

## **TÉMA: ZVUKOVÁ ENERGIA, ZVUK**

**Úvod:** Keď si pustíme rádio príliš nahlas, sklené tabule sa začnú chvieť a ak je zvuk veľmi silný, aj poháre na stole sa môžu rozhýbať alebo prasknúť. Keď sledujeme pochodovanie mažoretiek pri živej hudbe z dostatočnej diaľky, zdá sa nám, akoby išli mimo rytmu. Ak si spievame v sprche, náš hlas získava úplne iný odtieň a silu. Ak si priložíme k uchu morskú mušľu počujeme jemné šumenie v pravidelných nárazoch, akoby sme počuli more. Ak zapískame na píšťalku na privolanie psa, zväčša zvuk vôbec nepočujeme, ale pes áno. Zvuk vlaku sa mení, keď prichádza je iný ako keď nás míňa, či odchádza. Netopiere a delfíny využívajú na pohyb v priestore tzv. echolokáciu – zachytávajú zvuky, ktoré samé vydávajú odrazené od predmetov v okolí.

Zvuk je produkovaný hmotou – je mechanicky vyžarovaný alebo vzniká pri presune energie z jedného miesta na druhý cez určitú hmotu, napríklad vzduch alebo vodu. Vo vákuu nemôže zvuk vznikáť vôbec, ani sa cez vákuum nemôže prenášať. Vibrácie v objekte, ktorý zvuk vydáva spôsobia vibrácie molekúl okolitých materiálov – prenosom vibrácie vzniká zvuk, vibrácia musí byť však špecifická. Pravidelné, resp. dokonalé vibrácie vnímame ako príjemný zvuk alebo hudbu, nepríjemné sú nepravidelné, nedokonalé vibrácie, ktoré vnímame ako hluk.

V tejto téme sa dozvieme, ako vzniká zvuk, akým spôsobom sa zvuk pohybuje v priestore – vo vzduchu, vo vode, v pevných látkach, ako sa zvuk odráža alebo absorbuje, ako sa môže zmeniť výška tónu a akým spôsobom vôbec počujeme

Ciele a štandardy vo vymedzenom prírodovednom obsahu (príklady):

Deti predškolského a ml. školského veku majú zvyčajne problémy s chápaním podstaty zvuku, hlavne ak sa majú dávať do súvislosti charakteristiky vzniknutého zvuku s vlastnosťami materiálov. Preto je potrebné zameriavať aktivity práve na takéto skúmanie.

V zahraničných kurikulumách môžeme nájsť nasledovné vymedzenia obsahu pre predškolské a primárne vzdelávanie:

- Objekty, ktoré vydávajú zvuk vibrujú (chvejú sa).
- Vibrácie (chvenie) v materiáli spôsobuje vznik vln, ktoré sa šíria do priestoru od zdroja. Zvuk a chvenie zeme (zemetrasenie) sú príklady. Tieto a iné vlny sa šíria v rôznych materiáloch rôznou rýchlosťou.
- Zvuk je produkovaný vibrujúcimi (chvejúcimi sa) telesami. Výšku tónu je možné meniť zmenou intenzity chvenia objektu.

V programe výchovy a vzdelávania v MŠ sa skúmanie zvuku nevyskytuje. Z hľadiska dostupnosti detskej skúsenosti a schopnosti chápať mnohé pozorované javy je táto téma pre rozvoj detskej kognície veľmi zaujímavá a bola by škoda nevenovať sa jej.

## 1 ZVUKOVÉ VLNENIE

### Situácia A: Hlasová aktivita

*Úvod:* Aktivita je zameraná na ozrejenie toho, ako fungujú hlasivky. Minimálne si deti uvedomia, že pri nadychovaní je veľmi ťažké hovoriť a hlas si dávajú do súvislosti s prúdom vydychovaného vzduchu.

*Pomôcky:* nie sú potrebné

*Postup:* Vydávajú dlhé hmm, pričom si držia ruku na hrdle a cítia, ako hrdlo vibruje. Potom zavriú ústa najtesnejšie ako vieš a znovu vydávajú dlhé hmm. Kým vydávajú zvuk zapchajú si nos. Čo sa stalo? Vieš si to vysvetliť?

*Ozrejmovanie predstavy:*

Vydýchni všetok vzduch z pľúc tak, že sa ti viac nedá vydýchnuť a bez nadýchnutia sa snaž niečo povedať. Podarilo sa ti to? Vieš vysvetliť, čo sa stalo?

Pokús sa vysloviť svoje meno spôsobom ako mňaučí mačka alebo bučí krava, ale počas vdychovania vzduchu, nie vydychovania. Čo sa stalo? Prečo to išlo ťažko?

### Situácia B: Prenos vibrácií

*Úvod:* Aktivita je zameraná na ozrejmovanie prenosu vibrácií. Zvuk ako vibrácia sa môže prenášať dotykom, ale aj bez dotyku, v tomto prípade sa prenáša médiom – najčastejšie vzduchom alebo inou látkou.

*Pomôcky:* ladička, objekty z rôznych materiálov, dve väčšie sklenené fľaše, dve menšie sklenené fľaše, časť práce je vhodné realizovať vo dvojiciach

*Postup:* Udri ladičkou do gumeného predmetu (nikdy nie do tvrdých materiálov). Keď už bude zvuk ladičky takmer zanikať, dotkni sa rukoväťou ladičky stola. Všimni si ako sa ladička rozozvučala, pričom stôl tiež vibruje. Pokús sa priložiť vibrujúcu ladičku vždy k inému objektu. Pozoruj, kedy sa ladička rozozvučí najviac. Ktoré materiály umožňujú rozozvučanie ladičky, ktorú už takmer nebolo počuť?

Fúkni ponad hrdlo veľkej fľaše tak, aby si vytvoril zvuk. Vytváraj krátke silné tóny. Podrž ústie druhej fľaše v blízkosti svojho ucha ale tak, aby si sa ucha fľašou nedotýkal. Znovu fúkaj do prvej fľaše silné krátke tóny. Počuješ nejaký tón aj z druhej fľaše, do ktorej nefúkaš len ju máš pri uchu? Ak sa ti nedarí, požiadaj kamaráta, aby ti pomohol fúkať do prvej fľaše.

*Ozrejmovanie predstavy:*

Vyskúšaj fúkať do rôzne veľkých fliaš. Sleduj, či počuješ rovnaké tóny z veľkej aj malej fľaše. Vyskúšaj fúkať do malej fľaše a počúvať veľkú a potom naopak.

### Situácia C: Tajomný zvuk

*Úvod:* Aktivita je zameraná na rozlišovanie materiálov prostredníctvom zvuku, ktorý vydávajú. Ide o vytváranie spojitosť medzi vlastnosťami objektov a zvukom, ktorý vydávajú. Deti sa samozrejme nebudú sústreďovať len na zvuky, informácie o predmetoch budú určite vnímať aj hmatom.

*Pomôcky:* dvojice objektov, ktoré sa kotúľajú (pingpongové loptičky, okrúhle kriedy, sklenené a hlinené guľôčky, okrúhle ceruzky, malé sklenené fľaštičky od liekov), dvojice objektov, ktoré sa len posúvajú (gombíky, spinky na papier, skladačky, vrchnáky z fliaš, zatváracie špendlíky), škatuľa od topánok aj s vrchnákom, vyberajte predmety, ktoré sú približne rovnako ťažké, aktivita sa realizuje vo dvojiciach

*Postup:* Vždy jeden predmet z páru guľajúcich sa predmetov daj kamarátovi tak, aby ste získali rovnaké predmety. Podobne aj s predmetmi, ktoré sa negúľajú, len sa dajú posúvať. Jeden guľajúci sa predmet vlož do škatule od topánok a zavri ju vrchnákom. Požiadaj kamaráta, aby škatuľu poprevracal, pohýbal tak, aby sa v nej predmet pohyboval. Na základe zvukov by mal kamarát určiť, ktorý predmet je v škatuli. Ten predmet vyberie zo svojej kôpky. Otvoríte škatuľu a skontrolujete správnosť odhadu.

