
Klausur zur Experimentalphysik 3

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

Wintersemester 2012/2013

13. Februar 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 (7 Punkte)

- Nennen Sie 3 Linsenfehler und sagen Sie kurz wie diese korrigiert werden können.
- Nennen Sie 3 experimentelle Befunde, die nicht mit Hilfe der klassischen Physik erklärt werden können. Wählen Sie aus Ihren Antworten **ein** Experiment aus, und beschreiben Sie es kurz und die Beobachtungen. Geben Sie die Interpretation im Rahmen der Quantenphysik bzw. die Probleme bei der klassischen Interpretation an.

Aufgabe 2 (4 Punkte)

Ein Lichtstrahl soll unter einem solchen Winkel gegen die Normale auf ein gleichschenkliges Prisma mit Öffnungswinkel ϕ fallen, dass der Einfallswinkel Luft-Prisma ($\psi/2$ bezüglich der optischen Achse) gleich dem Ausfallswinkel Prisma-Luft ($\psi/2$ bezüglich der optischen Achse) ist – symmetrischer Strahlengang durch das Prisma. Skizzieren Sie diese Situation. Leiten Sie für diese Bedingung einen Ausdruck für den Brechungsindex n_{Prisma} des Prismas ab. Man nennt diesen Einfallswinkel auch den *Winkel geringster Ablenkung*, weil unter der genannten Bedingung der Ablenkwinkel minimal bezüglich einer Drehung des Prismas ist.

Aufgabe 3 (6 Punkte)

Linear polarisiertes Licht mit der Wellenlänge $\lambda = 0,589\mu\text{m}$ fällt auf ein Quarzplättchen, dessen optische Achse senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Lichtes zeigt. Der Winkel zwischen der Polarisationsebene des Lichtes und der optischen Achse beträgt 45° . Die Hauptbrechungsindizes für Quarz sind $n_o = 1,5443$ und $n_{ao} = 1,5534$.

- Bestimmen Sie die Phasendifferenz zwischen dem ordentlichen und dem außerordentlichen Strahl. Wie dick muss das Quarzplättchen sein, damit die Polarisationsebene des Lichtes um 90° gedreht wird?
- Skizzieren Sie das Prinzip der Doppelbrechung anhand des Huygenschen Prinzips. Zeichnen Sie die **allgemein** orientierte optische Achse, die Richtung des Wellenvektors, die Polarisationsrichtung, die Huygenschen Elementarwellen sowie den Poynting-Vektor für den ordentlichen **und** den außerordentlichen Strahl ein (2 Zeichnungen).

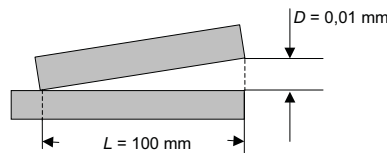
Aufgabe 4 (5 Punkte)

Es soll ein Achromat aus einer konvex-planen ($n_{D1} = 1,505$, Abbézahl $V = 65,0$) und einer plan-konkaven Linse ($n_{D2} = 1,648$, Abbézahl $V = 33,9$) hergestellt werden, der die Dispersion für die Wasserstoff-F- und Wasserstoff-C-Linie kompensieren soll. Das fertige Linsensystem soll eine Brennweite von 10cm besitzen.

Hinweis: Die Abbézahl ist definiert als $V = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$, dabei sind $\lambda_D = 589,2\text{nm}$, $\lambda_C = 656,3\text{nm}$, $\lambda_F = 486,1\text{nm}$ die wichtigsten Fraunhofer-Linien von Wasserstoff.

- Wie groß müssen die Brennweiten f_1 und f_2 der beiden Einzellinsen sein, um die obenstehende Bedingung zu erfüllen?
- Welche Krümmungsradien der Außenseiten beider Linsen muss ein Linsenmacher wählen?

Aufgabe 5 (6 Punkte)



Die skizzierte Anordnung (nicht maßstabsgetreu) besteht aus zwei völlig planen Glasplatten, die einen Luftkeil von $L = 100\text{mm}$ Länge und $D = 0,01\text{mm}$ Rückenbreite einschließen. Die Anordnung wird von oben mit monochromatischem Licht beleuchtet. Von oben betrachtet sieht man abwechselnd helle und dunkle Streifen parallel zum Spalt des Keils.

- Begründen Sie kurz, wie diese hellen und dunklen Streifen zustandekommen.
- Zwei benachbarte dunkle Streifen haben den Abstand $d_1 = 5,9\text{mm}$. Welche Wellenlänge λ hat das verwendete Licht?
- Füllt man einen Teil des Luftkeils mit Wasser aus, so rücken benachbarte dunkle Streifen auf einen Abstand $d_2 = 4,44\text{mm}$ zusammen. Bestimmen Sie daraus die Lichtgeschwindigkeit $c_{\text{H}_2\text{O}}$ und die Brechzahl $n_{\text{H}_2\text{O}}$ für Wasser.

