziation nach  $T$  ergibt sich  $3R$ ). Dabei gilt *je größer* die molare Masse eines Stoffes, *desto schneller* werden die klassischen Annahmen erreicht.

## 2.3 Funktionsweise Thermoelemente

Da ein Thermoelement eine *hohe Einstellungsgeschwindigkeit* besitzt, wird es genutzt um schnell ändernde Temperatur zu messen. Es besteht aus zwei Metallen, die sich jeweils durch verschiedene *Wärmeleitkoeffizienten* auszeichnen. Am Ende des Thermoelementes befindet sich ein Punkt an dem sich beide Elemente berühren. Dieser Punkt wird als Berührungspunkt bezeichnet. Ein Thermoelement besitzt zwei Berührungsstellen. Diese messen jeweils unterschiedliche Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$ . Herrscht eine Temperaturdifferenz zwischen  $T_1$  und  $T_2$ , so stellt sich zwischen den Kontaktstellen ein Kontaktpotential. Durch Messung der Spannung kann anschließend auf Temperaturdifferenz geschlossen werden. Man nutzt die Taylorentwicklung

$$U_{th} = a_1 (T_2 - T_1) + a_2 (T_2 - T_1)^2 + a_3 (T_2 - T_1)^3 + \dots$$

## 3 Versuchsaufbau/-durchführung

Im Wesentlichen besteht der Versuch aus einem Kalorimeter, einem Thermoelement und Probemassen (Graphit, Zinn und Aluminium). Zusätzlich werden noch ein Wasserbad mit Heizplatte und ein mit Eiswasser gefüllten Dewargefäß benötigt. Alle Temperaturmessungen erfolgen mit einem *Thermoelement* (Eiswasser ist der Referenzpunkt).

### 3.1 Bestimmung der Wärmekapazität des Kalorimeters

Um die Wärmekapazität des Kalorimeters zu bestimmen, werden zwei Wassermengen  $m_x$  und  $m_y$  mit der dazugehörigen Temperatur  $T_x$  und  $T_y$  im Kalorimeter vermischt. Die sich einstellende Mischtemperatur  $T_M$  wird durch ein Thermoelement gemessen. Dabei ist einer der beiden Kontaktstellen in einem mit Eiswasser gefüllten Dewar-Gefäß. Mithilfe von  $T_M$  kann dann auf die Wärmekapazität geschlossen werden.

### 3.2 Bestimmung der Wärmekapazität

Der Probekörper wird in einem Wasserbad erhitzt. Während dessen wird ein weiteres Deware-Gefäß mit 600 mL Wasser gefüllt. In ihm soll die Messung der Mischtemperatur erfolgen. Bevor der erhitzte Probekörper in das Deware-Gefäß gegeben wird, muss seine Temperatur und die des Wassers gemessen werden. Nachdem der Probekörper im Deware-Gefäß platziert wurde, wird die Mischtemperatur des Wassers gemessen. Der Vorgang wird für Graphit und Zinn jeweils drei Mal und für Aluminium einmal wiederholt.

## 4 Ergebnis

- bei dem Thermoelement birgt das ledigliche verwenden des linearen Terms der Taylorentwicklung einen Fehler. Der dadurch entstehende systematische Fehler beeinflusst die komplette Auswertung
- der Vergleich der Messergebnisse von Aluminium und Graphit mit der Literatur zeigt eine große Abweichung
- da generell kein adiabatischer Versuchsaufbau möglich ist (insbesondere beim Transport des Probeköpers vom Heizbad zum Dewar-Gefäß), ist hier eine weitere Fehlerquelle zu finden
- der aus der klassischen Mechanik gefolgerte Wert  $3R$  ist im Allgemeinen nicht gültig (dies wird gerade bei Graphit (leichter Stoff) deutlich)
- eine quantenmechanische Betrachtung wird benötigt