

Theoretische Physik in zwei Semestern II

Testfragen zur Thermodynamik und statistischen Physik

Kapitel 2: Grundzüge der Thermodynamik

- 2.1 Geben Sie je drei Beispiele für intensive und extensive Zustandsgrößen an.
- 2.2 Wie lautet der 1. Hauptsatz der Thermodynamik in differentieller Form? Warum sind Arbeit und Wärme keine Zustandsgrößen ?
- 2.3 Beschreiben Sie den Carnot'schen Kreisprozess, und geben Sie seinen Wirkungsgrad an. Warum kann es keinen Kreisprozess mit einem höheren Wirkungsgrad geben?
- 2.4 Gegeben seien zwei thermodynamische Zustände A , B . Wie berechnet man die Entropiedifferenz $S(A) - S(B)$? Unter welcher Bedingung lassen sich A und B durch einen reversiblen bzw. irreversiblen Prozess verbinden, wenn das System dabei abgeschlossen bleiben soll?
- 2.5 Geben Sie zwei verbale Formulierungen des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik an, sowie die mathematische Formulierung in differentieller Form.
- 2.6 Erläutern Sie, wie aus der Maximierung der Entropie die Gleichgewichtsbedingungen bei thermischem bzw. mechanischem Kontakt zwischen zwei Systemen folgen.
- 2.7 Welche mathematischen Eigenschaften charakterisieren die Entropie $S = S(E, V, N)$ als Funktion der extensiven Zustandsvariablen E , V und N ? Welche physikalische Bedeutung haben die ersten und zweiten Ableitungen der Entropie?
- 2.8 Wie lautet das Prinzip von le Chatelier, und welche Konsequenzen hat es?
- 2.9 Geben Sie zwei Folgerungen aus dem 3. Hauptsatz der Thermodynamik an.

Kapitel 3: Die Boltzmann'sche Entropie

- 3.1 Wie lautet die Boltzmann'sche Definition der Entropie eines abgeschlossenen Systems?
- 3.2 Geben Sie die Abhängigkeit der Entropie des klassischen idealen Gases vom Volumen V und der Energie E an, und leiten Sie daraus die thermische und die kalorische Zustandsgleichung des Gases her.
- 3.3 Warum und in welcher Form berücksichtigt man bei der Berechnung der Entropie des klassischen idealen Gases die Ununterscheidbarkeit der Teilchen?
- 3.4 Ein System mit konstanter Wärmekapazität C_V wird reversibel von einer Temperatur T_1 auf eine Temperatur $T_2 > T_1$ erwärmt. Um wieviel erhöht sich dabei die Entropie, und um wieviel vergrößert sich die Zahl der dem System verfügbaren Mikrozustände?
- 3.5 Wie erklärt sich aus dem Boltzmann'schen Entropiebegriff das Phänomen der Irreversibilität?
- 3.6 Was bedeutet der 3. Hauptsatz der Thermodynamik im Rahmen des Boltzmann'schen Entropiebegriffs?

Kapitel 4: Die Verteilungen der statistischen Physik

- 4.1 Mit welcher Wahrscheinlichkeit ist ein System in einem bestimmten Mikrozustand n anzutreffen, wenn es (a) abgeschlossen ist, (b) bei *fester* Teilchenzahl Energie mit einem Wärmereservoir austauscht, oder (c) Energie *und* Teilchen mit dem Reservoir austauscht? Skizzieren Sie die Herleitung der Wahrscheinlichkeitsverteilung in den Fällen (b) und (c).
- 4.2 Leiten Sie aus der kanonischen Zustandssumme einen Ausdruck für die Energieschwankungen in einem System her, das sich in Kontakt mit einem Wärmereservoir befindet.
- 4.3 Geben Sie einen allgemeinen Ausdruck für die Entropie einer Wahrscheinlichkeitsverteilung an. Welche Verteilung maximiert die Entropie unter allen normierten Verteilungen, und welche Verteilung maximiert sie bei vorgegebenem Mittelwert?
- 4.4 Wie ist die *freie Energie* und die *freie Enthalpie* definiert, und welche physikalischen Situationen werden durch diese thermodynamischen Potentiale beschrieben?
- 4.5 Wie lautet der klassische Gleichverteilungssatz? Was sagt er über die Wärmekapazität von Festkörpern aus?
- 4.6 Wie gross sind die Schwankungen der Teilchenzahl in einem klassischen idealen Gas, das sich in Kontakt mit einem Teilchenreservoir befindet?

Kapitel 5: Ideale Quantengase

- 5.1 Welche physikalische Bedeutung hat die thermische de Broglie-Wellenlänge?
- 5.2 Leiten Sie die Fermi-Dirac- und Bose-Einstein-Verteilungen für ununterscheidbare, nicht-wechselwirkende Quantenteilchen her, und skizzieren Sie den Verlauf der Verteilungen als Funktion der Einteilchen-Energie.
- 5.3 Skizzieren Sie den Verlauf des chemischen Potentials als Funktion der Temperatur für (a) das ideale Fermi-Gas, (b) das ideale Bose-Gas und (c) das klassische ideale Gas.
- 5.4 Beschreiben Sie das Phänomen der Bose-Einstein-Kondensation.
- 5.5 Beschreiben Sie den Verlauf der Wärmekapazität bei tiefen Temperaturen für (a) das ideale Fermi-Gas, (b) das ideale Bose-Gas, und (c) das Photonengas. Geben Sie eine anschauliche Erklärung für (a).
- 5.6 Geben Sie zwei physikalische Realisierungen des entarteten Fermi-Gases an.
- 5.7 Welche Verwandtschaft besteht zwischen dem Photonengas und dem idealen Bose-Gas, und worin unterscheiden sich die beiden Systeme?

Kapitel 6: Phasenübergänge

- 6.1 Geben Sie die van der Waals'schen Zustandsgleichung für ein reales klassisches Gas an, und skizzieren Sie die Isothermen in der $P - V$ -Ebene. Was bedeuten die Bereiche negativer Kompressibilität ($\partial P/\partial V > 0$), die bei Temperaturen $T < T_c$ entstehen?