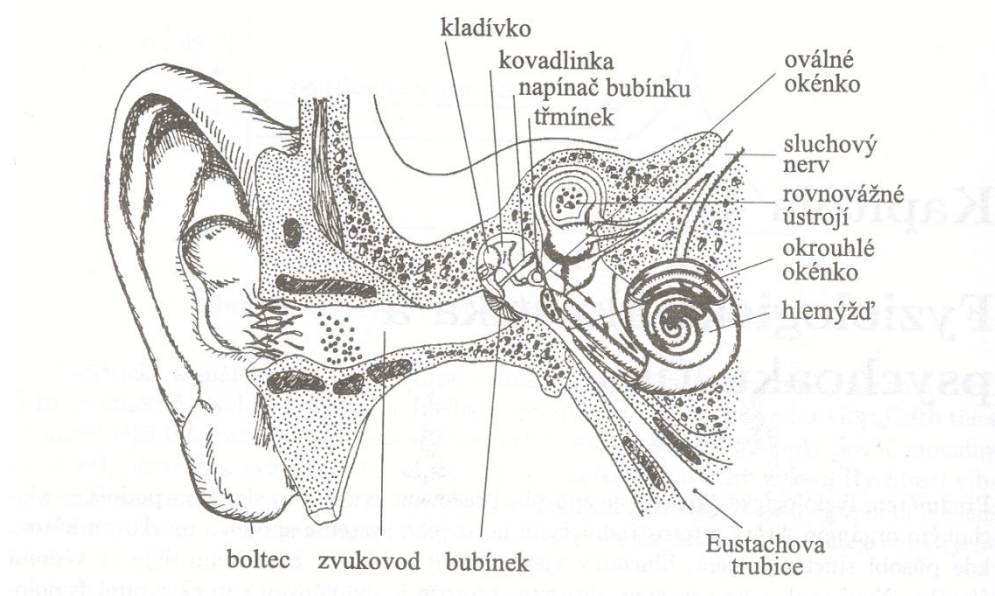


Sluchový orgán (ucho) a slyšení

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Ucho>



Ucho zevní (vnější), střední, vnitřní

Zevní ucho

Boltec – schopnost lokalizace směru zvuku, ochrana středního ucha, projeví se od 500 Hz, optimální frekvence 5 kHz

Lokalizace zvuku ... lidé – natačení hlavy, zvířata – též hýbání ušima

Př.:

Jak lokalizuje netopýr a jak sovy?

Př.:

Jaký je vztah velikosti boltce ku směrovosti?

Pozn.: podle délky vlny.

Dále rozdíl v čase!!!

Cvičení:

„Zvětšete“ si boltec (udělejte dlaní trychtýř okolo ucha) – jak budete slyšet zvuky z okolí poté? Jsou zesíleny nebo odfiltrovány, a proč?

Zvukovod – trubice délky cca 25-30 mm, průmětu cca 7-8 mm; rezonance zvuku, maxima modulu přenosu, nárůst akustického tlaku o 10 dB (některé zdroje uvádějí až 18 dB), udávané pro 4 kHz

Střední ucho

Bubínek – oválná blanka, vertikální průměr 9-10 mm.

Sluchové kůstky (kladívko, kovádlínka, třmínek) ... zesílení zvuku se uskutečňuje sluchovými kůstkami jako pákou („kloubním systémem“) – kůstky přenášejí zvukové vlny z většího povrchu bubínku na menší plochu povrchu membrány předsíňového okénka; pohybový rozsah je pouze 5 stupňů;

Oválná ploténka $\Rightarrow$ blanka oválného okénka $\Rightarrow$ vnitřní ucho

Napínač bubínku, třmínkový sval – ochrana proti nadměrnému hluku, reflexní stáhnutí svalů – nad 70 dB a latence nad 30 ms (různé zdroje uvádějí 30-150 ms) $\Rightarrow$ impulsní hluk je nebezpečný

Př.:

Existuje nějaká tabulka nebezpečnosti impulsního hluku?

Je impulsní hluk nebezpečný s ohledem na kmitočet?

Najděte příklad intenzity hluku, který způsobí padající ocelový předmět na betonovou podlahu nebo dlaždice.

