

# Studium ultrazvukových vln

M. Kvasnicová\*, J. Záhora\*\*, J. Slížek\*\*\*  
Gymn. Botičská\*, Gymn. B. Němcové\*\*, Gymn. Děčín\*\*\*  
katanys@seznam.cz

## Abstrakt:

Cílem měření je studium vlastností zvukových vln. Budeme ověřovat zákon odrazu, měření a velikosti zvukového signálu po odrazu na odrazové ploše v závislosti na úhlech odrazu a dopadu. Dále se budeme zabývat Dopplerovým jevem.

## 1 Úvod

Ultrazvukové vlny jsou vlny s frekvencí větší než 20kHz. Tím pádem, byť mají stejnou fyzikální podstatu jako zvuk, jsou pro lidské ucho neslyšitelné, ale řada živočichů může část ultrazvukového spektra vnímat. (delfini, psi, netopýři).

Jsou to postupné podélné vlny, tzn. šíří se ve směru pohybu. Vlnová délka ultrazvuku je menší než vlnová délka zvukového vlnění, proto je ultrazvuk méně ovlivněn ohybem. Výrazný je jeho odraz od překážek a je méně pohlcován kapalinami a pevnými látkami.

## 2 Úkoly

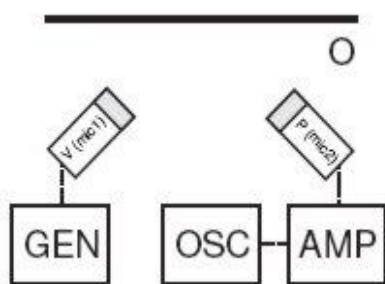
- 1) Změřte závislost velikosti přijímaného signálu na úhlu mezi vysílačem a přijímačem po odrazu na odrazivé ploše.
- 2) Změřte rychlost zvuku ve vzduchu.
- 3) Změřte Dopplerův jev pro několik rychlostí vozíčku v obou směrech a porovnejte dosažené výsledky s teoretickým výpočtem.

## 3 Pomůcky a přístroje

Generátor 40kHz, přijímač a vysílač zvukových vln, zesilovač (AC), digitální multimetr (frekvenceměr), odrazová deska, dvoukanálový osciloskop, elektrický vozíček s nastavitelnou rychlostí pojezdu, pojezdová lavice s měřítkem, stopky, kabely, laboratorní držáky.

## 4 Princip a výsledky

Pro měření velikosti zvukového signálu po odrazu na odrazové ploše v závislosti na úhlech odrazu a dopadu použijeme experimentálního uspořádání na Obr. 1.



Obr. 1: Schéma pro měření závislosti odraženého signálu na úhlu dopadu  $t$  je čas.

$GEN$  = generátor,  
 $OSC$  = osciloskop,  $AMP$  = zesilovač,  
 $v$  = vysílač,  $p$  = přijímač

Ověříme zákon odrazu. Vysílač umístíme pod úhlem  $40^\circ$  a přijímačem posouváme po stupnici po  $10^\circ$ . V tab. 1 máme naměřené hodnoty. Dle těchto výsledků, kdy jsme obdrželi největší hodnotu signálu pro úhel odrazu roven úhlu dopadu, tedy  $40^\circ$  jsme zákon ověřili.

Dále jsme měřili rychlost zvuku ve vzduchu a to podle vztahu  $c = 331,8 + 0,6 \cdot \tau$ , kde  $\tau$  je teplota ve  $^\circ\text{C}$ . V našem měření jsme dosadili  $\tau = 22^\circ\text{C}$ . Obecně rychlost

zvuku se spočte  $v = \frac{s}{t}$ , kde  $s$  je uražená dráha vlnění a

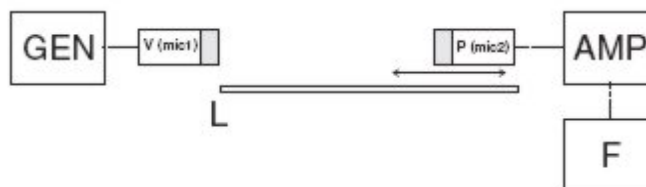
číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$ (°)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
$\beta$ (°)	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
$i$ (V)	1,30	1,00	1,50	2,10	2,90	3,15	3,30	2,85	2,65	1,55

Tabulka 1 – úhel dopadu = úhel odrazu

$\alpha$  – úhel dopadu,  $\beta$  – úhel, pod kterým přijímáme signál, a  $i$  – intenzita signálu

V různých prostředích se rychlost zvuku liší, rychlost šíření závisí na teplotě přímo úměrně, na hustotě prostředí, tedy čím větší hustota, tím lépe a rychleji se šíří zvuk a na tlaku (přítomnost molekul ve vzduchu je příčinou existence tlaku) a proto se vakuem zvuk nešíří. Námí vypočtená rychlost zvuku byla  $c = 345 \text{ m/s}$ .

