



## Fizikalni praktikum I

### Poročilo

# Vaja 35: Ultrazvok

Simon Bukovšek

Datum vaje: 22. november 2021

Datum oddaje poročila: 6. december 2021

## 1 Teoretični uvod

Z nekaj približki se da dokazati, da spremembe tlaka v vodi pri dovolj majhnih amplitudah zadoščajo sledeči enačbi:

$$\nabla^2 \rho = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \rho}{\partial t^2}.$$

To se imenuje valvona enačba in ima v eni dimenziji rešitev:

$$\rho(x, t) = f(x + ct) + g(x - ct)$$

pri čemer sta  $f$  in  $g$  praktično poljubni funkciji. Ena rešitev je tudi valovanje (zato valovna enačba), ki ima obliko:

$$\rho(\vec{x}, t) = \rho_0 \sin(\vec{k} \cdot \vec{x} + \omega t + \delta).$$

$\vec{k}$  in  $\omega$  sta valovni vektor in krožna frekvenca valovanja. Pri monofrekvenčnem valovanju potujejo hrbti in vozli s fazno hitrostjo v smeri valovanja, ki se izračuna kot:

$$c_f = \frac{\omega}{k}.$$

Če pa se valovna dolžina in frekvenca spreminjata, pa sprememba potuje po mediju s tako imenovano grupno hitrostjo:

$$c_g = \frac{d\omega}{dk}.$$

Grupna hitrost je tudi zgornja meja za hitrost širjenja energije.

## 2 Pripomočki

- Akvarij vodo in oddajnikom ultrazvoka ter sprejemnikom
- Kozarec neznane tekočine
- Osciloskop

### 3 Meritve

Na osciloskopu smo si izbrali določen vrh, spreminjali oddaljenost med oddajnikom in sprejemnikom ter tako merili povečanje časa med oddajo valov in sprejemom. Nato smo med oddajnik in sprejemnik vstavili posodo z neznano tekočino ter tako merili hitrost valovanja v neznani snovi. Ker je bil oddajnik nastavljen na oddajanje paketkov, smo tako merili grupno hitrost. Nato smo način spremenili na monofrekvenčno delovaje in merili, za koliko se spremeni faza na sprejemniku, če oddaljimo oddajnik. Izmerili smo še spremembo faze, ko je bila med oddajnik in sprejemnik postavljena neznana snov. Tako smo izmerili fazno hitrost ultrazvoka.

### 4 Izmerjeni podatki

V naslednji tabeli so prikazane meritve merjenja časovnih zamikov pri različnih odmikih oddajnika.

n	$\Delta t$ [ $\mu\text{s}$ ]	$\Delta s$ [mm]
1	$40 \pm 1$	$58,0 \pm 0,5$
2	$17,5 \pm 0,5$	$26,0 \pm 0,5$
3	$17,5 \pm 0,5$	$26,0 \pm 0,5$
4	$35 \pm 1$	$52,0 \pm 0,5$
5	$20,0 \pm 0,5$	$30,0 \pm 0,5$

Sprememba časa pri potovanju skozi neznano snov je bila  $\Delta t_s = (-7,5 \pm 0,5) \mu\text{s}$ , kar pomeni, da je bil čas krajši. DOLžina posode z neznano snovjo je bila  $\Delta d_k = (5,2 \pm 0,2) \text{ cm}$ . Daljša stranica posode, ki v tem delu ni relevantna, je  $\Delta d_d = (7,0 \pm 0,2) \text{ cm}$ .

V drugem delu smo merili fazno hitrost valovanja. Fazna razlika za  $18,0 \pm 0,1$  valovnih dolžin je bila izmerjena  $t' = (23,75 \pm 0,05) \mu\text{s}$ . Potreben premik oddajnika za spremembo  $10,0 \pm 0,2$  valovnih dolžin je bil  $(9,9 \pm 0,1) \text{ mm}$ . Nato smo opazovali še fazni premik pri dodatku neznane snovi. Pri potovanju skozi krajšo stranico so bili premiki izmerjeni kot 250, 230 in 240  $\mu\text{s}$ , pri potovanju skozi krajšo stranico pa 170, 200 in 230  $\mu\text{s}$ . Napake so morda večje od samih vrednosti, saj premik faze ni zvezen.

### 5 Analiza podatkov

Dobljene grupne hitrosti ultrazvoka v vodi so dane v naslednji tabeli.

n	$v_g$ [ $\text{km s}^{-1}$ ]
1	$1,45 \pm 0,06$
2	$1,49 \pm 0,07$
3	$1,49 \pm 0,07$
4	$1,49 \pm 0,06$
5	$1,50 \pm 0,06$

Te vrednosti dajo povprečno vrednost  $v_g = (1,49 \pm 0,04) \text{ km s}^{-1}$ . Za izračun hitrosti zvoka v neznani snovi uporabimo naslednjo enačbo:

$$v_{g,\text{snov}} = \frac{1}{\frac{1}{v_{g,\text{voda}}} + \frac{\Delta t_s}{\Delta d_k}} = (1,90 \pm 0,08) \text{ km s}^{-1}.$$

Pri merjenju fazne hitrosti je en nihajni čas valovanja dolg  $t_0 = \frac{t'}{18} = (1,32 \pm 0,01) \mu\text{s}$ . Iz spremembe valovnih dolžin izračunamo, da je ena valovna dolžina enaka  $\lambda = \frac{(9,9 \pm 0,1) \text{ mm}}{10,0(1)} = (990 \pm 10) \mu\text{m}$ . Iz tega sledi, da je fazna hitrost enaka:  $v_f = (0,75 \pm 0,01) \text{ km s}^{-1}$ . Zelo nenavadno, da je fazna hitrost dvakrat počasnejša od grupne; običajno je ravno obratno. Po enaki formuli kot za grupno hitrost v neznani snovi lahko izračunamo fazno hitrost v neznani snovi. Pri krajši in daljši dolžini dobimo sledeče rezultate:  $v_{f,d} = (0,96 \pm 0,04) \text{ km s}^{-1}$  in  $v_{f,k} = (0,93 \pm 0,05) \text{ km s}^{-1}$ . Skupno lahko ocenimo da je torej fazna hitrost v neznani snovi enakaž  $v_f = (0,95 \pm 0,06) \text{ km s}^{-1}$ . Precej nepričakovano je dejstvo, da je izmerjena fazna hitrost manjša od grupne, vendar je nekoliko pomirjujoča vest, da je razmerje med fazno in grupno hitrostjo v vodi in neznani snovi približno enako.