
Klausur in Experimentalphysik 3

Prof. Dr. L. Fabbietti
Wintersemester 2018/19
18. Februar 2019

Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 Doppelseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

Die Bearbeitungszeit beträgt 90 Minuten. Es müssen nicht alle Aufgaben vollständig gelöst sein, um die Note 1,0 zu erhalten.

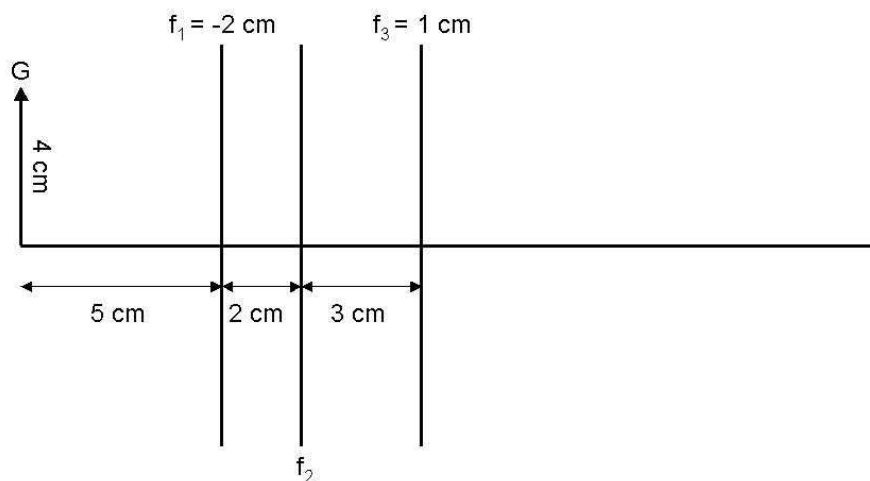
Aufgabe A (10 Punkte)

- Was beschreibt der Poynting - Vektor?
- Welche qualitative Bedeutung hat der Imaginärteil n_i und der Realteil n_r der Brechungszahl n für eine elektromagnetische Welle?
- Warum erscheint die Sonne kurz vor Sonnenuntergang ellipsenförmig und nicht kreisförmig?
- Was macht ein $\lambda/2$ -Plättchen und was ein $\lambda/4$ -Plättchen mit links-zirkular-polarisiertem Licht?
- Wie ändert sich das Huygen'sche Prinzip, wenn man ein Medium mit anisotropem Brechungsindex betrachtet?
- Betrachte ein Beugungsgitter. Wie hängt die Wellenlänge des Lichts mit dem Abstand der Intensitätsmaxima zueinander zusammen?
- Unter welchen Umständen erzeugt eine Sammellinse ein virtuelles Bild?
- Was versteht man unter Dichroismus?
- Bei der Absorption von Licht durch freie Elektronen ändert jedes absorbierte Photon den Drehimpuls des Atoms um den Betrag \hbar . Was kann man daraus schließen?
- Nennen Sie zwei Beispiele für reale Körper, die idealisiert als plancksche Strahler bzw. schwarze Strahler betrachtet werden können.

Aufgabe 1 (18 Punkte)

Ein Linsensystem bestehe aus drei Linsen. Eine mit der Brennweite $f_1 = -2$ cm, eine mit $f_3 = 1$ cm sowie einer Linse der unbekannten Brennweite f_2 . Das System habe insgesamt den Abbildungsmaßstab $V_T = \frac{|B_3|}{|G|} = \frac{1}{7}$. Vor dem Linsensystem befinde sich im Abstand $g_1 = 5$ cm ein Gegenstand der Größe $G = 4$ cm (siehe Abbildung). Der Abstand d_{12} zwischen den Linsen 1 und 2 betrage 2 cm, zwischen den Linsen 2 und 3 sei $d_{23} = 3$ cm.

- (a) Berechnen Sie die Bildweite b_1 und die Größe B_1 des ersten Zwischenbildes des Gegenstands. Ist das Bild reell oder virtuell?
- (b) Die Bildweite b_3 betrage $\frac{9}{14}$ cm. Berechnen Sie die Gegenstandsweite g_3 sowie die Beträge der Bilder B_3 und B_2 .
- (c) Berechnen Sie die Bildweite b_2 und Brennweite f_2 der zweiten Linse (Hinweis: B_2 ist ein reelles Bild). Handelt es sich dabei um eine Sammellinse oder eine Zerstreuungslinse?
- (d) Konstruieren Sie den Strahlengang (groß genug, mit lesbarer Beschriftung) für das erste und zweite Zwischenbild. Es müssen alle Zwischenbilder aus dem Zentralstrahl, dem Brennstrahl und dem Parallelstrahl konstruiert werden.

