

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

KATEDRA MATEMATIKY, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY

Hluk a jeho aplikace ve školské fyzice

Matěj Dvořák

Vedoucí práce: PhDr. Pavel Kratochvíl, PhD

Plzeň 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 2020

vlastnoruční podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu své práce Pavlu Kratochvílovi, za mnohé cenné rady a náměty hlavně také, za vypůjčení hlukoměrů potřebných k provedení praktické části bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během psaní práce.

ORIGINÁL ZADÁNÍ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE

Obsah

Prohlášení	ii
Poděkování	iii
1 Úvod	0
2. Hluk, vymezení pojmu	1
2.1 Zvuk (obecnější pojem)	1
2.2 Hluk	2
2.2.1 Hlukoměry (zvukoměry)	3
2.2.2 Hlukoměr Vernier	3
2.2.3 Hlukoměr CEM	4
2.2.4 Váhové filtry (Decibely A, B a C)	5
2.2.5 Zařízení LabQuest 2	5
2.2.6 Program Logger Lite	6
3 Základní akustické veličiny	6
3.1 Hladina akustického tlaku	6
3.1.1 Práce s logaritmy	7
3.1.2 Výpočet akustického tlaku	7
3.1.3 Výpočet hladiny intenzity zvuku	8
3.1.4 Fechner-Weberův zákon	8
3.2 Akustická výchylka	10
3.3 Akustická rychlost	11
3.4 Akustické zrychlení	12
3.5 Hladina hlasitosti	12
3.6 Hlasitost	13
3.7 Intenzita zvuku	14
4 Vliv hluku na zdraví	14
4.1 Sluchový orgán (ucho)	14

4.1.1 Zevní ucho (Auris externa).....	15
4.1.2 Střední ucho (Auris media)	15
4.1.3 Vnitřní ucho (Auris interna)	17
4.2 Účinky hluku na lidský organismus	18
4.2.1 Specifické a nespecifické účinky hluku	19
4.2.2 Ischemická choroba srdeční	20
4.2.3 Nedslychavost.....	21
4.2.4 Šelest ušní	22
4.2.5 Závratě	23
5 Program Audacity.....	24
5.1 Základní informace o tomto programu	24
5.2 Hlavní nabídka programu Audacity	24
5.3 Pokusy s programem Audacity	25
5.3.1 Ladička	25
5.3.2 Siréna	26
5.3.3 Muchlání papíru.....	27
6 Hudební nástroje, které využívají při své činnosti hluk a lze je vyrobit ve škole	28
6.1 Praskačka	28
6.1.1 Potřeby.....	28
6.1.2 Postup	28
6.2 Řehťáčka	29
6.2.1 Potřeby.....	29
6.2.2 Postup	30
6.3 Boomwhackers	31
6.3.1 Výroba.....	31

6.3.2 Tóny jednotlivých trubiček	32
6.4 Chřestidlo.....	32
6.4.1 Pomůcky.....	32
6.4.2 Postup	32
6.5 Xylofon	33
6.5.1 Pomůcky.....	33
6.5.2 Postup	33
7 Rozbor učebnic pro základní a střední školy.....	35
7.1 Základní školy.....	35
7.1.1 Učebnice fyziky pro základní školy	35
7.2. Střední školy.....	37
7.2.1 Učebnice fyziky pro střední školy	37
7.3 Spojitost s RVP	39
7.3.1 Tematické plány pro základní školy	39
7.3.2 Tematické plány pro střední školy	39
8 Laboratorní měření	40
8.1 Zadaní laboratorní práce	40
8.2 Laboratorní pomůcky.....	40
8.3 Průběh měření	40
8.3.1 Průběh měření v osmé třídě	40
8.3.2 Průběh měření v deváté třídě.....	43
8.4 Komentáře k laboratorní práci.....	45
8.4.1 Osmá třída	45
8.4.2 Devátá třída	46
8.4.3 Chyby způsobené laboratorními pomůckami.....	46

8.5 Laboratorní práce – tvorba hlukové mapy	47
8.5.1 Pomůcky.....	47
8.5.2 Postup práce	47
8.5.3 Výsledek.....	48
8.5.4 Zhodnocení práce	48
Závěr, shrnutí.....	I
Anotace.....	III
Annotation.....	III
Seznam obrázků a tabulek.....	IV
Literatura, zdroje	V

1 Úvod

Ve své práci se chci věnovat problematice Hluku a jeho aplikacím ve školské fyzice (zejména na základní škole a střední škole). Má práce je rozdělena do dvou částí na teoretickou část a praktickou část.

Mým hlavním cílem je shrnout teorii zabývající se hlukem. Dále chci určit v jaké míře je možné se hlukem zabývat na základní škole a také navrhnout několik experimentů používaných na základní škole, mé experimenty se zabývají hlavně tvorbou hudebních nástrojů, které souvisí s hlukem.

2. Hluk, vymezení pojmu

2.1 Zvuk (obecnější pojem)

Zvuk můžeme definovat dvěma způsoby:

- a. Sluchový vjem v uchu, nebo jako
- b. Narušení v médiu, které může způsobit tento pocit

V originále¹

The word sound is used to describe two different things:

- a) An auditory sensation in the ear*
- b) The disturbance in a medium that can cause this sensation*

Definice byla převzata z [1], kde lze nalézt více informací k tomuto tématu.

Zvuk lze také vnímat jako fyzikální jev, mechanické vlnění v látkovém prostředí. Jedná se o postupné podélné vlnění² (výchylka je rovnoběžná se směrem šíření vlny). Dále rozlišujeme příčné vlnění³.

Zvukové vlnění se šíří látkovým prostředím, ovšem v každém prostředí se šíří jinou rychlostí, rychlosti, kterými se šíří v jednotlivých prostředích můžeme najít např. v matematicko-fyzikálních tabulkách. Tímto principem může zvuk vyvolat v uchu sluchový vjem (více o tomto tématu v kapitole 3). Pokud bychom se chtěli tomuto tématu věnovat více a chtěli zobrazit křivku, která má logaritmický charakter.

¹ ROSSING T.D., WHEELER P., MOORE R.: The Science of Sound. (3rd edition) Addison Wesley, San Francisco 2002

² Halliday D., Resnick R., Walker J., Fyzika 1, druhé přepracované vydání, Brno, VUTIUM, 2013, 576 s., [ISBN 978-80-214-4123-1](#)

³ Vlnění, u něhož dochází k oscilaci (kmitání) ve směru kolmém na směr přenosu energie, jako příklad lze uvést, které toto přiblíží čtenáři patří zvlnění vodní hladiny, ke kterému může dojít, pokud hodíme kamínek (obláček) na vodní hladinu.

2.2 Hluk

Jako hluk lze považovat každý nechtěný zvuk. Později se ukázalo, že i například hlasitý poslech hudby může poškodit zdraví. Na základě tohoto byla přijata nová definice.⁴

Hluk je zvuk, který obtěžuje, ruší nebo i může poškodit zdraví. Tato definice byla přijata z [3], ovšem zásadní vliv má, že je definice hluku zakotvena v paragrafu 30 zákona č.258/2000. Jedná se o zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Paragraf 30 se věnuje ochraně před hlukem a před vibracemi. V paragrafu 30 tohoto zákona má hluk svou přesnou definici, je částečně odlišná od definice, která je uvedena na začátku kapitoly o hluku, pro úplnost ji zde uvedu.

Hlukem se rozumí zvuk, který může být škodlivý pro zdraví a jehož imisní hygienický limit stanoví prováděcí právní předpis.

Definice z hluku z pohledu školské fyziky:

Z hlediska fyziky je hluk nerozlišitelný od zvuku, protože oba jsou z fyzikálního hlediska vibracemi prostřednictvím média. Rozdíl vznikne, když mozek obdrží a vnímá zvuk.

Samozřejmě hluk můžeme také definovat, což je možná výhodnější, pomocí hladiny intenzity zvuku, kde máme přesně dáno, od kolika decibelů se bavíme o hluku, je to také praktičtější, jelikož člověk přesně ví, od jaké hranice se bavíme o hluku. Nyní si něco povíme o přístrojích, kterými se hluk měří, o hlukoměrech.

Základní limity pro hluk jsou, pro pracovní prostředí 85 dB(A), pro obytné prostory 40 dB(A) a pro venkovní prostory 50 dB(A).

⁴ Hellmuth Tomáš, Michal Jiří, Potužníková Dana. Hluk v komunálním prostředí. Dostupné z: <http://www.khshk.cz/e-learning/kurs2a/index.html>

2.2.1 Hlukoměry (zvukoměry)

Jsou přístroje, které používáme pro měření hluku. Tento přístroj měří hladinu hluku v decibelech (dB). Obvyklý rozsah přístroje je 30 až 130 dB. Slouží k prozkoumávání akustiky v místnosti, dále se jím dá zkoumat šíření zvuku. Hlukoměr využívá elektretový mikrofon umístěný na konci hlavice. Používá se zde tzv. *směrový mikrofon*, zde se vyžaduje umístění

hlukoměru ve směru zdroje zvuku. Hlukoměr dále obsahuje pěnovkovou ochranu, která je také znázorněna na obrázku. Tato Pěnovková ochrana chrání mimo jiné mikrofon před prachem.



Obrázek 1 - Hlukoměr UT-351

2.2.1.1 Složky hlukoměru (zvukoměru)

Hlukoměr (zvukoměr) se skládá z elektretového⁵ měřícího mikrofonu na těle přístroje, zesilovače mikrofonního signálu, indikátoru hladiny akustického tlaku a jednobandového frekvenčního analyzátoru.

2.2.2 Hlukoměr Vernier

Jedním z hlukoměrů, které při laboratorní práci žáci používali byl hlukoměr Vernier, na obrázku níže. Hlukoměr sestává ze dvou rozsahů, které umožňují měřit intenzitu zvuku, první stupnice měří v rozsahu 35–90 dB, druhá stupnice měří v rozsahu 75–130 dB, kde

⁵ Mezi složky hlukoměru, může místo elektretového měřícího mikrofonu, patřit kapacitní měřící mikrofon.

hodnota 130 dB je již mezní hodnota, která může poškodit lidský sluch. Frekvenční rozsah tohoto přístroje je od 31,5 Hz do 8000 Hz.

2.2.2.1 Funkce hlukoměru

Snímač, senzor je vybaven mikrofonem, viz obrázek, který měří (snímá) akustický tlak, výstup z tohoto mikrofonu se filtruje, je zesílen a jeho hodnoty se převádí na hladiny hluku v decibelech. Při měření intenzity hluku je nutné, aby byl mikrofon namířen přímo na zdroj hluku.

Na hlukoměru lze převádět mezi několika stupnicemi, na první stupnici se převádí mezi hodnotami S (pomalu, z anglického slow), tedy při tomto sepnutí hlukoměr snímá ze zdroje hluku pomalu, nebo lze přepnout na hodnotu F (rychle, z anglického fast). Na další stupnici se přepíná mezi hodnotami Max, kde se z okolí snímá maximální hodnota

a Min, kdy se z okolí snímá minimální hodnota. Další tlačítko přepíná mezi decibely A, a mezi decibely C.

2.2.3 Hlukoměr CEM

Jako další laboratorní pomůcku používali žáci hlukoměr CEM. Tento hlukoměr je v porovnání s předchozím co do velikosti větší, ovšem jeho nevýhodou je, že se nedá připojit k počítači, proto například pokud bychom s tímto hlukoměrem chtěli provádět grafický záznam hladiny intenzity hlasitosti. Hlukoměr obsahuje tlačítko HOLD, kterým se dá daný záznam hluku podržet pro potřebnou dobu a zapsat, či zaznamenat.

Tento hlukoměr obsahuje pro naměřování hodnot váhové filtry A i C.



Obrázek 2 – Hlukoměr Vernier



Obrázek 3-Hlukoměr CEM

2.2.4 Váhové filtry (Decibely A, B a C)

Lidský sluch má nestejnou citlivost při různých frekvencích, při vnímání sluchu tedy poté dochází ke zkreslení. To je důvodem vzniku váhových filtrů A, B a C, které jsou inverzní ke křivkám stejné hlasitosti při hladinách 40 dB, 80 dB a 120 dB. U váhových filtrů A, B a C jsou zavedeny opravy (korekce). Ke každé skutečně změřené hladině se přičte příslušná oprava (korekce) a přepočte hladinu zvuku tak, jak ji vnímá sluch.

2.2.4.1 Váhový filtr A (dBA)

Filtr decibel A se široce používá. dB (A) zhruba odpovídá inverzi křivky stejné hlasitosti 40 dB (při 1 kHz) pro lidské ucho. S filtrem dB (A) je zvukoměr méně citlivý na velmi vysoké a velmi nízké frekvence. Měření provedená pomocí této stupnice jsou vyjádřena v dB (A). Běžně se používá značení dBA (nebo dB (A)).

2.2.4.2 Váhové filtry B a C (dBB a dBC)

Filtr decibel C je prakticky lineární po několik oktáv a je vhodný pro subjektivní měření při velmi vysokých hladinách akustického tlaku. Filtr decibelu B je mezi decibely C, a decibely A. Filtry B a C se používají zřídka. Používá se značení dB(B) pro decibely B a dB(C) pro decibely C.

Další laboratorní pomůckou použitou v laboratorní práci byl LabQuest 2, který dokáže zaznamenávat naměřené hodnoty v určitém časovém intervalu.

2.2.5 Zařízení LabQuest 2

LabQuest 2, neboli přenosný datalogger je zařízení, lze ho připojit k počítači, k hlukoměru



Obrázek 4 - LabQuest 2

Vernier, přístroj obsahuje mnoho senzorů po drátu (USB, BTA). Zařízení má malé rozměry, hmotnost činí pouhých 350 g, ovládání lze nastavit i v češtině, ovládání displeje reaguje na prst i na plastové pero, vydrží teploty od 0° C do 45° C. K zařízení lze připojit mnoho senzorů: 3 analogové konektory (BTA), 2 digitální konektory (BTD), připojení USB senzorů, možné propojení s počítačem, k přístroji lze také připojit mikrofon (např. hlukoměr) nebo jednoduchý senzor osvětlení. V přístroji je také zabudovaná periodická soustava prvků, stopky, kalkulačka a další.

2.2.6 Program Logger Lite

K vypracování grafického výsledku laboratorní práce může posloužit program Logger Lite, který je volně stažitelný na webových stránkách. Tento program umožňuje měřit pomocí senzorů Vernier mnoho fyzikálních, chemických a také biologických veličin, výsledná data program zpracovává graficky, další výhodou programu je, že ho lze využít pro získání časového průběhu veličin. Program automaticky detekuje připojené senzory. Při měření fyzikální veličiny lze nastavit dobu a frekvenci, popřípadě periodu měření, před následným, dalším měřením lze hodnoty předchozího měření, sběru dat vynulovat.

3 Základní akustické veličiny

V této kapitole se seznámíte se základními akustickými veličinami, jedná se zejména o hladinu akustického tlaku, akustickou výchylku, rychlost, zrychlení a tlak.

V této kapitole proberu jednotlivé veličiny a odvodím pro ně vztahu, ze kterých se určují.

3.1 Hladina akustického tlaku

Akustický tlak⁶, nebo hladina akustického tlaku, je následkem změn tlaku vzduchu, způsobených zvukovými vlnami. Práh slyšitelnosti je nejnižší akustický tlak, který je ještě uchem vnímán. Práh bolesti je nejvyšší akustický tlak, který ještě ucho snese.

⁶ Gascha H., Pflanz S., Kompendium fyziky, Universum, Banská Bystrica, 488 s., 2008
[ISBN 978-80-242-2013-0](#)

Jelikož nechceme pracovat s čísly o tak nesmírném rozsahu, používá se pro tyto účely zhuštěná logaritmická stupnice s jednotkou dB (decibel). Pokud bychom sečetli hodnoty dvou stejně silných zvuků, hodnota na logaritmické stupnici se nezdvoujnásobí, nýbrž se vzroste o 3 dB.

