

# Übungen zur Physik II

**Vorlesung:** Prof.Dr. Tilmann Kuhn, Prof.Dr. Cornelia Denz

**Übungen:** Dr. Karol Kovařík, Dr. Lew Classen

## Blatt 7

Abgabe: 22.05.19

Besprechung: 27. oder 28.05.19

### Aufgabe 19: Zustandsänderung eines van der Waals-Gases (10 Punkte, schriftlich)

Ein van der Waals-Gas mit den Zustandsgleichungen

$$p = \frac{Nk_B T}{V - Nb} - \frac{N^2 a}{V^2} \quad \text{und} \quad U = C_V T - \frac{N^2 a}{V}$$

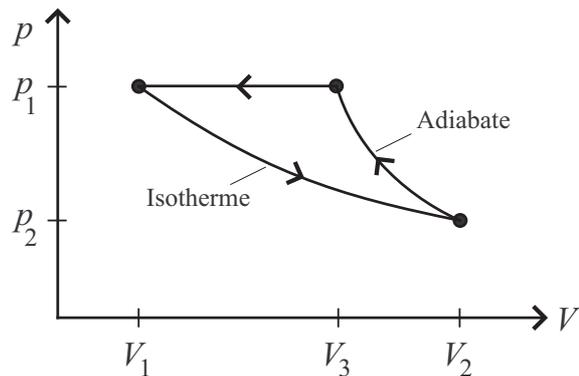
durchlaufe die in der Abbildung dargestellten Zustandsänderungen, die aus einer isothermen Expansion bei  $T_1$  von  $V_1$  nach  $V_2$ , einer adiabatischen Kompression nach  $V_3, T_2$  und einer isobaren Kompression bestehen.

(a) (7 Punkte) Berechnen Sie die bei den einzelnen Schritten auftretenden Wärmeänderungen, geleisteten Arbeiten und Änderungen der inneren Energie.

(b) (3 Punkte) Die Ergebnisse in (a) können mit Hilfe von  $T_1, T_2, V_1, V_2$  und  $V_3$  angegeben werden aber diese Variablen sind voneinander abhängig. Zeigen Sie, dass das Volumen  $V_3$  aus einer kubischen Gleichung

$$c_1 V_3^3 + c_2 V_3^2 + c_3 V_3 + c_4 = 0$$

als Funktion von  $T_1, T_2, V_1$  ausgerechnet werden kann. Bestimmen Sie die Koeffizienten  $c_i$ . Welche zusätzliche Bedingung koppelt  $T_1, T_2, V_2$  und  $V_3$  zusammen?



### Aufgabe 20: Dampfdruckkurve

(8 Punkte, mündlich)

Die molare Verdampfungswärme von Wasser hat in guter Näherung die Form

$$\Lambda = Q_{\text{Ver}} = A - B \cdot T,$$

wobei

$$A = 58,61 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \quad \text{und} \quad B = 48,22 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$$

sind.

Berechnen Sie, ausgehend von der Clausius-Clapeyron'schen Gleichung, die Dampfdruckkurve  $p(T)$  von Wasser. Vernachlässigen Sie dabei das molare Volumen der flüssigen Phase, d. h.  $V_{\text{gas}} - V_{\text{fl}} \approx V_{\text{gas}}$ , und behandeln Sie den Dampf wie ein ideales Gas.

Bei  $T_0 = 100^\circ\text{C}$  betrage der Druck

$$p(T_0) = 1,01325 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}.$$

Wie groß ist der Dampfdruck bei  $40^\circ\text{C}$ ? Skizzieren Sie  $p(T)$ .

*Hinweis:* Die Differentialgleichung für den Druck  $p(T)$  lässt sich z. B. durch Trennung der Variablen lösen.

**Aufgabe 21: Thermodynamische Potentiale**

**(7 Punkte, schriftlich)**

(a) (4 Punkte) Berechnen Sie, ausgehend von der Entropie des einatomigen, idealen Gases

$$S(U, V, N) = Nk_B \left\{ \ln \left[ \frac{V}{V_0} \left( \frac{U}{U_0} \right)^{\frac{3}{2}} \left( \frac{N_0}{N} \right)^{\frac{5}{2}} \right] + \frac{S_0}{Nk_B} \right\}$$

die Freie Energie  $F(T, V, N)$  und die Freie Enthalpie  $G(T, p, N)$  des idealen Gases, jeweils als Funktion ihrer natürlichen Variablen.

(b) (3 Punkte) Bestimmen Sie jeweils die abhängigen Variablen und zeigen Sie, dass man in beiden Fällen die kalorische und die thermische Zustandsgleichung des einatomigen, idealen Gases erhält.