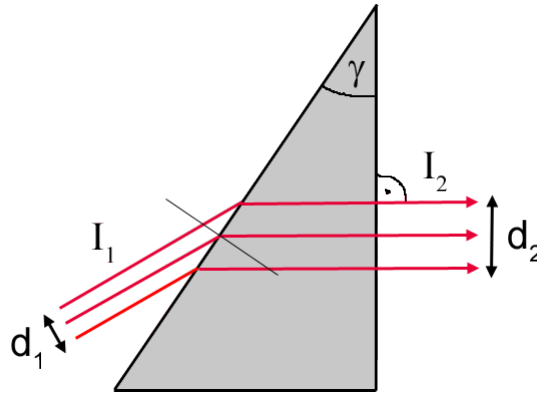


Aufgabe 2 (6 Punkte)

Ein Argonionenlaser (514 nm) hat die optische Ausgangsleistung von 10 W. Dieser Laserstrahl treffe senkrecht auf eine spiegelnde, 10 g schwere Metallplatte. Wie lange dauert es, bis die Platte um 1 cm durch den Laserstrahl verschoben wurde?

Aufgabe 3 (11 Punkte)

Betrachten Sie einen Lichtstrahl mit homogener Intensität und kreisförmigem Querschnitt, welcher auf ein Prisma mit Brechungsindex $n = 1,5$ (Luft: $n = 1$) fällt und dieses senkrecht zur Schnittkante verlässt (siehe Zeichnung.)



- (a) Unter der Annahme paralleler Polarisation (zur Einfallsebene), wie groß muss der Prismawinkel γ sein, damit an der Eintrittsfläche kein Licht reflektiert wird?
- (b) Berechnen Sie das Verhältnis der Durchmesser d_2/d_1 von einfallendem und ausfallendem Strahl?
- (c) Wie ist das Verhältnis der Querschnitte A_2/A_1 und Intensitäten I_2/I_1 der Lichtstrahlen rechts und links vom Prisma?

Aufgabe 4 (13 Punkte)

Licht einer Natrium-Spektral-Lampe mit der Wellenlänge $\lambda = 589 \text{ nm}$ fällt senkrecht auf einen Doppelspalt, dessen Spaltmitten den Abstand g haben und deren Spaltbreiten jeweils $b = 0,05 \text{ mm}$ betragen. Die Beugungsfigur wird auf einem dazu parallelen Schirm aufgefangen, der sich im Abstand $L = 2,25 \text{ m}$ vom Doppelspalt entfernt befindet.

Vom Hauptmaximum ($y = 0 \text{ mm}$) aus gemessen stellt man auf dem Schirm an den folgenden Stellen äquidistante helle Streifen fest:

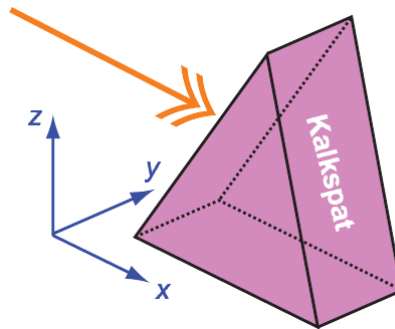
$$\pm 5 \text{ mm}, \quad \pm 10 \text{ mm}, \quad \pm 15 \text{ mm}, \quad \pm 20 \text{ mm}$$

- (a) Berechnen Sie mit diesen Informationen den Abstand g der beiden Spaltmitten.
- (b) Berechnen Sie die Lage der Minima bis zur 3. Ordnung, wenn nur einer der beiden Spalte geöffnet ist.
- (c) Werden Maxima ausgelöscht? Wenn ja warum und welche? Wenn nein, warum nicht?

Bring man vor einen der beiden Spalte ein planparalleles Glasplättchen der Dicke $d = 0,05 \text{ mm}$ und der Brechzahl $n_{\text{Glas}} = 1,47$, so verschiebt sich auf dem Schirm das Hauptmaximum aus der Mitte.

- (d) Wo findet man das neue Hauptmaximum?

