

## Výkon vlny, intenzita zvuku a její hladiny

HRW 17.34C

Struna délky 2,7 m a hmotnosti 260 g je napnuta silou 36 N. Ve struně postupuje příčná vlna s amplitudou 7,7 mm. Jaká musí být její frekvence, jestliže je přenášen střední výkon 85 W?

$$L = 2,7 \text{ m}$$

$$m = 260 \text{ g} = 0,26 \text{ kg}$$

$$\tau = 36 \text{ N}$$

$$u_m = 7,7 \text{ mm} = 7,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\bar{P} = 85 \text{ W}$$

$$f = ?$$

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \mu \cdot v \cdot \omega^2 u_m^2$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \mu \cdot v \cdot (2\pi f)^2 \cdot u_m^2 \quad | \cdot 2$$

$$2\bar{P} = \mu \cdot v \cdot 4\pi^2 f^2 u_m^2$$

$$f = \sqrt{\frac{2\bar{P}}{\mu \cdot v \cdot 4\pi^2 \cdot u_m^2}}$$

$$\mu = \frac{m}{L}$$

$$v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}$$

$$\begin{aligned} \mu \cdot v &= \mu \cdot \sqrt{\frac{\tau}{\mu}} = \\ &= \sqrt{\frac{\mu \cdot \tau}{\mu}} = \sqrt{\mu \cdot \tau} \end{aligned}$$

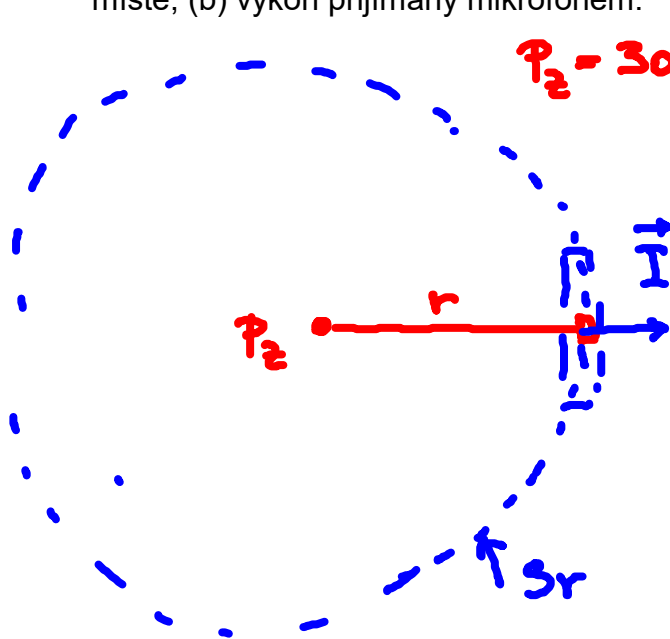
$$f = \sqrt{\frac{2\bar{P}}{\sqrt{\mu \cdot \tau} \cdot 4\pi^2 \cdot u_m^2}} = \sqrt{\frac{2\bar{P}}{\sqrt{\frac{m}{L} \cdot \tau}} \cdot \frac{1}{2\pi u_m}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 85}{\sqrt{\frac{0,26}{2,7} \cdot 36}} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot 7,7 \cdot 10^{-3}}} \text{ Hz} = \sqrt{\frac{170}{1,86} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot 7,7 \cdot 10^{-3}}} \text{ Hz}$$

$$= \underline{\underline{197,6 \text{ Hz}}}$$

HRW 18.42

Bodový zdroj o výkonu 30 W vysílá izotropně zvukové vlny. Malý mikrofon s účinnou plochou  $0,75 \text{ cm}^2$  je umístěn 200 m od zdroje. Vypočtete (a) intenzitu zvuku v daném místě, (b) výkon přijímaný mikrofonem.



