

Aufgabe 1, Gitter 1

Senkrecht auf ein optisches Strichgitter mit 100 äquidistanten Spalten je 1 cm Gitterbreite fällt grünes monochromatisches Licht der Wellenlänge $\lambda = 544 \text{ nm}$. Unter welchen Beugungswinkeln α_1 , α_5 und α_{10} sind die Spektrallinien der 1., 5. und 10. Ordnung zu beobachten?

Lösung: $\alpha_1 = 0,312^\circ$ $\alpha_5 = 1,56^\circ$ $\alpha_{10} = 3,12^\circ$

Aufgabe 2, Spektrum

Das kontinuierliche Spektrum 1. Ordnung des sichtbaren Glühlichtes einer Kohlebogenlampe erstreckt sich über den Wellenlängenbereich von $\lambda_{\text{viol}} = 390 \text{ nm}$ bis $\lambda_{\text{rot}} = 780 \text{ nm}$. Das Spektrum soll mit Hilfe eines optischen Strichgitters der Gitterkonstante $g = 0,01 \text{ mm}$ erzeugt werden.

a) Welchen Abstand b muß der Schirm vom Gitter haben, damit das Spektrum 12 cm breit ist?

b) Es soll gezeigt werden, daß sich die Spektren 2. und 3. Ordnung teilweise überlappen, während die Spektren 1. und 2. Ordnung voneinander getrennt sind.

c) Ist das in Teilaufgabe b) beschriebene Verhalten von der Wahl der Gitterkonstanten g abhängig? Begründung!

Lösung: a) $b = 3,08 \text{ m}$ c) nein

Aufgabe 3, Reihenfolge

Das Wasserstoff-Linienspektrum enthält 3 Linien im sichtbaren Bereich: H_α mit $\lambda = 656 \text{ nm}$, H_β mit $\lambda = 486 \text{ nm}$ und H_γ mit $\lambda = 434 \text{ nm}$. Ein Gitter mit 5700 äquidistanten Einzelspalte je 1 cm Gitterbreite erzeugt ein Spektrum. In welcher Reihenfolge liegen die einzelnen Linien im Beugungswinkelbereich bis 60° auf dem Schirm?

Lösung: $H_{\gamma_1}, H_{\beta_1}, H_{\alpha_1}, H_{\gamma_2}, H_{\beta_2}, H_{\gamma_3}, H_{\alpha_2}, H_{\beta_3},$

Aufgabe 4, Quecksilberlampe

Das Spektrum einer Quecksilberdampfampe soll mit Hilfe eines Beugungsgitters auf einem Schirm erzeugt werden.

a) Skizziere den Versuchsaufbau mit Strahlengang.

b) Leite anhand einer Skizze eine allgemeine Bedingung für die Richtungswinkel her, unter denen vom Gitter aus gesehen die Maxima für eine Wellenlänge auf dem Schirm erscheinen.

c) Die Entfernung Schirm - Beugungsgitter beträgt $e = 2,0 \text{ m}$. Die beiden Maxima 1. Ordnung für die blaue Quecksilberlinie mit $\lambda = 436 \text{ nm}$ haben

voneinander die Entfernung $2d = 25,6$ cm. Berechne die Gitterkonstante g .

d) Untersuche durch Rechnung, ob die Spektren der ersten und zweiten Ordnung für den Wellenlängenbereich 436 nm bis 600 nm noch überlappungsfrei auf dem Schirm erscheinen oder nicht.

Lösung: b) $\sin \alpha = \frac{m\lambda}{g}$ c) $g = 6,81 \cdot 10^{-6}$ m
d) Getrennt, falls $\lambda_r < 2\lambda_b$ und $2\lambda_r < 3\lambda_b$. Dies trifft zu.

Aufgabe 5, Gitter 2

Ein optisches Gitter mit der Gitterkonstanten g steht parallel zu einem $a = 1,50$ m entfernten ebenen Schirm, der $b = 1,60$ m breit ist.

a) Senkrecht auf das Gitter trifft monochromatisches Licht mit der Wellenlänge λ . Die Linie 0-ter Ordnung liegt in der Schirmmitte. Die Anordnung befindet sich zunächst im Vakuum. d_k ist der Abstand der Linien des Spektrums k -ter Ordnung von der Schirmmitte. Leite allgemein die Beziehungen her, mit deren Hilfe λ bestimmt werden kann.

