

Übungen zur Theoretischen Physik F SS 09

PROF. DR. A. SHNIRMAN
DR. S. RACHEL

Blatt 2
Besprechung 5.5.2009

1. Ideales Gas:

(4 Punkte)

Für ein ideales Gas aus N Teilchen (Molekülen) mit f Freiheitsgraden pro Molekül lauten die Zustandsgleichungen

$$U = \frac{f}{2}NkT, \quad pV = NkT.$$

Betrachten Sie eine *adiabatische* Zustandsänderung bei konstanter Teilchenzahl, und zeigen Sie über den 1. Hauptsatz, dass gilt:

$$pV^{(f+2)/f} = \text{const.}, \quad VT^{f/2} = \text{const.}$$

2. Entropie des idealen Gases:

(3 + 3 = 6 Punkte)

Für ein ideales Gas gilt:

$$U = \frac{f}{2}NkT, \quad pV = NkT, \quad \text{und} \quad TS = U + pV - \mu N.$$

(a) Berechnen Sie daraus die Entropie

$$S(U, V, N) = S_0 \frac{N}{N_0} + Nk \left[\frac{f}{2} \ln \left(\frac{U}{U_0} \right) + \ln \left(\frac{V}{V_0} \right) - \frac{f+2}{2} \ln \left(\frac{N}{N_0} \right) \right]$$

wobei S_0, U_0, V_0, N_0 Integrationskonstanten sind.

Hinweis: Zeigen Sie zunächst:

$$ds = \frac{1}{T} du + \frac{p}{T} dv \quad \text{mit} \quad s = S/N, u = U/N, v = V/N.$$

(b) Warum verletzt das ideale Gas den 3. Hauptsatz der Thermodynamik?

3. Thermodynamische Antwortfunktionen:

(5 + 5 = 10 Punkte)

Ein magnetisches System sei durch die Zustandsgrößen S , T , Magnetisierung M und äußeres Magnetfeld B bestimmt. Von experimentellem Interesse sind die Antwortfunktionen

$$c_M = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_M, \quad c_B = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_B, \quad \chi_S = \left(\frac{\partial M}{\partial B} \right)_S, \quad \chi_T = \left(\frac{\partial M}{\partial B} \right)_T, \quad \alpha_B = \left(\frac{\partial M}{\partial T} \right)_B.$$

(a) Zeigen Sie:

$$\frac{c_B}{c_M} = \frac{\chi_T}{\chi_S}.$$

Hinweis: Betrachten Sie $B = B(T, S)$ und $M = M(T, S)$ für Zustandsänderungen mit $dB = 0$ oder $dM = 0$.

(b) Zeigen Sie:

$$c_B - c_M = T \frac{\alpha_B^2}{\chi_T}.$$

Hinweis: Betrachten Sie $S = S(T, M)$, $M = M(T, B)$, sowie die Maxwell-Relation, die aus der Freien Energie F mit $dF = -S dT + B dM$ gewonnen werden kann.