



Fizikalni praktikum III

Poročilo

Vaja: Uklonska leča

Simon Bukovšek

Datum vaje: 15. 11. 2022

Datum oddaje poročila: 22. 11. 2022

1 Teoretični uvod

Fresnelova leča je optični pripomoček, ki s pomočjo uklona svetlobe na okrogli odprtini zbira valovanje. Svetloba, ki gre skozi odprtino na enaki oddaljenosti od središča pride do zbirališča z enako fazo. Če odprtino razdelimo na ekvipovršinske kolobarje s primernimi radiji, bo vsa svetloba, ki gre skozi posamezen kolobar konstruktivno interferirala, a z ravno nasprotno fazo kot pri obeh sosednjih kolobarjih. Polmere kolobarjev lahko zapišemo kot

$$r_n = \sqrt{n\lambda f},$$

kjer je n naravno število, λ valovna dolžina valovanja in

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}.$$

Dolžini a in b sta razdalji od leče do izvira in do zbirališča, kar je identično kot pri enačbi leče.

2 Pripomočki

- Zvočno izolirana škatla z železno pregrado in snemljivimi kolobarjastimi obroči.
- Ultrazvočni oddajnik in sprejemnik
- Osciloskop, ojačevalnik in računalnik

3 Meritve

Najprej smo izmerili valovno dolžino valovanja, potem smo za vse posamezne kolobarjaste odprtine in nekatere kombinacije izmerili fazo in amplitudo sprejetega valovanja, nazadnje pa smo merili še vzdolžno in prečno odvisnost amplitude valovanja za oddajnik centriran na optični osi in odmaknjen od optične osi.

4 Izmerjeni podatki

Pri vseh odstranjenih območjih smo izmerili, pri kakšni spremembi oddaljenosti sprejemnika se faza spremeni za 8π . Dobili smo meritev $(37,5 \pm 0,5)$ mm.

V spodnji tabeli so podani zunanji polmeri kolobarjev.

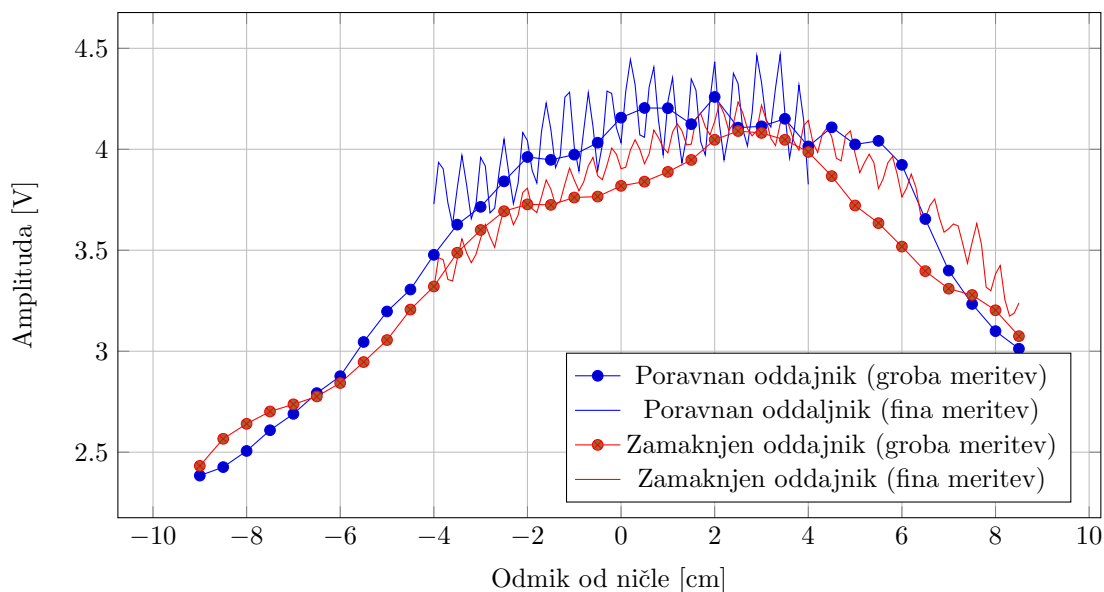
r_n	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7	r_8	r_9	r_{10}
(mm)	48,7	68,9	84,4	97,4	108,9	119,3	128,9	137,8	146,1	154,1

