

Aufgabe 2.1 Ideales Gas: Maxwell Relation

1. Zeige explizit für das ideale Gas, dass

$$\left. \frac{\partial T}{\partial V} \right|_S = - \left. \frac{\partial p}{\partial S} \right|_V. \quad (1)$$

Finde dazu zuerst den Ausdruck für die innere Energie U des idealen Gases als Funktion der Entropie S und des Volumens V . Bestimme des weiteren die in Glg. (??) gesuchten Grössen als Funktion der Zustandsvariablen p , V und T .

2. Aus der Vorlesung sind die Relationen

$$\begin{aligned} dU &= \delta Q - \delta W, \\ \delta Q &= c_V dT, \\ \delta W &= p dV, \end{aligned}$$

bekannt. Daraus folgt in scheinbar trivialer Weise

$$\left. \frac{\partial U}{\partial V} \right|_T = -p,$$

was falsch ist, wie man am Beispiel des idealen Gases sofort sieht, da dort $U = U(T)$ unabhängig von V ist. Wo steckt der Fehler?

Finde darüber hinaus den richtigen Ausdruck für $\partial U / \partial V|_T$ im allgemeinen Fall, ausgedrückt als Funktion der Zustandsvariablen p , V und T , und zeige, dass dieser beim idealen Gas verschwindet.

Aufgabe 2.2 Zustandsgleichung magnetischer Substanzen

Ein isotropes magnetisches Material befinde sich in einer langen Spule. Darin ist das Feld \vec{H} homogen und identisch mit dem Magnetfeld \vec{B}_0 in Abwesenheit des Materials. Die reversible Arbeit, bezogen auf ein Einheitsvolumen, ist dann gleich

$$\delta W = -H dM, \quad (2)$$

wobei M die Magnetisierung ist. Wegen der Isotropie entfällt der Vektorcharakter.

1. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der thermischen und der kalorischen Zustandsgleichungen, $M = M(T, H)$ und $U = U(T, H)$?
2. Eine paramagnetische Substanz erfüllt das Curie-Gesetz,

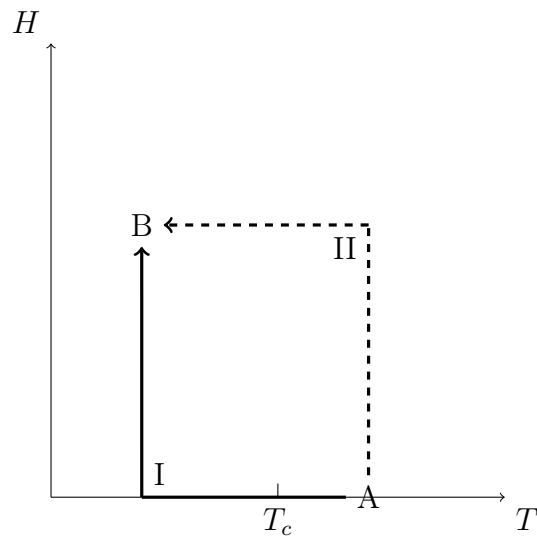
$$M = k \cdot \frac{H}{T}, \quad (3)$$

mit einer Konstanten k . Zeige, dass U nur von T abhängt.

3. Bestimme die Adiabatangleichung für dieses System, falls $U = C_M T$ mit der konstanten Wärmekapazität C_M .

Aufgabe 2.3 Idealer Leiter und Supraleiter

Für einen idealen Leiter gilt, dass der Widerstand ρ für $T < T_c$ verschwindet. Betrachte die zwei Prozesse I und II von A \rightarrow B (siehe Graphik) für einen idealen Leiter:



I: Eine Probe wird unter T_c gekühlt und ein Magnetfeld danach eingeschaltet.

II: Ein Magnetfeld wird zuerst eingeschaltet und die Probe danach unter T_c gekühlt.

1. Zeichne für beide Prozesse die Magnetfeldlinien innerhalb der Probe nach Durchlaufen eines Prozesses.

Hinweis: Leite ausgehend vom Ohmschen Gesetz $\vec{E} = \rho \vec{j}$ mit Hilfe des Faraday'schen Gesetzes $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\dot{\vec{B}}$ das Verhalten des Magnetfeldes in der Probe her.

2. Begründe, warum die Magnetisierung $\vec{M} = \frac{1}{4\pi} \vec{B} - \vec{H}$ keine Zustandsgrösse ist.
3. Ein Supraleiter ist für $T < T_c$ nicht nur ein idealer Leiter, sondern zudem ist der supraleitende Zustand ein echter thermodynamischer Zustand. Wie muss sich daher der Supraleiter vom idealen Leiter unterscheiden?