Kmity vzduchu $\Rightarrow$ bubínek- pákový mechanický impedanční převodník $\Rightarrow$ kapalina vnitřního ucha

Eustachova trubice – spojena s nosohltanem, vyrovnání tlaku s vnějším prostředím

Vnitřní ucho

2 smyslové orgány:

1. vestibulární ústrojí – pomáhá udržovat rovnováhu
2. sluchové ústrojí – hlemýžď

Hlemýžď – 2,5 závitů, 2 patra, perilymfa, endolymfa – scala media

Cortiho orgán – převodník mechanických oscilací na signály zpracované nervovým systémem, sluchový nerv ... nervové buňky ... mozková kůra

Nervy jsou rozmístěny tak, že kmitočty jsou vnímány postupně s ohledem na zakřivení hlemýžďe.

Podráždění vnitřního ucha nastává kromě přenosu přes střední ucho též **kostním vedením**. Práh slyšení je pro tuto cestu o 40 dB vyšší.

Rychlost zvuku se pohybuje přes 1450 m/s v tuku a 1570 m/s v krvi až po 4080 m/s v lebečních kostech.ⁱ

Otázka:

Jak a kde využijete kostní vedení pro poslech zvuku?

Kdy a kde toto vedení člověku spíše vadí?

Poslech přes zeď. Člověk s nefunkčním bubínkem. Odfiltrování vnějšího hluku.

Kravál čili rámus příliš hlasitých zvuků zejména nízkého kmitočtu, šířícího se pevnými částmi okolního prostředí (ne vzduchem), velmi hlasitá reprodukce zvuku (typicky koncerty elektrofonické hudby).

Subjektivní vnímání zvuku

Vnímání – neurobiologický a psychologický jev

Vnímání je subjektivní – „člověk slyší, ale nevnímá“ ... dys poruchy, nepozornost, ...

Vnímání se týká např.:

- vzruchy jsou vedeny do sluchových buněk pomocí nervových vláken do mozku, kde dochází k nové syntéze jednotlivých zvukových vjemů do jednoho zvuku
- při některých poruchách CNS lze rozeznávat zvuky, ale nelze je spojit do jednoho celistvého vjemu – člověk slyší, ale nerozumí
- děti s poruchami percepce – dysfunkce, děti neslyší, resp. nerozeznají např. di/dy, ...

Weber-Fechnerův zákon (též Fechner-Weberův; formuloval zřejmě Fechner, Weber pak upravil – a některé zdroje to uvádějí přesně opačně ☺):

„Velikost počítka je úměrná logaritmu intenzity podnětu“

http://www.wikiskripta.eu/index.php/Weber-Fechner%C5%AFv_z%C3%A1kon

Batesonův zákon

Cvičení:

Najděte si ho ☺

„Organismus reaguje na časovou derivaci vnímaných počítků.“

Hlasitost (viz část Zvuk) – označení pro subjektivní vjem – objektivní (fyzikálně měřitelné) intenzitě odpovídá subjektivní fyziologická veličina hlasitost.

Hladina hlasitosti

$$L_n = 10 \log \frac{I'}{I_0} = 20 \log \frac{p'}{p_0} \quad [\text{Ph}]$$

Hladina akustického tlaku L_{1000} jednosložkového akustického signálu kmitočtu 1000 Hz jako srovnávací hladina pro ostatní frekvence. Její číselná hodnota definuje **hlasitost N**. Ta charakterizuje intenzitu vjemu běžným člověkem - 2x intenzivnější zvuk je udáván jako 2x hlasitější

$$N = 2^{\frac{L_n - 40}{10}}$$

Subjektivní hlasitost

Jednotka 1 **son** – hlasitost zvuku o hladině hlasitosti 40 Ph

nebo

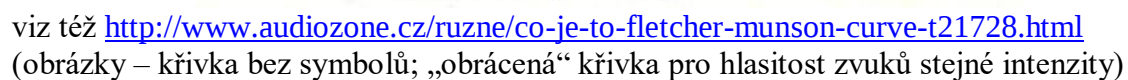
Jednotka **fon** (fón)

