

Übungen zur Statistischen Physik - Winter 2009/10
Blatt 14 - Abgabe: 01.02.2010

1. Inversionskurve des van-der-Waals-Gases

8 Punkte

Berechnen Sie den Joule-Thompson Koeffizient $(\partial T/\partial p)_H$ für ein verdünntes van der Waals Gas unter den Annahmen $B/v \ll 1$ und $A/(vT) \ll 1$. Leiten Sie dazu aus der van-der-Waals Gleichung eine Rekursionsgleichung für v her und lösen Sie diese näherungsweise. Ermitteln Sie außerdem die Druckabhängigkeit der Temperatur T_i , bei der der Joule-Thompson Koeffizient verschwindet (Inversionskurve $T_i(p)$) und lesen Sie daraus die Inversionstemperatur ab.

2. Adiabatische Entmagnetisierung

2 + 5 Punkte

Eine paramagnetische Substanz habe die Zustandsgleichung

$$M(T, H) = \frac{CVH}{T}.$$

Dies ist das Curiegesetz. Dabei ist M die Gesamtmagnetisierung, H das homogene äußere Feld, C die Curie-Konstante und V das Volumen. Die Wärmekapazität bei konstantem H beträgt $C_H = (\partial E/\partial T)_H = aT^3$, wobei $a > 0$ konstant sei. Die freie Energie $F(T, H)$ ist gegeben durch

$$dF = -SdT - MdH.$$

- a) Berechnen Sie die Änderung der Entropie, wenn bei konstanter Temperatur T_1 das Magnetfeld auf H_1 erhöht wird.
- b) Wie ändert sich die Temperatur, wenn nun das Magnetfeld adiabatisch von H_1 auf Null zurückgeführt wird?

3. Paramagnetischer Carnotprozeß

7 + 3 + 5 Punkte

Eine paramagnetische Substanz habe wie zuvor die Zustandsgleichung $M(T, H) = CVH/T$ (Curie-Gesetz). Nun sei jedoch die Wärmekapazität $C_M = T(\partial S/\partial T)_M \neq 0$ konstant. Es soll eine Carnot-Maschine zwischen zwei Reservoiren mit den Temperaturen $T_1 > T_2$ realisiert werden.

- a) Man berechne die Entropie $S(T, H)$ als Funktion von T und M (bis auf eine Konstante S_0).
Hinweis: $(\partial S/\partial M)_T = -(\partial H/\partial T)_M$. Beweis?
- b) Man gebe die Isothermen $H(M)|_T$ und die Isentropen $H(M)|_S$ an und skizziere den entsprechenden Carnot-Prozeß im (H, M) -Diagramm.
- c) Wie groß ist die Arbeitsleistung für die vier Teilprozesse in diesem Zyklus? Wie groß ist der Wirkungsgrad?