



Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach
Prírodovedecká fakulta
Ústav fyzikálnych vied

JÁN DEGRO

Školské experimenty s hlukomerom

Environmentálne vzdelávanie vo vyučovaní fyziky



Práca je určená pre študentov učiteľstva v kombinácii s fyzikou a pre ďalšie vzdelávanie učiteľov fyziky a taktiež pre každého záujemcu o životné prostredie.

OBSAH

Úvod	3
Zvukomer - Hlukomer	3
Zvuk a hluk v interiéri	6
Akustická (ne)pohoda v škole?	6
Hluk na školských akciách	6
Hluk v priestoroch školy	7
Hluk v domácnosti	8
Počúvanie hudby, alebo aký som hlučný?	9
Zvuk v domácnosti	10
Zvuk a hluk v exteriéri	11
Hluk v mieste bydliska	11
Hluk na komunikáciách	11
Hluk v dopravných prostriedkoch	12
Literatúra	13

Titul: Školské experimenty so zvukomerom

Autor: doc. RNDr. Ján Degro, CSc.

Vydanie: Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika, Košice 2009

Učebný text bol spracovaný v rámci projektu KEGA č. 3/5272/07

Úvod

Meranie zvuku resp. hluku v životnom prostredí je úloha náročná a v súčasnosti veľmi potrebná. Tejto problematike sa venujú špeciálne organizácie, ktoré majú na to poverenie od štátu a tiež súkromné organizácie, ktoré majú certifikát vykonávať takúto činnosť. Metodiku merania zvuku a prípustné hodnoty stanovujú predpisy a normy.

My sa v tejto práci obmedzíme iba jednoduché pilotné experimenty so zvukomerom, ktoré možno realizovať v podmienkach školy formou demonštračných experimentov, laboratórnych cvičení resp. formou projektov resp. domácich заданий.

Kvalitný hlukomer, ktorý meria nielen hladinu intenzity zvuku, ale aj vie analyzovať spektrum zvuku stojí je finančne nákladný. My použijeme hlukomery v cene od 3600,00 až 6000,00 SK (Obr.1), ktoré je možné objednať na Slovensku prostredníctvom zásielkových firiem.

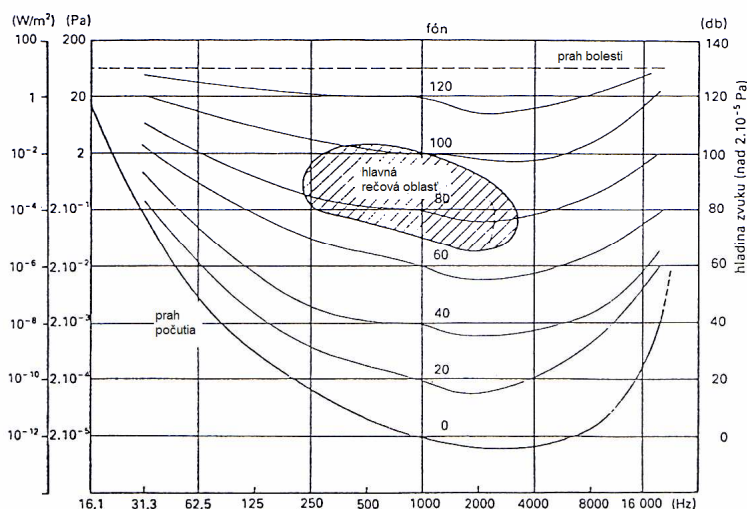
So zvukomerom môžeme realizovať veľa zaujímavých školských experimentov, tak vo vnútornom, ako aj vo vonkajšom prostredí. Pod *vnútorným prostredím* (interiér) budeme rozumieť prostredie vnútri budov napr. bytov, domov, škôl, obchodov, verejných inštitúcií, vestibulov a čakární. Pod *vonkajším priestorom* (exteriér) budeme rozumieť prostredie mimo vnútra budov, napr. verejné priestranstvá, ulice, parky a dvory, záhrady rodinných domov.

