

T É M A: MĚŘENÍ RYCHLOSTI ZVUKU OTEVŘENÝM REZONÁTOREM

Vypracoval/a:

Třída:

Spolupracoval/a:

Datum:

ANOTACE:

V této laboratorní práci si žáci připomenou mechanické vlnění, interferenci vlnění, stojaté vlnění, chvění mechanických soustav, zvukové vlnění, seznámí se s měřením rychlosti zvuku při rezonanci vzduchového sloupce. V druhé části laboratorní práce provedou žáci měření rychlosti zvuku pomocí rezonátoru otevřeném na jednom konci.

TEORIE:

Mechanické vlnění:

Děj, při kterém se kmitání šíří látkovým prostředím, se nazývá mechanické vlnění. Šíření vln není spojeno s přenosem látky. Postupným vlněním se přenáší energie

Postupné vlnění se v pružném prostředí šíří rychlostí v , která závisí na vlastnostech prostředí. Jestliže zdroj vlnění kmitá s periodou T , popřípadě s frekvencí f , pak vlnění za dobu T dospěje do vzdálenosti λ , kterou nazýváme **vlnová délka**.

Platí: $\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f}$

Vlnová délka je nejmenší vzdálenost dvou bodů, které kmitají se stejnou fází. Vlnová délka je nejdůležitější charakteristikou vlnění.

Postupné mechanické vlnění je buď příčné (hmotné body kmitají kolmo na směr, kterým vlnění postupuje), nebo podélné (hmotné body kmitají ve směru, kterým vlnění postupuje).

Interference vlnění:

Pokud se prostředím šíří dvě nebo více vlnění, pak v místech kde se vlnění setkávají, dochází k jejich skládání, nastává **interference vlnění** a kmitání bodu v daném místě je určeno superpozicí okamžitých výchylek jednotlivých vlnění.

Stojaté vlnění:

Na konci řady bodů, kterou se vlnění šíří, nastává **odraz vlnění**. Na pevném konci se vlnění odráží s opačnou fází a na volném konci se stejnou fází.

Stojaté vlnění vzniká interferencí dvou vlnění o stejné frekvenci a amplitudě, která postupují prostředím v opačných směrech. Body ve stojaté vlně kmitají se stejnou fází, ale s různou amplitudou výchylky.

Místo s největší amplitudou výchylky se nazývá **kmitna**, místo s nulovou amplitudou výchylky **uzel**. Poloha kmiten a uzlů se nemění.

Vzdálenost sousedních kmiten nebo uzlů se rovná polovině vlnové délky stojatého vlnění, tedy $\frac{\lambda}{2}$.

Vzdálenost sousední kmitny a uzlu je rovna čtvrtině vlnové délky stojatého vlnění, tedy $\frac{\lambda}{4}$.

Stojatým vlněním se nepřenáší energie, stojaté vlnění může být příčné nebo podélné.

Chvění mechanických soustav:

Se stojatým vlněním se setkáváme zejména u těles, která představují prostorově ohraničené pružné prostředí. Vlnění v nich postupuje až k rozhraní, na kterém nastává odraz vlnění. Odražené vlnění se skládá s vlněním postupujícím původním směrem, vzniká stojaté vlnění, které nazýváme **chvění**.

a) Struny

Struny jsou napjatá pevná vlákna, ve struně vznikají po rozechvění stojaté vlny. Oba konce struny jsou pevné a stále v klidu, proto v nich vzniknou uzly, uprostřed mezi nimi vznikne kmitna. Pokud vznikne mezi konci struny jedna kmitna, struna vydává základní tón. Ve struně může vzniknout chvění jen určitých frekvencí. Stojaté vlny, které vzniknou, musí splňovat podmínku: $l = k \cdot \frac{\lambda}{2}$, kde $k = 1, 2, \dots$.



Obrázek 1: Chvění struny

b) Tyče

Tyče vytvoří stojaté vlnění, které závisí na tom, jak je tyč upevněna.

Je-li tyč upevněna uprostřed, pak konce tyče jsou volné. Uzel vznikne uprostřed v místě uchycení tyče, na koncích tyče vzniknou kmitny. Stojaté vlny, které vzniknou, musí splňovat podmínku: $l = (2k - 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$, kde $k = 1, 2, \dots$.



Obrázek 2: Chvění tyče upevněné uprostřed

Je-li tyč upevněna na jednom kraji a druhý konec je volný. Uzel vznikne na pevném konci a na volném konci tyče vznikne kmitna. Stojaté vlny, které vzniknou, musí splňovat podmínku: $l = (2k - 1) \cdot \frac{\lambda}{4}$, kde $k = 1, 2, \dots$.