3.1.1 Práce s logaritmy

V této kapitole stručně shrnu poznatky o práci s logaritmy, které se využívají v této oblasti při odvození, respektive figurují ve vztazích pro výpočet hladiny akustického tlaku.

Obecně se logaritmus zapisuje $y = \log_a x$ což znamená logaritmus o základě a z čísla x , kde x se také občas nazývá numerus.⁷

3.1.1.1 Pravidla pro práci s logaritmy⁸

$\log_a x + \log_a y = \log_a (x \cdot y)$, to znamená, že logaritmus součtu můžeme zapsat jako logaritmus součinu, kde jednotlivé členy mají stejný základ a

$\log_a x - \log_a y = \log_a \left(\frac{x}{y}\right)$, to znamená, že logaritmus rozdílu se dá zapsat, jako logaritmus podílu, ovšem při stejném základu.

$\log_a (x^y) = y \cdot \log_a x$, to znamená, že známou mocninu logaritmovaného výrazu, můžeme vytknout před logaritmus.

3.1.2 Výpočet akustického tlaku

$$L_p = 10 * \log \left(\frac{p}{p_0}\right)^2 = 20 * \log \left(\frac{p}{p_0}\right) \text{ [dB]}^9$$

L_p je hladina akustického tlaku v jednotkách [decibel], p je akustická veličina, p_0 je vztažná (referenční) hodnota akustické veličiny

⁷ Polák J., Přehled středoškolské matematiky, 10. vydání, Praha, Prometheus, 2015, 659 s., ISBN 978-80-7196-458-2

⁸ Bušta F., Přehled vzorců z matematiky a fyziky, Naše Vojsko, 1961, 95 s.

⁹ dB neboli decibel, s předponou deci, což je jedna desetina je jednotka desetkrát menší než Bel.

Jelikož je zde velký rozsah byla zavedena logaritmické stupnice, kde pro referenční hodnotu $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa, práh slyšitelnosti pro 1 kHz, 0 dB

3.1.3 Výpočet hladiny intenzity zvuku

$$L_I = 10 * \log\left(\frac{I}{I_0}\right) [\text{dB}], \text{ kde}$$

Platí, že 1 decibel = 1 dB = 1/10 belu.

L_I je hladina intenzity zvuku, I_0 je referenční hodnota, která je rovna 10^{-12} W/m^2 , I je intenzita zvuku daného tělesa (zdroje)¹⁰.

Dále určujeme významné hodnoty, pro práh slyšitelnosti a práh bolesti¹¹.

a) práh slyšitelnosti pro 1 kHz: $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$

b) práh bolesti pro 100 Hz: $I_m = 10 \text{ W/m}^2$

$$p_m = 63 \text{ Pa}$$

Rozdíl mezi prahem bolesti a prahem slyšitelnosti je 13 řádů u hladiny intenzity zvuku, u hladiny akustického tlaku je rozmezí poloviční, to je jedním z důvodů, proč se používá logaritmická stupnice.

3.1.4 Fechner-Weberův zákon

Hodnoty akustického tlaku se mění v širokém intervalu hodnot. V běžném prostředí člověka se tyto hodnoty pohybují v rozsahu $p \in \{2 \cdot 10^{-5}, 63\}$ Pa, to jest v rozsahu poloviny rozsahu hladiny intenzity hlasitosti, tj. 6,5 řádu. Pro posuzování vlivu hluku na člověka můžeme použít tzv. *Weber-Fechnerův zákon*, který tvrdí:

Na lineární vzrůst akustického tlaku odpovídá sluchový vjem logaritmickým vzrůstem počítku¹².

¹⁰ Hajko V., Daniel-Szabó J., Základy fyziky, Bratislava, VEDA, 1980, 575 s.

¹¹ Mechlová E., Košťál K. a kol., Výkladový slovník fyziky, Praha, Prometheus, 2001, 588 s., ISBN 80-7196-151-5

¹² Počítetek je jednoduchý odraz předmětů a jevů ve vědomí člověka.

Můžeme to chápat i tak, že účinek zvuku/hluku na organismus je úměrný logaritmu velikosti podnětu.

V následující tabulce jsou pro jednotlivé intenzity hlasitosti hluku v decibelech u různých zdrojů zvuku, s nimiž se lze setkat v praxi.

L/dB	Zdroj zvuku	L/dB	Zdroj zvuku
0	Práh slyšitelnosti	70	Hlučná ulice, vysavač
10	Bezvětrí, šelest listí	80	Křik, symfonický orchestr
20	Hluboké ticho, tikot hodinek	90	Silný hluk, jedoucí vlak
30	Šepot	100	Pneumatická vrtačka, sbíječka
40	Tlumený rozhovor	110	Živá rocková hudba
50	Obracení stránek novin	120	Startující letadlo (z 1 metru)
60	Hlasitý rozhovor, ruch v davu	130	Práh bolesti

Tabulka 1-tabulka hladiny intenzity zvuku¹³

Podle následující tabulky si lze představit, jaký hluk vydávají určité zdroje zvuku, existují i zdroje zvuku, které vydávají větší hluk než 130 dB, to už je ale životu nebezpečné. Jedná se o traumata a podobné.

¹³ Hluk. Wikipedie Otevřená encyklopedie [online] Poslední změna 4.6.2020 [cit. 24.6.20]. Dostupné z <http://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=29415>.

3.2 Akustická výchylka

Akustická výchylka tedy představuje vychýlení objemového elementu prostředí ze střední polohy při vlnění.

Matematicky lze akustickou výchylku zapsat následujícím vztahem

$$u = u_0 \cdot \sin \left(t - \frac{x}{c} \right), \text{ kde}$$

Jednotlivé veličiny popořadě představují u_0 je amplituda akustické výchylky, t je čas, respektive časový úsek, c je rychlost šíření vlny v daném prostředí, x aktuální poloha částic (vzdálenost) a ω představuje úhlovou frekvenci (kmitočet) částic. Člen $\frac{x}{c}$ nazýváme posuv, respektive zdržení.

Tento vztah pro vyjádření akustické výchylky může mít i více podob, některé z nich uvedu níže, mezi vztahy platí analogie. Při odvození dalších vztahů použijeme následující vztahy

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \text{ kde}$$

T představuje periodu kmitání. Nyní můžeme provést následující úpravy

$$u(x, t) = u_0 \cdot \sin \omega \left(t - \frac{x}{c} \right) = u_0 \cdot \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{c} \cdot x \right)$$

Tento výraz jsme rozšířili pouze členem ω , tedy frekvencí, tím úpravy ještě nekončí.

$$u(x, t) = u_0 \cdot \sin \left(\frac{2\pi}{T} \cdot t - \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{x}{c} \right) = u_0 \cdot \sin(2\pi) \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

Což lze přepsat ještě na jeden tvar

$$u = u_0 \cdot \sin \frac{2\pi}{\lambda} (c \cdot t - x)$$

Jak lze vidět existuje mnoho rovnic pro výpočet akustické výchylky, ještě pro připomenutí jednotka akustické výchylky je metr [m], jako základní jednotka SI (*Le Système International d'Unités*, Mezinárodní soustava jednotek).

V posledních dvou vztazích se vyskytuje veličina λ , což je vlnová délka neboli vzdálenost, na kterou se rozšíří vlna, když počáteční bod vykoná jeden kmit. Jednotkou vlnové délky je také metr [m]. Ovšem v praxi se používají spíše jednotky násobné. Na závěr této kapitoly ještě uvedu vzorec, ze kterého se vlnová délka λ vypočte.

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f} \text{ kde}$$

T [s] je perioda kmitání a f [Hz] je frekvence kmitání.

3.3 Akustická rychlost

Rychlost je pojem v praxi velmi často používaný, proto v této uvedu, jak je tato kapitola propojená hlavně s mechanikou, kde je rychlost jedna z nejdůležitějších veličin. Důležitý je taky přístup k tomu, v jakém pořadí jednotlivé veličiny definovat, jelikož rychlost je derivace výchylky (dráhy) podle času, a zrychlení je derivace rychlosti podle času. Tyto základy, zde jenom zmíním.

Akustickou rychlost zde proto budu definovat jako derivaci dráhy, v našem případě výchylky podle času.

$$v(x, t) = \frac{du(x, t)}{dt} = \frac{d(u_0 \cdot \sin \omega(t - \frac{x}{c}))}{dt} = \omega \cdot u_0 \cdot \cos \omega(t - \frac{x}{c}), \text{ kde}$$

u_0 je amplituda akustické výchylky, ω je úhlová frekvence (kmitočty), t je čas, x je poloha.

Dále platí

$$v_0 = \omega \cdot u_0, \text{ kde}$$

v_0 je amplituda akustické rychlosti. Dále člen $\frac{x}{c}$ se nazývá posuv, respektive zdržení.

Jednotkou rychlosti je jako v mechanice $\text{m}\backslash\text{s}$, což je jednotka základní a další jednotkou je $\text{km}\backslash\text{h}$. Pro převod mezi $\text{km}\backslash\text{h}$ a $\text{m}\backslash\text{s}$ platí následující vztahy

$$\begin{aligned} 1 \text{ m}\backslash\text{s} &= 3,6 \text{ km}\backslash\text{h} \\ 1 \text{ km}\backslash\text{h} &= 1\backslash3,6 \text{ m}\backslash\text{s} = 0,277 \text{ m}\backslash\text{s} \end{aligned}$$

Akustická rychlost je rychlost uspořádaného kmitání částic prostředí kolem střední polohy při kmitání. Akustická rychlost nabývá kladných i záporných hodnot v intervalu $\langle -v_0, +v_0 \rangle$, kde v_0 je amplituda akustické rychlosti. Při maximální výchylce má bod nulovou rychlost, při nulové výchylce při průchodu rovnovážnou polohou má rychlost maximální. Pozor nesmíme zaměňovat rychlost kmitavého pohybu v s rychlostí šíření zvukové vlny c v daném prostředí.

3.4 Akustické zrychlení

Zrychlení se vypočte z definice jako derivace rychlosti podle času. Tedy pokud bychom chtěli přijít na vzorec, tak na to půjdu následovně

$$\mathbf{a} = \frac{dv}{dt} = \frac{d(\boldsymbol{\omega} \cdot u_0 \cdot \cos\boldsymbol{\omega}(t - \frac{x}{c}))}{dt} = -\boldsymbol{\omega}^2 \cdot u_0 \cdot \sin(t - \frac{x}{c}), \text{ kde}$$

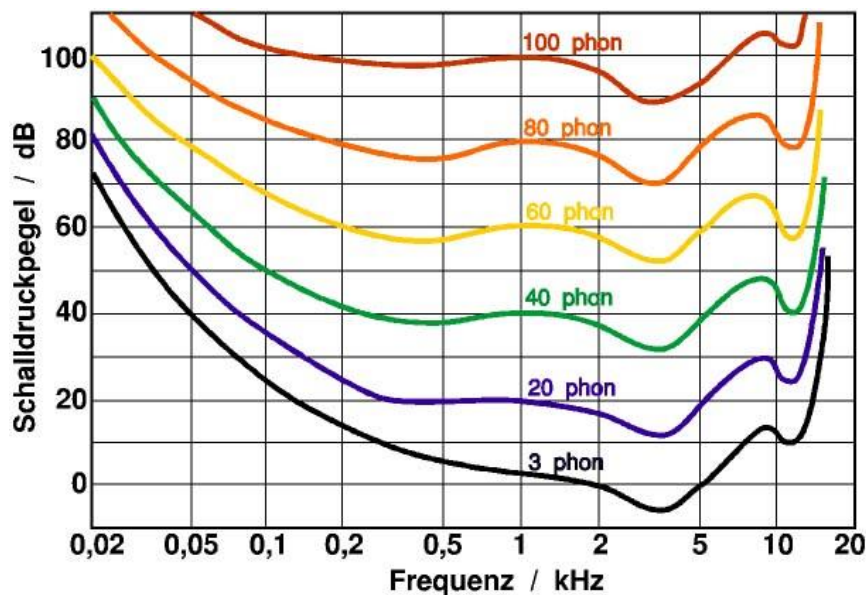
u_0 je amplituda akustické výchylky, $\boldsymbol{\omega}$ je úhlová frekvence (kmitočet), popř. frekvence, t je čas, x poloha bodové řady, c je rychlost zvukové vlny, resp. rychlost šíření vlny

Jednotkou zrychlení je $\text{m}\backslash\text{s}^2 = \text{m} \cdot \text{s}^{-2} = \text{N}\backslash\text{kg} = \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

3.5 Hladina hlasitosti

Hladina hlasitosti L_N je definována pomocí srovnání s hladinou intenzity při frekvenci 1 kHz. Jednotkou hladiny hlasitosti je fón, značka Ph. Tato veličina umožňuje vyjádřit subjektivní vjem zvuku. Tedy při této frekvenci 1 kHz platí

$$L_N[\text{Ph}] = L_I[\text{dB}]$$



Obrázek 5 - Křivky hlasitosti¹⁴

¹⁴ Práh sluchu a sluchové pole. WikiSkripta [online]. Poslední změna 5.1.2019. [cit. 27.6.2020]. Dostupné z https://www.wikiskripta.eu/w/Pr%C3%A1h_sluchu_a_sluchov%C3%A9_pole

3.6 Hlasitost

Veličina, která je vhodná pro kvantifikování sluchového vjemu. Platí následující implikace

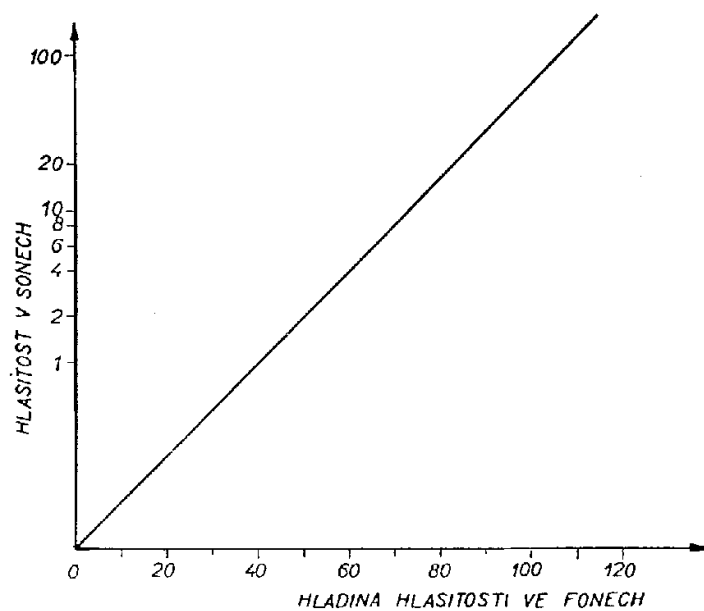
změna intenzity zvuku \Rightarrow pocit nárůstu intenzity

Hlasitost N s jednotkou son, tedy N [son], byla definována z důvodu, že hladina hlasitosti nekvantifikovala příliš dobře rozdíly ve vnímání. Referenčním bodem je tón o hladině intenzity 40 dB při frekvenci 1 kHz, kterému je přiřazena hodnota 1. Závislost, ze které se dá hlasitost vypočítat byla zjištěna experimentálně

$$N = 2^{\frac{L_N - 40}{10}} \text{ [son]}, \text{ tedy následně platí}$$

$$1 \text{ son} = 40 \text{ fonů} = 40 \text{ dB při frekvenci 1 kHz}$$

Následující graf shrnuje vlastnosti mezi hladinou hlasitosti ve fonech a hlasitostí v sonech.



