

Seminar zur Vorlesung Physik II für Naturwissenschaftler

Sommersemester 2024

Blatt 12

01.07.2024

Aufgabe 32 Interferenz zweier Wellen

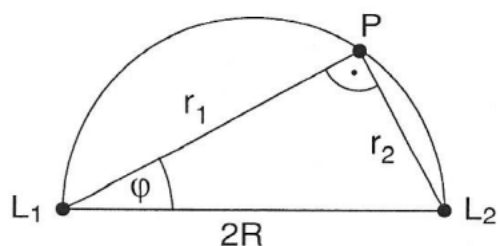


Abbildung 1: Interferenz im Punkt P

Wir betrachten die Interferenz zweier kohärenter harmonischer Wellen

$$\vec{E}_i(\vec{r}, t) = E_0 \vec{e}_i \cos(kr_i - \omega t) \quad (i = 1, 2)$$

die sich ausgehend von den beiden Lichtquellen L_1 und L_2 im Punkt P auf einem Halbkreis mit dem Radius $R = 1 \mu\text{m}$ treffen, siehe Abb. 1. Die beiden Wellen besitzen die gleiche Frequenz ω , und wir nehmen zunächst an, dass die beiden Wellen gleich polarisiert sind, d.h. $\vec{e}_1 = \vec{e}_2$.

- Wie lautet das gesamte elektrische Feld im Punkt P ? (1 Punkt)
- Berechnen Sie den Gangunterschied der beiden Wellen als Funktion des Winkels φ (siehe Abb. 1). Welche optische Intensität beobachtet man am Punkt P für $\varphi = \pi/4$? (1 Punkt)
- Sie überstreichen mit P den Winkelbereich $0 \leq \varphi \leq \pi/4$. Bei $\varphi = 0$ beobachten Sie ein Maximum der optischen Intensität und bis $\varphi = \pi/4$ vier weitere Maxima. Welche Wellenlänge besitzen die beiden Lichtquellen L_1 und L_2 ? (1 Punkt)
- Skizzieren Sie für den Fall, dass die Polarisationen \vec{e}_1 und \vec{e}_2 einen Winkel von 60° einschließen die optische Intensität P als Funktion des Winkels φ im Bereich $0 \leq \varphi \leq \pi/2$. Skizzieren Sie im gleichen Diagramm die optische Intensität für den Fall, dass die beiden Lichtquellen L_1 und L_2 inkohärent sind. (1 Punkt)

Aufgabe 33 Beugung am Spalt

Wir betrachten einen Spalt der Breite 10 cm. Auf einem Schirm im Abstand von 2 m wird das Beugungsmuster beobachtet.

- Wir schicken Wasserwellen mit einer Wellenlänge von 1 cm durch diesen Spalt. Welchen Abstand haben zwei benachbarte Beugungsminima? (1 Punkt)
- Welchen Abstand haben zwei benachbarte Beugungsminima, wenn wir rotes Licht mit einer Wellenlänge von 633 nm verwenden? Wie breit muss der Spalt sein, damit die Beugungsminima einen Abstand von 2 mm haben? (1 Punkt)

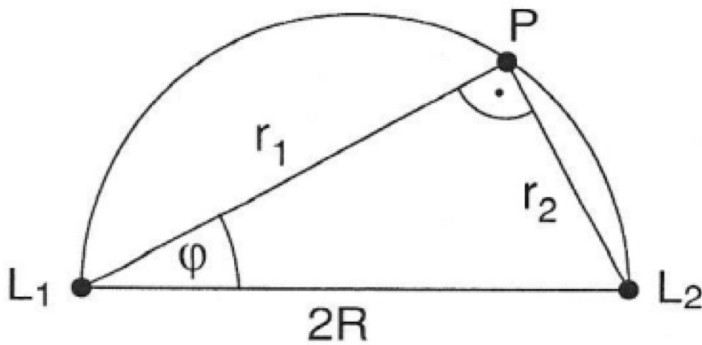
Hinweis: Für kleine Winkel θ gilt $\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta$.

Aufgabe 32: Interferenzen zweier Wellen

$i=1,2$

$$\vec{E}_i(\vec{r}, t) = E_0 \vec{e}_i \cos(kr_i - \omega t)$$

$$R = 1 \mu\text{m}$$



Annahme: $\vec{e}_1 = \vec{e}_2$

a) ✓

$$\begin{aligned}\vec{E}_P(t) &= E_1(\vec{r}_1, t) + E_2(\vec{r}_2, t) \\ &= E_0 \vec{e}_1 (\cos(kr_1 - \omega t) + \cos(kr_2 - \omega t))\end{aligned}$$

b) ✓

Gangunterschied:

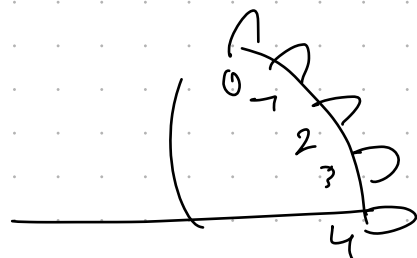
$$\begin{aligned}\Delta r = r_1 - r_2 &= 2R \cos(\varphi) - 2R \sin(\varphi) \\ &= 2R (\cos \varphi - \sin \varphi)\end{aligned}$$