Pro Dopplerův jev jsme použili experimentálního uspořádání na obr. 2. Dopplerův jev souvisí s posuvem frekvence v závislosti na rychlosti zdroje zvukových vln. Měřili jsme s upevněným vysílačem a na vozičku se pohyboval přijímač.



Obrázek 2: Uspořádání pro měření Dopplerova jevu

GEN = generátor, F = frekventoměr, AMP = zesilovač, v = vysílač, p = přijímač

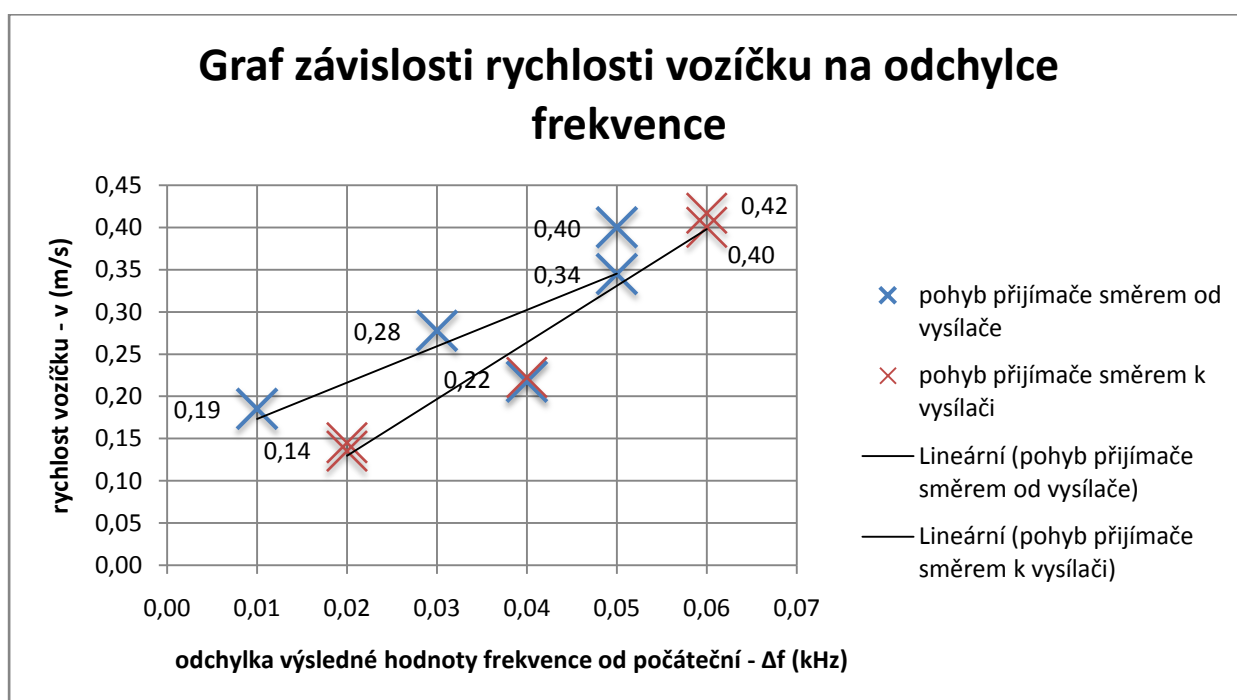
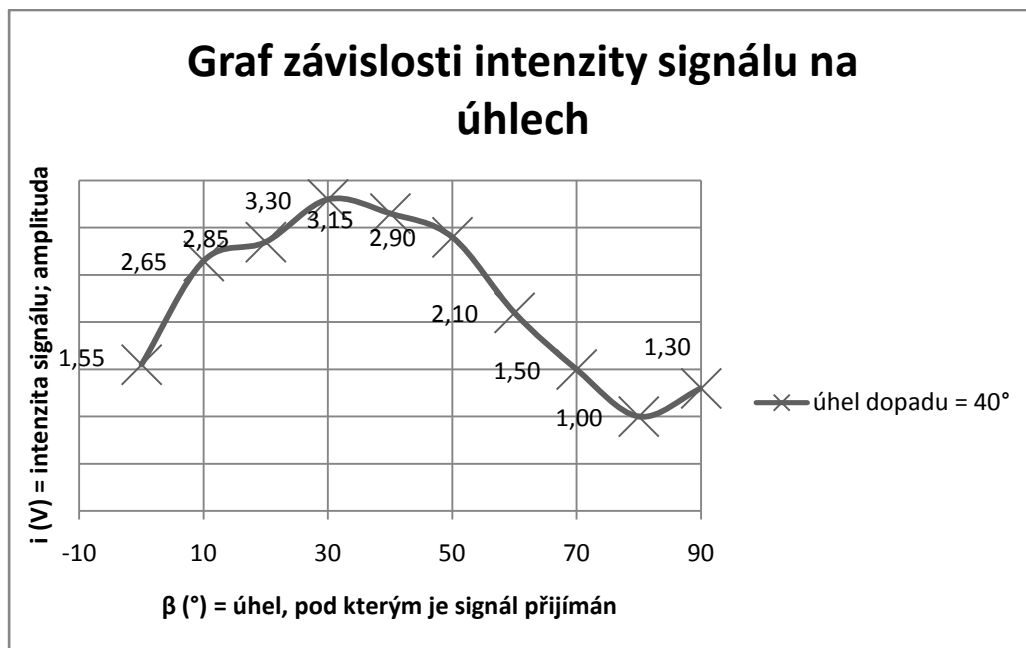
Pro výpočet jsme použili vztahu  $f = f_0 \cdot (1 \pm \frac{v}{c})$ , kde  $f_0$  byla původní nastavená frekvence na generátoru 40 kHz. Rychlost  $v$  byla rychlost vozičky s přijímačem a  $c$  byla rychlost zvuku v daném prostředí, zjištěná v předešlém měření. Ve vzorci bereme v úvahu znaménko kladné pro případ přibližování přijímače k vysílači a mínus pro vzdalování přijímače od vysílače.

