

# KET/CHH

## 7. přednáška

Ing. Martin Sýkora, Ph.D

## Opakování z minulé přednášky...

### **Hluk**

- *Vznik, šíření*
- *Význam a funkce zvuku*
- *Základní veličiny a jednotky*

### **Základy vnímání zvuku/hluku**

- *Akustický tlak*
- *Křivky stejné hlasitosti*
- *Hladinové vyjádření, decibely, referenční úrovně*

Zopakovat co je hluk, co je zvuk.

Základní akustické veličiny – tlak, rychlost, rychlost šíření...

# Akustický výkon

## **Akustický výkon – charakteristika zdroje zvuku**

- *Závisí na vlastnostech zdroje (rozměry, rychlost a velikost kmitání)*
- *Nezávisí na parametrech okolního prostředí*
- *Významný parametr pro srovnání zdrojů zvuku – nezávislost na podmínkách prostředí – objektivní srovnání zdrojů*
- *Označuje se  $W$  a jednotkou je Watt [W], resp. spíše dílčí jednotky*
- *Hladinové vyjádření (viz minulá přednáška)*

$$L_W = 10 \cdot \log \frac{W}{W_0}$$

- *Referenční hodnota  $W_0=1 \cdot 10^{-12}$  [W]*

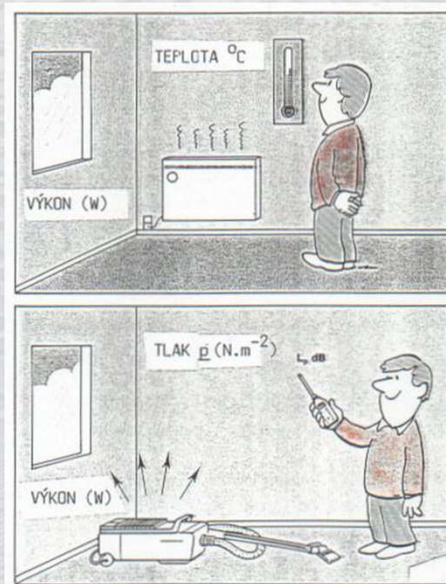
# Akustický výkon

## **Akustický výkon – projevy**

- *Akustický výkon je charakteristikou zdroje*
- *Akustický tlak je vyjádřením stavu a situace*
- *Souvislost akustického výkonu a akustického tlaku*
- *Stejný zdroj může mít různé projevy v různém prostředí*
- *Výsledný akustický tlak závisí na celé řadě faktorů*
  - *Vzdálenost a směr od zdroje*
  - *Parametry prostředí (rychlost šíření, teplota, proudění)*
- *Analogie se zdrojem tepla a teplotou:*

*„Stejný zdroj (se stejným výkonem) způsobí účinky (různá změna teploty) v závislosti na velikosti prostoru, vzdálenosti atd.“*

## Akustický výkon – analogie



# Akustická intenzita

## ***Akustická intenzita – tok akustické energie plochou***

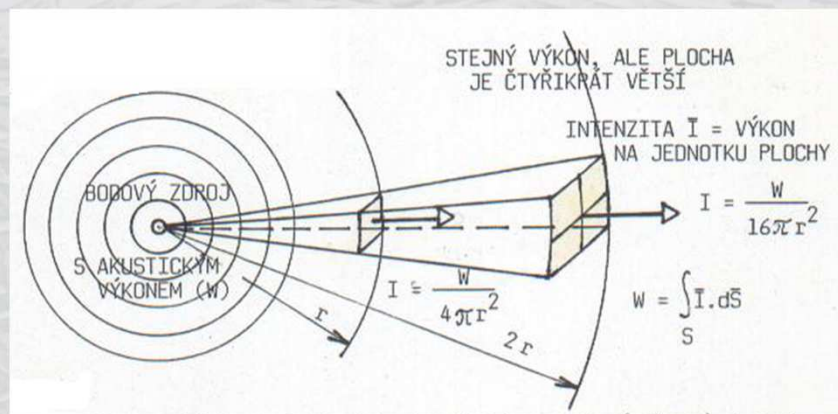
- *Tok energie → energie za čas → výkon*
- *Tj. akustický výkon procházející určitým směrem danou plochou*
- *Vektorová veličina – má velikost a směr*
- *Značí se  $I$  a udává se ve  $W \cdot m^{-2}$*
- *Hladinové vyjádření (viz předchozí přednáška)*

