

ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

KATEDRA FYZIKY

## LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY

Jméno **Miroslav Tržil**

Datum měření **14.10.2017**

Stud. rok **2017-2018**

Ročník **Druhý**

Datum odevzdání **28.10.2017**

Stud. skupina **1-102-1021**

Lab. skupina **9**

Klasifikace

Číslo úlohy **5**

Název  
úlohy

**Měření rychlosti zvuku sonarovou metodou**

### 1. Úkol měření

- Určení rychlosti zvuku pomocí měření doby mezi vysílanými a odraženými ultrazvukovými pulzy. Naměřenou hodnotu rychlosti zvuku porovnejte s hodnotou vypočtenou

### 2. Použité pomůcky

- Digitální osciloskop Agilent DSO-X 2012A
  - Měřeno  $\Delta t$
- Ultrazvukový přijímač a vysílač
- Metr
  - Měření  $\Delta k$
  - Velikost jednoho dílku 1 mm
- Prostorový digitální teploměr
  - Měřena teplota  $\theta$
  - Přesnost 0,5°C

### 3. Postup měření

- Zapnuli jsme osciloskop, obnovili výchozí nastavení, jeden ukazatel jsem nastavil na náběžnou hranu obdélníkového vysílaného signálu (spíná na něj i Trigger). Druhým ukazatelem, jsme najeli na nejvyšší amplitudu první vlny, která přišla od přijímače
- Tento postup jsme opakovaly po 5 cm.
- Pro vypočtení statistických nejistot jsme měřili 9 pro jednu fixní hodnotu.

### 4. Použité veličiny a konstanty

- $\Delta t$       rozdíl času mezi odesláním signálu a jeho přijetím      [ms]
- $\Delta k$       vzdálenost mezi přijímačem a odraznou plochou      [cm]
- $d$       kolmá vzdálenost mezi přijímačem a vysílačem      [cm]
- $\Delta l$       vzdálenost kterou urazí zvuk ( $\sqrt{(2 \cdot \Delta k)^2 + d^2}$ )      [cm]
- $\theta$       Teplota      [°C]

## 5. Stanovení rychlosti zvuku výpočtem z teploty vzduchu

- Tabulky naměřených hodnot

Čas měření	$\theta$ [°C]
11:00	23,6
11:45	24,0
12:15	24,2

- Průměrná teplota

$$\theta = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_i = 23,9 \text{ °C}$$

- Statistická nejistota teploty

$$u_A(\theta) = \sqrt{\frac{1}{3(3-1)} \sum_{i=1}^3 \theta_i - \theta} = 0,19 \text{ °C}$$

- Nejistota teploměru

$$u_B(\theta) = \pm 0,5 \text{ °C}$$

- Kombinovaná nejistota

$$u_C(\theta) = \pm \sqrt{u_A(\theta)^2 + u_B(\theta)^2} = \pm 0,53 \text{ °C}$$

- Rychlost zvuku

$$c_{vypočtena} = 331,06 + 0,61\theta = (345,67 \pm 0,32) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

## 6. Stanovení rychlosti zvuku z měření sonarovou metodou

$$c_{zmerena} = \frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{\sqrt{(2 \cdot \Delta k)^2 + d^2}}{\Delta t} = 337,93 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

- Nejistoty

- Statistická nejistota osciloskopu

$$u_a(t) = \sqrt{\frac{1}{9(9-1)} \sum_{i=1}^9 (t_i - t)^2} = 0,001 \text{ ms}$$

- Nejistota osciloskopu – 1 jedna perioda  $u_a(t) = 0,08 \text{ ms}$

- Statistická nejistota metru

$$u_a(k) = \sqrt{\frac{1}{9(9-1)} \sum_{i=1}^9 (k_i - k)^2} = 2,25 \text{ cm}$$

- Nejistota metru

$$u_{b(k)} = \frac{0,1}{\sqrt{3}} = 0,057 \text{ cm}$$

○ Kombinovaná nejistota

$$u = \sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial k} \cdot \sqrt{u_a(k)^2 + u_b(k)^2}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial t} \sqrt{u_a(t)^2 + u_b(t)^2}\right)^2} = 2,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