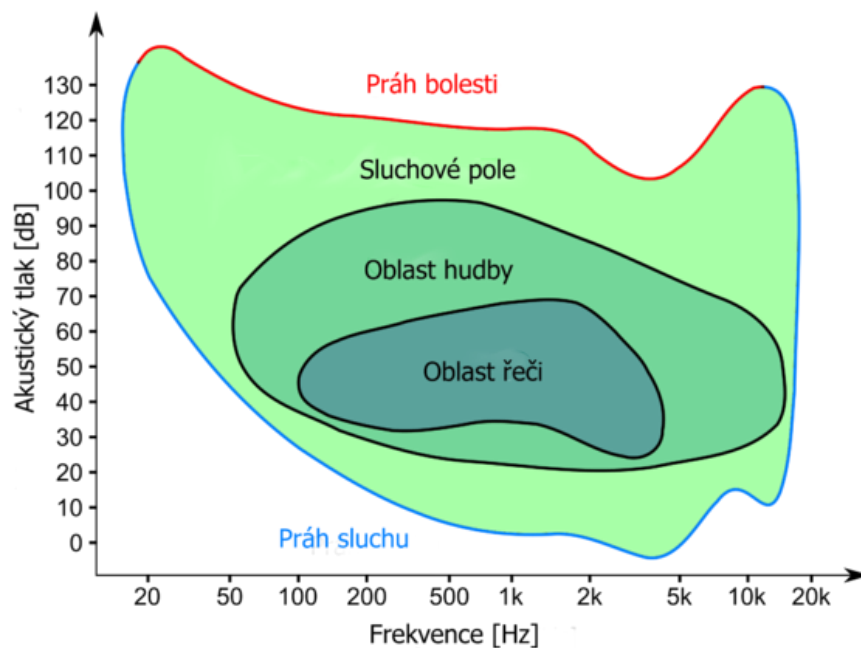
Př.:

Jaká je definice fonu?

Viz o kousek výše ☺

oblasti zvuku daného typu (reč, hudba, ...) ... vzťah medzi L a f





<http://www.wikiskripta.eu/index.php/Akustika>

zvuk	dB
práh slyšení	0 dB
tíkot náramkových hodinek u ucha	10 dB
šept	30 dB
hlasitý hovor na 1 m	50 dB
pouliční hluk při silném provozu	80 dB
motocykl	90 dB
sbíječka a velmi silná hudba	100 dB
práh bolesti	130 dB

Př.:

Nalezněte další podobné tabulky intenzit zvuku pro různá prostředí a činnosti, související se školním prostředím a s dětmi.

Děti – hluk, kmitočet

Meze vnímání

- Meze slyšitelnosti (20 Hz – 20 kHz, některé zdroje udávají 16 Hz – 16 kHz), **ultrazvuk** – vyšší než 20 kHz, **infrazvuk** – nižší než 20 Hz
- S rostoucím věkem horní hranice klesá – udává se o 1 kHz na každých 10 let věku
- Práh slyšitelnosti, bolesti (0 dB – cca 120 až 130 dB)
- Meze citlivosti – určují, které zvuky člověk nejcitlivěji vnímá (1 kHz – 4 kHz)
- Mez příjemnosti – určuje, kdy ještě zvuk nepůsobí bolest (práh bolestivosti 20 Pa, mez únavy sluchu cca 5 sekund)
- Mez rozlišitelnosti informační – souvisí s informačním přenosem (u člověka cca 12-25 baudů, tj. bit/s), rozlišíme cca 5-20 jednotlivých zvuků za sekundu (v závislosti na frekvenci zvuku). Pozn.: okem postřehneme cca 10-20 obrázků za sekundu

Př.:

Jak člověk vnímá samotné velmi vysoké kmitočty?
Najděte příklady, jak toho může být využito/zneužito.

Infrazvuk

- Přesná hranice mezi slyšitelným zvukem a infrazvukem neexistuje, udává se mezi 16 až 20 Hz. Spodní hranice se udává mezi 0,001 a 0,2 Hz.
- Některá zvířata, např. velryby, sloni, hroši, nosorožci, okapi a aligátoři, používají infrazvuk k dorozumívání.
- Mozkové vlny – převládající kmitočet vln měřených EEG. Mozek lze „přeladit“ do jiného stavu např. působením zvuku.
Rozlišují se vlny směrem od cca 30 Hz až k 0,1 Hz (některé zdroje dělí i jemněji, hlavně beta a alfa, a uvádějí i trochu jiné kmitočty): beta vlny (převládají v normálním bdělém stavu vědomí, vyšší kmitočty spíše při stresu), alfa (v uvolněných bdělých stavech, typické pro tvůrčí myšlení a s nejmenšími energetickými ztrátami), theta (stav hlubokého uvolnění, meditace, jedné z fází spánku, s nácvikem lze i při bdělosti), delta vlny (hluboký spánek, hluboké uvolnění, procesy obsahující tělesnou regeneraci).