b) Statt monochromatischen Lichtes fällt nun weißes Licht einer Glühlampe auf das Gitter. Dieses besitzt 250 Linien pro mm. Berechne, wie weit das violette Ende des Spektrums 2-ter Ordnung vom roten Ende des Spektrums 2. Ordnung entfernt ist. ($\lambda_{viol} = 400$ nm; $\lambda_{rot} = 750$ nm)

c) Wie groß müßte die Gitterkonstante sein, damit das Spektrum 2-ter Ordnung gerade noch vollständig auf den Schirm fällt? Das Spektrum 2-ter Ordnung wird teilweise vom Spektrum 3-ter Ordnung überdeckt. Bei welcher Wellenlänge des Spektrums 2-ter Ordnung beginnt das Spektrum 3-ter Ordnung. Zeige, daß diese Wellenlänge nicht von g abhängt.

d) Der Raum, in dem sich die Apparatur befindet, sei nun mit einem Medium der Brechungszahl n gefüllt; das Gitter hat 250 Linien pro mm. Wie ändert sich das Bild auf dem Schirm (mit Begründung)? Wie groß müßte die Brechungszahl n mindestens sein, damit das Spektrum 3-ter Ordnung noch vollständig auf den Schirm fällt?

Lösung: a) $\tan \alpha_k = \frac{d_k}{a}$ b) $D = 31$ cm c) $c = 3,2 \cdot 10^{-6}$ m d)
 $\lambda = 600$ nm

Aufgabe 6, Gitter 3

Paralleles, einfarbiges Licht der Wellenlänge λ fällt senkrecht auf ein optisches Gitter der Gitterkonstanten g und erzeugt auf einem parallel zum Gitter im Abstand a aufgestellten Schirm helle Linien.

a) Erkläre unter Verwendung einer geeigneten Skizze das Zustandekommen der hellen Linien auf dem Schirm. Leite je eine Beziehung her zur Berechnung des Winkels β_k , unter dem das Maximum k -ter Ordnung entsteht, bzw. des Abstandes $2d_k$ der beiden Maxima k -ter Ordnung auf dem

Schirm.

b) Berechne den Abstand der Maxima 4. Ordnung bei einer solchen Anordnung mit einem Gitter mit 2000 Strichen pro cm, Licht der Wellenlänge $\lambda = 546 \text{ nm}$ und einem Schirmabstand $a = 1,50 \text{ m}$. Bis zu welcher Ordnung können Maxima auftreten? Der Abstand benachbarter Maxima wächst mit zunehmender Ordnung. Berechne den Unterschied dieser Abstände für die Nachbarmaxima eines Maximums 4. Ordnung.

c) Nun läßt man auf das Gitter der Teilaufgabe b) sichtbares Licht der Wellenlängen $400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$ fallen. Zeige, daß sich die Spektren 2. und 3. Ordnung überlappen. Welche Beziehung muß zwischen λ_1 , und λ_2 bestehen, damit für Licht aller Wellenlängen λ im Bereich $\lambda_1 < \lambda < \lambda_2$ sich die Spektren der Ordnung k und der Ordnung $(k+1)$ nicht überlappen?

Lösung: a) $2d_k = 2a \tan \beta_k$ b) $2d_4 = 1,46 \text{ m}$, Max. 9.Ordnung, $\Delta = 3 \text{ cm}$

c) $d_3(R) = 0,69 \text{ m}$ $k\lambda_2 \leq (k+1)\lambda_1$

Aufgabe 7, Gitter 4

Auf ein optisches Gitter mit der Gitterkonstanten $g = 1,75 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ trifft senkrecht rotes Licht der Wellenlänge $\lambda_r = 750 \text{ nm}$. Auf einer $e = 1,00 \text{ m}$ entfernten Wand wird das Beugungsbild beobachtet.

a) Leite die Formel für die Beugungswinkel α_n her, unter denen Helligkeitsmaxima auftreten.

b) Wieviele Helligkeitsmaxima sind zu beobachten? Unter welchem Beugungswinkel erscheinen dabei die beiden äußersten Maxima, und welche Entfernung haben sie auf der Wand voneinander?

c) Das Gitter wird zusätzlich mit violetterem Licht der Wellenlänge $\lambda_v = 400 \text{ nm}$ bestrahlt. Wieviele violette Maxima liegen zwischen den roten Maxima 1. und 2. Ordnung auf einer Hälfte des Beugungsbildes?

d) Das Gitter soll nun zur Messung von Lichtwellenlängen benutzt werden. Das Maximum 0. Ordnung befindet sich in der Mitte eines $0,80 \text{ m}$ breiten Schirms. Die Entfernung Gitter Schirm beträgt $e = 1,0 \text{ m}$. Welche größte Wellenlänge kann mit dieser Anordnung gemessen werden?

