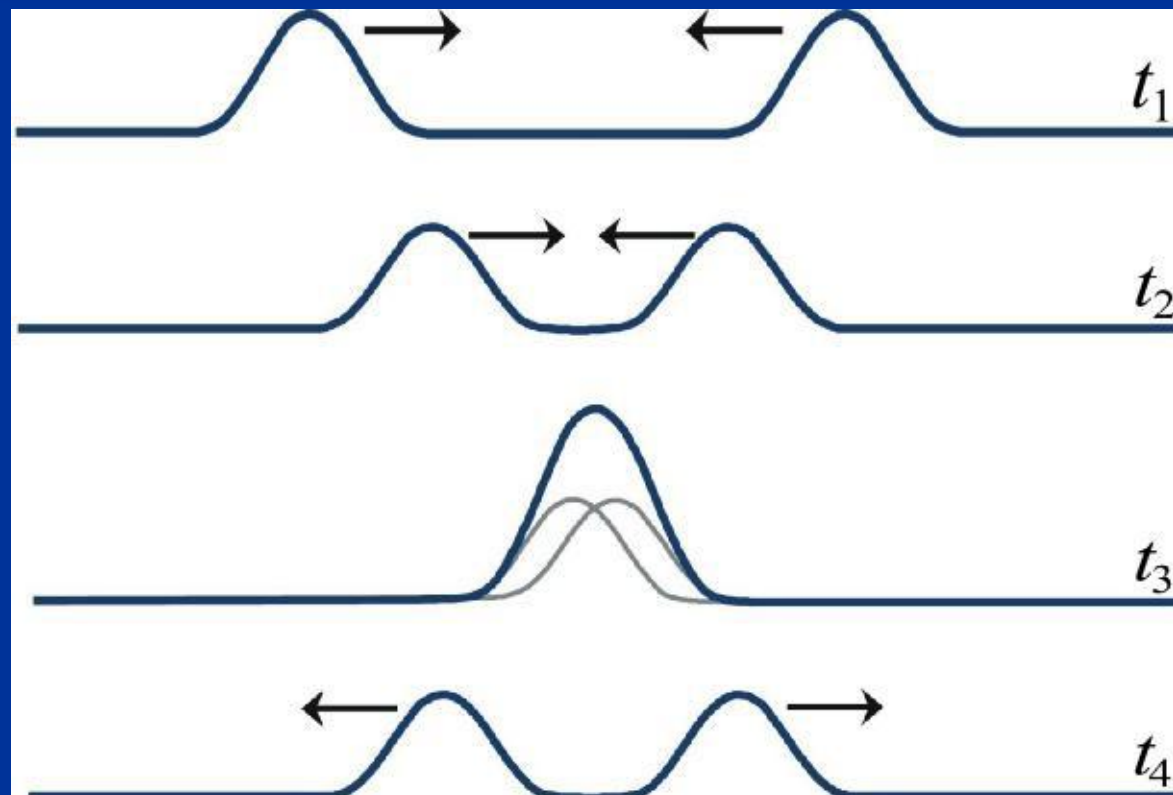


# Princíp superpozície, interferencia vlnenia

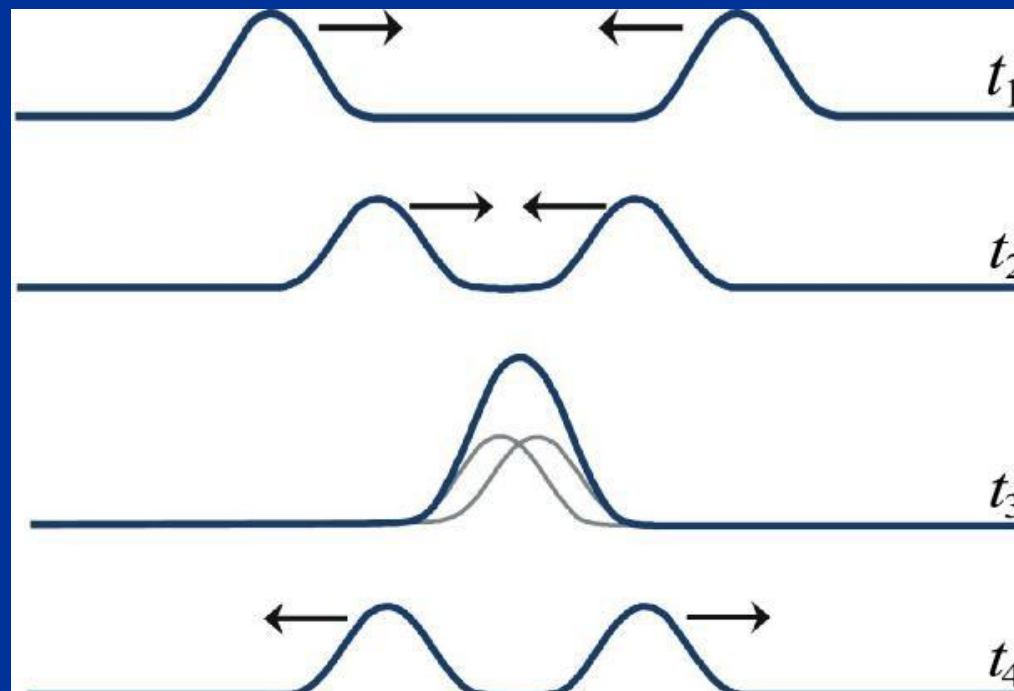


Interferencia môže nastať, ak dve alebo viac vlnení toho istého druhu prechádzajú tým istým prostredím v tom istom čase. V miestach, kde sa vlnenia prekrývajú, sa môžu vzájomne ovplyvňovať, ale postupujú ďalej, ako by sa šírili samostatne.

