

Aufgabenblatt 4

4.1 Klassische paramagnetische Momente

Wir betrachten N nicht wechselwirkende klassische paramagnetische Momente vom Betrag μ . Die freie Energie $F(T, B, N)$ eines solchen Systems lautet

$$F = -N k T \ln \left[4\pi \frac{\sinh(\beta\mu B)}{\beta\mu B} \right]. \quad (1)$$

- Leiten Sie ausgehend von Gleichung (1) die Entropie S und die innere Energie U her und vergleichen Sie die Ergebnisse mit der Vorlesung.
- Skizzieren und begründen Sie den Verlauf von Isentropen, d. h. Kurven konstanter Entropie, in einem $T - B$ -Diagramm.
- Berechnen Sie

$$\left(\frac{\partial T}{\partial B} \right)_S. \quad (2)$$

4.2 Quantenmechanischer Spin im homogenen Magnetfeld

Ein einzelner Spin der Spinquantenzahl s befinde sich im äußeren homogenen Magnetfeld der Stärke B . Die Wechselwirkung des Spins mit dem Magnetfeld wird durch den Zeeman-Term beschrieben.

- Wie lautet der Hamiltonoperator?
- Geben Sie die Eigenwerte und Eigenvektoren von \tilde{H} an.
- Ermitteln Sie die Zustandssumme im kanonischen Ensemble.
- Leiten Sie die innere Energie sowie die Wärmekapazität als Funktion von T und B her.
- Leiten Sie ebenfalls die Magnetisierung und die Suszeptibilität als Funktion von T und B her. Welchen Wert nimmt die Magnetisierung für $T \rightarrow 0$ an? Erklären Sie diesen Sachverhalt.

4.3 Quantenmechanische paramagnetische Momente

Wir betrachten N nicht wechselwirkende quantenmechanische paramagnetische Momente mit Spinquantenzahl s . Die freie Energie $F(T, B, N)$ eines solchen Systems lautet

$$F = -N k T \ln \left[\frac{\sinh \{ \beta b (s + 1/2) \}}{\sinh \{ \beta b / 2 \}} \right] , \quad b = g \mu_B B . \quad (3)$$

- a. Leiten Sie ausgehend von Gleichung (3) die Entropie S her.
- b. Skizzieren und begründen Sie den Verlauf von Isentropen, d. h. Kurven konstanter Entropie, in einem $T - B$ -Diagramm.
- c. Berechnen Sie

$$\left(\frac{\partial T}{\partial B} \right)_S . \quad (4)$$