

---

# Probeklausur Experimentalphysik 3

Prof. Dr. L. Fabbietti  
Wintersemester 2019/20  
20. Januar 2020

---

Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 Doppelseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

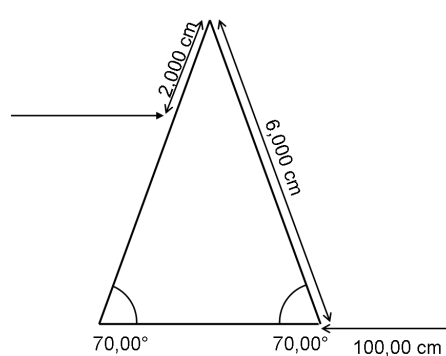
Die Bearbeitungszeit beträgt 90 Minuten. Es müssen nicht alle Aufgaben vollständig gelöst sein, um die Note 1,0 zu erhalten.

## Aufgabe 1 (12 Punkte)

- Eine Glühlampe strahlt gleichmäßig kugelförmige, elektromagnetische Wellen ab. Welche Kraft übt eine 100-Watt-Lampe mit einem Wirkungsgrad von 20 % auf eine in 1 m Abstand aufgehängte kreisrunde, absorbierende Folienscheibe (Durchmesser 3 cm) aus?
- Wie groß sind die Amplituden des elektrischen und magnetischen Feldes? Was ändert sich, wenn die Folie alle einfallende Strahlung reflektiert?
- Ein gepulster Laser sende einen 1000-MW-Puls von 200 ns Dauer auf ein kleines Objekt der Masse 10 mg, das an einem 4 cm langen, dünnen Faden aufgehängt ist. Die Strahlung werde komplett absorbiert. Wie groß ist der maximale Auslenkwinkel des Pendels?

## Aufgabe 2 (13 Punkte)

Ein Lichtstrahl trifft auf ein gleichschenkliges Prisma (siehe untenstehende Abbildung). Das Prisma besteht aus Flintglas mit einem wellenlängenabhängigen Brechungsindex. Für rotes Licht beträgt der Brechungsindex 1,603 und für violettes Licht 1,645. In einer Entfernung von 100 cm hinter dem Prisma befindet sich ein Schirm, auf dem das am Prisma gebrochene Licht wieder aufgefangen wird. Zunächst betrachten wir den Fall einer roten Lichtquelle.



- (a) An welcher Position des zweiten Schenkels des Prismas verlässt der Lichtstrahl das Prisma wieder (Abstand zur Spitze)? (Ersatzlösung: 2,1 cm)
- (b) An welcher Position trifft der rote Lichtstrahl auf den Schirm?
- (c) Nun verwenden wir eine Lichtquelle, die weißes Licht aussendet. Bekanntlich zerlegt das Prisma das weiße Licht so, dass das ganze Farbspektrum auf dem Schirm sichtbar wird. Wie breit ist das sichtbare Spektrum in der gegebenen Anordnung auf dem Schirm? Gehen sie vereinfachend davon aus, dass das Licht das Prisma am selben Punkt verlässt.

### Aufgabe 3 (11 Punkte)

Die Transmissionsachsen zweier Polarisationsfolien seien gekreuzt, so dass kein Licht sie durchdringt. Eine dritte Folie werde so zwischen die ersten beiden gestellt, dass ihre Transmissionsachse mit der ersten einen Winkel  $\theta$  bildet. Unpolarisiertes Licht der Intensität  $I_0$  treffe auf die erste Folie.

- (a) Geben Sie eine allgemeine Formel an, die den Zusammenhang von der durchgelassenen Intensität mit  $I_0$  und  $\theta$  beschreibt. *Hinweis:*  $\sin \phi \cos \phi = \frac{1}{2} \sin 2\phi$
- (b) Berechnen Sie die Intensität des Lichts nach Durchgang durch alle drei Folien für  $\theta = 45^\circ$
- (c) für  $\theta = 30^\circ$

Jetzt wird die mittlere Folie durch ein Quarz-Plättchen ersetzt. Dessen optische Achse hat einen Winkel  $\theta = 45^\circ$ .

- (d) Berechnen Sie die Dicke(n) des Plättchens bei der die Intensität für die Wellenlänge  $\lambda = 589$  nm maximal wird. Für diese Wellenlänge sind  $n_o = 1,5443$  und  $n_{ao} = 1,5534$ .

Sie entfernen das Quarz-Plättchen und haben jetzt mehrere Polarisationsfolien zur Verfügung, die sie benutzen.