Motivácia: So zvukom resp. hlukom sa stretávame temer na každom kroku. Zvuk je sprievodným javom mnohých činností človeka a prírodných javov. Bez zvuku nie je možná komunikácia a orientácia.

Myslíte si, že hluk patrí medzi vážne problémy dnešnej doby? Mali ste už problém z hlukom doma alebo v škole? Ako ste situáciu riešili? Čo je vo vašom prostredí zdrojom hluku? Viete, akým spôsobom môže hluk škodiť? Ako sa možno chrániť pred hlukom?

Zvukomer - Hlukomer

Meranie zvuku je prospešné v mnohých oblastiach a jeho výsledky môžu byť podkladom priaznivého riešenia radu problémov. Výsledky meraní sú základom presnej vedeckej analýzy a hodnotenia rušivých zvukov (hlukov). Mieru rušivých účinkov zvuku na jednotlivca nie je možné presne a objektívne zmerať či určiť z toho dôvodu, že je nutné počítať s individuálnymi fyziologickými a psychologickými faktormi. Na základe výsledkov merania možno prevádzať objektívne porovnanie



Obr.1 Citlivosť ľudského ucha pre rôzne kmitočty.

rušivých zvukov a hlukov, pôsobiacich v rôznych podmienkach.

Výsledný subjektívny vnem zvuku odpovedajúci súhrnne jeho hlasitosti, je ovplyvňovaný mnohými činiteľmi, a preto výskum v tejto oblasti ešte stále prináša nové a závažné poznatky. Jedným z činiteľov je aj rozdielna citlivosť ľudského sluchu na rôzne kmitočty (obr.1).

Ľudský sluch je najcitlivejší na oblasť frekvencií 2 až 5 kHz a najmenej citlivý v oblasti veľmi nízkych a veľmi vysokých frekvencií. K zložitosti situácie prispieva aj to, že frekvenčná závislosť sluchu je výraznejšia pri nízkych hladinách akustického tlaku a menej výrazná v oblasti vysokých hladín akustického tlaku. To znamená, že napríklad hladina tónu s frekvenciou 50 Hz musí byť o 15 dB vyššia než hladina subjektívne rovnako hlasitého tónu s frekvenciou 1000 Hz a hladinou akustického tlaku 70 dB. Preto bolo potrebné zostrojiť elektronické zvukomerne zariadenia, ktorých citlivosť závisí na frekvenciách podobne, ako závisí na frekvenciách ľudský sluch. Výsledkom vývoja v tejto oblasti sú v skutočnosti tri *váhové filtre* s označením "A", "B", "C", ktorých frekvenčné charakteristiky sú stanovené medzinárodne platnými normami a doporučeniami.

Váhový filter "A" je aproximáciou kriviek rovnakej hlasitosti pre oblasť nízkych hladín akustického tlaku, *váhový filter "B"* je obdobným priblížením v oblasti stredných hladín akustického tlaku a *váhový filter "C"* je analogicky aproximáciou v oblasti vysokých hladín akustického tlaku. V akustickej meracej praxi je najviac používaný *váhový filter "A"*, ktorý zaručuje podstatne lepšiu koreláciu výsledkov merania a subjektívnych testov ako *váhové filtre "B"* a *"C"*. V súčasnosti existuje aj *váhový filter "D"* určený k meraniu a hodnoteniu leteckého hluku.

Jedným z dôvodov nie príliš dobrého súhlasu výsledkov meraní pri použití *váhových filtrov "B"* a *"C"* a subjektívnych hodnotení hlasitosti zvuku je to, že krivky rovnakej hlasitosti boli zostavené na základe experimentov s čistými tónmi, pokiaľ väčšina bežných zvukov má zložitý tvar vlny a značne sa líši od sínusového priebehu čistého tónu.