*Ozrejmovanie predstavy:*

Koľko predmetov sa vám podarilo uhádnuť? Ktorý bol najjednoduchší a ktorý ste len ťažko mohli uhádnuť? Predstav si, že nemôžeš škatuľou hýbať ty, ale len tvoj kamarát, podarilo by sa ti rovnako ľahko uhádnuť predmet v škatuli ako keď ňou hýbeš sám?

Ako to šlo s posúvajúcimi sa predmetmi? Ktoré šli uhádnuť ľahko a ktoré ťažko. Porovnaj s gúľajúcimi sa predmetmi.

Pokús sa opísať ako môže byť predmet identifikovaný len podľa zvuku, ktorý vydáva pri náraze s inými objektmi?

## Koncepty a prekoncepty o zvuku a zvukovej energii

### Molekuly a zvuky

Predstavme si vzduch okolo. Je tvorený drobnými molekulami rôznych plynov jednoducho rozmiestnených v atmosfére. Molekuly sa neustále a pomerne rýchlo pohybujú. Tento pohyb je náhodný. Silno vibrujúci zdroj (ako sú napríklad mávajúce krídla kolibrika, rozozvučaný zvon, rozochvená struna z gitary, pravítka po náraze o roh stola) spôsobí náhle stlačenie molekúl vzduchu dohromady, pretože sa nachádzajú v ceste tohto telesa. Keďže stav zhluknutých molekúl nie je prirodzený a vzduch je pomerne elastický, molekuly sa vrátia naspäť (aj preto, lebo v tom momente je vibrujúce teleso na opačnej strane). Ale predtým, ako sa toto stane, svoju energiu (pohybovú – tá ktorá ich dostala do zhluknutého stavu) odovzdajú ďalším molekulám vzduchu.

Keď sa nad týmto procesom zamyslíme, ide skôr o prenos energetických vln a nie presun molekúl na väčšiu vzdialenosť. Avšak bez molekúl by posun tejto energie nebol možný.

Zvuk slabne vtedy, keď sa energia z pôvodného vibrujúceho zdroja použije na prenosový proces. Keď jedna molekula narazí do druhej, využije malinké množstvo energie. Čím viac molekúl do seba narazí, tým menej energie je na ďalší prenos k dispozícii. Zvuk prestane vtedy, keď bude energia náhodne sa pohybujúcich molekúl vzduchu väčšia ako prenášaná vlna energie. Molekuly sa znovu začnú pohybovať pôvodným chaotickým spôsobom.

### Sila zvuku

Pri tejto charakteristike rozlišujeme hlasitosť a intenzitu. Hlasitosť je principiálne miera počuteľnosti. Je zrejmé, že počuteľnosť je pomerne individuálna záležitosť. Ak má niekto problémy so sluchom, miera počuteľnosti zvukov uňho klesá. Na strane druhej, intenzita zvuku je objektívna veličina, ktorú je možné objektívne aj merať. Jednotkou intenzity zvuku je decibel. Rozdiel medzi hlasitosťou a intenzitou zvuku je pre deti ťažko pochopiteľná. Je to hlavne preto, lebo obe miery majú medzi sebou súvislosť.

Ak chcem na niekoho zakričať, potrebujem na to oveľa viac energie ako keď chcem iba šepkať. Nárast energie spôsobí to, že molekuly sa budú pohybovať dopredu a dozadu do väčšej vzdialenosti, ale za ten istý čas. Takýto pohyb dokáže stlačiť molekuly v oveľa väčšej miere a preto dokáže rozhýbať aj viac molekúl a zvuk sa môže šíriť do väčšej vzdialenosti.

Samozrejme, že vzdialenosť zdroja je tiež veľmi dôležitá. Čím ďalej sa zdroj od analyzátora nachádza, tým je intenzita zvuku nižšia, keďže sa postupne energia prenosom stráca. Molekuly sú postupne stláčané menej a menej.

Zaujímavé je zistenie, že tento jav (jeho analógiu) je možné pozorovať aj pri iných typoch energie – napríklad svetelná, magnetická, elektrická. Intenzita energie so vzdialenosťou klesá nepriamo úmerne a kvadraticky. Teda ak je vzdialenosť zdroja od analyzátora 6 metrov, intenzita zvuku je len  $\frac{1}{4}$  z intenzity zvuku v prípade vzdialenosti 3 metrov od zdroja.

### Vlny

Niekedy sa na vysvetľovanie toho, ako sa tvoria a pohybujú zvukové vlny používa analógia tvorby a šírenia vln na vodnej hladine. Vhodíme do vody kameň. Aj napriek tomu, že kameň spadol na dno, vlny sa vytvárajú na povrchu hladiny v podobe rovnomerných kružníc, pričom najvýraznejšie vlny sa nachádzajú v mieste, kde udrel kameň do hladiny vody a postupne sú vlny nižšie. Aj keď sa táto analógia používa často, najmä preto, lebo deti majú veľa skúseností z vlnami na vode, analógia má niekoľko nezrovnalostí. Predovšetkým je to charakter vln na vodnej hladine. Na vodnej hladine sa tvoria tzv. priečne vlny – sú kolmé vzhľadom na miesto šírenia vln. Pri šírení zvuku ide o tzv. pozdĺžne vlny, kde ide o pohyb dopredu a dozadu vzhľadom na miesto šírenia. Takéto šírenie energie môžeme pozorovať napríklad pri búraní domina. Druhou významnou nezrovnalosťou použitej analógie je to, že

vlny sa šíria na vode len v jednej rovine a pri zvuku je to šírenie všetkými smermi. Niektorí učitelia využívajú oveľa vhodnejšiu analógiu. Požadajú študentov, aby si predstavili bubliny od najmenšej po obrovské, ktoré sú vzájomne k sebe uložené a rovnomerne sa rozťahujú.

Predstava o vlnení poskytuje aj vysvetlenie rozdielu zvuku a hluku. Zvuk sa skladá z pravidelných vibrácií, medzi každou vibráciou je rovnaký časový odstup. Hluk vzniká pri nerovnomerných vibráciách.

#### Zosilnenie vibrácií

Ak postavíme rúčku rozochvanej ladičky na stôl, zvuk zosilnie. Je to preto, lebo ladička rozvibruje molekuly veľkého stola, ak je stôl bez vlastnej vibrácie. Samotný vibrujúci stôl spôsobí vibrovanie väčšieho množstva molekúl. Preto je zvuk silnejší. Realizovať sa táto aktivita dá takmer so všetkými pevnými tvrdými telesami, ktoré nemajú už vlastnú vibráciu.

Zaujímavým príkladom, ktorý vysvetľuje opisovaný jav je pochodovanie vojakov cez most. Ak by pochodovalo cez most naraz veľa vojakov v jednom rytme, naraz by sa mostu dodávalo veľa energie, ktorá most môže rozvibrovať a keďže most nie je pružný, mohol by sa zrútiť. Preto vojaci pri prechode mostom nepochodujú.

Thomas Edison využil vedomosti o zosilnených vibráciách pri konštrukcii fonografu. Pripevnil ostrú ihlu na jemnú blanku, ktorá sa dokázala rozochvieť pomocou zvuku. Ostrie ihly bolo nasmerované na mäkkú kovovú fóliu. Edison hovoril smerom do blany (diafragmy). Blana sa pohybovala presne podľa intenzity zvuku, ktorý na ňu narážal. Spolu s blanou sa pohybovala aj ihla. Edison pomaly posúval kovovú fóliu pod ihlou. Na fólii vznikla stopa. Potom zariadenie otočil. Ihla sa pomaly pohybovala po zvlnenej ryhe, rozochvievala blanu a tá rozochvievala vzduch – vznikal zvuk – Edison mohol počuť svoj nahratý hlas.