$$P_2 = 30 \text{ W}$$

$$S_M = 0,75 \text{ cm}^2 = 0,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$r = 200 \text{ m} \quad \text{a) } I = ?$$

$$I = \frac{P_2}{4\pi r^2} = \frac{30 \text{ W}}{4\pi \cdot 200^2 \text{ m}^2}$$

$$= 5,968 \cdot 10^{-5} \text{ W/m}^2 \approx \underline{\underline{6 \cdot 10^{-5} \text{ W/m}^2}}$$

$$\text{b) } P_M = ?$$

$$P_M = I S_M = 6 \cdot 10^{-5} \cdot 0,75 \cdot 10^{-4} \text{ W} =$$
$$\underline{\underline{4,5 \cdot 10^{-9} \text{ W}}}$$

HRW 18.28

Zdroj izotropně vysílá zvukové vlny, jejichž intenzita ve vzdálenosti 2,5 m je  $1,9 \cdot 10^{-4} \text{ Wm}^{-2}$ . Jaký je výkon zdroje za předpokladu, že se energie vln zachovává?

$$I_r = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ W/m}^2 \quad r = 2,5 \text{ m}$$

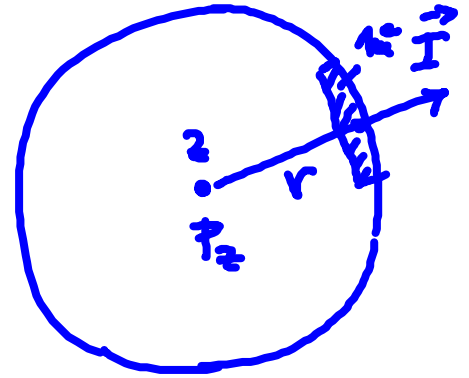
$$P_z = ?$$

$$I = \frac{P_z}{S_r}$$

$$P_z = I \cdot S_r = I \cdot 4\pi r^2 =$$

$$= 1,9 \cdot 10^{-4} \cdot 4\pi \cdot 2,5^2 \text{ W} = \underline{0,015 \text{ W}}$$

$$= \underline{15 \text{ mW}}$$



HRW 18.30

Dvě zvukové vlny se v hlasitosti liší o 1 dB. Jaký je poměr větší intenzity k menší intenzitě?

$$\beta = 10 \text{ dB} \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

$$\beta_1 = 10 \cdot \log \frac{I_1}{I_0} \text{ dB}$$

$$\beta_2 = 10 \cdot \log \frac{I_2}{I_0} \text{ dB}$$

$$\beta_1 - \beta_2 = 1 \text{ dB}$$

$$10 \cdot \log \frac{I_1}{I_0} \text{ dB} - 10 \cdot \log \frac{I_2}{I_0} \text{ dB} = 1 \text{ dB}$$

$$10 \left( \log \frac{I_1}{I_0} - \log \frac{I_2}{I_0} \right) = 1 \quad 1:10$$
$$\log \left( \frac{I_1}{I_0} \right) - \log \left( \frac{I_2}{I_0} \right) = \frac{1}{10}$$

$$\log \frac{\frac{I_1}{I_0}}{\frac{I_2}{I_0}} = \frac{1}{10}$$

$$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$

$$\log \frac{I_1}{I_0} \cdot \frac{I_0}{I_2} = 0,1$$

$$\frac{I_1}{I_2} = 1,26$$

$$\log_{10} \frac{I_1}{I_2} = 0,1$$

$$I_1 = 1,26 I_2$$

$$\frac{I_1}{I_2} = 10^{0,1} = 1,26$$

HRW 18.34

Zdroj zvukových vln má výkon  $1 \mu\text{W}$ . Jestliže se jedná o bodový zdroj, (a) jaká je intenzita vln ve vzdálenosti 3 m a (b) jaká je hlasitost v dB v tomtož místě?