Aby bolo možné popísať zložitý akustický signál, je potrebné rozdeliť pásmo akustických frekvencií (16 Hz - 20 kHz) do radu užších pásiem, napríklad oktávových alebo tretinooktávových. Oktáva je frekvenčný interval s pomerom frekvencií krajných tónov 1:2. Potom napríklad *oktávová priepustnosť* so stredným kmitočtom 1000 Hz umožňuje meranie zložiek s frekvenciami od 707 Hz do 1410 Hz a súčasne účinne potláča všetky zložky s frekvenciami vyššími aj nižšími ako vyššie uvedené hraničné frekvencie.

Rozklad signálu na jednotlivé frekvenčné zložky alebo vymedzenie jeho zložiek v určitých úzkych pásmach sa nazýva *frekvenčná (kmitočtová) analýza*. Jej výsledky sa zobrazujú graficky v podobe spektrogramov alebo v tabuľkách. Niektoré zvukomerne zariadenia navyše obsahujú špeciálny elektrický obvod, ktorý umožňuje merať špičkové (maximálne) hodnoty akustických signálov bez ohľadu na ich trvanie.

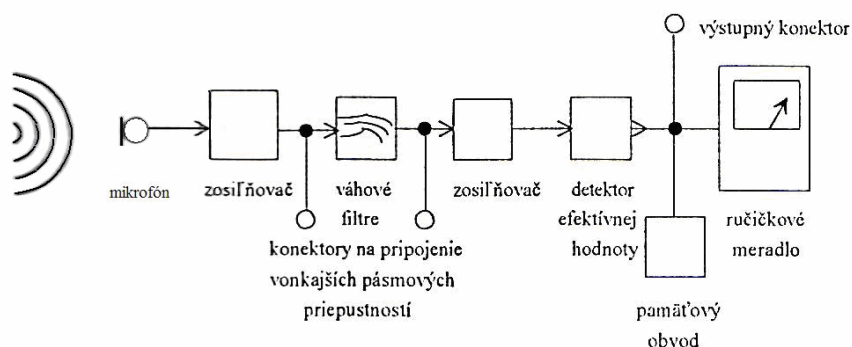
Zvukomer je elektronické meracie zariadenie, reagujúce na zvuk podobne ako ľudský sluch a umožňujúce objektívne a reprodukovateľné meranie jeho hladín. Základnou súčasťou zvukomeru je mikrofón. Kvalitný a presný *mikrofón*, tvoriaci začiatok meracieho reťazca (obr.2), prevádza zvuk dopadajúci na membránu na ekvivalentný elektrický signál.

Elektrický signál na výstupe mikrofónu má spravidla malé amplitúdy, a preto musí byť náležite zosilnený, elektronickými *zosilňovačmi*. Za prvým zosilňovacím stupňom zvukomeru sú väčšinou zapojené *váhové filtre* (A, B, C alebo D), namiesto ktorých je možné používať aj vonkajšie oktávové alebo tretinooktávové priepustnosti. Po novom zosilnení ďalším zosilňovačom má signál už dostatočnú amplitúdu a môže byť spracovaný príslušným detektorom, k výstupu ktorého je pripojený merací prístroj. Najčastejšie používaným detektorom je *detektor efektívnej hodnoty* a meracím prístrojom ručičkové alebo digitálne meradlo s decibelovou stupnicou. Signál spracovaný zvukomerom je vyvedený na výstupný

konektor, ku ktorému sa môžu pripojiť vonkajšie prístroje, napríklad merací magnetofón, hladinový zapisovač, či hlukový dozimeter a statický analyzátor.

Vyššie spomenutá efektívna hodnota je špeciálne matematicky definovaná stredná hodnota meraného akustického signálu. Jej špeciálny význam spočíva v tom, že je priamo meradlom energie skúmaného akustického signálu.

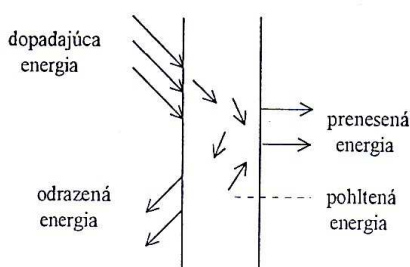
Zvukomer môže byť vybavený aj detektorom špičkovej (maximálnej) hodnoty, používaným pri meraní špičkových hodnôt impulzných zvukov, a pamäťovým obvodom umožňujúcim trvalú indikáciu maximálnej meranej hodnoty (či už špičkovej alebo efektívnej) v režime impulznej časovej konštanty.



