



Statistische Physik, WS 2014/15

Vorlesung: Prof. Dr. L. Schimansky-Geier

Übungen: B. Sonnenschein, Dr. A. Straube

URL: <http://people.physik.hu-berlin.de/~straube> (→ Teaching → WS 2014/15: StatPhys)

Übungsblatt 9: Systeme in äußeren Feldern

Ausgabe: 05.12.2014

Abgabe: bis zum Fr 12.12. (Schubfach vor Raum NEW 15, 3'411)

1. Aufgabe (6 Punkte) Idealer Paramagnet

Betrachten Sie ein einfaches Modell für den Paramagneten in einem äußeren magnetischen Feld, das aus N nicht-wechselwirkenden magnetischen Momenten besteht. Die magnetischen Momente können sich nur parallel oder antiparall zum Feld orientieren. Die Hamilton-Funktion ist durch $\mathcal{H} = -\sum_{i=1}^N \mu_i H$ gegeben, wobei $\mu_i = \pm\mu$ und H das Magnetfeld ist. Berechnen Sie innere Energie, Entropie, Magnetisierung und magnetische Suszeptibilität

- (a) im mikrokanonischen Ensemble;
- (b) im kanonischen Ensemble.

Hinweis: Das Problem ist zur hängenden Kette analog.

2. Aufgabe (5 Punkte) Dipolsystem in einem elektrischen Feld

Ein Ensemble von nicht wechselwirkenden, lokalisierten elektrischen Dipolen befindet sich im Wärmebad mit Temperatur T und in einem äußeren elektrischen Feld in z -Richtung, $\mathbf{E} = E \mathbf{e}_z$. Die potentielle Energie eines Dipols hängt von der Orientierung ab: $-pE \cos \theta$. Berechnen Sie die klassische Zustandssumme und zeigen Sie, dass die Polarisation in z -Richtung die Form $P = Np \mathcal{L}(pE/k_B T)$ hat, wobei $\mathcal{L}(x) = \coth(x) - x^{-1}$ die Langevin-Funktion ist. Wie groß ist die Polarisation bei hohen und niedrigen Temperaturen?

Hinweis: Das Problem ist zum entsprechenden magnetischen System, welches in der Vorlesung betrachtet wird, vollständig analog.

3. Aufgabe (6 Punkte) Kanonisches Ensemble, Dreiniveausystem

Ein System besteht aus N unterscheidbaren (lokalisierten) paramagnetischen Ionen mit Spin $S = 1$. Das Ion besitzt einen Grundzustand mit $S_z = 0$ und Energie 0 und ein zweifach entarteten Zustand mit $S_z = \pm 1$ und Energie Δ .

- (a) Beschreiben Sie, wie das Energiespektrum in einem magnetischen Feld $H \ll \Delta/\mu$ geändert wird, wobei $\pm\mu$ die magnetischen Momente des obigen Niveaus sind.
- (b) Leiten Sie aus dem kanonischen Ensemble für $\mu H/k_B T \ll 1$ die Suszeptibilität

$$\chi \approx N \frac{\mu^2}{k_B T} \frac{2 e^{-\Delta/k_B T}}{1 + 2 e^{-\Delta/k_B T}}$$

ab.

- (c) Berechnen Sie die Varianz der Magnetisierung M für $\mu H \ll k_B T$ (Berücksichtigen Sie, dass $\text{Var}(M) = N \text{Var}(m)$, wobei m die Magnetisierung eines Teilchens ist).