

# Uklon svetlobe

Sara Lisjak Tavčar

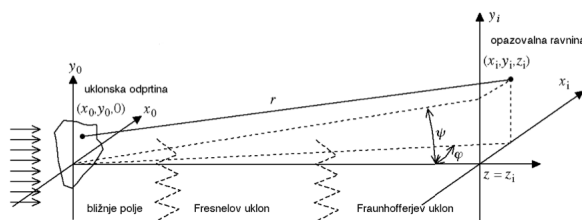
Fizikalni praktikum 4: 4/12

## 1 Uvod

Narava svetlobe se pokaže pri razširjanju za ovirami, kjer lahko ločimo geometrijsko optiko in uklon. Pri uklonu se svetloba širi tudi v področje geometrijske sence, kar obrazložimo z interferenco svetlobe in Huygensovim principom. Pri obravnavi uklona preštejemo prispevke polj za odprtino za vse izvore znotraj le te, kjer upoštevamo medsebojno interferiranje. Pomankljivost pristopa sta izpopolnila dva znanstvenika, ki sta odpravila nevšečnost o širjenju enega vala v nasprotni smeri. Dobimo formulo za amplitudo valovanja v točki 0:

$$u_0 = \frac{Ak}{4\pi i} \int_{odp.} dS \frac{\exp(ik(r_p + r_0))}{r_p r_0} \left[ \frac{\vec{r}_p n}{r_p} - \frac{r_0 \vec{n}}{r_0} \right]$$

Preko Huygensovega principa in poznanja o valovanju v eni ravnini, lahko izračunamo valovanje v poljubni oddaljenosti od te ravnine v smeri razširjanja valovanja v bližini osi razširjanja.

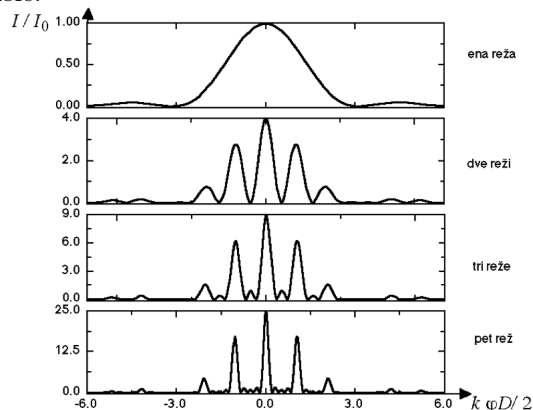


Podana je amplituda valovanja v ravnini  $(x_0, y_0)$  in nas zanima amplituda v ravnini  $(x_i, y_i)$ , ki je za  $z_i$  oddaljena od uklonske odprtine.

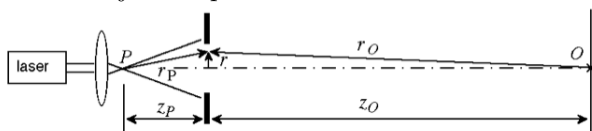
$$r = z_i + \frac{x_i^2 + y_i^2}{2z_i} - \frac{x_i x_0 + y_i y_0}{z_i} + \frac{x_0^2 + y_0^2}{2z_i}$$

Pri fresnelovem uklonu upoštevamo vse člene v približku, pri Fraunhoferjevemu pa kvadratni člen zanemarimo. V področju Fraunhoferjevega uklona postane ukonska slika odvisna le še od razmerij med kotoma opazovanja glede na oprično os. Idealne razmere dosežemo, ko za uklonsko odprtino postavimo zbiralno lečo in opazujemo sliko v njeni goščini.

Ukvarjali se bomo z enodimenzionalnim Fraunhoferjevim uklonom z ravnim valom (laserkim snopom), za katerega slika skozi ekvidistančne reže zgleda takole:



V drugem delu opazujemo uklon na okrogli odprtini v Fresnelovem približku. Imamo nek točkast izvor (laser). To je Fresnelov uklon, saj je izvor valovanja na končni razdalji od odprtine.