#### Súhlasné vibrácie

Počuli ste vibráciu okenných tabúľ, keď preletelo nízko letiace lietadlo? Počuli ste ako cinkajú poháre alebo hrkocú tanieri, keď je hudba pustená príliš hlasno? Na vysvetlenie toho, ako to funguje bude vhodné predstaviť si dve ladičky. Jednu ladičku rozochvieme a priblížime sa ňou k druhej ladičke. Druhá ladička sa tiež rozochvieva.

Keď majú ladičky rovnaký výšku tónu, zvuková vlna dorazí k ladičke v pravý čas, aby sa stále udržovala v pohybe. Každé ďalšie stlačenie vzduchu dorazí k vidličke ladičky v momente, keď sa začína ohýbať a dodá tomuto ohybu ďalšiu energiu. Zriedenie vzduchu dorazí k ladičke vtedy, keď sa ide ohnúť naspäť. Neustály a časovaný pohyb tlaku – pauzy – tlaku – pauzy spôsobuje, že obe ladičky vibrujú rovnakým spôsobom a ich pohyb by sa dal pripodobniť hojdačke.

Keď majú ladičky inú výšku tónu, časová následnosť tlaku a pauzy nie je vhodná na to, aby sa takýto jav udial. Napríklad, vidlička ladičky sa môže ohnúť pôsobením tlaku stlačeného vzduchu, ale ďalšia vlna stlačeného vzduchu môže k vidličke doraziť v momente, keď sa vidlička ešte len vracia späť. Predčasný náraz novej vlny môže chvenie vidličky spomaliť alebo úplne zastaviť. Podobne sa to môže stať aj s hojdačkou ak jej dodáme tlak vtedy, keď je len v polovici cesty dolu.

Každé pevné teleso má svoju špecifickú frekvenciu kmitania. Ak dorazia k predmetu zvukové vlny zhodné s touto frekvenciou, predmet môže začať rezonovať – súhlasne vibrovať.

Je potrebné si zapamätať, že dva predmety môžu súhlasne vibrovať len v prípade, že majú rovnakú prirodzenú výšku tónu ako zdroj zvuku. Ak chceme, aby určitý predmet vibroval presne ako zdroj vibrácie, je potrebné dotknúť sa vibrujúcim telesom tohto predmetu, pričom predmet nesmie vibrovať.

Veľmi silné vibrácie, silný zvuk v blízkosti tenkého skla môže sklo rozbiť. Zvuky, ktoré počujeme v mušli sú spôsobené súhlasnými vibráciami zvukov, ktoré sa nachádzajú okolo.

#### Vlastnosti objektov a vibrácie

Predstavte si, že vám niekto podá dve škatule od topánok. V jednej bude zatvorená hlinená guľôčka, v druhej bude krátke pravítko. Je možné len na základe zvukov zo škatule rozlíšiť v ktorej je guľôčka a v ktorej pravítko? Pri pohybaní škatuľou je to pomerne jednoduché. Ale ako je to možné?

Každý objekt má špecifické fyzikálne vlastnosti, ktoré vytvárajú typické vibrácie. Predpokladáme, že okrúhla ceruzka sa pohybuje jednoduchšie ako 6-hranná ceruzka. Predpokladáme aj to, že dlhá ceruzka v škatuli narazí na dno skôr ako krátka ceruzka. Pozorovaných zvukových informácií je pomerne veľa a tak je často jednoduché rozoznať, čo je v škatuli.

## 2 PRENOS, POHYB ZVUKU

### Situácia A: Rýchlosť zvuku

*Úvod:* V tejto aktivite sa deti naučia spôsob, akým je možné relatívne odhadovať rýchlosť zvuku. Principiálne ide o porovnanie rýchlosti sveta a zvuku, ale tento princíp relácie je zatiaľ pre deti nepochopiteľný.

*Pomôcky:* kladivo, hrubý kus dreva, aktivita sa realizuje vo dvojiciach v širšom voľnom vonkajšom priestranstve (napríklad ihrisko)

*Postup:* Postav sa do otvoreného veľkého priestoru bez prekážok. Položte kus dreva na zem. Odstúp od kamaráta na niekoľko krokov. Požiadaj kamaráta aby jeden krát silno udrel do kusu dreva. Sleduj kamaráta ako udiera do dreva a zároveň sleduj, kedy budeš úder počuť. Bolo to v rovnakom čase?

*Ozrejmovanie predstavy:*

Odstúp ďalej a pozorovanie zopakuj. Odstupuj stále ďalej, koľko ti priestor umožňuje.

Čo si zistil? Závisí nejaká vzdialenosť od zdroja zvuku od toho, ako rýchlo ho počuješ? Zistil by si nejaký rozdiel, keby kamarát udieral silno a slabšie?

Vedel by si na základe tohto pozorovania vysvetliť súvislosť medzi bleskom a hromom?

### Situácia B: Prenos zvuku

*Úvod:* Aktivita sa zaoberá porovnávaním prenosu zvuku vo vzduchu a v dreve. Deti sa snažia zistiť, v ktorom materiáli sa zvuk pohybuje lepšie a teda aj to, v ktorom materiáli sa dostane zvuk ďalej.

*Pomôcky:* drevené pravítko alebo násada s naznačenou mierkou, náramkové hodiny, ktoré tikajú, aktivita sa realizuje vo dvojiciach.

*Postup:* Hodinky prilož na jeden koniec pravítka. Drž ich tam silno, aby sa celkom opierali o pravítko. Druhý koniec pravítka nasmeruj na kamarátovo ucho tak, aby si sa ho dotýkal. Kamarát sa pravítko nesmie dotýkať. Spýtaj sa kamaráta, či počuje tikot hodínok. Ak nie, posúvaj hodinky po pravítku až kým tikanie nebude počuť. Odmeraj si vzdialenosť. Pozorovanie zopakuj, ale nepoužívaj pravítko. Hodinky podrž v takej vzdialenosti od ucha kamaráta, akú si pravítkom nameral. Spýtaj sa kamaráta, či hodinky počuje. Pozorovanie zopakuj niekoľko krát, hlavne ak sa ti bude zdať, že kamarát len háda.

*Ozrejmovanie predstavy:*

Počuli ste tikanie z rovnakej vzdialenosti? Aký záver by si z pozorovania urobil? Experiment zopakuj a namiesto dreveného pravítka používaj rôzne iné kusy dreva – hrubšie, tenšie, širšie a pod.

Pokús sa predpokladať, z akej vzdialenosti by si počul hodinky napríklad cez kovovú tyč alebo iný materiál. Ak sa dá, over si svoje predpoklady.

### Situácia C: Chvenie kovových predmetov

*Úvod:* Mnohé predmety, ktoré denne používame vydávajú krásne zvuky. Zvuk vnímame trochu inak, keď je prenášaný vzduchom ako keď je prenášaný pevnými materiálmi. Prenosom pevným materiálom dostaneme čistejší, jasnejší zvuk. V tejto aktivite si deti ozrejmi, že zvuk sa prenáša aj inými látkami ako je vzduch a že tento prenos je iný ako prenos vzduchom. Niektoré objekty vydávajú skutočne tajomné zvuky, ak ich počujeme pomocou špagátu a to preto, lebo niektoré časti môžu vibrovať inak ako ostatné (napríklad gril, kovové chladiace mriežky zo sporáku a iné mriežkové predmety).

