

Statistische Physik und Thermodynamik, SS 2025

Prof. Dr. Michael Bonitz

Übungszettel 9, Abgabe: Montag, 16. Juni 10:15

1. Wiederholung: *Thermodynamische Stabilitätsbedingungen*¹

- (a) Diskutieren Sie die thermodynamischen Stabilitätsbedingungen für räumlich homogene Systeme.
- (b) Erläutern Sie die Stabilitätsbedingungen in räumlich inhomogenen Systemen.
- (c) Erläutern Sie die Stabilitätsbedingung in chemisch reagierenden Systemen. Diskutieren Sie das Massenwirkungsgesetz.
- (d) Diskutieren Sie das Gleichgewicht in Mehrphasensystemen. Erarbeiten Sie sich die Gibbssche Phasenregel ab und diskutieren Sie diese an Beispielen.
- (e) Erarbeiten Sie sich die Eigenschaften der Koexistenzkurve $p_c(T)$ bei einem Phasenübergang 2. Ordnung.

2. Aufgaben: *Thermodynamik von Systemen in externen Feldern* [34 (+6) Punkte]

- (a) Unter der Annahme, dass sich die Umgebungsluft wie ein ideales Gas verhält berechne man die Höhenabhängigkeit ihrer Dichte. Diskutieren Sie auch die Höhenabhängigkeit der Temperatur der Luft. Hinweis: man verwende die Gleichgewichtsbedingung für das chemische Potential in einem externen Potential.
(9 Punkte)
- (b) Eine Mischung aus N_1 Ionen der Ladung Z_1 und N_2 Ionen der Ladung Z_2 befinde sich in einem elektrostatischen Potential mit $\phi(\mathbf{r}) = \phi_0 \frac{r^2}{R_0^2}$, R_0 ist eine Konstante. Berechnen Sie die Dichteverteilung der Ionen. Die Ionen sind als ideales Gas zu betrachten. Diskutieren Sie, wann das gerechtfertigt ist. Berechnen Sie die Kraft auf eine Probeladung Z_p , die am Ort \mathbf{r} platziert wird.
(12 Punkte)
- (c) *Zusatzaufgabe:* in der vorigen Aufgabe wurde die Wechselwirkung zwischen den Ionen vernachlässigt. Verbessern Sie die Rechnung, indem Sie die Wechselwirkung berücksichtigen. Formulieren Sie eine Bestimmungsgleichung für das Dichteprofil. Betrachten Sie dafür ein Einkomponentensystem ($N_2 \rightarrow 0$).
(6 Punkte)
- (d) Gegeben ist ein System aus N Elektronen, die sich in einem homogenen Magnetfeld B befinden. Die Wechselwirkung der Elektronen ist zu vernachlässigen.

¹Theoriefragen sind mündlich zu beantworten, die wichtigsten Schritte überzeugend zu erläutern.

- i. Berechnen Sie die kanonische Zustandssumme und geben Sie den Entartungsfaktor der Zustände an.
- ii. Berechnen Sie die Freie Energie und die mittlere Magnetisierung M . Hinweis: man verwende $M = -dF/dB$.
- iii. Diskutieren Sie die Grenzfälle starken und schwachen Magnetfeldes sowie den Zusammenhang mit para- und diamagnetischem Verhalten.

Hinweis: die Lösung der Schrödingergleichung für ein geladenes Teilchen im homogenen Magnetfeld in z -Richtung führt auf eine quantisierte Bewegung senkrecht und freie Bewegung parallel zum B-Feld mit dem Energiespektrum (Landau-Niveaus) $E(n, p_z, \sigma) = 2\mu_B B(n + \frac{1}{2} + \frac{\sigma}{2}) + \frac{p_z^2}{2m}$, wobei μ_B das Bohrsche Magneton ist und $\sigma = \pm 1$ aus den beiden möglichen Spinprojektionen s_z resultiert, vgl. Quantenmechanik. (14 Punkte)