

Interferenz am Gitter

38. Auf ein optisches Gitter mit der Gitterkonstante $4,00 \cdot 10^{-6}$ m fällt Licht der Wellenlänge 694 nm senkrecht ein. Das Interferenzbild wird auf einem $e = 2,00$ m entfernten ebenen Schirm beobachtet, der parallel zum Gitter steht.

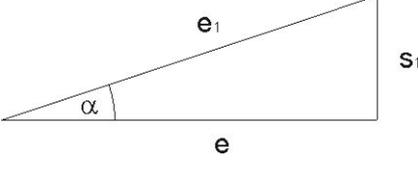
- Berechnen Sie den Abstand der auf dem Schirm sichtbaren Helligkeitsmaxima 1. Ordnung voneinander.
- Bis zur wievielten Ordnung können theoretisch Helligkeitsmaxima auftreten?
- Weisen Sie rechnerisch nach, dass die Spektren 2. und 3. Ordnung einander überlappen, wenn sichtbares Licht aus dem Wellenlängenintervall $400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 750 \text{ nm}$ benutzt wird!

50. Ein optisches Gitter mit 2000 Strichen pro cm wird von parallelem weißem Licht senkrecht beleuchtet. ($400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 800 \text{ nm}$)

- Wie breit erscheint das Spektrum 1. Ordnung auf einem 3,20 m entfernten Schirm?
- Zeigen Sie, dass sich die sichtbaren Spektren 2. und 3. Ordnung überlappen!
- Bis zu welcher Wellenlänge ist das Spektrum 2. Ordnung noch ungestört zu sehen?

Lösungen

38.

geg.:	$b = 4,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ $\lambda = 694 \text{ nm}$ $e = 2,00 \text{ m}$	ges.:	a) $2 \cdot s_1$ b) k
Lösung:	a) Es wird nach der Gleichung für Maxima am Gitter der Abstand des 1. Maximum vom 0. Maximum berechnet. $\frac{\lambda}{b} = \frac{s_1}{e_1}$		
	Berechnung von e_1 : Für Maxima gilt: $\sin \alpha = \frac{\lambda}{b}$ $\alpha = 10^\circ$	$\cos \alpha = \frac{e}{e_1}$ $e_1 = \frac{e}{\cos \alpha}$ $e_1 = 2,03 \text{ m}$	
	Mit dieser Entfernung Gitter - Maximum lässt sich nun die gesuchte Größe berechnen: $\frac{\lambda}{b} = \frac{s_1}{e_1}$ $s_1 = \frac{\lambda}{b} \cdot e_1$ $s_1 = 0,35 \text{ m}$ $2 \cdot s_1 = 0,7 \text{ m}$ b) Der Ablenkwinkel α am Gitter kann maximal 90° betragen. Mit diesem Winkel wird k berechnet. $\sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{b}$ $k = \frac{\sin \alpha \cdot b}{\lambda}$ $k = \frac{1 \cdot 4,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{694 \cdot 10^{-9} \text{ m}}$ $k = 5,76$ k muss eine natürliche Zahl sein. Auf dem Schirm ist also maximal das 5. Maximum zu erkennen. Das 6. Maximum liegt schon außerhalb. c) Ab dem 1. Maximum sind die hellen Streifen farbig. Innen (zum 0. Maximum hin) liegt blaues Licht, außen rotes Licht. Das heißt, es muss überprüft werden, ob sich das rote Licht (750 nm) des 2. Maximum mit dem blauen Licht (400 nm) des 3. Maximum überlappen. Dazu werden die Winkel berechnet.		
	$\sin \alpha_{2r} = \frac{k \cdot \lambda_r}{b}$ $\sin \alpha_{2r} = \frac{2 \cdot 750 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{4 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$ $\alpha_{2r} = 22^\circ$	$\sin \alpha_{3b} = \frac{k \cdot \lambda_b}{b}$ $\sin \alpha_{3b} = \frac{3 \cdot 400 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{4 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$ $\alpha_{3b} = 17,5^\circ$	
	Das rote Licht des 2. Maximums wird stärker abgelenkt als das blaue Licht des 3. Maximums. Damit überlappen sich die beiden Maxima.		

Antwort:	<p>a) Die beiden Maxima 1. Ordnung haben einen Abstand von 70 cm.</p> <p>b) Die Maxima sind bis zur 5. Ordnung zu erkennen.</p> <p>c) Beide Maxima überlappen sich.</p>
----------	---

50.

geg.:	$\lambda_b = 400 \text{ nm}$ $\lambda_r = 800 \text{ nm}$ $b = \frac{1}{200} \cdot 10^{-3} \text{ m}$ $e = 3,2 \text{ m}$	ges.:	
Lösung:	<p>a) Um die Breite des Maximums zu bestimmen werden die äußeren Ränder des Spektrums untersucht. Den inneren Rand bildet der blaue Teil des Lichtes und den äußeren Rand der rote Teil.</p> <p>Es wird die Gleichung Maximumsgleichung für die Interferenz am Gitter verwendet:</p> $\frac{k \cdot \lambda}{b} = \frac{s_k}{e_k}$ <p>Da es sich um das erste Maximum handelt, wird $k=1$. e_k ist die Entfernung des Gittermittelpunktes zum Schirm. Es kann der Einfachheit halber e verwendet werden, da die Unterschiede zwischen den beiden Entfernungen in diesem Fall gering sind.</p> $s = \frac{\lambda}{b} \cdot e$ $s = \frac{400 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{\frac{1}{200} \cdot 10^{-3} \text{ m}} \cdot 3,2 \text{ m}$ $s = 0,256 \text{ m}$ <p>und für rote Licht</p> $s = 0,512 \text{ m}$ <p>Damit ist das erste Maximum 0,256 m oder 25,6 cm breit.</p> <p>b)</p> <p>Die Überlappung erfolgt am äußeren Rand des 2. und inneren Rand des 3. Maximums. Es muss nachgewiesen werden, dass das rote Licht des 2. Maximums weiter abgelenkt wird als das blaue Licht des 3. Maximums. Dazu wird wieder die Gleichung aus Aufgabe 1 verwendet.</p> $s_{r2} = 1,024 \text{ m}$ $s_{b3} = 0,768 \text{ m}$ <p>Die beiden Maxima überlagern sich.</p> <p>c) Es muss untersucht werden, wie groß die Wellenlänge für das 2. Maximum bei einer Entfernung von 0,768 m ist. Dazu wird wieder die Gleichung aus a) verwendet:</p> $s = \frac{2 \cdot \lambda}{b} \cdot e$ $\lambda = \frac{s \cdot b}{2 \cdot e}$ $\lambda = 600 \text{ nm}$		
Antwort:			