

2 MECHANICKÉ VLNĚNÍ

MECHANICKÉ VLNĚNÍ

{*mechanical waves*}

Děj, při němž se kmitání šíří látkovým prostředím. Toto prostředí je složeno z velkého množství částic, mezi nimiž existuje vazba. Nucené kmitání jedné částice se postupně přenáší na další částice a vzniká děj, který z hlediska kinematiky charakterizuje změna fáze kmitání jednotlivých částic a z hlediska dynamiky je děj charakterizován přenosem energie.

POSTUPNÉ VLNĚNÍ

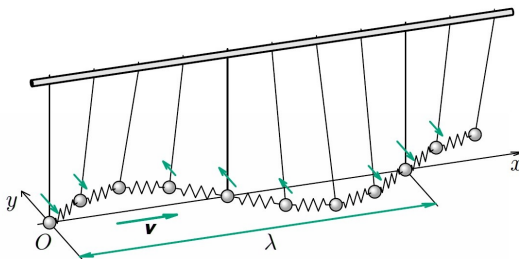
{*travelling waves*}

Mechanické vlnění, při němž se kmitání ze zdroje vlnění postupně přenáší do bodů vzdálenějších od zdroje. Postupným vlněním se přenáší energie kmitavého pohybu ze zdroje do prostředí, které zdroj obklopuje. Nenastává však přenos látky.

POSTUPNÉ VLNĚNÍ PŘÍČNÉ

{*transverse waves*}

Druh postupného mechanického vlnění, při němž hmotné body prostředí, kterým se vlnění šíří, kmitají ve směru kolmém ke směru šíření vlnění. Vzniká v tělesech, která jsou pružná při změně tvaru (pevná tělesa, povrch kapalin).



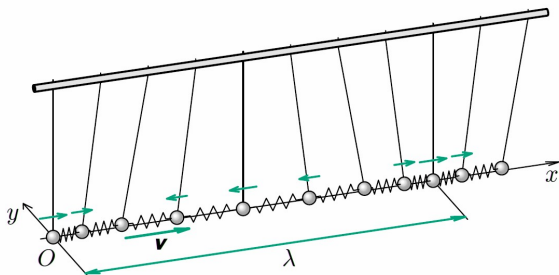
Obr. 2-1

POSTUPNÉ VLNĚNÍ PODÉLNÉ

{*longitudinal waves*}

Druh postupného mechanického vlnění, při němž hmotné body prostředí

kmitají ve směru šíření vlnění. Vzniká v prostředí, které je pružné při změně objemu (pevné látky, kapaliny a plyny). Tímto vlněním se šíří zvuk.



Obr. 2-2

RYCHLOST VLNĚNÍ – v

{velocity of wave}

Velikost rychlosti, kterou se mechanické vlnění šíří v daném prostředí. Rozlišujeme fázovou rychlost vlnění v_f , což je rychlost, s níž se určitá fáze kmitání bodu prostředí přenáší k následujícím bodům, a grupovou rychlost v_g , kterou se prostředím přenáší energie vlnění složeného z několika vlnění o různých fázových rychlostech.

PERIODA VLNĚNÍ – T

{period of wave}

Nejkratší doba, po jejímž uplynutí se v daném bodě prostředí opakuje periodický průběh kmitání. U harmonického vlnění odpovídá perioda vlnění periodě kmitání zdroje.

FREKVENCE VLNĚNÍ – f

{frequency of wave}

Reciproká hodnota periody vlnění:

$$f = \frac{1}{T}$$

VLNOVÁ DÉLKA – λ

{wavelength}

Vzdálenost, do níž se vlnění rozšíří za periodu vlnění:

$$\lambda = vT = \frac{v}{f} = \frac{2\pi v}{\omega}$$

Také nejmenší vzdálenost mezi dvěma body, které kmitají se stejnou fází. Je definována pro harmonickou vlnu.

HARMONICKÁ VLNA

{*harmonic wave*}

Časově i prostorově periodická vlna, jejíž charakteristické veličiny jsou vyjádřeny funkcí sinus, popř. kosinus.

ROVNICE POSTUPNÉ VLNY

{*wave equation*}

Rovnice vyjadřující hodnotu okamžité výchylky y bodu prostředí, kterým se šíří postupné harmonické vlnění, jako funkci času t a polohy (vzdálenosti x od zdroje vlnění):

$$y = y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

(y_m je amplituda výchylky, T je perioda).

