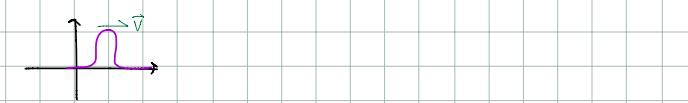


Ref  $\leftarrow$  +: utbreder sig åt vänster  
Vägor:  $f(x \pm vt)$

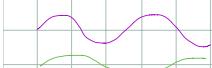


Harmoniska vågor:  $y(x, t) = A \sin(kx - \omega t + \phi) = A \sin[2\pi(\frac{x}{\lambda} - \frac{\omega}{2\pi}) + \phi]$

 $k = \frac{2\pi}{\lambda}$   
 $\Delta\phi = \Delta x k = 2\pi \frac{\Delta x}{\lambda}$   
 $v_{part} = \frac{dy}{dt}$



### Interferens



$y_1 = A \sin(kx - \omega t)$   
 $y_2 = A \sin(kx - \omega t + \phi)$

$y = y_1 + y_2 = 2A \cos\frac{\phi}{2} \cdot \sin(kx - \omega t + \frac{\phi}{2})$

Konstruktiv interferens:  $\cos\frac{\phi}{2} = \pm 1$

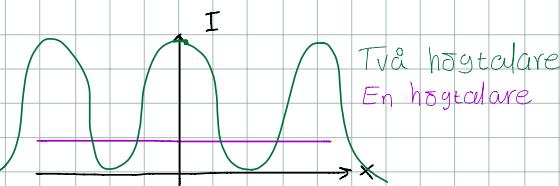
Destruktiv interferens:  $\cos\frac{\phi}{2} = 0$

"Mellanting":  $|\cos\frac{\phi}{2}| \in (0, 1)$

### Intensitets-Effekt/vteenhet



$I \sim (\text{amplituden})^2$

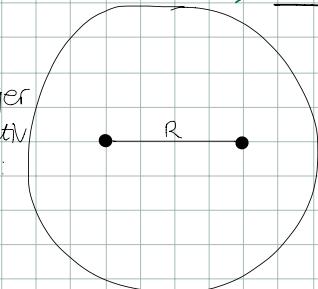


### Ex

Hur många gånger uppstår konstruktiv interferens givet:

$R = 3 \text{ m}$

$\lambda = 1 \text{ m}$

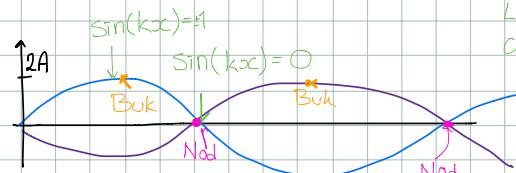


### Stötande vågor

$y_1 = A \sin(kx - \omega t)$   
 $y_2 = A \sin(kx + \omega t)$

$y_{\text{tot}} = y_1 + y_2 = A [\sin(kx) \cos(\omega t) - \cos(kx) \sin(\omega t) + \sin(kx) \cos(\omega t) + \cos(kx) \sin(\omega t)] = 2A \sin(kx) \cos(\omega t)$ 

Lägesberoende amplitud



### Vägor som trivs på en sträng

Med ena änden av strängen fixerad trivs samtliga våglängder.

Med båda ändarna fixerade trivs bara de våglängder som uppfyller:

$\sin(kL) = 0 \Rightarrow kL = m\pi \Rightarrow k = m\frac{\pi}{L}, m \in \mathbb{Z}^+$



$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{\frac{\pi}{L}} = \frac{2L}{1} \Rightarrow k = \frac{\pi}{L} \Rightarrow \lambda = 2L$