Aufgabe 5 (11 Punkte)

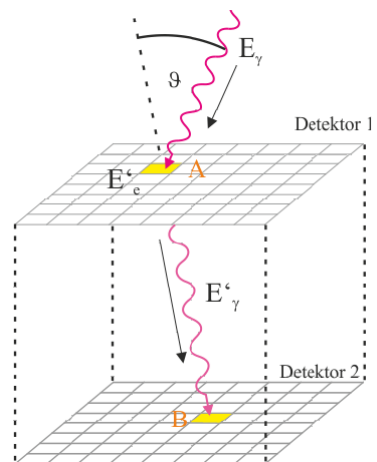


- Ein Lichtstrahl trete von links in ein Kalkspatprisma ein. Drei mögliche Orientierungen der optischen Achse sind von besonderem Interesse, entlang x-, y- und z-Achse. Stellen Sie sich drei solche Prismen vor. Skizzieren Sie jeweils einfallende und austretende Strahlen und kennzeichnen Sie den Polarisationszustand.
- Wie kann man mit Hilfe dieses Prismenaufbaus den Wert von n_o und n_{ao} bestimmen?

Aufgabe 6 (11 Punkte)

Das Compton-Teleskop dient zur Beobachtung von astronomischen Objekten, die Gammastrahlung mit Quantenenergien in der Größenordnung einiger MeV aussenden.

Untenstehend ist das Prinzip eines Compton-Teleskops skizziert. Ein einfallendes γ -Quant der Energie E_γ wird in Detektor 1 durch Compton-Streuung an einem Elektron um den Winkel ϑ abgelenkt. Dabei wird die kinetische Energie $E_{e'}$ des Compton-Elektrons gemessen. Das gestreute γ -Quant wird in Detektor 2 schließlich vollständig absorbiert, wobei seine Energie $E_{\gamma'}$ gemessen wird. Damit erhält man E_γ aus $E_\gamma = E_{e'} + E_{\gamma'}$. Beide Detektoren sind ortsauflösend, d.h. die Wechselwirkungsorte A und B sind bekannt.



- (a) Zeigen Sie rechnerisch, warum der Comptoneffekt bei sichtbarem Licht nicht beobachtet werden kann.
- (b) Leiten Sie aus der Formel $\Delta\lambda = \lambda_C \cdot (1 - \cos\vartheta)$ für die Wellenlängenänderung beim Comptoneffekt her, dass der Streuwinkel ϑ aus den Messgrößen $E_{e'}$ und $E_{\gamma'}$ sowie aus der Ruhemasse m_0 des Elektrons nach folgender Formel berechnet werden kann:

$$\cos\vartheta = 1 - \frac{m_0 \cdot c^2}{E_{\gamma'}} + \frac{m_0 \cdot c^2}{E_{e'} + E_{\gamma'}}$$

- (c) Ein γ -Quant löst in Detektor A ein Compton-Elektron der kinetischen Energie $E_{e'} = 0,70$ MeV aus; in Detektor B wird die Energie $E_{\gamma'} = 1,3$ MeV des gestreuten γ -Quants gemessen. Berechnen Sie daraus den Streuwinkel ϑ des Photons sowie die Geschwindigkeit des Compton-Elektrons.
- (d) Erläutern Sie, warum man bei Detektion eines einzelnen γ -Quants mit anschließender Bestimmung von ϑ noch nicht die Richtung der γ -Quelle kennt. Erklären Sie, warum man durch Detektion mehrerer aufeinander folgender γ -Quanten die Position der γ -Quelle dennoch mit einem einzelnen Compton-Teleskop bestimmen kann.

Aufgabe 7 (7 Punkte)

$\psi(x) = Nx \exp(-x^2/2\sigma^2)$ sei die Wellenfunktion eines Teilchens.

- (a) Normieren Sie diese Wellenfunktion mithilfe

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^2 e^{-ax^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2a^{3/2}}, a > 0 \quad (1)$$

- (b) An welchen Ort befindet sich das Teilchen am wahrscheinlichsten? Wo liegt der Erwartungswert des Teilchenorts?

Konstanten

Elektrische Feldkonstante:	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{CV}^{-1}\text{m}^{-1}$
Elementarladung:	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{C}$
Planck'sche Konstante:	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{Js}$
Lichtgeschwindigkeit:	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ms}^{-1}$
Elektronenruhemasse:	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$
Stefan Boltzmann Konstante:	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$
Wiensche Verschiebungskonstante:	$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{mK}$