*Pomôcky:* dve rovnaké kovové ramienka (musia byť celokovové), nožnice, špagát, rôzne kovové objekty, niekoľko rôznych druhov špagátu (rôznej hrúbky, rôzneho materiálu)

*Postup:* Odstrihni asi 60 cm dlhý špagát. Do stredu špagátu zaves kovové ramienko. Konce špagátu si niekoľko krát omotaj okolo ukazovákov. Prilož si ukazováky k uchu tak, aby sa ti namotaný špagát dotýkal vnútra ucha. Postav sa tak, aby vešiak voľne visel na špagáte – mierne sa predkloň. Požiadaj kamaráta aby ťukol do vešiaku ceruzkou alebo vešiak rozhoď a buchni s ním sám do okraju stola.

*Ozrejmovanie predstavy:*

Ako by si opísal zvuk, ktorý počuješ? Čo sa deje so zvukom, keď sa kamarát chytí jedného špagátu? Čo sa stane, keď sa chytí oboch? Vyskúšaj rôzne druhy špagátov a povedz, cez ktorý špagát počuješ najčistejší a najsilnejší zvuk? Je dôležité aký dlhý je špagát? Ako ovplyvňuje dĺžka špagátu čistotu a silu zvuku? Porovnávajete rôzne druhy kovových predmetov – aké rôzne druhy zvukov ste zistili?

#### **Situácia D: Telefón zo špagátu**

*Úvod:* Táto aktivita je zameraná na ozrejmovanie prenosu zvuku pevnými telesami. Základný princíp aktivity vysvetľuje fungovanie určitých druhov telefónov.

*Pomôcky:* dva umelohmotné alebo papierové pohárik, dve kancelárske spinke, pevný špagát (asi 8 metrov), kliniec, aktivita sa realizuje vo dvojiciach.

*Postup:* Pomocou klinca vyrob dierku do dna oboch pohárikov. Cez dierku prevleč špagát tak, aby tam bol natesno. Zvnútra prevlečený špagát priviaž ku kancelárskej spinke (aby sa špagát z dierky nevyvliekol). Každý z vás si vezme jeden pohárik do ruky. Postavte sa na opačné strany miestnosti tak, aby bol špagát natiahnutý. Hovor do pohárika, nekrič. Kamarát si priloží pohárik k uchu a zapchá si druhé ucho. Dávajte pozor, aby ste sa nedotýkali dna pohárika a aby sa špagát veľmi neprehýbal.

*Ozrejmovanie predstavy:*

Počuješ lepšie s použitím prístroja alebo bez? Skús do pohárika šepkať a pýtaj sa kamaráta, či to počul. Postupne zvyšuj hlas až kým ťa kamarát nepočuje. Rovnako pozorovanie zopakujte bez použitia prístroja.

Akým spôsobom môžeš zastaviť zvuk, aby sa k tebe nedostal?

Predstav si, že ďalší dvaja tvoji kamaráti majú vyrobený rovnaký telefón. Ako by si vytvoril prístroj, ktorým by ste si vzájomne všetci štyria mohli volať?

Ako by si vylepšil prístroj, aby si lepšie počul? Popremýšľaj, aké nádoby by boli vhodnejšie, aký špagát a podobne. Svoje nápady si vyskúšaj. Môžeš skúsiť špagát navoskovať.

#### **Situácia E: Zvuky pod vodou**

*Úvod:* Zaujímavé je porovnanie toho, ako odlišne sa šíri zvuk v plynnej látke a v kvapaline. Najjednoduchšie je porovnanie vzduchu a vody. Zaujímavé na skúmaní tohto javu je, že deti zväčša majú aspoň nejakú skúsenosť so zvukom pod vodou.

*Pomôcky:* väčšia nádoba alebo akvárium do polovice naplnené vodou, dve lyžičky, aktivita sa realizuje vo dvojiciach.

*Postup:* Požiadať kamaráta, aby pritlačil ucho k stene akvária pod úrovňou vody. Vezmi si dve lyžičky a nad vodnou hladinou ale v priestore akvária nimi vzájomne ťukni o seba. Počúvaj. O chvíľku experiment zopakujte, ale tento krát ťukni lyžičkami o seba pod vodnou hladinou.

*Ozrejmovanie predstavy:*

Ako by si vysvetlil rozdiel medzi dvoma zvukmi, ktoré si pozoroval? Čo myslíš, pohybuje sa zvuk lepšie vzduchom alebo vodou?

#### **Koncepty a prekoncepty o prenose zvuku**

Rýchlosť zvuku

Svetlo sa pohybuje neskutočnou rýchlosťou (asi 297 000 kilometrov za sekundu), preto sa nám zdá akoby bolo svetlo permanentnou, nepohyblivou súčasťou pozorovaného priestoru. Ale zvuk je úplne iná vec. Na úrovni mora, pri teplote 6,5°C sa zvuk pohybuje rýchlosťou asi 330 m za sekundu vo vzduchu. Asi takto rýchlo sa pohybuje náboj vystrelený zo vzduchovky. Zvuk sa pohybuje aj v pevných aj v kvapalných látkach. Vo vode sa zvuk pohybuje napríklad asi 5x rýchlejšie ako vo vzduchu, v oceli asi 15x rýchlejšie ako vo vzduchu.

Tri podmienky ovplyvňujú rýchlosť pohybu zvuku v materiáloch: hustota, miera pružnosti a teplota. Hustota sama o sebe nezvyšuje rýchlosť zvuku. V skutočnosti sa môže rýchlosť zvuku v materiáli znižovať rastúcou hustotou. Často krát sa s hustotou látky spája elasticita molekúl. Keď sú elastické

molekuly v látke uložené veľmi tesne vedľa seba, zvuk takouto látkou prechádza veľmi rýchlo. So zvyšujúcou sa teplotou materiálu rastie aj rýchlosť pohybu zvuku v tomto materiáli.

#### Aerodynamický treskot

Keď lietadlo preniká cez zvukovú bariéru, prejavuje sa to ako aerodynamický tresk. Vieme, že predmety, ktoré vydávajú zvuky ich šíria do všetkých strán. Keď sa takýto objekt pohybuje, stále vysiela vlny do všetkých strán. Ale pokúsme sa stále zvyšovať rýchlosť tohto objektu. Čím rýchlejšie sa objekt pohybuje, tým ťažšie je pohybovať sa vlnám tým istým smerom, ktorým sa pohybuje objekt. Keď dosiahne lietadlo svoju typickú rýchlosť (asi 1200 km za hodinu), stlačený vzduch týchto zvukových vln sa nakopie v hustej oblasti stlačeného vzduchu. To môže spôsobiť lietadlu niekoľko ťažkých nárazov.

Silné motory a dizajn lietadla mu umožňujú kĺzať vo vzduchu vplyvom vytvoreného podtlaku. Čo sa ale deje so stlačeným vzduchom? Obrovské množstvo energie sa prenáša z molekuly na molekulu až kým sa nedostane k zemi kde sa prejaví ako tlaková vlna (nazývaná aj Machova vlna). Tlaková vlna sa vytvára na zemi kopírujúc dráhu lietadla na oblohe. Prestane sa vytvárať len vtedy, ak pilot lietadla zníži jeho rýchlosť na menšiu ako je rýchlosť zvuku.

Výbuchy spôsobujú vznik podobných tlakových vln okrem toho, že sa môžu šíriť všetkými smermi rovnomerne. Veľmi rýchla expanzia plynov pri explózii môže spôsobiť stlačenie okolitého vzduchu. Tým, že sa vlna stlačeného vzduchu pohybuje ďalej, môže vyhladiť takmer všetko, čo vlně stojí v ceste až kým sa tlak vzdialenosťou nerozptýli.

