Probeklausur in Experimentalphysik 3

Prof. Dr. S. Schönert
Wintersemester 2017/18
15. Januar 2018

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 (8 Punkte)

Eine linear polarisierte elektromagnetische Welle mit der Vakuumwellenlänge $\lambda = 589,6$nm falle senkrecht auf einen Halbleiter mit dem komplexen Brechungsindex $\tilde{n} = 1,5 - 0,15i$.

(a) Nach welcher Strecke ist die Intensität der eingedrungenen Strahlung auf den e^{-1}-ten Teil abgesunken?

(b) Bestimmen Sie die Phasenverschiebung zwischen dem $\vec{E}$- und $\vec{B}$-Feld im Halbleiter.

Aufgabe 2 (14 Punkte)

Der Grenzwinkel der Totalreflexion beträgt für eine bestimmte Glassorte 40,5°.

(a) Wie groß ist für diesen Stoff der Winkel der vollständigen Polarisation?

Jetzt fällt natürliches Licht unter diesem Brewsterwinkel α_P auf das Glas.

(b) Welcher prozentuale Anteil des einfallenden Lichts wird an der Grenzfläche Luft/Glas reflektiert und welcher Anteil wird gebrochen und dringt in das Glas ein?

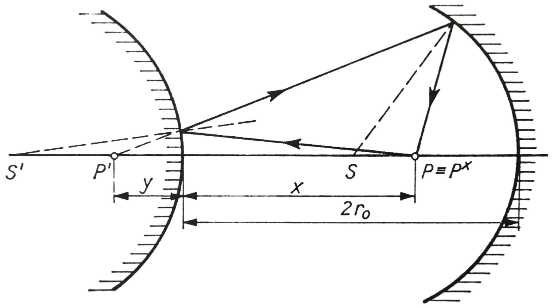
(c) Wie groß ist der Polarisationsgrad P für das reflektierte und das gebrochene Licht? Die Absorption des Lichts ist zu vernachlässigen.

Aufgabe 3 (7 Punkte)

Ein Glasstab mit der Brechzahl $n = 1,5$ ist an seinen beiden Enden durch Halbkugelschliffe mit dem gleichen Radius r_0 begrenzt. Der Stab hat die Länge $3r_0$ von Scheitelfläche zu Scheitelfläche, die Kugelflächen haben eine gemeinsame optische Achse, die mit der Längsachse des Stabes identisch ist. In einem Abstand von r_0 von der vorderen konkaven Kugelfläche befindet sich eine punktförmige Lichtquelle auf der optischen Achse. Berechnen Sie, in welchem Abstand von der hinteren konvexen Kugelfläche das Bild entsteht.

Aufgabe 4 (8 Punkte)

Ein Konvex- und ein Konkavspiegel mit gleichem Krümmungsradius r_0 sind mit ihren Spiegelflächen einander so gegenübergesetllt, dass ihre optischen Achsen zusammenfallen und ihre Scheitel den Abstand $d = 2r_0$ haben.



Es soll ein auf der gemeinsamen optischen Achse gelegener Punkt gesucht werden, für den gilt, dass die von einer hier aufgestellten Lichtwelle ausgehenden Strahlen nach Reflexion auf Konvex- und Konkavspiegel wieder im Ausgangspunkt zusammentreffen.

Aufgabe 5 (5 Punkte)

Sie haben eine Sammellinse ($f_1 = 20$ cm), benötigen jedoch eine Gesamtbrennweite von 40 cm, die durch Aneinandersetzen mit einer weiteren Linse f_2 erreicht werden soll.

(a) Von welchem Typ ist diese Linse und welche Brennweite (in cm) muss diese haben?

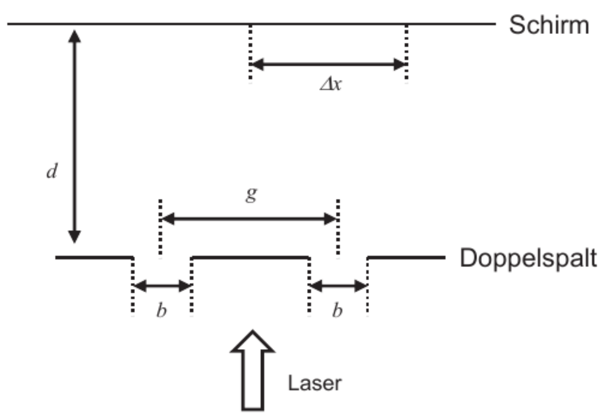
(b) In welcher Bildweite b läge ein mit diesem zusammen zusammengesetzen Linsensystem abgebildeter Gegenstand, der sich in $g = 120$ cm Entfernung befindet?

