

INTERFERENS

Den sammanlagda verkan av två, eller fler, vågor.

Vågor kan släcka ut varandra:



"Destruktiv interferens"

De kan också förstärka varandra



"Konstruktiv interferens"

Ett mönster, med områden som omväxlande visar,
konstruktiv och destruktiv interferens (ljus/mikell)

"Interferensmönster"

Områdena: "Interferensfransar"

Antag att en våg delas upp i två delar. Dessa två vågor går olika vägar, och sammanfaller sedan i en pkt. $\vec{r}$.

$$\begin{cases} E_1 = \vec{E}_{01} \cdot \sin(\vec{k}_1 \cdot \vec{r} - \omega t + \varphi_1) \\ E_2 = \vec{E}_{02} \cdot \sin(\vec{k}_2 \cdot \vec{r} - \omega t + \varphi_2) \end{cases}$$

Interferens $\Rightarrow \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

~~Antag att två vågor $\vec{E}_1$ och $\vec{E}_2$ sammanfaller i en pkt. $\vec{r}$ och $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$~~

Irradianser: I_1, I_2

och $I = \epsilon_0 c \langle \vec{E}^2 \rangle$

Vad blir denna totala irradians?

$$\begin{aligned} I &= \epsilon_0 c \cdot \langle (\vec{E}_1 + \vec{E}_2) \cdot (\vec{E}_1 + \vec{E}_2) \rangle = \\ &= \epsilon_0 c \cdot \langle \vec{E}_1^2 + \vec{E}_2^2 + 2 \vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2 \rangle = I_1 + I_2 + I_{12} \end{aligned}$$

Interferens term: $I_{12} = \epsilon_0 c \cdot 2 \langle \vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2 \rangle$

Om $\vec{E}_1 \perp \vec{E}_2 \Rightarrow I_{12} = 0$

Ingen interferens! (vad I beträffar)

Om $\vec{E}_1 \parallel \vec{E}_2 \Rightarrow I_{12} = 2 \epsilon_0 c \langle E_1 E_2 \rangle$

$$I = I_1 + I_2 + 2 \epsilon_0 c \langle \underline{E_1 E_2} \rangle$$

Berechnen $E_1 E_2$!!

$$E_1 E_2 = E_{01} E_{02} \cdot \sin(\vec{k}_1 \cdot \vec{r} - \omega t + \varphi_1) \cdot \sin(\vec{k}_2 \cdot \vec{r} - \omega t + \varphi_2)$$

$$\left\{ \sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} \cdot (\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)) \right\}$$

$$\Rightarrow E_1 E_2 = \frac{1}{2} E_{01} E_{02} \cdot \left\{ \cos((\vec{k}_1 - \vec{k}_2) \cdot \vec{r} + (\varphi_1 - \varphi_2)) - \cos((\vec{k}_1 + \vec{k}_2) \cdot \vec{r} - 2\omega t + (\varphi_1 + \varphi_2)) \right\}$$

zeitmittelwert!

$$\langle \cos((\vec{k}_1 + \vec{k}_2) \cdot \vec{r} - 2\omega t + (\varphi_1 + \varphi_2)) \rangle = 0$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \langle E_1 E_2 \rangle &= \frac{1}{2} E_{01} E_{02} \cdot \cos((\vec{k}_1 - \vec{k}_2) \cdot \vec{r} + (\varphi_1 - \varphi_2)) = \\ &= \frac{1}{2} E_{01} E_{02} \cdot \cos \delta \end{aligned}$$

$$\text{d.h.} \quad \delta = (\vec{k}_1 - \vec{k}_2) \cdot \vec{r} + (\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\Rightarrow I_{12} = \epsilon_0 c E_{01} E_{02} \cdot \cos \delta$$

$$I_1 = \epsilon_0 c \langle E_1^2 \rangle = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_{01}^2$$

$$\Rightarrow \sqrt{\epsilon_0 c} \cdot E_{01} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{I_1}$$

$$\text{p.s.} \quad \sqrt{\epsilon_0 c} \cdot E_{02} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{I_2}$$

$$\Rightarrow I_{12} = 2 \sqrt{I_1 I_2} \cdot \cos \delta$$

=>

$$I = I_1 + I_2 + 2 \sqrt{I_1 I_2} \cdot \cos \delta$$

$\cos \delta > 0 \Rightarrow$ konstruktiv int.

$\cos \delta < 0 \Rightarrow$ destruktiv int.

Ex: Analog abh. $I_2 = I_1 = I_0$

$$\Rightarrow I_{\text{tot}} = 2I_0 + 2I_0 \cdot \cos \delta = 2I_0 \cdot (1 + \cos \delta)$$

$$\left\{ 1 + \cos 2 = 2 \cos^2 \left(\frac{2}{2} \right) \right\}$$

$$\Rightarrow I = 4 I_0 \cdot \cos^2 \frac{\delta}{2}$$

δ ist eine Fktn. an $\vec{r}$.

