

## Zvuk (akustika)

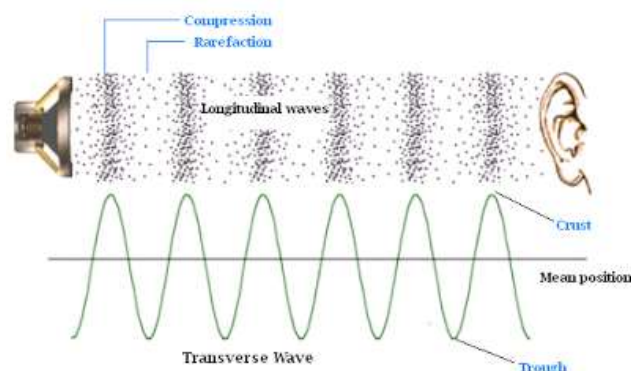
Dělení:

- Infrazvuk (<16Hz)
- Slyšitelný zvuk (16-20 000Hz)
- Ultrazvuk

Proces přenosu zvuku:

1. Zdroj zvuku
2. Prostředí šíření zvuku
3. Přijímač zvuku (např. ucho)<sup>1</sup>

**Zvuk=periodické změny tlaku (postupné podélné vlnění<sup>2</sup>)**



### Zdroje zvuku

Chvění pružných těles- např.:

- Ladička- chvění kovové vidlice
- Reproduktor- chvění pružné membrány

Periodické zvuky- nemusí být však harmonické:

- Hudební zvuky (harmonické jsou pouze jednoduché tóny)
- Samohlásky<sup>3</sup>

Hluk/šum- neperiodické a nahodilé zvuky (např. praskání, bušení, skřípání, šum listů)

### Šíření zvuku

Z podstaty existuje pouze v látkovém prostředí (např. vzduch, voda, kov)

V méně pružných prostředích (např. polystyren) se šíří špatně (je tlumen)

### Rychlost zvuku

$$v = 343 \text{ m/s (} v \text{ suchém vzduchu při } 20^\circ\text{C)}$$

- Závisí na:
  - Složením vzduchu
  - Nečistotami
  - Vlhkostí
  - Teplotou (tj. průměrnou rychlostí částic vzduchu)- nejvíce:

$$v = 331,82 + 0,61 \cdot T \text{ (}^\circ\text{C)}$$

<sup>1</sup> Program Soundcard Scope: [https://www.zeitnitz.eu/Scope\\_en](https://www.zeitnitz.eu/Scope_en)

<sup>2</sup> V pevných látkách může vzniknout příčné vlnění

<sup>3</sup> Souhlásky mají neperiodický průběh

- Nezávisí na:
  - Tlaku
  - Frekvenci zvuku

Ve vodě se zvuk šíří rychleji ( $\approx 1500\text{m/s}$ ) a ještě rychleji například v oceli ( $\approx 5000\text{m/s}$ )

Metody měření:

- První metody založeny na faktu, že rychlost světla je oproti rychlosti zvuku v podstatě nekonečná
- Dnes například rezonance sloupce daného materiálu pomocí zvuku známé frekvence  $\rightarrow$  změření vlnové délky ( $v = \lambda \cdot f$ )

### Odraz

Ozvěna- důsledek odrazu vln a rychlosti zvuku

Ucho je schopno rozlišit dva zvuky, pokud jsou 0,1s od sebe  $\rightarrow$  za 0,1s zvuk urazí 34m a překážka tedy musí být pro ozvěnu alespoň 17m vzdálená

Princip sonaru- měření doby ozvěny

Dozvuk- pokud je překážka vzdálená méně než 17m zvuky neodlišíme, ale protahují se

### Vlastnosti zvuku

- Výška- určena frekvencí
- Relativní výška- frekvence vzhledem k tónu  $a^1$  (440Hz)- důležitější pro subjektivní hodnocení zvuku (zvl. v hudbě)
- Složené tóny- superpozice více kmitání- uchem vnímán jako jeden tón (na rozdíl od akordů)
  - Základní tón- tón s nejnižší frekvencí- určuje amplitudu
  - Vyšší harmonické tóny- barva tónu (umožňují odlišit stejný tón na různých nástrojích)

