

Theoretische Physik III

Thermodynamik und statistische Mechanik

6. Übungsblatt

Aufgabe 11: *Phasendiagramm* **(2 Punkte)**

Nahe dem Tripelpunkt im p - T -Diagramm hat die Sublimationskurve in der Regel einen steileren Anstieg als die Verdampfungskurve. Geben Sie eine thermodynamische Erklärung hierfür.

Aufgabe 12: *Van-der-Waals-Gas* **(5 Punkte)**

Für ein van-der-Waals-Gas gelten die Zustandsgleichungen

$$\left(p + \frac{aN^2}{V^2}\right)(V - Nb) = Nk_{\text{B}}T \quad \text{und} \quad U = \frac{3}{2}Nk_{\text{B}}T - \frac{aN^2}{V}$$

mit Materialparametern a und b .

- a*) Berechnen Sie den Joule-Thomson-Koeffizienten δ , sowie die Inversionstemperatur T_{inv} , bei der das Vorzeichen von δ wechselt. Welche praktische Bedeutung hat T_{inv} für das van-der-Waals-Gas? **(2 Zusatzpunkte)**
- b) Bestimmen Sie die bei adiabatischen Zustandsänderungen gültigen Zusammenhänge zwischen Druck p , Volumen V und Temperatur T (sogenannte *Adiabatengleichungen*). (2P)
- c) Bestimmen Sie am kritischen Punkt das Volumen pro Teilchen V_c , den Druck p_c und die Temperatur T_c . Nutzen Sie dabei aus, dass der kritische Punkt als Wendepunkt der kritischen Isotherme in der p - V -Ebene charakterisiert werden kann, an dem zudem die isotherme Kompressibilität divergiert. (2P)
- d) Zeigen Sie, dass sich die Zustandsgleichung mit Hilfe der reduzierten Größen $\tilde{p} = p/p_c$, $\tilde{V} = V/V_c$ und $\tilde{T} = T/T_c$ in eine Form bringen lässt, die nicht mehr explizit von a und b abhängt. (1P)

Aufgabe 13: *Chemisches Potential des van-der-Waals-Gases* **(4 Punkte)**

- a) Begründen Sie, dass für die Druckabhängigkeit des chemischen Potentials allgemein $(\partial\mu/\partial p)_{T,N} = V/N$ gilt. (1P)
- b) Skizzieren Sie für das van-der-Waals-Gas eine Isotherme bei $T < T_c$ im p - V -Diagramm (ohne Maxwell-Korrektur) und konstruieren Sie daraus graphisch (es wird keine Rechnung benötigt) die zugehörige p - μ -Ebene. Kennzeichnen Sie die Gas- und Flüssigkeitsphasen, den Koexistenzbereich, den Siede- und Kondensationsverzug und den mechanisch instabilen Bereich. (2P)

- c) Benutzen Sie den Zusammenhang zwischen μ und der Gibbsschen freien Enthalpie G , sowie deren Extremaleigenschaften, um zu begründen, warum in dieser Darstellung eine Maxwell-Konstruktion nicht erforderlich ist. (1P)

Abgabe: **Do. 20.11.**, vor der Vorlesung

Die mit * gekennzeichneten Aufgaben sind Zusatzaufgaben und gehen nicht in die reguläre Wertung ein.

gesamt: 11 + 2 Punkte