$$P_2 = 1 \mu\text{W} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ W} \quad r = 3 \text{ m} \quad I_r = ?$$

$$\beta_r = ?$$

$$a) \quad I_r = \frac{P_2}{S_r} = \frac{P_2}{4\pi r^2} = \frac{1 \cdot 10^{-6} \text{ W}}{4\pi \cdot 3^2 \text{ m}^2} = \underline{8,84 \cdot 10^{-9} \text{ W/m}^2}$$

$$b) \quad \beta = 10 \text{ dB} \cdot \log \frac{I_r}{I_0} = 10 \text{ dB} \cdot \log \frac{8,84 \cdot 10^{-9+12}}{10^{-12}} =$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

$$= 10 \text{ dB} \cdot \log 8,84 \cdot 10^3$$

$$= 10 \text{ dB} (\log 10^3 + \log 8,84)$$

$$3 \cdot \log 10 + 0,95$$

$$10 \text{ dB} (3 + 0,95)$$

$$30 \text{ dB} + 9,5 \text{ dB}$$

$$9,5 \text{ dB}$$

$$= \underline{39,5 \text{ dB}}$$

## Interference vln

Př. 17.38

Na struně se šíří souhlasným směrem dvě stejné sinusové vlny a interferují.

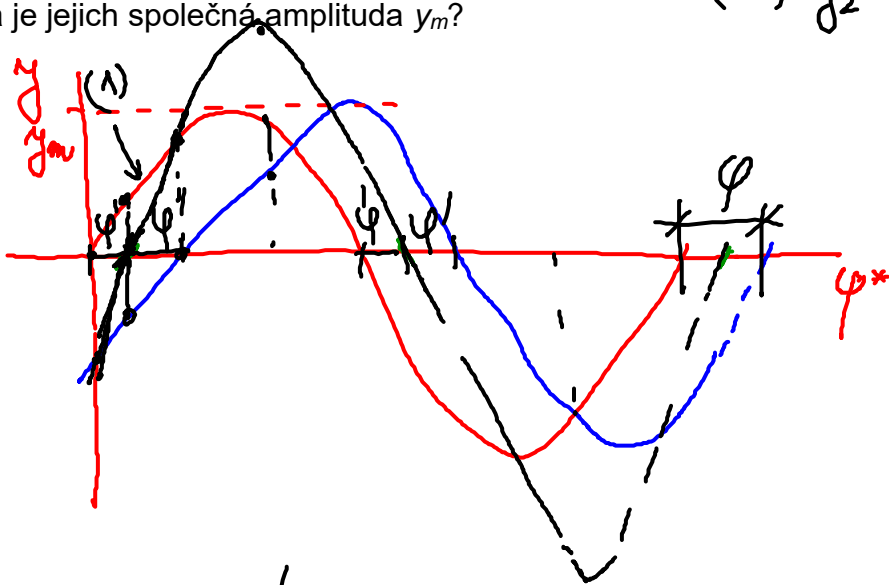
Výsledná vlna má rovnici:

$$y'(x, t) = (3,0 \text{ mm}) \sin(20 \text{ rad} \cdot \text{m}^{-1} x - 4,0 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} t + 0,82 \text{ rad})$$

- a) Jaká je společná vlnová délka  $\lambda$  obou výchozích vln?  
 b) Jaký je mezi nimi fázový rozdíl?  
 c) Jaká je jejich společná amplituda  $y_m$ ?

$$(1) y_1 = y_m \cdot \sin(kx - \omega t)$$

$$(2) y_2 = y_m \cdot \sin(kx - \omega t + \varphi)$$



b)  $\frac{\varphi}{2} = \varphi'$        $\varphi = 2\varphi' = 2 \cdot 0,82 \text{ rad} = \underline{1,64 \text{ rad}}$