Obr.2 Zvukomer.

Pri meraní zvuku je potrebné uvedomiť si niektoré fakty. Pri umiestnení akéhokoľvek objektu do cesty šírenia zvukovej vlny bude časť zvukovej energie odrazená, časť pohltaná a časť prenesená objektom (obr.3). Všeobecne platí, že objekt výrazne narušuje zvukové pole vtedy, ak sú jeho rozmery väčšie ako vlnová dĺžka zvuku, tvoriaceho toto pole. Napríklad zvuk s frekvenciou 10 kHz má vlnovú dĺžku len 3,4 cm, a preto i také malé predmety ako je mikrofón narušujú ním vytvárané zvukové pole.

Malá vlnová dĺžka je však výhodná z hľadiska zvukovej izolácie a tlmenia (pohlcovania) zvuku. Podstatne obtiažnejšia by bola izolácia zvuku s frekvenciou 100 Hz (dĺžka vlny až 3,4 m).



Obr.3 Vplyv prekážky na zvukovú energiu.

Zvuk a hluk v interiéri

Akustická (ne)pohoda v škole?

Cieľ: Zmapovať hluk v priestoroch školy a porovnať s hygienickými normami.

Aktivity:

- *Načrtnite* plán školy (pôdorys) s vyznačením jednotlivých priestorov, ako sú chodby, triedy, odborné učebne, kabinety, jedáleň, vchod.
- Na pláne *zaznačte miesta*, v ktorých budete realizovať merania hladiny intenzity zvuku.
- *Vytvorte* si časový harmonogram meraní v priebehu dňa pre každé miesto, napr. pred vyučovaním, počas vyučovania, cez prestávku, a po vyučovaní.
- Na základe predchádzajúcich úloh *navrhните* tabuľku, do ktorej budete zaznamenávať namerané hodnoty.
- *Vyhľadajte* normy pre prípustné hladiny intenzity zvuku pre príslušné priestory a tie porovnajte s nameranými údajmi. V prípade veľkých rozdielov navrhните riešenie.

Poznámka: V zázname merania popíšte za akých podmienok ste merali a uveďte charakteristiku priestoru, kde ste merali.

Hluk na školských akciách

Cieľ: Zmapovať hluk na školských akciách.

Aktivity:

- *Urobte* zoznam školských akcií.
- *Vytvorte* si časový harmonogram meraní pre jednotlivé akcie.
- *Zmerajte* hladinu intenzity zvuku na jednotlivých akciách napr. na diskotéke, na školskom plese a pod.
- Merania *realizujte* za rôznych podmienok napr.: počas prestávok, počas akcie (počas hrania hudby), počas kultúrneho programu a pod.
- *Merajte* priamo pri zdroji zvuku (reproduktor) a taktiež v rôznych častiach miestnosti.
- Údaje zapíšte do vopred pripravených tabuliek.

Poznámka: V zázname merania popíšte za akých podmienok ste merali a uveďte charakteristiku priestoru, kde ste merali.

Hluk v priestoroch školy

Cieľ: Určenie hladín intenzity zvuku vo vybraných priestoroch školy a ich porovnanie s hygienickými normami.

Postup:

- Do Tab.1 napíšte, názov priestoru školy a čas v ktorom je podľa vás najväčší hluk. Priestory zorad'te podľa najväčšieho hluku (podľa vás) zostupne (od najhlučnejšieho po najtichší).

Tab.1 Hladina intenzity zvuky vo vybraných priestoroch školy.

