

# KET/CHH

## 6. přednáška

Ing. Martin Sýkora, Ph.D

## Opakování z minulé přednášky...

### ***Vliv vibrací na člověka***

- *Možnosti šíření, mezní hodnoty a modelování*
- *Legislativa v oblasti vlivu vibrací na člověka*

### ***Měření vibrací mechanických soustav***

- *Vibrodiagnostika*
- *Analýza soustav a signálů*
- *Modální analýza*

## Část zaměřená na hluk

### ***Co je to hluk?***

- *Druh zvuku*
- *„Hluk je takový zvuk, který má negativní účinky na člověka a životní prostředí“*

### ***Věda, která se zabývá zvukem - Akustika***

- *Z lat. [akuó] slyším ...*
- *Akustika má mnoho odvětví (stavební akustika, prostorová akustika, elektroakustika, fyziologická akustika )*
- *Řeší se mnoho problémů z mnoha úhlů pohledu*

# Zvuk

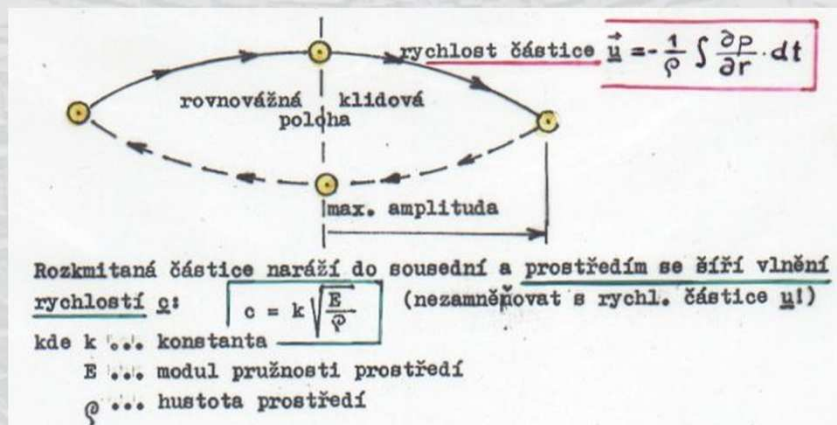
## **Co je to zvuk?**

- *Je mechanické kmitání plynů, kapalin nebo pružných pevných médií*
- *Vibrující objekt předá část své energie částicím ve svém okolí – dochází k rozkmitání těchto částic*
- *Kmitající částice naráží do dalších částic prostředí a vychyluje je z rovnovážné polohy – dochází k šíření zvuku prostředím*

## **Nutné podmínky pro vznik a šíření zvuku**

- *Kmitající (vibrující) předmět – tedy mechanický pohyb*
- *Částicové prostředí*

# Zvuk



# Funkce zvuku ve společnosti

## *Zvuk má v životě několik důležitých úloh*

- *Slouží jako nástroj dorozumívání a komunikace, případně funkci získávání informací*
- *Má varovnou funkci (umělé signály, či zvukové projevy přírodních jevů)*
- *Pomáhá v prostorové orientaci*
- *V určité formě (hudba, umění) slouží k relaxaci*
- *Diagnostické využití – zjištění stavu strojů, prostředí, ...*

# Význam zvuku

## ***Sluch***

- *Jeden ze smyslů – vnímání zvuku*
- *Mnoho funkcí zvuku - velký význam sluchu*

## ***Význam akustiky a potlačování hluku***

- *Potlačení negativních projevů hluku na člověka a životní prostředí*
- *Ochrana zdraví, v první řadě sluchu, ale hluk může mít i jiné projevy*
- *Naopak zlepšení žádoucích funkcí zvuku*



# Hluk

## ***Hluk je definován jako zvuk který:***

- *Má negativní účinky na člověka a životní prostředí*
- *Je člověku nepříjemný*

## ***Různé aspekty hodnocení***

- *Objektivní*
  - *Vliv hluku na biologické funkce člověka, resp. na životní prostředí*
- *Subjektivní*
  - *Hodnocení nepříjemnosti*
  - *Různé vnímání konkrétními jedinci*
  - *Stejné problémy jako u vnímání vibrací*



