

Planarbeit „Weiterführende Interferenzaufgaben“

Verwende folgende Hilfsmittel:

- Simulation „Gitter.exe“
- Skript: „Weitere Interferenzthemen“
- Lösungen – siehe unten - wenn es alleine nicht klappt ;-))

Zeit: Abgabe in einer Woche – als Hausaufgabe(!)

Bearbeite folgende Aufgaben zuerst mit der Simulation und dann „von Hand“:

1. Gegeben ist ein Doppelspalt mit $g = 0,01 \text{ mm}$, $\lambda = 600 \text{ nm}$, $a = 1,5 \text{ m}$. Vor der oberen Doppelspaltöffnung befindet sich ein Interferenzplättchen der Dicke $d = 400 \text{ nm}$ mit der Brechzahl $n = 1,5$.
Skizziere zwei Lichtwege! Berechne den Gangunterschied vor dem Gitter!
Wo befindet sich das 0. Maximum auf dem Schirm? Wo liegen die beiden ersten Maxima auf dem Schirm?
2. Gegeben ist ein Interferenzplättchen der Dicke $d = 400 \text{ nm}$ mit der Brechzahl $n = 1,3$. Das Laserlicht mit $\lambda = 400 \text{ nm}$ fällt unter dem Einfallswinkel von 20° auf das Interferenzplättchen, wo es teilweise reflektiert und teilweise eindringt – und zum Teil wieder an der Unterseite reflektiert ...
Skizziere die Wege zweier Lichtwellen, die interferieren. Berechne den optischen Weg im Plättchen („Hin- und Rückweg“). Berechne den Gangunterschied – und überlege, was geschieht.
Unter welchem Einfallswinkel ist Auslöschung zu beobachten (suche einen Winkel über die Simulation!)?

Lösung zur Planarbeit „Weiterführende Interferenzaufgaben“

1. $g = 0,01 \text{ mm}$, $\lambda = 600 \text{ nm}$, $a = 1,5 \text{ m}$. Vor der oben: Interferenzplättchen mit Dicke $d = 400 \text{ nm}$ und $n = 1,5$.
Gangunterschied vor dem Gitter:

$$\delta_1 = d(n - 1) = 200 \text{ nm}$$

Lage das 0. Maximum auf dem Schirm:

$$\text{Allgemein: } d_k = a/g \delta_1 \text{ (kleine Winkel)}$$

Der untere Strahl muss einen um 200 nm längeren Weg zurücklegen, damit der Gesamtgangunterschied 0 wird:

$$\delta_2 = \delta_1 = 200 \text{ nm} \rightarrow d_0 = a/g 200 \text{ nm} = 3 \text{ cm} (\alpha = 1,2^\circ)$$

(oberhalb der Mittelachse)

Für das erste Maxima darüber gilt:

Der untere Strahl muss einen um 800 nm längeren Weg zurücklegen, damit der Gesamtgangunterschied 600 nm beträgt:

$$\delta = \delta_2 - \delta_1 = 600 \text{ nm} \rightarrow \delta_2 = 800 \text{ nm} \rightarrow d_{1,oben} = a/g 800 \text{ nm} = 12 \text{ cm} \text{ (oberhalb der Mittelachse; } \alpha = 4,6^\circ)$$

Für das erste Maxima darunter gilt:

Der obere Strahl muss einen um 400 nm längeren Weg zurücklegen, damit der Gesamtgangunterschied 600 nm beträgt:

$$\delta = \delta_2 + \delta_1 = 600 \text{ nm} \rightarrow \delta_2 = 400 \text{ nm} \rightarrow d_{1,unten} = a/g 400 \text{ nm} = 6 \text{ cm} \text{ (unterhalb der Mittelachse; } \alpha = 2,3^\circ)$$

2. Interferenzplättchen mit Dicke $d = 400 \text{ nm}$, $n = 1,3$. Laserlicht mit $\lambda = 400 \text{ nm}$, $\alpha = 20^\circ$: optischen Weg im Plättchen („Hin- und Rückweg“)

Nun gilt das Brechungsgesetz:

$$\sin(\alpha) / \sin(\beta) = n \rightarrow \beta = 15,25^\circ$$

Für den „Hinweg“ gilt: $\cos(\beta) = d/x \rightarrow x = 414,6 \text{ nm}$

„Hinweg“ $x \rightarrow$ „optischer Hin- und Rückweg“:

$$\delta_2 = 2nx = 1078 \text{ nm}$$

Weg des ersten Strahls bis zur Wellenfront:

$$\sin(\alpha) = \delta_2 / b \text{ (mit } b: \text{ Abstand der beiden Strahlen auf der Oberseite des Plättchen)}$$

$$\text{Und für } b/2 \text{ gilt im Plättchen: } \tan(\beta) = (b/2)/d \rightarrow$$

$$b = 2d \tan(\beta) = 218 \text{ nm} \rightarrow \delta_1 = b \sin(\alpha) = 75 \text{ nm}$$

Dazu kommt für den ersten Strahl noch ein Phasensprung von $\lambda/2$

$$\text{Gangunterschied: } \delta = \delta_2 - \delta_1 + \lambda/2 = 1200 \text{ nm} \text{ (oder auch } \delta = \delta_2 - \delta_1 - \lambda/2 = 800 \text{ nm)}$$

Dies entspricht gerade 3λ (oder 2λ), somit interferieren die Strahlen konstruktiv.

$$\text{Auslöschung: z. B. für } \alpha = 56^\circ \rightarrow \beta = 39,6^\circ \rightarrow x = 519 \text{ nm} \rightarrow \delta_2 = 1350 \text{ nm; } b = 662 \text{ nm} \rightarrow \delta_1 = 549 \text{ nm}$$

$$\rightarrow \delta = 1350 \text{ nm} - 549 \text{ nm} + 200 \text{ nm} = 1001 \text{ nm} = 2,5\lambda \rightarrow \text{Auslöschung}$$

