

Akustični Resonator

Gibanje zvočnih valov v zaprtih prostorih končnih dimenzij se od gibanja v neomejenih prostorih bistveno razlikuje. Seveda velja Valova enačba a treba je še dodati robne pogoje. V omejenem prostoru končnega volumna so možne proste oscilacije samo pri točno določenih frekvencah, ki jih imenujemo lastne frekvence, načine nihanja pa imenujemo lastna nihanja. Ti so odvisni od dimenzij in oblike prostora. Začnemo z Newtonovim zakonom za kontinuum:

$$\rho \frac{\partial^2 \vec{u}}{\partial t^2} = -\text{grad } p$$

$$\frac{\partial^2 \vec{u}}{\partial t^2} = \text{pospešek}$$

ρ ... gostota plina

Še eno povezano dobimo iz kontinuitetne enačbe:

$$\delta \rho = -\rho_0 \text{div } \vec{u}$$

ρ ... odmik gostote od ravnotežne vrednosti

Potrebujemo še enačbo stanja. Zanemarimo precejjanje temperature in vzamemo adiabatsko elastičnost:

$$\frac{\delta p}{\rho_0} = \chi \frac{\delta \rho}{\rho_0}$$

χ ... razmera specifičnih topl. pri konst. p in V

Vzamemo še hitrost zvoka $c = \sqrt{\chi \rho_0 / \rho_0}$ in dobimo valovno enačbo:

$$\nabla^2 \delta p = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \delta p}{\partial t^2}$$

Ob trdni steni ni odmikov pravokotno na steni v smeri \vec{n} , pihar tako v \vec{e}_n smeri ni komponente hitrosti ali pospeška. To se prevede v robni pogoj:

$$\vec{n} \cdot \text{grad } p = 0$$

V prostoru (kuboid) z dimenzijami A, B, C izberemo izhodišče en vogal. Tako lahko rešimo valovno enačbo pri ω kot produkt kosinusov, da w v izhodišču izpolnimo robne pogoje:

$$p(\vec{r}, t) = p(\vec{r}) \cos(\omega t + \phi)$$

$$F = (x, y, z)$$

$$p(\vec{r}) = p_0 \cos k_x x \cos k_y y \cos k_z z \rightarrow \text{krajana odvisnost stojajočega valovanja.}$$

Z uporabo tega nastavka dobimo zvezo med ω in \vec{k} :

$$\frac{\omega^2}{c^2} = k_x^2 + k_y^2 + k_z^2$$

Z upoštevanjem robnih pogojev dobimo komponente valovnega vektorja:

$$k_x = n_x \frac{\pi}{A}, \quad k_y = n_y \frac{\pi}{B}, \quad k_z = n_z \frac{\pi}{C}$$

n_x, n_y, n_z so cela števila ≥ 0 - s tem smo določili lastne frekvence lastnih valovanj kot

$$\omega = c\pi \sqrt{\left(\frac{n_x}{A}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{B}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{C}\right)^2}$$

Naloga:

1. Izračunaj najnižje resonančne frekvence akustričnega resonatorja za n_i od 0 do 3 in dobljene frekvence (manjše od 1000 Hz) v tabeli razvrsti po velikosti skupaj s pripadajočimi n_i . Postavimo še dva prazna stolpca za izmerjene frekvence in amplitude.
2. Izmeri resonančni odziv akustričnega resonatorja v območju od 200 do 1000 Hz in ga nariši v ustreznem grafu.
3. Izmeri odvisnost signala od položaja mikrofona v 5 cm ali za osnovno in še nekatere višje resonance.
4. Primerjaj izmerjene in izračunane frekvence in na ta način določi kateremu nihaynemu načinu pripadajo izmerjene resonance.
5. Iz prvih treh resonanc izračunaj hitrost zvočnega valovanja.
6. Oceni razpolovno širino prvih treh resonančnih črt in še katero, ki je dovolj ločena od ostalih.

Potrebščine:

- Akustični resonator - Zaboj iz ivernih plošč z debelimi dršenimi stenami. (56,7 cm x 38,5 cm x 24,0 cm)
- Prenosnik z zvočno kartico
- Zvočnik za steni resonatorja blizu vogala povezan na zvočno kartico preko ojačevalca
- Premični mikrofoni povezan na vhod zvočne kartice

Navedilo:

Vse meritve za vajo se izvedejo z prenosnikom, ki ima nameščen program za meritev. Program proizvede Zroh služi zvočnik in meri zroh na mikrofoni. Vrne tri vrednosti "amplitude". Defansko amplitudo, njeno standardno deviacijo oz RMS in V_{lock} in, ki ga program izmeri preko sinhronne detekcije.

