

Sada pokusů Sluch
Obj. číslo 104.4198



Tato sada má učitelé biologie ušetřit poněkud nepohodlné přenášení demonstračních pomůcek z jiných specializovaných učeben.

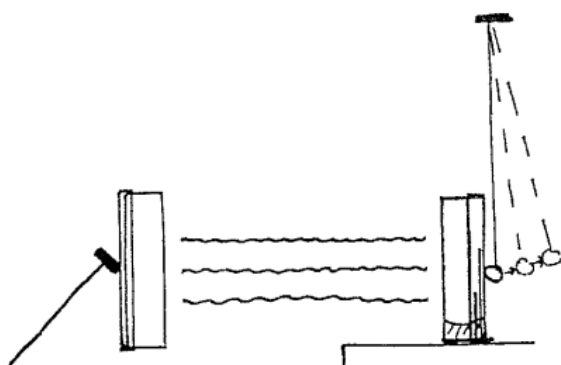
Obsah: 3 ladící vidlice 256 Hz, 512 Hz, 1024 Hz
1 palička
2 bubínky
1 polystyrenová kulička na niti
1 tichá píšťalka na psa
Návod

Sluch je vnímání zvukových jevů, které se přijímají přes sluchové orgány a převádí na nervové podněty. Ty jsou dále vedeny do mozku a mění se na sluchový vjem. Jako sluchový podnět působí u člověka a u všech obratlovců daný akustický tlak.

Předpokládáme, že funkční sluchové procesy známe. Podle toho slouží ušní bubínek jako zvukový přijímač, který reaguje na akustický tlak a přijímané vibrace přenáší na řetězec sluchových kůstek (kladívko, kovadlinka, třmínek). Vlastní frekvence tohoto vibračního „útvary“ se pohybuje kolem cca 100 až 1500 Hz, tedy v rozsahu vibrací, který je pro srozumitelnost řeči obzvláště důležitý. Akustický tlak u ušního bubínku je v důsledku některých reflexních a rezonančních jevů u hlavy, boltců a ve zvukovodu vyšší než ve volném zvukovém poli před boltcem.

A.) **Funkce ušního bubínku, demonstrace šíření zvukových vln**

Tento jednoduchý pokus, který přesvědčivě demonstruje akustický tlak zvukových vln, žáky vždy baví. Při pokusu pověste polystyrenovou kuličku na stativ, a to tak vysoko, aby se dotýkala středu kolmo postaveného bubínku. Kulička by měla viset zcela volně a být přitom v přímém kontaktu s kůží bubínku. Rukojeť bubínku jako nejnižší těžiště drží bubínek ve stabilní poloze. Do ruky vezměte druhý bubínek a přidrže ho těsně u prvního bubínku, naprosto souběžně s ním. Poté paličkou silně udeřte na napjatou kůži: polystyrenová kulička odskočí od kůže prvního bubínku do boku. Nyní bubínek, který držíte v ruce, postupně oddalujte od stojícího bubínku. Je zajímavé, že i při silném úderu ve vzdálenosti 80 až 100 cm je reakce polystyrenové kuličky je stále patrná. Při jiném cvičení můžete na bubínek, který držíte v ruce, rytmicky bubnovat a zaznamenávat různé reakce kuličky. V extrémním případě – podle okamžiku, kdy se kulička vrátí – může být efekt zvukových vln větší, kulička odskočí od bubínku velmi daleko. V jiném extrémním případě nemusí efekt nastat, kulička vůbec nereaguje.

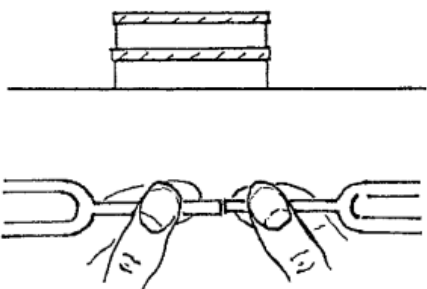


Funkce ušního bubínku, akustický tlak

B.) Vedení zvukových vln přes kosti

Kromě schopnosti „slyšet zvuky vedené vzduchem“ může sluchové vnímání probíhat i přes kosti, přičemž do tohoto procesu není zapojen ušní bubínek a sluchové kůstky. Zvukové vibrace se přitom přenáší přes lebeční kosti přímo na hlemýžď. Toto vedení zvuku přes kosti hraje pro schopnost slyšení u lidí velmi podřadnou roli, dá se však využít při poškození sluchu u středního ucha.

Pokus: Nejdříve si ukážeme, že se zvukové vlny šíří i přes pevná tělesa. Použijeme k tomu dva na sobě položené bubínky jako rezonanční podložku.



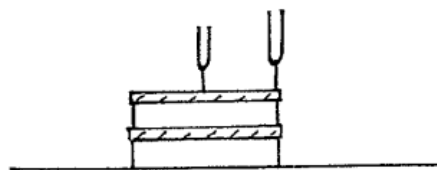
Rezonanční položka

Poté velmi silně udeříme do ladicí vidlice 256 Hz a co nejrychleji k ní přiložíme ladicí vidlici 512 Hz, stopku na stopku.

Po jedné sekundě zajistíte, aby velká ladicí vidlice přestala vibrovat, a ladicí vidlici 512 Hz přiložíte na střed kůže na bubínku. Ladicí vidlice vibruje. Protože ale intenzita přetrvávajících vibrací není nijak velká, měl by při poslechu panovat v místnosti patřičný klid. Stejný pokus můžete provést s ladicími vidlicemi 512 Hz (pro úhoz) a 1024 Hz (pro přenos). Nyní je přenos zvukových vln z jedné ladicí vidlice na druhou ještě o něco zřejmější (především kvůli kovové povaze vidlice). Fakt, že rezonanční podklad rovněž přenáší zvukové vlny, byste měli dokázat pomocí následujícího pokusu. Protože přitom intenzita přenášených zvukových vln dále klesá, počítejte prosím s tím, že reprodukce zvuku může být omezená. Výsledek může vylepšit speciální rezonanční podložka pro 512 Hz. Ještě lepší je, pokud ladicí vidlici sloužící jako přijímač přidržíte několika studentům přímo u ucha, a ne na rezonanční podložce.