Subjektivní vnímání a hodnocení sluchového vjemu

Hlasitost, hladina hlasitosti, maskování, výška zvuku, barva zvuku, ostrost zvuku, kolísavost a hrubost zvuku, ... srozumitelnost...

Př. – srozumitelnost:

Vyšší frekvence spektra řeči (formanty) jsou pro srozumitelnost řeči podstatné.

Tzv. **nádražní jev** – zdůraznění nízkých kmitočtů (nekvalitní reprodukce, mnoho odrazů, hluk prostředí...)

Zvuk je tvořený velkým počtem zvukových vln, ve sluchovém orgánu se tento soubor rozloží, mozek registruje a analyzuje jednotlivé vlny (hlavně podvědomě).

Př.:

Jaký výkon (ve Wattech) má mozek při bdění při běžné zátěži?

20 W (tabulka s řadou odkazů: <http://hypertextbook.com/facts/2001/JacquelineLing.shtml>)

Pro člověka (celé tělo) se udává pro klid cca 60 až 100 W, ve smyslu tepelné energie předávané do okolí (např. metabolické teplo kolem 60 W, podle časopis Reader's Digest 100 W, při lehké zátěži, třeba za chůze, zhruba dvakrát víc a při těžké práci nebo náročném sportu až 700 Wattů; pro výpočty klimatizace v budovách se obvykle počítá se 100 W, a v <http://www.tzb-info.cz/2650-vnitri-prostredi-budov-a-tepelna-pohoda-cloveka> je tabulka výdejů tepla pro různé situace).

Obecně – všechny živé organizmy vyzařují elektromagnetickou energii (udává se v angströmech), viz např.

http://www.wikiskripta.eu/index.php/Tepeln%C3%A9_zr%C3%A1ty_organismu

Rozdíly mezi pohlavími

- obecně: ženy slyší skoro dvakrát lépe (intenzita zvuku, uvádějí se i větší rozdíly) a mají nižší práh pro vnímání zvuků než muži
- fyziologie sluchového orgánu a mozku (výzkumy spojené s vyhodnocováním EEG v závislosti na sluchových podnětech již u novorozenců i v souvislosti se zvuky před jejich narozením – u děvčat silnější EEG, vyvinutější části sluchového orgánu, pozitivní vliv hudby/zpěvu matky na novorozence, včetně
- ženy lépe slyší vysoké frekvence zvuku (to odpovídá pláči a hlasu dětí), lépe rozumí emocionálnímu podtextu („nebav se se mnou tímhle tónem!“)
- ženy mohou současně mluvit a poslouchat v důsledku lepšího propojení obou hemisfér a oblastí řečových a sluchových, tedy zvládají simultánní konverzaci („všichni mluví najednou“)
- muži zvuk lépe zaměřují a konstruují si v mozku trojrozměrné mapy, zachytávají zvuky spojené s pohybem (fylogeneticky – muži lov zvěře, ženy péče o děti)
- muži vnímají řeč/zvuky hůř, když je v místnosti hluk
- muži vnímají auditivně informačně hůř než ženy (např. dospívající hoši často tzv. „neposlouchají“ – učitelé by měli vyžadovat, aby se jim hoši při rozhovoru dívali do očí; děvčata zvládnou vnímat sluchem více informačních detailů)
- i pro řeč jsou rozdíly v mozku – ženy mají oblasti pro řeč navíc i difúzně rozmístěné v obou hemisférách atd.

viz např. www.genderdifferences.org/hearing.htm

Pozn.: řada rozporů v komunikaci (nejen, týká se i dalších smyslů) vyplývá z očekávání, že osoba druhého pohlaví vnímá hlas stejně (rozsáhle, kvalitně, informačně).

Otázka:

Má smysl (z pohledu subjektivního vnímání zvuku), aby na sebe lidé hulákali (nebo např. učitel křičel na dítě)? Jak vnímá posluchač zvýšený hlas až křik?

Viz např.

- Weber-Fechnerův zákon,
- dospělý – postupná otupělost,
- u dětí není ještě vyvinuta psychická odolnost, učitele vidí jako autoritu atd., takže křik je vlastně nemorální,
- rozdíly mezi pohlavími obecně,
- dále např.: zvýšení hlasu u žen vzbuzuje u muže dojem agresivity, ...

ⁱ http://www.wikiskripta.eu/index.php/Vlastnosti_zvuku