

T É M A: URČENÍ FREKVENCE LADIČKY POMOCÍ REZONANCE

Vypracoval/a:

Třída:

Spolupracoval/a:

Datum:

ANOTACE:

V této laboratorní práci si žáci zopakují učivo o zvuku a jeho vlastnostech, seznámí se s využitím rezonance při určování vlnové délky a frekvence zvukové vlny. V druhé části laboratorní práce provedou žáci měření frekvence ladičky pomocí rezonance vzduchového sloupce.

TEORIE:

Zvuk a jeho šíření

Zdrojem zvuku je chvějící se těleso. Chvějící se tělesa (zdroje zvuku) vyvolávají v prostředí vlnění (zvukové vlny). Tyto vlny, které dopadnou na naše ucho vnímáme je jako zvuk. Zvuk má frekvenci větší než 16 Hz a menší než 16 000 Hz. Zvuk potřebuje ke svému šíření látkové prostředí. Zvuk se šíří v plynech, kapalinách i látkách pevných. Ve vakuu se šířit nemůže.

Podle způsobu vzniku dělíme zvuky na:

nepravidelné zvuky (nehudební) vznikají nepravidelným chvěním těles, vnímáme je jako hluk, například syčení, šumot bouchnutí, hřmění apod.

pravidelné zvuky (hudební) vznikají pravidelným chvěním těles, vnímáme je jako tón, nejjednodušší hudební tóny vydávají hudební nástroje, například píšťaly, strunné nástroje apod.

Rychlost zvuku

Zvuk se šíří rychlostí, která závisí na prostředí, ve kterém se zvuk šíří a na teplotě prostředí.

Pro rychlost v šíření zvuku ve vzduchu platí:

$$v = (331,7 + 0,6 \cdot t) \text{ m/s} \quad \text{kde } t \dots \text{teplota vzduchu ve } ^\circ\text{C}$$

Tedy při teplotě 0°C je rychlost zvuku ve vzduchu 331,7 m/s a při každém vzrůstu teploty o 1°C vzroste rychlost vždy 0,6 m/s.

Pro rychlost v šíření zvuku ve vzduchu používáme přibližnou hodnotu:

$$v = 340 \text{ m/s}$$

Rychlost zvuku v kapalinách je větší (ve vodě asi 1460 m/s) a v tuhých látek největší (například v oceli a skle asi 5000 m/s, ve dřevě asi 4000 m/s).

Vlastnosti zvuku

U každého tónu rozeznáváme výšku, barvu a intenzitu.

Výška jednoduchého tónu je určena kmitočtem jeho zdroje. Základním tónem, ze kterého vychází hudební akustika je komorní a (označuje se a^1), jehož kmitočtem je 440 Hz.

Sluchem dobře rozeznáme, na který nástroj je hraný určitý tón. Tóny vydávané hudebními nástroji nejsou jednoduché. Kromě tónu o kmitočtu základním vydává nástroj také zvuky o kmitočtech vyšších. Zpravidla jsou tyto vyšší kmitočty celistvými násobky tónu základního a nazýváme je vyššími harmonickými tóny. Počet a intenzita vyšších harmonických tónů určují **barvu zvuku**.

To, zda vnímáme určitý tón silněji nebo slaběji, souvisí s jeho intenzitou. **Intenzita zvuku** je určena velikostí zvukové energie, která projde za sekundu plochou 1 m^2 kolmou na směr šíření zvuku. Udává se ve W/m^2 . Šíří-li se zvuk ze zdroje do celého prostoru, intenzita rychle ubývá se vzdáleností. Nemůže-li se zvuk šířit volně všemi směry, zeslabuje se se vzdáleností méně. Toho dosáhneme kornoutovým tvarem hlásných trub, reproduktorů apod.

