SEMINARSKI RAD

IZ

**FIZIKE**

[www.maturski.org](http://www.maturski.org)

SADRŽAJ:

1. Uvod.................................................................................................2

FIZIČKA OPTIKA

1. Interferencija svjetlosti.....................................................................3
2. Difrakcija svjetlosti..........................................................................6
3. Polarizacija svjetlosti.......................................................................9

KVANTNA OPTIKA

1. Fotoelektrični efekat......................................................................11
2. Komptonov efekat.........................................................................15

UVOD:

*OPTIKA* je grana fizike koja proučava svjetlost i osobine svjetlosti, optičke instrumente,sredstva za poboljšanje vida (optička sočiva), ogledala kao i talasnu prirodu svjetlosti.Dijeli se na fizikalnu i opštu geometrijsku.

 Fizikalna optika se primarno bavi prirodom i osobinama same svjetlosti.

 Geometrijska optika se bavi principima koji omogućavaju stvaranje likova i slike preko sočiva, ogledala, prizmi i drugih instrumenata koji koriste svjetlost.

Geometrijska optika zasniva se prvenstveno na zakonima i teorijama geometrije posle usvojenih apstrakcija i aproksimacija, ali osim toga i na fizičkim zakonima od kojih su najvažnija sledeća četiri:

 1.Zakon pravolinijskog prostiranja svjetlosti

 2.Zakon međusobne nezavisnosti prostiranja svjetlosnih zraka

 3.Zakon odbijanja svjetlosti

 4.Zakon prelamanja svjetlosti.

U ovom radu će biti obrađena pojava odbijanja svjetlosti od sfernih površina, tj. sfernih ogledala.

**INTERFERENCIJA SVJETLOSTI**

Sve što je rečeno o interferenciji kod talasnog gibanja važi i za svjetlosne talase. Na osnovi tih razmatranja trebalo bi očekivati da se pri osvjetljivanju neke površine, istovremeno s nekoliko svjetlosnih izvora, kao rezultat interferencije na njoj pojavi interferencija slika s karakterističnim svijetlim i tamnim poljima. Međutim, eksperimenti i svakidašnje iskustvo ukazuju na to da do te pojave ne dolazi. To se objašnjava činjenicom da se interferencija kod svjetlosti može ostvariti samo pod posebnim uslovima i s koherentnim svjetlosnim izvorima.

Dva ili više različitih prirodnih svjetlosnih izvora nikada ne mogu dati koherentnu svjetlost. To će biti lako razumljivo ako se podsjetimo da je svjetlosni talas rezultat kvantnih procesa u atomima od kojih je izvor izgrađen. Zračenje jednog atoma traje oko 10 –8 s. Istovremeno zrači više atoma, a ta zračenja se slažu u jedinstven svjetlosni talas. Svaka druga kombinacija atoma i njihovih reakcija daje drugi svjetlosni talas. Zato je praktično nemoguće dobiti dva stvarna koherentna svjetlosna izvora.

Postoji niz postupaka za umjetno dobivanje koherentnih izvora. Najjednostavniji postupak prikazan je na slici 1.

Koherentni svjetlosni talasi (1) i (2), polazeći od tačkastog izvora S, različitim putevima dolaze na isto mjesto u tačku P. Izgleda kao da je talas (2) došao iz izvora S' koji predstavlja lik izvora S u ogledalu 0.

****

**Slika 1.**Postupak za dobivanje koherentnih talasa

Neka je geometrijska dužina prijeđenih puteva od izvora S do tačke P zraka (1) i (2) respektivno *r*1 i *r*2 zbog putne razlike Δ*r = r*2 *– r*1 zrake stižu u tačku P s izvjesnom faznom razlikom. U tački P ispunjeni su opšti uslovi za ostvarivanje interferencije:

za Δ= n λ uz n = 0, 1, 2,…, maksimalno pojačanje, a za Δ=(2n+1)λ/2 uz n=0, 1, 2,…, maksimalno slabljenje osvjetljenja tačke P

Fresnel je predložio da se kao koherentni izvori koriste dva lika jednoga stvarnoga svjetlosnog izvora dobivena u sva ravna ogledala. Šema Fresnelova ogleda dana slici 2., gdje su 01 i 02 dva ravna ogledala postavljena pod uglom ϕ, a S izvor svjetlosti. Likove S1 i S2 svjetlosnog izvora s u ogledalima 01 i 02 dobivamo po pravilu konstrukcije lika zadanog predmeta u ravnom ogledalu. Ti likovi djeluju kao dva samostalna koherentna svjetlosna izvora iz kojih se šire dva snopa zraka. Te zrake se susreću i ukrštaju u oblasti 0AB, pa će na tim mjestima doći do njihove interferencije. Ako se izvor svjetlosti S uzme u obliku uske pukotine, na zaklonu z, kao rezultat interferencije pojavit će se svijetle i tamne pruge.