Pokus: Opět silně udeřte do ladicí vidlice 256 Hz, tak aby začala vibrovat, a okamžitě ji nasadíte na okraj rezonanční podložky; současně přiložíte na střed bubínku ladicí vidlici 512 Hz.

Poté krátce zastavte vibrace velké ladicí vidlice a poslouchajte sice tiché, ale zřetelné vibrace malé vidlice 512 Hz (nebo podržte malou ladicí vidlici některému žákovi blízko ucha) – vedení přes kosti.



V třetí části si ukážeme, že i lebka reaguje jako rezonanční podložka. Žáci si zakryjí obě uši, vy přivedete některou ze tří ladicích vidlic k vibracím a stopku vidlice přiložíte k hlavě některého žáka. Protože vnitřní ucho přímo přebírá tyto vibrace přímo, je vnímání zvuku nesrovnatelně silnější než u předchozích pokusů.

C.) Citlivost vnímání zvuku a sluchový vjem

Vnímavost lidského ucha nezávisí pouze na tom, zda je přirozený sluchový aparát nenarušený, a na tom (obzvláště), jak starý člověk je, ale existuje i pevný vztah mezi počtem vibrací a akustickým tlakem přicházejících zvukových vln. Mezní hodnoty frekvence pro vnímání zvuku se u člověka pohybují v rozmezí od 16 do 20 000 Hz. Zapotřebí je však velmi rozdílný akustický tlak. Aby byla frekvence 20 Hz vůbec slyšitelná, je zapotřebí akustický tlak minimálně $1 \text{ dyn/cm}^2 = 0,1 \text{ Pa}$. Největší citlivost je u člověka při cca 1 000 Hz. V tom případě stačí akustický tlak jen $0,002 \text{ dyn/cm}^2 = 2 \text{ }\mu\text{Pa}$. Při 15 000 Hz je opět zapotřebí akustický tlak $0,1 \text{ dyn/cm}^2 = 0,01 \text{ Pa}$.

Pokus: Jednoho nebo více žáků postavte tak daleko od sebe, jak to jen velikost třídy dovoluje. Paličkou uhoďte do ladicí vidlice 256 Hz tak slabě, aby žák, popř. žáci tón ladicí vidlice nevnímali. Uhoďte silněji, až žáci tón uslyší. Pak vezměte ladicí vidlici 1024 Hz. Žáci budou tón vnímat už při nejnižším úhozu, protože právě při 1000 Hz je lidské ucho nejvíce citlivé.

Tichá píšťalka na psy: U teenagerů je tedy lidské ucho schopné vnímat zvukové jevy až do maximálně 20 000 Hz. Citlivost se zvyšujícím věkem klesá a u starých lidí může klesnout až pod 5 000 Hz (naše řeč, hudba a jiné přirozené zvuky se většinou pohybují ve výškách tónu od 100 do 8 000 Hz).

Lidské ucho nevnímá žádné tóny vyšší než 20 000 Hz. Pes může na rozdíl od člověka slyšet výšky tónu až do téměř 40 000 Hz. Tato schopnost se využívá při výcviku psů a pro psy byla vyvinuta takzvaná tichá píšťalka.

Pokus: U signální píšťalky odšroubujte vnější, zadní rezonanční těleso. Vnitřní šroubek pro nastavení tónu vyšroubujte co nejvíce a dozadu našroubujte až po doraz aretační matku. Nyní musíte žákům vysvětlit, že vlastním signálním tónem není ani hlubší tón hvizdu při úplně slabém fouknutí do píšťalky, ani ostřejší vedlejší tón při příliš silném fouknutí, ale je to vysoký tón při středně silném fouknutí. Poté nastavovací šroubek stále více zašroubovávejte dovnitř; přitom do signální píšťalky foukejte středně velkou silou. Signální tón bude stále vyšší, až ho nakonec nebude lidské ucho (ani ucho teenagerů) vůbec vnímat. V ideálním případě byste nyní měli při „tichém“ nastavení (téměř zašroubovaný nastavovací šroubek) zapískat na psa, abyste zjistili, zda reaguje. (Na tiché pískání jsou obvykle vycvičeni pouze lovečtí a policejní psi). Uvědomte si prosím, že psi mají mimořádně jemný sluch. Pokud provádíte pokus se psem na velmi krátkou vzdálenost, mohl by se při příliš silném fouknutí vyděsit a splášt.

Nakonec je ještě možné demonstrovat, že náš sluch nevnímá tóny podle rozdílu ve vibracích, ale podle jejich poměru. Mezi 10 do 20 Hz tedy vnímáme stejný rozdíl jako např. mezi 5 000 a 10 000 Hz. Vztáhneme-li to na naše ladicí vidlice, znamená to, že naše ucho vnímá při 256 Hz (velká ladicí vidlice) stejný tón jako při 512 a 1024 Hz, jen o jednu oktávu vyšší. Rozdíl v prvním případě činí 256 Hz, ve druhém však 512 Hz. Počet vibrací je tedy dvojnásobně vyšší. **Pokus:** Uhoďte postupně do ladicí vidlice 256, 512 a 1024 Hz a vidlice přiložte k rezonanční podložce. Dostanete stejný tón, jen v různých oktávách.