

Difrakcija na oštroj ivici

Difrakcija na ivici je fenomen čiji parametri veoma zavise od kvaliteta same prepreke. Pojava ove difrakcije je uvek praćena i drugim vidovima difrakcije koji otežavaju merenje. Cilj ovog rada je bio postavljanje eksperimenta u kome bi ova pojava bila što bolje demonstrirana. Osim demonstracije, izvršena su i merenja u cilju što boljeg opisa pojave. Nađene su zavisnosti intenziteta svetlih pruga u zavisnosti od udaljenja od 'nulte tačke' i rednog broja same pruge. Uočeno je, takođe, da postoji i jednostavna zavisnost između rednog broja pruge i njene širine.

Uvod

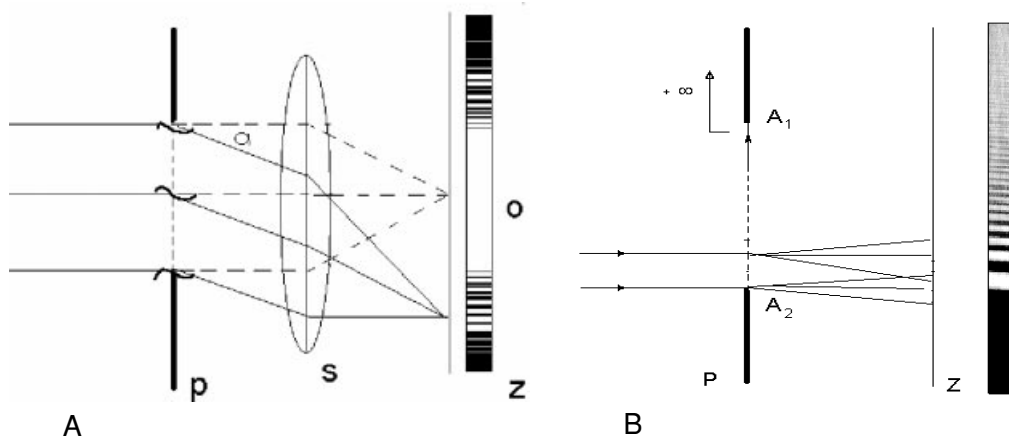
Difrakcija je pojava koja potvrđuje talasnu prirodu svetlosti. Do difrakcije dolazi pri nailasku svetlosnog talasa na telo ili otvor malih dimenzija (reda veličina talasne dužine svetlosti). U zavisnosti od rastojanja između svetlosnog izvora i prepreke, odnosno rastojanja između prepreke i zaklona postoje dva tipa difrakcija. Razlikujemo difrakcije Fraunhoferovog i Frenelovog tipa. Do difrakcije Fraunhoferovog tipa dolazi u slučaju svetlosti koja se ponaša kao ravan talas. Kod difrakcije Frenelovog tipa prepreka na koju nailazi svetlosni talas se nalazi relativno blizu izvora svetlosti, tako da su svetlosni talasi sferni.

Najprostiji oblik difrakcije nastaje prilikom nailaska svetlosnog talasa na pukotinu. Nastanak difrakcione slike pri prolasku svetlosti kroz pukotinu može se objasniti pomoću Hajgensovog principa. Posmatrajmo situaciju na slici 1A.

Do zaklona P (koji je prikazan uvećan) dolazi ravan talas prikazan snopom paralelnih zraka. Prema Hajgensovom principu svaka tačka pukotine postaje izvor sekundarnih svetlosnih talasa. Pritom, svi paralelni zraci koji napuštaju pukotinu pod uglom α , prolazeći kroz sočivo fokusiraju se u jednu tačku na zaklonu Z koji se nalazi u žižnoj ravni sočiva S. Zbog razlike u optičkim putevima koje pređu svetlosni zraci od prepreke do zak-

*Darko Ilić (1984),
Niš, Naselje N. Tesla,
7. juli 2, učenik 2.
razreda Gimnazije
"Bora Stanković u
Nišu*

*MENTOR:
Ivan Stanić, Beograd,
Dušana Vukasovića
78, student 1. godine
Fizičkog fakulteta*