### 3 ODRAZ A ABSORPCIA ZVUKU

#### Situácia A: Megafón

*Úvod:* V aktivite sa deti dozvedia, akým spôsobom je možné dosiahnuť, aby náš hlas prešiel väčšiu vzdialenosť. Deti využívajú skúsenosť s prikladaním dlaní k ústam. V podstate ide o ozrejmenie princípu zvukového rozptylu.

*Pomôcky:* hárok tvrdého papiera, lepiaca páska, tikajúce hodiny (budík), meter alebo meracie pásmo, aktivita sa realizuje vo dvojiciach až trojiciach

*Postup:* Tvrdý papier stoč do kužela a zalep ho lepiacou páskou tak, aby držal v tomto tvare. Kužel vytvor tak, aby na užšom konci bol dostatočne veľký otvor na to, aby si mohol doňho hovoriť. Požiadať kamaráta, aby sa postavil v miestnosti čo najďalej od teba. Pripravený kužel naňho nasmeruj a potichu hovor číslice alebo iné slová. Ak kamarát nepočuje, mal by sa približovať dovtedy, kým ta nebude počuť.

*Ozrejmovanie predstavy:*

Počuje ťa kamarát, keď nepoužiješ megafón a šepkáš slová s rovnako silným hlasom? Ako musíš rozprávať, aby ťa kamarát počul?

Požiadať ďalšieho kamaráta, aby sa postavil rovnako ďaleko ako prvý kamarát, ale aby aj medzi nimi bola dostatočná vzdialenosť. Znovu šepkaj slová s megafónom nasmerovaným na prvého kamaráta. Počuje druhý kamarát slová, ktoré hovoríš? Vyskúšajte si, kde musí druhý kamarát stáť, aby tiež počul, čo hovoríš.

Polož budík na stôl a postav sa k stolu tak ďaleko, aby si tikanie nepočul. Prilož si k uchu megafón, užšou časťou smerom k uchu, širšiu časť nasmeruj na hodiny. Ak hodiny stále nepočuješ, približ sa k stolu. Keď už hodinky počuješ, daj megafón dolu z ucha. Počuješ v tejto vzdialenosti hodiny bez megafónu?

Myslíš si, že keby si vytvoril väčší alebo menší megafón získal by si iné výsledky?

Pokús sa vysvetliť, ako používanie megafónu zlepšuje našu schopnosť počuť zvuky a schopnosť vyslať zvuk do väčšej diaľky.

#### Situácia B: Ozveny

*Úvod:* Niektoré materiály odrážajú zvuky lepšie, iné horšie. Materiály, ktoré sú tvrdé a hladké odrážajú zvuky najlepšie. Odrazený zvuk sa k nám zväčša dostáva v tom istom čase ako počujeme vlastné vyslovené slová alebo zvuk zaniká a počujeme len zvuk vychádzajúci z úst. Ak je však vzdialenosť predmetu (z materiálu, ktorý dostatočne dobre odráža zvuk) dostatočne veľká, odrazený zvuk sa do uší dostane neskôr ako zvuk, ktorý počujeme ako vyslovený. Je zrejmé, že táto vzdialenosť závisí od rýchlosti zvuku.

*Pomôcky:* meter (alebo meracie pásmo), nožnice, špagát, kus dreva, kladivo, aktivita sa realizuje vonku, k dispozícii musí byť vysoká stena umiestnená vo voľnom priestranstve (napríklad budova)

*Postup:* Nájdí vysokú budovu postavenú na voľnom priestranstve, snaž sa, aby si našiel takú, oproti ktorej nestojí iná budova. Odmeraj vzdialenosť od budovy asi 25 metrov. Kladivom silno udri do dreva, ktoré máš položené na zemi. Počúvaj ozvenu. Ak počuješ viac ako jednu ozvenu, zmeň miesto.

*Ozrejmovanie predstavy:*

Postupne meň miesto – približuj sa k budove. Ako blízko môžeš byť pri budove aby sa ti stále vytvárala ozvena? Ako ďaleko môžeš byť od budovy aby si stále počul echo? Keď sa približuješ alebo vzdďaľuješ od steny, trvá to dlhšie alebo kratšie, kým k tebe ozvena dorazí?

Vyskúšaj inú stenu (budovu). Výsledky pozorovania porovnávaj s predchádzajúcou stenou.

Vyskúšaj udierať v mieste medzi dvoma budovami.

#### Situácia C: Tlmenie zvuku



*Úvod:* Veľa ľudí sa v poslednej dobe snaží odhlučniť aspoň časť svojho životného priestoru, keďže svet sa stáva prostredníctvom priemyslu veľmi hlučným. Látky a materiály, ktoré majú schopnosť znižovať intenzitu zvuku alebo zvuk neprepúšťať nazývame zvukovými izolantmi. Deti sa v aktivite naučia merať mieru schopnosti určitého materiálu tmiť zvuk. Vedomosti je možné aplikovať do predstavy o tom, prečo sa zdá miestnosť s kobercom menej hlučná ako miestnosť bez koberca (resp. porovnanie zariadenej a nezariadenej izby).

*Pomôcky:* topánková škatuľa s vrchnákom, noviny, ceruzka a papier, hliníková fólia, tikajúci budík, rôzne druhy látok (textílií), meter alebo meracie pásmo, zvukové izolanty podľa vlastného výberu

*Postup:* Natoč tikajúce hodiny. Nastav budík tak, aby začal za niekoľko minút zvoniť. Budík vlož do škatule od topánok a prikry vekom. Počkaj, kým začne budík zvoniť a odmeraj do akej vzdialenosti budík počuješ. Zaznamenaj si vzdialenosť.

Budík znovu nastav na zvonenie o pár minút. Budík obaľ v novinách a meranie zopakuj. Porovnaj výsledky s predchádzajúcim meraním.

*Ozrejmovanie predstavy:*

Čo sa v experiment udialo? Čo by sa stalo, keby si hodiny obalil do látky? Akú inú látku by si odporučil použiť, aby si zvoniaci budík počul čo najmenej? Dalo by sa zvonenie utlmiť úplne?

Prezri si materiály, ktoré zvuk izolovali veľmi dobre. Čo majú tieto materiály spoločné?

## **Koncepty a prekoncepty o odraze a absorpcii zvuku**

### Odraz zvuku

Jedným z dôvodov, prečo si radi spievame v sprche je práve reflexia zvuku – teda jeho odraz. Keď zvuk naráža na hladké steny kúpeľne, odráža sa sem a tam po miestnosti. Zvuk sa zdá hlasnejším a jednotlivé noty sú mierne predĺžené. A práve tieto vlastnosti zvuku sú pre ucho príjemné. Čím je povrch stien, od ktorých sa zvuk odráža hladší, tým sa zvuk lepšie odráža. Od veľmi hladkého povrchu sa zvuk odráža tak dobre ako svetlo od zrkadla. Uhol dopadu zvuku sa rovná uhlu odrazu.

Keďže zvuk je možné odraziť, je možné ho aj želaným smerom orientovať, stačí len použiť vhodné pomôcky. Otvorené divadlá mávajú zvyčajne tvar mušle, ktorá je nasmerovaná do hľadiska. Takýto tvar spôsobuje zameranie zvuku k divákovi bez väčšej straty zvukovej energie.

Najefektívnejším spôsobom odklonenia zvuku je jeho sústredenie do trubice. Zvuk sa v trubici nešíri všetkými smermi, aj keď má túto tendenciu. Pri šírení sa zvuk odráža od stien trubice, energia zvuku sa tak nerozptyľuje do priestoru. Silnejší zvuk dokáže prejsť väčšiu vzdialenosť.