Obrázek 3: Chvění tyče upevněné na jednom konci

c) Vzduchové sloupce v trubicích

Je-li trubice na jednom konci uzavřená, vznikne na otevřeném konci kmitna a na uzavřeném konci uzel stojatého vlnění.

Stojaté vlny, které vzniknou, musí splňovat podmínku: $l = (2k - 1) \cdot \frac{\lambda}{4}$, kde $k = 1, 2, \dots$.



Obrázek 4: Chvění vzduchového sloupce uzavřeného na jednom konci

Je-li trubice otevřená na obou koncích, vznikne na otevřených koncích kmitny. Stojaté vlny, které vzniknou, musí splňovat podmínku: $l = (2k - 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$, kde $k = 1, 2, \dots$.



Obrázek 5: Chvění vzduchového sloupce otevřeného na obou koncích

Zvukové vlnění

Zvukem nazýváme každé mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno v lidském uchu vyvolat sluchový vjem. Lidské ucho vnímá zvuky o frekvencích větších než 16 Hz a menších než 16 kHz. Mechanické vlnění s menší frekvencí nazýváme infrazvuk, s větší frekvencí ultrazvuk. Zvuk potřebuje ke svému šíření látkové prostředí. Zvuk se šíří v plynech, kapalinách i látkách pevných. Ve vakuu se šířit nemůže.

Rychlost zvuku

Zvuk se šíří jen pružným látkovým prostředím libovolného skupenství. Rychlost zvuku závisí na prostředí, ve kterém se zvuk šíří. Rychlost zvuku v kapalinách a v pevných látkách je větší než ve vzduchu. Rychlost zvuku ve vzduchu závisí na jeho teplotě.

Pro rychlost v šíření zvuku ve vzduchu platí:

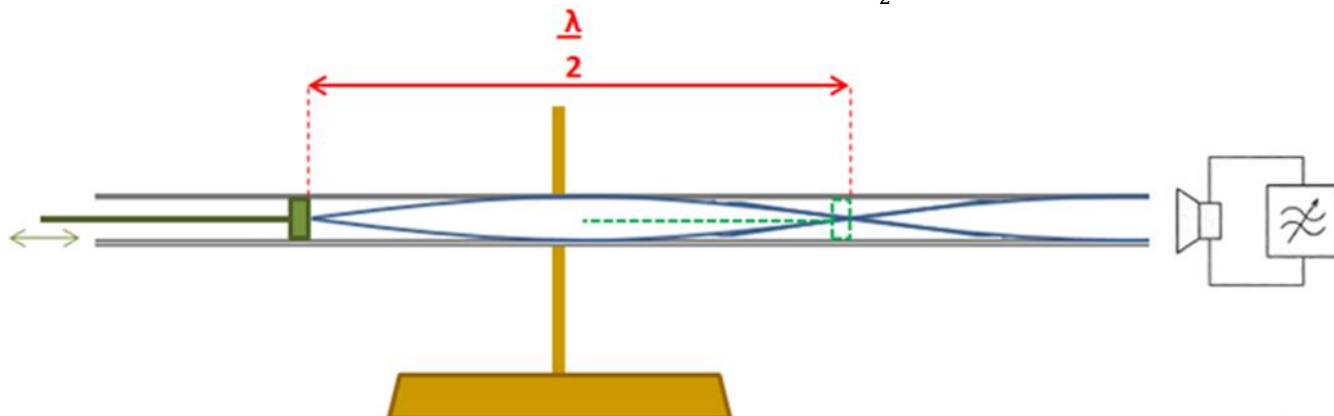
$$v_t = (331,82 + 0,61\{t\}) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde $t \dots$ teplota vzduchu ve $^{\circ}\text{C}$

Měření rychlosti zvuku provedeme určením vlnové délky stojatého vlnění při rezonanci vzduchového sloupce. Rezonátor je na jednom konci otevřený a na druhém uzavřený. Ve vzduchovém sloupci vzbuzujeme chvění pomocí zdroje zvuku. K rezonančnímu zesílení zvuku dochází při všech délkách l vzduchového sloupce, pro které platí:

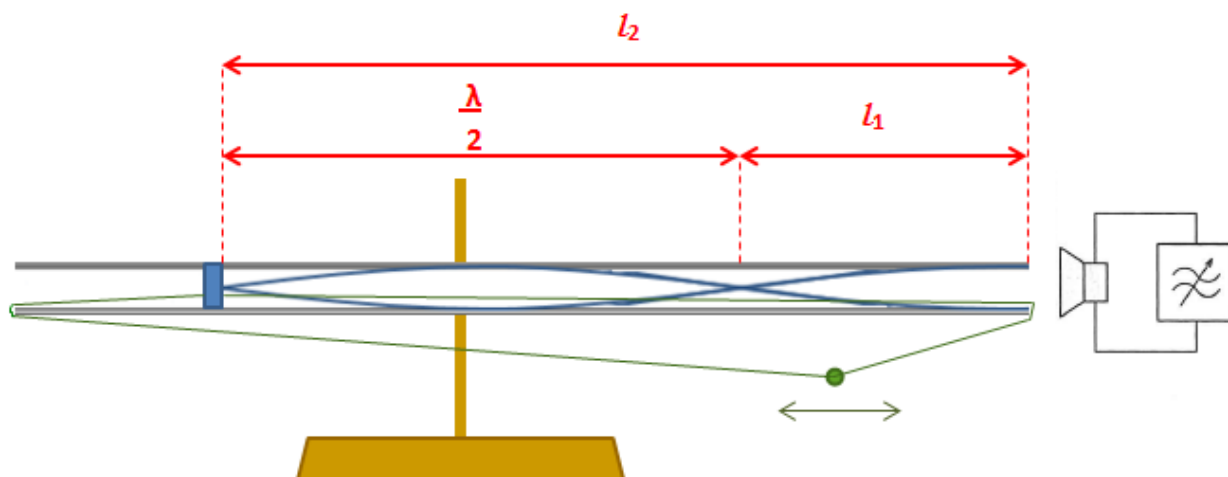
$$l = (2k - 1) \cdot \frac{\lambda}{4} \quad \text{kde } k = 1, 2, \dots$$

Pro vzdálenost dvou sousedních uzlů (jak je vidět na obrázku 6) platí: $l = \frac{\lambda}{2}$



Obrázek 6: Rezonance při dvou různých polohách pístu

Jako rezonátor použijeme průhlednou trubici, na její povrch připevníme měřidlo. Do trubice je vložený pohyblivý píst, kterým je provlečené vlákno, které slouží k posouvání pístu. K otevřenému konci rezonátoru přiložíme zdroj zvuku (ladičku nebo tónový generátor s reproduktorem), který kmitá s frekvencí f . Píst posunujeme směrem od otevřeného konce válce a najdeme takovou polohu pístu, při které nastalo zesílení zvuku. Změříme délku l_1 . Pokračujeme v posouvání pístu a určíme polohu pístu, kde nastalo opět zesílení zvuku. Změříme délku l_2 .



Obrázek 7: Určení délek, při kterých nastalo zesílení zvuku

Dvě polohy pístu, při kterých nastalo zesílení zvuku, jsou ve vzdálenosti $l = l_2 - l_1$ (obrázek 7). Vzdálenost obou poloh pístu určuje polovinu vlnové délky zvuku v trubici.

Takže platí:

$$l = \frac{\lambda}{2} \quad \text{tedy} \quad \lambda = 2 \cdot l \quad (1)$$

Pro rychlost zvuku ve vzduchu o frekvenci f platí:

$$v = f \cdot \lambda \quad \text{tedy} \quad v = 2 \cdot l \cdot f \quad (2)$$

Po dosazení (1) do (2) dostaneme:

$$v = 2 \cdot l \cdot f \quad (3)$$

Ze vztahu (3) vypočtete rychlost zvukového vlnění.

PŘÍPRAVA:

1. Zopakujte si učivo: interference vlnění, stojaté vlnění.
2. Zopakujte si, co víte o chvění mechanických soustav.
3. Zopakujte si, jak závisí rychlost zvuku ve vzduchu na teplotě.
4. V laboratoři budete potřebovat kalkulačku.

ÚKOL:

Určete rychlosti zvuku pomocí rezonátoru otevřeném na jednom konci.

