

Pre-LAB: Pendel, Team 4

Justus Weyers, Milena Mensching

5. Dezember 2022

1 Hauptsätze der Thermodynamik

Was besagen der nullte und erste Hauptsatz der Thermodynamik?

- Nullter Hauptsatz: Das ist der Hauptsatz mit den drei im thermischen Gleichgewicht zueinander stehenden Systemen. Stehen A und B und B und C in einem Gleichgewicht zueinander, so stehen auch A und C im Gleichgewicht zueinander. Das bedeutet, dass zwei oder mehr Körper, die in wärmeleitendem Kontakt zueinander stehen, auf Dauer die gleiche Temperatur aufweisen.
- Erster Hauptsatz: Dieser Hauptsatz besagt, dass die innere Energie ΔU eines geschlossenen System aus der Wärmemenge ΔQ und der Energie der an dem System verrichteten Arbeit ΔW besteht: $\Delta U = \Delta Q + \Delta W$. Daraus folgt, dass Energie umgewandelt, aber nicht erzeugt oder vernichtet werden kann.

2 Grundgleichung der Kalorimetrie

Leiten Sie die Grundgleichung der Kalorimetrie her, also den Ausdruck zur Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität eines Stoffes

Um die Masse m um eine Temperatur ΔT zu erwärmen ist eine Wärmemenge Q nötig. Man kann schreiben:

$$Q \propto m \cdot \Delta T$$

Die benötigte Wärmemenge für eine Temperaturänderung um $1K$ ist stoffspezifisch. Diese Materialkonstante c ist in dem obigen Zusammenhang die Proportionalitätskonstante:

$$Q \propto c \cdot m \cdot \Delta T$$

c ist die spezifische Wärmekapazität eines Stoffes. Wird nach dieser Konstanten umgestellt, kann für jeden Stoff die spezifische Wärmekapazität bestimmt werden, indem im Experiment zugeführte Wärmemenge Q , Temperaturänderung T und die Masse des Stoffes m bestimmt werden. Im Anschluss kann durch Einsetzen in folgende Formel die Wärmekapazität des zu untersuchenden Stoffes bestimmt werden:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

Die Einheit von c ist folglich $\frac{kJ}{kg \cdot K}$.

3 Temperatur-Zeit-Gesetz bei der Abkühlung eines Stoffes

Nach welchem Temperatur-Zeit-Gesetz $T(t)$ kühlt sich ein erwärmter Körper ab?

Das Gesetz heißt *Newtonsches Abkühlungsgesetz* und lautet:

$$T(t) = (T_0 - T_U)e^{-\frac{t}{\tau}} + T_U$$

Mit:

- t : Zeit
- T_0 : Anfangstemperatur
- T_U : Umgebungstemperatur
- τ : Abkühlungsfaktor $\tau = \frac{C}{\alpha F} = \frac{m \cdot c}{\alpha F}$ mit C : Absolute Wärmekapazität, c : spezifische Wärmekapazität, m : Masse des Stoffes, α : Wärmeübergangskoeffizient, F : Gesamtoberfläche des Körpers

Daraus wird ersichtlich, dass die Wärmeabgabe exponentiell abnimmt und sich asymptotisch der Umgebungstemperatur annähert.

4 Spezifische und molare Wärmekapazität

Wie sind spezifische und molare Wärmekapazität definiert?

- Spezifische Wärmekapazität: $c = \frac{C}{m}$. Mit C : Wärmekapazität, m : Stoffmasse. Einheit: $\frac{J}{K \cdot kg}$
- Molare Wärmekapazität: $c_m = \frac{C}{n}$. Mit C : Wärmekapazität, n : Teilchenanzahl. Einheit: $\frac{J}{K \cdot mol}$

5 Gesetz von Dulong und Petit

Erläutern Sie das Gesetz von Dulong und Petit zur Wärmekapazität von Metallen!

Dulong's und Petit's Gesetz besagt, dass die molare Wärmekapazität für Feststoffe mehr oder weniger den gleichen Wert besitzt, siehe Abbildung 1:

$$c_m = 3R \approx 3 \cdot 8,314 \frac{J}{mol \cdot K} = 24,942 \frac{J}{mol \cdot K}$$

Mit R : Gaskonstante, c_m : molare Wärmekapazität.

Das hängt damit zusammen, dass pro Atom in einem Metall, bei welchem die Anordnung der Atome als kristallförmig angenommen wird, ein bestimmter Energiebetrag in den Bindungsenergien zu den benachbarten Atomen steckt. Auf jedes Atom kommen im kristallverbund drei Bindungen. Der mittlere Betrag jeder der drei Bindungsenergien kann durch $k_B \cdot T$ (k_B : Boltzmann-Konstante) bestimmt werden.

