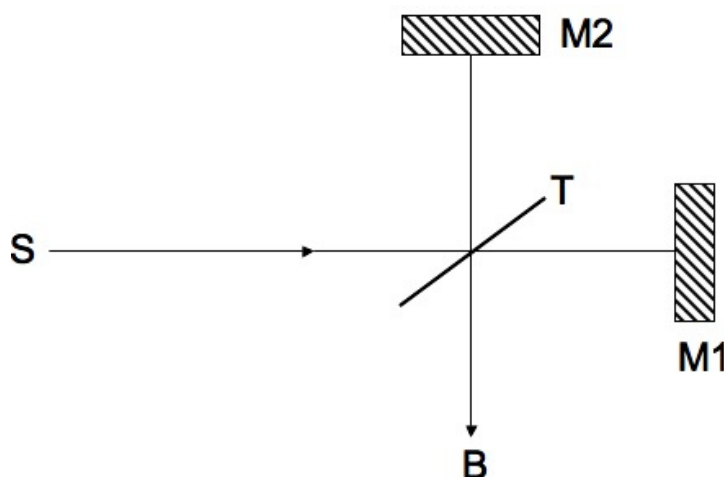


Übungsaufgaben zum Experimentalphysik III Ferienkurs

Max v. Vopelius, Matthias Brasse
25.02.2009

Aufgabe 1:

Gegeben sei ein Michelson-Interferometer.

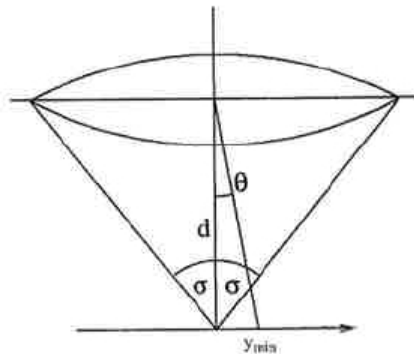


- Die Quelle S emittiere zunächst monochromatische Strahlung der Wellenlänge λ . Im Punkt B beobachtet man das Auftreten von 10 Interferenzmaxima, wenn der Spiegel M1 um die Strecke $d = 2.25\mu\text{m}$ in Strahlrichtung verschoben wird. Bestimmen sie die Wellenlänge λ .
- Zwischen Strahlteiler T und Spiegel M1 wird nun eine evakuierte Zelle der Länge $L = 10\text{cm}$ gestellt. Während des Auffüllens der Zelle mit CO_2 - Gas bis zum Atmosphärendruck wird das Auftreten von 200 Interferenzmaxima beobachtet. Bestimmen Sie den Brechungsindex n von CO_2 bei Atmosphärendruck.
- Mit dem Michelson-Interferometer können zwei eng benachbarte Wellenlängen aufgelöst werden. In Abhängigkeit von der Verschiebung d des Spiegels M1 beobachtet man maximale Intensität, wenn die einzelnen Interferenzbilder für die Strahlung der beiden Wellenlängen zusammenfallen. Die Quelle S emittiere nun zwei Strahlungen der Wellenlängen λ und λ' mit $\lambda \approx \lambda' \approx 450\text{nm}$. Die Strecke, die der Spiegel M1 zwischen zwei benachbarten maximaler Intensität verschoben werden muss, ist $d = 90\mu\text{m}$. Bestimmen Sie $\Delta\lambda = |\lambda - \lambda'|$.
- Wieviele Spalte muss ein Gitterspektrograph mindestens besitzen, wenn dieselben Wellenlängen λ und λ' in erster Ordnung aufgelöst werden sollen.

Aufgabe 2: Auflösungsvermögen von Mikroskopen

Das Auflösungsvermögen y_{\min} eines Lichtmikroskops soll mit dem eines Elektronenmikroskops verglichen werden. Es wird zunächst angenommen, dass beide einen Öffnungswinkel

$2\sigma = 120^\circ$ haben. Das Lichtmikroskop wird mit Licht eines He-Ne-Lasers ($\lambda = 632.8\text{nm}$) betrieben, die Elektronen haben eine kinetische Energie von 100keV .