• Analog an punkt d.h. $\cos \frac{\delta}{2} = 0$

$$\Rightarrow I = 0$$

• Analog an punkt d.h. $\cos \frac{\delta}{2} = 1$

$$\Rightarrow I = 4 I_0$$

OH 12-2

OH 7-1

Kontrast mellan ljusa och mörka fläckar
är ideal

definition:

$$\text{visibilitet} \equiv V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

$$I_1 = I_2 \Rightarrow V = \frac{4I_0 - 0}{4I_0 + 0} = 1 = 100\%$$

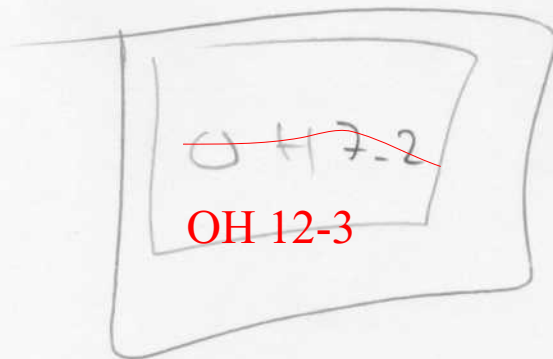
Ex. Antag att $I_1 \neq I_2$

max och min förhållande dS

$\cos \delta = +1$ och dS $\cos \delta = -1$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_{\max} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \\ I_{\min} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow V < 1$$



Exempel:

Interferens mellan två helt
okorrelerade källor (t.ex. två olika lampor)

Även om $\omega_1 = \omega_2$ så är φ_1 och φ_2
helt okorrelerade

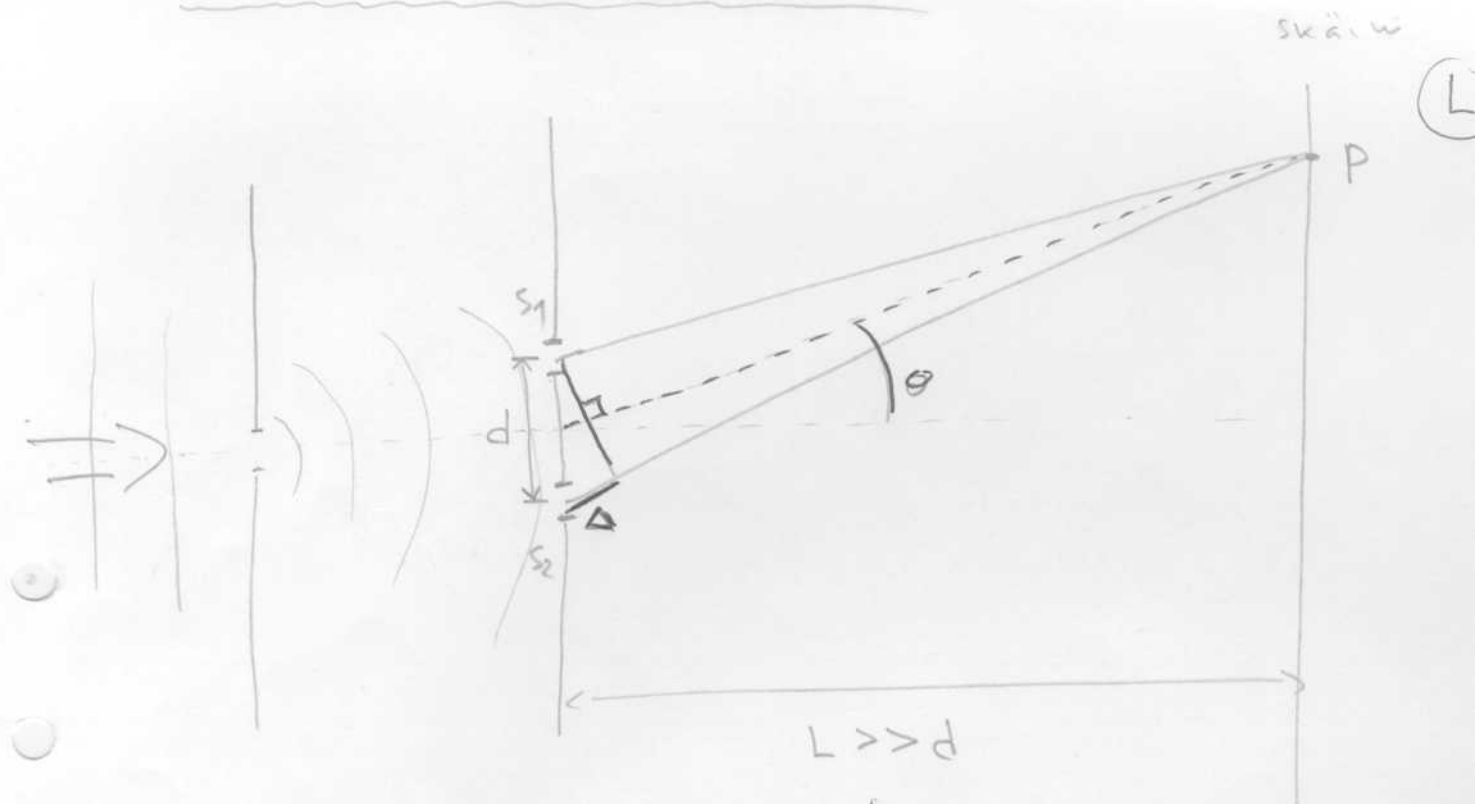
$\Rightarrow$ Interferens termen blir

tidsberoende och $\langle I_{12} \rangle = 0$

Interferensvärdet "vaskas bort" på
någon mikrosekund

källorna är "inkohärenta"