$$L_I = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

- *Referenční úroveň  $I_0 = 1 \cdot 10^{-12} [W \cdot m^{-2}]$*



## Akustická intenzita



# Akustická intenzita

## ***Pro vektor akustické intenzity platí***

*V prostředí bez vlastního proudění*

$$\bar{I} = \overline{u(t) \cdot p(t)}$$

*Kde*

***u** je vektor akustické rychlosti*

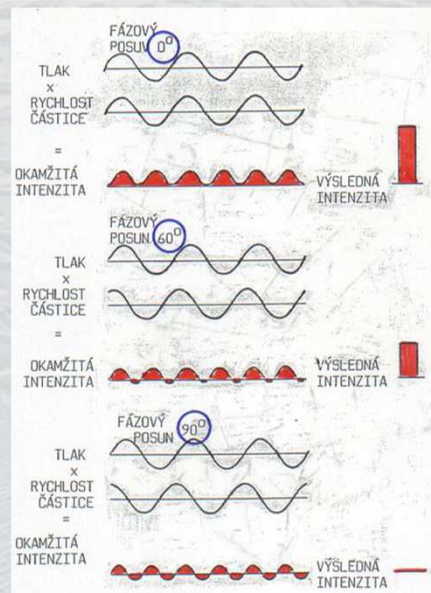
***p** je akustický tlak*

*Uvažujeme – li šíření již v jednom konkrétním směru (*r*), tedy ne obecný vektor, můžeme psát*

$$\bar{I}_r = \overline{u_r(t) \cdot p(t)}$$



# Akustická intenzita



# Akustická intenzita

## ***Výhody a vlastnosti akustické intenzity***

- *Vektorová veličina – oproti tlaku*
- *Lze rozlišit směr a smysl toku energie*
- *Lze rozlišit typ akustického pole*
  - *Aktivní (postupné) pole – postupné šíření vlny v daném směru*
  - *Reaktivní (stojaté) pole - interakce více vln*

# Akustická intenzita

## **Akustická intenzita a tlak**

- Pro aktivní pole lze najít analogii s určením elektrického výkonu
- Platí onen předpoklad, že maximum tlaku odpovídá maximu rychlosti
- Dříve jsme zavedli „vlnový odpor“ tj. vztah tlaku a rychlosti

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

- Jestliže akustická intenzita je dána jako

$$I = p \cdot u$$

- Potom dosazením první rovnice do druhé získáme

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

# Akustická intenzita

## ***Důsledky odvozeného vztahu***

- *V aktivním poli (tj. volném poli) lze stanovit intenzitu z akustického tlaku*
- *Důležité pro určení akustického výkonu – souvislost výkonu a intenzity přes obklopující plochu*
- *Důležitá je podmínka volného pole – tj. je známý vektor rychlosti a tudíž směr toku energie – pouze ve směru od zdroje*
- *V jiném případě je potřeba intenzitu určit jiným způsobem – bude samostatná přednáška*

## Šíření zvuku ve vzduchu – princip

### **Šíření zvuku – vzájemné interakce pohybujících se částic**

- *Jejich pohyb je třeba popsat*
- *Pohybují se v nějakém prostoru – směrová závislost, souřadnice*
- *Dochází ke změně tlaku a poloze částic*
- *Možnosti pohybu jsou závislé na to, v jakém prostředí se děj odehrává*