obr. 1

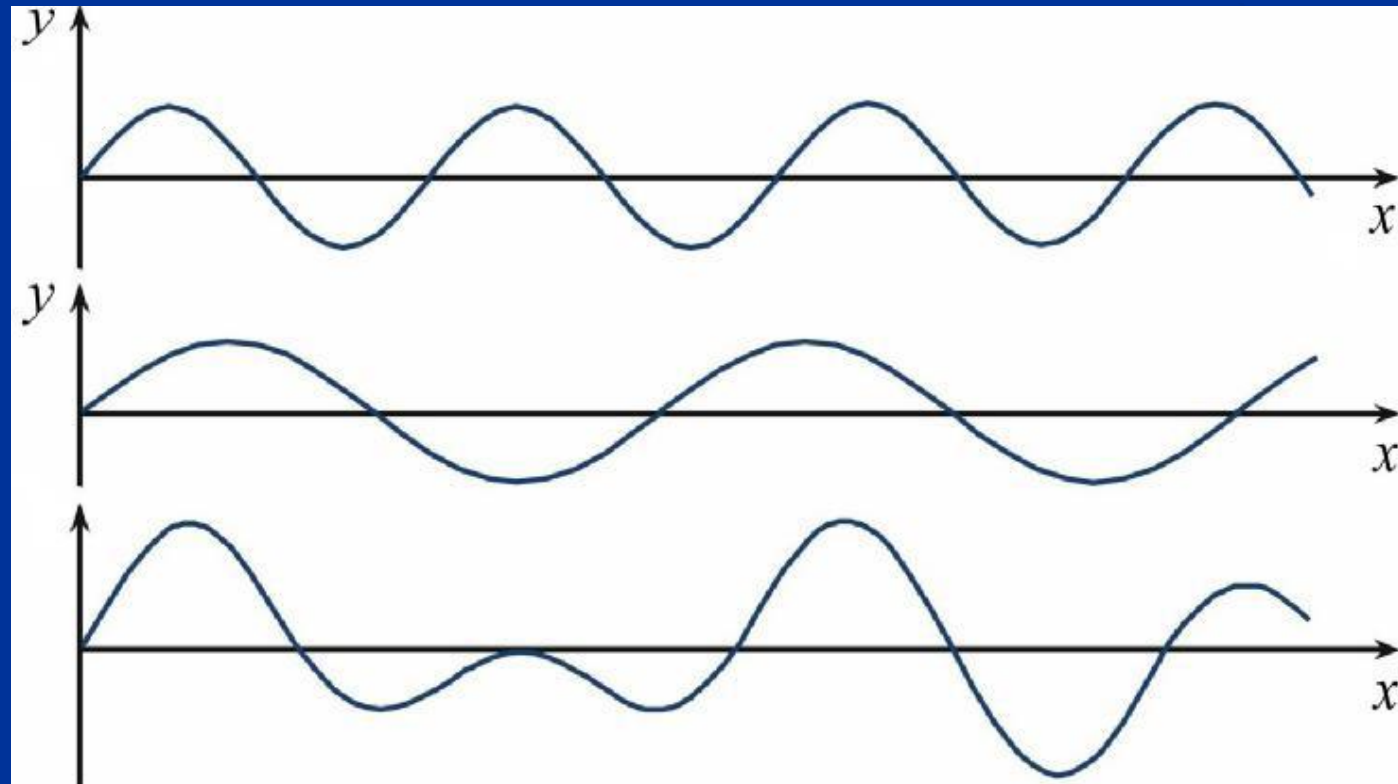


Na začiatok si pripomeňme **princíp superpozície** kmitania. Môžeme ho aplikovať aj na vlnenie. Ak jeden bod prostredia má okamžitú výchylku  $y_1$  od jednej vlny a výchylku  $y_2$  od druhej, potom skutočná okamžitá výchylka tohto bodu je  $y_1 + y_2$ . Na obr. 1 sa stretávajú dva vrchy pohybujúce sa smerom ku sebe. Všimnime si ako je použitý princíp superpozície na vysvetlenie tvaru lana v časovom okamihu  $t_3$ .