AMPLITUDA POSTUPNÉ VLNY – y_m

{*amplitude of a wave*}

Největší výchylka bodu prostředí, kterým se šíří postupné vlnění.

FÁZE VLNY – φ

{*phase*}

Argument funkce sinus v rovnici postupné vlny. Pro $t = 0$ je

$$\varphi = 2\pi \frac{x}{\lambda}.$$

Pro body ve vzájemné vzdálenosti $x = k\lambda$, kde $k = 1, 2, 3, \dots$ má fáze vlnění hodnotu $\varphi = k2\pi$ a okamžitá výchylka těchto bodů je stejná.

INTERFERENCE VLNĚNÍ

{*interference of waves*}

Skládání dvou a více vlnění v určité oblasti prostředí, kterým se mechanické vlnění šíří. Body prostředí kmitají s okamžitými výchylkami určenými skládáním (superpozicí) okamžitých výchylek jednotlivých vlnění. Interference dvou harmonických vln:

$$y_1 = y_{m1} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda} \right)$$

$$y_2 = y_{m2} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_2}{\lambda} \right)$$

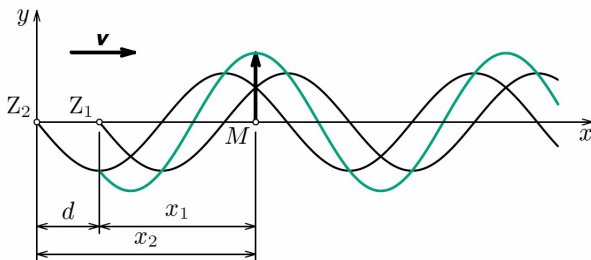
Interferencí vzniká výsledné vlnění:

$$y = Y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$Y_m = (y_{m1} + y_{m2}) \cos \pi \frac{d}{\lambda}$$

$$d = |x_2 - x_1|$$

$$x = \frac{x_1 + x_2}{2}$$



Obr. 2-3

INTERFERENČNÍ MAXIMUM

{maximum of interference}

Případ interference dvou vlnění stejné frekvence (popř. stejné vlnové délky v daném prostředí), při níž dosahuje amplituda výsledného vlnění maximální hodnoty. Nastává tehdy, když je splněna podmínka:

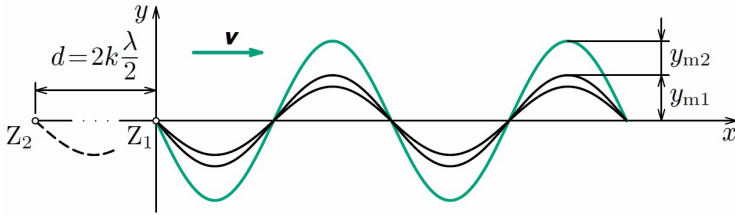
$$d = 2k \frac{\lambda}{2}$$

(d je dráhový rozdíl vlnění, $k = 0, 1, 2, \dots$).

Amplituda výsledného vlnění:

$$Y_m = y_{m1} + y_{m2}$$

(pro $y_{m1} = y_{m2} = y_m$ je $Y_m = 2y_m$).



Obr. 2-4

INTERFERENČNÍ MINIMUM

{minimum of interference}

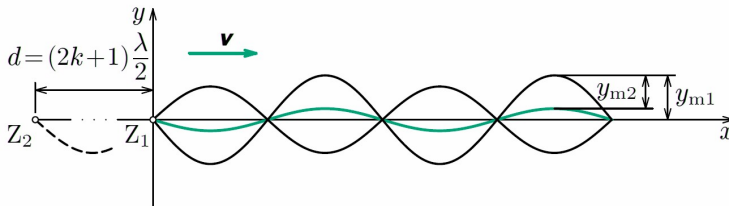
Případ interference vlnění, při níž dosahuje amplituda výsledného vlnění minimální hodnoty. Nastává tehdy, když pro dráhový rozdíl d je splněna podmínka:

$$d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

Amplituda výsledného vlnění:

$$Y_m = |y_{m2} - y_{m1}|$$

(pro $y_{m1} = y_{m2} = y_m$ je $Y_m = 0$).