Odprtino razdelimo na tanke kolobarje (cilindrični koordinatni sistem) in integriramo po  $r$ :

$$u_0 = C \int_0^R \exp\left(\frac{ikr^2}{2z_p} + \frac{ikr^2}{2z_o}\right) 2\pi r dr \propto \sin\left(\frac{kR^2}{4\zeta}\right)$$

$$\zeta^{-1} = z_p^{-1} + z_o^{-1}$$

Intenziteta je sorazmerna s kvadratom amplitude in izmenično narašča in pada, če spreminjamo velikost zaslonke  $R$  ali pa njeno oddaljenost od izvora ali opazovališča. Izračunano odvisnost obrazloži koncept Fresnelovih con - kolobarjev, katerih meje so določene z maksimumi (lihi  $n$ ) in minimumi (sodi  $n$ ) intenzitete uklonjenega valovanja na osi.

$$\frac{kR_n^2}{4\zeta} = n \frac{\pi}{2}$$

Svetloba, ki potuje od izvora  $P$  do opazovališča  $O$  skozi eno samo Fresnelovo cono ima podobno fazo in zato konstruktivno interferira. Svetloba dveh sosednjih Fresnelovih con pa ima nasprotno fazo in zato interferira destruktivno. S povečevanjem premera zaslonke odpiramo zaporedoma nove Fresnelove cone in zato nam intenziteta na osi oscilira.

## 2 Naloga

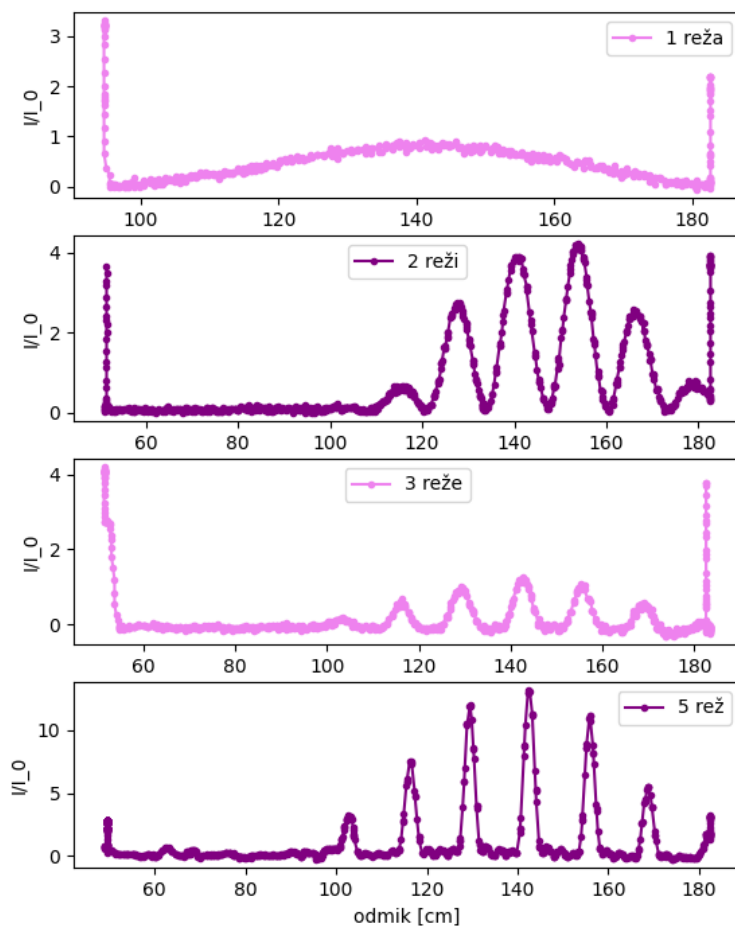
1. Izmeri uklonsko sliko svetlobe za zaslone z režami. Uporabi zaslone z 1, 2, 3, 5 in 10 režami. Določi relativne intenzitete uklonskih slik. Določi širino rež  $D$  in razdalje med njimi  $d$ .
2. Opazuj uklon na okrogli odprtini. Določi premer odprtine  $2R$ .

## 3 Meritve in rezultati

### 3.1 1. del

Laserski snov razširimo s parom prizem. Običajna uporaba je obratna, saj iz laserskih polprevodniških diod dobimo eliptični snop, ki ga nato transformiramo v okroglega. Meritev izvedemo tako, da snov umerimo v ravnino fotodiodnega detektorja in na računalniku zajemamo podatke. Vijak vrtimo, da opazujemo spreminjanje intenzitete. Določi širino rež  $D$  in razdalje med njimi  $d$ . Iz meritev določi relativne intenzitete centralnega uklonskega maksimuma, ki bi morale biti v razmerju števila rež na kvadrat, če so bile vse reže enakomerno osvetljene.

