Universität Leipzig
Institut für Theoretische Physik
Prof. Dr. K. Kroy

WS 2015/16

# Theoretische Physik III
# Thermodynamik und statistische Mechanik

---

## 1. Übungsblatt

**Aufgabe 1*:** *Zustandsgleichung eines idealen Gases* **(4 Zusatzpunkte)**

Für eine beliebige „ideale“ Gasmenge mit Volumen $V$ und Druck $p$ gilt $pV = Nk_\mathrm{B}T$, wobei $k_\mathrm{B} = 1.380\,649 \times 10^{-23}\,\mathrm{J\,K^{-1}}$ die Boltzmann-Konstante, $N$ die Teilchenzahl und $T$ die absolute Temperatur bezeichnen. Oft wird die Gasgleichung auf ein Mol bezogen. Dabei ist ein Mol als die Stoffmenge definiert, die genauso viele Teilchen wie $12\,\mathrm{g}$ des Isotops ${}^{12}_{6}\mathrm{C}$ (die Masse eines einzelnen Atoms ist $m_{{}^{12}_{6}\mathrm{C}} = 1.992\,663 \times 10^{-26}\,\mathrm{kg}$) enthält.

**a)** Bestimmen Sie die Avogadro-Zahl aus den oben angegebenen Daten. (1ZP)

**b)** Wie groß ist das Volumen, das ein Mol eines idealen Gases bei $1\,\mathrm{atm} = 1.013\,25 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$ und $0\,°\mathrm{C} = 273.15\,\mathrm{K}$ einnimmt? (1ZP)

**c)** Der Raumausdehnungskoeffizient $\alpha$ und der Spannungskoeffizient $\beta$ werden definiert durch

$$\begin{aligned} V(T) &= V_0(1 + \alpha\Delta T) \qquad \text{mit } p = \mathrm{const}\,, \\ p(T) &= p_0(1 + \beta\Delta T) \qquad \text{mit } V = \mathrm{const}\,, \end{aligned}$$

wobei $\Delta T = T - T_0$. Welchen Wert haben diese Koeffizienten für ein ideales Gas mit konstanter Teilchenzahl? (2ZP)

**Aufgabe 2*:** *Potentiale, Zustandsgleichungen & Responsekoeffizienten* **(5 Zusatzpunkte)**

**a)** Betrachten Sie ein Gas, dessen Zustandsgleichungen von der Form $pV = f(T)$ und $U = g(T)$ sind, mit stetig differenzierbaren Funktionen $f(T)$ und $g(T)$. Verwenden Sie den ersten Hauptsatz und das Carnot'sche Theorem, $\mathrm{d}S = \delta Q/T$, um zu zeigen, dass es sich hierbei (bei konstanter Teilchenzahl $N$) um ein ideales Gas handelt, d.h. $pV \propto T$. (3ZP)

*Hinweis:* Nutzen Sie aus, dass $\mathrm{d}S(T, V)$ ein vollständiges (totales) Differential ist.

**b)** Bei konstantem Druck $p$ bzw. Volumen $V$ ist die Wärmekapazität definiert als

$$C_x = \left(\frac{\delta Q}{\mathrm{d}T}\right)_x ,$$

wobei $x \in \{p, V\}$ die jeweils konstant gehaltene Zustandsgröße ist. Leiten Sie folgende Relation mit Hilfe des ersten Hauptsatzes für $U = U(T, V)$ her,

$$C_p - C_V = \left[\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T + p\right]\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

und werten Sie diese für ein ideales Gas aus. (2ZP)

**gesamt: 9 Zusatzpunkte**

Abgabe: **Mi. 21.10.**, vor der Vorlesung
Die mit * gekennzeichneten Aufgaben sind Zusatzaufgaben und gehen nicht in die reguläre Wertung ein.