- (e) Wieviele Filter sind insgesamt mindestens nötig, um mehr als 30 % des einfallenden Lichtes  $I_0$  durch die Anordnung zu transportieren?

### Aufgabe 4 (8 Punkte)

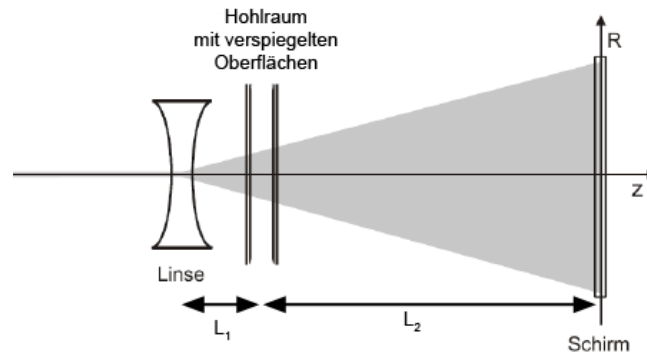
Wir schauen uns eine Übergangsmatrix bei Matrixformalismus genauer an. Es sollen verschiedene Situationen untersucht werden, bei denen jeweils eines der vier Elemente der Übergangsmatrix verschwindet:

$$\begin{pmatrix} r_2 \\ \alpha_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_1 \\ \alpha_1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

- (a) Zeigen Sie, dass alle Strahlen, die unter dem selben Winkel in das System eintreffen, das System am selben Ort verlassen, wenn gilt  $A = 0$ . Das heißt, dass anfänglich parallele Strahlen zu einem einzigen Punkt fokussiert werden.
- (b) Was sind jeweils die besonderen Eigenschaften von Systemen, bei denen  $B = 0$ ,  $C = 0$  oder  $D = 0$  ist?

### Aufgabe 5 (8 Punkte)

Ein kohärenter Lichtstrahl der Wellenlänge  $\lambda = 632,8 \text{ nm}$  propagiere in  $z$ -Richtung. Der Strahl wird durch eine dünne Konkavlinse aufgeweitet (siehe Abbildung). Anschließend passiert er einen Hohlraum der Dicke  $D = 500\lambda$  mit verspiegelten, parallel ausgerichteten Oberflächen. Nun trifft er auf einen Schirm. Der Abstand zwischen Linse und Hohlraum ist  $L_1 = 2 \text{ cm}$  und der Abstand zwischen Hohlraum und Schirm ist  $L_2 = 8 \text{ cm}$ . Berechnen Sie die Positionen  $R_N$  der ersten zwei Intensitätsmaxima außerhalb der Achse.



### Aufgabe 6 (5 Punkte)

Findige Studenten sind dabei, möglichst viel Information auf ein beidseitig beschriebenes DIN A4 Blatt zu bekommen. Wie klein dürfen sie die Schrift maximal machen, wenn man sie ohne technische Hilfsmittel lesen können soll. Wie klein kann man den Buchstaben E machen, wenn das Kriterium zur Erkennbarkeit ist, dass die drei horizontalen Linien noch getrennt werden können? Nehmen Sie einen Pupillendurchmesser von  $3 \text{ mm}$  und einen Leseabstand von  $25 \text{ cm}$  an. Nehmen Sie das Licht an mit dem Sie die kleinste Größe erhalten.

### Aufgabe 7 (9 Punkte)

Blaues Licht der Wellenlänge  $\lambda = 430 \text{ nm}$  falle auf eine Photozelle, deren lichtelektrische Schicht eine Quanteneffizienz von  $\eta = \frac{n_e}{n_{ph}} = 0,14$  hat ( $n_e$ : Anzahl rausgelöster Elektronen pro Zeiteinheit,  $n_{ph}$ : Anzahl eintreffender Photonen pro Zeiteinheit).

- Welche Austrittsarbeit  $W_A$  hat das Material der lichtelektrischen Schicht, wenn durch ein Gegenfeld der Spannung  $U_B = 0,94 \text{ V}$  der Strom vollständig unterdrückt werden kann?
- Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Photoelektronen, wenn keine Gegenspannung angelegt ist.
- Wie groß ist die Strahlungsleistung des auf die Photozelle fallenden blauen Lichts, wenn ein maximaler Photoelektronenstrom von  $I = 0,5 \text{ mA}$  fließt?
- Ab welcher Wellenlänge tritt kein Strom auf, wenn Sie annehmen, dass die lichtelektrische Schicht aus Cäsium besteht, dessen Austrittsarbeit  $W_A = 2,14 \text{ eV}$  beträgt?

## 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:	$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{mK}$