Označimo sa *d* udaljenost izvora S1 i S2 , a njihovu udaljenost od zaklona sa *l* (slika 2.)Udaljenost između prvih interferentnih pruga neka je BB1 = *x*. Puteve koji zrake prijeđu od izvora S1 i S2 do tačke B obilježimo sa *r*1 i *r*2.

Putna razlika Δ*r* = *r*2 – *r*1 ovih zraka dobiva se ako se iz tačke B opiše luk poluprečnika *r*1, on siječe zraku S2B u tački N. Putna razlika tih dvaju talasa je Δ = S2N.

Prema tome, u tački B pojavit će se tamna interferentna pruga samo onda ako je

**S2N=**$\frac{λ}{2}$

Iz pravouglih trouglova ΔS1BC i ΔS2BD na osnovi Pitagorine teoreme možemo pisati

r12=l2+( $\frac{x}{2}$ - $\frac{d}{2}$ )2

r22=l2+( $\frac{x}{2}$ + $\frac{d}{2}$ )2

Oduzimanjem tih jednačina i sređivanjem dobiva se

(r1+r2)(r1-r2)=dx

****

**Slika 2.** Šema Fresnelova eksperimenta

Kako je udaljenost AB vrlo mala u odnosu na dužinu *1*, možemo približno uzeti da je *r1 = r2* = *1*, što znači da je *r*1 + *r*2 = 2*1*, a kako je (*r*2 – *r*1) = λ/2, uvrštavanjem tih vrijednosti dobiva se

 $λ$=$\frac{xd}{l}$

Na osnovi poznatih vrijednosti *d, l* i *x* može se izračunati talasna dužina za svjetlosne zrake različitih boja.

**PRIMJENA INTERFERENCIJE**

Interferencija svjetlosti ima važne primjene u nauci i tehnici, kao što je određivanje talasnih dužina svjetlosti, tačno određivanje malih uglova i dužina, ispitivanje kvaliteta obrade površina, određivanje indeksa loma, ispitivanje strukture spektralnih linija i slično. Uređaji, koji rade na principu interferencije koherentne svjetlosti, nazivaju se interferometri. Oni su različitih konstrukcija, prema vrsti namjene.

**DIFRAKCIJA SVJETLOSTI**

Pojava interferencije svjetlosti poslužila je kao uvjerljiv dokaz talasne prirodne svjetlosti. Međutim, definitivna pobjeda talasnih shvatanja bila je nemoguća bez tumačenja fundamentalnog i pokusno potvrđenog zakona pravolinijskog širenja svjetlosti.

“Huygensov princip” omogućava da se objasne pojave refleksije i refrakcije svjetlosti, međutim pojavu pravolinijskog širenja svjetlosti u biti ne rješava jer on nije postavljen u vezi s pojmom odstupanja od pravolinijkog pravca tj. sa pojavom difrakcije. Huygensov princip u svom prvobitnom obliku bio je princip čije je područje primjena bila oblast geometrijske optike. On se odnosio na slučajeve kada su postojale talasne dužine beskonačno male u odnosu na dimenzije talasne fronte. Zato je omogućavao da se riješe samo zadaci o pravcu širenja svjetlosnog talasnog fronta, a nije zalazio u probleme intenziteta talasa koji se gibaju u raznim pravcima. Taj nedostatak je upotpunio Fresnel koji je Huygensovom principu dao fizikalni smisao dopunivši ga idejom o interferenciji talasa. Zahvaljujući tome ovojna površina elementarnih talasa koju je Huygens uveo čisto formalno dobila je jasan fizikalni sadržaj kao površina na kojoj, zbog uzajamne interferencije elementarnih talasa, rezultirajući talas ima znatan intenzitet.