# Šíření zvuku ve vzduchu

## Šíření zvuku ve vzduchu popisuje vlnová rovnice

- Pro pravoúhlý souřadný systém má tvar

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 p}{\partial t^2}$$

kde  $x, y, z$  ... souřadnice  
 $t$  ... čas  
 $c$  ... rychlost zvuku  
v daném prostředí

- Pro šíření pouze v jednom směru a při vyjádření tlaku z vlnového odporu a akustické rychlosti

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\rho}{E} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

kde  $E$  ... modul pružnosti v tahu ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ )  
 $\rho$  ... měrná hmotnost ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )



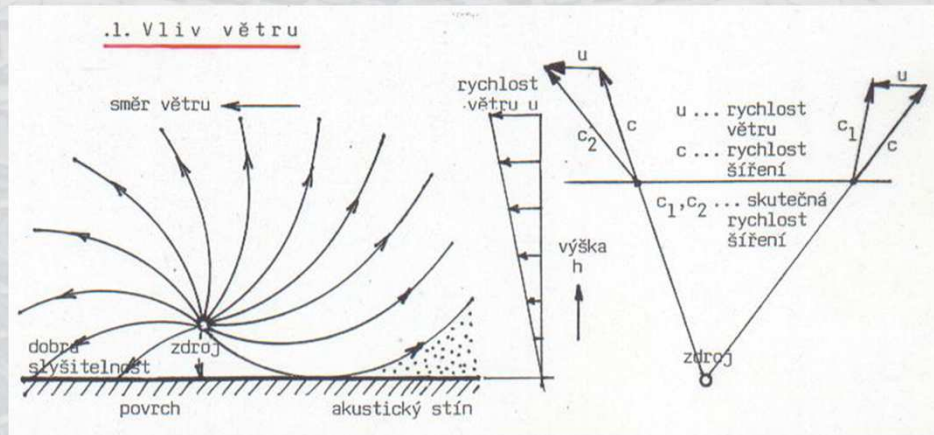
## Šíření zvuku ve vzduchu – závěr

### *Porovnání pravých stran rovnic*

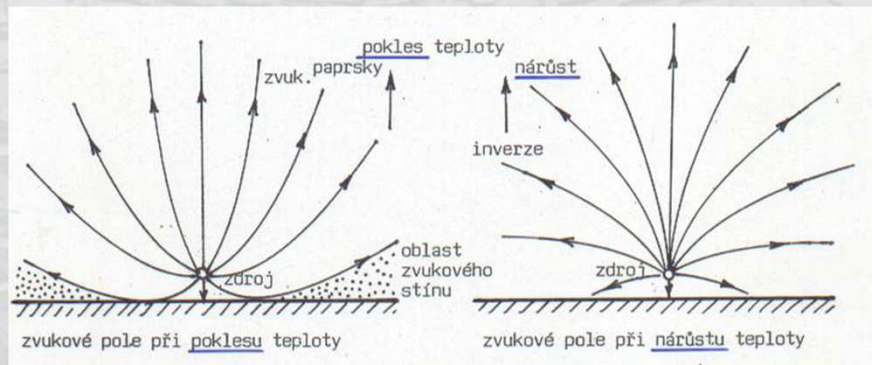
$$\frac{1}{c^2} = \frac{\rho}{E}$$

- *Tj. rychlost šíření v daném prostředí je dána materiálovými konstantami prostředí*
- *Změna parametrů prostředí s ostatními veličinami (teplota, tlak, vlhkost) mají vliv na šíření zvuku*

