



11. Übungsblatt

Abgabe: Di, 15.01.2019 bis 11:30 Uhr, Kasten neben A316

Übungsblätter gibt es unter <https://www.tu-bs.de/theophys/edu/wise-1819/thermo1819>.

42. **Wissensfragen (2 Punkte)**

Bitte benennen Sie alle verwendeten Symbole und antworten Sie in vollständigen Sätzen.

- (a) Wodurch wird ein quantenmechanischer Zustand beschrieben, wodurch ein klassischer? Wie wird in beiden Fällen die Zustandssumme berechnet?

43. **Zweiatomiges ideales Gas (6 Punkte)**

Aus der Vorlesung kennen Sie die Energie eines idealen Gases bestehend aus zweiatomigen Molekülen:

$$\epsilon(p, j, n) = \frac{p^2}{2(m_1 + m_2)} + \frac{\hbar^2 j(j+1)}{2I} + \hbar\omega \left(n + \frac{1}{2} \right)$$

Der Rotationsanteil der Zustandssumme Z_{rot} ist (unter Berücksichtigung der Entartung) gegeben durch

$$Z_{\text{rot}} = \sum_{j=0}^{\infty} (2j+1) e^{-\frac{\theta_r}{2T} j(j+1)},$$

wobei $\theta_r = \frac{\hbar^2}{kI}$ die charakteristische Temperatur des Systems ist. Für hohe Temperaturen lässt sich mithilfe der Euler'schen Summenformel die Summe näherungsweise durch ein Integral ersetzen und der Rest abschätzen:

$$\int_{j_0}^{j_1} f(j) dj = \sum_{j_0}^{j_1} f(j) - \frac{1}{2} [f(j_0) + f(j_1)] + \frac{1}{12} [f'(j_0) - f'(j_1)] - \frac{1}{720} [f'''(j_0) - f'''(j_1)] + \dots$$

Zeigen Sie hiermit, dass gilt:

$$\lim_{T \gg \theta_r} Z_{\text{rot}} = 2 \frac{T}{\theta_r} + \frac{1}{3} + \frac{1}{30} \frac{\theta_r}{T} + \dots$$

Bitte wenden! →

44. **Virialentwicklung (6 Punkte)**

Die Wechselwirkung der Teilchen eines Gases werde näherungsweise durch folgendes Potential beschrieben:

$$w(r) = \begin{cases} \infty & \text{wenn } r \leq d \\ -\epsilon & \text{wenn } d < r \leq 2d \\ 0 & \text{wenn } 2d < r \end{cases}$$

- (a) Berechnen Sie für dieses Potential den (klassischen) zweiten Virialkoeffizienten.
- (b) Stellen Sie damit die Zustandsgleichung $P = P(N, V, T)$ auf.
- (c) Berechnen Sie dann die Energie $E = E(N, V, T)$ und die spezifische Wärme C_V in gleicher Ordnung.

45. **Zustandsgrößen des idealen Gases (6 Punkte)**

Betrachten Sie das ideale Gas und berechnen Sie aus der freien Energie

$$F = -kT \ln Z$$

mit der bekannten Zustandssumme Z aus Aufgabe 9 und der Differentialrelation

$$dF = -SdT - PdV + \mu dN$$

die Ausdrücke für die Größen

- (a) Entropie S ,
- (b) Druck P ,
- (c) chemisches Potential μ ,
- (d) spezifischen Wärmen C_V und C_P .