Ako između zastora A i izvora S koji ga osvjetljava, stavimo drugi zastor B s otvorom na zastoru A će se pojaviti svijetli lik ograničen tamnim poljem (slika 3)



**Slika 3.**Formiranje lika pomoću zastora

Granicu tamne sjene možemo naći geometrijskim putem pretpostavljajući da se svjetlost širi pravolinijski. Međutim, tačnijim promatranjem pokazuje se da tamna granica nije oštra što je naročito primjeti u slučaju *d*<<*L*. Tada je zapravo svijetli lik na ekranu A omeđen svijetlim i tamnim krugovima koji postepeno prelaze jedni u druge. To govori da se svjetlost ne širi pravolinijski već ogiblje otvor B. Opisana pojava nepravolinijskog širenja svjetlosti naziva se **difrakcija.**

Pojava difrakcije talasa je jako izražena na preprekama (otvorima) koje su reda veličine njihove talasne dužine. Kako je talasna dužina svjetlosti vrlo mala (reda veličine 10 – 7m) to se za pojavu difrakcije svjetlosnih talasa moraju ostvarivati posebni uslovi.



**Slika 4.** Pojava difrakcije

Razlikuju se dva slučaja:

1. Fresnelova difrakcija – kada se svjetlosni izvor i prepreka (otvor), na kojoj se obavlja difrakcija, nalaze na konačnoj udaljenosti

2. Fraunhoferova difrakcija (difrakcija paralelnih svjetlosnih talasa) – kada svjetlosni talasi dolaze od beskonačno udaljenih svjetlosnih izvora do prepreke (otvora) na kojoj se obavlja difrakcija.

**FRESNELOVA DIFRAKCIJA**

Huygensov princip pomoću kojega smo objasnili pojavu difrakcije ne daje nikakvu informaciju o promjeni amplitude svjetlosnih talasa koji se iza prepreke (otvora) šire u svim pravcima. Fresnel je dopunio Huygensov princip teorijom o interferenciji sekundarnih svjetlosnih talasa nastalih kao rezultat difrakcije. Poznavanjem amplitude i faza sekundarnih svjetlosnih talasa može se naći amplituda rezultujućeg talasa u bilo kojoj tački prostora iza prepreke. S pomoću tako proširenog gledišta, Huygens-Fresnelovog principa, Fresnel je uspio objasniti čitav niz difrakcijskih pojava i pokazati kako je talasna priroda svjetlosti u saglasnosti sa eksperimentom uočenim pravolinijskim širenjem svjetlosti.

Postupak primjene Huygens-Fresnelovog principa dobio je naziv metoda Fresnelovih zona.

**DIFRAKCIJA NA KRUŽNOM OTVORU**

Ako na put sfernom svjetlosnom talasu postavimo pregradu s kružnim otvorom (sl.5.), na ravnom zaklonu koji je paralelan pregradi pojavit će se difrakcijska slika sa svijetlim i tamnim poljima, koja će se naizmjenično smjenjivati.



**Slika 5.** Difrakcija na kružnom otvoru

U tački P će se smjenjivati svjetla (slika 5,b) i tamna (slika 5,c) polja ovisno o tome kojem broju (neparnom ili parnom) Fresnelovih zona odgovara otvor na pukotini. Na primjer, ako je otvor veličine prve Fresnelove zone, dobit ćemo difrakcijsku sliku prikazanu na slici 5,b, ako se poveća na veličinu dviju Fresnelovih zona dobit ćemo difrakcijsku sliku prikazanu slikom 5,c. Na taj način difrakcijska slika kružnog otvora predstavlja svijetle i tamne koncentrične prstenove naizmjenično posložene u odnosu na centralnu svijetlu ili tamnu kružnu površinu, što ovisi o veličini otvora.

**POLARIZACIJA SVJETLOSTI**

Dosadašnja razmatranja provedena su pod pretpostavkom da svjetlost ne pokazuje nikakva orijentirana svojstva u prostoru.

Transverzalna priroda svjetlosti (elektromagnetnih talasa) omogućava njenu poprečnu orijentaciju. Zraka prirodne svjetlosti sastavljena je od titranja svjetlosnog vektora što se vrše u svim pravcima normalno na pravac širenja svjetlosti (sl.6).



**Slika 6.** Svjetlosna zraka

To je uslovilo činjenicom da zraka prirodne svjetlosti nastaje od velikog broja talasnih nizova, paketa, koje ispuštaju pojedini atomi.