Obr. 2-5

STOJATÉ VLNĚNÍ

{standing waves}

Vlnění, které vzniká při interferenci dvou stejných vlnění (vlnění mají stejnou amplitudu výchylky, frekvenci a vlnovou délku), která postupují proti sobě. Jestliže počátek O soustavy souřadnic ($Oxyz$) je v bodě, v němž se obě vlnění setkávají v čase $t = 0$ s nulovým fázovým posuvem (obr. 2-6), jsou vlnění popsána rovnicemi (vlnění 1 se šíří vlevo a vlnění 2 vpravo):

$$y_1 = y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$y_2 = y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$$

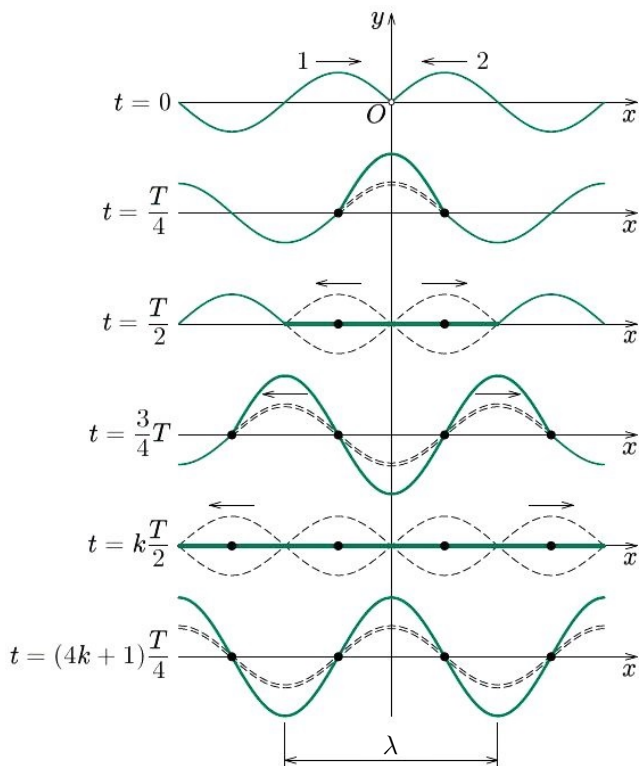
Pro výsledné vlnění platí:

$$y = y_1 + y_2 = Y_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$

Body prostředí, v němž vzniká stojaté vlnění, kmitají s amplitudou výchylky

$$Y_m = 2y_m \cos 2\pi \frac{x}{\lambda},$$

kteřá je funkcí polohy (souřadnice x) bodu.



Obr. 2-6

KMITNA*{antinode}*

Bod stojatého vlnění, v němž kmitání dosahuje maximální amplitudy výchylky. Pro kmitnu platí:

$$\cos 2\pi \frac{x}{\lambda} = \pm 1$$

$$x_k = 2k \frac{\lambda}{4}$$

($k = 0, 1, 2, \dots$)

UZEL*{node}*

Bod stojatého vlnění, v němž je amplituda výchylky stále nulová a bod je trvale v klidu. Pro uzel platí:

$$\cos 2\pi \frac{x}{\lambda} = 0$$

$$x_u = (2k + 1) \frac{\lambda}{4}$$

CHVĚNÍ*{vibration}*

Stojaté vlnění, které vzniká v tělesech (např. ve tvaru tyče) v důsledku interference vlnění postupujícího jedním směrem a vlnění odraženého od hraniční plochy tělesa (např. konce tyče) a postupujícího opačným směrem. Chvění vzniká jen při určitých frekvencích, které jsou celistvými násobky základní frekvence f_z určené geometrickými rozměry tělesa. Vyšší harmonické frekvence f_v jsou určeny upevněním tyče.

Základní případy:

a) Oba konce tyče jsou pevné:

$$f_z = \frac{v}{2l}$$

$$f_v = k f_z$$

($k = 1, 2, 3 \dots$)

b) Pevný střed a volné konce tyče:

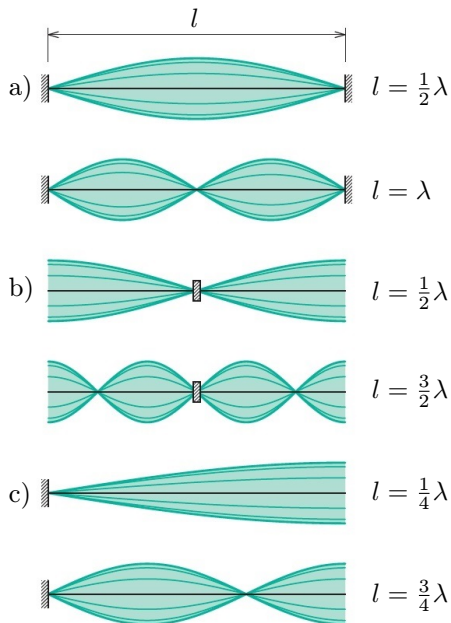
$$f_z = \frac{v}{2l}$$

$$f_v = (2k - 1)f_z$$

c) Jeden konec pevný a druhý volný (platí pro podélné chvění):

$$f_z = \frac{v}{4l}$$

$$f_v = (2k - 1)f_z$$



Obr. 2-7

VLNOPLOCHA

{*wave surface*}

Plocha, na níž leží body, do kterých vlnění ze zdroje dospělo za tutéž dobu. Body vlnoplochy kmitají se stejnou fází. Obecně má tvar koule (kulová vlnoplocha). Při velké vzdálenosti od zdroje považujeme vlnoplochu za část roviny (rovinná vlnoplocha).

PAPRSEK

{*ray*}

Přímka určující směr šíření vlnění, kolmá k vlnoploše.

ODRAZ VLNĚNÍ

{*reflection of waves*}

Děj na rozhraní dvou prostředí, při němž se vlnění dopadající na rozhraní vrací zpět do prostředí, z něhož k rozhraní dospělo.

ÚHEL DOPADU – α

{*angle of incidence*}

Úhel sevřený paprskem dopadajícího vlnění a kolmicí dopadu.

ÚHEL ODRAZU – α'

{*angle of reflection*}

Úhel sevřený paprskem odraženého vlnění a kolmicí dopadu.

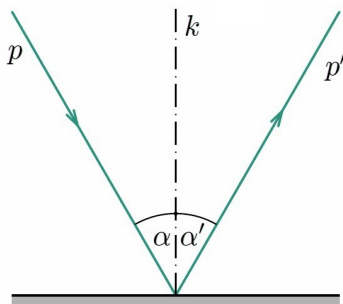
ZÁKON ODRAZU

{*law of reflection*}

Úhel odrazu vlnění je roven úhlu dopadu vlnění:

$$\alpha' = \alpha$$

Odražený paprsek zůstává v rovině dopadu.



Obr. 2-8

LOM VLNĚNÍ

{*refraction of waves*}

Děj na rozhraní dvou prostředí, při němž vlnění přechází do druhého prostředí a v něm se šíří jiným směrem.

ÚHEL LOMU

{*angle of refraction*}

Úhel sevřený lomeným paprskem a kolmicí dopadu v daném bodě rozhraní.

ZÁKON LOMU

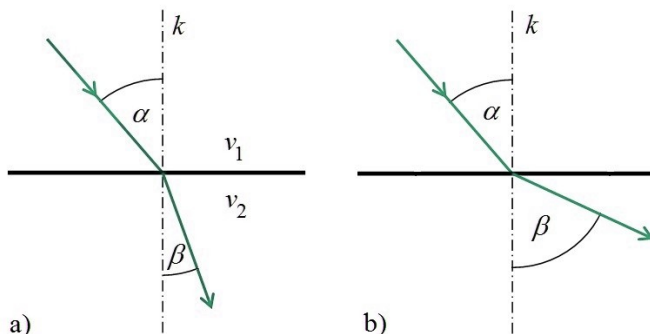
{*law of refraction*}

Poměr sinu úhlu dopadu k sinu úhlu lomu je pro daná dvě prostředí veličina konstantní a rovná se poměru rychlostí vlnění v obou prostředích:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$$

Lomený paprsek zůstává v rovině dopadu.

Jestliže $v_1 > v_2$, nastává lom ke kolmici ($\alpha > \beta$; obr. 2-9a). Jestliže $v_1 < v_2$, nastává lom od kolmice ($\alpha < \beta$; obr. 2-9b).



Obr. 2-9

HUYGENSŮV PRINCIP

{*Huygen's principle*}

Princip, který umožňuje konstrukci vlnoplochy v určitém okamžiku, je-li známa její poloha a tvar v některém předcházejícím okamžiku.

Každý bod vlnoplochy, do něhož dospělo vlnění v určitém časovém okamžiku, je zdrojem elementárního vlnění, které se z něho šíří v elementárních vlnoplochách. Vlnoplocha v dalším časovém okamžiku je vnější obalová plocha všech elementárních vlnoploch.