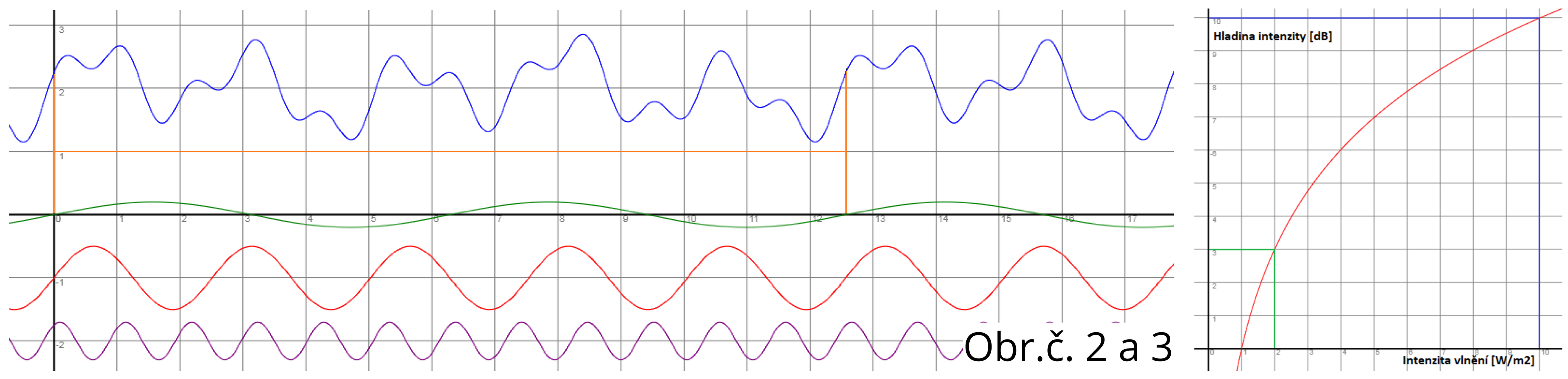
Akustika
biofyzika sluchu

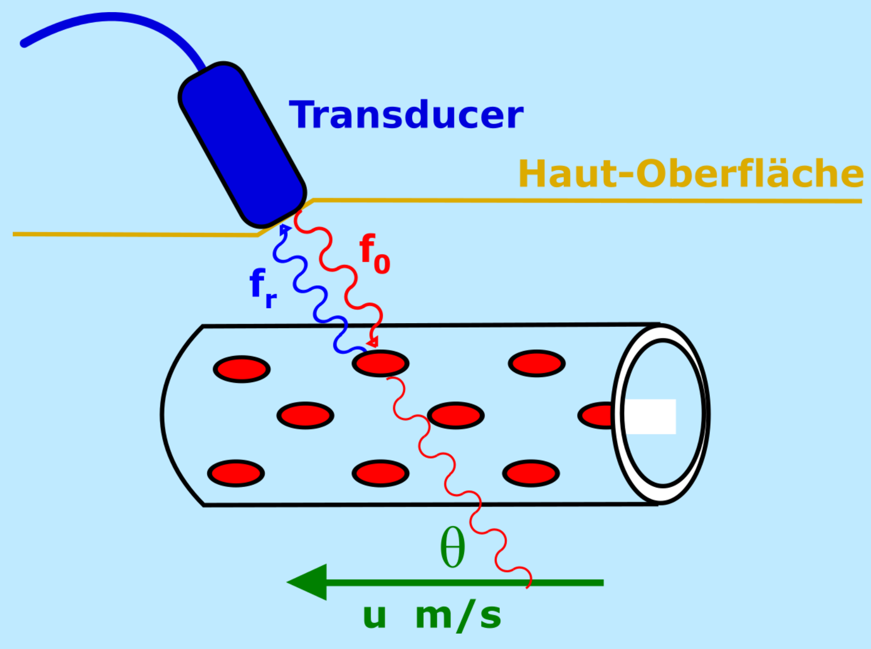


Obr.č. 2 a 3

Anna Burtseva, Natálie Mašterová, Denisa Průšová, Linda Roncová

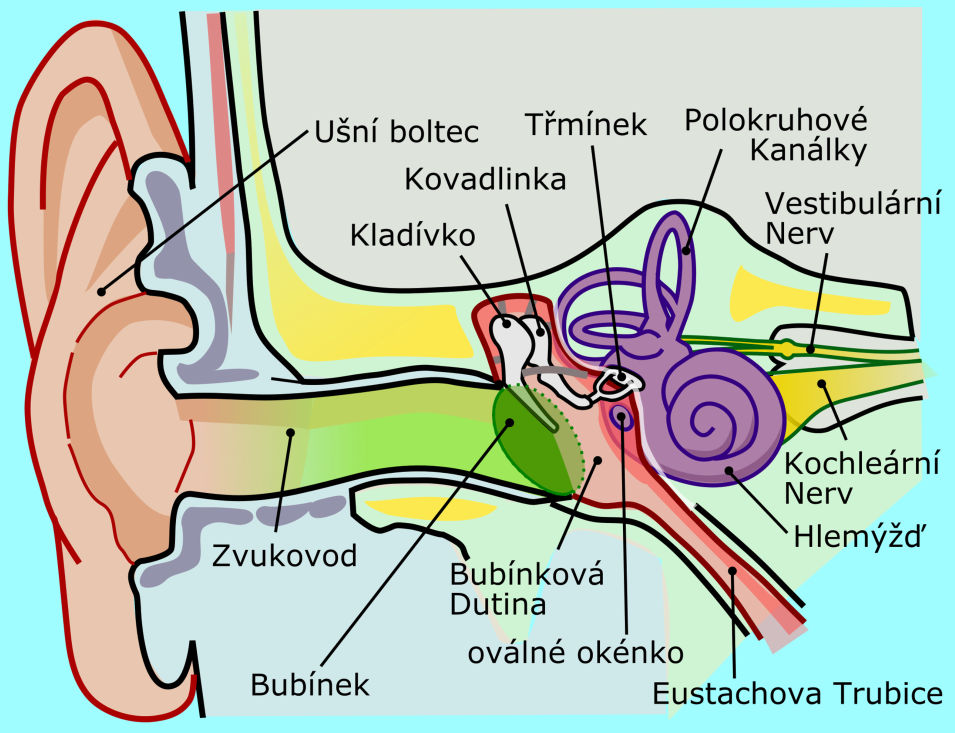
Akustika

- vědní obor, zabývající se vznikem zvukového vlnění, jeho šířením, vnímáním zvuku sluchem a přenosu prostorem až po vnímání lidskými smysly
- Zvuk
  - uspořádaný kmitavý pohyb částic prostředí
  - mechanické podélné vlnění, nemůže se šířit vakuem
- Obory akustiky
  - Fyzikální akustika (způsob vzniku a šíření zvuku)
  - Hudební akustika (zvuky a jejich kombinace)
  - Fyziologická akustika (vznik zvuku v hlasivkách člověka a jeho vnímání)
  - Elektroakustika (záznam, reprodukce a šíření zvuku s využitím elektrického proudu)
- Ultrazvuk (zvuk o frekvenci vyšší než 20 000 Hz)
  - **Ultrasonografie**
    - zobrazení svalů, orgánů, kostí, tělesných dutin
    - pomocí moderních technologií i 3D obraz v reálném čase
    - vlnění s frekvencemi vyššími než 2 MHz a intenzitou méně než 1W/cm2



Sluchový orgán

- Mechanika vzniku sluchového vjemu
  - blanitý hlemýžď v kostěném labyrintu
    - vyplněn perilymfou
  - Cortiho orgán
    - vnitřní a vnější vláskové buňky, kortikolymfa
  - Průchod zvuku - rozkmitání bubínku - pohyb třmínku
    - přes oválné okénko do nitroušní tekutiny
    - vlna po bazilární membráně - pohyb vůči membráně tektoriální
      - posun stereocilií vláskových buněk - otevření iontových kanálů - kmitání vnějších vláskových buněk - zvýší kmitání vnitřních
    - otevření iontových kanálků a uvolnění neurotransmiterů z vnitřních vláskových buněk
  - Tonopie
    - vlákna sluchového nervu spojena jen s určitou částí Cortiho orgánu
    - neurony vytvářejí akční potenciál přímo úměrné frekvenci daného signálu
- Rovnovážné ústrojí
  - dva sklípky a tři polokruhovité kanálky
    - vyplněné endolymfou