Obrázek 6 - graf závislosti hladiny hlasitosti na hlasitosti¹⁵

¹⁵ Graf závislosti hladiny hlasitosti na hlasitosti [online]. [cit. 26.6.20]. Dostupné z <http://cpe.byl.cz/clanky/fysiolog/fysiolog.htm>

3.7 Intenzita zvuku¹⁷

Intenzita je energie vlnění vztažená na jednotku plochy a času, tedy platí následující vztahy

$$I = \frac{W}{S \cdot t} = \frac{P}{t}$$

Jednotkou je W/m^2 . Intenzitu zvuku lze dále vyjádřit pomocí plochy S , rychlosti c , času t , hustoty ρ , úhlové rychlosti ω a výchylky u_0 .

$$I = \frac{1}{2} S \cdot c \cdot t \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot u_0^2,$$

Což je jeden z dalších vztahů, který lze použít pro výpočet intenzity zvuku, další vzorce, které nebudu uvádět lze například získat ze vztahu pro rychlost v , a nahrazením této rychlosti kruhovou rychlostí a výchylkou, tedy

$$v = \omega \cdot u_0, \text{ resp.}$$

$$v^2 = \omega^2 \cdot u_0^2$$

Tento vztah se dá dále aplikovat na předchozí vztah pro výpočet intenzity I .

4 Vliv hluku na zdraví

V této kapitole se budu věnovat, jak může nadměrný hluk poškodit lidský organismus, dále se chci věnovat sluchovému systému (uchu) a krátce seznámit s poškozeními, které může způsobit nadměrný hluk.

4.1 Sluchový orgán (ucho)

Sluchový systém neboli sluchové ústrojí tvoří tři základní části: zevní ucho (*auris externa*), orgán, který koncentruje zvuky, střední ucho (*auris media*), které zvuky přenáší a vnitřní ucho (*auris interna*), které zvuky přijímá, registruje a přeměňuje zvuky v nervové vzruchy.

¹⁷ Hlavička A., Bělař A., Krmešský J., Špelda A., Fyzika pro pedagogické fakulty I Praha, SPN, 1971, 743 s., [96-00-12/2](#).

Ucho tvoří dva recepční systémy – rovnovážný a sluchový.

4.1.1 Zevní ucho (*Auris externa*)

Zevní ucho tvoří boltec, zevní zvukovod a bubínek. Bubínek zde tvoří hranici mezi zevním uchem a středním uchem.

4.1.1.1 Boltec ušní (*Auricula*)

Boltec slouží k zachycování zvukových vln. Podkladem je elastická chrupavka pokrytá kůží, v jejímž podkožním vazivu chybí tuk. Tvar chrupavky přibližně odpovídá zevní konfiguraci ucha. Kůže boltce ušního je porostlá jemnými chloupky¹⁸.

4.1.1.2 Zevní zvukovod (*Meatus acusticus externus*)

Zevní zvukovod je pokračováním boltce. Průběh zvukovodu je zakřivený. Má tvar prohnuté trubice, trubice je slepě zakončena bubínkem. Délka zevního zvukovodu činí přibližně 3,5 centimetru. Výstelku tvoří kůže, v níž jsou vytvořeny mazové žlázy, které produkují ušní maz.

4.1.1.3 Bubínek (*Membrána tympani*)

Tvoří přechod mezi zevním uchem a středním uchem. Je velmi pružný. Bubínek je ze zevní strany pokryt tenkou kůží, z vnitřní strany je pokryt sliznicí. Zvukové vlny, které přicházejí zvukovodem narážejí na bubínek a rozkmitávají jej¹⁹.

4.1.2 Střední ucho (*Auris media*)

Je dutina, ve které jsou uloženy sluchové kůstky (kovadlinka, kladívko, třmínek), a z níž začíná Eustachova trubice (*tuba auditiva*).

4.1.2.1 Sluchové kůstky

Jsou tři drobné kůstky, uložené ve středoušní dutině. Podle tvaru se nazývají kovadlinka (*incus*), kladívko (*malleus*) a třmínek (*stapes*). Tyto kůstky jsou mezi sebou kloubně spojeny.

¹⁸ Sinělníkov, R.D. Atlas anatomie člověka III,3.vydání, Praha, Avicenum, 1982, 399 s., 80-041-80

¹⁹ Machová, J. Biologie člověka pro učitele.2.vydání, Praha, Karolinum,2016, 296 s., ISBN 978-80-246-3357-2

Kladívko, kovadlinka a třmínek tvoří řetěz, který se táhne mezi laterální (boční) a mediální (střední) stěnou středoušní dutiny.

4.1.2.1.1 Kladívko (Malleus)

Je přirostlé na bubínek, nachází se v centrální části středoušní dutiny. Kladívko leží jedním koncem na bubínku, druhým koncem je kloubně spojeno s kovadlinkou²⁰.

4.1.2.1.2 Kovadlinka (Incus)

Přední plocha těla kovadlinky má na sobě chrupavkou potaženou kloubní plochu, která je určena pro spojení s kladívkem.

4.1.2.1.3 Třmínek (Stapes)

Je poslední z řetězce sluchových kůstek. Báze třmínku je připojena na oválné okénko na rozhraní středního a vnitřního ucha. Má typickou podobu jezdeckého třmene, odtud název.

4.1.2.2 Eustachova trubice (*tuba auditiva*), *Sluchová trubice*

Je trubice, která spojuje středoušní dutinu s nosohltanem (*nasofarynx*). Při polykání se tato trubice otvírá a vpouští do dutiny středoušní vzduchovou bublinu, tímto procesem vyrovnává tlak vzduchu před bubínkem a za ním. Při zánětu nosohltanu se touto cestou může zanést infekce do středního ucha.

4.1.2.3 Svaly středního ucha

4.1.2.3.1 Napínač bubínku (*musculus tensor tympani*)

Jedná se o tenký sval ve středním uchu. Sval je připojený ke kladívku, napíná bubínek. Směřuje laterálně (bočně, postranně) a upíná se na rukojeť kladívka (*manubium mallei*). Sval inervuje tenký nerv napínače bubínku (*nervus tensoris tympani*).

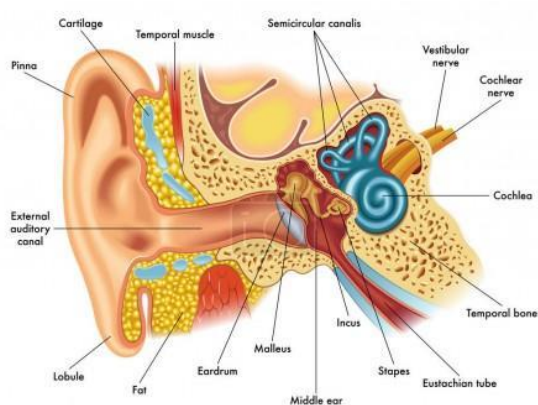
4.1.2.3.2 Třmínkový sval (*musculus stapedius*)

Jedná se o sval připojený ke třmínku, zároveň je nejmenší (svou velikostí) příčně pruhovaný sval v lidském těle. Začíná ve vypouklé *eminentia pyramidalis* otvorem na jejím povrchu se

²⁰ Čihák, R. Anatomie 3, 2.vydání, Praha, Grada, 2004, 673 s., ISBN 978-80-247-1132-4

šlacha tohoto svalu dostává do bubínkové dutiny a upíná se na zadním ramenu třmínku (*crus posterius stapedis*) v blízkosti hlavičky třmínku (*caput stapedis*), zároveň se jedná o funkčního antagonistu²¹ napínače bubínku.

Nadměrné zvuky se tlumí pomocí těchto dvou svalů. Svalová vřeténka uvnitř těchto svalů reagují na protažení svalu tím, že spouští tzn. akustický reflex, který způsobuje smrštění těchto svalů. Stupeň protažení svalů je dán hlasitostí zdroje.



Obrázek 7 - anatomie ucha²²

4.1.3 Vnitřní ucho (*Auris interna*)

Je uloženo uvnitř pyramidy kosti skalní (kostěný labyrint). Vnitřní ucho se dělí na kostěný labyrint (*labyrinthus osseus*) a na labyrint blanitý (*labyrinthus membranaceus*).

4.1.3.1 Kostěný labyrint

Kostěný labyrint, jehož stěny jsou tvořeny vláknitou kostí. Dělí se na tři části: předsíň (*vestibulum*), tři polokruhovitě kanálky a hlemýžď (*cochlea*).

²¹ Antagonista je sval působící vůči danému svalu opačným směrem.

²² Anatomie ucha. Fotky foto Fotobanka [online]. Dostupné z [https://fotky-foto.cz/fotobanka/uca-anatomyillustration-anatomie-ucha\(4-141469224\)/](https://fotky-foto.cz/fotobanka/uca-anatomyillustration-anatomie-ucha(4-141469224)/)

4.1.3.1.1 Hlemýžď (cochlea), kostěný hlemýžď

Hlemýžď navazuje z předsíně (vestibulum). U člověka se skládá z 2,5 až 2,75 stoupajících závitů se zmenšujícím se poloměrem závitů. Hlemýžď směřuje zevnitř ven, vpravo je pravotočivý, vlevo je levotočivý.

Celková výška hlemýždě dělá 4-5 milimetrů. Spodní stěnu hlemýždě vytváří bazální (základní) membrána složená z příčně napjatých vláken rozdílné délky, která se rozkmitává podle různých frekvencí. Hluboké tóny jsou zachycovány až ve vrcholu hlemýždě delšími vlákny.

4.1.3.2 Blanitý labyrint (*Labyrinthus membranosus*)

Vystlaný jednovrstevným plochým až kubickým epitelem, jež je zvenčí doplněn tenkou vazivovou stěnou. Blanitý labyrint je uložen uvnitř labyrintu kostěného, rozměry jeho jednotlivých částí jsou proto menší než rozměry labyrintu kostěného. Vnitřek vyplněn endolymfou. Stěna je tvořena ze tří vrstev: vnější vazivové, střední bazální membránové a vnitřní epitelové.

Polokruhové kanálky (*ductus semicirculares*)²⁴, jakož i vejčitý váček (*utrículus*)²⁵ jsou místem periferního větvení nervstva a jsou místem, kde je umístováno rovnovážné (vestibulární) ústrojí. Název plyne z toho, jelikož toto ústrojí je uloženo ve vestibulu (předsíni) vnitřního ucha.

4.2 Účinky hluku na lidský organismus

Nepříhodné účinky hluku na lidské zdraví je možné rozčlenit na orgánové účinky, vlivy na subjektivní pocity a na rušení činností. Za prokázané účinky hluku v současnosti je

²⁴ Polokruhové kanálky jsou součástí vnitřního ucha a rovnovážného ústrojí. Informuje o poloze a o některých pohybech hlavy, Zdroj: [15]

²⁵ Vejčité kanálky jsou tři na sebe navzájem kolmé polokruhové kanálky, součástí vnitřního ucha labyrintu a rovnovážného ústrojí. Mohou registrovat pohyby hlavy ve všech směrech kývání. Zdroj: [15]

považováno poškození sluchu, kardiovaskulární účinky (účinky týkající se srdce a cév) a rušení spánku (zvláště noční hluk, který způsobuje železniční, silniční i letecká doprava)²⁶.

Rozdílnou frekvenci tlakových změn si subjektivně uvědomujeme jako výšku tónu (zvuk určité výšky). Nepříznivé účinky hluku vedou ke zhoršení jeho funkcí, zvýšení vnímavosti k jiným nepříznivým vlivům okolí. U nespecifických účinků dochází k ovlivnění funkcí různých systémů organismu, patří mezi ně hlavně tyto problémy jako jsou kardiovaskulární účinky (ischemická choroba srdeční, hypertenze²⁷), dále sem řadíme rušení spánku, což je důsledek nočního hluku, řadíme sem změny fyziologických funkcí (krevní tlak a tep). Zvýšený krevní tlak způsobuje dlouhodobé vystavování nadbytečnému hluku. Hluk má také poměrně značný vliv na psychiku člověka a může u jednotlivce způsobit depresi, únavu, případně agresivitu, zhoršení paměti. Zákon č.258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně pozdějších předpisů²⁸ koriguje účinky hluku na lidský organismus.

4.2.1 Specifické a nespecifické účinky hluku

Specifické (auditivní) účinky hluku na lidský organismus jsou takové účinky, na sluchový orgán, kdy při expozici (vystavení) hladiny akustického tlaku od 120–130 dB dochází k poškození bubínku a převodních kůstek, při mnohaleté expozici nad 85 dB dochází k poškození vnitřního ucha.

Nespecifické (extraauditivní, systémové) jsou účinky hluku na lidský organismus, kdy s účinkem hluku na různé funkce organismu, jedná se zejména o funkce vegetativního²⁹ a hormonálního systému prostřednictvím stresu a tomu příslušné obraně organismu. Nespecifické účinky na lidský organismus dále dělíme na akutní účinky, do kterých řadíme

²⁶ Babisch W. The noise/stress concept, risk assessment and research needs. Noise Health [serial online] 2002 [cited 2020 Jun 21];4:1-11. Available

²⁷ Hypertenze, což je zvýšený krevní tlak

²⁸ Zákon č.258/2000 Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů [online]. Poslední změna 1.5.2020 [cit. 24.6.20]. Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>

²⁹ Vegetativní nervová soustava neboli autonomní nervová soustava je součástí periferního nervového systému, zabezpečuje převod vzruchů mezi centrální nervovým systémem a eferentními tkáněmi nezávislými na kontrole vůlí (myokard).

poruchy sluchového aparátu, zvýšení krevního tlaku, akutní účinky souvisí také s vlivem na psychiku (únava, deprese, agresivita), popřípadě poklesy výkonnosti.

Poškození sluchu je přitom ve většině případech nevratné. Na základě zákona je stát povinen se starat o snížení hlukové zátěže³⁰.

Existují tzv. hlukové mapy³¹, které vytváří Ministerstvo zdravotnictví, hlavní město Praha má také vlastní hlukovou mapu³², na jejich základě připravují členské státy Evropské unie akční plány k řízení a omezování hluku v komunálním prostředí. V České republice je za vypracování Strategických hlukových map odpovědné Ministerstvo zdravotnictví.

4.2.2 Ischemická choroba srdeční

Ischemická choroba srdeční je nedokrvení části srdečního svalu, popřípadě snížený průtok srdcem. Nejběžnější příčinou této okolnosti je ateroskleróza, kornatění koronárních tepen. Ischemická choroba může mít několik podob – od dlouhodobé až chronické ischemie projevující se anginou pectoris, přes akutní infarkt myokardu (srdečního svalu) až po nepředvídané srdeční selhání.

Téměř vždy je původem ateroskleróza, záněty, embolie³³ a jiné příčiny jsou bez aterosklerózy vzácné.

4.2.2.1 Příznaky ischemie

Nejnámějším a nejběžnějším symptomem ischemické nemoci je angina pectoris, tzv. bolesti na prsou (vlastně se nejedná o nemoc, ale o známku onemocnění). Její známky jsou tlak, řezání, pálení. Mnohdy se projevuje jako např. pálení žáhy a onemocnění se může přehlédnout. Mnohdy se objevuje při námaze, vzrušení a vystavení chladu. Mezi další

³⁰ WHO. Berglund B., Lindvall T., Schwela D.M., Guidelines for community noise. London, United Kingdom, 1999

³¹ Hlukové mapy. 2017. Ministerstvo zdravotnictví České republiky [online]. [cit. 24.6. 20] Dostupné z <https://geoportal.mzcr.cz/SHM2017/>

³² Atlas životního prostředí. Geoportal Praha [online]. [cit. 24.6.20] Dostupné z [https://app.ippraha.cz/apl/app/atlas-zp/?service\[\]=hlukova_mapa](https://app.ippraha.cz/apl/app/atlas-zp/?service[]=hlukova_mapa)

³³ Embolie je zaklínění embolu (vmetku) v cévách vedoucí k jejich ucpání a následné nedokrevnosti příslušné části těla.

příznaky chronické ischemie srdečního svalu patří slabost, nevolnost, dušnost a nadbytečné pocení.

4.2.2.2 Léčba

Léčba této choroby je dlouhodobá, cílem je zabránit dalšímu rozvoji aterosklerózy a následně i ischemie. Obsahuje úpravu životosprávy, v některých případech i mechanické úpravy věnčitých tepen, tedy angioplastiku.