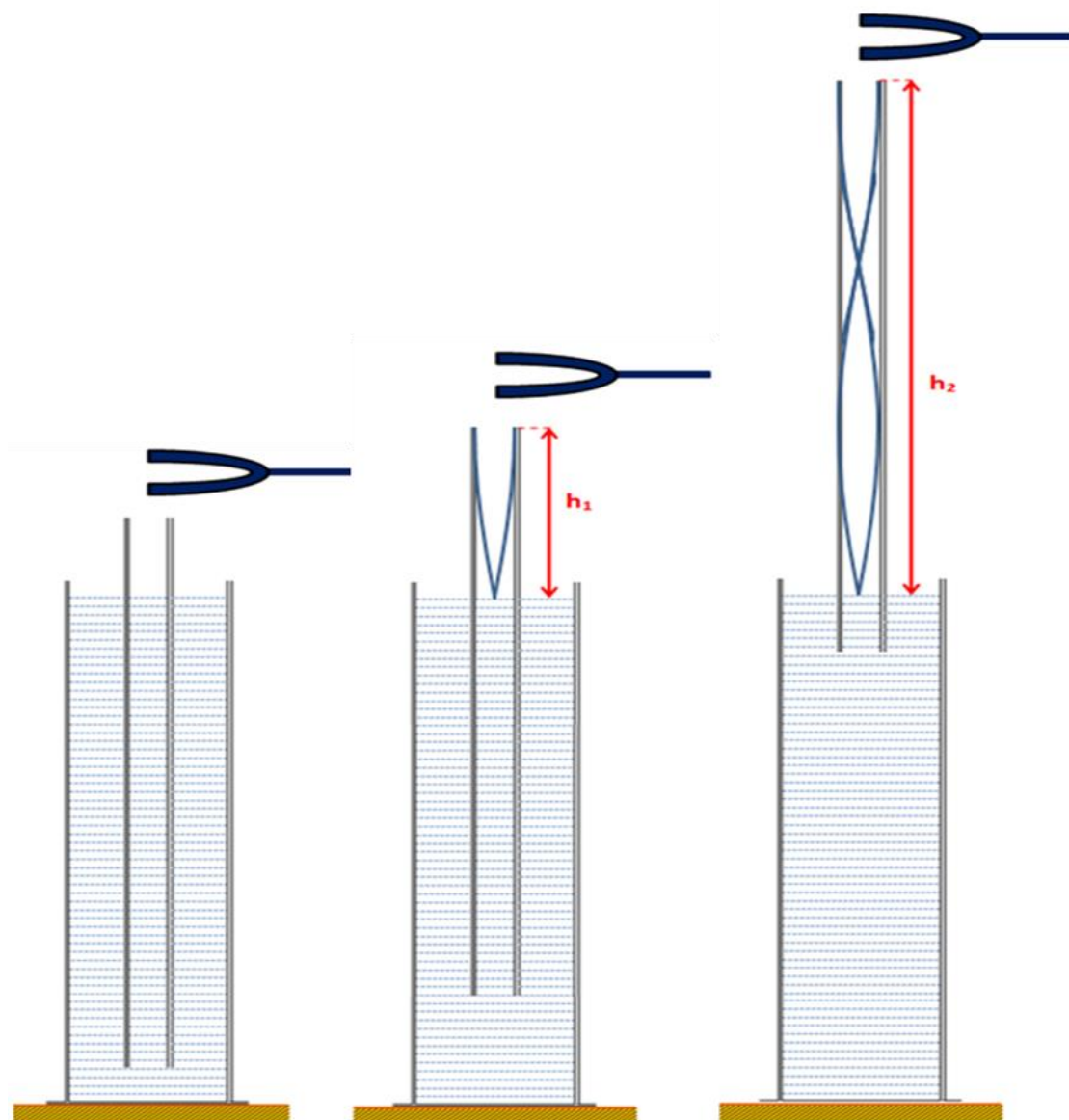
Zvuková rezonance

Zvukové vlny dopadají na tělesa, ale rozezvučí jen ta tělesa, která mohou kmitat se stejným kmitočtem, jaký mají dopadající vlny. Tento jev se nazývá **akustická rezonance**. Těleso, ze kterého vlnění vychází, se nazývá **oscilátor**. Těleso, které se po dopadu vlnění rozkmitá, se nazývá **rezonátor**. O obou tělesech říkáme, že jsou v rezonanci. Při rezonanci dochází k největšímu přenosu energie z oscilátoru do rezonátoru.

Rezonance vzduchového sloupce

Chvění ladičky může vyvolat i rezonanci ve sloupci vzduchu v trubici. Měníme-li délku sloupce vzduchu tak, že trubici více nebo méně ponořujeme do vody v nádobě, pak najdeme určitou délku vzduchového sloupce, při které se tón ladičky zesílí. V trubici nastane rezonance vzduchového sloupce s kmitočtem ladičky. Na otevřeném konci vzduchového sloupce vznikne kmitna a na vodní hladině uzel stojatého vlnění.

