

# Studium ultrazvukových vln

Helena Bohuslavová<sup>1</sup>, Kristýna Štancelová<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katolické gymnázium Třebíč, <sup>2</sup>Gymnázium Bučovice

<sup>1</sup>HelenaBohuslavova@seznam.cz, <sup>2</sup>akinara@seznam.cz

## Abstrakt:

Časté využívání ultrazvukových vln v mnoha odvětvích jako je medicína, technika i živá příroda, nás vedlo k pochopení jeho základního principu a použití v praxi.

Při našem projektu jsme pomocí generátoru zvukových vln (40 kHz) s vysílačem a přijímačem ověřovali zákon odrazu, kdy nám odražený signál zaznamenával osciloskop. Druhá část experimentu se týkala měření rychlosti zvuku a měření vzdálenosti, kde jsme využili laboratorní princip sonaru. Dalším krokem naší studie bylo experimentálně dokázat Dopplerův jev pomocí změny frekvence zvukových vln. V poslední části projektu jsme se zabývali difrakčními jevy na mřížce.

## Teorie ultrazvuku

Ultrazvukové vlnění získáme periodickým nabíjením destičky vhodného materiálu (např. křemene, syntetické látky). Nastává piezoelektrický jev. Vlivem proudu se materiál smršťuje a rozpíná (deformuje). A tím vzniká mechanické vlnění.

Oblast mechanického vlnění s frekvencí vyšší než 16 000 Hz označujeme jako ultrazvuk. Člověk není schopen takto vysoké hodnoty zpracovávat, a proto ho nedokážeme vnímat. Naproti tomu může ultrazvuk některým živočichům sloužit jako prostředek k dorozumívání, jako je tomu u delfínů. Delfíni spolu s netopýry používají echolokační princip k vyhledávání potravy, rozpoznání překážek.

Echolokace je postup, kdy se vysílaný zvuk odrazí od předmětu zpět, kde je zachycen. Z času od vyslání vlny (zvuku) do příjmu odražené vlny (ozvěny) se dá spočítat vzdálenost předmětu. Princip echolokace se dá také využít při zkoumání hloubky moří a oceánů – používané zařízení se nazývá sonar. Sonar (z anglického SOund Navigation And Ranging - zvuková navigace a zaměřování [1]) je zařízení na principu radaru, které místo rádiových vln používá ultrazvuk. Používá se především pod vodou, protože rádiové vlny mají pod vodou výrazně menší dosah než na souši a zvuk naopak větší.

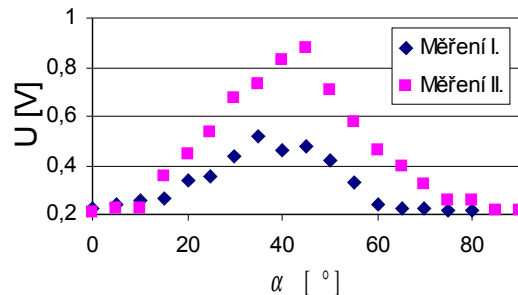
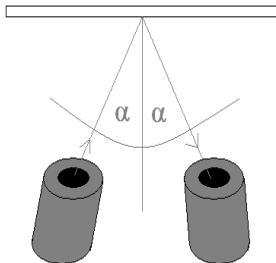
V technice je ultrazvukem možno “prosvítit” vrstvu kovu tlustou i více než 1 m, tedy mnohem více než rentgenovým zářením. Při tom lze zjistit nehomogenní místa o rozměru třeba jen 1 mm. Dále se ultrazvuku využívá pro čištění vzduchu (odstranění exhalací), sterilizaci vody, mléka a jiných roztoků, promíchání galvanické lázně, čištění předmětů, v medicíně při fyzioterapii nebo při zjišťování pohlaví dítěte. Není pochyb, že ultrazvuk má před sebou velkou budoucnost.

## Experiment

V našem experimentu jsme použili následující přístroje: Generátor 40 kHz, přijímač/vysílač zvukových vln, zesilovač, parabolická anténa s vysílačem, odrazová plastová deska, dvoukanálový osciloskop, difrakční mřížka s nastavitelným počtem štěrbin, elektrický vozíček s nastavitelnou rychlostí pojezdu, pojezdová lavice s měřítkem (2 ks), stopky, kabely, laserový zaměřovač.