Opačné využitie princípu reflexie zvuku je možné vidieť napríklad vo využívaní starých načúvadiel. Pri slabom sluchu sa v minulosti používali lieviky, ktoré si ľudia prikladali k uchu, aby lepšie počuli. Princíp pripodobňuje prirodzené zachytávanie zvukov zväčšenými ušnicami zajacov, oslov a inej zveri. Zvieratá musia byť v prírode veľmi ostražití, preto sú aj ich ušnice prispôbolené tak, aby sa čo najväčšie množstvo zvukov odrazilo priamo do zvukového otvoru. Okrem toho dokážu zvieratá ušami hýbať a natičať ich želaným smerom, dokonca každé ucho do iného smeru.

### Ozveny

Keďže zvuk sa pohybuje pomerne nízkou rýchlosťou (v porovnaní so svetlom) a trvá mu prejsť určitú vzdialenosť postrehnuteľnou rýchlosťou, môžeme pozorovať echo. Podobne ako sa prejavuje nedokonalosť oka pri registrácii dvoch po sebe nasledujúcich dejoch, aj ucho človeka nedokáže registrovať dva po sebe okamžite nasledujúce zvuky. Ucho registruje ďalší zvuk až po desiatine sekundy uplynutej od prvého zvuku. Zvuky musia po sebe nasledovať v takomto časovom odstupe, aby ich všetky dokázalo ucho (resp. skôr mozog) registrovať. Zvuky ktoré sa dostanú k uchu v priebehu tohto intervalu nie sú registrované ako nový zvuk.

Ak zhrnieme, že zvuk sa pohybuje rýchlosťou asi 330 m za sekundu, za jednu desatinu sekundy prejde 33 metrov. Ak chceme počuť echo, musíme stáť v takej vzdialenosti od reflektujúcej plochy, aby zvuk prešiel 33 metrov. Keďže zvuk musí prejsť od nás k odrazovej ploche a od odrazovej plochy k nám, musíme stáť minimálne 16,5 metrov od odrazovej plochy, aby sme počuli ozvenu. Je potrebné si uvedomiť, že táto vzdialenosť mierne kolíše so stúpajúcou a klesajúcou teplotou prostredia.

Niekedy sa stáva, že silný hluk a niekoľko odrazových plôch spôsobia vznik viacnásobnej ozveny alebo rezonancie. Typickým príkladom je hrom, ktorý sa môže odrážať hore-dolu od zeme a oblakov alebo od vrstiev vzduchu s rôznou hustotou.

Zaujímavou aplikáciou echa je sonar. Sonar je zariadenie vyvinuté námorníctvom. Je to prístroj, ktorý vysiela pod vodu zvuky, pričom tieto zvuky sa odrážajú od rôznych predmetov a vracajú sa späť do detektora zvukov, ktorý podľa odrazu zvuku zistí, v akej vzdialenosti pod vodou sa nachádza určitý predmet. Ide hlavne o detekciu hĺbky vody, rôznych prekážok v plavbe, ale aj cudzích pohybujúcich sa telies. Názov sonar sa odvodilo od anglického SOund NAvigation and Ranging, čo znamená zvuková navigácia a meranie vzdialeností (dĺžky). Princíp využívajú aj rybárske člny na detekciu húfov rýb pri love.

Princíp echa využívajú napríklad netopiere, delfíny a sviňuchy. Napríklad netopiere vydávajú piskot, ktorý potom spätne zachytávajú jemnými ušnicami a tak sa vedia pohybovať aj v úplnej tme bez toho, že by narazili do prekážky a dokonca dokážu týmto spôsobom loviť hmyz. Tento spôsob využitia echa sa nazýva echolokácia.

#### Absorpcia zvuku

Všimli ste si niekedy, aký veľký je rozdiel vo zvukoch v miestnosti pred zariadením nábytkom a po zariadení? Koberce, deky, prikrývky, závesy pohlcujú oveľa viac zvukov ako by sme si mysleli. Ale aj zariadená miestnosť môže mať „dutý“ zvuk, hlavne ak je dlážka a povala z hladkého materiálu.

Pórovité akustické dlaždice nalepené na strop sa často používajú na zníženie odrazu zvuku. Tak isto aj nerovná, pórovitá omietka nastriekaná na stenu. Okrem toho, že takéto steny absorbujú zvukové vlny, nerovný povrch interferuje s odrazom zvuku, podobne ako keď svetlo dopadá na nerovný povrch.

Staršie deti sa občas pýtajú: čo sa stane so zvukom, keď sa dostane do pórovitého materiálu? Zdá sa, akoby sa zvuková energia menila na tepelnú energiu. Pravidelný kmitavý pohyb vlny sa rozbije do nerovnomerného pohybu častíc materiálu a veľmi mierne tak povrch zahrieva.

#### Rezonancia, odrazený a absorbovaný zvuk

Rezonanciu je možné definovať ako niekoľkonásobnú ozvenu. Po vytvorení sa zvukové vlny pohybujú vzduchom všetkými smermi. V miestnosti rôzne povrchy absorbujú zvuk do rôznej miery. Postupne zvuk stráca časť svojej energie. Tá sa stráca pri každom odraze od povrchu, až sú vlny zvuku také slabé, že nerozochvejú membránu v uchu a sú teda nepočuteľné.

Doba dozvuku je počet sekúnd, ktoré môže byť priemerne hlučný zvuk počuteľný, kým celkom nezoslabne. Tento čas závisí od schopnosti miestnosti odraziť zvuk a môže mať hodnotu od 1 do 10 sekúnd. V hlučnej miestnosti je táto hodnota 1, v rezonančnej miestnosti 10. Školské triedy sú vytvorené tak, aby doba dozvuku dosahovala hodnotu menej ako 1 s, pretože na pochopenie hovorenej reči je potrebné aby mala miestnosť dobu dozvuku menej ako 2s. Hudobné miestnosti sú konštruované inak, doba dozvuku bola medzi 1 ½ až 2 s, čo je ideálny čas pre vychutnávanie hudby. V hudobných miestnostiach je preto počúvanie hovoreného slova ťažšie.

## 4 ZMENA VÝŠKY TÓNU

### Situácia A: Výška tónu

*Úvod:* Aktivita je zameraná na sledovanie zmeny výšky tónu v súvislosti so zmenou vibrácie telesa.

*Pomôcky:* kartička (nákupná alebo iná), hrebeň, bicykel

*Postup:* Chyť hrebeň do jednej a kartičku do druhej. Okrajom kartičky prejdí cez zuby hrebeňa – pomaly a postupne. Počúvaj zvuk. Potom skúšaj prejsť po zuboch hrebeňa rýchlejšie a rýchlejšie. Počúvaj zvuk a porovnávaj ho. Postavte bicykel kolesami hore. Rozkrúťte pedálmi koleso a pridržte kartičku na výplete kolesa. Točte najskôr pomaly a potom rýchlo. Počúvajte, aké zvuky vydáva kartička keď sa koleso pohybuje pomaly a keď sa koleso pohybuje rýchlo.

*Ozrejmovanie predstavy:*

Aká je výška tónu, keď pohybuješ hrebeňom (alebo kolesom) pomaly a keď pohybuješ rýchlo? Čo sa deje s výškou tónu, keď sa vibrácia zvyšuje?

### Situácia B: Strunové hudobné nástroje

*Úvod:* Aktivita je zameraná na využitie vedomostí o výške tónu pri konštrukcii rôznych strunových hudobných nástrojoch. Deti zväčša majú skúsenosť s nejakým strunovým nástrojom a tak sa stáva chápanie javu zmeny výšky tónu aspoň pragmatickejšie. Napnuté, tenké a krátke struny vydávajú najvyšší zvuk. Znižovaním hodnôt týchto charakteristík sa znižuje aj vydávaný tón.