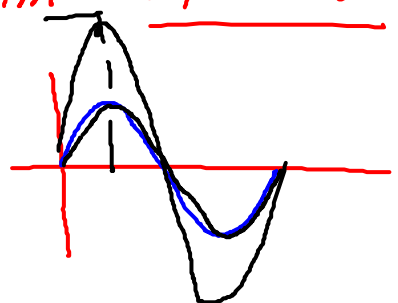
a)  $k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{20} \text{ m} = \underline{0,314 \text{ m}}$

c)  $y_m' = 2 \cdot y_m \cdot \cos \frac{\varphi}{2} = 2 \cdot y_m \cdot \cos \varphi' \Rightarrow$

$$y_m = \frac{y_m'}{2 \cos \varphi'} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{2 \cdot \cos 0,82 \text{ rad}} = \underline{2,1987 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2,2 \text{ mm}}$$

$$y_1 = 2,2 \cdot 10^{-3} \sin(kx - \omega t)$$

$$y_2 = 2,2 \cdot 10^{-3} \sin(kx - \omega t + \varphi)$$

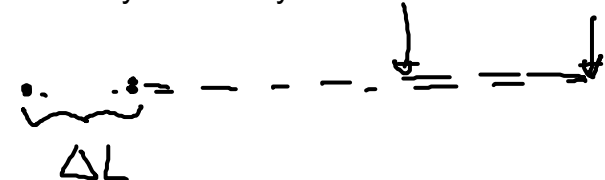




Kapitola 17, kontrola 4

2 identické harmonické vlny postupují souhlasným směrem. Uvažte následující čtyři dráhové rozdíly mezi oběma výchozími vlnami:  $0,2 \lambda$ ;  $0,45 \lambda$ ;  $0,6 \lambda$ ;  $0,8 \lambda$ . Uspořádejte je sestupně podle velikosti amplitudy výsledné vlny.

Rovnice pro vztah mezi dráhovým a fázovým rozdílem:

$$\frac{\varphi}{2\pi} = \frac{\Delta L}{\lambda}$$


$$y'_m = 2y_m \cos \frac{1}{2}\varphi$$

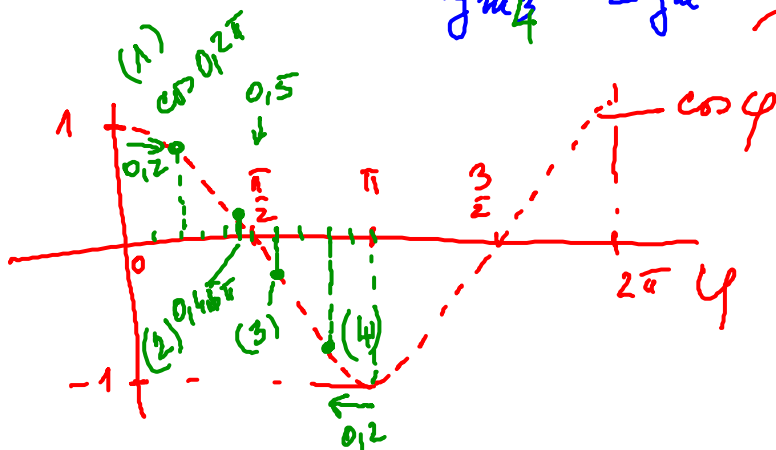
$$\varphi = \frac{\Delta L}{\lambda} \cdot 2\pi$$

1)  $\Delta L_1 = 0,2 \lambda \Rightarrow \varphi_1 = \frac{0,2 \lambda}{\lambda} \cdot 2\pi = 0,2 \cdot 2\pi$   
 $y'_{m1} = 2 \cdot y_m \cdot \cos \frac{1}{2} \varphi_1 = 2 \cdot y_m \cdot \cos \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 2\pi = 2y_m \cdot \cos 0,2\pi$

2)  $\Delta L_2 = 0,45 \lambda \rightarrow y'_{m2} = 2y_m \cos 0,45\pi$

3)  $y_{m3} = 2y_m \cos 0,6\pi$

4)  $y_{m4} = 2y_m \cos 0,8\pi$



$y_{m4} = y_{m1} > y_{m3} > y_{m2}$