Slika 1.
Prikaz difrakcije:
A – na pukotini
B – na oštroj ivici

Figure 1.
Scheme of diffraction:
A – at single slit
aperture
B – at a sharp edge

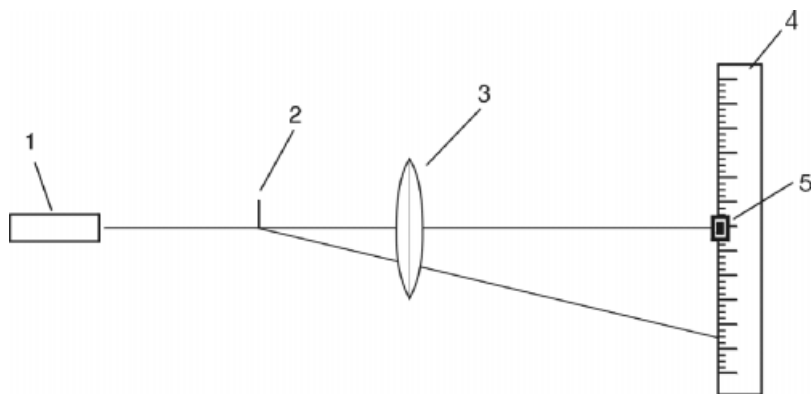
lona (koja proističe iz razlike u uglu α) dolazi do stvaranja interferencione slike na zaklonu Z. Interferencionu sliku čine svetle i tamne pruge čiji se intenzitet duž zaklona menja. Kao u slučaju pukotine, do difrakcije dolazi i u slučaju otvora raznih oblika. Na slici 1B je prikazana difrakcija na ivici. U ovom slučaju dolazi do difrakcije prilikom nailaska svetlosnog talasa na prepreku. Ova prepreka bi se mogla poistovetiti sa jednom od ivica pukotine (iz prethodnog slučaja) dok se za drugu ivicu pretpostavlja da teži beskonačnosti. U tom slučaju sekundarni izvori svetlosti, koji se stvaraju na ivici, emituju talase koji interferiraju na zaklonu Z. Difrakciona slika se sastoji iz svetlih i tamnih pruga (slika 1B) promenljivog intenziteta. Dimenzije difrakcione slike zavise od dimenzija prepreke P i dimenzija snopa svetlosti. Difrakciona slika će se protezati u beskonačnost duž ose koja zahvata pravac pruga u slučaju beskrajno duge prepreke i beskrajno velikog prečnika svetlosnog snopa. Uslovi za protezanje difrakcione slike u beskonačnost duž pravca normalnog na pravac pruga jesu beskrajno tanka prepreka i beskrajno veliki prečnik svetlosnog snopa.

Eksperiment

Aparatura

- 1) He-Ne laser
- 2) žilet
- 3) rasipno sočivo
- 4) klizač sa skalom u inčima (koristićemo oznaku ")
- 5) merač snage svetlosti

Aparatura za ovaj eksperiment (slika 2) je postavljena po uzoru na shemu na slici 1B. U eksperimentu, svetlosni izvor jeste He-Ne laser dok smo kao donju ivicu (A2) prepreke P koristili žilet (kao relativno tanku



Slika 2.
Shema
eksperimentalnog
uređaja.

Figure 2.
Experimental setup.

prepreku). Radi proširenja svetlosnog snopa koji pada na zaklon korišćeno je rasipno sočivo postavljeno između žileta i zaklona. Za merenje intenziteta svetlosti koja pada na zaklon korišćen je merač snage svetlosti koji je duž zaklona bio pomeran pomoću klizača sa skalom.

Postupak

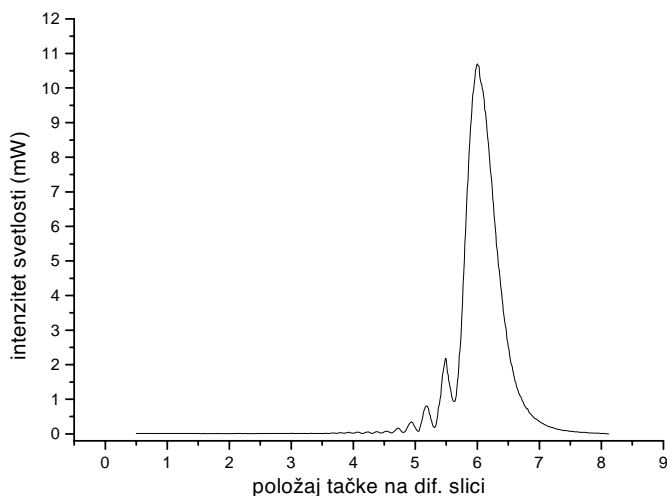
U eksperimentu je korišćen He-Ne laser. Snop laserske svetlosti bio je usmeren na žilet. Žilet je polovio snop svetlosti tako da je došlo do pojave difrakcije na ivici. Intenzitet svetlosti duž difrakcione slike smo merili meračem snage (light powermeter). Očitane vrednosti su prikazane grafikom zavisnosti intenziteta svetlosti od položaja merača snage na interferencionoj slici. Korišćeni merač snage je imao vertikalnu blendu približnih dimenzija 1×7 mm i bio je učvršćen za klizač sa skalom za očitavanje pomeraja. Pomeraji koji su vršeni iznosili su po 0.01" i 0.02" u zavisnosti od promene intenziteta na tom delu interferencione slike.

