

Übungen zur Vorlesung
Theoretische Physik - Thermodynamik
Prof. Dr. W.G. Schmidt, WS 2009/2010

BLATT III
Abgabe am Dienstag, den 03.11.2009.

7. Thermodynamische Potentiale eines idealen Gases

- (a) „Googeln“ Sie den Begriff „Guggenheim-Quadrat“ im Zusammenhang mit Thermodynamik, verinnerlichen Sie den Spruch und malen Sie das besagte Quadrat auf. Von welchen natürlichen Variablen hängen die thermodynamischen Potentiale U (innere Energie) bzw. F (freie Energie) ab?
- (b) Für das ideale Gas sind bisher die thermische und kalorische Zustandsgleichung bekannt:

$$pV = Nk_B T, \quad U = C_V(T - T_0) + U_0, \quad C_V = \text{const.} \quad (9)$$

Berechnen Sie mit Hilfe der Gibbsschen Fundamentalgleichung das thermodynamische Potential U des idealen Gases. Kontrollergebnis:

$$U = C_V T_0 \left[\left(\frac{V}{V_0} \right)^{-\frac{Nk_B}{C_V}} \exp \left(\frac{S - S_0}{C_V} \right) - 1 \right] + U_0 \quad (10)$$

- (c) Berechnen Sie außerdem das thermodynamische Potential F des idealen Gases.

8. Der 3. Hauptsatz

- (a) Was besagt der dritte Hauptsatz der Thermodynamik?
- (b) Überprüfen Sie ob die thermische Zustandsgleichung

$$M = \frac{C}{T} H, \quad (11)$$

die die Magnetisierung M mit dem magnetischen Feld H über die Konstante C verknüpft, mit dem dritten Hauptsatz kompatibel ist.

9. Großkanonisches Potential

Gegeben sei das großkanonische Potential eines pVT -Systems

$$\Omega = \Omega(T, V, \{\mu_i\}). \quad (12)$$

Versuchen Sie ein Potential zu konstruieren, dass anstelle vom Volumen V vom Druck p abhängt. Begründen Sie Ihr Scheitern!

Anleitung:

- Zeigen Sie zunächst mit Hilfe des totalen Differentials, dass das großkanonische Potential

$$\Omega = U - TS - \sum_i \mu_i N_i \quad (13)$$

tatsächlich als abhängig von $T, V, \{\mu_i\}$ geschrieben werden kann. Überprüfen Sie rasch, ob die übrigen thermodynamischen Größen $S, p, \{N_i\}$ durch partielle Ableitung gewonnen werden können.

- Führen Sie eine entsprechende Legendre-Transformation $\tilde{\Omega} = \mathcal{L}[\Omega]$ aus und zeigen Sie abermals durch das totale Differential, dass Sie dem Ziel $\tilde{\Omega} = \tilde{\Omega}(T, p, \{\mu_i\})$ anscheinend nahe sind.
- Warum macht die Euler-Gleichung für das System (wird in der VL bewiesen)

$$U = TS - pV + \sum_i \mu_i N_i \quad (14)$$

das Resultat für $\tilde{\Omega}$ zunichte? Wieso ist das Ergebnis zu erwarten?