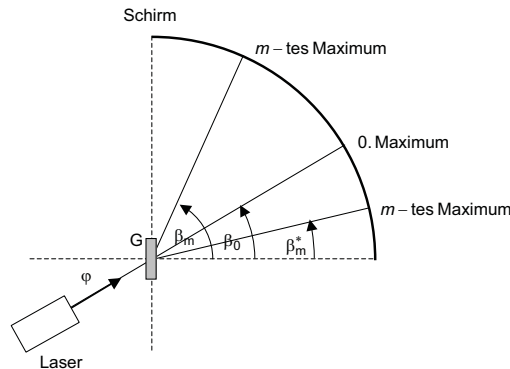
Aufgabe 6 (4 Punkte)

Monochromatisches Laserlicht der Wellenlänge $\lambda = 633\text{nm}$ fällt auf ein Gitter G mit der Gitterkonstanten $g = 1 \cdot 10^{-4}\text{m}$. Hinter dem Gitter befindet sich ein Schirm. Der Laser kann auf einem Kreisbogen um das Gitter bewegt werden. Fällt das Licht unter dem Winkel φ ein, so erscheint das Maximum 0. Ordnung unter dem Winkel $\beta_0 = \varphi$. Die beiden Maxima m -ter Ordnung erscheinen unter den Winkeln $\beta_m > \beta_0$ und $\beta_m^* < \beta_0$.

- Zeigen Sie, dass für die Winkel φ , β_m und β_m^* folgende Beziehungen gelten:

$$\sin \beta_m = \sin \varphi + \frac{m\lambda}{g} \qquad \sin \beta_m^* = \sin \varphi - \frac{m\lambda}{g} \qquad (1)$$

- Für welche Winkel φ können beide Maxima 5. Ordnung auf dem Schirm beobachtet werden?



Aufgabe 7 (3 Punkte)

Man kann die Formeln, die zur Beschreibung von Beugungsphänomenen an der kreisförmigen Blende hergeleitet wurden, benutzen, um das Auflösungsvermögen optischer Instrumente abzuschätzen. Ein einfaches Beispiel ist das Auge. Die Rolle der Blende wird dabei durch die Pupille eingenommen. Das korrespondierende Beugungsmuster im Fernfeld begrenzt das Auflösungsvermögen des Auges. Wir nehmen an, dass zwei Objekte gerade dann noch getrennt wahrgenommen werden können, wenn sie einen Öffnungswinkel für die Nullintensitätslinie (Rayleigh-Kriterium) voneinander entfernt sind. Nehmen Sie im folgenden eine Wellenlänge von 550nm an (maximale Empfindlichkeit des Auges).

- In welchem Abstand d kann das Auge zwei Autoscheinwerfer (Abstand $x = 1\text{m}$) noch als getrennt wahrnehmen? Nehmen Sie einen Pupillendurchmesser von 2mm an.
- Von allen punktförmigen Objekten am Nachthimmel hat man bei der Venus (Durchmesser $x = 13\,000\text{km}$, Abstand zur Erde ungefähr $d = 150 \cdot 10^9\text{m}$) noch am ehesten den Eindruck, dass sie flächig ist. Kann man die reale Größe der Venus mit bloßem Auge überhaupt sehen?

Aufgabe 8 (7 Punkte)

Röntgenstrahlen mit einer Wellenlänge von 20pm treffen auf freie Elektronen in einer dünnen Aluminiumfolie und werden durch den Compton-Effekt gestreut.

- Welche Energie und welchen Impuls hat ein Photon der eingehenden Röntgenstrahlung?
- Nach Streuung in der Folie werden Photonen unter einem Winkel von 60° relativ zur Eingangsrichtung gestreut. Wie groß ist der Anteil der Eingangsenergie, den diese Photonen auf das Elektron übertragen? Welche Wellenverschiebung tritt auf?
- Wie groß ist der maximal mögliche Energieverlust, den ein Photon mit Wellenlänge λ erfahren kann? Wie groß kann der relative Energieverlust für sichtbares Licht maximal sein ($\Delta\lambda_{\text{max}}/\lambda$)? Wie stark ist er für kosmische Gammastrahlen ($\lambda = 0,1\text{pm}$)?
- Warum betrachtet man gemeinhin nur den Fall der Streuung an freien Elektronen und nicht etwa an Protonen? Kommentieren Sie.