**Übungen zur Physik II (SS 2011)** **Übungsblatt 4**

Prof. Dr. S. J. Linz / Prof. Dr. C. Fallnich 28.04.2011

Abgabe der schriftlichen Aufgaben: 03.05.11 vor der Vorlesung

Besprechung der Übungsaufgaben: 05.05.11 / 06.05.11

**Aufgabe 11: Reale Gase** (schriftlich, 5 Punkte)

a) Die thermische Zustandsgleichung eines Gases sei gegeben durch $p = p(V,T)$. Formen Sie den isobaren thermischen Volumenausdehnungskoeffizienten $\beta$ und die isotherme Kompressibilität $\chi$ mit

$$\beta = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \qquad \text{und} \qquad \chi = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$$

unter Verwendung der Reziprokitätsrelationen so um, dass nur mehr die partiellen Ableitungen von $p$ nach $T$ und von $p$ nach $V$ eingehen.

b) Einfache Modelle für reale Gase, die Verallgemeinerungen der idealen Gasgleichung darstellen, sind durch die folgenden Zustandsgleichungen gegeben:

i) Berücksichtigung des Eigenvolumens:

$$p\,(V - nb) = nRT,$$

ii) Virialentwicklung nach dem Druck:

$$pV = nRT(1 + A_1 p); \qquad A_1 = A_1(T),$$

iii) Virialentwicklung nach dem Volumen:

$$pV = nRT\left(1 + \frac{B_1}{V}\right); \qquad B_1 = B_1(T).$$

Berechnen Sie jeweils den isobaren thermischen Volumenausdehnungskoeffizienten $\beta$ und die isotherme Kompressibilität $\chi$ (vgl. a)). Welche Unterschiede ergeben sich zum idealen Gas?

**Aufgabe 12: Zustandsgleichungen** (mündlich, 5 Punkte)

Gegeben Sei die Berthelot'sche Zustandsgleichung für reale Gase,

$$\left(p + \frac{a}{TV^2}\right)(V - b) = RT. \qquad (*)$$

a) Berechnen Sie die thermischen Koeffizienten

$$\beta = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p, \quad \sigma = \frac{1}{p}\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V, \quad \chi = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T.$$

b) Verifizieren Sie mit a) die allgemeingültige Relation für Zustandsgleichungen f(p, V, T) = 0,

$$p \cdot \frac{\chi\sigma}{\beta} = 1.$$

c) Berechnen Sie $\left(\frac{\partial \beta}{\partial p}\right)_T$ und $\left(\frac{\partial \chi}{\partial T}\right)_p$ aus (*) und zeigen Sie, dass gilt:

$$\left(\frac{\partial \beta}{\partial p}\right)_T = -\left(\frac{\partial \chi}{\partial T}\right)_p.$$

d) Geben Sie die Virialentwicklung von (*) bis zur Ordnung $\frac{1}{V}$ an und bestimmen Sie den zweiten Virial-Koeffizienten.

**Aufgabe 13: Swimmingpool** (schriftlich, 5 Punkte)

Ein Swimmingpool wird mit Hilfe von Solarkollektoren mit einer Kollektorfläche $A$ beheizt. Die Solarkollektoren erwärmen das durch sie fließende Swimmingpool-Wasser (Volumen $V$). Der Wirkungsgrad dieser Energieumwandlung sei $\eta$. Die senkrecht auftreffende Sonnenstrahlung habe die Intensität $I$.

a) Welche Wärmemenge $Q$ wird dem Wasser zugeführt, wenn sich der Swimmingpool von der anfänglichen Temperatur $T_1$ auf $T_2$ erwärmt?

b) In welcher Zeit $t$ geschieht der Vorgang aus Teil a) ?

c) Wie hoch muss die elektrische Leistung $P$ eines mit 100%-Wirkungsgrad arbeitenden Heizgerätes sein, um in fünf Stunden die gleiche Erwärmung zu erreichen?

Hinweise:

$$V = 100\,\mathrm{m}^3; \quad T_1 = 17\,^\circ\mathrm{C}; \quad T_2 = 20\,^\circ\mathrm{C}; \quad c_{\mathrm{Wasser}} = 4\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{K}};$$

$$I = 1{,}2\,\frac{\mathrm{kW}}{\mathrm{m}^2}; \quad \eta = 80\ \%; \quad A = 50\ \mathrm{m}^2$$

**Aufgabe 14: Wärmekraftmaschine** (mündlich, 5 Punkte)

Eine Wärmekraftmaschine erreiche 80 % des Carnot-Wirkungsgrads. Bei jedem Zyklus entnehme sie dem wärmeren Reservoir mit 500 K eine Wärmemenge von 200 kJ und gebe Wärme an das kältere Reservoir (mit 200 K) ab.

a) Wie groß ist der Wirkungsgrad $\eta$?

b) Wieviel Arbeit $W$ wird pro Zyklus verrichtet?

c) Welche Wärmemenge $Q$ wird pro Zyklus an das kältere Reservoir abgegeben?