

Übungsblatt 9

Ausgabe: 23.12.2025

Abgabe: 13.01.2026, vor 10:00 Uhr (Ilias)

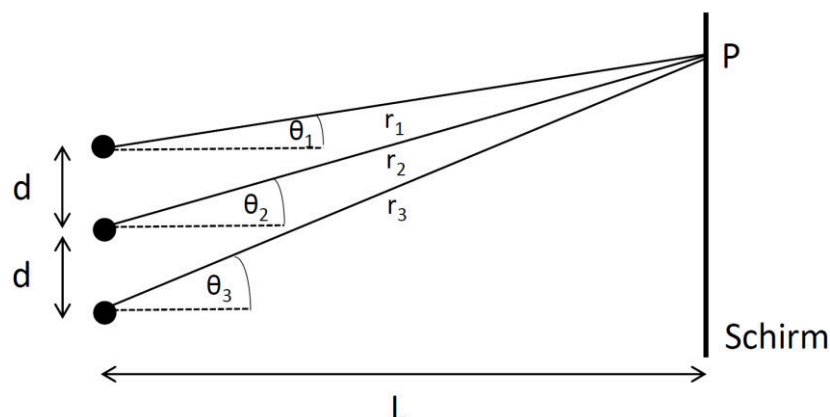
Besprechung: 15.01.2026 (Tutorien)

Aufgabe 1

4 Punkte

Drei Punktlichtquellen beleuchten einen Schirm mit gleich intensivem, monochromatischem, kohärentem Licht. Der Abstand L der drei Quellen vom Schirm ist sehr viel größer als der Abstand d der drei Quellen voneinander ($L \gg d$). Jede Quelle ist Ausgangspunkt einer Kugelwelle. Alle Kugelwellen haben die gleiche Amplitude, die Amplitude jeder Welle ist in alle Richtungen gleich groß.

- Berechnen Sie die Gangunterschiede zwischen den Wellen 1 und 2 sowie zwischen den Wellen 1 und 3 am Punkt P . Verwenden Sie die Näherung, dass r_1, r_2 und r_3 parallel sind wegen $L \gg d$. **1,5 Punkte**
- Berechnen Sie die elektrische Feldstärke E am Punkt P . Summieren Sie dazu die Feldstärken der drei Kugelwellen unter Berücksichtigung ihres Gangunterschieds auf. Verwenden Sie an geeigneter Stelle die Näherung, dass r_1, r_2 und r_3 betragsgleich sind wegen $L \gg d$. **1,5 Punkte**
- Zeigen Sie mit dem Ansatz $I \sim E \cdot E^*$ (* komplex konjugiert), dass für die Intensität gilt:
$$I \sim \frac{1}{r_1^2} \left(2 \cdot \left(\cos(k \cdot d \cdot \sin(\theta_1)) + \frac{1}{2} \right) \right)^2$$
. **1 Punkt**



Aufgabe 2

3 Punkte

In einem Interferometer wird Licht aus einer Quelle in zwei Teilwellen aufgespalten. Diese werden nach Durchlaufen unterschiedlicher Wegstrecken wieder überlagert. Welche optische Weglängendifferenz ist maximal zulässig, so dass gerade noch Interferenzeffekte beobachtet werden können?

- a) Für Laserlicht mit $\Delta v/v \approx 10^{-13}$, $\lambda \approx 550 \text{ nm}$ (Δv : Differenz der maximalen und der minimalen im Lichtfeld vertretenen Frequenz). **1 Punkt**
- b) Für von angeregten Atomen emittiertes Licht mit $\Delta v/v \approx 10^{-7}$, $\lambda \approx 550 \text{ nm}$. **½ Punkt**
- c) Für weißes Licht (näherungsweise). Schätzen Sie dazu zunächst λ und $\Delta\lambda$ und berechnen Sie daraus $\Delta v/v$. **1,5 Punkte**

Aufgabe 3

5 Punkte

Der thermodynamische Vergleichsprozess für einen idealen Ottomotor besteht aus vier reversiblen Prozessschritten: 1) Verdichten der angesaugten Luft (adiabatische Kompression); 2) Isochore Wärmezufuhr beim Volumen $V = V_a$ durch Einspritzen und Zünden des Kraftstoffs; 3) Arbeitsleistung durch adiabatische Expansion; 4) Isochore Wärmeabgabe bei $V = V_b$ durch Ausblasen des Abgases und Ansaugen von Frischluft.

- a) Stellen Sie den Kreisprozess im P - V - und im T - S -Diagramm dar. **2 Punkte**
- b) Bestimmen Sie für jeden Prozessschritt 1 \rightarrow 2, 2 \rightarrow 3, 3 \rightarrow 4, 4 \rightarrow 1 die dem Gas zugeführte Wärme Q und die am Gas geleistete Arbeit W in Abhängigkeit von den Temperaturwerten T_1, T_2, T_3, T_4 . Das Arbeitsgas soll dazu als ideales Gas mit dem Adiabatenexponenten κ betrachtet werden. **2 Punkte**
- c) Zeigen Sie, dass für den maximalen Wirkungsgrad gilt:

$$\eta = \frac{|W_{\text{nutz}}|}{Q_{\text{zu}}} = 1 - \left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{\kappa-1}$$

mit der Nutzarbeit W_{nutz} und der zugeführten Wärme Q_{zu} . **1 Punkt**

Aufgabe 4

4 Punkte

Zwei gleichartige Behälter A und B sind über einen dünnen Schlauch miteinander verbunden und schließen gemeinsam ein ideales Gas mit N Teilchen der atomaren Masse m bei konstanter Temperatur T ein. Der Behälter A steht auf der Erdoberfläche, $z = 0$, und B in der Höhe $z = h$. Das Schlauchvolumen sowie die Ausdehnung der Behälter in z -Richtung seien vernachlässigbar („Zwei-Niveau-System“).

Das thermodynamische Gleichgewicht der Verteilung mit einer Anzahl von N_A Teilchen in A und N_B Teilchen in B wird erhalten, wenn die freie Energie $F = U - TS$ mit innerer Energie U (inkl. potentieller Energie!) und Entropie S minimal wird. Bestimmen Sie $F(N_B)$ und berechnen Sie das Verhältnis N_B/N_A aus der Minimaleigenschaft.

Hinweise: Bestimmen Sie die Energien und Entropien von A und B zunächst getrennt und berechnen Sie dann die freie Energie des Gesamtsystems. Verwenden Sie die aus der Vorlesung bekannten Formeln für ideale Gase.



Wir wünschen Ihnen frohe
Weihnachten und einen guten
Start in das Jahr 2026!