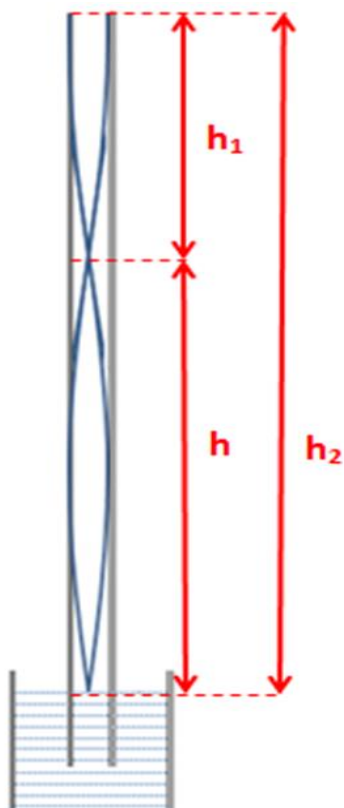
Provádíme-li pokus podle obrázku 1a) s rozezvučenou ladičkou. Do nádoby s vodou dáme trubici, kterou ponoříme do vody v nádobě, jak je naznačeno na obrázku 1 a). Trubicu pomalu vytahujeme, až najdeme takovou délku h_1 vzduchového sloupce, při které dojde k zesílení tónu ladičky, tuto délku změříme, jak je naznačeno na obrázku 1 b) a pak pokračujeme ve vytahování trubice, až opět uslyšíme zesílení tónu ladičky, tuto délku h_2 opět změříme obrázek 1c).



Obrázek 1 a)

1 b)

1 c)



Obrázek 2: Určení vzdálenosti h

Dvě polohy vodní hladiny, pro které nastalo zesílení tónu ladičky, jsou ve vzdálenosti $h = h_2 - h_1$ (obrázek 2). Vzdálenost obou hladin určuje délku poloviny vlnové délky zvukové vlny v trubici.

Takže platí:

$$h = h_2 - h_1$$

$$(1) \quad h = \frac{\lambda}{2} \quad \lambda \dots \text{vlnová délka tónu ladičky}$$

Z rovnice (1) vyjádříme λ :

$$(2) \quad \lambda = 2 \cdot h$$

Pro rychlost zvuku ve vzduchu platí:

$$(3) \quad v = f \cdot \lambda \quad \text{kde} \quad \begin{array}{l} f \dots \text{kmitočet ladičky} \\ \lambda \dots \text{vlnová délka tónu ladičky} \\ v \dots \text{rychlost zvuku ve vzduchu} \end{array}$$

Po dosazení z rovnice (2) do rovnice (4) dostaneme pro rychlost zvuku ve vzduchu:

$$(4) \quad v = 2 \cdot h \cdot f$$

Z rovnice (4) vyjádříme frekvenci ladičky:

$$f = \frac{v}{2 \cdot h}$$

PŘÍPRAVA:

1. Zopakujte si učivo: zvuk, šíření zvuku ve vzduchu.
2. Zopakujte si, kdy nastává rezonance a jak se využívá u hudebních nástrojů.
3. Zopakujte si, jak závisí rychlost zvuku ve vzduchu na teplotě.
4. V laboratoři budete dále potřebovat: kalkulačku.

ÚKOL Č. 1:

Změřte teplotu vzduchu v laboratoři a vypočítejte rychlost zvuku ve vzduchu při této teplotě.

POMŮCKY K ÚKOLU Č. 1:

teploměr

POSTUP ÚKOLU Č. 1:

Určení rychlosti zvuku ve vzduchu při naměřené teplotě

1. teploměrem změřte teplotu t
2. dosadíte hodnotu teploty do vztahu pro rychlost $v = (331,7 + 0,6 \cdot t) \text{ m/s}$
3. pomocí kalkulačky vypočtete hodnotu rychlosti a zaokrouhlete ji na jednotky
4. hodnotu rychlosti použijte u druhého úkolu

ÚKOL Č. 2:

Určete frekvenci ladičky pomocí rezonance vzduchového sloupce.