- Wie groß ist das Auflösungsvermögen $y_{min,L}$ des Lichtmikroskops, wenn keine Immersionsflüssigkeit verwendet wird?
- Wie groß sind Impuls (relativistisch!) und Wellenlänge λ_e der Elektronen? Um wieviel mal besser löst das Elektronenmikroskop auf, wenn die Öffnungswinkel dieselben sind?
- Wegen Abbildungsfehlern der Elektronenoptik lassen sich jedoch nur wesentlich kleinere Öffnungswinkel realisieren. Wie groß ist das Auflösungsvermögen wenn $2\sigma = 1^\circ$ beträgt?

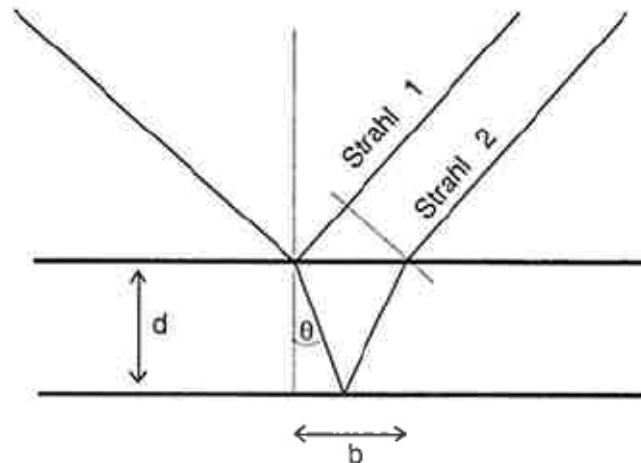
Aufgabe 3: Phasenverschiebungsplättchen

Gegeben ist ein Phasenverschiebungsplättchen mit optischer Achse parallel zur Grenzfläche. Das Licht fällt senkrecht auf das Plättchen. Beim Durchgang durch die Platte werden ordentlicher und außerordentlicher Strahl gegeneinander phasenverschoben. (Brechungsindizes n_o bzw. n_{ao})

- Wie groß ist der Phasenunterschied als Funktion der Dicke d ?
- Welche Dicke muss ein Plättchen aus Kalkspat mit $n_o = 1.65$ u. $n_{ao} = 1.48$ haben, um für Licht der Wellenlänge $\lambda = 587.6\text{nm}$ einen Phasenunterschied von π zwischen ordentlichem u. außerordentlichem Strahl zu bewirken? Wieso nennt man ein derartiges Plättchen $\lambda/2$ -Plättchen?