4.2.3 Nedoslýchavost

Nedoslýchavost neboli částečná redukce sluchu. Nedoslýchavostí je v České republice zasaženo okolo 5 % lidí, většinou se jedná o starší jedince s presbyakuzí³⁴. Poruchy sluchu mohou mít původ centrální, nebo periferní. Nedoslýchavost má mnoho příčin, nejčastější je dlouhodobá expozice hluku a proces stárnutí. Mezi další příčiny patří např. infekce, zranění hlavy. Ztráta sluchu je často postupná, proto ne vždy pocítíme slábnutí některých zvuků.

4.2.3.1 Typy nedoslýchavosti

Existují tři hlavní druhy nedoslýchavosti.

4.2.3.1.1 Převodní nedoslýchavost

Tato nedoslýchavost je často prozatímní, někdy lze vyléčit odstraněním ušního mazu. Převodní porucha je spojena s obtížemi ve vnějším a středním uchu. Může být způsobena infekcí, nashromážděním ušního mazu nebo otosklerózou³⁵.

4.2.3.1.2 Percepční nedoslýchavost

Jde o nejčastější typ nedoslýchavosti. Původ není vždy znám, je spojován se stárnutím a expozicí hluku. Vzniká v důsledku poškození vnitřního ucha nebo sluchového nervu. Nemocní špatně rozumějí, zvuky jsou zkreslené. Často trpí diplakuzí³⁶.

³⁴ Presbyakuze (presbyacosis) je projev stárnutí vnitřního ucha (auris interna), podstatou je fyziologické stárnutí sluchového ústrojí jako celku.

³⁵ Otoskleróza je abnormální osifikace ve středním uchu

³⁶ Diplakuze (diplacosis) slyšení tónu, či zvuku v každém uchu o jiné výšce

4.2.3.1.3 Smíšená nedoslýchavost

Smíšená nedoslýchavost je kombinací převodní a percepční hypakuze. Léčba v podobě odstranění ušního mazu, pomocí medikamentů, či korekce sluchadly. Sluchadla existují dvojího druhu nitroušní sluchadla (ITE, in the ear) a závěsná sluchadla (BTE, behind the ear).

4.2.4 Šelest ušní

Ušní šelest je zvukový vjem bez přítomnosti vyvolávajícího podnětu. Šelest doprovází pískání, zvonění, klepání, šumění a další analogické zvuky. U některých jedinců může dojít k vývoji vážných psychických i fyzických příznaků a potíží. Pokud jedinec slyší úplnou melodii, básničky apod., jedná se o sluchové halucinace, jejichž příčinou jsou neurologické či psychiatrická onemocnění. Šelestem trpí až 25 % obyvatelstva.

4.2.4.1 Příčiny šelestu

Na původu se podílejí vlasové buňky (vnitřní i vnější) v hlemýždi (cochlea) ve vnitřním uchu (auris interna). Sluchový nerv reakce poté zpracovává, jako kdyby byl podnět vyvolán zvukovou vlnou. Příčinou je mnohdy hlasitý poslech hudby (silné přepětí sluchu) např. na rockovém koncertu, silvestrovském ohňostroji, příčin může být mnoho.

Mezi další soubory příčin patří určité choroby, započít to může zaneseným zvukovodem, zraněním ucha v nejhorším případě to končí nádorem.

4.2.4.2 Léčba ušních šelestů

Zakládat se na léčbě ušního či celkového onemocnění. Pro symptomatickou úlevu se podávají látky zlepšující prokrvení, vitaminy (zejména vitamin B) a sedativa. Za vhodné se považuje vyhýbat se hlasitým vjemům, kofeinu, nikotinu, soli. Šelesty se někdy potlačují zevním generátorem šumu, který vysílá specificky vyladěné zvuky mající překrýt či vymazat rušivě vnímaný zvuk, lze nosit jako sluchadlo.

4.2.4.3 Další dělení šelestů

Šelesty můžeme dále dělit na *objektivní ušní šelesty*, které dále dělíme na objektivní ušní šelesty cévní a objektivní ušní šelesty svalové. Dalším druhem jsou *subjektivní šelesty*. Každý z těchto šelestů má specifickou léčbu.

V případě objektivních ušních šelestů cévních se jako léčba používá podávání vazoaktivních³⁷ a vasodilatačních³⁸ látek. U objektivních ušních šelestů svalových se aplikuje chirurgická léčba.

4.2.5 Závratě

Závrať je definována jako vjem porušené rovnováhy a orientace v prostoru, nepříjemný pocit nejistoty. Jedná se pouze o symptom³⁹. Vyskytuje se tehdy, když náš mozek nemá jasno o orientaci a umístění těla v prostoru.

4.2.5.1 Příčiny závratí

Příčiny jsou nesourodé, jelikož se často jedná o průvodní jev mnoha odlišných nemocí. Pokud jedinec dokáže určit směr točení hlavy, usuzuje se na labyrintovou závrať, tzv. vertigo⁴⁰. Podle místa původní poruchy rozeznáváme periferní a centrální závratě.

4.2.5.1.1 Periferní závratě

Porucha se nachází uvnitř vnitřního ucha, nejčastěji se jedná o nedostatečné prokrvení, případně s infekcemi způsobenými viry nebo bakteriemi. Dochází k poruchám vestibulárního³³ charakteru, případně ke kompletnímu vyřazení. Příčina se může nacházet také v mozkovém kmeni.

4.2.5.1.2 Centrální závratě

Způsobená poruchami v mozku, často označovaná jako mozková závrať. Původem závratě může být nízký krevní tlak krve, při kterém vzniká nedostatek kyslíku v mozku. Mezi další příčiny, které mohou vyvolat závrať patří různá poškození krční páteře. Také psychické vlivy (strach, fobie) mohou přivodit závratě.

³⁷ Vazoaktivní je látka působící na cévy, na jejich průsvit a tím i na průtok danou oblastí těla, při větším rozsahu i na krevní tlak.

³⁸ Vasodilatační, jinak rozšiřující cévy.

³⁹ Symptom je příznak, průvodní jev, obtížně pozorovatelného děje, stavu nebo procesu-

⁴⁰ Vertigo neboli závrať rotačního charakteru³³ Vestibulární systém neboli rovnovážný systém je smyslový orgán v labyrintu vnitřního ucha.

4.2.5.2 Léčba závratí

Zdali je to možné, nejdříve se snažíme léčit prvotní onemocnění. Nedochozí-li při léčbě k žádnému zlepšení, jsou léčeny pouze projevy při akutních potížích. Jedním z cílů je zklidnit vestibulární (rovnovážný) aparát, doporučují se sedativní antihistaminika⁴¹.

5 Program Audacity

5.1 Základní informace o tomto programu

Audacity je multiplatformní editor digitálního zvuku. Program byl vytvořen Dominikem Mazzenim ze společnosti Google. Na webové stránce programu jsou k dispozici návody nejen v angličtině, ale třeba i v češtině, které vysvětlí, jak s programem pracovat.

5.2 Hlavní nabídka programu Audacity

Na následujícím obrázku je možné spatřit hlavní nabídku programu Audacity, kde lze provádět pozastavení, přehrávání, nahrávání daných zdrojů zvuku. Vše si lze následně uložit.



Obrázek 8 - hlavní nabídka programu Audacity

Na první lince, která začíná pozastavením lze také přehrávat/přehrávat ve smyčce, zastavit, přeskočit na začátek/konec nahrávaného souboru, červeným kolečkem spustit nahrávání. Na druhé lince lze nůžkami vyjmout daný soubor, následujícími možnostmi lze například vložit a kopírovat soubory, šipkami se lze vrátit o krok zpět, popřípadě krok zopakovat. Lupou je možné grafické znázornění zvětšit. K tomu také slouží lupy s plusem (zvětšení grafu) a minusem (zmenšení grafu). Tužkou v pravém horním rohu lze přejít do malování a

⁴¹ Sedativní antihistaminika jsou léky, které blokují receptory pro histamin, zlepšují prokrvení vnitřního ucha a mají uklidňující účinky.

výsledný graf rovnou upravit. Tedy tento program nabízí mnoho úprav, či vylepšení, která lze provádět rovnou v průběhu nahrávání, či rovnou po něm.

5.3 Pokusy s programem Audacity

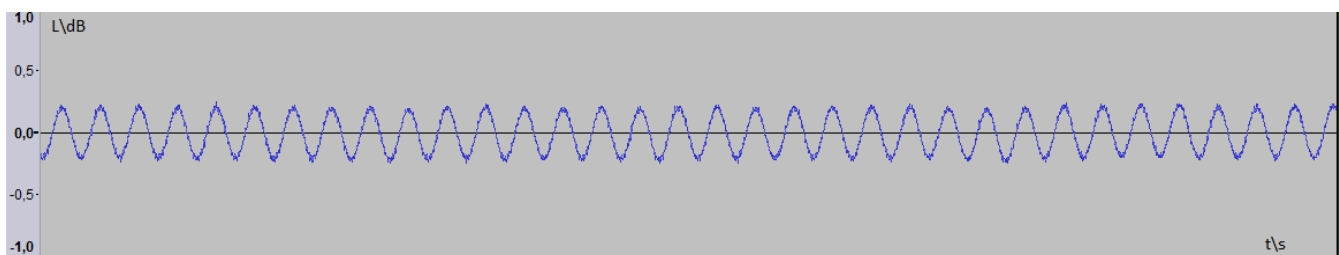
V tomto programu chci provést pokusy týkající se hluku, nahrát zvuky o různé frekvenci, tak aby bylo možné rozeznat, zda se jedná o periodické, či neperiodické zdroje zvuku. Vybral jsem si tyto tři zdroje zvuku, ladičku, sirénu a muchlání papíru. Nejprve nahraji do tohoto programu tyto zdroje zvuku a poté chci v těchto nahrávkách na časových průbězích ukázat v čem se tyto průběhy liší, jelikož se jedná o různé druhy zvuků, tak i jejich průběhy se budou lišit. Tyto pokusy lze samozřejmě provádět i ve škole v rámci předmětu fyzika, či na fyzikálních praktikách, tento pokus není nikterak nebezpečný a žáci na něm uvidí rozdíly mezi různými druhy zvuku, zvláště z grafické reprezentace, lze tedy v rámci jedné vyučovací hodiny zařadit tento pokus do výuky. Já bych se klaněl spíše k tomu zařadit tento pokus do fyziky, když se bude probírat akustika, jak na základní škole, tak na střední škole, žáky to může zaujmout, a hlavně uvést do problému a na výsledných grafech lze porovnat, zda se jedná o neperiodické, či periodické zvuky, popřípadě o harmonické zvuky, do této skupiny patří právě ladička.

5.3.1 Ladička

Ladička je zástupcem harmonického zvuku. Je to zařízení, které vydává tón s přesnou frekvencí. Slouží nejčastěji k ladění hudebních nástrojů. V případě nahrávání v programu Audacity jsem použil ladičku, která vydává tón o frekvenci 440 Hz, což je komorní a. V tomto případě se jedná o jednoduché tóny, které mají harmonický průběh.



Obrázek 9 - Ladička s vidlicí



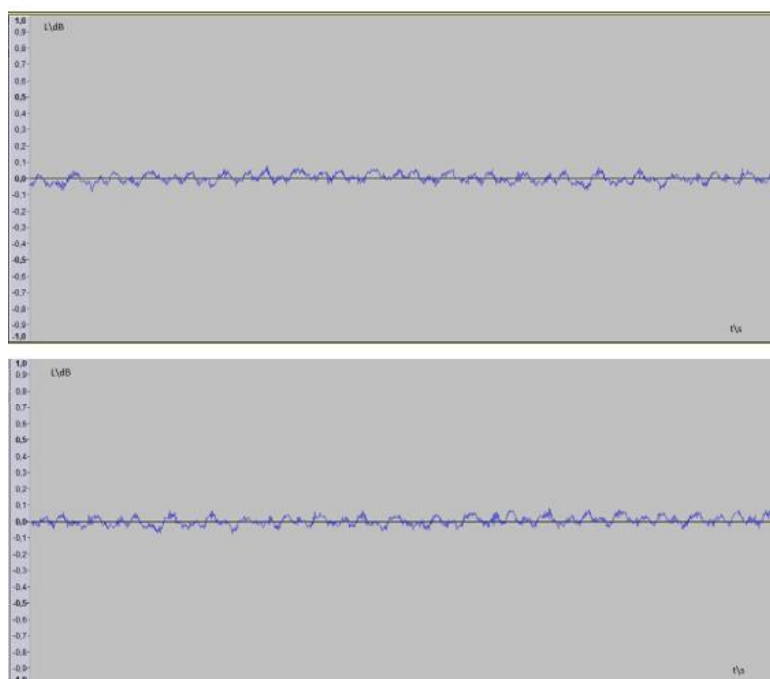
Obrázek 10 - Ladička v programu Audacity

Ladička patří mezi harmonické zvuky, má sinusový průběh.

5.3.2 Siréna

Siréna je zástupce periodických zvuků, tedy po určitém úseku se daný průběh opakuje. Tyto zvuky pravidelným chvěním prostředí. Perioda patří mezi matematické pojmy z teorie funkcí, grafickým výsledkem v programu Audacity je grafický výstup, tedy je na místě nadefinovat periodu funkce, resp. křivky. Tyto

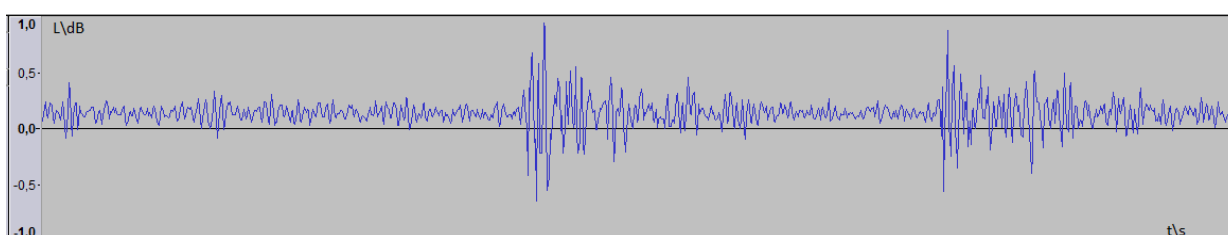
Na obrázku níže je grafický průběh sirény, která vytváří periodický průběh.



Obrázek 11 - Siréna v programu Audacity

5.3.3 Muchlání papíru

Muchlání papíru je zástupce neperiodických zvuků, tedy na rozdíl od sirény, u tohoto typu zvuku není žádná perioda. Tyto druhy zvuků jsou způsobeny nepravidelným chvěním prostředí. Na obrázku níže je grafický průběh muchlání papíru.



Obrázek 12 - Muchlání papíru v programu Audacity

Z grafického výstupu je patrné, že neobsahuje žádnou periodu, tedy patří mezi neperiodické zvuky.

6 Hudební nástroje, které využívají při své činnosti hluk a lze je vyrobit ve škole

V této kapitole uvedu pokusy týkající se hluku na základní či střední škole.⁴³

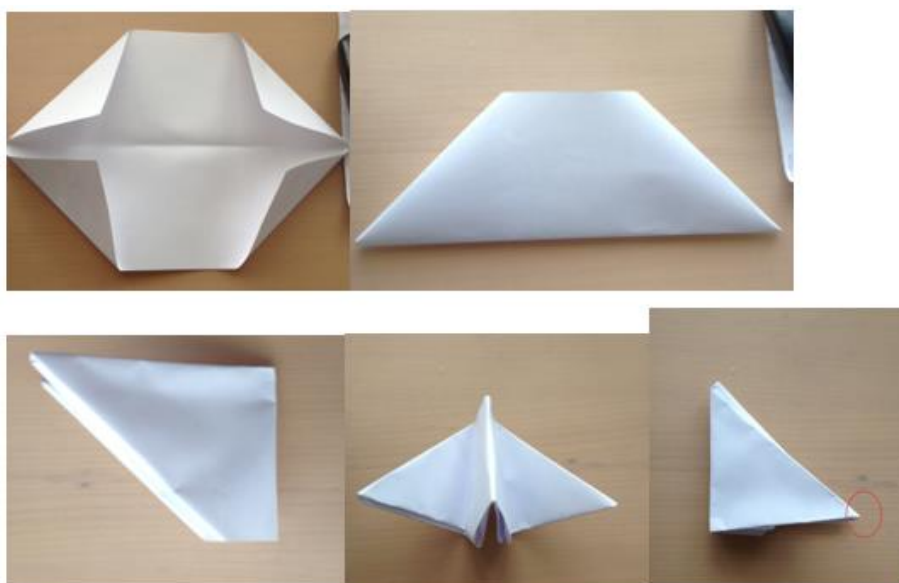
6.1 Praskačka

6.1.1 Potřeby

Na vytvoření praskačky budeme potřebovat papír, formátu A4 a nůžky.