Lösung: a) $\sin \alpha_n = \frac{n\lambda_r}{g}$ b) $n = -2, -1, 0, 1, 2$, $2d_2 = 3,328 \text{ m}$ c)
n = 2; 3 d) $\lambda = 650 \text{ nm}$

Aufgabe 8, Gitter 5

Ein Gitter mit der Gitterkonstanten $g = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ wird senkrecht mit parallelem Licht der Wellenlänge $\lambda = 630 \text{ nm}$ bestrahlt. Parallel zum Gitter steht im Abstand $a = 8 \text{ cm}$ ein Schirm der Breite $l = 20 \text{ cm}$. Die Linie 0. Ordnung liegt in der Schirmmitte.

a) Wie viele Maxima entstehen insgesamt?

b) Wie viele dieser Maxima sind auf dem Schirm zu beobachten?

c) Die Lichtquelle wird jetzt durch eine Quecksilberdampfampe ersetzt. Links und rechts vom Maximum 0. Ordnung sieht man die Maxima höherer Ordnung der hellsten Spektrallinien des Quecksilbers. Man mißt dabei folgende Abstände zwischen den Linien der 1. Ordnung:

Farbe	blau	grün	gelb
Abstand $2d$ in mm	1,7	2,1	2,3

Berechne die Wellenlängen und Frequenzen des Lichts.

d) Man beobachtet bei obiger Anordnung, daß Maxima des gelben Lichts näherungsweise mit Maxima des blauen Lichts der nächsthöheren Ordnung zusammenfallen. Berechne die Ordnung dieser Maxima.

Lösung:

Aufgabe 9, Kohlenbogenlampe

Das weiße Licht einer Kohlenbogenlampe erstreckt sich über den Wellenlängenbereich von $\lambda_{viol} = 390$ nm bis $\lambda_{rot} = 780$ nm. Es soll mit Hilfe eines optischen Strichgitters untersucht werden. Dabei beobachtet man auf einem Schirm eine zentrale weiße Linie und auf beiden Seiten farbige Spektren.

a) Erkläre das Zustandekommen sowohl der weissen Linie wie auch der Spektren.

b) Der Schirm befindet sich in einem Abstand von 1,6 m zum Gitter. Das Spektrum erster Ordnung soll 15 cm breit werden. Wieviel Linien pro Millimeter muss das Gitter dazu haben? (Verwende die Näherung für kleine Winkel)

c) Im folgenden soll das Spektrum einer Quecksilberdampfampe untersucht werden. Dabei erscheinen auf dem Schirm in den Bereichen, die vorher die farbigen Spektren eingenommen hatten, lediglich jeweils drei Linien in den Farben gelb, grün und blau. Berechne die zugehörigen Wellenlängen, wenn die gelbe Linie eine Wellenlänge von 578 nm hat, und die Abstände der grünen und blauen Linie zur gelben Linie im Spektrum 1. Ordnung 3,3 cm und 5,5 cm betragen.

d) Ersetzt man den Schirm durch einen weissen Laborkittel, der mit "Weisse Liese" gewaschen wurde, so bemerkt man eine neue blaue Linie, die mit der gelben Linie im Spektrum zweiter Ordnung zusammenfällt. Welche Wellenlänge hat diese Linie, wenn man annimmt, das sie in 3. Ordnung erscheint?

Lösung: b) $g = 4,16 \cdot 10^{-6}$ m, 240 Linien/mm, c) $\lambda_g = 492,4$ nm, $\lambda_b = 439,4$ nm d) $\lambda = 385,4$ nm,

Aufgabe 10, Farben der CD

Das Farbenspiel einer beleuchteten CD beruht auf der Interferenz des Lichts, das an den feinen Vertiefungen (pits), die die Daten tragen, reflektiert wird. Diese sind entlang einer eng gewundenen Spirale angeordnet, der Abstand zwischen zwei benachbarten Spuren beträgt dabei $1,6 \mu\text{m}$. Die parallelen Spuren wirken als (Reflektions)-gitter, wobei jede Spur durch Reflektion eine Lichtwelle nach allen Seiten aussendet.

Wir betrachten ein kleines Stück einer CD, auf die Licht senkrecht einfällt. Die Lichtwellen zweier benachbarter Spuren, die in die gleiche Richtung reflektiert werden, weisen einen Gangunterschied auf, der vom Reflektionswinkel abhängt (siehe Skizze).

Berechne die Winkel, unter denen für die Wellenlängen $\lambda_1 = 650 \text{ nm}$ (rot), $\lambda_2 = 550 \text{ nm}$ (grün) und $\lambda_3 = 400 \text{ nm}$ (violett) Interferenzmaxima auftreten.

Wieviele Interferenzordnungen lassen sich mit einer CD beobachten?

Erläutere das Zustandekommen der Farberscheinungen, wenn man die CD mit weißem Licht beleuchtet.

Lösung:

