

Meno a priezvisko:

Škola:

Bilingválne gymnázium C. S. Lewisa, Beňadická 38, Bratislava

Predmet:

Fyzika

Školský rok/blok:

/

Skupina:

Trieda:

Dátum:

Teória

1 KMITANIE A VLNIENIE

2.1 Mechanické vlnenie

1.2.8 Zvuk

Zvuk je mechanické vlnenie látkového prostredia, ktoré vyvoláva sluchový vnem. Je to mechanické vlnenie s frekvenciou približne od 16Hz do 16000Hz . Mechanické vlnenie s nižšou frekvenciou ako 16Hz sa nazýva **infrazvuk**, mechanické vlnenie s vyššou frekvenciou ako 16000Hz je **ultrazvuk**. Časť fyziky, ktorá sa zaoberá skúmaním zvuku, sa nazýva **akustika** (gr. akuo – počujem).

Podľa povahy zvukového vnemu delíme zvuky na hudobné a nehudobné. **Hudobné zvuky (tóny)** predstavujú periodické vlnenie. Sú to napríklad zvuky hudobných nástrojov, samohlásky. Hudobný zvuk, ktorý je harmonickým vlnením, sa nazýva **jednoduchý tón**. Jeho frekvencia sa nazýva **absolútna výška** jednoduchého tónu.

Hudobný zvuk, ktorý nie je harmonickým vlnením, sa nazýva **zložený tón**. Z poznatkov harmonickej analýzy vyplýva, že zložený tón je tvorený základným jednoduchým tónom frekvencie f a vyššími harmonickými tónmi frekvencií $k \cdot f$, kde k je prirodzené číslo.

Absolútnou výškou zloženého tónu rozumieme jeho základnú frekvenciu. Zastúpenie a amplitúdy vyšších harmonických tónov určujú **farbu tónu**.

Relatívnou výškou tónu nazývame podiel jeho frekvencie a frekvencie tónu zvoleného za základný. V hudobnej akustike bol za základný tón zvolený tón s frekvenciou 440Hz , v technickej praxi tón s frekvenciou 1000Hz .

Nehudobné zvuky (hluky) predstavujú neperiodické vlnenie – napríklad buchot, hrmot, sykot.

Zvukové vlnenie je nositeľom energie. Vzťah pre intenzitu zvuku: $I = \frac{E}{S\Delta t}$

kde E je energia, ktorú zvukové vlnenie prenesie za dobu Δt s plochou S kolmou na smer postupného vlnenia.

Sluchom môžeme vnímať zvuk veľkého rozsahu s intenzitou od $10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \approx 0\text{dB}$ do

$10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \approx 130\text{dB}$. Najmenšia hodnota intenzity zvuku $10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \approx 0\text{dB}$, ktorá vyvoláva sluchový

vnem, sa nazýva **prah počuteľnosti**. Najväčšia hodnota intenzity $10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \approx 130\text{dB}$, ktorej

prekročenie vyvoláva v uchu pocit bolesti, je **prah bolesti**. Práh bolestivosti je tlak, ktorý vyvoláva bolesť a poranenie sluchu. Proti hluku sa používajú chrániče sluchu. Hladina intenzity zvuku, tzv. hlasitosť, je podiel danej intenzity a prahu počuteľnosti. Jedotka je decibel [dB].

$$h = 10 \cdot \log \frac{P}{P_{\min}} [\text{dB}]$$

Zvuk a jeho vlastnosti

- **zvuk** je mechanické vlnenie (postupné pozdĺžne mechanické vlnenie) s frekvenciou v intervale od 16 Hz do 16 000 Hz; mechanické vlnenie s nižšou frekvenciou nazývame **infrazvuk** (otrasy, zemetrasenie, subsonické zvuky), s vyššou frekvenciou **ultrazvuk** (používa sa na vyhľadávanie chýb v materiáloch, čistenie predmetov, v diagnostike v lekárstve a pod.)
- zdrojom zvuku je chvenie pružných telies; chvenie sa prenáša do okolitého prostredia, v ktorom vzniká zvukové vlnenie; zvuk sa šíri len pružným prostredím ľubovoľného skupenstva (šíri sa iba látkovým prostredím, vo vákuu sa nešíri)
- fyzikálnymi dejmi pri prenose zvuku sa zaoberá **akustika**
 - o *fyzikálna akustika* študuje fyzikálne podmienky vzniku zvuku v zdrojoch zvuku, šírenie a pohlcovanie zvukov v rôznych prostrediach
 - o *fyziológická akustika* sa zaoberá vznikom zvuku v hlasovom orgáne človeka a vnímaním zvuku uchom
 - o *hudobná akustika* skúma zvuky z hľadiska potrieb hudby
- zvukové vlnenie má v rôznych látkach rozličnú rýchlosť. Prostredie ho zoslabuje, čo znamená, že sa znižuje amplitúda zvukových vln – **pohlcovanie (absorpcia) zvuku**
- zvuky rozdeľujeme na:
 - o *periodické*
 - nazývajú sa aj hudobné zvuky alebo tóny
 - patria tu zvuky hudobných nástrojov, samohlásky reči
 - o *neperiodické*
 - vnímame ich ako hluk, šum
 - patria tu spoluhlásky reči
- **vlastnosti zvuku:**
 - o *výška* (určuje ju frekvencia; základný je tón s frekvenciou 440 Hz – komorné a)
 - o *farba*
 - o *hlasitosť*
- **hlasitosť:**
 - o ľudské ucho môže vnímať tlakové zmeny od $\Delta p = 10^{-5} \text{ Pa}$ (táto hranica určuje **prah počuteľnosti**)
 - o veľmi hlasným zvukom zodpovedajú tlakové zmeny až $\Delta p = 10^2 \text{ Pa}$. Keď sa táto hranica prekročí, vzniká v uchu pocit bolesti, hovoríme o **prahu bolesti**
 - o ľudské ucho je najcitlivejšie na zvuky s frekvenciou 700 Hz až 6 kHz
- **intenzita zvuku:**
 - o intenzita zvuku sa definuje ako pomer výkonu zvukového vlnenia a plochy, ktorou vlnenie prechádza
 - $$I = \frac{P}{S}$$
 - jednotkou intenzity zvuku je $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, používa sa aj jednotka **bel B** (v praxi sa používa 10-krát menšia jednotka – **decibel**)
- **rýchlosť zvuku:**
 - o rýchlosť zvuku vo vzduchu závisí od zloženia vzduchu (nečistoty, vlhkosť), ale najviac od teploty. Pre teplotu t vzduchu v $^{\circ}\text{C}$ určíme rýchlosť zvuku vo vzduchu podľa vzťahu:
 - $$v_t = (331,82 + 0,61\{t\}) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$
 - pri bežných teplotách je rýchlosť zvuku vo vzduchu približne $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
 - o v kvapalinách a pevných látkach je rýchlosť zvuku väčšia ako vo vzduchu (vo vode pri teplote 8°C je rýchlosť zvuku $1\,435 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; v oceli pri teplote 15°C je rýchlosť zvuku $4\,980 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Dopplerov jav

Akustický

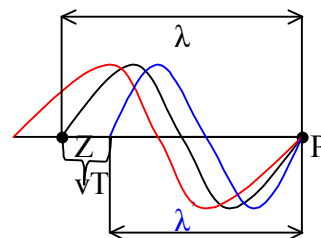
- pohyb zdroja vlnenia:**
- o máme zdroj vlnenia; keď sa zdroj pohybuje, tak pozorovateľ, nebude pozorovať vlnovú dĺžku, ktorú vysiela zdroj, ale bude pozorovať väčšiu alebo menšiu vlnovú dĺžku (podľa smeru pohybu zdroja)
 - o **zdroj sa približuje:**

$$\lambda' = \lambda - vT \Rightarrow \frac{c}{f'} = \frac{c}{f} - \frac{v}{f} \Rightarrow f' = f \frac{1}{1 - \frac{v}{c}}$$
 - v je rýchlosť pohybu zdroja, c je rýchlosť šírenia vlnenia
 - výsledná pozorovaná frekvencia je väčšia ako pôvodná frekvencia (frekvencia zdroja)
 - o **zdroj sa vzdaluje:**

$$\lambda' = \lambda + vT \Rightarrow \frac{c}{f'} = \frac{c}{f} + \frac{v}{f} \Rightarrow f' = f \frac{1}{1 + \frac{v}{c}}$$
 - výsledná pozorovaná frekvencia je menšia ako pôvodná frekvencia
- pohyb pozorovateľa:**
- o **v smere šírenia vln:**

$$f' = f \frac{c+u}{c} \Rightarrow f' = f \left(1 + \frac{u}{c} \right)$$
 - o **proti smeru šírenia vln:**

$$f' = f \frac{c-u}{c} \Rightarrow f' = f \left(1 - \frac{u}{c} \right)$$
- pohyb zdroja aj pozorovateľa:**
- o ak za kladný smer vezmeme smer od zdroja k prostrediu, platí:
- $$f' = f \frac{1 - \frac{u}{c}}{1 - \frac{v}{c}}$$



Relativistický

- máme zdroj vlnenia, pre ktoré platí:
 - o $y = y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$
- pozorovateľ pozoruje vlnu, pre ktorú platí:
 - o $y = y_m \sin 2\pi \left(\frac{t'}{T'} - \frac{x'}{\lambda'} \right)$
- keďže vlna, ktorú vysiela zdroj a ktorú pozoruje pozorovateľ, je rovnaká, platí:
 - o $2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = 2\pi \left(\frac{t'}{T'} - \frac{x'}{\lambda'} \right) \Rightarrow \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{c} \right) = \frac{2\pi}{T'} \left(t' - \frac{x'}{c} \right) \Rightarrow f \left(t - \frac{x}{c} \right) = f' \left(t' - \frac{x'}{c} \right)$
- po dosadení Lorentzových transformácií platí:
 - o $f \left(t - \frac{x}{c} \right) = f' \left(\frac{t - \frac{vx}{c^2} - \frac{x - vt}{c}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right) \Rightarrow f \left(t - \frac{x}{c} \right) = f' \frac{\left(t - \frac{x}{c} \right) \left(1 + \frac{v}{c} \right)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$
- po úprave pre vzdáľujúci svetelný zdroj dostaneme:

$$o \quad f' = f \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}}}$$

- o ak sa zdroj vlnenia pohybuje od prijímača, pozorovaná frekvencia je menšia ako vysielaná frekvencia, teda pozorovaná vlnová dĺžka sa zväčšuje, nastáva posun k červenej časti spektra; pri pohybu ku prijímaču je to naopak

Príklady vlnových dĺžok:

rádiové vlny (100 MHz) - 3 m

viditeľné svetlo - menej ako 1 mm

Rýchlosť šírenia vlnenia je rôzna v rôznych prostrediach. Čím je hustejšie prostredie, tým je vyššia rýchlosť.

Príklady rýchlosti zvuku:

vzduch: 340 m/s

ocel': 5 000 m/s

Príklad:

Za aký čas prejde zvuk vzdialenosť 1km vo vode a vo vzduchu ?

$$v = \frac{s}{t} \quad \dots \quad t = \frac{s}{v}$$

$$\text{Vzduch: } t = \frac{s}{v} = \frac{1000m}{340m/s} = 3s$$

$$\text{Voda: } t = \frac{s}{v} = \frac{1000m}{1440m/s} = 0,7s$$