

Statistische Physik - Theorie der Wärme
(PD Dr. M. Falcke)

Übungsblatt 11: Van der Waals Gas, Dampfdruck

Aufgabe 1

(6 Punkte)

Wir betrachten erneut das van der Waals Gas, dessen Zustandgleichung durch

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = Nk_B T \quad (1)$$

gegeben ist, wobei a/V^2 den internen Druck und b das endliche Volumen der Gasteilchen bezeichnet.

- Berechnen Sie den kritischen Punkt (P_c, V_c, T_c) , der durch $(\partial p/\partial V)_T = 0$ und $(\partial^2 p/\partial V^2)_T = 0$ charakterisiert ist. Drücken Sie den kritischen Punkt durch die Parameter a/V^2 und b aus.
- Die Zustandsvariablen P , V und T können nun jeweils durch P_C , V_C und T_C dimensionslos gemacht werden. Schreiben Sie Gleichung (1) in die entsprechende dimensionslose Form um.
- Diskutieren Sie die Isothermen der dimensionslosen Form für die Fälle $T > T_C$, $T = T_C$ und $T < T_C$ und stellen Sie sie im $P - V$ Diagramm dar. Erlauben die Isothermen negative Drücke?
- Berechnen Sie die innere Energie $U(T, V)$, die Entropie $S(T, V)$ und die freie Energie $F(T, V)$ ausgehend von der dimensionslosen Form der Zustandgleichung unter der Annahme einer konstanten Wärmekapazität C_V .

Aufgabe 2

(2 Punkte)

Eine wasserähnliche Flüssigkeit befinde sich im Gleichgewicht mit ihrem Dampf, wobei in der flüssigen wie in der gasförmigen Phase die gleiche Anzahl von Teilchen sein mögen. Berechnen Sie den Dampfdruck der Flüssigkeit als Funktion der Temperatur unter der Annahme, dass die Verdampfungswärme nicht von Temperatur und Druck abhängt und dass sich der Dampf wie ein ideales Gas verhalte.

Aufgabe 3

(3 Punkte)

Eine Lösung bestehe aus N_f wasserähnlichen und N_g darin gelösten Molekülen, wobei $N_f \gg N_g$ gelte. Der gelöste Stoff verschiebt das chemische Potential der Lösung gemäß

$$\mu_f(P, T, X_f) = \mu_f(P, T, 1) + k_B T \ln X_f,$$

wobei $\mu_f(P, T, 1)$ das chemische Potential des reinen Lösungsmittels und $X_f := N_f/(N_g + N_f)$ ist.

- Wie ändert sich der Dampfdruck der Lösung durch den darin gelösten Stoff?
- Wie ändern sich der Gefrier- und Siedepunkt? Leiten Sie eine Formel für das Verhalten des Siedepunktes ab.

Dampf und Lösung sollen beide im Gleichgewicht sein und als ideal betrachtet werden.

Abgabetermin: Mittwoch, 25.01.2006 vor Beginn der Vorlesung.