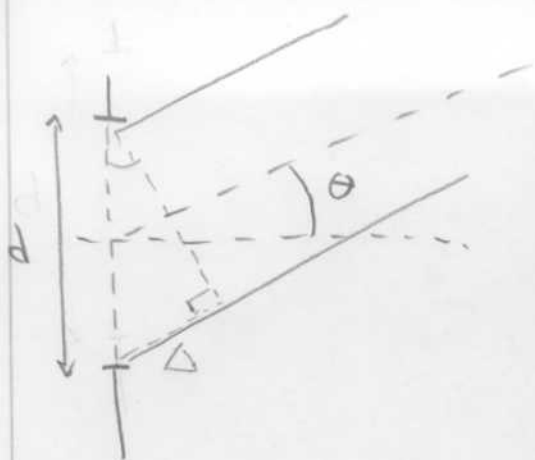
YOUNG'S DOUBLE SLIT



De två spalterna är ~~infall~~ två
kohärenta källor. I en P på P , P är
avstånd interferens de båda källorna

Skillett : väg , $\Delta = S_2P - S_1P$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Om } \Delta = m\lambda, m=0,1,2,\dots \Rightarrow \text{konstruktiv interferens} \\ \qquad \qquad \qquad \Rightarrow \text{Ljusmax} \\ \text{Om } \Delta = (m+\frac{1}{2})\lambda, m=0,1,2,\dots \Rightarrow \text{destruktiv interferens} \\ \qquad \qquad \qquad \Rightarrow \text{Ljusmin} \end{array} \right.$



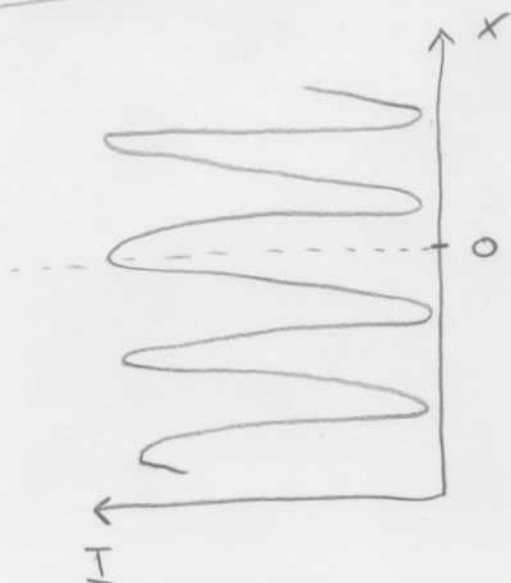
$$\Rightarrow \sin \theta \approx \frac{\Delta}{d}$$

Alltså:

Villkor för max: $d \sin \theta = m\lambda$, $m = 0, 1, 2, 3, \dots$

Villkor för min: $d \sin \theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$, $m = 0, 1, 2, \dots$

Skärm:



Betrakta första sidomax: $m=1$

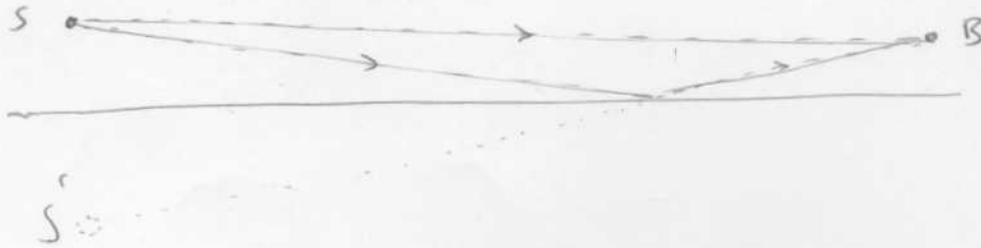
$$d \sin \theta_{\text{max}} = \lambda$$

om d minskar $\Rightarrow \theta_{\text{max}}$ måste öka

Alltså: Tätare källor ger bredare
interferensmönster

LLoyds SPEARL

En sändare placeras på ena kanten
en reflekterande yta. Behållaren på andra kanten.



Interferens mellan direktstråle och refl. stråle !!

$$\begin{cases} \text{Max om fasskillnad } \delta = 2m \cdot \pi & (m=0, 1, 2, \dots) \\ \text{Min} \quad \quad \quad \quad \delta = (2m+1) \cdot \pi & , m=0, 1, 2, 3, \dots \end{cases}$$

$$\text{Vägskillnad} = \Delta$$

Φ

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta + \pi$$

Den reflekterande strålen
fas skiftats med π vid den
externa reflexionen.