6.1.2 Postup

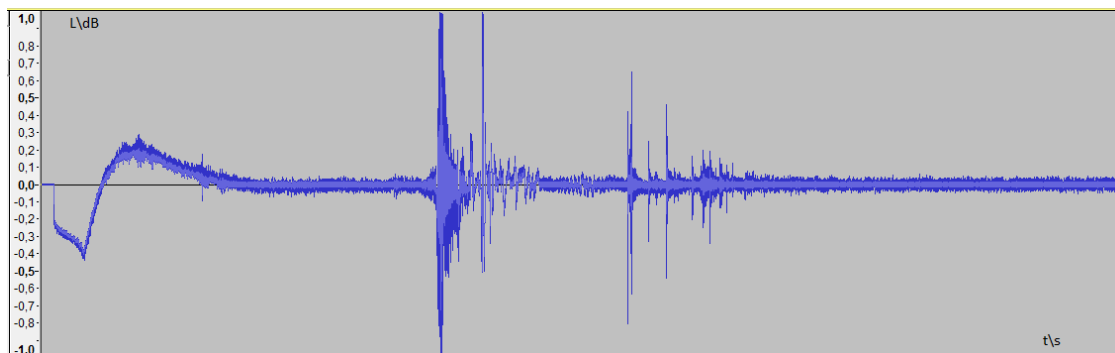
Z papíru formátu A4 si vystříhneme čtverec a přeložíme, tak aby vznikl trojúhelník. Vrchol vrchního listu nepatrně přehneme směrem dolů. Oba spodní krajní rohy ohneme směrem dozadu. Vznikne čtverec, který následně podélně přeložíme. Praskačku následně uchopíme v dolní části a rukou švihneme, uslyšíme prasknutí, tento lehký výrobek lze jednoduše vyrobit, je určen spíše pro žáky na základní škole, ovšem tento výrobek si mohou vyrobit i žáci na střední škole, ale zařadil bych ho až na konec školního roku na odlehčení, jelikož svou náročností spadá spíše pro základní školy.



Obrázek 13 - postup výroby praskačky

⁴³ Lepil, O. Mechanické kmitání a vlnění. 4.vydání. Praha, Prometheus, 2001, ISBN 978-80-7196-387-5

Praskačka se uchopí v místě, které je zvýrazněné červeně a napřáhne se s ní a a poté vydá svůj typický zvuk (prásknutí).



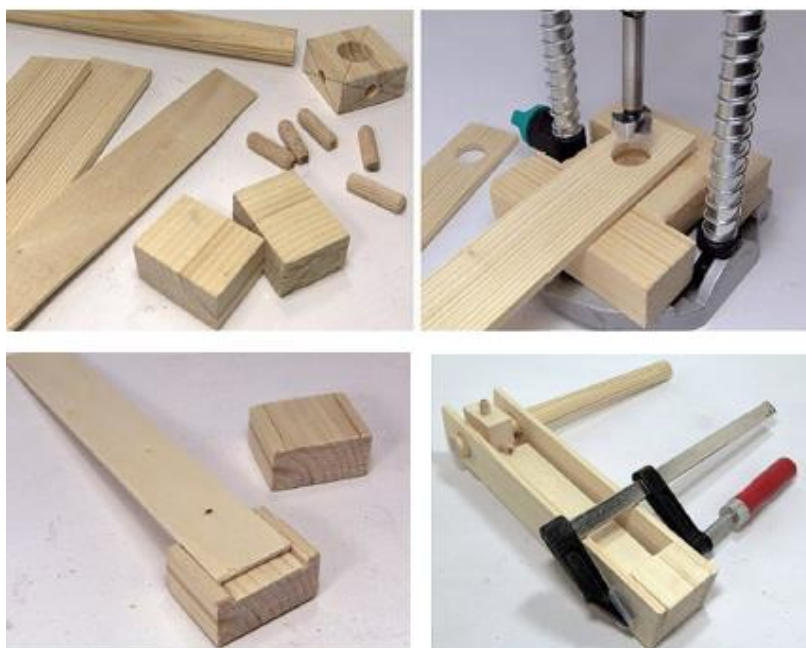
Obrázek 14 - praskačka v programu Audacity

6.2 Řehtačka

Řehtačka je dřevěný instrument. Z historie je patrné, že řehtačky byly součástí dávných jarních ceremonií, zaháněly se jimi zlé síly. Řehtačky, jinak hrkače, vrkače, klapačky si převážně vyráběli kluci sami, až v předminulém století je bylo možné sehnat na trzích, případně v obchodě. Řehtačky se také používají jako neobvyklý hudební instrument. Pokus bych zařadil spíše pro žáky střední školy, jelikož při výrobě se využívá vrtačka a pilka a nejlépe by bylo zařadit výrobu do předmětu svět práce, případně výtvarná výchova.

6.2.1 Potřeby

Na výrobu řehtačky budeme potřebovat odřezky, nejlépe z dubového dřeva, laťky z měkčího dřeva, nejlépe ze smrkového, tenkou lištu tloušťky nejlépe 0,3 mm o rozměrech 15 × 4 cm, dále spojovací kolík. Z nářadí využijeme kladivo, lepidlo na dřevo, paličku, pilku, svěrák, vrtačku, pravítko a tužku.

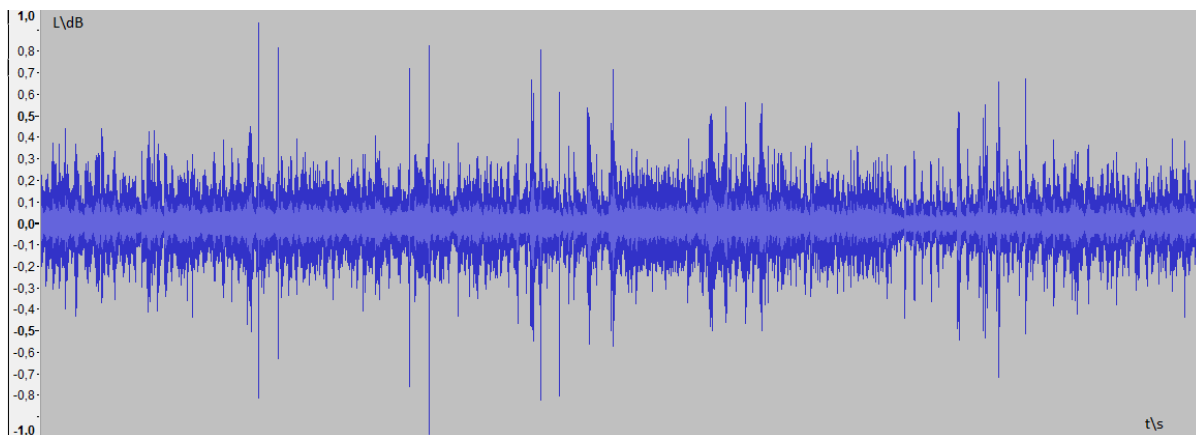


Obrázek 15 - postup výroby řehťačky

6.2.2 Postup

Započneme zubatým kolečkem, narýsujeme kruh o průměru 3,5 až 4 cm, dovnitř ještě jeden o průměru 2,5 cm, kruh se podle pravítka rozdělí na deset stejných výsečí. Na lať si načrtneme a poté i narýsujeme tělo řehťačky, kvádr o rozměrech 15 × 4 × 1,8 cm. Poté na tenkou lištu nanese rozměry 15 × 4 cm a 3 cm od kraje rozdělíme na tři díly. Kolečko vyřízneme pilkou a čepovací pilkou (čepovkou) vyřízneme připravené zuby. Střed kolečka provrtáme 8 mm vrtákem. Poté vyřízneme tělo řehťačky, středový pruh odřízneme, přibližně centimetr od okraje, kam připevníme kolečko z obou stran vyřízneme otvor 8 mm vrtákem. Taktéž vyřízneme i lištu, ale ze středového pásu odřízneme pouze 2,5 cm. Následně provrtáme tyčovinu, do které zalepíme lepidlem na dřevo spojovací kolík, zatlučeme ho kladívkem. Na tělo seshora nalepíme lištu, slepené díly necháme zaschnout, můžeme je i zatížit. Dále nasadíme zubaté kolečko, uvnitř ho natřeme lepidlem a prostrčíme kolík, který následně zasuneme i do druhého provrtaného otvoru. Na kolík přilepíme pouze kolečko, aby střed řehťačky nevypadl. Děti si mohou po dokončení řehťačky její tělo pokreslit různými motivy.

Výroba je vhodná pro žáky, ale jelikož se pracuje s vrtačkou, pilkou apod je potřeba, aby při výrobě měl nad dětmi dozor učitel, popřípadě, aby náročnější části udělal sám. Na následujícím obrázku je řehťačka v programu Audacity, její průběh a následný graf.



Obrázek 16 - řehťačka v programu Audacity

Výsledný graf může být i periodický, a to v případě, pokud by referenční zdroj řehťačkou zvučel v pravidelných intervalech, nebo pokud by s ní hlučel neustále.

6.3 Boomwhackers⁴⁵

Boomwhackers je unikátní hudební nástroj, který je laděn na určité tóny, díky různé tloušťce a délce každého kusu, vydává tak při úderu jinak vysoký tón. Nástroj se rozezní pouhým úderem do podložky.

6.3.1 Výroba

Podobný nástroj na principu Boomwhackers je možné vyrobit z trubek požívaných elektrikáři a instalatéry, na výrobu lze také použít brčka různých délek. Tyto trubky, popřípadě brčka se nařezou na tak dlouhé díly, které se při úderu o zem rozezní. Se zhotovením a řezáním trubek pomůže při hodině vyučující nebo starší žáci.



Obrázek 67 – Boomwhackers

⁴⁵ Boomwhackers BW-JG. thomann [online]. Poslední změna 11.9.2017. [cit. 26.6.2020]. Dostupné z https://www.thomann.de/cz/gewa_boomwhackers_bass.htm

6.3.2 Tóny jednotlivých trubiček

Každá trubička vydává díky odlišné délce svůj vlastní tón, který vznikne při úderu o podložku. Tedy červená představuje tón C, oranžová trubička tón D, žlutá tón E, světle zelená tón F, tmavě zelená tón G, fialová tón A a růžová představuje tón B.

6.4 Chřestidlo

6.4.1 Pomůcky

Na výrobu chřestidla budeme potřebovat PET láhev různé velikosti, popřípadě kelímek s víčkem, různý materiál – luštěniny (hrášek, čočka, rýže), štěrk, kamínky, vhodné koření, písek.

6.4.2 Postup

Do láhve, či kelímku si nasypeme připravenou směs, láhev uzavřeme víčkem. Ti, kteří použijí kelímek, tak je vhodné víčko bez otvorů, aby chřestící směs nevypadla ven. Víčko k láhvi přilepíme lepenkou. Žáci si mohou, dle doby trvání nástroje výrobek dozdobit, různými druhy papíru (barevný papír, krepový papír), třásněmi atd.

Výroba chřestidla by neměla zabrat mnoho času, tedy je to výrobek na maximálně jednu vyučovací hodinu, kde může žáky zaujmout pestrá škála směsí a následné dozdobení. Dále je vhodné, pokud máme k dispozici více druhů směsí nechat děti si s výrobou a náplní láhve pohrát a nechat je vyzkoušet více materiálů a porovnání zvuků. Na následujícím obrázku je chřestidlo v programu Audacity.



Obrázek 18 - Chřestidlo



Obrázek 19 - postup výroby chřestidla

6.5 Xylofon

Xylofon je instrument z kategorie bicích nástrojů. Skládá se ze systému dřevěných destiček, na které se hraje údery paličkou (dřevěnou, plastovou). Tónový rozsah záleží na počtu destiček.

6.5.1 Pomůcky

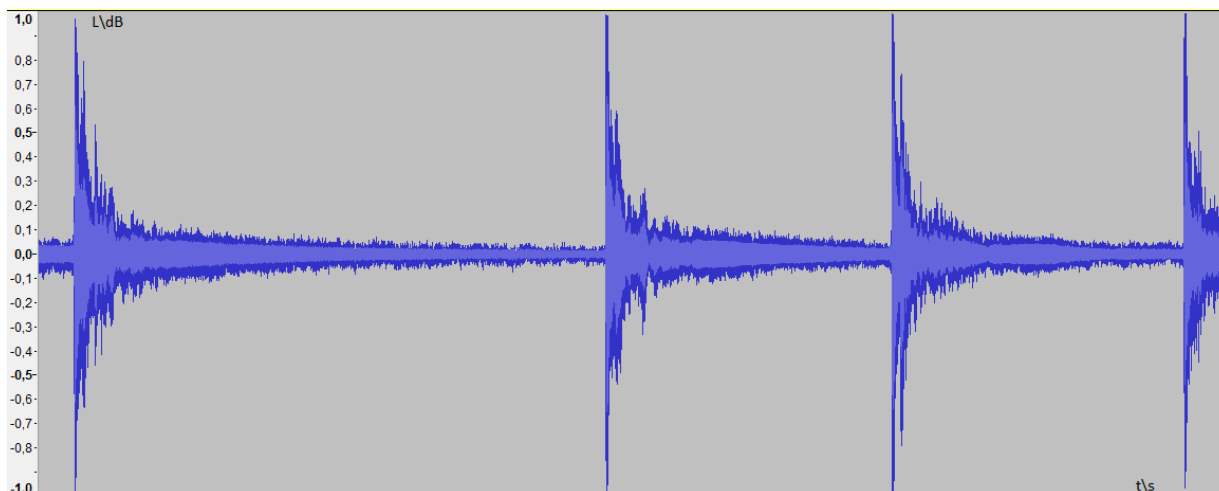
Na výrobu xylofonu budeme potřebovat dvě delší dřívka (na tělo), kratší dřívko, železný plátek, flexu, ochranné brýle, metr, gumovou hadičku, čtyři hřebíky, tři šroubky, kladivo, nůžky, přímočarou pilku, vrtačku, železnou tyčku.

6.5.2 Postup

Z železného plátku si úhlovou bruskou nařežeme odměřené plátky. Délku si zvolíme tak, aby poměr délek k prvnímu plátku byl $15/16$, $8/9$, $5/6$, $4/5$, $3/4$, $32/45$, $2/3$, $5/8$, $3/5$, $9/16$, $8/15$ a $1/2$. Poté si připravíme tělo xylofonu. Na připravená dřívka si rozložíme plátky, abychom věděli, jak dlouhá dřívka budeme potřebovat. Pokud nám délka nebude vyhovovat můžeme si dřívka zkrátit pilkou. Z dřívek si vytvoříme trojúhelník. Na konci dřívek si vrtačkou vyvrtáme dírky na šroubky. Pak si naměříme gumovou hadičku, kterou ke dřívku přiděláme pomocí hřebíčků. Nakonec položíme železné plátky na tělo xylofonu.

Další variantou může být závěsný xylofon, které často doplňují zahrady škol školek.

Zvuk xylofonu jsem nahrál v programu Audacity a vznikl tento graf.



Obrázek 20 - xylofon v programu Audacity



Obrázek 21 - postup výroby xylofonu

7 Rozbor učebnic pro základní a střední školy

Učebnice v této kapitole jsou rozděleny do dvou částí, pro základní a střední školy, kde učebnice spadající do oblasti středních škol se dále dělí podle specializace škol, tedy na gymnázia, střední odborné učiliště (SOU), střední odborné školy (SOŠ), popřípadě střední zdravotnické školy.