Vady sluchu

Převodní poruchy

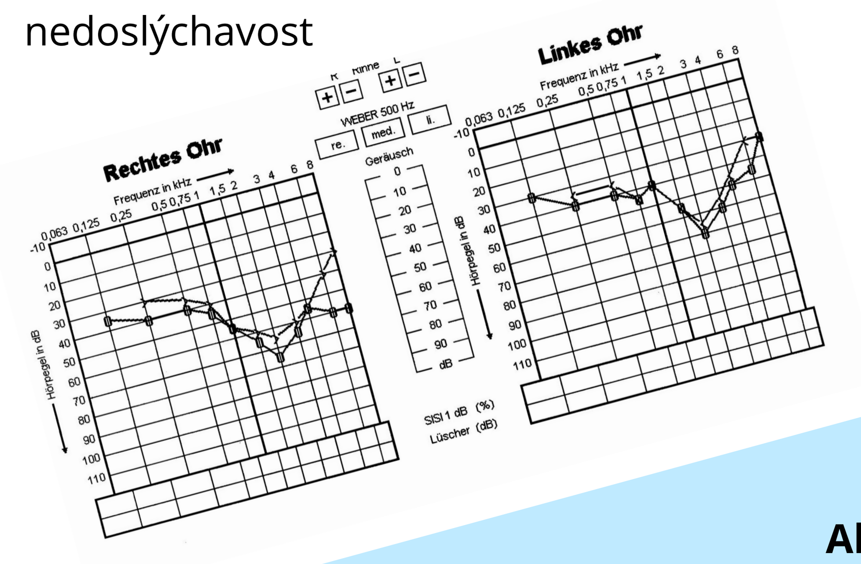
- porucha přenosu zvuku na sluchový receptor
- překážka ve zvukovodu, změna impedance převodního systému středouší

Senzorineurální poruchy

- porucha transformace zvuku na bioelektrický signál
- porucha funkce vláskových buněk nebo vedení vzruchů VIII. hlavovým nervem

Centrální poruchy sluchu

- Porucha analýzy sluchového signálu
- nemoci mozku, nerehabilitovaná percepční nedoslýchavost



Vyšetření ladičkami

- **Rinneho zkouška** (na processus mastoideus)
- **Weberova zkouška** (do střední čáry hlavy, zvuk lateralizuje)
- **Schwabachova zkouška** (porovnání kostního vedení lékaře a pacienta)

Audiometrie

- subjektivní metoda, zvlášť určován práh pro kostní a vzdušné vedení
- stanovení prahových hodnot pro jednotlivé frekvence i typ a závažnost nedoslýchavosti

Audiometrie evokovaných odpovědí

- objektivní audiometrie, elektrické odpovědi putující ze stimulovaných receptorů do mozkové kůry
- Elektrokochleografie, kmenové sluchové kmenové potenciály, ustálené sluchové potenciály, korové sluchové potenciály

KOMENTÁŘE K OBRÁZKŮM

Obr.č.1 – Akustická výchylka, akustická rychlost, efektivní hodnoty
Harmonické vlnění může vypadat takto. Na grafu je vidět posun akustické rychlosti vůči akustické výchylce o čtvrt periody a vyznačení efektivních hodnot.

Obr.č.2 – Logaritmická křivka
Tato křivka zobrazuje vztah intenzity vůči námi vnímané hlasitosti, která je vnímána ne lineárně ale logaritmicky. Můžeme zde vidět, že pokud se hladina intenzity zvýší o 3, intenzita se zvětší 2x, zatímco pokud se hladina intenzity zvětší o 10, intenzita se zvětší 10x.

Obr.č.3 – Skládání zvukových vln
Zde můžeme ve spodní části vidět tři různé vlny (zelená, červená, fialová), které se mohou složit do zdánlivě neperiodické vlny modré. Pokud se však podíváme blíž, vidíme, že i tato vlna se po určitě době opakuje (oranžově zvýrazněná 1 perioda). Takto nějak může vypadat zvuková vlna.

Obr.č.4 – Spektrogram – canalis inguinalis
Na následujícím grafu můžete vidět spektrogram slovního spojení – canalis inguinalis. Na levé ose máme vyměřeny intenzity. Barevná škála vpravo ukazuje hladinu intenzity zvuku. V horní části jsou rozepsaná písmena, jak náleží jednotlivým úsekům. Můžeme zde pozorovat poměrně neznělé souhlásky jako například K, L a N. Samohlásky A nebo I vytvářejí velmi hezky viditelné harmonické frekvence (rovnoběžné linie ve spodní části). Zatímco S je spíše vysokofrekvenční šum (zelená oblast v horní části).

Veličiny akustiky

Vlna je definována:

Frekvencí f [Hz] – počet kmitů za sekundu
- případně periodou T=1/f [s]

Rychlostí šíření c [m/s]

Vlnovou délkou λ [m/s] – dráha, kterou proběhne vlnění za dobu jedné periody

Další veličiny:

Akustická výchylka a
a = amax·sin(ωt) = amax·sin(2πft)