Aufgabe 6 (10 Punkte)

(a) Ein langer Einfachspalt mit einer Breite von $d = 0,05$ mm wird senkrecht mit einem Argon-Ionen-Laser ($\lambda = 514$ nm) beleuchtet. In großer Entfernung ($D = 1$ m) hinter dem Spalt befindet sich ein Schirm, auf dem das Beugungsbild beobachtet wird. In welchem Abstand vom zentralen Maximum befindet sich das erste Beugungsminimum? Welche zu $\lambda = 514$ nm benachbarte Wellenlänge ergibt an diesem Ort ein Maximum (welches)?

(b) Ein Doppelspalt werde mit einem Laser der Wellenlänge λ senkrecht beleuchtet. Der Doppelspalt besteht aus zwei langen Einfachspalten identischer Breite b. Die Mitten der beiden Spalte sollen den Abstand $g = 90$ μm voneinander haben. Sie beobachten das von der Anordnung erzeugte Beugungsbild auf einem Schirm mit sehr großem Abstand d vom Doppelspalt.

   (i) Leiten Sie eine Formel für den Abstand Δx des dritten Interferenzmaximums des Doppelspalts vom zentralen Maximum auf den Schirm her. Die Formel soll keine trigonometrischen Funktionen ($\sin, \cos, \tan$, o.Ä.) mehr enthalten, aber trotzdem auch bei großen Beugungswinkeln exakt gültig sein.

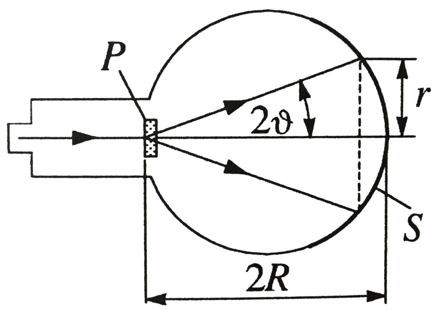


(*Hinweis:* Zählen Sie bei der Nummerierung der Maxima das zentrale Maximum nicht mit!)

(ii) Berechnen Sie die Breite b der Einfachspalte (Zahlenwert), die gewählt werden muss, damit das dritte Interferenzmaximum aus dem Aufgabenteil (i) mit dem ersten Beugungsminimum der Einfachspalte zusammenfällt, also ausgelöscht ist.

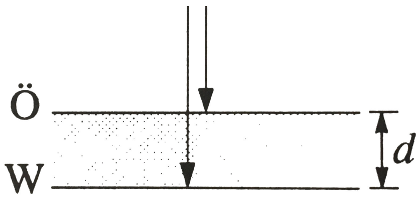
Aufgabe 7 (10 Punkte)

Ein Elektronenbündel durchstrahlt nach Durchlaufen einer Beschleunigungsspannung von $U = 10$ kV eine polykristalline Graphitschicht (Probe P), wobei der auf dem kugelförmigen Leuchtschirm S beobachtete Interferenzring erster Beugungsordnung einen Radius $r = 1,29$ cm aufweist.



(a) Wie groß ist der Abstand d der in interferenzfähiger Lage befindlichen Netzebenen (gedachte Ebenen im Kristall, welche gleichmäßig mit Gitterebenen belegt sind) des Graphitkristalls?

(b) Bis zu welcher Beugungsordnung z treten bei der gegebenen Beschleunigungsspannung konstruktive Interferenzen auf? Der Abstand der Probe zum Leuchtschirm beträgt $2R = 13$ cm.



Aufgabe 8 (7 Punkte)

Weisses Licht fällt auf eine Ölschicht ($n = 1,5$), die sich auf einer Wasseroberfläche ($n = 1,33$) ausgebreitet hat. An einer Stelle ist der Ölfilm gerade $d = 60$ cm dick. Welche Wellenlängen werden im sichtbaren Bereich nach Reflexion

(a) bei senkrechtem Lichteinfall

(b) bei Lichteinfall unter einem Winkel $\alpha = 45°$ durch Interferenz ausgelöscht?

Konstanten

Elektrische Feldkonstante:	$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}\mathrm{CV^{-1}m^{-1}}$
Elementarladung:	$e = 1.60 \cdot 10^{-19}\mathrm{C}$
Magnetische Feldkonstante:	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\mathrm{VsA^{-1}m^{-1}}$
Boltzmannkonstante:	$k_B = 1.38 \cdot 10^{-23}\mathrm{JK^{-1}}$
Planck'sche Konstante:	$h = 6.63 \cdot 10^{-34}\mathrm{Js}$
Lichtgeschwindigkeit:	$c = 3 \cdot 10^8\mathrm{ms^{-1}}$
Neutronenruhemasse:	$m_N = 1.6749 \cdot 10^{-27}\mathrm{kg} = 939.57\mathrm{MeV/c^2}$
Elektronenruhemasse:	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}\mathrm{kg}$
Stefan Boltzmann Konstante:	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2K^4}}$
Wiensche Verschiebungskonstante:	$b = 2,9 \cdot 10^{-3}\mathrm{mK}$