### Hlasitost

Hlasitost je míra periodické změny tlaku vzduchu

- Subjektivní- závisí na citlivosti ucha i na frekvenci zvuku (ucho je různě citlivé na různé frekvence)
- Objektivní- kvantifikuje výkon zvuku- energii přenášenou zvukovou vlnou za čas

Akustický výkon (P):

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Intenzita zvuku (I)- výkon na plochu umístěnou kolmo ke směru vlny (A)- jednotka [ $\text{W/m}^2$ ]:

$$I = \frac{P}{A}$$

K vyloučení rozdílné citlivosti na frekvence se používá referenční kmitočet:

- **1kHz** (nejvyšší citlivost)- pro technické účely
- 440Hz (tón a<sup>1</sup>)- v hudbě

Rozsah výkonu je obrovský → logaritmická jednotka Bel [B]:

- Práh slyšení (10<sup>-12</sup>W)=0B
- Práh bolesti (1W)=12B

Decibel (B·10<sup>-1</sup>)- v praxi více využíván

Hladina (level) akustického výkonu (L<sub>w</sub>)- poměr akustického výkonu zvuku a výkonu prahu slyšení → 0B je poté práh slyšení a logaritmus je dobrou aproximací vnímání hlasitosti uchem:

$$L_w[dB] = 10 \cdot \log \frac{P}{P_0}$$

- 2x akustický výkon = zesílení o 3dB
- 10x akustický výkon = zesílení o 10dB

**Zákon převrácených čtverců**- platí mj. pro zvuk- akustický výkon se snižuje s druhou mocninou vzdálenosti ← díky šíření v prostoru

$$P_f = \frac{P_i}{d^2}$$

- 2x vzdálenost = 1/4 akustického výkonu = zeslabení o 6dB
- 10x vzdálenost = 1/100 akustického výkonu = zeslabení o 20dB

Zvuky nad 120dB mohou poškodit ucho, nad 150dB dochází k prasknutí ušního bubínku, nad 180dB dochází k poškození plic a k vzduchovým emboliím v orgánech

| Decibels | Example                              |
|----------|--------------------------------------|
| 0        | Silence                              |
| 10       | Breathing, ticking watch             |
| 20       | Rustling leaves, mosquitos           |
| 30       | Whispering                           |
| 40       | Light rain, computer hum             |
| 50       | Quiet office, refrigerator           |
| 60       | Normal conversation, air conditioner |
| 70       | Shower, toilet flush, dishwasher     |
| 80       | City traffic, vacuum cleaner         |
| 90       | Music in headphones, lawn mower      |
| 100      | Motorcycle, hand drill               |
| 110      | Rock concert, chain saw              |
| 120      | Thunderclap                          |
| 130      | Maximum stadium crowd noise          |
| 140      | Aeroplane taking off                 |
| 150      | Fighter jet take off                 |
| 160      | Shot gun                             |
| 170      | Fireworks                            |
| 180      | Rocket launch                        |

### Ultrazvuk

Nad 20kHz → neslyšitelný pro člověka, avšak vnímají jej někteří jiní živočichové (např. delfíni, netopýři)

Vznik- pro vysokou frekvenci se používá piezoelektrického jevu u keramických materiálů → kmitání

Vyšší frekvence → méně ovlivněn ohybem a méně pohlcován

Využití:

- Sonograf- nahrazuje rentgen- sonda je vysílačem i přijímačem (řádově MHz o malé intenzitě)- přijímač zpracovává vlnění odražené od vnitřních tkání
- Sonar- měření vzdálenosti pomocí délky ozvěny (echo)- např. parkovací senzory, čidlo pohybu, stav nádrží, počítání výrobků...
- Defektoskopie- detekce vad na základě odrazu v dutinách výrobku

- Homogenizace- výroba suspenzí a emulzí- rozptýlení částic v kapalině díky vibracím vysoké frekvence
- Zbavování kapalin/tavenin rozptýlených plynů
- Echolokace

### **Infrazvuk**

Pod 16Hz → vnímán některými mořskými organismy (např. ryby, medúzy- upozornění na vlnobití)

Člověk jej neslyší ← na těchto frekvencích je nejvíce šumu + nevnímáme šum způsobený vlastním krevním oběhem

Při vysokých intenzitách je nebezpečná mj. frekvence 7-8Hz, jelikož se podobá frekvenci některých orgánů (vliv na srdce a nervovou soustavu- zvl. mozkové alfa vlny)