

# Lösungsblatt 7

## Mikroskopische Theorie

Physikalische Chemie 1 - Thermodynamik

WS 2018/19

Übungsleitung: Monja Sokolov, Mila Andreeva

---

### Aufgabe 1

Die innere Energie eines Teilchens setzt sich zusammen aus der Energie der Translation, der Rotation sowie der Schwingungsenergie. Nach dem Gleichverteilungssatz (Äquipartitionstheorem) trägt jeder Translations- bzw. Rotationsfreiheitsgrad mit  $\frac{1}{2}k_B T$  zu der Gesamtenergie bei. Die Energie pro Schwingung beträgt  $k_B T$ .

- a) Bestimmen Sie für die folgenden Gase die Anzahl der Freiheitsgrade, die innere Energie sowie die Wärmekapazität unter der Annahme, dass alle Freiheitsgrade aktiv sind. Füllen Sie dazu die folgende Tabelle aus.
- b) Experimentell findet man bei Standardbedingungen deutlich kleinere Wärmekapazitäten für  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $C_5H_{12}$  und  $C_6H_{12}$ . Können Sie erklären, warum bspw.  $c_V$  von  $O_2$  dann nur  $2,5 k_B T$  beträgt?

Molekül	Anzahl Atome	FG <sub>trans</sub>	FG <sub>rot</sub>	FG <sub>vib</sub>	$\frac{U}{k_B T}$	$\frac{c_V}{k_B T}$
Helium He						
Sauerstoff O <sub>2</sub>						
gasf. Wasser H <sub>2</sub> O						
Pentan C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>						
Cyclohexan C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>						

## Aufgabe 2

Mit Hilfe eines Geschwindigkeitsfilters wurden für ein Ensemble von 1500 Molekülen die folgenden Geschwindigkeiten bestimmt.

i	1	2	3	4	5	6	7	8
$N_i$	80	240	370	290	220	150	100	50
$v$ [ $\text{ms}^{-1}$ ]	200	300	400	500	600	700	800	900

- Zeichnen Sie die Geschwindigkeitsverteilung und markieren Sie die wahrscheinlichste Geschwindigkeit.
- Berechnen Sie den Mittelwert und die Wurzel der mittleren quadratischen Geschwindigkeit. Zeichnen Sie die beiden Werte ebenfalls in Ihr Diagramm.

## Aufgabe 3

Die Maxwell-Boltzmann-Verteilung lautet:

$$G(v) = 4\pi v^2 \left( \sqrt{\frac{m}{2\pi k_B T}} \right)^3 e^{-\frac{mv^2}{2k_B T}}$$

- Zeigen Sie, dass die Maxwell-Boltzmann-Verteilung normiert ist, d.h. dass  $\int G(v)dv = 1$ .
- Berechnen Sie das Maximum der Maxwell-Boltzmann-Verteilung. Wie ändert es sich mit der Temperatur?
- Ist die wahrscheinlichste Geschwindigkeit bei gleicher Temperatur für Helium- oder für Argonatome höher?

Hinweis:  $\int_0^\infty x^2 e^{-ax^2} dx = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{\pi}{a^3}}$