

---

# Probeklausur in Experimentalphysik 3

Prof. Dr. S. Schönert  
Wintersemester 2015/16  
21. Dezember 2015

---

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 (5 Punkte)

- (a) Warum schillern Seifenblasen bunt?
- (b) Warum ist es physikalisch kein Widerspruch, dass  $v_{Ph} > c$  im Vakuum sein kann?
- (c) Wenn man direkt Richtung Sonne schaut, ist das Licht... .
- (d) Kann man mit einer konkaven Linse eine reele Abbildung erzeugen?
- (e) Warum sehen wir Blätter am Baum als grün, wenn sie beleuchtet werden?
- (f) Welche Bewegung kann die Linse des Auges bei Weitsichtigkeit schlecht machen?
- (g) Wie funktioniert eine Fata Morgana?
- (h) Welche zwei Arten von Dispersion gibt es und wie unterscheiden sie sich?

## Aufgabe 1 (4 Punkte)

- (a) Berechnen Sie den zeitlich gemittelten Energiefluss einer Lichtwelle mit  $\vec{E} = \vec{E}_0 \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega \cdot t)$  und  $\vec{B} = \vec{B}_0 \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega \cdot t)$ . *Hinweis* :  $\int_0^{2\pi} \cos^2 x dx = \pi$ .
- (b) Skizzieren Sie die Polarisation für folgende Welle

$$\vec{E}(t) = E_0 \begin{pmatrix} \cos(\omega t - kz) \\ \cos(\omega t - kz + \phi) \\ 0 \end{pmatrix}$$

für die Fälle i)  $\phi = 0$ , ii)  $\phi = \pi/4$ , iii)  $\phi = \pi/2$ , iv)  $\phi = -\pi$

In welche Richtung breitet sich die Welle aus?

## Aufgabe 2 (3 Punkte)

Untersuchen Sie, wie ein dünner Diäthyletherfilm auf einer Plexiglasfläche den kritischen Winkel der Totalreflexion beeinflusst.

- (a) Betrachten Sie zunächst die reine Plexiglasfläche ( $n = 1,491$ ). Wie groß ist der Winkel der kritischen Totalreflexion  $\theta_k$  an der Plexiglas-Luft-Grenze?
- (b) Nun befinde sich ein dünner Diäthyletherfilm ( $n = 1,353$ ) auf dem Plexiglas. Wie groß ist jetzt der kritische Winkel der Totalreflexion  $\theta_k$  an der Plexiglas-Diäthylether-Grenze?
- (c) Gibt es einen Bereich von Einfallswinkeln, die größer sind als der in a) bestimmte Winkel  $\theta_k$  für die Plexiglas-Luft-Grenze, unter denen Licht aus dem Glas in den Diäthyletherfilm und anschließend in die Luft austreten kann? Argumentieren Sie mit einer Rechnung.

## Aufgabe 3 (5 Punkte)

Unpolarisiertes Licht der Wellenlänge  $\lambda_1 = 656\text{nm}$  und  $\lambda_2 = 405\text{nm}$  fällt auf eine Kronglasplatte ( $n_{\lambda_1} = 1,508, n_{\lambda_2} = 1,524$ ).

- (a) Wie groß ist der Reflexionsgrad  $\rho$  der Platte bei senkrechtem Lichteinfall für beide Wellenlängen?
- (b) Ab jetzt betrachten wir nur noch das rote Licht. Bei welchem Einfallswinkel  $\theta_{p1}$  ist das reflektierte Licht vollständig linear polarisiert? Benennen Sie den zugrundeliegenden Effekt und zeichnen sie eine Skizze.
- (c) Betrachten Sie den umgekehrten Strahlengang (Kronglas→Luft). Bei welchem Einfallswinkel ist das an der Grenzfläche reflektierte Licht vollständig linear polarisiert? Welchen Winkel hat der gebrochene Strahl?

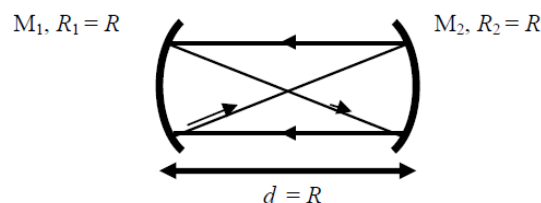
## Aufgabe 4 (3 Punkte)

Für Wellenlängen im sichtbaren Spektrum kann der Brechungsindex für eine bestimmte Art von Kronglas mit der Beziehung

$$n(\lambda) = 1.5255 + \frac{(4825\text{nm}^2)}{\lambda^2} \quad (1)$$

genähert werden.

- a) Ist dieses Material dispersiv? Begründen Sie Ihre Antwort.
- b) Bestimmen Sie den Brechungsindex für dieses Glas bei einer Wellenlänge von 400nm.
- c) Bestimmen Sie die Phasengeschwindigkeit im Glas für harmonische Wellen mit Wellenlängen zwischen 400nm und 700nm.



### Aufgabe 5 (4 Punkte)

Die Skizze zeigt einen sogenannten konfokalen Resonator wie er oft in Lasersystemen eingesetzt wird. Er besteht aus zwei identischen, konkaven, sphärischen Spiegeln, zwischen denen das Licht hin und her reflektiert wird. Der Abstand  $d$  der Spiegel ist identisch mit dem Krümmungsradius  $R$  beider Spiegel. Zeigen Sie mit Hilfe der Matrix-Methode, dass ein Lichtstrahl, der unter einem beliebigen Winkel vom linken Spiegel aus nach rechts läuft, nach vier Reflexionen wieder seinen Ausgangszustand einnimmt, so dass der gleiche Weg erneut durchlaufen wird und das Licht den Resonator nicht verlässt.

*Hinweis:* Abbildungsmatrix eines sphärischen Konkavspiegels mit Krümmungsradius  $R$ :

$$\begin{pmatrix} 1 & -2/R \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

### Aufgabe 6 (4 Punkte)

Mit einer Linse der Brennweite  $f = 500\text{mm}$  wird ein Bild des Mondes erzeugt, dass der Beobachter aus der Bezugssehweite ( $S_0 = 25\text{cm}$ ) betrachtet. Wie groß sind die transversale Vergrößerung  $V_T$  und Winkelvergrößerung  $V$ ? Der Mond ist von der Erde  $384000\text{km}$  entfernt.

### Aufgabe 7 (4 Punkte)

Bei der Beugung an einem Dreifachspalt kann man Interferenzmaxima in Haupt- und Nebenmaxima unterteilen, wobei in den Nebenmaxima jeweils zwei Teilstrahlen und in den Hauptmaxima 3 Teilstrahlen konstruktiv interferieren. Geben Sie für  $d_1 = 10\text{mm}$ ,  $d_2 = 15\text{mm}$  und  $\lambda = 500\text{nm}$  den Winkel für das erste Nebenmaximum sowie für das erste Hauptmaximum an.

### Aufgabe 8 (2 Punkte)

Die plankonvexe Objektlinse eines Mikroskops hat einen Krümmungsradius von  $r = 1\text{cm}$ , eine Brechzahl  $n = 1,5$  und einen Durchmesser  $d = 1\text{cm}$ . Berechnen Sie für eine Wellenlänge  $\lambda = 500\text{nm}$  den kleinstmöglichen Objektabstand, der gerade noch aufgelöst werden kann.

Elektrische Feldkonstante:	$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{CV}^{-1} \text{m}^{-1}$
Planck'sche Konstante:	$h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{Js}$
Lichtgeschwindigkeit:	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ms}^{-1}$