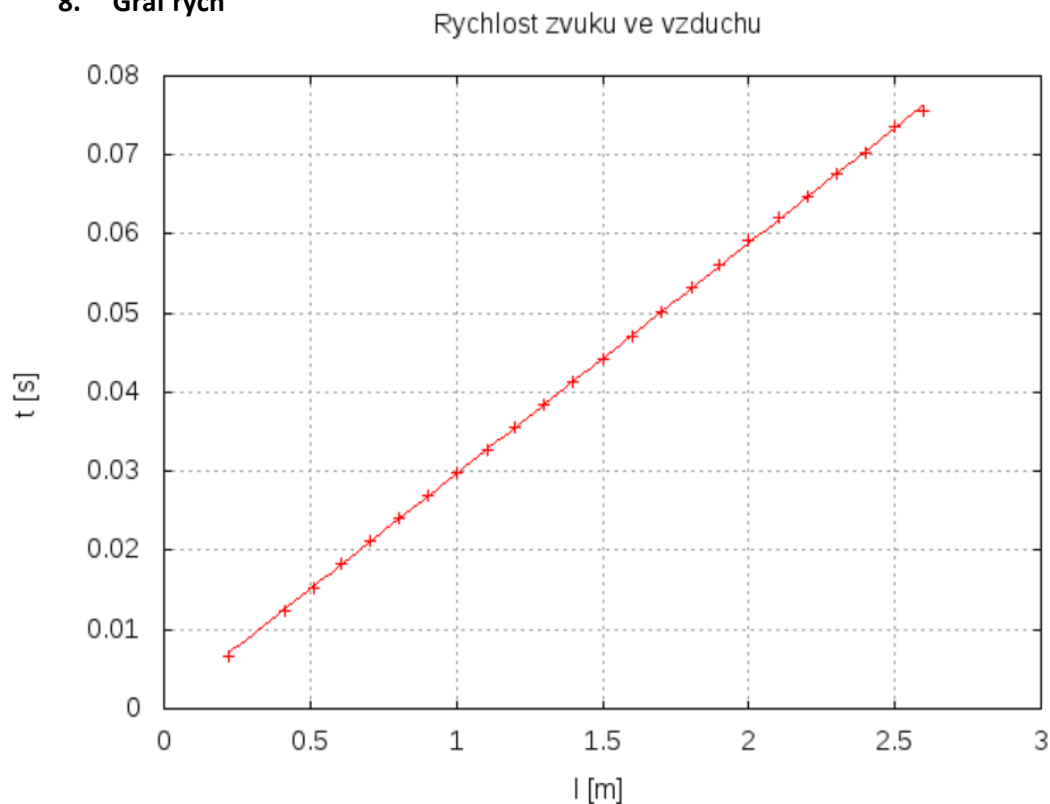
## 7. Tabulka naměřených hodnot

$\Delta k$ [cm]	$\Delta t$ [ms]
10	0,670
20	1,238
25	1,527
30	1,838
35	2,131
40	2,415
45	2,698
50	2,987
55	3,277
60	3,557
65	3,838
70	4,129
75	4,426
80	4,718
85	5,022
90	5,334
95	5,622
100	5,918
105	6,203
110	6,482
115	6,754
120	7,018
125	7,350
130	7,560
137	8,068

statistická nejistota osciloskopu		
i	k [cm]	t[ms]
1	110	6,4710
2		6,4734
3		6,4708
4		6,4736
5		6,4746
6		6,4734
7		6,4734
8		6,4738
9		6,4752

statistická nejistota metru		
i	k [cm]	t[ms]
1	111	6,47
2	111	
3	117	
4	114	
5	115	
6	117	
7	109	
8	108	
9	112	

## 8. Graf rych



## 9. Výsledek

- Rychlost zvuku vypočtená z teploty  $c_{vypočtena} = (345,67 \pm 0,32) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Rychlost zvuku změřená  $c_{zmerena} = (337,93 \pm 2,25) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

## 10. Závěr

- Bohužel se nám ani po započtení nejistot nepodařilo získat stejné výsledky. Mezi rychlostí zvuku spočtenou na základě teploty a mezi rychlostí zvuku změřenou sonarovou metodou je rozdíl 2,31 %.

## 11. Použitá Literatura

- <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/downloads/navody/tuht.pdf>
- <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/downloads/manualy/my65.pdf>
- <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/grafy-new/ukaz.php>