

Gedächtnisprotokoll

Klassische Experimentalphysik 3

Klausur Nr.1 WS2025/26

Jonathan Kley

March 2026

Aufgabe	1	2	3	4	5
Max. Punkte	12	12	12	12	12

Diese Klausur-Nachbildung beruht auf einem Gedächtnisprotokoll vom Abend nach der Klausur und ist somit relativ akkurat. Allerdings gibt es natürlich einige Dinge, die ich mir nicht 1:1 merken konnte. Damit die Klausur trotzdem wie eine normale Altklausur bearbeitet werden kann, habe ich für die typischen Formulierungen auf Altklausuren mit ähnlichen Aufgaben zurückgegriffen.

1 Aufgabe 1

Eine Zerstreulinse mit Brennweite $f_z = -15$ cm steht in einem Abstand von $g = 10$ cm vor einer Sammellinse mit Brennweite $f_s = 12$ cm. Im Abstand von 12 cm vor der Zerstreulinse befindet sich ein Gegenstand der Höhe $G = 1$ cm. Der Gegenstand wird zuerst in das Zwischenbild mit der Bildweite b_z abgebildet. Das Zwischenbild wird durch die Sammellinse in das entgültige Bild mit der Bildweite b abgebildet.

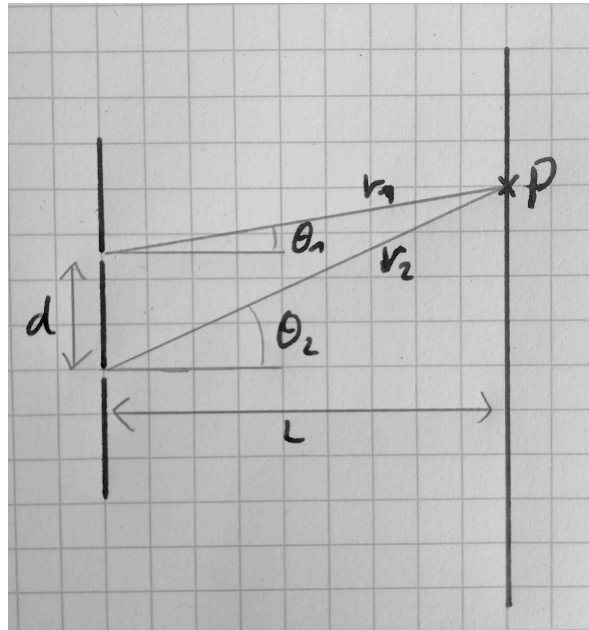
- Fertigen Sie eine Zeichnung des Strahlengangs unter der Verwendung charakteristischer Strahlen an.
- Berechnen Sie die Bildweiten b_z des Zwischenbildes und b des entgültigen Bildes.
- Berechnen Sie Bildhöhen B_z des Zwischenbildes und B des entgültigen Bildes.
- Ein Strahl fällt achsenparallel mit 5 cm Abstand zur Linsenmitte auf die Zerstreulinse. Mit welchem Winkel verlässt der Strahl den Aufbau?

Hinweis: Abbildungsmatrix einer dünnen Linse mit Brennweite f : $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1/f & 1 \end{pmatrix}$, Translationsma-

trix für eine Strecke d : $\begin{pmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

2 Aufgabe 2

Eine ebene Welle trifft auf einen Doppelspalt mit vernachlässigbarer Spaltbreite und Spaltabstand d . Im Abstand L zum Doppelspalt befindet sich ein Schirm wobei $L \gg d$. Von jedem Spalt geht jeweils eine Kugelförmige Welle aus mit $\vec{E}(t, x) = E_0 e^{-i(kr - \omega t)}$.



- Berechnen Sie das E-Feld am Punkt P .
- Nutzen Sie, dass für die Intensität gilt $I \sim E E^*$. Leiten Sie $I \sim 2(1 + \cos(dk \sin \theta_1))/r_1^2$ für die Intensität am Punkt P her.
- Berechnen Sie die Intensität am Punkt P mit Hilfe einer Fourier-Transformation und vergleichen Sie das Ergebnis mit dem aus 2.
Hinweis: $\cos(2x) = (2 \cos^2(x) - 1)$
- Wie verändert sich die Intensität wenn die Breite der Spalte nicht vernachlässigbar klein sind (keine Herleitung nötig).

