

**Übungen zur Theoretischen Physik F SS 08**PROF. DR. P. WÖLFLE  
DR. M. GREITER**Blatt 12**  
**Besprechung 08.07.08**

Dieses Übungsblatt dient der Wiederholung und wird nicht für die Übungspunkte gewertet. Jede Aufgabe sollte mit wenigen Sätzen oder Formeln beantwortet werden.

1. Geben Sie Beispiele für thermodynamische Größen an, die ein totales Differential besitzen.
2. Wie lauten innere Energie und Zustandsgleichung des idealen Gases?
3. Wie wird die Entropie in der phänomenologischen Thermodynamik definiert? Wie wird die Entropie in der statistischen Physik definiert und interpretiert?
4. Worin liegt der Unterschied zwischen mikrokanonischem, kanonischem, großkanonischem Ensemble?
5. Was zeichnet die Entropie im thermischen Gleichgewicht aus? Was zeichnet die thermodynamischen Potentiale im Gleichgewicht aus?
6. Was bedeutet: Eine thermodynamische Größe ist extensiv bzw. intensiv? Geben Sie Beispiele an.
7. Was versteht man unter dem "thermodynamischen Limes"?
8. Gegeben sei ein Gas (als Beispiel), dessen Energie  $E_\alpha$  und Teilchenzahl  $N_\alpha$  in einem Mikrozustand  $\alpha$  bekannt sind. Wie ist die Zustandssumme definiert? Wie würden Sie daraus die innere Energie und die spezifische Wärme berechnen?
  - (a) In der kanonischen Gesamtheit;
  - (b) in der großkanonischen Gesamtheit.
9. Ein System bestehe aus  $N$  auf einem Gitter angeordneten, nicht wechselwirkenden Atomen. Jedes Atom hat das Energiespektrum  $\varepsilon_n$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$ . Wie würden Sie dafür die kanonische Zustandssumme und die freie Energie berechnen?
10. Wie ist die Temperaturabhängigkeit der magnetische Suszeptibilität

$$\chi(T) = \lim_{B \rightarrow 0} \left( \frac{\partial M}{\partial B} \right)_T$$

- (a) für nicht wechselwirkende Spins der Länge  $S$ , die auf einem Gitter angeordnet sind;
- (b) für einen Ferromagneten mit Übergangstemperatur  $T_c$  für  $T$  oberhalb  $T_c$ ;

- (c) für ein Gas nicht wechselwirkender Elektronen für  $T \rightarrow 0$ ?
11. Ein freies (Quasi-) Teilchen mit der Dispersion  $\varepsilon(\mathbf{k}) = \varepsilon(|\mathbf{k}|)$  befinde sich in einem "Volumen"  $V = L^d$  in  $d = 1, 2, 3$  Raumdimensionen. An seine Wellenfunktion werden periodische Randbedingungen gestellt.  
Wie ist die Zustandsdichte definiert, und wie würden Sie diese berechnen?
12. Ein Gas aus  $N$  freien Partikeln der Masse  $m$  befindet sich in einem Volumen  $V = L^3$  und hat Kontakt zu einem Wärmebad der Temperatur  $T$ . Die Teilchen sollen quantenmechanisch behandelt werden, mit periodischen Randbedingungen.  
Wie würden Sie die kanonische innere Energie  $U(T, V, N)$  berechnen, für
- unterscheidbare Teilchen (Boltzmann);
  - Bosonen;
  - Fermionen?
13. Was passiert mit einem Gas aus  $N$  freien Fermionen bzw. Bosonen, das sich in einem Volumen  $V = L^3$  befindet, wenn die Temperatur von hohen  $T$  kommend gegen null abgesenkt wird? Wie verläuft qualitativ das chemische Potential  $\mu(T)$ ?
14. Für ein System sei der Hamilton-Operator  $\hat{H}$  und der Operator  $\hat{N}$  der Teilchenzahl gegeben. Wie ist der statistische Operator  $\hat{W}$  definiert, für die
- kanonische Gesamtheit,
  - großkanonische Gesamtheit,
  - mikrokanonische Gesamtheit?
15. Was ist die Bedeutung der Boltzmannschen Verteilungsfunktion  $f(\mathbf{p}, \mathbf{r})$ ?
16. Was ist der Nutzen einer Molekularfeldnäherung für, z.B.,  $N$  Spins der Länge  $1/2$ , die auf einem Gitter angeordnet sind und über eine Austauschkopplung  $J$  wechselwirken (Heisenberg-Modell)? Wie kann man eine solche Näherung in der Praxis durchführen?
17. Ausgehend von den wechselwirkenden Spins von oben: Was ist ein geeigneter Ordnungsparameter? Woran erkennt man einen Phasenübergang? Woran erkennt man die Ordnung des Übergangs?
18. Woher kommt das Landau-Funktional für die freie Energie? Geben Sie ein Beispiel an. Warum heißt es 'Funktional'?
19. Wie lautet die Zustandsgleichung des van der Waals-Gases? Wie können die einzelnen Parameter der Gleichung interpretiert werden?