Zvočni profil V resonatorja in resonance na frekvenčnem intervalu vse izmerimo s pomočjo tega programa.

Meritve:

Meritve sem dobil kot .txt datoteke zaradi epidemije.

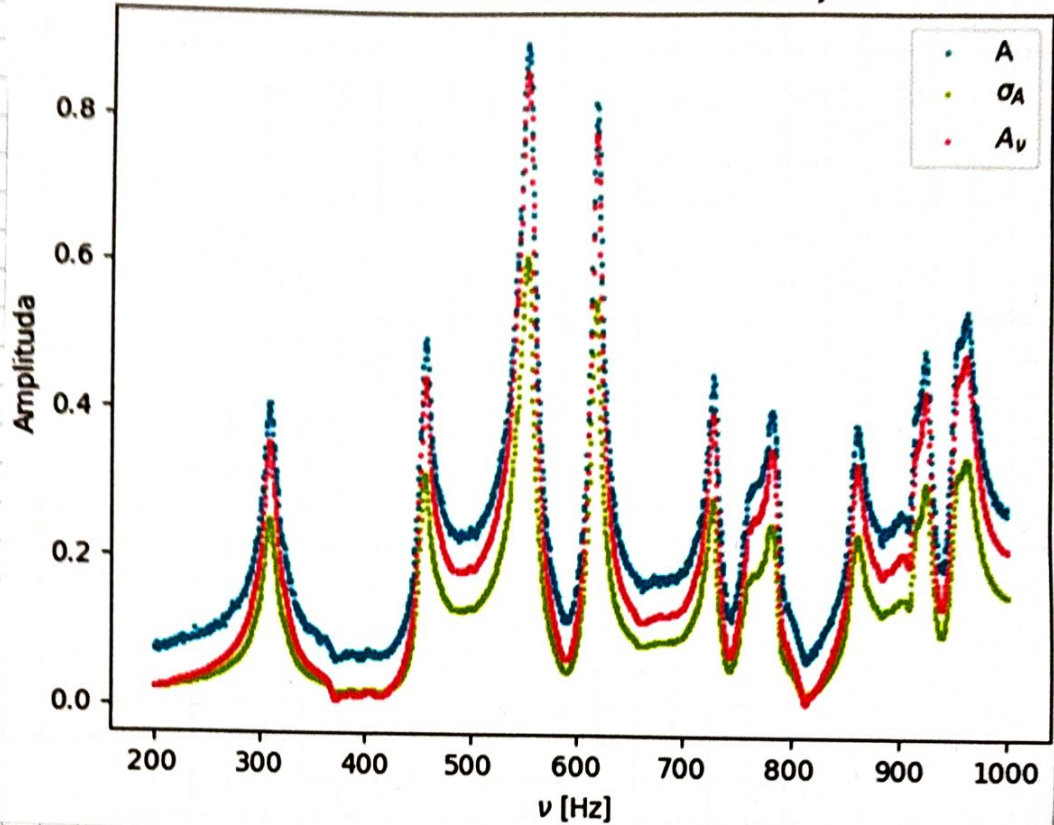
$$U_{amp} = \frac{1}{2} (\max U(t) - \min U(t))$$