3 Aufgabe 3

Bei den Teilaufgaben 2, 3 und 4 kann es gut sein, dass die Aufgabenstellung ein wenig anders war. Auch an die exakten Werte für die Aufgaben erinnere ich mich nicht mehr so gut. Die Aufgabe war insgesamt sehr ähnlich zu WS22/23 Nr.1 Aufgabe 3.

Eine Lichtwelle (Wellenlänge λ) hat in kartesischen Koordinaten den Feldstärkevektor

$$\vec{E}(t, x) = E_0 \begin{pmatrix} -\sin(kx - \omega t) \\ \cos(kx - \omega t) \\ 0 \end{pmatrix}$$

- Wie ist die Welle polarisiert (zirkular, linear, elliptisch oder unpolarisiert)?
- Die Welle fällt durch ein $\lambda/4$ -Plättchen mit minimaler Dicke. Wie ist die Welle nun polarisiert bzw. was passiert mit der Welle?
- Die Welle fällt nach einer Strecke $l = 15 \text{ cm}$ (könnte auch ein anderer Wert gewesen sein) zusätzlich durch ein $\lambda/2$ -Plättchen. Was passiert mit der Welle?

- d) Licht (ob unpolarisiert, linear polarisiert oder das aus 3 weiß ich nicht mehr) fällt für eine gewisse Strecke durch ein aktives Medium mit Brechungsindizes n^+ und n^- . Was passiert mit dem Licht?
- e) Ein Lichtstrahl (unpolarisiert) fällt unter dem Brewster-Winkel aus Luft auf eine Grenzfläche zu einem Medium mit einem Brechungsindex $n > 1$. Zeigen Sie in einer Skizze wie der reflektierte und der gebrochene Strahl polarisiert sind. Wie kann man den Brewster-Winkel nutzen um für den gebrochenen Strahl polarisiertes Licht zu erzeugen?
- f) Ein Lichtstrahl (unpolarisiert) fällt senkrecht (Einfallswinkel 0° zum Lot) auf einen doppelbrechenden Kristall, dessen optische Achse um einen Winkel α gegen die Eintrittsfläche geneigt ist. Zeigen Sie in einer Skizze, wie das Licht sich im Kristall ausbreitet und welche Polarisation es hat. Wie kann man Doppelbrechung nutzen, um linear polarisiertes Licht zu erzeugen?

4 Aufgabe 4

Ein ideales, einatomiges Gas durchläuft den Joule-Brayton-Prozess mit den folgenden Prozess-Schritten:

- Schritt 1 \rightarrow 2: adiabatische Kompression
- Schritt 2 \rightarrow 3: isobare Wärmezufuhr
- Schritt 3 \rightarrow 4: adiabatische Expansion
- Schritt 4 \rightarrow 1: isobare Wärmeabfuhr

- a) Zeichnen Sie das $p(V)$ - und das $T(S)$ -Diagramm.
- b) Berechnen Sie ΔQ und ΔW für jeden der 4 Schritte.
- c) Berechnen Sie aus ΔQ_{23} und ΔQ_{41} den Wirkungsgrad $\eta = 1 + \frac{\Delta Q_{23}}{\Delta Q_{41}}$

5 Aufgabe 5

- a) Wie lauten der erste, der zweite und der dritte Hauptsatz der Thermodynamik? Formulieren Sie zur Antwort jeweils einen Satz oder geben Sie eine Gleichung an (mit Benennung der Variablen).
- b) Leiten Sie die Veränderung der Entropie ΔS für einen reversiblen Prozess aus der Gleichung $\Delta S = \Delta Q_{\text{rev}}/T$ her, wobei der Prozess
 - i) isochor
 - ii) isotherm
 - iii) adiabatisch
 - iv) isobar
 ist.
- c) Wie viele Freiheitsgrade hat ein ideales Gas aus zweiatomigen Molekülen? Erklären Sie mit Hilfe einer Skizze wie die Freiheitsgrade zustande kommen. Wie groß ist die mittlere Energie pro Freiheitsgrad im thermodynamischen Gleichgewicht? Wie verhalten sich die Freiheitsgrade in Abhängigkeit zur Temperatur?