# Měření hluku

## ***Nezbytnost kvantifikovat vlastnosti a účinky hluku***

- *Nutnost měření*
- *Měření hluku = stejné postupy jako měření zvuku*
- *Nejčastěji měření akustického tlaku*

## ***Využití měření hlučnosti***

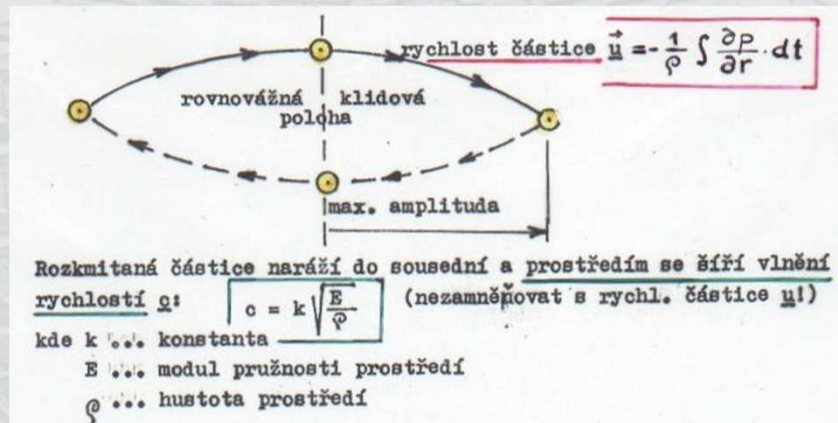
- *Zlepšení vlastností výrobků, strojů či staveb*
- *Výzkum působení hluku či zvuku na člověka a další organismy*
- *Součást postupů pro obecné snižování hlučnosti*
  - *Omezení vzniku hluku*
  - *Omezení cest šíření hluku*
  - *Potlačení/utlumení existujícího hluku*

# Akustický tlak

## *Pohyb a vzájemné interakce částic*

- *V důsledku vzniku shluků částic dochází ke změnám tlaku*
- *Zředování či zhušťování média*
- *Změny tlaku odpovídají chvění – „akustický tlak“*
- *Změna tlaku - existuje již určitý tlak, který se mění*
- *Roste či klesá jeho okamžitá hodnota*
- *Akustický tlak je (v případě vzduchu) superponován na tlak atmosférický*
  
- *Jednotky akustického tlaku – Pascal [Pa]*

# Akustická rychlost



# Akustická rychlost

- Akustická rychlost resp. rychlost pohybu částice

$$\frac{p}{u} = \rho \cdot c$$

- Poměr mezi akustickým tlakem (**p**) a akustickou rychlostí (**u**) je konstanta prostředí tzv. **vlnový odpor** nebo **impedance prostředí**
- **Neplést s rychlostí šíření**

## Rychlost šíření zvuku

- Rychlost šíření zvuku v plynech závisí na jejich vlastnostech

$$c = k \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Kde  $c$  je rychlost šíření [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$E$  je modul pružnosti prostředí [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ ]

$\rho$  je hustota prostředí [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

- Teplotní závislost rychlosti šíření zvuku ve vzduchu

$$c = 331,6 \cdot \sqrt{1 + \frac{\delta}{273}}$$

- $\delta$  je teplota vzduchu [ $^{\circ}\text{C}$ ]

# Hladinové vyjádření, decibely

*Rozsah akustických tlaků  $10^{-5}$  až  $10^2$*

- *Nutno zobrazovat velký rozsah hodnot – přechod k logaritmickému vyjádření*
- *Navíc lidský sluch pracuje rovněž přibližně logaritmicky*
- *Zavedení poměrných logaritmických jednotek - decibely*

## Hladinové vyjádření, decibely

Veličina	Definiční vztah	Referenční hodnota
Hladina akustického výkonu	$L_W = 10 \cdot \log \frac{W}{W_0}$	$W_0 = 1 \cdot 10^{-12} [W]$
Hladina akustické intenzity	$L_I = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$	$I_0 = 1 \cdot 10^{-12} [W \cdot m^{-2}]$
Hladina akustického tlaku	$L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0}$	$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} [Pa]$



