

UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

**Poročilo vaje**

Vaja 35 - Meritve z ultrazvokom

Luka Orlić

Ljubljana, 22. november 2022

# Kazalo

Seznam uporabljenih simbolov	2
1 Teoretični uvod	3
2 Naloga	4
3 Potrebščine	4
4 Skica	4
5 Meritve	5
5.1 Metodologija . . . . .	5
6 Obdelava meritev	6
7 Analiza rezultatov	7

## Seznam uporabljenih simbolov

Oznaka	Pomen
$\lambda$	valovna dolžina, enota: $m$
$l$	dolžina cevi, enota: $m$
$d$	razmik med hrbti in vozli, enota: $m$
$c$	hitrost valovanja, enota: $m/s$
$\rho$	gostota, enota: $kg/m^3$
$\chi$	adiabatna stisljivost zraka, enota: $m^2/N$

## 1 Teoretični uvod

Ultrazvok je zvok s frekvenco višjo kot  $20 \cdot 10^3 s^{-1}$ . Širjenje zvoka skozi neznano kapljevino v snovi osi X lahko opišemo z valovno enačbo:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - c \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0 \quad (1)$$

kjer je zvočna hitrost definirana kot:

$$c = \sqrt{\frac{1}{K_s \rho_0}} \quad (2)$$

Y je količina, ki lahko predstavlja spremembo gostote  $\rho(X, t)$  ali pa spremembo tlaka  $p(X, t)$ , ki nastaneta zaradi valovanja:

$$K_s = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_S \quad (3)$$

in  $\rho_0$  je ravnovesna gostota snovi. Rešitve zgorjnjee valovne enačbe so laho potujoči valovi:

$$y = A \cos(\omega t + kx) \quad (4)$$

kjer je  $\omega = 2\pi\nu$  in  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ . Fazna hitrost zvoka je  $C = \frac{\omega}{k}$ . Lahko pa je rešitev tudi potujoči valovni paket, ki ga izrazimo s:

$$y = \sum_i (A_i \cos(\omega_i t + k_i x)) \quad (5)$$

Paket je valovanje sestavljeno iz valovanja različnih frekvenc in valovnih števil. Hitrost paketa se lahko razlikuje od fazne hitrosti  $c$ . Podaja jo skupinska ali grupna hitrost, ki je definirana kot:

$$c_g = \frac{d\omega}{dk} \quad (6)$$

## 2 Naloga

i.) Z metodod potovanja ultrazvočnega sunka določi:

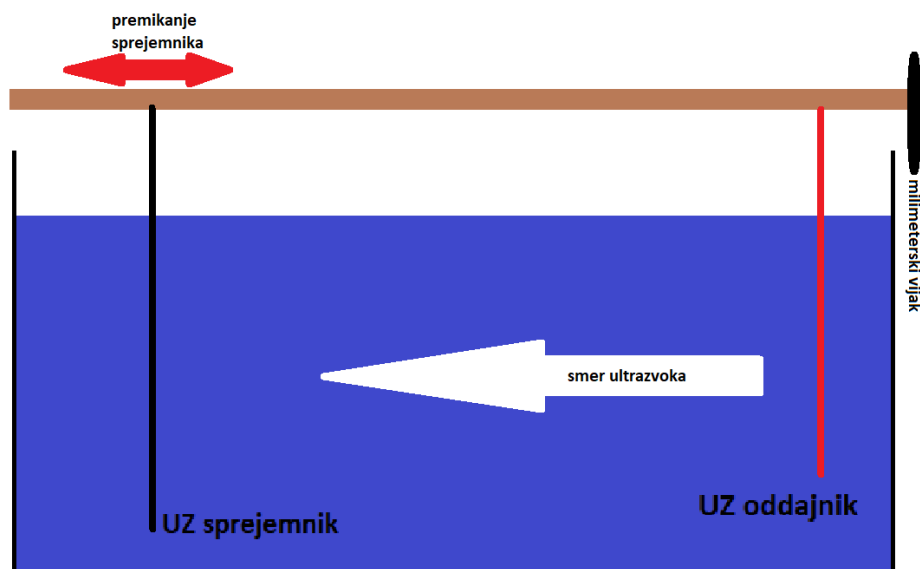
- a) hitrost potovanja zvočnega vala skozi vodo
- b) hitrost zvoka skozi neznano tekočino.

ii.) Nalogo ponovi z merjenjem fazne zaksnitve med sprejetim in oddanim ultrazvočnim valovanjem.

## 3 Potrebščine

- Ultrazvočni oddajnik
- Ultrazvočni sprejemnik
- Nosilec z milimeterskim vijakom
- Kad
- Ultrazvočni merilnik
- Osciloskop
- 4 koaksialni kabli za povezave
- Merjenec (voda, neznana tekočina)

## 4 Skica



Slika 1: Skica a

## 5 Meritve

Voda - meritve $\Delta x(t)$	
$\Delta x$ [mm]	$\Delta t$ [ $\mu s$ ]
145.00	100
28.00	20
29.50	20
30.00	20
29.50	20
30.00	20
29.50	20
11.88	8
11.88	8
11.88	8
neznana tekočina meritve $\Delta x(t)$	
$\Delta x$ [mm]	$\Delta t$ [ $\mu s$ ]
12.000	8
11.500	8
11.500	8
11.500	8
11.250	8
8.500	6
8.875	6
11.500	8
11.250	8
11.500	8
Voda - meritev $\Delta x(n)$	
$\Delta x$ [mm]	$n$ [/]
11.500	6
11.625	6
11.875	6
11.625	6
11.500	6
11.500	6
11.625	6
11.625	6
11.625	6
11.500	6
Voda - meritev $n(\Delta x)$	
$n$ [/]	$\Delta t$ [ $\mu s$ ]
23	30

### 5.1 Metodologija

Dvakrat smo neodvisno merili frekvenco in razdaljo med hrbti, tako, da smo se počasi gibali po frekvencah med  $0,3kHz$  in  $2kHz$ , ko smo opazili stoječe valovanje, smo frekvenco zapisali ter izmerili

dolžino med hrbti. Pri zapisu podatkov smo tabelo uredili tako, da najbližje frekvence med meritvami zapišemo v isto vrstico. Če podatka v določeni frekvenci nismo izmerili, smo označili z ”/”

## 6 Obdelava meritev

$$c = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (7)$$

$$\nu = \frac{N}{t} \quad (8)$$

$$\lambda = \frac{\Delta x}{n} \quad (9)$$

$$c = \nu \lambda \quad (10)$$

$$\begin{aligned} c_{voda\ x(t)} &= 1,47\ km/s\ (1 \pm 0,049) \\ c_{voda\ \lambda\nu} &= 1,48\ km/s\ (1 \pm 0,024) \\ c_{ukn.\ lqd.} &= 1,44\ km/s\ (1 \pm 0,042) \\ \lambda &= 1,93\ mm\ (1 \pm 0,024) \\ \nu &= 0,7\bar{6}\ \mu s \end{aligned} \quad (11)$$

## 7 Analiza rezultatov

Končna napaka je približno 2 - 5 %, kar je zanemarljivo, napaka se je lahko pojavila zaradi napake merilnih aparatov, ker voda, ni čista voda vendar zmes vode in ostalih kemijskih spojin, itn. Vse skupaj smo z meritvjo zadovoljni, kajti vrednost hitrosti (ultra)zvoka v vodi je drugih podobnih eksperimentov znotraj naše napake.