Abgabetermin: Donnerstag, 04.12.2008, in der Vorlesung

Aufgabe 14: Magnetostriktion (4 Punkte)

Gegeben sei eine magnetisierbare Substanz, die die Erscheinung der Magnetostriktion zeigt (Volumenveränderlichkeit bei Magnetfeldänderung). Die magnetische Suszeptibilität χ in $\boldsymbol{M} = \chi \boldsymbol{H} V$ ($\boldsymbol{M}$: magnetisches Dipolmoment, $\boldsymbol{H}$: magnetische Feldstärke) und die isotherme Kompressibilität $\kappa = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_{T,\boldsymbol{H}}$ als Funktion von T, p und $\boldsymbol{H}$ seien bei konstantem $\boldsymbol{H}$ um $\boldsymbol{H} = 0$ (nach Taylor) entwickelbar.

Bestimmen Sie die Größe $\ln \Delta$ mit $\Delta = \frac{V(T,p,\boldsymbol{H})}{V(T,p,0)}$ bis zur quadratischen Ordnung in $\boldsymbol{H}$ als Funktion von $\boldsymbol{H}, \chi$ und κ.

Hinweise: Das Arbeitsdifferenzial lautet $\delta W = -p\ dV + \mathbf{H} \cdot d\mathbf{M}$. Verwenden Sie das thermodynamische Potenzial $\Pi = G - \boldsymbol{H} \cdot \boldsymbol{M}$, worin G die freie Enthalpie bedeutet.

Aufgabe 15: Schwingende Kugel im gasgefüllten Flaschenkopf (2 Punkte)

Ein großes Gefäß endet in einer glattwandigen senkrechten Röhre, die mit einer leicht beweglichen, aber dicht schließenden Kugel versehen ist. Das Gefäß sei mit einem idealen Gas gefüllt. Die Kugel der Masse m wird um die Länge Δz ein wenig aus der Ruhelage entfernt und dann losgelassen. Sie führt dan harmonische Schwingungen um die Ruhelage $z = 0$ aus. Die dabei stattfindenden Zustandsänderungen des idealen Gases können in guter Näherung als adiabatisch angenommen werden.

Geben Sie $\delta = C_p/C_V$ als Funktion der gemessenen Kreisfrequenz ω dieser harmonischen Schwingung an.

Aufgabe 16: Spezifische Wärme des van der Waals-Gases in der Umgebung des kritischen Punktes (freiwillig, 4 Punkte)

Zeigen Sie, dass das van der Waals-Gas am kritischen Punkt $T \to T_c^{(-)}$ (Annäherung an T_c von kleineren Temperaturen herkommend) die Wärmekapazität

$$C_V - C_V^0 = \frac{9}{2} Nk$$

besitzt ($C_V^0 = 3Nk/2$ ist die Wärmekapazität des idealen Gases).
Verwenden Sie dabei die innere Energie in der Form der spezifischen inneren Energie $\bar{u} = U/N = 3kT/2 - a/\bar{v}$, ($\bar{v} = V/N$):

$$\bar{u} = \frac{1}{2}(\bar{u}_{\mathrm{g}} + \bar{u}_{\mathrm{fl}}),$$

.

(Anmerkung: Für den Übergang $T \to T_c^{(+)}$ gilt $C_V - C_V^0 = 0$.)