## Hladinové vyjádření, odvození vztahu pro tlak

*Mezi akustickým tlakem a intenzitou platí vztah*

$$I = p \cdot u$$

*Kde  $I$  je akustická intenzita*

*$p$  je akustický tlak*

*$u$  je akustická rychlost*

*A dále platí*

$$u = \frac{p}{\rho \cdot c}$$

*Kde  $u$  je akustická rychlost*

*$p$  je akustický tlak*

*$\rho$  je hustota prostředí*

*$c$  je rychlost šíření*

## Hladinové vyjádření, odvození vztahu pro tlak

*Potom můžeme dosadit*

$$I = p \cdot u = p \cdot \frac{p}{\rho \cdot c} = \frac{p^2}{\rho \cdot c}$$

$\rho \cdot c$  je konstanta prostředí

*Dále můžeme dosadit*

$$L_I = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} = 10 \cdot \log \frac{\frac{p^2}{\rho \cdot c}}{\frac{p_0^2}{\rho \cdot c}} = 10 \cdot \log \frac{p^2}{p_0^2}$$

## Hladinové vyjádření, odvození vztahu pro tlak

*Hladina akustického tlaku*

Angl. výraz **Sound Pressure Level (SPL)**

$$L_I = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0}$$

# Lidský sluch

## ***Fyziologická akustika***

- *Zabývá se lidským sluchem a vnímáním zvuku*

## ***Vlastnosti lidského sluchu***

- *Zjišťovány postupně experimentálně*
- *Různé vnímání jednotlivých druhů zvuku/hluku*
- *Omezený frekvenční rozsah*
- *Omezený dynamický rozsah*

# Lidský sluch – mezní a prahové hodnoty

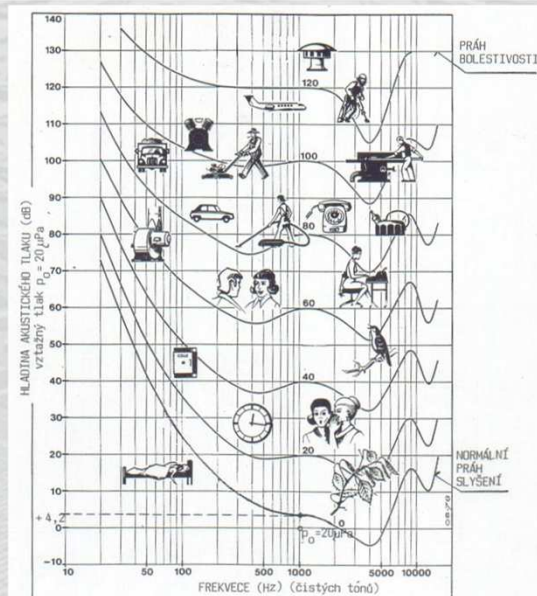
## **Frekvenční rozsah**

- 20 Hz – 20 kHz
- Závisí na věku, aktuálním zdravotním stavu
- Pod 20 Hz – infrazvuk, vnímání celým tělem
- Nad 20 kHz – ultrazvuk

## **Dynamický rozsah**

- Práh slyšení 0 dB, což odpovídá 20  $\mu$ Pa
- Stanoven experimentálně, zvolen jako referenční hodnota
- Práh bolesti – 130 dB

# Lidský sluch – křivky stejné slyšitelnosti



## Křivky stejné hlasitosti

### *Fletcher – Munsonovy křivky*

- Ukazují různou citlivost sluchu na různé frekvence
- Ač hladina je různá, vjem je stejný
- Referenční hladina prahu slyšení  $20 \mu\text{Pa}$  platí při 1 kHz

### *Jejich určení*

- Již v minulosti – experimentálně
- Velký vzorek různých lidí
- V bezodrazovém prostředí
- Pro poslech oběma ušima
- Hladina akustického tlaku se měří v místě posluchače – bez jeho přítomnosti
- Poslední revize – práh slyšení není 0 dB, ale cca. 4,2 dB





**Děkuji za pozornost**