POMŮCKY K ÚKOLU Č. 2:

ladička, skleněný odměrný válec, skleněná trubice otevřená na obou koncích, délkové měřidlo, dvě gumičky, voda

POSTUP ÚKOLU Č. 2:

1. na skleněnou trubici otevřenou na obou koncích si pomocí gumiček připevníte délkové měřidlo
2. do odměrného válce nalejte vodu
3. do odměrného válce ponořte skleněnou trubici a vytvořte co nejkratší sloupec vzduchu v trubici
4. k okraji skleněné trubice přiložte rozezvučenou ladičku
5. zvětšujte délku vzduchového sloupce ve skleněné trubici vysouváním trubice, až dojde k zesílení tónu ladičky
6. změřte délku h_1 vzduchového sloupce
7. opět zvětšujte délku vzduchového sloupce ve skleněné trubici vysouváním trubice, až dojde opět k zesílení tónu ladičky
8. změřte délku h_2 vzduchového sloupce
9. naměřené hodnoty zapište do tabulky
10. měření opakujte pětkrát
11. pro každé dvě naměřené hodnoty h_1 a h_2 vypočtete h ze vztahu $h = h_2 - h_1$
12. určete aritmetický průměr hodnot h
13. frekvenci ladičky vypočtete ze vztahu $f = \frac{v}{2 \cdot h}$, za rychlost v dosadíte hodnotu určenou v prvním úkolu

VYPRACOVÁNÍ:

ÚKOL Č. 1:

Určení rychlosti zvuku ve vzduchu při teplotě t .

TEPLOTA V LABORATOŘI:

teplota vzduchu ve stupních celsia:

VÝPOČTY:

vztah pro výpočet rychlosti zvuku ve vzduchu:

rychlosti zvuku ve vzduchu:

ÚKOL Č. 2:

Určení frekvenci ladičky pomocí rezonance vzduchového sloupce.

RYCHLOST ZVUKU VE VZDUCHU:

rychlosti zvuku ve vzduchu:

TABULKA:

Číslo měření	$h_1[cm]$	$h_2[cm]$	$h[cm]$
1			
2			
3			
4			
5			

průměrná hodnota \bar{h} :

vyjádřete hodnotu \bar{h} v metrech:

ROVNICE:

vztah pro výpočet frekvence ladičky:

VÝPOČET:

frekvence ladičky je:

ZÁVĚR:

SHRNUTÍ:

1. Co je zdrojem zvuku?
2. Jakou frekvenci má zvuk?
3. Může se zvuk šířit ve vakuu?
4. V jakých látkách se šíří zvuk?
5. Na čem závisí rychlost zvuku?
6. Čím je určena výška jednoduchého tónu?
7. Jaká je frekvence základního tónu?
8. Jaká je přibližná hodnota rychlosti zvuku ve vzduchu?
9. Jak závisí intenzita zvuku na vzdálenosti?

SEZNAM ZDROJŮ:

- [01] LEPIL, O. *Fyzika pro gymnázia – Mechanické kmitání a vlnění*. 2. přepracované vydání. Praha: Prometheus, 2001. 129 s. ISBN 80–7196–216–3
- [02] VANOVIČ, J.; SOKOL, E.; THERN, L.; VLACH, B.; *Fyzika pro II. a III. ročník gymnázia*. 6. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1981. 243 s.
- [03] KRMEŠSKÝ, J.; CHYTILOVÁ, M.; LEHAR, F.; LINHART, J.; *Fyzika pro 10. ročník jedenáctiletých středních škol*. 4. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1961. 201 s.
- [04] KOLÁŘOVÁ, R.; BOHUNĚK, J.; *Fyzika pro 8. ročník základní školy*. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1999. 223 s. ISBN 70–7196–149–3
- [05] BOHUNĚK, J.; KOLÁŘOVÁ, R.; ŠTOLL, I.; *Fyzika pro 9. ročník základní školy*. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1996. 223 s. ISBN 80–7196–032–2

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 vlnění a akustika
Druh učebního materiálu	Laboratorní cvičení – žák
Cílová skupina	Žák, 11 – 15 let
Anotace	Pracovní list určen do výuky žákům, podklad pro laboratorní cvičení z fyziky. Informace žák čerpá z vlastních poznámek, odborné literatury. Náplň: zvuk, vlastnosti zvuku, rychlost zvuku, využití rezonance při určování vlnové délky a frekvence, žáci provedou měření frekvence ladičky pomocí rezonance vzduchového sloupce.