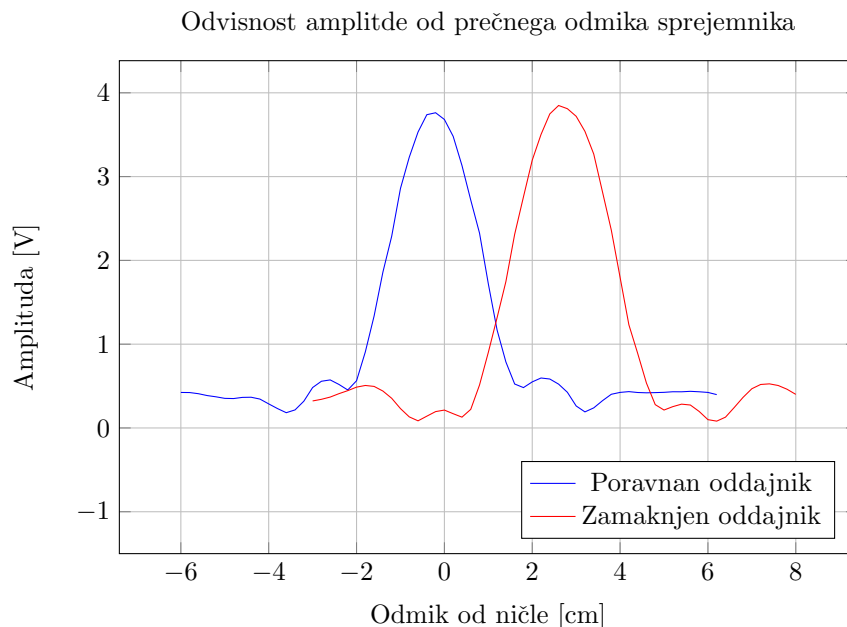
Spodaj pa so podane amplitude in faze (modulo 2π) za različne odprte kolobarje.

kolobar	amplituda [V]	faza
1	1,80	0
2	1,36	π
3	1,30	0
4	1,24	π
5	1,24	$0,1\pi$
6	1,28	$1,2\pi$
7	1,24	$0,2\pi$
8	1,20	$1,3\pi$
9	1,02	$0,4\pi$
10	1,14	$1,5\pi$
1, 2	0,32	0
2, 4	2,52	$1,8\pi$
1, 3, 4	1,64	$0,3\pi$
1, 2, 3, 4	0,40	0
6, 7, 8	0,92	$1,5\pi$
3, 5, 7	3,92	$0,6\pi$

Na naslednjih dveh grafih sta prikazani odvisnosti amplitude od vzdolžnega in prečnega odmika senzorja od zbirališča svetlobe.

Odvisnost amplitude od vzdolžnega odmika sprejemnika





5 Analiza podatkov

Izračunajmo najprej valovno dolžino ultrazvoka. Velja:

$$\lambda = \frac{2\pi\Delta l}{\phi} = (9,4 \pm 0,2) \text{ mm.}$$

Sledi, da bo slika nastala na oddaljenosti:

$$b = \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{a}\right)^{-1} = \left(\frac{\lambda}{r_1^2} - \frac{1}{a}\right)^{-1} = (0,46 \pm 0,02) \text{ m.}$$

Razmislimo, ali faze valovanj prepuščene skozi posamezne kolobarje ustrezajo teoretičnim napovedim. Izkaže se, da to drži, faze po kolobarjih se res menjavajo med π in 0. Amplituda z večanjem cone sicer rahlo upada (pričakovali bi enako pri vseh). Lahko tudi opazimo, da je amplituda pri kombinaciji prvega in drugega kolobarja zelo majhna, saj nasprotni fazi destruktivno interferirata, v primeru, kjer pa so odprti samo sodi kolobarji, pa je amplituda zelo velika, saj se valovanja seštejejo.

Iz grafa vzdolžne odvisnosti amplitude bi lahko ocenili globinsko ostrino leče, vendar je to precej težko, saj je bilo območje merjenja manjše kot je globinska ostrina. Naredimo sledečo oceno: intenziteta amplitude je upadla na eno četrtno maksimuma v približno $\Delta x = 7$ cm. V grobem teoretičnem modelu pade intenziteta na eno četrtno na oddaljenosti 29% globinske ostrine. S tem ocenimo, da je globinska ostrina naše leče približno 24 cm. Napaka pri tem je lahko nekaj centimetrov. Opazimo lahko tudi, da vzdolžni profil pri zamaknjenem izvoru še vedno precej podoben kot pri centriranemu, morda je rahlo šibkejši in morda je vrh premaknjen za kak centimeter nazaj. Zelo velike razpršitve pa ni opaziti.

Poglejmo si še graf prečne odvisnosti amplitude. Ločljivost v tej smeri je bistveno manjša. Prvi minimum se doseže že pri odklopu $(2,4 \pm 0,2)$ cm stran od lege z maksimalno amplitudo. Iz tega se da oceniti ločljivost leče, ki je približno

$$\theta \approx \frac{\Delta x}{a} = 2,5^\circ \pm 0,2^\circ.$$