Die innere Energie U kann nun dadurch bestimmt werden, dass man eine bestimmte Anzahl von Atomen N dreimal mit dem Betrag der Bindungsenergie multipliziert: $U = 3Nk_B T$. Daraus erhält man mit $C = \frac{U}{T}$ und $c_m = \frac{C}{N}$:

$$U = 3Nk_B T \Leftrightarrow \frac{U}{T} = 3Nk_B \Leftrightarrow C = 3Nk_B \Leftrightarrow \frac{C}{N} = 3k_B \Leftrightarrow c_m = 3k_B$$

Die Gaskonstante R wird aus der Boltzmannkonstante hergeleitet, darum kann geschrieben werden:

$$c_m = 3k_B \Leftrightarrow c_m = 3R$$

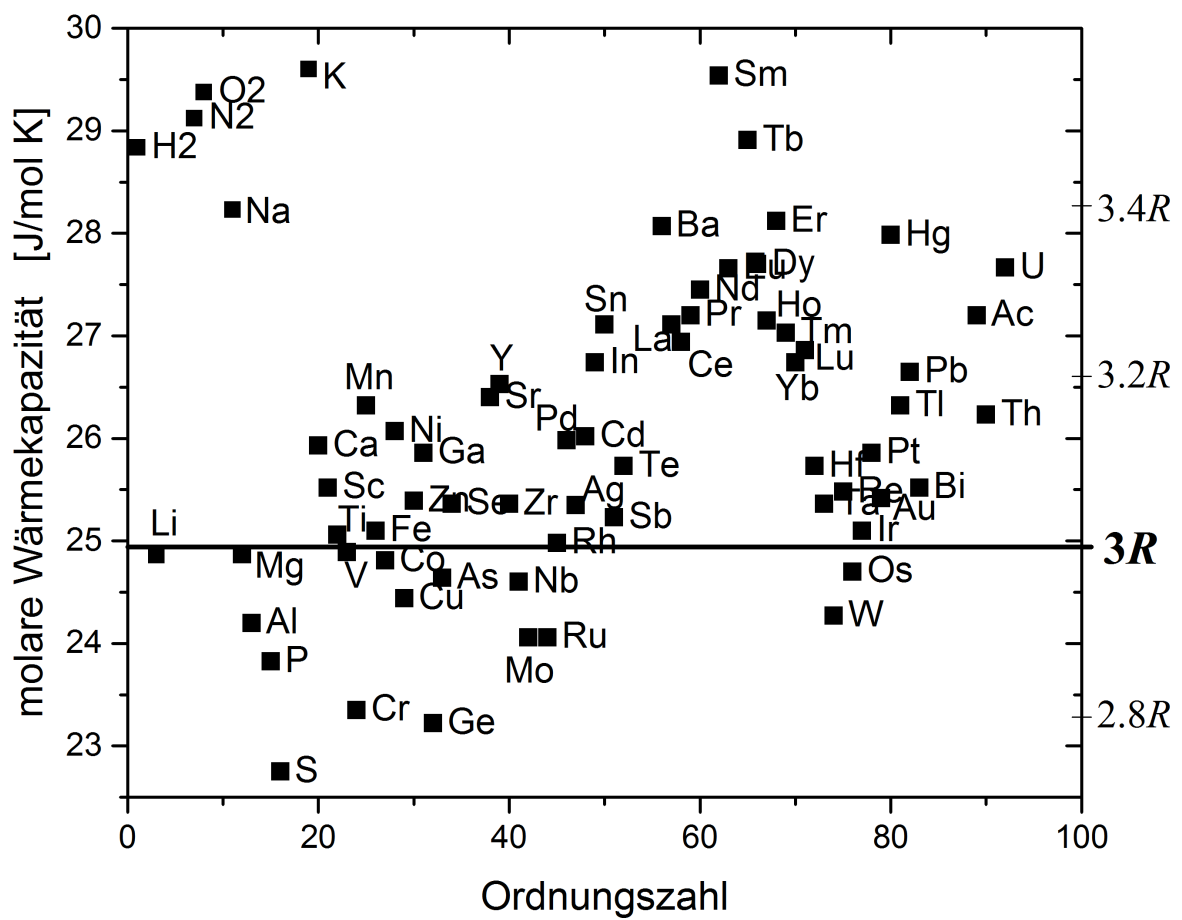


Abbildung 1: Molare Wärmekapazität aufgetragen gegen die Ordnungszahl.
<https://de.wikipedia.org/wiki/Dulong-Petit-Gesetz>