Grundton

$k = \frac{2\pi}{L} \Rightarrow \lambda = L$

1a övertón

$k = \frac{3\pi}{L} \Rightarrow \lambda = \frac{2}{3}L$

2a övertón

## Svärningar

$$Y_1 = A \cos(k_1 x - \omega_1 t)$$

$$Y_2 = A \cos(k_2 x - \omega_2 t)$$

Orat i  $x=0$

$$Y_1 = A \cos(-\omega_1 t) = A \cos(2\pi f_1 \cdot t)$$

$$Y_2 = A \cos(\omega_2 t) = A \cos(2\pi f_2 \cdot t)$$

$$Y_{\text{tot}} = A [\cos(2\pi f_1 \cdot t) + \cos(2\pi f_2 \cdot t)]$$

$$= 2A \cos(2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} \cdot t) \cdot \cos(2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} \cdot t)$$

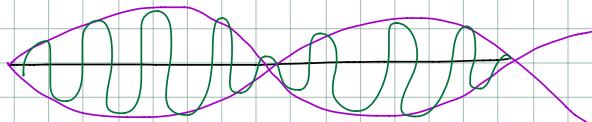
Cos för liten frekvens

$$f = 0.5 \text{ Hz}$$

Cos för stor f.

$$f = 440.5 \text{ Hz}$$

Liten frekvens



Stor frekvens.

## Brytningsindex

$$n = \frac{c}{v} \Leftrightarrow \text{Brytningsindex för ett visst medium} = \frac{\text{Lushastigheten}}{\text{Fähestigheten i mediet}}$$

$$n_{\text{glas}} = 1.5 \Rightarrow v_{\text{glas}} = \frac{3 \cdot 10^8}{1.5} = 2 \cdot 10^8$$

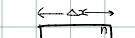
## Optisk väg

luft  $\lambda$



$$C = \lambda f \quad v = \frac{c}{n} = \lambda' f'$$

$$f = \frac{c}{\lambda}, f' = \frac{c}{\lambda' n} \Rightarrow \lambda = n \lambda' \Rightarrow \lambda' = \frac{\lambda}{n}$$

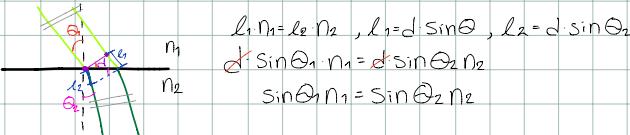


$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = k \Delta x = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = 2\pi \frac{\frac{\Delta x}{\lambda}}{\frac{2\pi}{\lambda}} = \frac{\Delta x}{n}$$

Optisk väg

## Brytningslagen

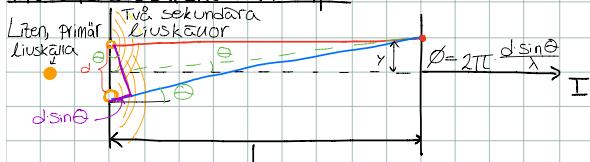


$$l_1 n_1 = l_2 n_2, l_1 = d \sin \theta_1, l_2 = d \sin \theta_2$$

$$\cancel{\sin \theta_1 \cdot n_1 = d \sin \theta_2 \cdot n_2}$$

$$\sin \theta_1 \cdot n_1 = \sin \theta_2 \cdot n_2$$

## Interferenseffekter med ljus



$$Y_{\text{tot}} = 2A \cos \frac{\phi}{2} \sin(kd \sin \theta + \frac{\phi}{2})$$

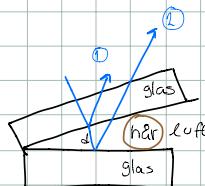
$$I \sim (\text{amplitud})^2 \Rightarrow I_{\text{tot}} \sim 4A^2 \cos^2 \frac{\phi}{2}$$

1, är första fransen

Om punkten p ligger vid den första ljusa fransen:  $d \sin(\theta) = m \lambda = \lambda$

$$\text{For små vinklar: } \sin \theta \approx \tan \theta = \frac{y}{L} \Rightarrow d \frac{y}{L} = \lambda \Rightarrow d = \frac{L \cdot \lambda}{y}$$

## Mätning



Vägskilnad mellan 1 och 2 är  $2d$ .

$$2d = m \lambda \Rightarrow \text{destruktiv interferens}$$

$$\text{For konstruktiv interferens: } 2d = (m + \frac{1}{2}) \lambda$$

$$m \in \mathbb{N}$$

$$m \in \mathbb{N}$$