7.1 Základní školy

Na základních školách se fyzika vyučuje až na druhém stupni, tedy od 6. do 9. ročníku, na prvním stupni předchází předmětu fyzika prvouka, látka týkající se akustiky (mechanické kmitání a vlnění), v učebnicích je zde velké zastoupení.

7.1.1 Učebnice fyziky pro základní školy

Látka týkající se akustiky, je obsažena v učebnicích nakladatelství Fraus, soubor učebnic pro základní školy, pro každý ročník je určena jedna kniha, jejíž doplnění tvoří i pracovní sešit. V této učebnici je akustika obsažena v kapitole pro osmý ročník⁴⁶ v kapitole Zvukové jevy, tato kapitola obsahuje témata kmitavý pohyb, kmitání pružných těles, vlnění a také kapitolu o zvuku a zdrojích zvuku. V této učebnici je látka v kapitole zvuk, zdroje zvuku a šíření zvuku, čtenáře uvede do děje tím, že nejprve uvede příklady hudebních nástrojů, které vydávají zvuky, některé z nich jsou i v učebnici na str.77, je zde zmíněn i pojem výška tónu a barva tónu, které následují hned po části týkající se právě hudebních nástrojů. Na konci každé kapitoly je shrnutí, které zmiňuje nejpodstatnější informace daného tématu. V této učebnici je zmíněno, že zvuk je podélné vlnění s frekvencí od 16 Hz do 20 kHz, další kapitola se týká šíření zvuku (str.80), je zde uveden na obrázku kelímkový telefon, který se dá lehce vyrobit ze dvou kelímků a provázku, je zde i popsán postup, jak si telefon vyrobit, tedy je zde spojená teorie s praxí, níže je zmíněn pojem rychlost zvuku, také to, že rychlost zvuku závisí na prostředí, kterým se šíří, na straně 80 dole v tabulce je uvedeno šíření zvuku vzduchu, ve vodě, nebo například ve wolframu. Další pojem, který je uveden v této kapitole jsou odrazy zvuku, žáky může u tohoto pojmu napadnout, že to souvisí s tím, jak je

⁴⁶ Rauner, K. a kolektiv. Fyzika pro základní školy a víceletá gymnázia, učebnice. Plzeň, Fraus.

konstruováno divadlo, také proto je na straně 81 vpravo nahoře obrázek koncertní síně, ve kterém je znázorněno, jakým způsobem se zde šíří zvuk. Je zde zmíněn i pojem ohyb vlnění s obrázkem hladiny, opět je zde propojena teorie s praxí, žáci si zde mohou k tomuto pojmu právě představit hladinu rybníka, a jak se zde zvuk šíří, že se tedy jedná o vlnění, které je zmíněno v kapitole o vlnění na straně 72. Na konci této kapitoly se opět nachází shrnutí, kde jsou zmíněny nejdůležitější pojmy této kapitoly. Zajímavá může být pro žáky i následující kapitola týkající se infrazvuku a ultrazvuku, je zde uvedeno na obrázcích několik živočichů, kteří ultrazvuk nebo infrazvuk využívají, nejdůležitější mi přijde následující kapitola, která se týká vnímání zvuku a hlasitosti, na stránce 84 je stavba ucha, jsou zde zmíněny pojmy práh slyšitelnosti, není zde definován je zde definován jako určitá vzdálenost, při které přestaneme slyšet. Na stránce 84 vpravo dole se nachází tabulka, která uvádí příklady hladin jednotlivých zvuků, na této stránce je také zavedena veličina hladina intenzity zvuku a její jednotka decibel (dB), na následující stránce je na obrázku nahoře hlukoměr, kterým se právě měří hladiny intenzity hlasitosti, nejdůležitější pojmy týkající se hlasitosti a vnímání zvuku jsou uvedeny ve shrnutí na stránce 85 dole. V této učebnici je téma zvukových jevů, hlasitosti, kmitání i vlnění zpracováno dobře a pro žáky je přijatelné, sám využívám při své učitelské praxi tyto učebnice a pracovní sešity. S mnoha obrázky, které doplňují text, a uvádí mnohdy čtenáře do obrazu si myslím, že právě takto by měla vypadat učebnice fyziky pro základní školy. Mezi další nakladatelství, která publikují učebnice fyziky pro základní školy a mnohdy i víceletá gymnázia patří nakladatelství Prometheus, které vydává učebnice fyziky, jak pro základní školy, tak i pro základní školy a víceletá gymnázia, nakladatelství SPN, které kapitolu týkající se zvukových jevů a akustiky zahrnuje do učebnice fyziky 6, s podtitulem zvukové jevy a vesmír, nakladatelství Taktik, které je na trhu vcelku nové, publikuje učebnice fyziky pro základní školy, které se nazývají Hravá fyzika. Raritou je také přehled učiva fyziky pro základní školy od Jaroslava Vachka⁴⁷, ve kterém jsou pasáže týkající se akustiky a zvuku, tomuto tématu je věnována kapitola Nauka o zvuku-akustika, kde rozebírá témata, týkající se vnímání zvuku, slyšitelnosti, je zde zavedena jednotka decibel (dB) a v tabulce na straně 113 jsou uvedeny hladiny intenzity

⁴⁷ Vachek, Jaroslav, Fyzika: přehled učiva pro základní školy. Praha, SPN, 1973, 326 s.

hlasitosti různých zdrojů (šepot, normální řeč, křik apod), kniha je pouhým přehledem, danou látku má zpracovanou přehledně, s mnoha obrázky, v této kapitole například anatomie ucha, tato kniha se již na českém trhu vyskytuje sporadicky, je to jedna z mála knih, která je zaměřena na přehled učiva fyziky pro základní školy.

7.2. Střední školy

Na rozdíl od základních škol jsou učebnice fyziky pro střední školy rozděleny podle specializací a také podle časové dotace, kterou jednotlivé školy na daný předmět mají.

Ze škol, které vyučují fyziku ve velké i menší míře bych zmínil gymnázia, střední odborné školy (SOŠ) a střední odborná učiliště (SOU).

7.2.1 Učebnice fyziky pro střední školy

Látka týkající se akustiky, mechanického kmitání a vlnění je obsažena v učebnicích nakladatelství Prometheus⁴⁸, které má učebnice, jak pro gymnázia s vyšší dotací hodin fyziky, tak pro střední školy, střední odborné školy a učiliště s menší hodinovou dotací. Pro gymnázia je tato látka zpracována v učebnicích nakladatelství Prometheus⁴⁹, učebnice pro gymnázia je členěna do tří celků kmitání mechanického oscilátoru, mechanické vlnění a zvukové vlnění. Tématika týkající se akustiky a hluku spadá to kapitoly o zvukovém vlnění, jsou zde témata zdroje zvuku, šíření zvuku a rychlost zvuku, hlasitost a intenzita zvuku a Dopplerův jev, tato témata jsou zpracována na vyšší úrovni než na základní škole, proto se v těchto kapitolách vyskytují partie se vzorečky a matematickými odvozeními, problémem ovšem je skutečnost, že ve většině oblastech předchází fyzika matematiku, tedy, že ne pro všechny oblasti má student patřičnou matematickou znalost, v jednotlivých kapitolách jsou následující náměty, které posléze doplňují i příklady, které se nacházejí na konci daného tématu, každá kapitola je zakončena shrnutím, ve kterém jsou zmíněny nejpodstatnější matematické vztahy a veličiny. V kapitole o šíření zvuku je zmíněno, že zvuk se ve vzduchu šíří jako podélné postupné vlnění, v kapitole vlastnosti zvuku, je zmíněna výška tónu,

⁴⁸ LEPIL O. a kol., Fyzika pro střední školy 2, Praha, Prometheus, 1993, 312 s., ISBN 80-901619-7-9

⁴⁹ Lepil, O. Mechanické kmitání a vlnění. 4.vydání. Praha, Prometheus, 2001, ISBN 978-80-7196-387-5

základní tón, vyšší harmonické tóny a barva tónu. Důležitější informace jsou v učebnici obsaženy v zelených rámečcích, podstatnější kapitolou je hlasitost a intenzita zvuku, kde se vyskytuje i matematický aparát pro odvození hladin intenzity zvuku, informace ohledně ultrazvuku a infrazvuku se shodují s informacemi popsány v učebnicích pro základní školy, ovšem v této učebnici je téma probráno důkladněji, v kapitole Dopplerův jev je problematika rozdělena do dvou částí, za první, kdy je zdroj zvuku v klidu a za druhé, kdy je přijímač zvuku v klidu, opět tato témata jsou zde i matematicky odvozena pomocí vzorů, v učebnicích pro základní školu je o těchto tématech zmínka, ale učebnice neobsahují matematická odvození, jelikož by to bylo nad chápání žáků. Celkově bych zpracování této učebnice hodnotil kladně, každá kapitola obsahuje úvod do problematiky, řešení dané problematiky, popřípadě matematické odvození, ve školách s menší dotací hodin pro netechnické obory, tedy pro střední odborné školy a střední odborná učiliště je daná látka probírána formou kurzu, kde se probere jen nejpodstatnější témata, učebnice nejsou tedy, co se do informací tak bohaté, jako učebnice pro gymnázia. Pro fyziku na střední škole existují různé přehledy probrané látky, jedním z nich je Přehled středoškolské fyziky⁵⁰, ve kterém je tato problematika v kapitole Zvukové vlnění, do které spadá i akustika, je zde uvedena hlasitost zvuku, dále pak hladina intenzity zvuku a hladina hlasitosti, kde na stránce 231 uprostřed je obrázek sluchového pole. V tomto přehledu je tato problematika zpracována přehledně, významnější pojmy jsou napsány tučně pro přehlednost, kniha obsahuje mnoho obrázků, popřípadě tabulek souvisejících s danou tematikou, jedním z dalších přehledů, který obsahuje pojmy z fyziky na střední škole je malý lexikon fyziky⁵¹, kde je tato problematika v kapitole Zvukové vlnění, v této knize jsou pojmy vysvětlovány heslovitě, tedy v každé kapitole jsou vysvětleny v odstavcích pojmy, které sem náleží, v této kapitole lze nalézt pojmy, intenzita zvuku, práh slyšení, práh bolesti, ale také hladina intenzity zvuku, kde u tohoto pojmu je i vzorec pro výpočet hladiny intenzity zvuku. Tato

⁵⁰ Svoboda, E. a kol. Přehled středoškolské fyziky. 3.vydání. Praha, Prometheus. 1996, 497 s. ISBN 978-80-7196-116-7

⁵¹ LEPIL, O., Malý lexikon fyziky.1.vydání. Praha, Prometheus. 1995, ISBN 978-80-85849-77-1

kniha je přehledem probrané látky na střední škole, obsahuje minimum obrázků, na rozdíl od Přehledu středoškolské fyziky, který lze sehnat i s CD, které obsahuje doplňující látku.

7.3 Spojitost s RVP⁵²

Fyzika patří podle RVP do oddílu člověk a příroda společně s chemií, přírodopisem a zeměpisem (geografií). Tematické plány, které jsou k dispozici na stránkách metodického portálu, obsahují k tématu akustika, které patří do kapitoly zvukové jevy několik podtémat, které se věnují akustice.

7.3.1 Tematické plány pro základní školy⁵³

Na základních školách se fyzika vyučuje až na druhém stupni, tedy od 6. do 9. třídy, látka týkající se akustiky se vyučuje v 8.ročníku v bloku zvukové jevy, kam patří témata, zvuk a zdroje zvuku, šíření zvuku a vnímání zvuku a hlasitost, poslední téma úzce souvisí s hladinou intenzity zvuku. Každá základní škola má vlastní ŠVP⁵⁴, kde může tato témata vyučovat i v 9.ročníku. Tedy tato témata odpovídají látce v učebnicích Fraus pro základní školy a víceletá gymnázia, kde je tento blok nazván také zvukové jevy. Jaroslav Vachek má ve své knize Fyzika: přehled učiva pro základní školy tato témata zařazena, uvádí zde i výpočet hladiny intenzity zvuku.

7.3.2 Tematické plány pro střední školy

Fyzika pro střední školy patří také mezi přírodní vědy podle RVP, počet vyučovacích hodin se liší podle specializace střední školy. Rozlišujeme gymnázia, střední odborná učiliště (SOU), střední odborné školy (SOŠ), střední zdravotnické školy (SZŠ). Na těchto typech škol není všude stejný počet vyučovacích hodin fyziky, proto akustika není vyučována na všech školách. Liší se také ŠVP, který si tvoří každá škola sama. Ovšem nejvíce vyučovacích hodin mají gymnázia, která probíranou látku, která se jmenuje zvukové jevy, a do které patří

⁵² RVP neboli Rámcový vzdělávací plán

⁵³ Fyzika 6. – 9. ročník (tematické plány). Metodický portál. [online]. Poslední změna 9.9.2011. [cit. 26.6.20] Dostupné z [http://wiki.rvp.cz/Sborovna/3Tematicke_plany/2.Zpracovane_tematicke_plany/2.stupen/Fyzika/Fyzika_6._-_9._ro%4%8dn%c3%adk_\(tematick%c3%a9_pl%c3%a1ny\)](http://wiki.rvp.cz/Sborovna/3Tematicke_plany/2.Zpracovane_tematicke_plany/2.stupen/Fyzika/Fyzika_6._-_9._ro%4%8dn%c3%adk_(tematick%c3%a9_pl%c3%a1ny))

⁵⁴ ŠVP neboli školní vzdělávací plán

Dopplerův jev, hlasitost a intenzita zvuku. Těmto tématům předchází i další, která s těmito souvisí, jako jsou témata mechanické vlnění zvuk a jeho šíření. Na webové stránce metodického portálu nejsou informace o tematickém plánu pro střední školy, a to hlavně z důvodu, že si každá střední škola tvoří tematický plán sama podle svého ŠVP.

8 Laboratorní měření

8.1 Zadaní laboratorní práce

Změřte hladiny intenzity zvuku u zadaných zdrojů a změřené hodnoty si zapište do tabulky, hladiny intenzity zvuku měřte pomocí dvou hlukoměrů Vernier a CEM, v těsně u zdroje a poté z 1metrové vzdálenosti. Také si můžete tipnout jaké hodnoty vaše měření dosáhne.

8.2 Laboratorní pomůcky

Hlukoměry, které byly také součástí laboratorní práce, tedy praktické části jsou zpracovány v kapitole 1, tedy hlukoměry Vernier a CEM, které byly součástí práce a se kterými žáci prováděli toto měření. Dalšími laboratorními pomůckami byl datalogger LabQuest 2, program Logger Lite, které jsou zpracovány v kapitole 1.

8.3 Průběh měření

Laboratorní práce a její měření probíhalo odděleně v osmé a deváté třídě, obě třídy měřily stejnou laboratorní práci.

8.3.1 Průběh měření v osmé třídě

V osmé třídě probíhalo měření ve čtvrtek 6.2. první vyučovací hodinu, od 7.50 do 8.35 na předmětu fyzikální praktikum, tento předmět je dělený, tj. chodí na něj jen část z žáků osmé třídy. Laboratorní práce probíhala ve dvou skupinách, žáci se sami rozdělili na skupiny, fyzikální praktikum navštěvuje 11 žáků, ve čtvrtek se měření účastnilo 10 žáků. Před začátkem měření byli žáci poučeni o chování při měření, také proběhl krátký teoretický základ, kdy jsem žákům vysvětlil, k čemu hlukoměry slouží a co se jimi měří, jelikož ve škole tyto přístroje nemáme, bylo to pro žáky něco nového účastnit se takového měření. Žákům jsem dal za úkol, aby si všechny naměřené hodnoty zapisovali.