Rezultati

Na slici 3 se nalazi grafik zavisnosti intenziteta svetlosti u odnosu na položaj merača snage. Nultom tačkom smo nazvali najsvetliju tačku na difrakcionoj slici. Na grafiku zapažamo jedanaest 'čistih' pikova čiji se intenziteti dosta razlikuju. To je u skladu sa teorijom koja kaže da intenzitet maksimuma znatno opada sa rednim brojem pika. To je prikazano na slici 4. Na slici 5 je prikazano opadanje vrednosti maksimuma u zavisnosti od rastojanja maksimalnih tačaka od nulte tačke. Grafici su 'fitovani' eksponencijalnim funkcijama oblika:

$$I = I_0 + A_1 \exp\left(-\frac{n}{T_1}\right)$$

$$I_0 = 0.08 \pm 0.03, A_1 = 50 \pm 3, T_1 = 0.64 \pm 0.02, r^2 = 0.998776,$$



Slika 3.
Zavisnost intenziteta svetlosti od položaja merača snage.

Figure 3.
Intensity of light dependence of power meter's position.

odnosno:

$$i = i_0 + A_2 \exp\left(-\frac{x}{T_2}\right)$$

$i_0 = 0.005 \pm 0.009$, $A_2 = 10.70 \pm 0.03$, $T_2 = 0.318 \pm 0.002$, $r^2 = 0.999925$, pri čemu veličina r^2 predstavlja koeficijent korelacije funkcije sa eksperimentalnim tačkama.

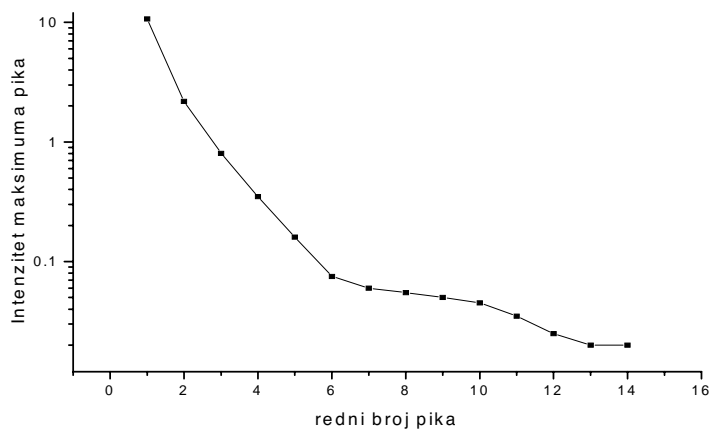
Na slici 6 se nalazi grafik zavisnosti polu-širine pika od njegovog rednog broja. Ovo je eksponencijalna funkcija oblika:

$$L = L_0 + A_3 \exp\left(-\frac{N}{T_3}\right)$$

$L_0 = 0.065 \pm 0.005$, $A_3 = 0.3388 \pm 0.014$, $T_3 = 0.87 \pm 0.09$, $r^2 = 0.98425$