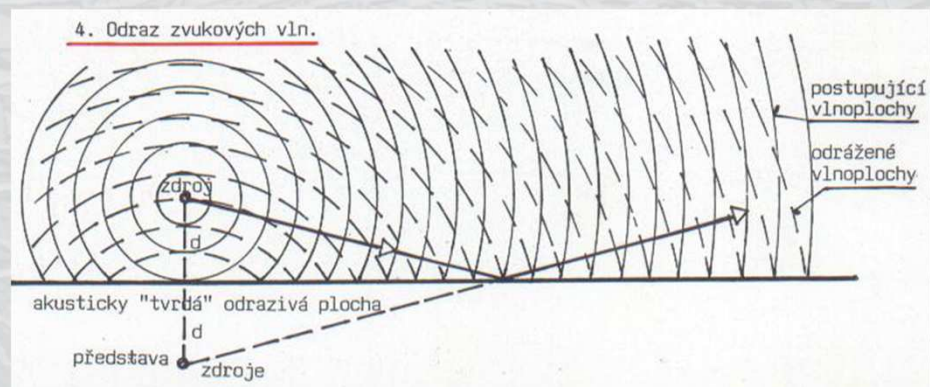
## Šíření zvuku ve vzduchu – vliv větru



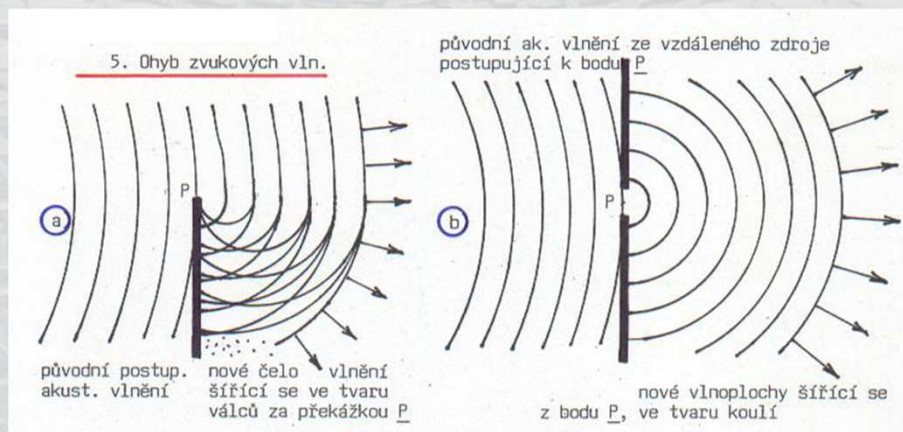
## Šíření zvuku ve vzduchu – vliv teploty



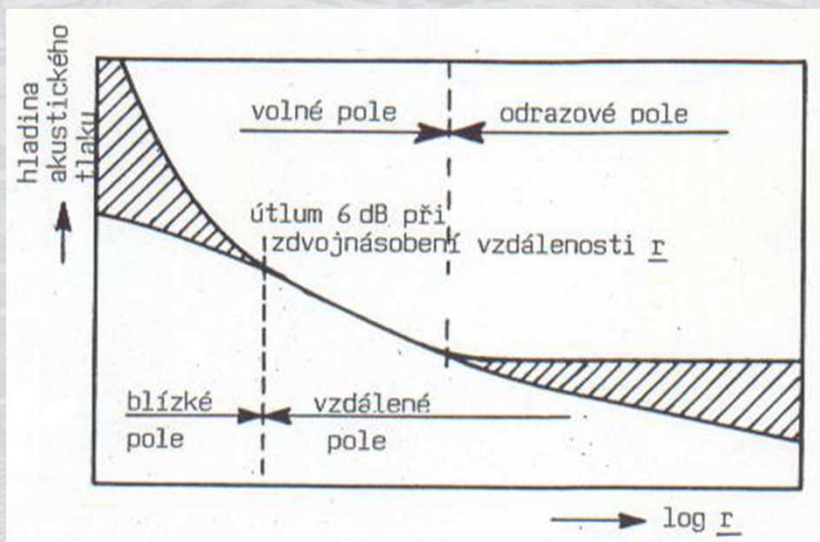
## Vliv odrazů



## Ohyb zvukových vln



## Akustická pole







**Děkuji za pozornost**