
Nachklausur zur Experimentalphysik 3

Prof. Dr. L. Fabbietti, Dr. B. Ketzer

Wintersemester 2012/2013

3. April 2013

Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 beidseitig hand- oder computerbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

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

Aufgabe 1 (5 Punkte)

- Skizzieren Sie den Versuchsaufbau von R.A. Beth aus dem Jahr 1936 zur Messung des Drehimpulses von Licht bzw. des Photons.
- Schreiben Sie die elektrischen komplexen Felder mit der jeweiligen Polarisation der Lichtwelle nach jedem Element im Versuchsaufbau an und beschreiben Sie den Versuch und seine Beobachtung.

Aufgabe 2 (3 Punkte)

Ein idealisierter Lichtstrahl durchlaufe eine planparallele Glasplatte der Dicke d und trete auf der anderen Seite wieder aus. Die Platte befinde sich in Luft. Ihr Brechungsindex sei n_G .

- Zeigen Sie, dass der Austrittswinkel des Lichtstrahls mit dem Eintrittswinkel übereinstimmt.
- Der Lichtstrahl wird also parallel zum eintretenden Strahl verschoben. Wie groß ist der parallele Versatz a in Abhängigkeit von der Dicke der Glasplatte d ?
- Nehmen Sie jetzt an, dass der Lichtstrahl aus einem Medium mit Brechungsindex n_1 auf die Platte trifft und in ein Medium mit Brechungsindex n_2 austritt. Es gelte $n_1, n_2 < n_G$. Zeigen Sie, dass der Austrittswinkel Θ_a nur vom Verhältnis n_1/n_2 und vom Einfallswinkel Θ_e abhängt.

Aufgabe 3 (3 Punkte)

Der Brechungsindex bei $\lambda_0 = 500\text{nm}$ für Germanium ist gegeben durch

$$n = 3,47 - 1,40i \quad (1)$$

mit i der imaginären Einheit.

- Berechnen Sie den Reflexionsgrad (aus Luft heraus) für senkrechte Einfallswinkel für eine polierte Germanium-Oberfläche.

- (b) Berechnen Sie, wie weit eine Welle in Germanium eingedrungen ist, wenn ihre Intensität auf ein Tausendstel der Anfangsintensität abgefallen ist.

Aufgabe 4 (7 Punkte)

Quarz hat für Neutronen der Wellenlänge $\lambda = 2 \text{ nm}$ den Brechungsindex $n \cong 1 - a\lambda^2$ mit $a = 0,575 \cdot 10^{14} \text{ m}^{-2}$. Beachten Sie, daß gilt: $n < 1$. Der Brechungsindex in Luft sei 1.

- (a) Ein Neutronenstrahl werde durch ein Quarzprisma mit Öffnungswinkel $\phi = 120^\circ$ abgelenkt. Skizzieren Sie den Strahlengang für den symmetrischen Durchgang. Zeigen Sie, daß bei symmetrischem Strahlengang im Fall $n \approx 1$ der Ablenkwinkel θ (Winkel zwischen Strahl vor und nach dem Prisma) in erster Näherung gegeben ist durch $\theta = 2(1 - n) \tan \frac{\phi}{2}$. Berechnen Sie in dieser Näherung den Ablenkwinkel θ und die Dispersion $d\theta/d\lambda$ für Neutronen der Wellenlänge $\lambda = 2 \text{ nm}$.
- (b) Der Neutronenstrahl werde an einer ebenen Quarzoberfläche totalreflektiert. Wie hängt der Grenzwinkel δ der Totalreflektion (hier definiert als der Winkel zwischen Strahl und Oberfläche) bei streifendem Einfall in erster Näherung gegeben von n ab? Berechnen Sie den Grenzwinkel δ für Neutronen der Wellenlänge $\lambda = 2 \text{ nm}$. Neutronen welcher Wellenlänge werden bei einem festen Einfallswinkel δ totalreflektiert?

Aufgabe 5 (4 Punkte)

In einem zylindrischen Papprohr befindet sich vorne eine bikonkave Linse der Brennweite -60 mm und dahinter im Abstand von 120 mm eine konvexplane Linse mit dem Radius 60 mm . Der Brechungsindex beider Linsen ist 1,5. Berechnen Sie die effektive Brennweite des Systems, und bestimmen Sie das Bild, das von einer 3 mm großen Ameise erzeugt wird, die sich 180 mm vor der vorderen Linse befindet.

Aufgabe 6 (4 Punkte)

Bei einer Doppelspaltanordnung in Fraunhoferscher Geometrie (Spaltabstand $a = 3,3 \text{ mm}$, Abstand zum Schirm $L = 3 \text{ m}$) wird direkt hinter einen der beiden Spalte (zwischen Spalt und Schirm) eine dünne Glasplatte der Dicke $D = 0,01 \text{ mm}$ und Brechungsindex n gebracht. Beleuchtet wird mit monochromatischem Licht der Wellenlänge $\lambda = 550 \text{ nm}$. Sie messen eine Verschiebung der Interferenzstreifen um $4,73 \text{ mm}$ gegenüber der Lage ohne Glas.

- (a) Berechnen Sie den Brechungsindex des Glases.
- (b) Berechnen Sie den Fehler dieser Messung, wenn der Messfehler bei der Bestimmung der Verschiebung $0,01 \text{ mm}$ beträgt.

Aufgabe 7 (5 Punkte)

Sie bestrahlen die saubere Oberfläche eines Metalls im Vakuum mit Licht verschiedener Wellenlängen und messen die in der Tabelle aufgeführten Grenzgegenspannungen.

Hinweis: Elektronenladung: $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Wellenlänge (nm)	283	329	476
Grenzspannung (V)	2,11	1,49	0,33

- (a) Bestimmen Sie die Plancksche Konstante h .
- (b) Berechnen Sie die Austrittsarbeit A .
- (c) Berechnen Sie die Grenzwellenlänge für das Auftreten des Photoeffekts.

Aufgabe 8 (4 Punkte)

- (a) Außerhalb der Erdatmosphäre misst man das Maximum des Sonnenspektrums bei einer Wellenlänge von ungefähr 465nm. Bestimmen Sie daraus die Oberflächentemperatur der Sonne unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper ist. ($b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{m/K}$)
- (b) Tatsächlich ist die Oberflächentemperatur der Sonne $T_S \approx 5700\text{K}$. Berechnen Sie nun die Oberflächentemperatur der Erde. Nehmen Sie dazu an, dass die Erde ein schwarzer Strahler im thermischen Gleichgewicht ist. Die Temperatur der Erdoberfläche sei Tag und Nacht gleich. Der Abstand Sonne-Erde ist $a \approx 150 \cdot 10^6 \text{km}$. Der Radius der Sonne ist $r = 6,96 \cdot 10^5 \text{km}$ und der der Erde $R \approx 6378 \text{km}$.