8.3.1.1 Vlastní měření v osmé třídě

Po úvodním proslovu a informacích se žáci rozdělili do dvou skupin, kde každá skupina dostala jeden hlukoměr, které si poté vyměnili, pracovali s hlukoměry Vernier a SLM Hlukoměr, kde pro zpestření měření jsem přinesl na fyzikální praktikum notebook, do kterého jsem si stáhl aplikaci Logger Lite, kterou žáci používali při měření laboratorní práce, tedy výsledkem byla daná hodnota hladiny intenzity hlasitosti a také graf, který vznikl zapojením hlukoměru Vernier do počítače v aplikaci Logger Lite. První skupina si vzala nejdříve hlukoměr SLM a druhá hlukoměr Vernier, který byl zapojený do počítače a měřili s nimi následující zdroje hluku: Tekoucí voda z kohoutku, vařící se konvice na čaj, tlumený hovor dvou žáků, zavírání/otevírání dveří, ruch ulice, kde všechny tyto zdroje měřili nejdříve ze přímé vzdálenosti a poté ze vzdálenosti jednoho metru, aby jim postupně došlo, že čím dále budou od zdroje hluku, který bude hlučet se stejnou intenzitou, tak čím dále budou od zdroje, tím menší hladinu intenzity hlasitosti naměří, což se i potvrdilo, při zaznamenávání hodnot do tabulky, do tabulky, kterou si vytvořili jednu pro skupinu, si zapisovali pro zpestření i hodnotu, kterou si myslí, že u daného zdroje naměří, aby také zjistili jak přesní a citliví jsou, co se týče vnímání hluku.

Skupina 1, která měřila jako první s hlukoměrem SLM byla s prací hotova rychleji, jelikož nemuseli při každém měření, jako skupina 2 pracovat s aplikací Logger Lite, a zároveň zaznamenávat naměřené hodnoty. Po naměření s prvním hlukoměrem si skupiny hlukoměry vyměnili a měřili stejné zdroje hluku jako předtím, ovšem s jiným hlukoměrem, všechny měřené hodnoty žáci měřili pro hodnoty dBA, tedy s filtrem, který se používá nejčastěji. Celé měření bylo v režii žáků, jen v případě nejasností jsem jim byl nápomocen.

Hlukoměr	CEM		Vernier	
Vzdálenost	Z blízka	Z 1 metru	Z blízka	Z 1 metru
Zdroj				

Konvice s vařící se vodou	73 dB	nenaměřeno	70 dB	60,4 dB
Tekoucí voda z kohoutku	76 dB	64,3 dB	72,8 dB	65 dB
Zavírání/otevírání dveří	87,3 dB	62,3 dB	77 dB	70 dB
Ruch ulice ⁵⁵	neměřeno	49,4 dB	neměřeno	65 dB
Rozhovor mezi žáky	66 dB	65,3 dB	67 dB	59 dB

Tabulka 2 - naměřené hodnoty žáky osmé třídy

V tabulce výše jsou hodnoty naměřené žáky z jednou ze skupin. Z naměřených hodnot můžeme usoudit, že čím dále bude žák při měření od daného zdroje zvuku, tím menší bude naměřená hladina intenzity hlasitosti v dB⁵⁶ menší.

8.3.1.2 Zpětná vazba od žáků

Měření laboratorní práce zabralo celou vyučovací hodinu, 45 minut. Na konci vyučování jsem se žáků zeptal, zda se jim daná laboratorní práce líbila, či nikoliv, a to z toho důvodu, jelikož s těmito měřidly se žáci nemohli zatím setkat, jelikož naše škola dané pomůcky nevlastní. Žáci měli na konci výuky smíšené pocity, některým se daná laboratorní práce líbila, jelikož se s těmito pomůckami ještě nesetkali a byla to pro ně celkem dobrá zkušenost, ovládání hlukoměru není náročné, stačí zapnout zvolit rozmezí, ve kterém se bude měřit, filtr, tedy dB(A) nebo dB(C), žáci měřili všechny zdroje zvuku s dB(A). Části žákům se daná laboratorní práce nelíbilo, podle ohlasů jsem zaregistroval dva žáky, kterým se daná laboratorní práce nelíbilo, ale spíše ne z důvodu, že by nebyla atraktivní, ale spíše z důvodu brzkých ranních hodin. Fyzikální praktikum mají osmáci první vyučovací hodinu, kde by se daný čas, kde se předmět vyučuje měl vzít v potaz z hlediska aktuální výkonnosti žáka.

⁵⁵ Zde se zdroj zvuku měřil z okna ve třídě, jelikož žáci nemohou v době vyučování opouštět budovu školy.

⁵⁶ dB s předponou deci je 1/10 Belu, je tedy desetkrát menší než Bel.

Zbylým žákům bylo celkem jedno, co se na dané vyučovací hodině probírá, do procesu se zapojili a při hodině fungovali.

Měření zabralo pouze jednu vyučovací hodinu, z mého pohledu to byl úspěch žáci zvládli s danými měřidly pracovat, ovládali i prostředí programu Logger Lite.

8.3.2 Průběh měření v deváté třídě

V deváté třídě probíhalo měření v pondělí 10.2. a v pondělí 17.2. tohoto roku. Laboratorní práce probíhala vždy od 13.30 do 14.15 (7.vyučovací hodina) na předmětu fyzikální praktikum, opět se jedná o dělený předmět, který je dělený, předmět navštěvuje 6 žáků. Laboratorní práce zde probíhala v jedné skupině, ve které byli všichni žáci. Na začátku hodiny byli žáci poučeni o bezpečnosti práce, dále jsem žáků uvedl, k čemu hlukoměry slouží, a co se jimi měří, žáci si všechny tyto informace zapisovali. Poté si vytvořili v sešitě tabulku, kam si zaznamenávali naměřené hodnoty, opět pro zpestření si žáci zapisovali i domnělou hodnotu, které se při měření dosáhne.

8.3.2.1 Vlastní měření

Po úvodním seznámení s průběhem měření jsem žákům předal hlukoměr CEM, se kterým měřili v pondělí 10.2., v sešitě si vytvořili tabulku na zaznamenávání naměřených hodnot, do tabulky si zapsali zdroje, u kterých budou měřit hladiny intenzity hlasitosti, jednalo se o tyto zdroje: var vody, tekoucí voda z kohoutku, zavírání, popřípadě otevírání dveří, rozhovor mezi žáky, ruch na chodbě během vyučování, zasouvání židle, všechny tyto zdroje byly měřeny nejprve v těsné vzdálenosti, a poté ze vzdálenosti jednoho metru. Žáci tedy v jedné skupině naměřili postupně hladiny intenzity hlasitosti u těchto zdrojů, jelikož bylo ve skupině 6 žáků, rozdělili si mezi sebou role, zapisovatele, oznamovatele naměřených hodnot, a žáky, kteří měřili s hlukoměrem, měření zabralo celou vyučovací hodinu, tedy 45 minut. Následující pondělí 17.2. proběhlo měření s hlukoměrem Vernier a s programem Logger Lite, kde byl hlukoměr propojený s počítačem, tedy výsledkem byla i grafický reprezentace, žáci byli i toto pondělí pracovali v jedné šestičlenné skupině, každý měl při měření laboratorní práce svou roli, tři žáci měřili s hlukoměrem, kdy jeden ovládal program

Logger Lite, jelikož žáci s tímto programem pracovali poprvé, tak přes počáteční nesnáze, které trvaly 10 minut než se v programu zorientovali, probíhalo vše v pořádku, žáci si opět zaznamenávali naměřené hodnoty do tabulky, opět měřili hladinu intenzity hlasitosti nejprve přímo u zdroje a poté ve vzdálenosti jeden metr, a to z důvodu, aby dokázali porovnat, zda se z navyšující se vzdáleností bude hladina intenzity hlasitosti snižovat, či nikoliv. Zaznamenané hodnoty, které žáci změřili jsou v následující tabulce, kde si žáci zaznamenali i domnělou hodnotu, která bude při měření naměřena.

Hlukoměr	CEM		Vernier	
	Z blízka	Z 1 metru	Z blízka	Z 1 metru
Zdroje hluku				
Var vody	81 dB	63,1 dB	78 dB	60,4 dB
Tekoucí voda z kohoutku	70,5 dB	64,7 dB	74,2 dB	61,5 dB
Zavírání/otevírání dveří	61,6 dB	56,4 dB	66,7 dB	63,4 dB
Rozhovor mezi žáky	Hodnota neuvvedena	62,9 dB	65,5 dB	62 dB
Ruch ulice ⁵⁷	46,6 dB	neuvvedeno	66,7 dB	neuvvedeno
Ruch na chodbě	46,6dB	neuvvedeno	39,7 dB	neuvvedeno
Zasouvání židle	79,6 dB	73,6 dB	74,1 dB	55 dB

Tabulka 3-naměřené hodnoty žáky deváté třídy

⁵⁷ Tato položka byla měřena z okna ve třídě, kde laboratorní práce probíhala, jelikož v době školního vyučování mají žáci vypovězeno opouštět budovu školy, zde intenzitu hlasitosti ovlivňuje také provoz na komunikaci.

8.3.2.2 Zpětná vazba od žáků

Laboratorní práce zabrala celou hodinu, i když měření probíhalo nadvakrát, práce s programem, než do fungování žáci pronikli chvíli zabralo. Naměřit stihli vše, celé měření bylo v režii žáků, pomohl jsem jim akorát s ovládním programu Logger Lite. Na konci vyučovací hodiny jsem se žáků zeptal, zda by někdo neshrnul, co při hodině probíhalo, jelikož škola tyto pomůcky nevlastní, tak to byla pro žáky premiéra, ať už se jedná o práci s programem nebo o měření s hlukoměrem. Z reakcí žáků, kterých jsem se zeptal na konci vyučovací hodiny kupodivu se dostalo hodně informací. Měření si užili všichni přistupovali k němu aktivně, i co se týče práce s programem, bavilo je to, to jsem vyzoroval, snad kromě dvou žáků, kteří zpočátku nespolupracovali, se po počátečním rozkoukání zapojili do práce, tedy pracovali všichni. Práce s hlukoměry je bavila, jediné, co jsem jim musel vysvětlit, a to rozdíl mezi váhovými filtry A a C, celé měření s hlukoměrem probíhalo s váhovým filtrem A. Žáci se divili, co všechno lze v programu Logger Lite měřit, pro ukázkou jsme si grafy nechali zobrazit i v dataloggeru LabQuest 2, ze kterého se dají případně fotky přesunout do počítače, pro mě, ale i pro žáky bylo jednodušší pracovat s programem, proto je jisté, že jak z názorů žáků, které mi řekli na konci hodiny, tak i z toho mého, budeme ještě při fyzikálních praktikách s tímto programem pracovat.

8.4 Komentáře k laboratorní práci

8.4.1 Osmá třída

Měření v osmé třídě probíhalo jednu vyučovací hodinu ve čtvrtek 6.2. od 7.50, žáci měřili ve dvou skupinkách, u zdrojů zvuku, které jsou v tabulce 2, jelikož se vždy po měření s jedním hlukoměrem (Vernier a poté CEM) střídali, aby naměřili hodnoty s hlukoměrem druhým, nepodařilo se naměřit tytéž hodnoty, jako při prvním měření s první hlukoměrem. Jedná se například o určení hlasitosti tekoucí vody, žákům se nepodařilo vždy nastavit proud vody na stejnou intenzitu, aby jim vyšla stejně naměřená hodnota, jako v předchozím měření, jelikož vždy když žáci zapnuli kohoutek a tekla jim voda z baterie, tak po každém měření vodu zavřeli, aby neplýtvali, jelikož druhá skupina nebyla ještě připravená na měření této části. Toto platí i u rozhovoru mezi žáky, vždy si dva žáci povídali a třetí měřil hladinu intenzity

hlasitosti, ovšem žáci si nepovídali při měření s oběma hlukoměry stejně hlasitě, navíc při měření s osmou třídou si chtěli všichni žáci vyzkoušet měření s hlukoměrem, tak se při měření střídali. Rozhovor tedy simulovali při každém měření jiné dvě osoby, tedy rozhovor byl jinak hlasitý a toto vedlo k tomu, že žáci naměřili u každé části jinou hodnotu, i když měřili s oběma hlukoměry v jeden den, při jedné vyučovací hodině. Toto platí pro obě skupiny.

8.4.2 Devátá třída

V deváté třídě probíhalo měření vždy v pondělí, 10.2. a 17.2., na hodině fyzikálních praktik. Jelikož žáci měřili nadvakrát, nejprve s hlukoměrem Vernier a následující pondělí s hlukoměrem CEM, nemohli naměřit u daných zdrojů, které jsou uvedené v tabulce 3, stejné hodnoty, jelikož měřili na dvou vyučovacích hodinách. Každý z žáků si chtěl vyzkoušet měření s hlukoměrem, jelikož to bylo pro většinu poprvé, kdy se s tímto přístrojem setkali, při tomto měření, tedy došlo k naměření odlišných hodnot, protože se měřilo ve dvou vyučovacích hodinách, a tedy nebylo možné nastavit všechny zdroje zvuku na takovou hodnotu, aby žáci naměřili, stejné hodnoty, jak na první, tak druhé vyučovací hodině.

8.4.3 Chyby způsobené laboratorními pomůckami

Další možností, která mohla způsobit naměření odlišné hodnoty by byla chyba na straně laboratorní pomůcky, ovšem při této laboratorní práci je tato možnost až na posledním místě, jelikož přístroje, ať už hlukoměry nebo zařízení LabQuest 2 jsou zcela nová, respektive nejsou starší pěti let. Chybu při měření ovšem mohlo způsobit nastavení hlukoměru, na kterém se nastavuje, v jakém rozmezí bude měřit, tedy dBA nebo dBC, celá laboratorní práce probíhala při měření s dBA, ovšem měření bylo po úvodním seznámení v režii žáků, tak tato chyba by mohla být jedná z mála, která mohla také vést k naměření odlišných hodnot, ovšem uvažuji jen osmou třídu, jelikož devítka měřila při dvou vyučovacích hodinách, a v této třídě chyby způsobilo už jen nastavení zdrojů zvuku. Poslední mnohdy opomíjenou chybou by mohlo způsobit vybití přístroje v průběhu měření, tedy buď vybití počítače, zařízení LabQuest 2, hlukoměru CEM, nebo hlukoměru Vernier. V takovém

případě by žáci nemohli dokončit laboratorní měření. Přístup k wifi při měření nehraje roli, jelikož všechny přístroje i program Logger Lite fungují i bez připojení k wifi.

8.5 Laboratorní práce – tvorba hlukové mapy

Tato laboratorní práce slouží pro žáky jako tzv. popularizace fyziky, jedná se zde o tvorbu hlukové mapy, kdy žáci (studenti) chodí ve skupinkách mimo objekt školy a určují hlasitost jednotlivých zdrojů, které se vyskytují v okolí.

8.5.1 Pomůcky

Pro provedení následující laboratorní práce potřebují žáci hlukoměr, který jim vypůjčí vyučující, je jedno jaké značky, zda hlukoměr Vernier, hlukoměr CEM nebo hlukoměr Voltcraft, dále potřebují papíry formátu A4 nebo A3, kam si budou zapisovat hodnoty ze svého rajónu, učitel když tak může žákům vytisknout mapu okolí, ve kterém bude vytváření hlukové mapy probíhat a mapu rozdělit na části, podle počtu skupin, do mapy nebo na papír si budou žáci zapisovat hodnoty, po měření vytvoří celá třída jako celek hlukovou mapu místa, ve kterém se měřilo.