*Pomôcky:* pevný vrchnák zo škatule (menšej) – vrchnák by mal byť pevný a nie príliš hladký, pravítko, ceruzka a papier, rôzne hrubé gumičky z toho istého materiálu alebo duša z bicykla (z duš je možné nastrihať rôzne hrubé gumičky; pri strihaní je potrebné dať pozor na to, aby sme nožnicami gumičku odstrihli na jeden krát, inak sa budú gumičky trhať)

*Postup:* Na dno vrchnáka zo škatule v pravidelných vzdialenostiach od seba napíš čísla od 1 po 8. Zorad' si gumičky podľa hrúbky a prevleč ich cez vrchnák tak, aby najtenšia bola nad jednotkou a najhrubšia nad osmičkou. Brnkni do jednej natiahnutej gumičky. Vyskúšaj všetky a porovnávaj ich zvuk.

*Ozrejmovanie predstavy:*

Ako by si mohol vytvoriť slabší a hlasnejší zvuk? Ktorá gumička vydáva vyšší a ktorá nižší tón? Čo sa deje s výškou zvuku, keď gumičku z boku pritiahneš (keď je gumička viac natiahnutá)? Ako ovplyvňuje napínanie gumičky výšku tónu? Prstom pritlač gumičku o dno vrchnáku a brnkni na strunu. Zmenila sa výška tónu?

Vedel by si na základe svojich pozorovaní vytvoriť na tomto jednoduchom zariadení stupnicu? Pomáhaj si priťahovaním gumičiek na strane vrchnáku. Snaž sa, aby si do gumičiek neudieral silno, aby zostali naladené. Ak sa ti podarí nástroj naladiť pokús sa na ňom zahrať jednoduché melódie. Podarilo sa? Vedel by si napísať pesničku tak, aby ju rovnako vedel zahrať aj niekto druhý?

### Situácia C: Hoboj zo slamky

*Úvod:* Hoboj je hudobný nástroj, ktorý využíva vydychovaný prúd vzduchu na rozvibrovanie dvoch jazýčkov v nástroji. Tieto vibrujúce jazýčky rozvibrujú vzduch. Tým, že hudobník uzatvára dierky na nástroji spôsobuje vibrovanie menšieho alebo väčšieho množstva vzduchu a tak vytvára rôzne tóny.

*Pomôcky:* papierové alebo plastové slamky (vhodnejšie sú papierové) dvoch rôznych veľkostí – tak aby sa jedna dala vložiť do druhej, špendlík, celofán, nožnice, malý papierový pohárik.

*Postup:* Stlač slamku na jej konci, aby bola ploská. Na konci ploskej časti slamku z dvoch strán jemne zostrihni. Ak máš plastovú slamku, môžeš špic zostrihnúť do hrotu. Vlož si slamku nastrihnutou časťou do úst tak, aby si mal asi 3 cm zo slamky v ústach. Pery maj zatvorené, ale nemusíš ich mať celkom tesne, časť vzduchu môže byť vyfukovaná aj perami. Silno fúkni. Ak sa nevytvoril žiaden zvuk skúšaj fúkať slabšie, až kým zvuk nevytvoríš.

*Ozrejmovanie predstavy:*

Čo sa stane, ak použiješ kratšiu alebo dlhšiu slamku? Vlož do hrubšej slamky tenšiu slamku tak, aby trčala von a vyskúšaj fúkať znovu. Kým fúkaš a vydávaš zvuk ťahaj alebo tlač vnútornou slamkou a sleduj zmenu zvuku.

Ako by ste dokázali zahrať pesničku takýmito slamkovými hobojmi, keby ste mali ôsmi nástroj pripravený?

### **Situácia D: Xylofón z fliaš**

*Úvod:* Xylofón je hudobný nástroj, ktorý je zostavený z drievok rôznej veľkosti, po ktorých hudobník udiera špeciálnymi paličkami. V tejto aktivite si deti pripravia podobný nástroj, ale zvuky rôznych výšok budú vyrábať nie na dreve, ale na fľaškách s vodou.

*Pomôcky:* 8 rovnakých sklenených fliaš od malinovky (najlepšie je hladké sklo, zvuky sú čistejšie a jasnejšie), ceruzka a papier, voda

*Postup:* Do fliašiek nalej rôzne množstvo vody. Fľašky postav do radu, nezoraduj ich podľa množstva vody. Ťukni do každej z fliašiek jemne ceruzkou. Sleduj aký vysoký tón vzniká.

*Ozrejmovanie predstavy:*

Koľko vody je vo fľaške, kde sa vytvoril najvyšší tón? Koľko je vo fľaške, kde sa vytvoril najnižší tón? Vedel by si fľašky zoradiť od najnižšieho po najvyšší tón? Čo by si musel s fľaškami s vodou urobiť, aby si vytvoril 8 stupňovú škálu? Vyskúšaj si svoj nápad.

Fúkaj ponad ústie fliaš. Čo zhodné a čo iné si zistil v porovnaní s použitím ceruzky?

### **Koncepty a prekoncepty o výške tónu**

Mnoho pilotov práškovacích lietadiel je závislých na zvuku pomocou ktorého odhadujú mieru bezpečnosti ich letovej rýchlosti. Keď letia nízko, je to veľmi namáhavé, aby zároveň sledovali rýchlosť letu a aj možné prekážky v lete. Rýchlosť lietadla preto piloti odhadujú podľa výšky tónu, ktorý vzniká pri vibrácii drôtov a podpier pod vplyvom prúdiaceho vzduchu.

Deti si niekedy dávajú do výpletu kolies na bicykli plastové kartičky alebo výstrižky z plastových pohárov, aby zvuk pri jazde pripomínal motor. Každým úderom ihlice do kartičky sa kartička rozochveje a tým vydáva zvuk. Výška tónu je závislá od rýchlosti kolesa.

#### **Strunové nástroje**

Na strunových nástrojoch závisí výška vznikajúceho tónu od dĺžky, hrúbky a miery napnutia struny. Skracovanie, naťahovanie a zužovanie strún spôsobuje zvyšovanie tónu.

Aj keď ide o jednoduchý princíp, stále sa môžeme spýtať, ako je možné, že napríklad viola a čelo vydávajú iný zvuk, aj keď je struna rovnako hrubá, rovnako natihnutá a rovnako dlhá. Iná je kvalita tónu. Väčšina vznikajúcich vibrácií nemá jednoduchý priebeh kmitania hore a dolu po celej dĺžke struny. Väčšina vibrácií je zodpovedná za základnú výšku tónu, ostatné časti vznikajúceho zvuku vibrujú v rýchlejších frekvenciách. Kombinácia vznikajúcich vibrácií je pre rôzne nástroje rôzna a dáva nástrojom špecifický, často rozoznatelný zvuk.

#### **Dychové nástroje**

V prípade dychových nástrojov vytvára zvuk stĺpec vibrujúceho vzduchu. Vibrácie sú iniciované z úst hudobníka (napríklad trúbky, tuby a pod.) alebo prúdom vzduchu míňajúceho jazýček (napríklad saxofón, klarinet).

Výška vzniknutého tónu závisí od toho, aká veľká masa hmoty vibruje. Čím väčšia masa vibruje, tým nižší je vznikajúci tón. Výška tónu sa mení zmenou dĺžky vzduchového stĺpca v nástroji. V hudobnom nástroji ako je napr. saxofón sa prstami otvárajú a zatvárajú záklopky. V trombone sa mení výška stĺpca vzduchu pomocou trubice, v ktorej sa vyťahuje alebo sa do nej vtlača akoby piest.

Aj tu je možné rozoznať rôznu kvalitu vznikajúceho zvuku. Tu je to spôsobené prídavnými vibráciami prevažne na vonkajších častiach nástroja. Podobne funguje aj rozlišovanie ľudských hlasov. Zvuk ako hlas je modifikovaný veľkosťou a tvarom vzduchových priehlbín v ústach a nose.

