

UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA MATEMATIKO IN FIZIKO

**Poročilo vaje**

Vaja 34 - Hitrost zvoka v plinih

Luka Orlić

Ljubljana, 16. november 2022

# Kazalo

Seznam uporabljenih simbolov	2
<b>1 Teoretični uvod</b>	<b>3</b>
<b>2 Naloga</b>	<b>4</b>
<b>3 Potrebščine</b>	<b>4</b>
<b>4 Skica</b>	<b>4</b>
<b>5 Meritve</b>	<b>5</b>
5.1 Metodologija . . . . .	5
<b>6 Obdelava meritev</b>	<b>5</b>
6.1 Hitrost zvoka . . . . .	6
6.2 Izračun adiabatne stisljivosti zraka ( $\chi_s$ ) . . . . .	6
<b>7 Analiza rezultatov</b>	<b>8</b>

## 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

Hitrost zvoka v plinu lahko določimo z meritvijo stoječega valovanja plina v stekleni cevi. Lastna frekvenca stoječega valovanja je določena z dolžino cevi in hitrostjo zvoka v plinu. če je  $l$  dolžina cevi in  $\lambda$  valovna dolžina zvoka, velja:

$$l = \frac{n\lambda}{2}; n \in \mathbb{N} \quad (1)$$

Stoječe valovanje zvoka v cevi opazujemo tako, da potresemo v cev plutovinast prah. V hrbtih, kjer je valovanje močnejše, prah močno poskakuje, medtem ko miruje v vozlih, kjer plin ne niha. Valovno dolžino stoječega valovanja izmerimo iz razmika med hrbti in vozli:

$$\lambda = 2d \quad (2)$$

Stoječe valovanje vzbudimo z zvočnikom, pritrjenim na koncu odprte steklene cevi. Zvočnik je zvezan z izvirom spremenljive sinusne napetosti (generatorjem). Če se frekvenca generatorja ujema s frekvenco enega izmed lastnih nihanj v plinu, torej:

$$\nu = \frac{nc}{2l} \quad (3)$$

kjer je  $c$  hitrost zvoka, potem prah v cevi poskakuje. Obenem naraste jakost zvoka, ki ga cev oddaja. Zvočno resonanco torej slišimo ali pa jo ugotavljamo z mikrofonom, ki je vezan na voltmeter. Zrak je tudi adiabatno stisljiv. To izračunamo s formulo:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\chi_s \rho}} \quad (4)$$

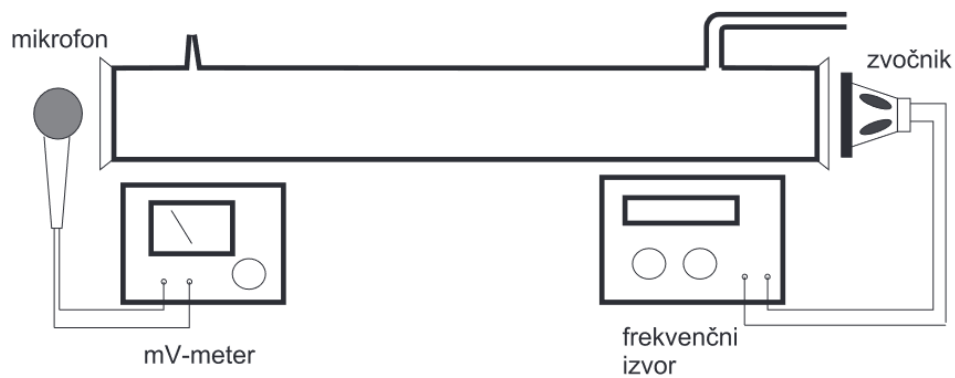
## 2 Naloga

- i.) Določi hitrost zvoka v zraku z merjenji razmikov med vozli stoječega valovanja
- ii.) Izračunaj tudi adiabatno stisljivost plina.

## 3 Potrebščine

- Cev
- Zvočnik
- Frekvenčni generator
- Mikrofon
- Voltmeter

## 4 Skica



Slika 1: Skica kalorimetra

## 5 Meritve

1. meritev		2. meritev	
l = 0,985 m			
Frekvenca [Hz]	dolžina d	Frekvenca [Hz]	dolžina d
360	0,55	390	0,42
/	/	450	0,36
/	/	590	0,28
770	0,25	730	0,25
920	0,19	890	0,20
1010	0,16	1050	0,17
1200	0,145	1220	0,15
1370	0,13	1360	0,13
1530	0,11	1520	0,115
1690	0,10	1700	0,105
1860	0,095	1870	0,095
/	/	2030	0,09

### 5.1 Metodologija

Dvakrat smo neodvisno merili frekvenco in razdaljo med hrbti, tako, da smo se počasi gibal po frekvencah med  $0,3 \text{ kHz}$  in  $2 \text{ kHz}$ , 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

$$l = \frac{n\lambda}{2} \wedge \lambda = 2d \wedge l = nd \Rightarrow c = 2d\nu \quad (5)$$

## 6.1 Hitrost zvoka

Hitrost zvoka	
$c_1$ [m/s]	$c_2$ [m/s]
369	328
/	324
/	330
385	365
350	356
323	357
348	366
356	354
337	350
338	357
353	355
/	365
$\bar{c}_1$	$\bar{c}_2$
354	351
$\bar{c} = 352 (1 \pm 0,08)m/s$	

## 6.2 Izračun adiabatne stisljivosti zraka ( $\chi_s$ )

$$c = \sqrt{\frac{1}{\chi_s \rho}} \quad (6)$$

$$\chi_s = \frac{1}{\rho c^2} \quad (7)$$

Za idealni plin:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT} \quad (8)$$

molsko maso zraka,  $M = 28,97g/mol$  dobimo iz internetnih virov [

[https://en.wikipedia.org/wiki/Molar\\_mass](https://en.wikipedia.org/wiki/Molar_mass)

prebrano dne: 27/11/2022 ob 16:21].

Ostali podatki so:  $T = 294,4K$  ,  $P = 101,2kPa$ ,  $M = 28,97g/mol$ ,  $R = 8.314 \frac{Pa \cdot m^3}{K \cdot mol}$

$$\chi_s = \frac{RT}{PMc^2}; \chi_s = 6,7 * 10^{-6}(1 \pm 0,16) \frac{m^2}{N} \quad (9)$$



## 7 Analiza rezultatov

Končna napaka je reda velikosti približno 10 procentov, kar ni veliko, ni pa niti zanemarljivo. Prava hitrost zvoka v zraku je v okvirju naše napake.