## Ověření zákona odrazu $\alpha=\beta$

Zjišťovali jsme velikost úhlu odrazu zvukových vln na odrazové ploše pomocí odečítání velikosti zobrazeného signálu na osciloskopu, viz obr.1. Postupným otáčením odrazové desky o pět stupňů jsme na osciloskopu zjišťovali rozdíl v amplitudě sinusové křivky. Hodnoty jsme zapisovali do tabulky, z které jsme vytvořili graf, obr. 2.



Obr. 1.: Schéma rozestavení aparatury. Obr. 2.: Ověřování rovnosti úhlu dopadu a odrazu.

Výsledkem našeho pozorování v 1. měření bylo zaznamenání maximální hodnoty při úhlu  $35^\circ$ , což neodpovídá ve skutečnosti zákonu odrazu. V 2. měření maximální hodnota nastala při úhlu  $45^\circ$ , což odpovídá zákonu odrazu. Úhel dopadu se rovnal úhlu odrazu.

## Měření rychlosti zvuku

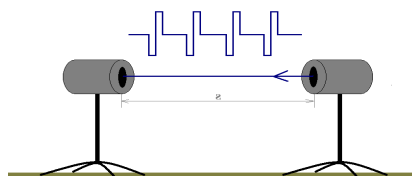
Dvoukanálovým osciloskopem s módem pro odečítání časových intervalů jsme zjišťovali rychlost zvuku dle vztahu

$$c = \frac{s}{t}, \quad (1)$$

kde  $c$  je rychlost zvuku ve vzduchu,  $s$  je součet vzdáleností mezi vysílačem a přijímačem a  $t$  je časový interval zvukových vln mezi přijímačem a vysílačem. Posunem po pěti centimetrech jsme zaznamenávali rozdíl časových intervalů a pomocí toho jsme mohli vypočítat výslednou průměrnou rychlost zvuku,

$$c = 412 \text{ m/s.}$$

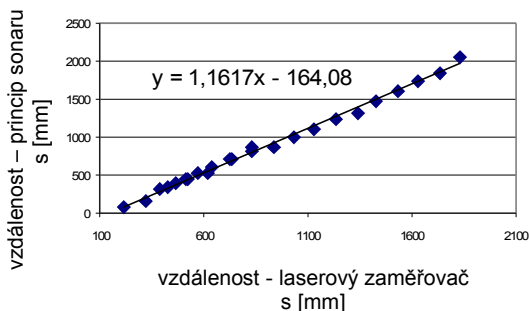
Při teplotě  $28^\circ\text{C}$  je tabulková hodnota rychlosti zvuku ve vzduchu  $349 \text{ m/s}$ .



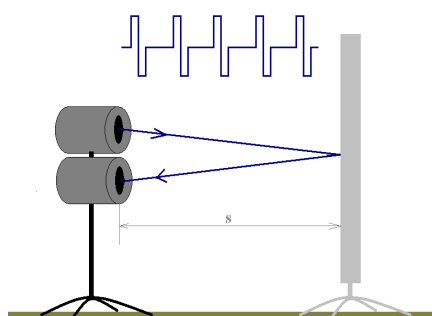
Obr. 3.: Schéma rozestavení aparatury při měření rychlosti zvuku.

## Měření vzdáleností – princip sonaru

Při měření vzdálenosti jsme využili princip sonaru, vysílač a přijímač byly ve stejné poloze a na osciloskopu jsme odečítali dobu, za kterou se vrátil signál zpátky. Vzdálenost jsme měřili také laserovým zaměřovačem. Výsledky jsme srovnali v grafu obr.4. Princip sonaru funguje při větší vzdálenosti přesněji, v laboratoři jsme měřili s přesností pouze na  $20 \text{ cm}$ .



Obr. 4.: Srovnávací graf vzdáleností.



Obr.5.: Schéma aparatury.