Po domácky vyrobené hudobné nástroje

Téma o výške tónu sa stáva pre deti zaujímavejšia, keď sa s nimi snažíme vyrobiť vlastné hudobné nástroje. Veľmi dobre sa osvedčia gumičky natiahnuté na škatule (od cigaretových po topánkové) pričom treba dávať pozor na to, aby boli vždy poriadne natiahnuté. Výborným materiálom sú aj rybárske silóny, ktoré sa vyrábajú rôznych hrúbok. Ak sa prirobia na kúsok drevka pomocou skrutkových očiek a klincov, získame hudobný nástroj so zaujímavou kvalitou tónu. Výbornou pomôckou sú potom skrutkové očká, pretože sa takto vyrobený nástroj dá výborne ladiť.

Zaujímavým experimentom je vytváranie xylofónu z malinokových fliaš naplnených vodou. Zaujímavý je hlavne preto, lebo keď ťukneme do fľašky ceruzkou, najvyšší tón sa vytvára tam, kde je najmenej vody. Ak však fúkneme ponad ústie, je to naopak, najplnšia fľaša má najnižší tón. Vysvetlenie je jednoduché, ak ťukneme do fľašky ceruzkou, vibruje predovšetkým voda, ak fúkneme ponad ústie vibruje predovšetkým vzduch. Čím menšia masa (vody alebo vzduchu) vibruje, tým vyšší tón získame.

#### Hmota a hluk

Keď sa vytvára hluk, zvyčajne výška tónu závisí od veľkosti objektu, ktorý zvuk vydáva. Ak spadne na zem veľký kus dreva, vytvorí sa nižší tón ako keď spadne menší kus dreva. Keď trháme hrubší papier zvyčajne sa vytvára nižší tón ako keď trháme tenší papier. Ak hodíme na zem hliníkovú mincu, vytvorí sa vyšší tón ako keď hodíme medenú mincu. Ide o jednoduché pozorovania, ktoré zvládajú aj predškolské deti a získavajú tak množstvo informácií pre neskorší rozvoj predstáv o zvuku.

## 5 SLUCH A LOKALIZÁCIA ZVUKOV

### Situácia A: Počuješ to, čo ja?

*Úvod:* V aktivite deti zisťujú do akej miery sú schopné len pomocou sluchu identifikovať miesto vzniku zvuku. Precvičia a ozrejmiť si aj dôležitosť využívania oboch uší a schopnosť lokalizovať zvuky zo smeru, na ktorý je ucho nasmerované (čiastočný význam ušnice).

*Pomôcky:* 16 rovnakých ceruziek, tichá väčšia miestnosť, šatka na oči, aktivita sa realizuje v skupinke deviatich detí

*Postup:* Požiadaj ôsmich kamarátov, aby si sadli do veľkého kruhu. Každému daj dve rovnaké ceruzky. Sadni si do stredu kruhu a zaviaž si oči šatkou tak, aby si nič nevidel. Požiadaj kamarátov, aby náhodne vždy niektorý ťukol rovnako silno o seba ceruzkami. Po ťuknutí ukáž, ktorý kamarát ťukol. Požiadaj jedného z kamarátov, aby zapisoval, koľko krát sa pomýliš. Skús asi 20x. Potom si zapchaj jedno ucho tak, aby si počul len druhým a experimentovanie zopakuj znovu 20x.

*Ozrejmovanie predstavy:*

Zistil si rozdiel v tom, ako sa ti darilo uhádnuť kto ťukol ceruzkami? Vyskúšaj hádanie s druhým uchom a porovnaj výsledky. Požiadaj iného kamaráta, nech ťa v strede kruhu vystrieda. Porovnajte si výsledky navzájom. Ako si vysvetľujete pozorované rozdiely?

### Koncepty a prekoncepty o a lokalizácii zvuku

V uchu sú zvukové vlny vedené do zvukového kanála prostredníctvom vonkajšieho ucha (ušnice), ktoré sa správa podobne ako megafón. Na konci zvukového kanála sa nachádza ušný bubienok – blanka s veľmi tenkej kože, ktorá je taká jemná, že sa rozochvieva presne tak, ako to dirigujú zvukové vlny zvonka. Z druhej strany bubienka sa nachádzajú tri drobné kostičky (kladivko, nákovka a strmienok), ktoré k sebe ohybne priliehajú a dotýkajú sa bubienka. Od bubienka sa tieto kostičky rozhybu a podávajú signál do vnútorného ucha – slimáka. Vo vnútri slimáka sa nachádza tekutina, a jeho povrch je vystlaný nervovými zakončeniami. Zvukový signál, stále v podobe vibrácií sa a jeho povrch je vystlaný nervovými zakončeniami. Zvukový signál, stále v podobe vibrácií sa a jeho povrch je vystlaný nervovými zakončeniami mení na elektrický signál, ktorý je vysielaný do mozgu, do jeho zvukového centra na analýzu.

Deti by sa predovšetkým mali oboznámiť s tým, ako sa o uši starať, aby neutrpeli úraz a aby im sluch správne fungoval. Napríklad ostré predmety vložené do ucha môžu bubienok prepichnúť. Aj veľmi silný prúd vzduchu alebo vody môže mať za následok pretrhnutie bubienka. Po pretrhnutí bubienka nastáva hluchota na postihnuté ucho. Pri veľmi silnej nádche sa môže stať, že sa dieťa snaží vyfúknuť z nosa hlien. Hlien by sa nemali vyfukovať príliš silno, pretože tlak nemusí stačiť na prerazenie upchatého nosa, ale týmto tlakom sa môžu vytlačiť zárodky ochorenia cez Eustachovú trubicu do vnútorného ucha. Zápal vnútorného ucha sa potom lieči ťažšie a je bolestivý.

Rozmedzie počuteľnosti

Aj keď je naše ucho schopné zachytiť veľké množstvo zvukových signálov, nezachytí všetky. Takmer žiadne ucho nie je schopné zachytiť vibráciu, ktorá vibruje pod hranicou 16x za sekundu a tiež nie nad hranicou 20.000x za sekundu. Čím sme starší, tým je toto rozmedzie užšie, čo znamená, že ucho je menej citlivé.

Rozmedzie počuteľných zvukov je u zvierat na rozdiel od človeka veľmi iné. Medzi živočíchmi s veľmi dobrým sluchom zaraďujeme napríklad netopiere. Tie dokážu počuť už zvuku kmitajúce 10x za sekundu a aj zvuky kmitajúce do 100.000x za sekundu. Psy dokážu vnímať zvuku v rozmedzí niekoľko kmitov za sekundu až po 40.000 kmitov za sekundu. Preto je možné používať písťalku s vysokými frekvenciami, ktoré my nepočujeme, ale pes áno. Mačka má o niečo lepší sluch, až do 50.000 kmitov za sekundu. Naopak, slony majú schopnosť komunikovať zvukmi, ktoré majú veľmi nízke hodnoty kmitov za minútu, pre človeka sú nepočuteľné. Zvuky, ktoré nedokážeme vnímať našim sluchom nazývame ultrazvuk (ak je tón zvuku príliš vysoký na to, aby sme ho počuli) alebo infrazvuk (ak je tón zvuku príliš nízky na to, aby sme ho počuli).

Lokalizácia zvuku

Väčšina ľudí vie odhadnúť smer len na základe prichádzajúceho zvuku (so zavretými očami). Je to vtedy, keď majú obe uši zdravé. Ak počujeme zvuk oboma ušami, jedným uchom počujeme ten istý zvuk o máličko skôr ako druhým – to nám umožňuje lepšiu lokalizáciu zvuku. Preto ľudia, ktorí majú jedno nefunkčné ucho vedia horšie zvuk lokalizovať.