Für $\varphi = \frac{\pi}{4}$: $\cos = \sin$! $\Rightarrow \Delta r(\frac{\pi}{4}) = 0$

$$I_0 (1 + \cos(k\Delta r))$$

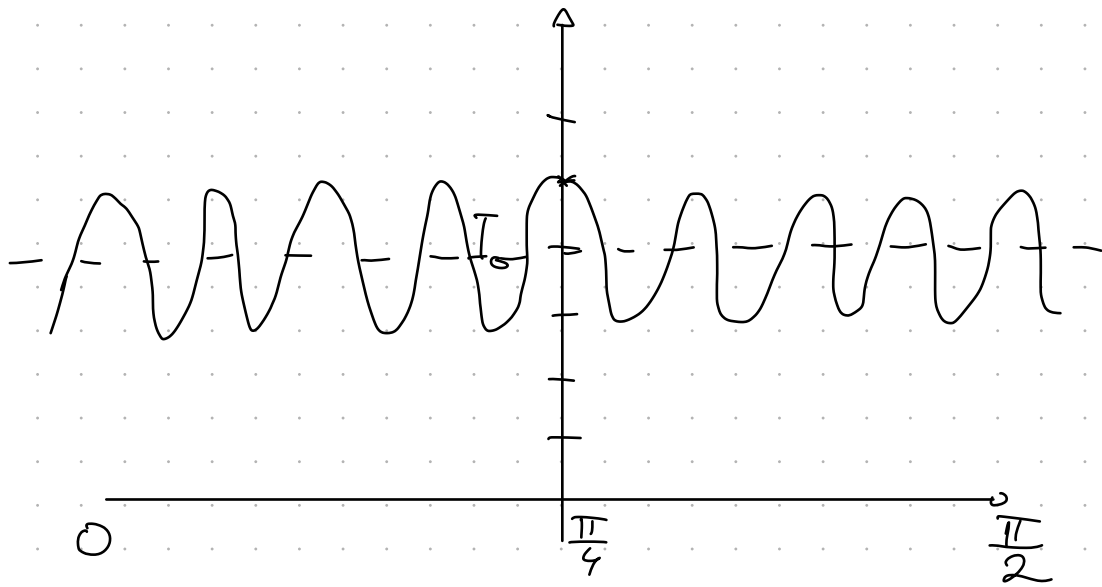
c) ✓

$$\Delta r = n\lambda \Rightarrow 2R = 4\lambda \leadsto \lambda = \frac{R}{2}$$

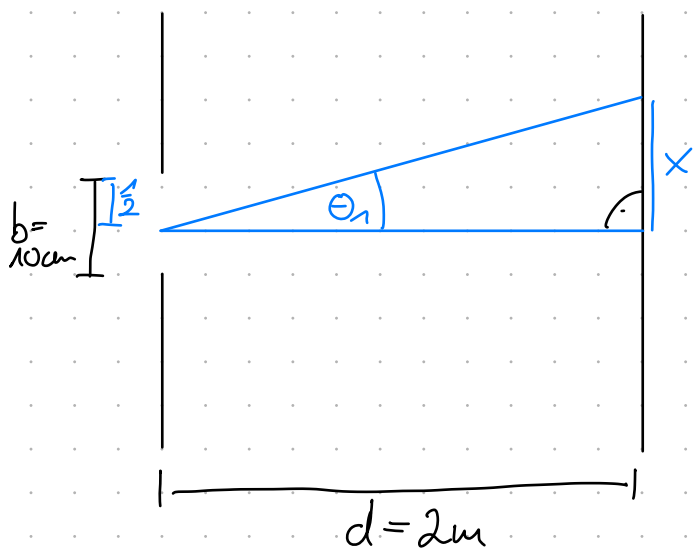


$$d) \langle \vec{e}_1, \vec{e}_2 \rangle = \cos(60^\circ) = 0,5$$

$$\Rightarrow I_0 \left(1 + \frac{\cos(k\Delta r)}{2} \right)$$



Aufgabe 33: Beugung am Spalt ✓



a) $\lambda = 1 \text{ cm}$

$m=1:$

$$\sin \theta_1 = \frac{1 \cdot \lambda}{b}$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left(\frac{\lambda}{b} \right) = \sin^{-1} \left(\frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} \right)$$

$$\approx 5,739^\circ$$

$$x = d \cdot \tan \theta_1 = 2 \text{ m} \cdot \tan (5,739^\circ)$$

$$\approx \underline{\underline{0,2 \text{ m}}} \quad \checkmark$$

b) ✓

$$\lambda = 633 \text{ nm} = 633 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$x = d \cdot \tan \left(\underbrace{\sin^{-1} \left(\frac{\lambda}{b} \right)}_{3,627 \cdot 10^{-4}} \right) \approx 1,26 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$\approx \underline{\underline{0,126 \text{ } \mu\text{m}}} \quad \checkmark$$

$x = 2 \text{ mm}:$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{x}{d} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{2 \text{ m}} \right) = 0,0573^\circ$$

$$b = \frac{\lambda}{\sin \theta_1} = \frac{633 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{\sin (0,0573^\circ)} \approx \underline{\underline{633 \text{ } \mu\text{m}}} \quad \checkmark$$