## Dopplerův jev

Dopplerův jev souvisí s posuvem frekvence v závislosti na rychlosti zdroje zvukových vln. Jestliže se vysílač zvukových vln pohybuje k přijímači, pak pro frekvenci přijímaných zvukových vln platí vztah

$$f = \frac{f_0}{1 - \frac{v}{c}}, \quad (2)$$

kde  $f_0$  je počáteční frekvence,  $v$  je rychlost vysílače zvukových vln, který se pohybuje k přijímači a  $c$  je tabulková rychlost zvuku. Jestliže se pohybuje přijímač k vysílači, který je v klidu, platí vztah

$$f = f_0 \left( 1 + \frac{v}{c} \right), \quad (3)$$

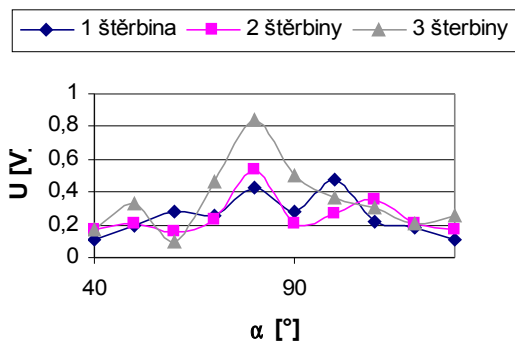
kde  $v$  je rychlost, při které se pohybuje přijímač k vysílači.

**Popis experimentu:** na pojezdovou lavici s měřítkem jsme umístili elektrický vozíček s přijímačem, který jsme posílali směrem od pevného vysílače. Na úseku 0,5 metru jsme stopkami měřili čas a na osciloskopu jsme pozorovali počáteční frekvenci zvukových vln a zapisovali do tabulky společně s frekvencí vln při pohybu vozíčku. Po naměření hodnot jsme rychlost vozíčku změnili a provedli nové měření. Pozici vysílače a přijímače jsme vyměnili, abychom dostali 4 způsoby pohybu. Výsledky jsou uvedeny v tab.1.

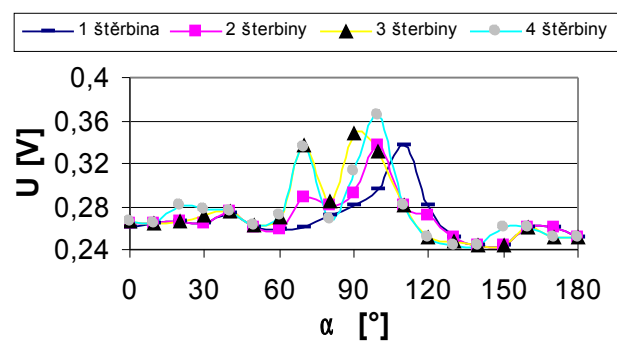
Tab. 1: Pozorování Dopplerova jevu.

vysílač pevný Pohyb: přijímač od vysílače	měřená	vypočtená	přijímač pevný Pohyb: vysílač od přijímače	měřená	vypočtená
	$f$ [kHz]			$f$ [kHz]	
	39,09	39,08		39,00	38,98
	39,04	39,01		38,99	38,97
vysílač pevný Pohyb: přijímač k vysílači	měřená	vypočtená	přijímač pevný Pohyb: vysílač k přijímači	měřená	vypočtená
	$f$ [kHz]			$f$ [kHz]	
	39,16	39,16		39,10	39,10
	39,15	39,14		39,03	39,03

# Difrakce na mřížce



Obr.8.: Měření difrakce I



Obr.9.: Měření difrakce II.

Poslední částí našeho projektu bylo studium difrakčních jevů na mřížce  $d = 3\text{cm}$ . Naše pozorování difrakce je uvedené v grafech obr. 8, 9.

## Závěr

Studovali jsme ultrazvukové vlny, zákon dopadu a odrazu jsme potvrdili. Změřili jsme rychlost zvukových vln ve vzduchu, při  $28^\circ\text{C}$   $c = 412\text{ m/s}$  (tab. hodnota je  $349\text{ m/s}$ ) a využili jsme princip sonaru na měření vzdálenosti. Dopplerův jev jsme úspěšně ověřili. Při difrakci jsme pozorovali maxima a minima.

## Poděkování

Poděkování za finanční podporu, konzultace Katedře fyziky Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské, ČVUT v Praze.

## Reference:

- [1] WIKIPEDIE: *Ultrazvukové vlny*. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ultrazvuk>, 2007, s. 1.
- [2] KOLEKTIV KF FJFI: *Studium ultrazvukových vln*. <http://praktika.fjfi.cvut.cz/>, 2007, s. 5.
- [3] HALLIDAY A SPOL.: *Fyzika, Mechanika – Termodynamika, Část 2*. Prométheus, 2001, s. 466-485.