8.5.2 Postup práce

Žáci utvoří skupinky po pěti lidech, vyučující jim rozdá hlukoměry, přístroje na měření hluku, ve skupině bude vždy jeden student zapisovat hodnoty hlasitostí jednotlivých zdrojů, které žáci změří pomocí hlukoměrů. Jakmile učitel rozdá hlukoměry, žáci mají určené role ve skupině, tj. jeden bude zapisovat naměřené hodnoty, další bude měřit pomocí hlukoměru a další budou tvořit tzv. hlukovou mapu, což je cílem této laboratorní práce. Žáci se tedy rozejdou a učitel jim určí, že na sběr dat a hodnot mají vyučovací hodinu (45 minut), což je standardní doba. Nyní student, který bude tvořit zvukovou mapu, resp. náčrtky si namaluje

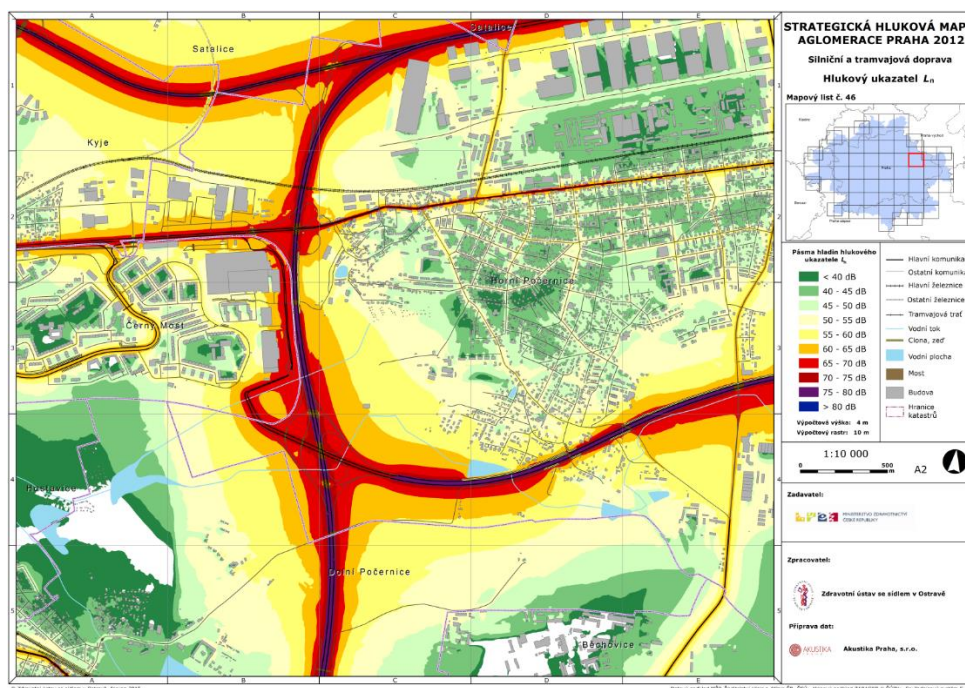
okolí, ve kterém budou žáci z dané skupiny měřit, poté bude do mapy zaznamenávat jednotlivé hodnoty, takto budou žáci kooperovat jednu vyučovací hodinu.

8.5.3 Výsledek

Výsledkem žáků by měla být zvuková mapa, kde jsou zaznamenány jednotlivé hodnoty hluku, které žáci naměřili. V případě předčasného dokončení mohou žáci mezi sebou porovnat k jakým hodnotám došli a zamyslet se, jak v dané lokalitě hladinu hluku snížit.

8.5.4 Zhodnocení práce

Tato laboratorní práce by měla v žácích vzbudit hlubší zájem o fyziku, je třeba při měření vzít v potaz, že hlukoměry, kterými žáci měří nedokážou měřit v celém rozsahu, tj. v rozsahu od 0 dB do 130 dB, většina těchto přístrojů má rozsah od 30 dB do 120 dB, není zde plný rozsah, na tvorbu hlukové mapy by to nemělo mít větší dopad, v praxi lze použít hlukoměry Voltcraft, Vernier, či hlukoměry CEM.



Obrázek 22 - Hluková mapa Prahy⁵⁸

⁵⁸ Strategická hluková mapa aglomerace Praha. Hygienická stanice hlavního města Prahy. [online]. Poslední změna 26.4. 2017 [cit. 27.6. 2020]. Dostupné z http://www.hygpaha.cz/dokumenty/mezinarodni-den-vedomeni-hluku--jak-pozname-depresi---3047_3047_159_1.html

Závěr, shrnutí

Ve své práci jsem se zabýval hlukem, svou práci mám rozdělenou na dvě části: část teoretickou a část praktickou. V teoretické části jsem uvedl čtenáře do problematiky svého tématu, kde jsem začal od definice zvuku (Rossing, Moore, Wheeler), přešel jsem k základním akustickým veličinám, další kapitolu jsem věnoval anatomii ucha, a také onemocněním, kterým může člověk mít sklon, pokud poslouchá zvuk vysokých intenzit. Jednu kapitolu jsem také věnoval práci s programem Audacity, ve kterém jsem provedl řadu pokusů na periodické, neperiodické a harmonické zvuky. Poslední kapitola je věnována praktické části, laboratorní práci, kterou jsem provedl s žáky osmého a devátého ročníku na základní škole.

Co se týká cílů, které jsem si kladl na začátku práce, v teoretické části bylo mým hlavním cílem seznámit čtenáře (žáky) s podstatou hluku, tedy, co můžeme považovat za hluk, se základními akustickými veličinami. V tomto směru, co se týče seznámení žáků s tím, co je hluk, dále pak základní akustické veličiny (výchylka, rychlost, zrychlení), ale také hladiny intenzity hlasitosti, to je teoretický základ, který se bude žákům hodit, v tomto směru bych řekl, že cíle byly naplněny. Kapitola o hladinách intenzity hlasitosti navíc je využita i v praktické části, při provádění laboratorní práce, kde žáci měří pomocí hlukoměrů hladiny intenzity hlasitosti, tedy co se týče splnění cílů u praktické části, ta sestává ze dvou částí, o hladinách intenzity hlasitosti, žáci v této laboratorní práci měřili hladiny intenzity hlasitosti u jednotlivých zdrojů vždy přímo u zdroje a poté z metrové vzdálenosti, zvolil jsem to takto záměrně, aby žáci sami mohli diskutovat a odhadovat, zda když se při stejné frekvenci zdroje bude pozorovatel, který měří danou intenzitu hlasitosti bude vzdalovat, zda se na hlukoměru naměří nižší hodnota, než těsně u zdroje. Na konci hodiny jsem ze žáků zeptal, v osmé i v deváté třídě, zda v tom spatřují nějaké pravidlo, že čím budou dále od zdroje, který bude hlučet se stejnou frekvencí, zda bude hladina intenzity hlasitosti menší, jelikož si žáci naměřené hodnoty zapisovali, v mnoha případech jsme použili i program Logger Lite, ke grafickému zpracování, tak po chvíli závěrečného rozebírání usoudili a i správně, že čím bude pozorovatel dále od zdroje, který hlučí stále se stejnou frekvencí, tím bude hladina intenzity hlasitosti menší, k tomuto závěru došli žáci z osmého i z devátého ročníku, tedy u této laboratorní práce byly cíle splněny. Jako další cíl ro zpracování diplomové práce si kladu,

rozebrat u této laboratorní práce jednotlivé body ze seznamu měřených hodnot, a podrobit je analýze. Druhá laboratorní práce tvorba hlukové mapy slouží spíše jako popularizace fyziky, kde měří žáci hladiny intenzity hlasitosti zapisují své hodnoty do mapy, jelikož pracují ve skupinkách jejich rozptyl je větší a mohou poté složit výslednou mapu z map dílčích, i při této laboratorní práci se pracuje s hlukoměry, ovšem tato laboratorní práce je brána spíš jako jakýsi nápad, jelikož nebyla provedena, je to tedy také možnost do budoucna, proto nebyla tato laboratorní práce zahrnuta ani do cílů, jelikož rozebrání bych si ponechal případně k diplomové práci. Závěrem bych ještě napsal, že u praktické části se u laboratorní práce jedna (měření intenzity hlasitosti jednotlivých zdrojů) cíle podařilo naplnit. Zbývající laboratorní práci bych si ponechal jako plán pro tvorbu diplomové práce.

Dalším mým cílem bylo porovnat rozdílnosti v učebnicích fyziky pro základní a střední školy, zmínil jsem dále významná nakladatelství, která vydávají učebnice fyziky s touto tematikou, jak na základních školách, tak na středních školách, z tohoto pohledu bych řekl, že co se týče základního rozložení daného tématu akustiky a hluku v učebnicích na základní a střední škole s uvedením nakladatelství, které tyto knihy vydávají, nemohl jsem ovšem postihnout celý český trh, ale jen ty autory, kteří, nebo se kterými jsem se setkal v podobě knih na základní, či střední škole a strukturou daných knih mě oslovili, i tomuto tématu bych se chtěl dále věnovat ve své diplomové práci.

Anotace

Ve své práci se zabývám hlukem ve školské fyzice, tedy na základní a střední škole. Práci jsem rozdělil na dvě části teoretickou a praktickou. V teoretické části mám základy o hluku, základní veličiny, anatomii ucha, pokusy prováděné na střední škole. V praktické části se věnuji laboratorní práci, která probíhala při hodině fyzikálních praktik na základní škole.

Klíčová slova: zvuk, hluk, sluchové ústrojí, školní pokusy, Audacity, laboratorní práce

Annotation

In my work I'm dealing with noise in school physics, thus in elementary school and in high school. My work I split to two parts theoretical and practical. In theoretical part I have basics about noise, basic quantities, ear anatomy and experiments, that are performed in high school. The practical part deals with laboratory work, which begins with a lesson in physical practice at primary school.

Keywords: sound, noise, auditory system, school experiments, Audacity, laboratory work

Seznam obrázků a tabulek

OBRÁZEK 1 - HLUKOMĚR UT-351	3
OBRÁZEK 2-HLUKOMĚR UT351	3
OBRÁZEK 3-HLUKOMĚR CEM	4
OBRÁZEK 4 - HLUKOMĚR VERNIER (ZDROJ: VLASTNÍ)	4
OBRÁZEK 5 - HLUKOMĚR CEM (ZDROJ: VLASTNÍ)	4
OBRÁZEK – BOOMWHACKERS	31
TABULKA 1-TABULKA HLADINY INTENZITY ZVUKU	9
TABULKA 2 - NAMĚŘENÉ HODNOTY ŽÁKY OSMÉ TŘÍDY	42
TABULKA 3-NAMĚŘENÉ HODNOTY ŽÁKY DEVÁTÉ TŘÍDY	44

Literatura, zdroje

- [1] Rossing T.D., Wheeler P., Moore R. The Science of Sound (3rd edition), Addison Wesley, San Francisco, 2002
- [2] Hellmuth Tomáš, Michal Jiří, Potužníková Dana. Hluk v komunálním prostředí. Dostupné z: <http://www.khshk.cz/e-learning/kurs2a/index.html>
- [3] Zákon č.258/2000 Sb. Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů [online]. Poslední změna 1.5.2020 [cit. 24.6.20]. Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>
- [4] Machová, J. Biologie člověka pro učitele.2.vydání, Praha, Karolinum,2016, 269 s., ISBN 978-80-246-3357-2
- [5] Čihák, R. Anatomie 3, 2.vydání, Praha, Grada, 2004, 673 s., ISBN 978-80-247-1132-4
- [6] Sinělnikov, R.D. Atlas anatomie člověka III,3. vydání, Praha, Avicenum, 1982, 399 s., 80-041-80
- [7] LEPIL Oldřich, Mechanické kmitání a vlnění, Prometheus, Praha,129 s., 2016, ISBN 978-80-7196-387-5
- [8] Svoboda E. a kol., Přehled středoškolské fyziky, Prometheus, Praha,497 s., 1996, ISBN 978-80-7196-116-7
- [9] Gascha H., Pflanz S., Kompendium fyziky, Universum, Banská Bystrica, 488 s., 2008 ISBN 978-80-242-2013-0
- [10] Babisch W. The noise/stress concept, risk assessment and research needs. Noise Health [serial online] 2002 [cited 2020 Jun 21];4:1-11. Available
- [11] WHO. Berglund B., Lindvall T., Schwela D.M., Guidelines for community noise. London, United Kingdom, 1999
- [12] Bušta F., Přehled vzorců z matematiky a fyziky, Naše Vojsko, 95 s., 1961

- [13] Polák J., Přehled středoškolské matematiky, 10.vydání, Praha, Prometheus, 2015, 659 s., ISBN 978-80-7196-458-2
- [14] Hajko V., Daniel-Szabó J., Základy fyziky, Bratislava, VEDA, 1980, 575 s.
- [15] Hlavička A., Bělař A., Krmešský J., Špelda A., Fyzika pro pedagogické fakulty I Praha, SPN, 1971, 743 s., 96-00-12/2.
- [16] Mechlová E., Košťál K. a kol., Výkladový slovník fyziky, Praha, Prometheus, 2001,
- [17] LEPIL O. a kol., Fyzika pro střední školy 2, Praha, Prometheus, 1993, 312 s., ISBN 80-901619-7-9
- [18] Halliday D., Resnick R., Walker J., Fyzika 1, druhé přepracované vydání, Brno, VUTIUM, 2013, 576 s., ISBN 978-80-214-4123-1
- [19] RAUNER, Karel. Fyzika 8: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia. 1. vyd. Plzeň: Fraus, 2006, 128 s. ISBN 80-723-8525-9
- [20] Vachek, Jaroslav. Fyzika: přehled učiva základní školy, Praha, SPN, 326 s. 14-418-73
- [21] LEPIL, O., Malý lexikon fyziky.1.vydání. Praha, Prometheus. 1995, 175 s., ISBN 978-80-85849-77-1
- [22] Hluk. Wikipedie Otevřená encyklopedie [online]. Poslední změna 4.6.2020 [cit. 24.6.20]. Dostupné z <http://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=29415>.
- [23] Anatomie ucha. Fotky foto Fotobanka [online]. [cit. 24.6.20]. Dostupné z [https://fotky-foto.cz/fotobanka/ucha-anatomyillustration-anatomie-ucha\(4-141469224\)/](https://fotky-foto.cz/fotobanka/ucha-anatomyillustration-anatomie-ucha(4-141469224)/)
- [24] Hlukové mapy. 2017. Ministerstvo zdravotnictví České republiky [online]. [cit. 24.6. 20] Dostupné z <https://geoportal.mzcr.cz/SHM2017/>
- [25] Atlas životního prostředí. Geoportal Praha [online]. [cit. 24.6.20] Dostupné z [https://app.iprpraha.cz/apl/app/atlas-zp/?service\[\]=hlukova_mapa](https://app.iprpraha.cz/apl/app/atlas-zp/?service[]=hlukova_mapa)
- [26] Graf závislosti hladiny hlasitosti na hlasitosti [online]. [cit. 26.6.20]. Dostupné z <http://cpe.byl.cz/clanky/fysiolog/fysiolog.htm>

[27] Boomwhackers BW-JG. thomann [online]. Poslední změna 11.9.2017. [cit. 26.6.2020]. Dostupné z https://www.thomann.de/cz/gewa_boomwhackers_bass.htm

[28] Fyzika 6. – 9. ročník (tematické plány). Metodický portál. [online]. Poslední změna 9.9.2011. [cit.26.6.20] Dostupné z [http://wiki.rvp.cz/Sborovna/3Tematicke_plany/2.Zpracovane_tematicke_plany/2.stupen/Fyzika/Fyzika_6._-9._rocn%C4%8Dn%C3%ADk_\(tematick%C3%A9_pl%C3%A1ny\)](http://wiki.rvp.cz/Sborovna/3Tematicke_plany/2.Zpracovane_tematicke_plany/2.stupen/Fyzika/Fyzika_6._-9._rocn%C4%8Dn%C3%ADk_(tematick%C3%A9_pl%C3%A1ny))

[29] Práh sluchu a sluchové pole. WikiSkripta [online]. Poslední změna 5.1.2019. [cit.27.6.2020]. Dostupné z https://www.wikiskripta.eu/w/Pr%C3%A1h_sluchu_a_sluchov%C3%A9_pole

[30] Strategická hluková mapa aglomerace Praha. Hygienická stanice hlavního města Prahy. [online]. Poslední změna 26.4. 2017 [cit. 27.6. 2020]. Dostupné z http://www.hygp Praha.cz/dokumenty/mezinarodni-den-uedomeni-hluku--jak-pozname-depresi---3047_3047_159_1.html