**Slika 7.** Šematski prikaz polarizovanih zraka

Ravan titranja za svaki talasni niz orijentisana je na slučajan način. Zato su u rezultirajućem talasu titranja različitih smjerova jednako vjerovatne. Svjetlost kod koje se titranja svjetlosnih vektora događa samo u jednom pravcu, također normalnom na pravac širenja, naziva se POLARIZOVANOM. Ravan u kojoj titra svjetlosni vektor nazvati ćemo ravan titranja. Polarizovana svjetlosna zraka šematski se predstavlja crtežom (sl. 7,a) ako ravan svjetlosnog vektora leži u ravni crteža, a crtežom (sl. 7,b) ako je normalna na ravan crteža.

Polarizacija se može pojaviti pri refleksiji, refrakciji, pri dvojnom prelamanju i s pomoću selektivne apsorpcije.

**FOTOELEKTRICNI EFEKAT**

Među pojave u kojima se ispoljavaju korpuskularne osobine svetlosti dolazi u prvom redu oslobađanje elektrona dejstvom svetlosti – **fotoelektrični efekat.**



Ova pojava se sastoji u udaljavanju negativnog elektriciteta sa površine metala pod dejstvom ultravioletne svetlosti.

Dalja istraživanja su pokazala da se suština fotoelektričnog efekta sastoji u oslobađanju elektrona.

Lenard je 1899. god. ustanovio da se ovaj efekat zasniva na emisiji elektrona iz metalne elektrode kada na ovu padne svetlost kraće talasne dužine.

Ovakva pojava – da se dejstvom svetlosti mogu osloboditi elektroni iz metala – nazvana je f o t o e l e k t r i č n i e f e k a t.



*Aparatura za ispitivanje fotoefekta*

Intenzitet struje je jednak nuli tek kada se na anodu stavi negativan napon- napon zaustavljanja Ucn.

 Pri smanjenju negativnog i povećanju pozitivnog napona intenzitet struje kroz cev raste samo do jedne granice odnosno do struje zasićenja.



*Grafik intenziteta struje u funkciji od napona*

Lenard je 1902. god. došao do eksperimentalnih rezultata koji su odigrali odlučujuću ulogu u razvoju shvatanja prirode svetlosti. Ovi rezultati se mogu prikazati sa tri važna stava:

1. Maksimalna kinetička energija elektrona koje oslobađa svetlost iz metala nezavisna je od intenziteta svetlosti i zavisi samo od talasne dužine svetlosti.
2. Kinetička energija fotoelektrona je proporcionalna frekvenciji svetlosti koja izaziva fotoefekat.
3. Fotoelektrični efekat počinje tek kada talasna dužina upotrebljene svetlosti bude manja od jedne određene talasne dužine , koja se naziva granična talasna dužina.

Kasnije je ustanovljen i sledeći stav:

1. Fotoefekat nastupa uvek u nemerljivo kratkom vremenu posle početka dejstva svetlosti.

Sve do granične frekvencije **Vg** ne dolazi do fotoelektričnog efekta.

Granična frekvencija zavisi od vrste metala. Najmanje granične frekvencije imaju alkalni metali.



*Grafik zavisnosti energije elektrona od frekvencije svetlosti za različite metale*

**PRIMJENA FOTOELEKTRICNOG EFEKTA**

Primena fotoefekta se obično vrši pomoću f o t o ć e l i j a.

Fotoćelije obično služe za prevođenje promena svetlosnog fluksa u promene intenziteta električne struje.

Fotoelektrični efekat može da se vrši na dva načina:

1. kad elektroni prime dovoljno energije da mogu da izlete iz tela u spoljašnji prostor - **spoljašnji fotoelektrični efekat** .
2. primljena energija je nedovoljna da elektroni napuste telo, ali ta energija eksituje elektrone - **unutrašnji fotoelektrični efekat** .

**Spoljašnji fotoelektricni efekat**

Za praktičnu upotrebu fotoefekta značajna je pojava tzv. fotoelektričnog zamora. Primećeno je da se emisija fotoelektrona sa površine metala smanjuje sa vremenom.

**Unutrašnji fotoelektricni efekat**

Za praktične ciljeve mnogo je važniji unutrašnji fotoefekat na poluprovodnicima. I kada su poluprovodnici neosvjetljeni, kroz njih protiče izvesna struja, tzv. tamna struja. Pri osvetljenju poluprovodnika nastupa unutrašnji fotoelektrični efekat i struja u kolu se poveća.

U grupi fotoćelija sa unutrašnjim fotoefektom razlikuju se dva tipa:

 a) Fotoćelije sa zaprečnim slojem (fotoelementi),

 b) Fotootpornici.