; $t \in [0, T]$

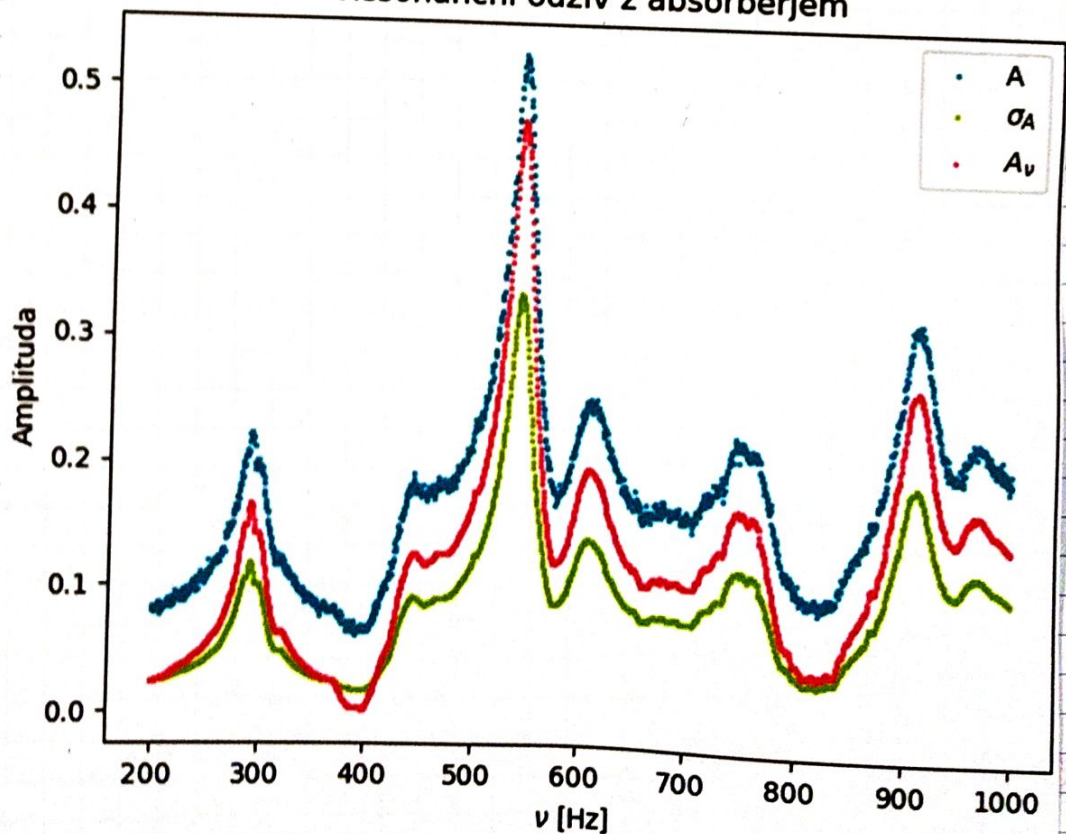
$$U_{dev} = \sqrt{\langle U(t)^2 \rangle - \langle U(t) \rangle^2}$$

Izračunane in izmerjene resonancne frekvence					
(n_x, n_y, n_z)	ν_{izr} [Hz]	ν [Hz]	A	σ_A	A_ν
(1, 0, 0)	299,8	308,5	0,41	0,25	0,35
(2, 0, 0)	599,6	615,0	0,82	0,55	0,78
(3, 0, 0)	899,5	930,5	0,48	0,3	0,42
(0, 1, 0)	441,6	455,5	0,5	0,31	0,44

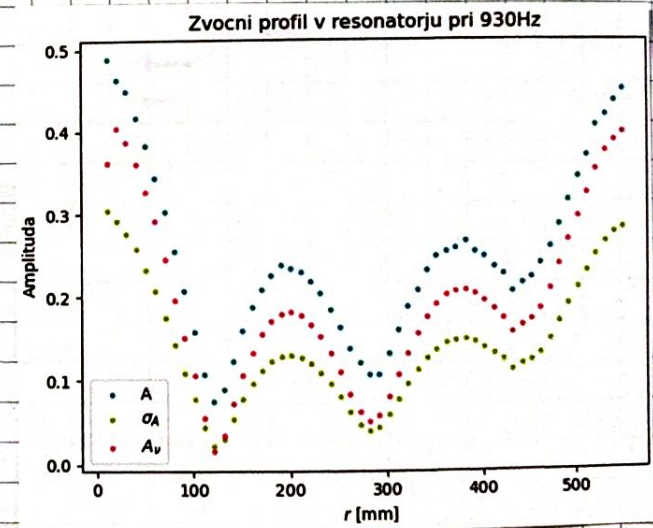
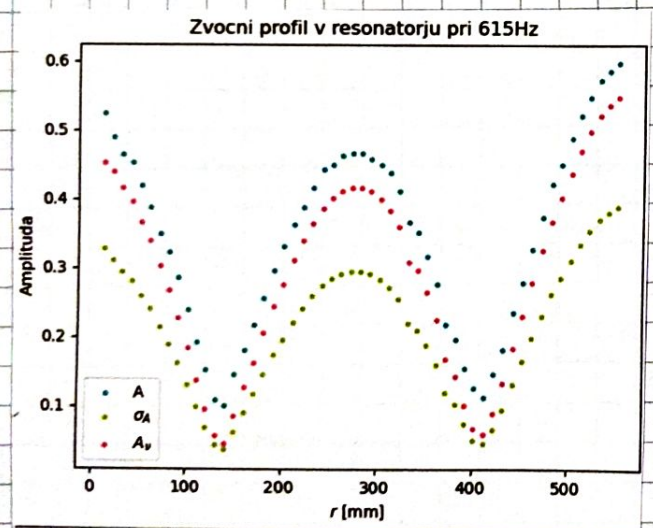
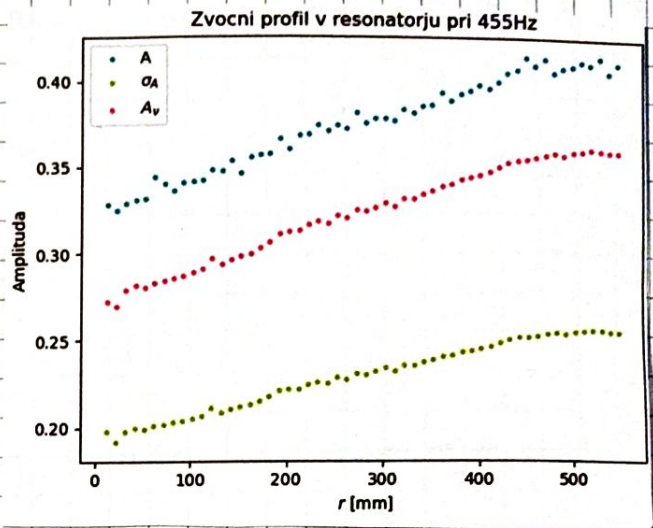
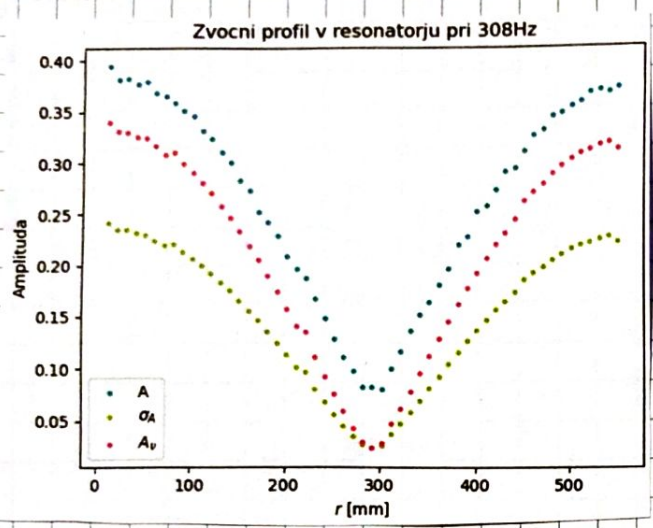
Resonancni odziv brez absorberja



Resonancni odziv z absorberjem

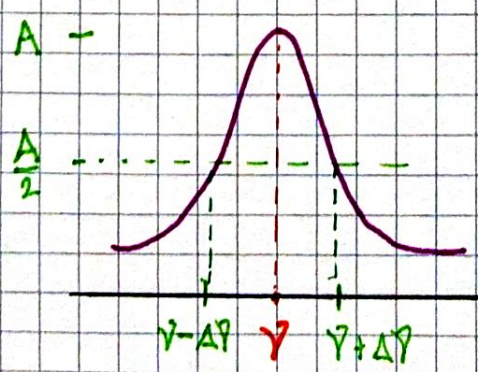


Iz resonančnega odziva je jasno, da z uporabo absorberja zmanjšamo amplitude resonanc, Zgleda tudi, kot da bi vrhove nekoliko splosčili. Iz teh dveh grafov je jasno zakaj se absorberji uporabljajo, tam ker hočemo "dobro" zvoč brez resonanc (npr. studio/glasbena soba, koncertna dvorana, kino).



Hitrost zvoka		
v [Hz]	c [m/s]	Δc [m/s]
308,50	349,84	-0,19
615,00	348,71	-1,32
930,00	351,54	1,51
c = 350 ± 1		

Ocena razpolovne širine	
v [Hz]	Δv [Hz]
308,5	15
455,5	10
615,0	10
930,5	20



$$c = \frac{2\gamma}{\sqrt{\left(\frac{v\lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{v\gamma}{B}\right)^2 + \left(\frac{v\lambda}{c}\right)^2}}$$

$A = 0.567 \text{ m}$
 $B = 0.385 \text{ m}$
 $c = 0.24 \text{ m}$
 $c = 350 \frac{\text{m}}{\text{s}} \pm 1$