POMŮCKY:

Otevřený rezonátor s pístem, zdroj zvuku o známé frekvenci (ladička nebo tónový generátor s reproduktorem), délkové měřidlo, teploměr, stojan na upevnění rezonátoru

POSTUP:

1. na skleněnou trubici otevřenou na obou koncích si pomocí gumiček připevníte délkové měřidlo
2. do trubice vložte pohyblivý píst, kterým je provlečené vlákno
3. píst posuňte blíže k jednomu konci trubice
4. k okraji skleněné trubice přiložte zdroj zvuku známé frekvence f
5. píst posunujte směrem od otevřeného konce válce a najděte takovou polohu pístu, při které nastalo zesílení zvuku
6. změřte délku l_1
7. pokračujte v posunování pístu a určete takovou polohu pístu, kde nastalo opět zesílení
8. změřte délku l_2
9. naměřené hodnoty zapište do tabulky
10. měření opakujte pětkrát
11. pro každé dvě hodnoty l_1 a l_2 vypočtěte l ze vztahu:
$$l = l_2 - l_1$$
12. určete aritmetický průměr hodnot \bar{l}
13. rychlost zvuku vypočtěte ze vztahu:
$$v = 2 \cdot \bar{l} \cdot f$$
14. teploměrem změřte teplotu t v místě měření
15. dosadte hodnotu teploty do vztahu pro rychlost:
$$v_t = (331,82 + 0,61\{t\})m \cdot s^{-1}$$
16. vypočtěte hodnotu rychlosti
17. porovnejte naměřenou a vypočtenou rychlost zvuku ve vzduchu

VYPRACOVÁNÍ:

ÚKOL:

Určete rychlosti zvuku pomocí rezonátoru otevřeném na jednom konci.

FREKVENCE ZDROJE ZVUKU:

frekvence zdroje zvuku:

TABULKA:

Číslo měření	$l_1[cm]$	$l_2[cm]$	$l[cm]$
1			
2			
3			
4			
5			

průměrná hodnota l :

ROVNICE PRO VÝPOČET RYCHLOSTI ZVUKU:

vypočtete rychlost zvuku ze vztahu:

VÝPOČET:

rychlost zvuku je:

TEPLOTA VZDUCHU V MÍSTĚ MĚŘENÍ:

ROVNICE PRO VÝPOČET RYCHLOSTI ZVUKU V ZÁVISLOSTI NA TEPLOTĚ:

vztah pro výpočet rychlosti zvuku ve vzduchu:

rychlosti zvuku ve vzduchu je:

ZÁVĚR:

SHRNUTÍ:

1. Co je to vlnová délka?
2. Jak vzniká stojaté vlnění?
3. Co je to kmitna?
4. Co je to uzel?
5. Jaká je vzdálenost dvou sousedních kmiten nebo uzlů?
6. Co je to zvuk?
7. Jaký je rozsah frekvencí zvuku?
8. Může se zvuk šířit ve vakuu?
9. Kde vznikne kmitna a kde uzel, jeli rozechvěná tyč upevněna uprostřed a konce tyče jsou volné?
10. Kde vznikne kmitna a kde uzel, jeli trubice otevřená na obou koncích?

SEZNAM ZDROJŮ:

- [01] SVOBODA, E.; BEDNAŘÍK, M.; FUKA, J.; LEPIL, O.; ŠIROKÝ, J.; *Přehled středoškolské fyziky*. 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1991. 588 s. ISBN 80-04-22435-0
- [02] LEPIL, O.; *Fyzika pro gymnázia – Mechanické kmitání a vlnění*. 2. přepracované vydání. Praha: Prometheus, 2001. 129 s. ISBN 80-7196-216-3
- [03] VANOVIČ, J.; SOKOL, E.; THERN, L.; VLACH, B.; *Fyzika pro II. a III. ročník gymnázia*. 6. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1981. 243 s.
- [04] ŽIVNÝ, F., LEPIL, O. *Praktická cvičení z fyziky*. 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1965. 267 s.
- [05] LEPIL, O., HOUDEK, V., PECHO, A. *Fyzika pro III. ročník gymnázií*. 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1986. 342 s.

METODICKÝ LIST

Název školy	Gymnázium a Jazyková škola s právem státní jazykové zkoušky Zlín
Autor	Mgr. Dana Stesková
Vzdělávací oblast	Člověk a příroda
Vzdělávací obor	Fyzika
Tematický okruh	Mechanika – mechanické a zvukové vlnění
Druh učebního materiálu	Laboratorní cvičení – žák
Cílová skupina	Žák, 15 – 19 let
Anotace	Pracovní list určen do výuky žákům, podklad pro laboratorní cvičení z fyziky. Informace žák čerpá z vlastních poznámek, odborné literatury. Náplň: mechanické vlnění, interferenci vlnění, stojaté vlnění, chvění mechanických soustav, zvukové vlnění, seznámí se s měřením rychlosti zvuku při rezonanci vzduchového sloupce, tyto poznatky aplikují při měření rychlosti zvuku pomocí rezonátoru.