

Prof. Dr. Andreas Knorr
 Dr. Vitaly Belik, Dr. Alexander Carmele
 Mathias Hayn, Alexander Kraft

3. Übungsblatt – Thermodynamik und Statistik

Abgabe: Mi. 13.05.2015 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in Zweiergruppen erfolgen.

Aufgabe 6 (8 Punkte): Dichtematrixgleichungen

- (a) Wiederholen Sie, ausgehend von der von Neumann-Gleichung die Ableitung der Bewegungsgleichungen für die Besetzungswahrscheinlichkeiten ρ_{nn} und die Übergangswahrscheinlichkeitsamplituden ρ_{nm} aus der Vorlesung. Machen Sie sich die Interpretation klar.
- (b) Betrachten Sie nun die Dichtematrixgleichungen eines Zwei-Niveau-Systems ($n, m \in \{1, 2\}$). Zeigen und interpretieren Sie folgende Eigenschaften der Dichtematrix: $\dot{\rho}_{11} = -\dot{\rho}_{22}$ und $\dot{\rho}_{12} = \dot{\rho}_{21}^*$.

Aufgabe 7 (12 Punkte): Zwei-Niveau-System im großkanonischen Ensemble

Betrachten Sie ein fermionisches Zwei-Niveau-System (Energien ϵ_1, ϵ_2 , Teilchenzahlen N_1, N_2) mit Hamilton-Operator $\hat{H} = \epsilon_1 \hat{N}_1 + \epsilon_2 \hat{N}_2$, das sich im Gleichgewicht mit seiner Umgebung befindet. Bearbeiten Sie mit Hilfe der Vorlesung die folgenden Fragen:

- (a) Wie lauten die möglichen Vielteilchen-Zustände des Systems in Dirac-Schreibweise? Wie lauten die Einträge der Dichtematrix des Zwei-Niveau-Systems im großkanonischen Ensemble?
- (b) Berechnen Sie die großkanonische Zustandssumme Z_{gk}

$$Z_{gk} = Sp \left(e^{-\beta \hat{H} - \mu \hat{N}} \right)$$

des Zwei-Niveau-Systems.

- (c) Zeigen Sie, dass die mittlere Teilchenzahl $\bar{N} = \langle \hat{N} \rangle$ und das chemische Potential μ nicht unabhängig voneinander sind. Berechnen sie dazu die mittlere Teilchenzahl $\bar{N} = \langle \hat{N} \rangle$.
- (d) Der Einfachheit halber betrachten wir nun ein um $E = 0$ symmetrisches System mit Energieleveln $\epsilon_1 = -\frac{\epsilon}{2}$ und $\epsilon_2 = +\frac{\epsilon}{2}$. Zeigen Sie, dass $\mu = 0$ für $\bar{N} = 1$. Plotten Sie $\mu(T)$ für verschiedene \bar{N} . (Hinweis: Lösen sie den Zusammenhang erst nach $x := \exp(-\beta\mu)$ auf)
- (e) Zeigen Sie die in der Vorlesung verwendete Dichtematrix-Gleichung

$$i \hbar \partial_t \rho_{21} = (\epsilon_2 - \epsilon_1) \rho_{21} + V_{21} (\rho_{11} - \rho_{22})$$

für eine gestörtes System $\hat{H} = \hat{H}_0 + V$ mit Störung V (Dipolkopplung an das elektrische Feld: $V(t) = q \vec{r} \cdot \vec{E}(t)$). V erfüllt dabei $V_{11} = V_{22} = 0$. Warum?

3. Übung TPIV SS2015

Vorlesung:	<ul style="list-style-type: none">• Mittwoch 12:15 Uhr – 14:00 Uhr im EW 203• Freitag 8:15 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203
Tutorien:	<ul style="list-style-type: none">• Di 10:15-11:45 EW 229• Mi 10:15-11:45 MA 642• Do 12:15-13:45 EW 731• Fr 12:15-13:45 EW 731
Scheinkriterien:	<ul style="list-style-type: none">• Mindestens 50% der Übungspunkte.• Bestandene Klausur.• Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Tutorien.
Klausur:	<ul style="list-style-type: none">• Mittwoch den 08.07.2015 von 12:00 – 14:00 Uhr im EW 203
Zettel:	<ul style="list-style-type: none">• Ausgabe: Mittwochs in der VL.• Abgabe: 14 Tage später am Mittwoch bis 12 Uhr im Briefkasten (Ernst-Ruska/Altbau).• Abgabe der Übungszettel in 2-er Gruppen!
Sprechzeiten:	<ul style="list-style-type: none">• Prof. Dr. Andreas Knorr: Di, 13–14 Uhr im EW 742• Dr. Vitaly Belik : Mi, 15–16 Uhr im ER 240• Dr. Alexander Carmele : Do, 14–15 Uhr im EW 704• Mathias Hayn : Fr, 11–12 Uhr im EW 711• Alexander Kraft : Di, 13–14 Uhr im EW 269
Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Torsten Fließbach: Statistische Physik• Frederick Reif: Statistische Mechanik und Theorie der Wärme• Eugen Fick/Günter Saueremann: Quantenstatistik Dynamischer Prozesse• Wolfgang Nolting: Grundkurs Theoretische Physik, Band 4 und 6• Hermann Schulz: Statistische Physik• Wolfgang Muschik: Repetitorium Theoretische Physik