

Aufgabe 1, Spalt 1

Auf einen Spalt der Breite $d = 0,4$ mm fällt einfarbiges paralleles Licht. Auf der anderen Seite des Spaltes steht im Abstand $a = 3,2$ m parallel zur Spaltebene ein Schirm, auf dem Beugungsstreifen beobachtet werden.

a) Für die den zentralen hellen Streifen einschließenden dunklen Streifen wird ein Abstand von $2l = 8,6$ mm gemessen. Wie groß ist die Wellenlänge λ des benutzten Lichtes?

b) Der Spalt wird auf $d = 0,2$ mm Breite verengt. Wie wirkt sich das auf das Beugungsbild aus?

c) Wie ändern sich die Erscheinungen, wenn der Raum zwischen Spalt und Schirm mit Wasser ausgefüllt wird? (Brechzahl des Wassers: $n = \frac{4}{3}$)

Lösung: a) $\lambda = 537,5$ nm b) l verdoppelt sich c) $l' = \frac{3}{4}l$

Aufgabe 2, Spalt 2

Auf einen Karton, in den ein Loch gestanzt wurde, werden zwei Rasierklingen geklebt, so daß ein sehr enger Spalt entsteht. Es wird mit Hilfe von Na-Licht der Wellenlänge $\lambda = 590$ nm ein Beugungsbild hergestellt. Im Abstand $b = 255$ cm vom Spalt haben die den zentralen hellen Streifen einschließenden dunklen Streifen den Abstand $2d = 13$ mm. Welche Breite hat der Spalt?

Lösung:

Aufgabe 3, Natur des Lichts

Warum reicht der Doppelspaltversuch allein nicht aus, um die Hypothese, daß Licht eine elektromagnetische Welle ist, ausreichend zu begründen?

Lösung: Elektromagnetische Wellen müssen transversalen Charakter haben. Es muß also noch die Polarisierbarkeit von Licht gezeigt werden.

Aufgabe 4, Doppelspalt 1

Grünes Licht der Wellenlänge $\lambda = 546$ nm trifft auf einen Doppelspalt. Auf einem 2 m entfernten Schirm wird für den gegenseitigen Abstand der Minima 4. Ordnung ein Wert $2d_4 = 2,0$ cm gemessen.

a) Wie groß ist der Abstand g der Spaltmitten?

b) Wie ändert sich der Streifenabstand, wenn man g verkleinert?

c) Es soll gezeigt werden, daß der Abstand zwischen benachbarten dunklen Streifen konstant ist.

d) In einem weiteren Versuch wird der Doppelspalt mit einfarbigem Licht

unbekannter Wellenlänge beleuchtet. Die jetzt auf dem Schirm zu beobachtenden Interferenzstreifen haben einen Abstand von 1,7 mm. Welche Wellenlänge hat das Licht?

(Hinweis: Die Spaltbreite soll im Vergleich zum Spaltabstand sehr viel kleiner sein)

Lösung: a) $g = 4,91 \cdot 10^{-4}$ m c) $d_{n+1} - d_n = \text{konst}$ d) 416 nm

Aufgabe 5, Doppelspalt 2

Paralleles monochromatisches Licht der Wellenlänge λ fällt senkrecht auf einen Doppelspalt mit dem Spaltabstand $g = 0,10$ mm. Das entstehende Beugungsbild wird in $a = 3,0$ m Abstand vom Doppelspalt auf einem Schirm beobachtet.

a) Leite die Beziehung für die Beugungswinkel β_k her, unter denen Intensitätsmaxima k-ter Ordnung auftreten. Der Abstand eines Maximums 1. Ordnung vom Maximum 0. Ordnung beträgt 1,8 cm. Welche Wellenlänge λ_1 hat dann das verwendete Licht?

b) Der Doppelspalt wird nun mit Licht der Wellenlänge $\lambda_2 = 750$ nm beleuchtet. Berechne, wieviele Maxima insgesamt beobachtet werden können, wenn der Schirm 30 cm breit ist.

(Hinweis: Die Spaltbreite soll im Vergleich zum Spaltabstand sehr viel kleiner sein)

Lösung: a) $k\lambda = g \sin \beta_k$ $\tan \beta_1 = 0,6 \cdot 10^{-2}$ $\lambda_1 = 600$ nm
b) 13 Maxima

Aufgabe 6, Doppelspalt 3

Paralleles Licht fällt senkrecht auf einen Doppelspalt (Abstand der sehr engen Spalte $5 \cdot 10^{-4}$ m). Das Beugungsbild wird auf einem ebenen Schirm aufgefangen, der parallel zur Doppelspaltebene in 2 m Abstand aufgestellt ist.

a) Wie groß ist für kleine Beugungswinkel α der Abstand benachbarter heller Streifen für eine Spektrallinie S_1 der Wellenlänge $\lambda_1 = 500$ nm?

b) Eine zweite Spektrallinie S_2 der Wellenlänge $\lambda_2 = 500$ nm + $\Delta\lambda$ erscheint in der k-ten Ordnung des Beugungsbildes gerade noch von S_1 getrennt, wenn das Maximum k-ter Ordnung von S_2 auf das Minimum k-ter Ordnung von S_1 fällt. Bestimme $\Delta\lambda$ für die erste und die fünfte Ordnung jeweils so, daß S_1 und S_2 noch getrennt werden können.

c) Bestimme allgemein das sog. spektrale Auflösungsvermögen $\frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ des Doppelspaltens in Abhängigkeit von der Ordnung k des Beugungsbildes.