Odvisnost relativne intenzitete od odmika



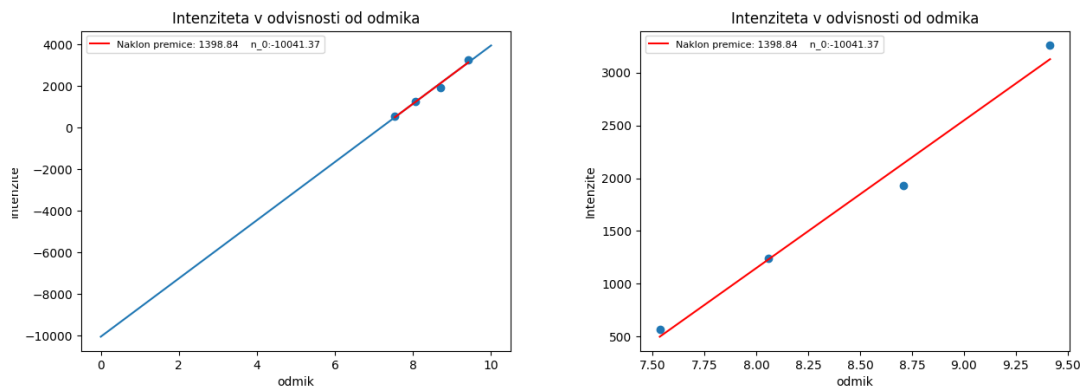
Rezultati iz grafa			
št. rež	D[cm]	d[cm]	relativna intenziteta
1	$40 \pm 5$	/	1
2	$13 \pm 2$	1	4
3	$8 \pm 1$	5	1.4
5	$4 \pm 0.5$	8	14

Odčitana intenziteta se v primeru 3h in 5ih rež ne ujema z izmerjeno, saj bi ta morala v osrednjem maksimumu doseči vrednost  $(št.rež)^2$ .

### 3.2 2. del

Tokrat uporabimo uklonski zaslon z okroglo odprtino, ki ga poravnamo v sredino laserskega žarka (kar mora veljati tudi med premikanjem translatorja). Za laser postavimo lečo in nastavimo njen laserski snop tako, da je divergentni laserski snop še vedno centriran na zaslonki. Za lažje opazovanje slike postavi v snop za zaslonko ogledalo in usmeri svetlobo na steno z laserjem. Na zaslonu dobimo uklonsko sliko s koncentričnimi temnimi in svetlimi kolobarji. S premikanjem okrogle zaslonke dobimo na osi izmenično svetlo in temno polje. V položajih, kjer se to zgodi - ko je center najbolj svetel (liho št. con) in najbolj temen (sodo št. con) zaporedoma izmeri  $z_p$  in  $z_0$ . Za te položaje je značilno, da je polmer odprtine enak  $n$ -ti meji Fresnelove cone  $R_N = \sqrt{N\lambda\psi}$ . Dobimo svetlo polje, če je  $n$  lih in temno, če je  $n$  sod. Iz meritev dobimo vrednosti  $n$  premaknjene za konstanto. Na graf moramo narisati odvisnost teh meritev, kot funkcije  $\psi^{-1}$ . Iz naklonskega kota premice določimo velikost uklonske odprtine, iz presečišča pa  $n_0$ .

$$n = \frac{R_n^2}{\lambda} \psi^{-1}$$



Iz grafa dobimo naklon, ki ga vstavimo v enačbo in tako izračunamo polmer odprtine:

$$R_n = \sqrt{k\lambda} = (3.01 \pm 0.04) \text{ cm}$$

## 4 Zaključek

Pri vaji smo opazovali uklon svetlobe in merili intenziteto svetlobe na opazovalni ravnini. Prvi del vaje sloni na Fraunhoferjevem uklonu, kjer sem iz grafov določila iskane vrednosti. Te so v tabeli. Napaka pri relativnih intenzitetah je precejšnja. Do neke mere je morda odvisna od prevelikega vmesnega koraka (5 rež). Meritev 3 rež je napačna. Rezultati drugega dela so ob grafih.