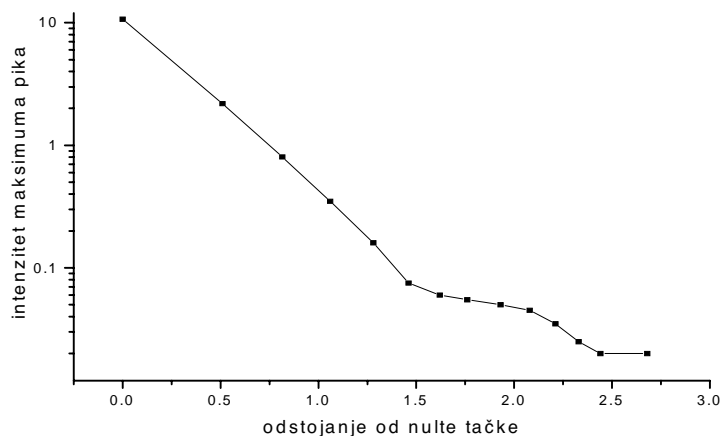
Ukazujemo na postojanje mogućnosti nastanka greške pri merenju nekih veličina. Najveća greška koja može nastati pri merenju intenziteta svetlosti varira između 0.0002 i 0.2 W. Mi smo u ovu grešku uračunali uticaj neonske sijalice koja je osvetljavala laboratoriju. Intenzitet svetlosti koju emituje sijalica se menjao tokom vremena. Ove promene, kao i promene koje nastaju unutar lasera, izazivale su promene intenziteta svetlosti koju čita power metar. Kao grešku koja je posledica konstrukcije power metra smo uračunali vrednost koja predstavlja 2% izmerene vrednosti intenziteta svetlosti.

Kao grešku pri očitavanju položaja power metra smo uzeli 0.02". Ova greška zavisi od spretnosti eksperimentatora. Individualna procena greške koja nastaje pri pomeranju čitača intenziteta svetlosti iznosi 0.01". Kao grešku instrumenta za merenje položaja power metra smo uračunali vrednost najmanjeg podeoka na skali pomenutog instrumenta koja iznosi 0.01".



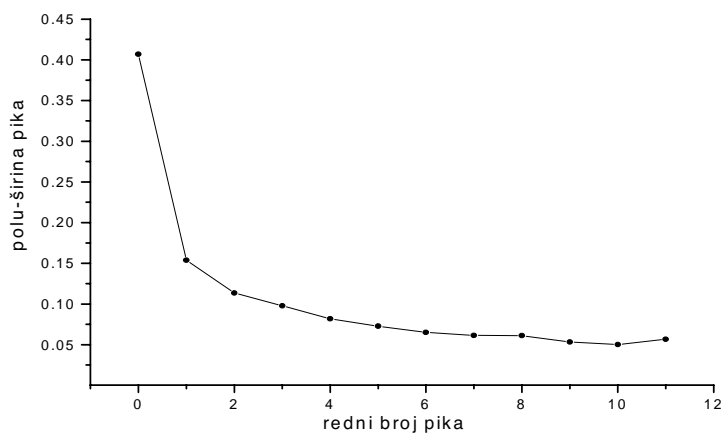
Slika 4.
Zavisnost intenziteta maksimuma pika od njegovog rednog broja.

Figure 4.
Dependence of intensity of peak's maximum of its ordinal number.



Slika 5.
Zavisnosti intenziteta maksimuma pika od rastojanje od nulte tačke.

Figure 5.
Intensity of peak's maximum dependence of its distance from the zero point.



Slika 6.
Zavisnosti poluširine pika od njegovog rednog broja.

Figure 6.
Half width of a peak in dependence of its ordinal number.

Zaključak

U eksperimentu smo merili intenzitet svetlosti duž interferencione slike koja nastaje usled difrakcije na ivici žileta. Prilikom merenja smo dobijali vrednosti koje se nalaze u skladu sa teorijski očekivanim vrednostima. Grafički smo prikazali zavisnost intenziteta svetlosti u odnosu na položaj merača snage na difrakcionoj slici. Vrednosti upisane u taj grafik smo iskoristili za dobijanje zavisnosti intenziteta i polu-širina pikova od njihovog rednog broja. Pomenute zavisnosti bi mogle da imaju praktičnu primenu u nekom većem istraživanju pojave difrakcije na ivici, kde bi koristile pri odabiranju metode i aparature za eksperiment.

Literatura

Moller, K.D. 1988. *Optics*. Mill Valley (California): University Science Books

Darko Ilić

Diffraction at a Sharp Edge

Diffraction on the edge is a phenomenon whose parameters depend on quality of the obstacle itself. Appearance of this diffraction is always accompanied by the other sorts of diffractions that complicate the measuring. The aim of this work was making an experiment that could demonstrate this appearance as good as possible. Except the demonstration, some measurings were done in order of describing the appearance better. The dependence of the intensity of the light streaks from the distance from the zero point and from the ordinal number of the strike itself was also found. It was also noticed that a simple dependence between the ordinal number of a streak and it's width exists.