číslo měření	s (m)	t (s)	v (m/s)	$f_0$ (kHz)	$f_1$ (kHz)	$\Delta f$ (kHz)	$f_2$ (kHz)
1	1	3,60	0,28	39,98	39,95	0,03	39,95
2		2,90	0,34	39,99	39,94	0,05	39,95
3		2,50	0,40	40,00	39,95	0,05	39,95
4		5,40	0,19	40,00	39,99	0,01	39,98
5		4,60	0,22	40,02	39,98	0,04	39,99
6	1	6,90	0,14	40,05	40,07	0,02	40,07
7		4,50	0,22	40,03	40,07	0,04	40,06
8		2,50	0,40	40,03	40,09	0,06	40,08
9		2,40	0,42	40,04	40,10	0,06	40,09
10		7,40	0,14	40,04	40,06	0,02	40,06

Tabulka 2 – Dopplerův jev; s – dráha vozičky, t – doba jízdy vozičky,  $f_1$  – naměřená hodnota frekvence,  $\Delta f$  – odchylka nam. hodnoty frekvence od počáteční,  $f_2$  – vypočtená hodnota frekvence; prvních 5 měření je pohyb vozičky od vysílače a dalších 5 je k vysílači

Výsledky měření v tab. 2 a grafu ukazují, že čím větší rychlost přijímače vůči vysílači, tím větší rozdíl frekvencí původní  $f_0$  a měřené  $f$  jsme naměřili.

### 3 Grafy



### 4 Shrnutí

Při našem měření jsme skoro přesně dokázali, že zákon dopadu a odrazu opravdu platí. Nejvyšší intenzita signálu byla sice na 30°, ale druhá nejvyšší byla na 40°, takže je to skoro přesné. Nepřesnosti byly způsobeny pravděpodobně nedokonalou odrazovou plochou.

Při měření Dopplerova jevu nám vycházely až překvapivě přesné hodnoty. Naměřené hodnoty se totiž shodovaly s vypočítanými, což je nečekané, protože čas měřil člověk na obyčejných stopkách → možná opožděná reakce.

## Poděkování

Na tomto místě bychom chtěli především poděkovat Jitce Brabcové za všestrannou ochotu a pomoc při tvorbě této práce a také fakultě FJFI za možnost provedení pokusů.

## Reference:

- [1] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ultrazvuk>
- [2] MECHLOVÁ, E – KOŠŤÁL, K. a kol. *Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolský kurz*, Prometheus, Praha 2001.
- [3] TOLAR, J. *Vlnění, optika a atomová fyzika*, Skripta FJFI  
<http://www.fjfi.cvut.cz/files/k402/files/skripta/voaf/VOAF2008.pdf>
- [4] LANK, V. – VONDRA, M. *Fyzika v kostce pro střední školy*, Fragment, Brno 2003