

## Übungsblatt 11

Ausgabe: 20.01.2026

Abgabe: 27.01.2026, vor 10:00 Uhr (Ilias)

Besprechung: 29.01.2026 (Tutorien)

### Aufgabe 1

4 Punkte

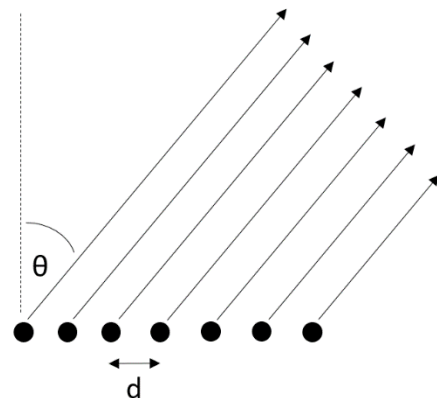
Ein langer Einfachspalt mit einer Breite von  $d = 0,05$  mm wird senkrecht mit einem Argon-Ionenlaser ( $\lambda = 514$  nm) beleuchtet. In großer Entfernung ( $D = 1$  m) hinter dem Spalt befindet sich ein Schirm auf dem das Beugungsbild beobachtet wird.

- Skizzieren Sie die Intensität des Beugungsbildes auf dem Schirm. Erklären Sie kurz, wie die Intensitätsverteilung zustande kommt. Was sind die Bedingungen für Minima und Maxima? **2 Punkte**
- In welchem Abstand  $x$  vom zentralen Maximum befindet sich das erste Beugungsminimum? **1 Punkt**
- Welche Wellenlänge hat an diesem Ort  $x$  ihr erstes Nebenmaximum? **1 Punkt**

### Aufgabe 2

5 Punkte

Eine Anzahl von  $N$  Punktlichtquellen beleuchtet einen Schirm mit monochromatischem, kohärentem Licht. Der Abstand  $L$  der Quellen vom Schirm ist sehr viel größer als ihr Abstand  $d$  untereinander ( $L \gg d$ ). Jede Quelle ist Ausgangspunkt einer Kugelwelle. Alle Kugelwellen haben die gleiche Amplitude, die Amplitude jeder Welle ist in alle Richtungen gleich groß.



- Berechnen Sie den Gangunterschied  $\Delta s$  zwischen zwei benachbarten Wellen. Zeichnen Sie dazu eine Skizze. **0,5 Punkte**
- Welche Gesamtamplitude  $E(\theta)$  ergibt sich durch Überlagerung der emittierten Wellen unter dem Winkel  $\theta$ ? Summieren Sie zur Berechnung die Amplituden aller  $N$  Wellen unter Berücksichtigung ihres Gangunterschieds auf. **2 Punkte**

Hinweis:  $\sum_{j=0}^N q^j = \frac{1-q^{N+1}}{1-q}$ .

- Berechnen Sie die Intensität  $I(\theta) \sim E(\theta) \cdot E^*(\theta)$ . Hinweis:  $1 - \cos(2x) = 2 \sin^2(x)$ . **1 Punkt**
- Skizzieren Sie die Intensität  $I(\theta)$ . **0,5 Punkte**
- Mögliche Punktlichtquellen in der oben beschriebenen Anordnung sind von der Rückseite mit kohärentem Licht beleuchtete Spalte mit vernachlässigbarer Breite. Skizzieren Sie die Intensität, wenn die Spaltbreite  $b$  nicht mehr vernachlässigbar ist und erklären Sie kurz, wie die dann beobachtbare Intensitätsverteilung zustande kommt. **1 Punkt**

### Aufgabe 3

4 Punkte

Die innere Energie  $U(T, V)$  eines realen Gases ist im Gegensatz zu der eines idealen Gases nicht nur von der Temperatur  $T$  abhängig, sondern auch vom Volumen  $V$ .

- Benutzen Sie  $U(T, V)$  aus der Vorlesung und die Van-der-Waalssche Zustandsgleichung, um die Entropie  $S(T, V)$  eines realen Gases aus  $dU = TdS - pdV$  abzuleiten. **1,5 Punkte**
- Ein reales Gas wird irreversibel expandiert, indem unter thermischer Isolation sein ursprüngliches Volumen  $V_1$  durch Entfernen einer Scheidewand auf das Volumen  $V_2 = V_1 + \Delta V$  vergrößert wird. Dabei bleibt seine innere Energie erhalten. Zeigen Sie, dass die Expansion zu einer Temperatursenkung  $\Delta T < 0$  führt. **2 Punkte**
- Berechnen Sie  $\Delta T$  für die Expansion in b) für ein Mol  $N_2$  ( $a = 0.14 \text{ Pa m}^6/\text{mol}^2$ ) und  $\Delta V/V_1 = 1$  und  $V_1 = 24 \text{ dm}^3$  bei einer Anfangstemperatur  $T_1 = 293 \text{ K}$ . **0,5 Punkte**

### Aufgabe 4

5 Punkte

- Benennen Sie die beiden Parameter  $a$  und  $b$  in der Van-der-Waalssche Zustandsgleichung und erklären Sie ihre physikalische Bedeutung. **0,5 Punkte**
- Skizzieren Sie das  $p$ - $T$ -Phasendiagramm eines realen Gases. **0,5 Punkte**
- Der kritische Punkt des Gases ist definiert durch  $\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_{T=T_C} = 0$  (i) und  $\left(\frac{\partial^2 p}{\partial V^2}\right)_{T=T_C} = 0$  (ii). Zeigen Sie anhand eines  $p$ - $V$ -Diagramms mit Kurven für verschiedene Temperaturen, warum diese Bedingungen den kritischen Punkt festlegen. **1 Punkt**
- Lösen Sie die Van-der-Waals-Gleichung nach  $p$  auf und leiten Sie unter Verwendung von (i) und (ii) das Volumen, die Temperatur und den Druck am kritischen Punkt her. **1,5 Punkte**
- Welche physikalische Bedeutung hat der kritische Punkt? **0,5 Punkte**
- Wie verhält sich  $T_C$  mit zunehmendem  $a$ , wie mit zunehmendem  $b$ ? Erklären Sie dies anschaulich aus der physikalischen Bedeutung von  $a$  und  $b$ . **1 Punkt**