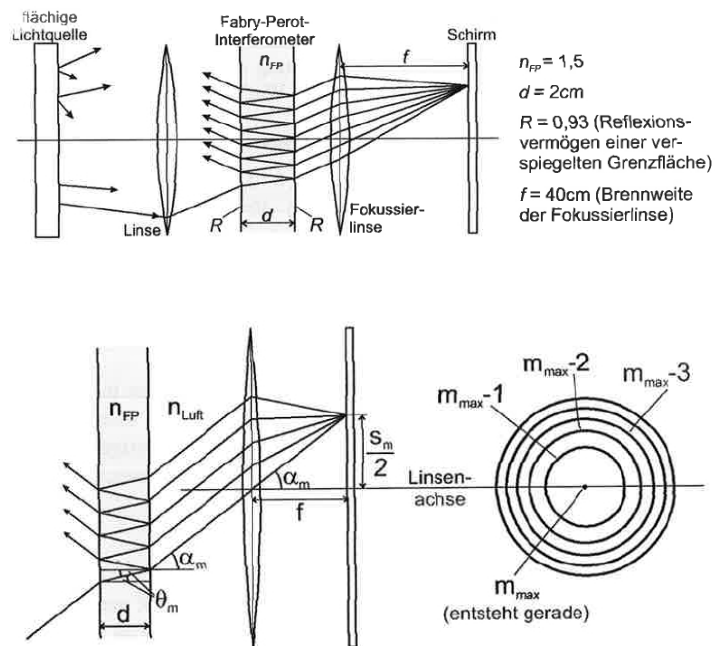
Aufgabe 4: Seifenblase

- Erklären Sie, warum Seifenblasen in bunten Farben schillern
- Weißes Licht (ebene Wellenfront) fällt unter einem Winkel von 45° auf eine Seifenblase ($n = 1.33$). Im reflektierten Licht beobachtet man Farben bis zu einer max. Wellenlänge von $\lambda = 0.6\mu\text{m}$. Bestimmen sie die Dicke der Seifenblase.



Aufgabe 5: Fabry-Perot Interferometer

Gegeben sei ein Fabry-Perot Interferometer. Eine flächige Lichtquelle liefert Licht der Wellenlänge $\lambda \approx 555\text{nm}$. In der Grafik ist einer von vielen möglichen Strahlengängen eingezeichnet.



- Welchen maximalen Durchmesser kann der innerste Interferenzring auf dem Beobachtungsschirm annehmen? Welchen Durchmesser haben dann die beiden Nachbarringe?
- Wie groß ist die Finesse des Interferometers?
- Berechnen Sie das Auflösungsvermögen und den freien Spektralbereich (Wellenlängenbereich in dem sich Maxima unterschiedliche Ordnungen noch nicht überlagern).

Aufgabe 6: Oberflächenvergütung

Zur Unterdrückung störender Reflexionen an Glasoberflächen können dielektrische Schichten aufgebracht werden.

- a) Auf eine Glasoberfläche mit $n_g = 1.60$ wird eine Schicht aus Magnesiumfluorid mit $n_{MgF_2} = 1.38$ aufgebracht. Wie dick muss die Schicht sein, damit für Licht der Wellenlänge $\lambda = 555nm$ die Reflexion vermindert wird?
- b) Warum verwendet man für die Schicht kein Material mit Brechungsindex $n > n_g$?

Aufgabe 7: Radioastronomie

Der Durchmesser der Sonne beträgt $1.39 \cdot 10^6 km$ und ihr Abstand zur Erde etwa $l = 150 \cdot 10^6 km$. Sonnenflecken haben Durchmesser von bis zu $d = 5 \cdot 10^4 km$. Zur Untersuchung von Sonnenflecken nutzt man Wellenlängen von $\lambda = 2m$.

- a) Welchen Durchmesser D müsste der Reflektor eines Radioteleskops haben, mit dem man Sonnenflecken auflösen kann?
- b) Berechnen Sie zum Vergleich die Winkelauflösung des Spiegelteleskops auf dem Mt. Palomar für $\lambda = 550nm$. Es hat einen Spiegeldurchmesser von $D = 5m$.

Aufgabe 8: Doppelbrechung

Auf ein planparalleles Kalkspatplättchen der Dicke d , dessen optische Achse parallel zur Oberfläche ist, fällt senkrecht polarisiertes Licht der Wellenlänge λ , wobei die Polarisationsrichtung einen Winkel von 45° mit der optischen Achse bildet. Der Brechungsindex für den ord. Strahl ist $n_o = 1.6584$, der Brechungsindex für den außerord. Strahl ist $n_{ao} = 1.4864$. Hinter der Platte befindet sich ein Polarisationsfilter, dessen Durchlassrichtung mit der optischen Achse einen Winkel Θ bildet. Wie groß ist die Intensität des Lichtes nach dem Polarisationsfilter, wenn die einfallende Intensität I_0 ist? Was ergibt sich für $\lambda = 500nm$ und $d = 6.541\mu m$? Wie ist in diesem Fall das die Platte verlassende Licht polarisiert?