

# Statistische Physik

## Übungsblatt 11

Vorlesung: Prof. Dr. Otfried Gühne  
Übungen: Florian Köppen, Tobias Moroder

Abgabe: Fr, 05. Juli 2013

### 1. Rotation (5 Punkte)

Die Zustandssumme für die Rotationen eines zweiatomigen idealen Gases ist  $Z_{\text{rot}}(T; N) = [z_{\text{rot}}(T)]^N$  mit

$$z_{\text{rot}}(T) = \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) \exp\left(-\frac{T_{\text{rot}} l(l+1)}{T}\right), \quad (1)$$

wobei  $T_{\text{rot}} = \hbar^2/2Ik$ . In dieser Aufgabe soll das Hochtemperaturverhalten  $T \gg T_{\text{rot}}$  genauer untersucht werden. Entwickeln Sie mit Hilfe der Euler'schen Summenformel

$$\sum_{l=l_0}^{l_1} f(l) = \int_{l_0}^{l_1} dl f(l) + \frac{f(l_0) + f(l_1)}{2} - \frac{f'(l_0) - f'(l_1)}{12} + \frac{f'''(l_0) - f'''(l_1)}{720} \pm \dots \quad (2)$$

sowohl  $z_{\text{rot}}$ ,  $E_{\text{rot}}$  als auch  $C_{\text{rot}}$  bis zur zweiten Ordnung  $T_{\text{rot}}^2/T^2$ . Erklären Sie kurz das Verhalten der Wärmekapazität für  $T \downarrow T_{\text{rot}}$ .

### 2. Virialentwicklung (5 Punkte)

Die Virialentwicklung drückt den Druck eines Vielteilchensystems im Gleichgewicht durch eine Potenzreihe der Dichte  $\varrho = N/V$  aus:

$$P = k_B T \varrho \left( 1 + \sum_{n=1}^{\infty} B_{n+1} \varrho^n \right). \quad (3)$$

Die Koeffizienten  $B_k(T)$  heißen der  $k$ -te Virialkoeffizient und geben Aufschluss über die Wechselwirkung zwischen den Teilchen des Systems.

(a) Berechnen Sie die Virialkoeffizienten für das van-der-Waals Gas

$$\left( P + a \frac{n^2}{V^2} \right) (V - nb) = nRT \quad (4)$$

mit  $n = N/N_A$  und  $R = N_A k_B$ . Bei  $a, b$  handelt es sich um empirische Konstanten.

(b) Wiederholen Sie diese Berechnung für das Dieterici Gas, welches gegeben ist durch

$$P = \frac{nRT}{V - nb} \exp\left(-\frac{na}{RTV}\right). \quad (5)$$

(c) Vergleichen Sie die Virialkoeffizienten der beiden Gase und diskutieren Sie den Hochtemperaturfall.