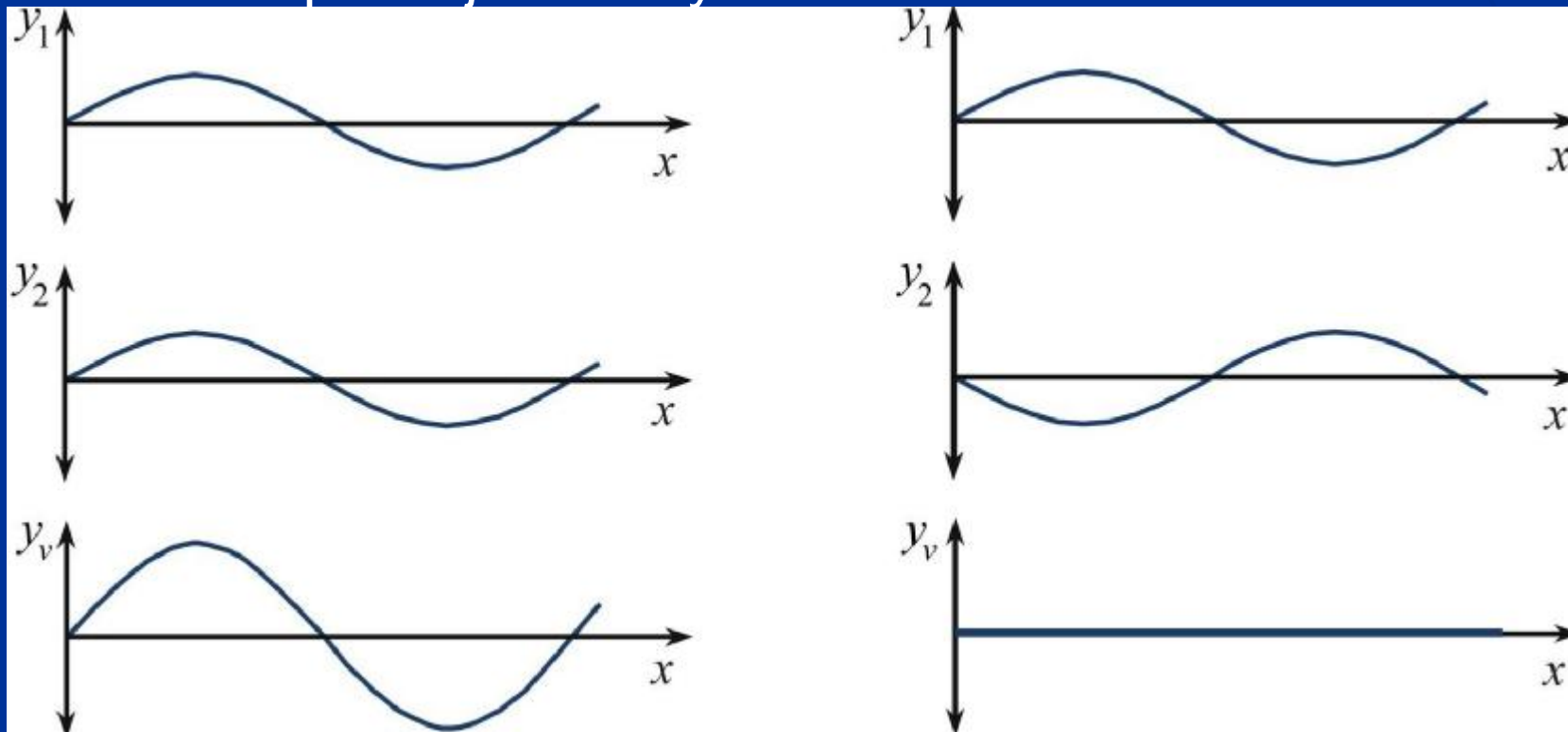


Ak máme spojité vlnenia, ktoré sa v prostredí prekrývajú, pozorujeme výsledné vlnenie. Tvar výslednej vlny môže vyzerat' veľmi zložito. Na obr. 2 máme vlnenie, ktoré sme dostali superpozíciou dvoch harmonických vln s rovnakou amplitúdou a s rôznymi frekvenciami.

obr. 2

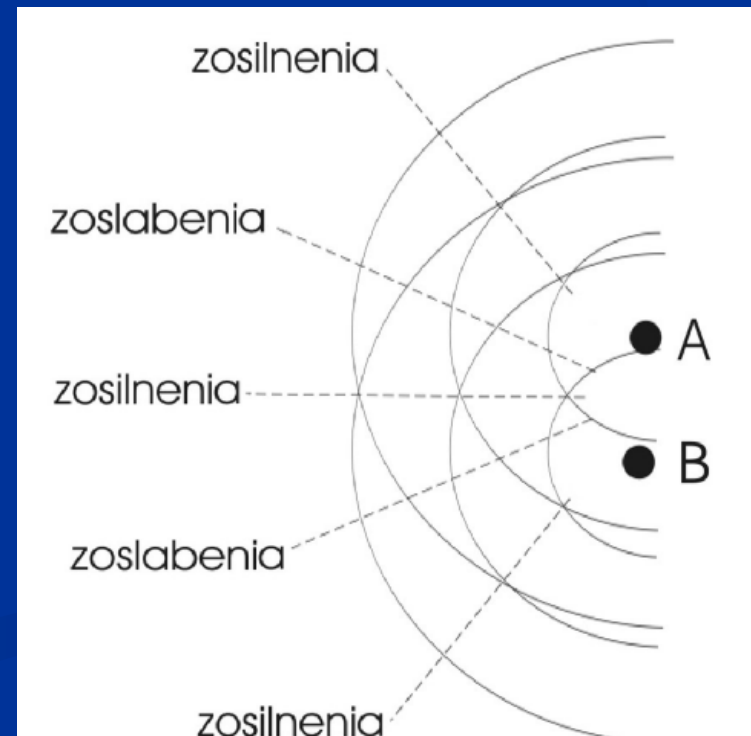


Ak obe harmonické vlny majú rovnakú frekvenciu, aj výsledné vlnenie bude harmonické. Amplitúda výsledného vlnenia môže byť väčšia i menšia ako amplitúda jednotlivých vlnení (obr. 3). Hovoríme o **interferenčnom zosilnení**, ak amplitúda je súčtom amplitúd jednotlivých vlnení (ak sú obe vlnenia vo fáze) a o **interferenčnom zoslabení**, ak amplitúda výsledného vlnenia je rozdielom amplitúd jednotlivých vlnení.



## Interferencia vlnení z dvoch zdrojov

Pozorujme vlnenie na vlnostroji vyvolané dvoma zdrojmi, ktoré kmitajú súčasne vo fáze. Na obr. 4 sú znázornené vlnoplochy týchto vlnení. Všimnime si body, kde sa stretávajú vlnoplochy od jedného a od druhého zdroja. Takéto body vytvárajú čiary – množiny bodov s interferenčným zosilnením.



Ak sú dve vlnenia rovnakého druhu a v každom bode je rozdiel ich fáz konštantný (nemenný v čase), hovoríme, že tieto vlnenia sú **koherentné**.

Pekné interferenčné obrázky pozorujeme len pri koherentných vlneniach.

Ak je fázový rozdiel dvoch koherentných vlnení v určitom bode  $2\pi$ , alebo iný párny násobok  $\pi$ , nastáva **interferenčné zosilnenie**. Ak fázový rozdiel je nepárny násobok  $\pi$ , nastáva **interferenčné zoslabenie**.

## Príklad

Dva reproduktory sú pripojené k jednému zdroju s frekvenciou 1 150 Hz. Vzájomná vzdialenosť reproduktorov je 1,0 m. Mikrofón máme 4,0 m od jedného z nich. Aká musí byť vzdialenosť od druhého, aby sme pozorovali interferenčné zoslabenie? Rýchlosť zvuku je  $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

### *Riešenie*

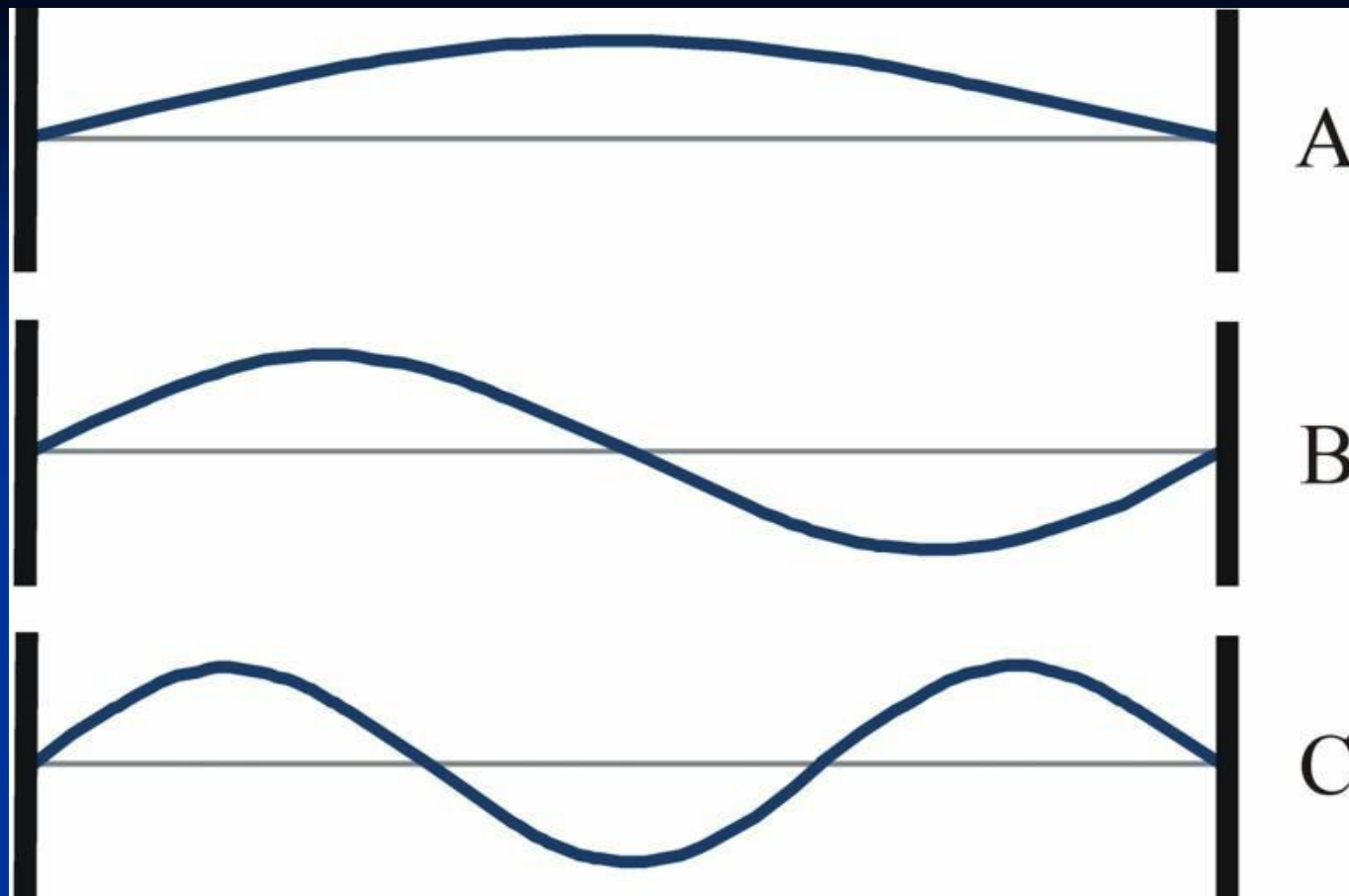
Vlnová dĺžka tohto zvuku  $\lambda = v/f$ .  $\lambda = 0,3 \text{ m}$ . Aby sme pozorovali zoslabenie, musí byť druhá vzdialenosť o nepárny násobok  $\lambda/2$  väčšia, alebo menšia ako vzdialenosť od prvého reproduktora, napríklad 3,83 m, alebo 4,15 m.

# Stojaté vlnenie



Vykonajme jednoduchý experiment. Zoberme dlhú strunu, alebo kus hadice. Jeden koniec (bod  $A$ ) držíme v pokoji a druhým koncom (bod  $B$ ) kmitajme. Z bodu  $B$  sa strunou šíri postupné vlnenie smerom k bodu  $A$ . V bode  $A$  sa toto vlnenie odráža a odrazené vlnenie sa šíri smerom ku bodu  $B$ . Máme v jednom prostredí dve vlnenia rovnakého druhu, s rovnakou vlnovou dĺžkou, ktoré sa šíria opačnými smermi. Superpozíciou týchto dvoch vlnení vznikne zvyčajne dosť nepravidelný pohyb struny. Pri vhodnej vlnovej dĺžke vlnenia však nastane kvalitatívne nový druh vlnenia – stojaté vlnenie. Niektoré body prostredia sú stále v pokoji, pričom iné body prostredia kmitajú s rôznymi amplitúdami. Body prostredia, ktoré kmitajú s maximálnymi amplitúdami, nazývame **kmitne**, body prostredia kmitajúce s nulovými amplitúdami nazývame **uzly**.

Obr.1

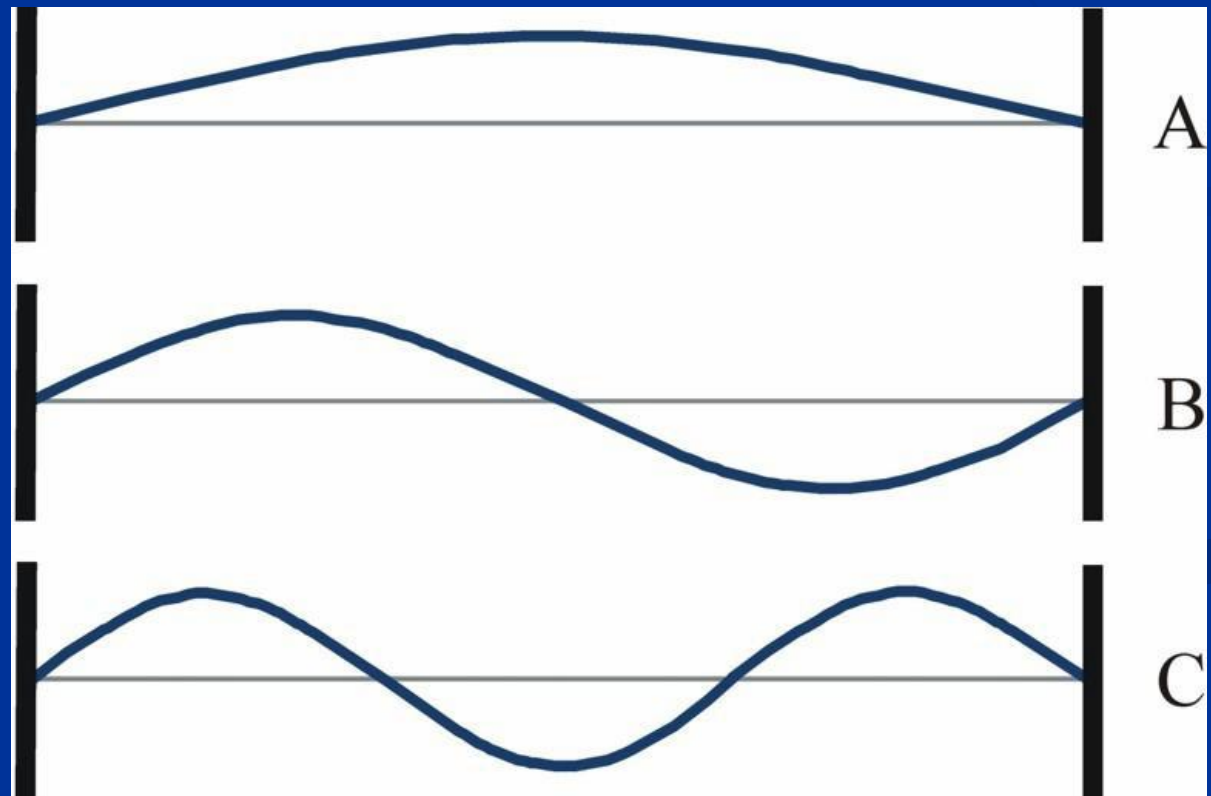


Obr.2



## Stojaté vlnenie na strune a v trubici

Skúmame správanie sa napnutej gitarovej struny. Gitarová struna je upevnená na oboch koncoch, teda na oboch koncoch musia byť uzly výsledného stojatého vlnenia (obr.1). Ak vezmeme do úvahy túto skutočnosť, veľmi ľahko nájdeme vlnové dĺžky možných stojatých vlnení.