Lösung: a) 2 mm b) $\Delta\lambda = 250$ nm , $\Delta\lambda = 50$ nm c) $\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = 2k$

Aufgabe 7, Quecksilberlampe

Das Licht einer Quecksilberdampfampe fällt parallel auf einen Doppelspalt mit 1,2 mm Spaltabstand. Das Beugungsbild wird auf einem 2,73 m entfernten Schirm beobachtet. Im grünen Licht entfallen 5 dunkle Streifen auf 6,2 mm, im blauen Licht auf 4,9 mm. Welche Wellenlängen haben die beiden Quecksilberlinien?

Lösung: $\lambda_{grun} = 545 \text{ nm}$, $\lambda_{blau} = 431 \text{ nm}$

Aufgabe 8, Doppelspalt 4

Auf einen Doppelspalt mit veränderbarem Spaltabstand g fällt grünes Licht der Wellenlänge $\lambda = 500 \text{ nm}$. Für die Spaltbreiten d gilt $d \ll g$. Das Bild des Spalts wird auf einem Schirm im Abstand $s = 50 \text{ cm}$ beobachtet (s kann als groß gegenüber g angesehen werden).

- Wie sieht das Interferenzmuster auf dem Schirm aus, und wie kommt es zustande? (Vergleiche es zunächst mit dem Interferenzmuster eines Einfachspaltes, und erkläre dann die Unterschiede!)
- Der Abstand benachbarter heller Streifen auf dem Schirm beträgt 4,0 mm. Wie groß ist der Spaltabstand g .
- Wie groß muß der Spaltabstand g gewählt werden, damit Licht der Wellenlänge $\lambda = 800 \text{ nm}$ ebenfalls den Streifenabstand 4,0 mm erzeugt?
- Die grüne Lichtquelle wird durch eine gelb erscheinende Quelle ersetzt. Diese erzeugt zwei sichtbare Spektrallinien bei $\lambda_1 = 510 \text{ nm}$ (grün) und bei $\lambda_2 = 765 \text{ nm}$ (rot), wodurch eine gelbliche Mischfarbe entsteht. Beschreibe das Beugungsbild dieser Lichtquelle (farbige Skizze?) über einen Bereich von 4 Ordnungen rechts und links des zentralen Maximums.

Lösung: a) Das Hauptmaximum des Einzelspaltes erscheint von 2 dunklen Linien durchzogen, ebenso alle anderen Nebenmaxima.
b) 0,063 mm c) 0,1 mm d) Reihenfolge vom Maximum 0. Ordnung (gelb) aus: $grün_1, rot_1, g_2, (rot_2, grün_3) = gelb, grün_4, rot_3$

Aufgabe 9, Spalt 3

Auf einen Spalt der Breite 0,4 mm fällt Licht der Wellenlänge $\lambda = 600 \text{ nm}$.

- Bestimme durch Rechnung, unter welchem Winkel das erste seitliche Nebenmaximum auftritt.
- In welchem Abstand vom Zentrum des Hauptmaximums beobachtet man das erste Nebenmaximum auf einem Schirm, der sich in einem Abstand von 3 m zum Spalt befindet?
- Was ergibt sich in der Richtung aus Teilaufgabe a, wenn man das erste Drittel des Spaltes mit Hilfe eines undurchsichtigen Schirms abdeckt?
- Was ergibt sich in derselben Richtung, wenn man das mittlere Drittel des Spaltes abdeckt? Begründung!

Lösung:

Aufgabe 10, Spaltbreite

Mit Hilfe eines roten Laserpointers soll die Breite eines sehr schmalen Spaltes gemessen werden.

a) Erstelle eine beschriftete Skizze einer geeigneten Messanordnung und erläutere das Vorgehen. Gib alle zu messenden Größen an und beschreibe, wie sich daraus die Spaltbreite ermitteln lässt.

Mit welcher prozentualen Genauigkeit lässt sich die Spaltbreite in etwa ermitteln, wenn man lediglich die Farbe des Laserpointers kennst?

b) Um die Genauigkeit zu verbessern soll nun die Wellenlänge des Lasers mit Hilfe eines optischen Beugungsgitters bestimmt werden. Die Gitterkonstante beträgt $g = 0,5 \cdot 10^{-5}$ m, der Abstand b des Schirms, auf dem das Beugungsbild beobachtet wird, beträgt 80 cm. Das erste Nebenmaximum erscheint in einem Abstand d von $10,9 \pm 0,2$ cm zur Mitte des Maximums 0. Ordnung. Welche Wellenlänge hat der Laserpointer und wie gross ist in etwa der Fehler? Wie gross ist die Frequenz des Laserlichts? Wie viele Intensitätsmaxima kann man mit der beschriebenen Anordnung beobachten?

Lösung: a) Wellenlängen zwischen 650 und 750 nm erscheinen in etwa rot. Dem entspricht grob ein Fehler um 10% ($\frac{5}{70}$)
b) $\lambda = 675 \pm 12$ nm, $f = 4,44 \cdot 10^{14}$ Hz, 15 Maxima entsprechend 7 Ordnungen.