Priestor školy	Čas hod:min	Predpoveď L_A [dB]	Experiment L_A [dB]

- Zmerajte zvukomerom hladinu intenzity zvuku pri charakteristike A, L_A (dB), v priestoroch, ktoré ste uviedli v Tab.1 a údaje zapíšte do tretieho riadku danej tabuľky. Porovnajte predpoveď s meranou hodnotou.
- Vyhľadajte v normách hraničné hodnoty hladiny intenzity zvuku pre priestory, ktoré ste uviedli v Tab.1. Údaje zapíšte do Tab.2. Porovnajte merané hodnoty a hygienické normy. V prípade prekročenia prípustných hodnôt navrhните riešenie.

Tab.2 Hygienické normy pre vybrané druhy priestorov (činností).

Druh priestoru (činnosti)	L_A [dB]

Riešenie v prípade prekročenia hodnôt:.....

.....

.

.

.

.

.

.

.

(V prípade potreby napíšte riešenie na opačnú stranu papiera.)

Hluk v domácnosti

Cieľ: Určenie hladiny intenzity zvuku jednotlivých prístrojov v domácnosti.

Aktivita:

- V prvom stĺpci tabuľky vytvorte zoznam domácich spotrebičov, ktoré môžete považovať za zdroj hluku v domácnosti. Prístroje usporiadajte zostupne. Prístroj, ktorý je najväčším zdrojom hluku napíšte ako prvý.
- V druhom stĺpci urobte predpoveď hladiny intenzity zvuky pre uvedené prístroje.
- Zmerajte hladinu intenzity zvuku v bezprostrednej blízkosti prístroja a tiež vo vzdialenosti napr. 30 cm.

Spotrebič	Predpoveď L_A [dB]	Experiment L_A [dB] blízko	Experiment L_A [dB] $r = 1 \text{ m}$

- Porovnajte vašu predpoveď s nameranými údajmi.
- Porovnajte namerané údaje s hygienickými normami. V prípade prekročenia noriem navrhnete možné riešenie.

Poznámka: V prípade rádia, televízora, CD prehrávača a pod. nastavte hlasitosť tak, ako zvyknete bežne počúvať.

Počúvanie hudby, alebo aký som hlučný?

- Cieľ:** 1) Určenie závislosti hladiny intenzity zvuku od nastavenia hlasitosti veže, pri konštantnej vzdialenosti od reproduktora.
2) Zmerajte závislosť hladiny intenzity zvuku od vzdialenosti pri stálej hlasitosti.

Aktivita:

1) Závislosť hladiny intenzity zvuku od nastavenia hlasitosti spotrebiča (napr. veža)

- Položte zvukomer do vzdialenosti napr. 30 cm od reproduktora.
- Hlasitosť spotrebiča nastavte na minimum. Zapnite spotrebič a postupne zvyšujte hlasitosť (zaznačte si polohu potenciometra hlasitosti – označíme N). údaje zapisujte do vopred pripravenej tabuľky.
- Zostrojte graf závislosti hladiny intenzity zvuku od hlasitosti resp. polohy potenciometra hlasitosti.
- Analyzujte výsledky. Porovnajte s hygienickými normami.

(N) Poloha potenciometra	Predpoved' L_A [dB]	Experiment L_A [dB] $r = \dots\dots\dots$ m
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

2) Závislosť hladiny intenzity zvuku od vzdialenosti pri konštantnom nastavení hlasitosti spotrebiča (napr. veža).

- Položte zvukomer blízko spotrebiča. Nastavte hlasitosť na určitú hodnotu (napr. ako zvyknete počúvať).
- Postupne zväčšujte vzdialenosť zvukomeru od spotrebiča a zaznamenávajúte hladiny intenzity zvuku do pripravenej tabuľky.
- Zostrojte graf závislosti hladiny intenzity zvuku od vzdialenosti pri konštantnom nastavení hlasitosti spotrebiča.
- Analyzujte výsledky a porovnajte s hygienickými normami.

Vzdialenosť r (m)	Predpoved' L_A [dB]	Experiment L_A [dB] $N = \text{konšt.}$

Zvuk v domácnosti

Cieľ: Mapovanie hluku v domácnosti.