Označme dĺžku struny písmenom  $l$ . Na obrázku 1 vidíme, že ak majú byť na koncoch struny uzly stojateho vlnenia, potom vlnová dĺžka môže nadobúdať iba hodnoty:  $2l, l, 2/3 l, \dots, nl / 2$ , kde  $n$  je prirodzené číslo.

Zvyčajne sa zaujímame viac o frekvencie, s ktorými struny kmitajú, teda o frekvencie príslušných stojatých vlnení. Ak využijeme vzťah  $f = v / \lambda$  zistíme, že na napnutej strune s dĺžkou  $l$  môžu vzniknúť stojaté vlnenia s frekvenciami

$$f_n = nv / 2l$$

kde  $n$  je prirodzené číslo a  $v$  je rýchlosť vlnenia na strune.

Stojaté vlnenie môže vzniknúť aj v stĺpci vzduchu v trubici. Na tomto princípe pracujú niektoré hudobné nástroje. Ak je trubica na konci zatvorená, vzniká na tomto konci uzol stojatého vlnenia (časti vzduchu nekmitajú). Ak je trubica na konci otvorená, od tohto konca sa vlnenie tiež odráža a vzniká na ňom kmitňa stojatého vlnenia. Pomocou vhodného obrázku zistíte možné frekvencie stojatých vlnení na trubici s dĺžkou  $l$ , ktorá je na jednom konci uzavretá a na druhom konci otvorená.

[mhttp://www.youtube.com/watch?v=-4AarYrIhNQ](http://www.youtube.com/watch?v=-4AarYrIhNQ)