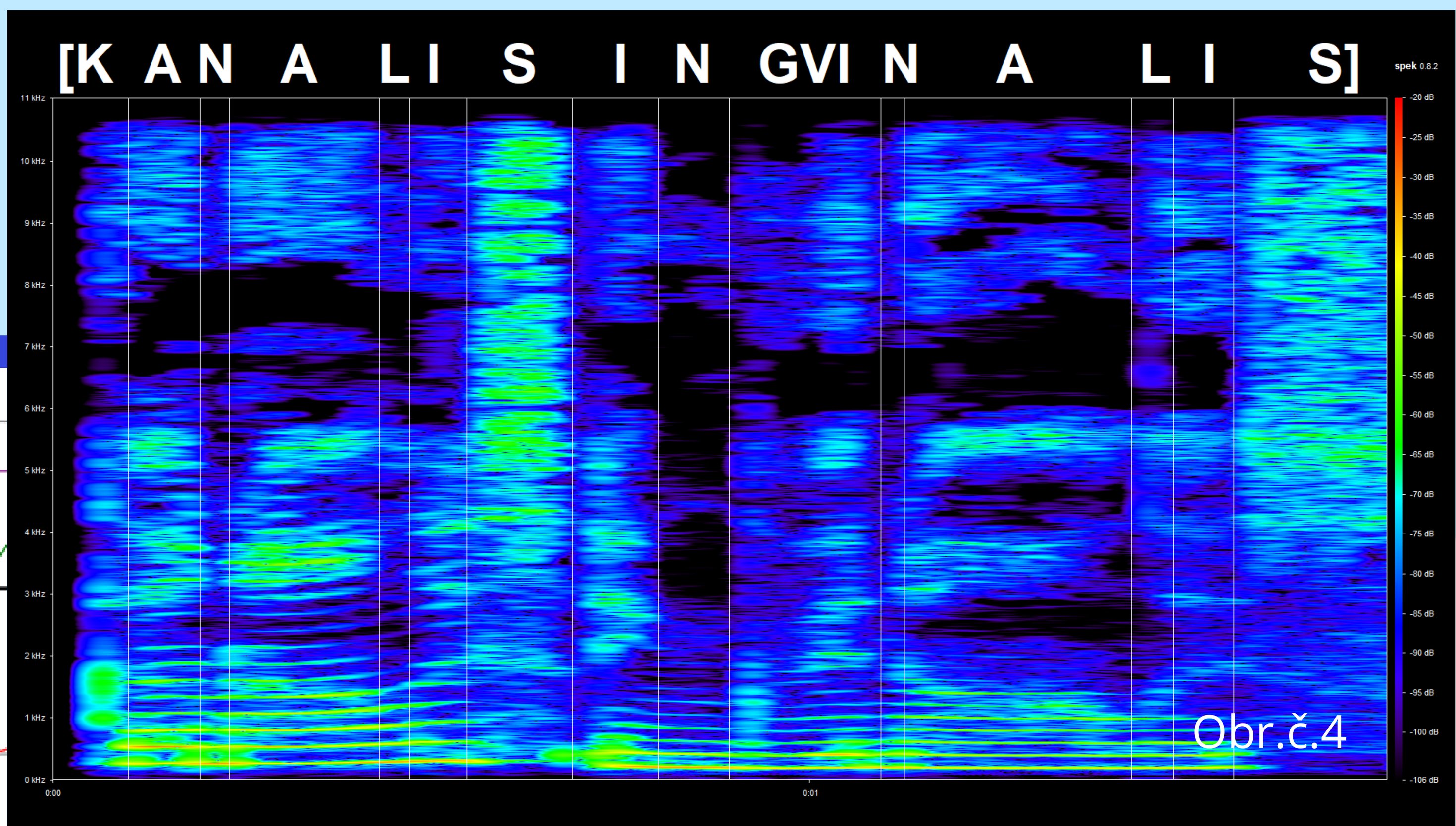
Akustická rychlost v
= rychlost kmitání část
Pozor! Není to samé jako rychlost šíření
v = vmax·cos(ωt) = vmax·cos(2πft)

Akustický tlak p [Pa]
Pohybující se molekuly vyvolávají změnu tlaku
p = ρcv

Efektivní akustická rychlost a efektivní akustický tlak
v_ef=v_(max).√2/2≅0,707.v_max
p_ef=p_(max).√2/2≅0,707.p_max

Intenzita zvuku I [W.m^(-2)]
I = P/S

Hladina intenzity (hlasitost)
Její jednotkou jsou B nebo dB
Na základě poměru dvou čísel – logaritmická jednotka



Obr.č.4

Zdroje:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DopplerSonographyBloodFlowDiagram-de.svg
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomy_of_the_Human_Ear_cs-2.svg
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b4/Alport_haring_loss.jpg/1920px-Alport_haring_loss.jpg
Obr.č.1,2,3,4 jsou vlastní tvorby (Linda Roncová)

Obr.č.1