Postup:

- *Načrtnite* plán bytu (pôdorys) s vyznačením izieb.
- V jednotlivých izbách *zmerajte* hladinu intenzity zvuku pochádzajúcu od zvukov prichádzajúcich zo susedných izieb, pri zatvorených dverách. Údaje zapíšte do vami navrhnutej tabuľky.
- V jednotlivých izbách *zmerajte* hladinu intenzity zvuku pochádzajúcu od zvukov prichádzajúcich z exteriéru, pri zatvorených dverách. Údaje zapíšte do vami navrhnutej tabuľky.
- Podobne ako predchádzajúca úloha, s tým rozdielom, že merania realizujete pri otvorenom okne.
- Údaje porovnajte s normami.

Poznámka: Ak máte možnosť, zmerajte hladinu intenzity zvuku v blízkosti nejakej komunikácie za plastovými a klasickými oknami. Porovnajte ich kvalitu z hľadiska zvukovej izolácie.

Zvuk a hluk v exteriéri

Motivácia: Určite ste si všimli, že jedným z najväčších zdrojov hluku v mestách a dedinách je doprava. Preto sa mestá snažia stavať hlavné dopravné ťahy, tzv. obchvaty, mimo mesta. Hluk závisí výrazne na druhu dopravného prostriedku, napr. nákladná, autobusová, trolejbusová a železničná doprava.

Hluk v mieste bydliska

Cieľ: Mapovanie hluku v mieste bydliska

Postup:

- Načrtnite plán miesta, kde bývate, napr. sídliska, dediny. Vyznačte ulice, verejné budovy a svoj dom.
- Vytypujte miesta, na ktorých sa nachádzajú zdroje hluku, a zaznačte ich do plánu.
- Stanovte si časový harmonogram merania.
- Na vybraných miestach zmerajte hladinu intenzity zvuku.
- Údaje zapíšte do predtým pripravených tabuliek.
- Vyhľadajte hraničné hodnoty intenzity zvuku pre príslušné priestory.
- Namerané údaje porovnajte s hygienickými normami.

Poznámka: Do záznamu merania zapíšte podmienky merania.

Hluk na komunikáciách

Cieľ: Mapovanie hluku v blízkosti verejných komunikácií.

Postup:

- Diskutujte v skupinke o najhlučnejších komunikáciách v meste. Vytvorte si ich zoznam.
- Stanovte si časový harmonogram merania.
- Na vybraných miestach zmerajte hladinu intenzity zvuku.
- Údaje zapíšte do predtým pripravených tabuliek.
- Vyhľadajte hraničné hodnoty intenzity zvuku pre príslušné priestory.
- Namerané údaje porovnajte s hygienickými normami.

Poznámka: Do záznamu merania zapíšte podmienky merania.

Hluk v dopravných prostriedkoch

Cieľ: Meranie hluku v jednotlivých dopravných prostriedkoch

Aktivita:

- Diskutujte v skupine o jednotlivých druhoch dopravných prostriedkoch, ktoré premávajú vo vašom meste, resp. ktoré používate pri ceste do školy.
- Ktoré dopravné prostriedky považujete za najhlučnejšie? Urobte predpoveď do tabuľky.

Dopravný prostriedok	Typ /stav	Predpoveď L _A [dB]	Experiment L _A [dB]
Autobus			
Električka			
Vlak			
Trofejbus			

- Vo vybranom dopravnom prostriedku zmerajte hluk v rôznych situáciách.

Dopravný prostriedok:.....

Situácia		Predpoveď L _A [dB]	Experiment L _A [dB]
Na zastávke			
Po rovine			
Do kopca			
Rozbieha sa			
Čaká na zelenú			

- Analyzujte namerané výsledky. Hodnoty porovnajte s hygienickými normami.
- Navrhните ďalšie varianty experimentov.

Literatúra

1. Návod k hlukomeru.
2. Šenitková, I., Vilčeková S. Fyzikálne zložky architektonického prostredia. SvF TU Košice 2006.
3. Tőlgyessy J, Piatrik M. Za tajomstvami ekobiofyziky, Obzor Bratislava 1986.