Kod **fotoelemenata** se svetlosna energija prevodi u rad električne struje, pa se može reći da je ovo neka vrsta elemenata slična galvanskim

**Fotootpornici** su fotoćelije čije se dejstvo zasniva na promeni otpornosti poluprovodnika pod dejstvom svetlosti. To je pločica od izolatora na kojoj je nanešen tanak sloj nekog poluprovodnika.

Postoji još jedna vrsta fotoćelija koja je u današnje vreme našla najveću primenu u ljudskom životu i naziva se **solarna ćelija.**

Solarna ćelija predstavlja element električnog kola koji vrši konverziju energije sunčevog zračenja u električnu energiju.

**KOMPTONOV EFEKAT**

Proučavajući rasturanja X-zraka, dobijenih iz rentgenske cijevi, pri nailasku na grafit ili neko drugo podesno čvrsto tijelo, američki fizičar Kompton (A. H. Compton) 1923.godine utvrdio je da se među rasturenim zracima pored onih, koji ostaju bez promjene svoje talasne dužine, nalaze i takvi zraci, kojima su se **talasne dužine povećale** u poređenju sa duzinom upadnih zraka.

Ova pojava, da kod X-zraka, koji se rasturaju pri prolazu kroz čvrste materije,nastaje povećanje njihove talasne dužine, poznato je pod imenom **Komptonov efekat.**Kompton je 1927.godine dobio Nobelovu nagradu zajedno sa Vilsonom.

Analizu rasturenih X-zraka Kompton je vršio pomoću spektrografa za X-zrake, a spektralnu raspodjelu njihove intenzivnosti mjerio je pomoću jonizacione komore.

Povećanje talasne duzine pri Komptonovom efektu, tj. pojava povećanja talasne dužine X-zraka pri njihovom rasturanju kroz datu materiju već u pocetku je razmatrano kao rezultat uzajamnog dejstva fotona sa jednim od elektrona u atomima materije na kojoj se vršilo njihovo rasturanje. Razlog ovom shvatanju je proizašao na osnovu eksperimentalno utvrđenih činjenica.Naime prema fotografskim snimcima spektara rasturenih zraka izlazi da povećanje njihove talasne dužine ne zavisi od talasne dužine primarnih zraka I prirode materije koja vrši rasturanje, nego samo od ugla rasturanja $δ$, i to tako, da raste sa uvećanjem ovog ugla. Isto tako, utvrđeno je da intenzivnost promjene linije u spektru raste sa uvećanjem ugla rasturanja.

Da proces Komptonovog efekta nastaje pri sudaru fotona sa jednim elektronom na koji nailazi, očevidno je dokazano posmatranjem ove pojave u Vilsonovoj komori. Naime, tragovi elektrona velike brzine, koje izbacuju X-zraci iz atoma date materije, ovdje se vide. Na osnovu veličine radijusa krivine putanja ovih tzv. **odskočnih** ili **Komptonovih elektrona** u magnetnom polju određuje se veličina njihove energije.

Treba imati u vidu da je Komptonov efekt najizrazitiji kod $γ$-zraka i tvrdih rentgenskih zraka.

Prema teoriji Komptona, a istovremeno i Debaja (Debye), Komptonov efekt može se ovako objasniti:

Na osnovu pretpostavke da se X, odnosno $γ$-zraci sastoje iz fotona, koji imaju određenu količinu energije E=hv, pri čemu je h Plankova konstanta a v frekvencija upadnih zraka, i da imaju određenu količinu kretanja, izlazi da pri sudaru fotona sa elektronom mora nastati rasturanje fotona i odskok elektrona istovremeno, kao da su se sudarile dvije elastične kuglice.

Pri direktnom sudaru, foton X-zraka ili $γ$-zraka, odbije se od elektrona u položaju S i skrene za ugao $δ$ (ugao rasturanja) od prvobitnog pravca FS.

 Pošto foton pri sudaru jedan deo svoje energije prenese na elektron, njegova energija će se smanjiti na E1=hv1. Prema tome, s obzirom da je E1<E odnosno hv1< hv biće v1 < v. Uslijed promijene frekvencije, mijenja sa i talasna dužina fotona.

 Kako je talasna dužina fotona prije sudara $λ$=$\frac{c}{v}$ , a poslije sudara $λ$1=$\frac{c}{v1}$ gdje je c brzina svjetlosti u vakumu, na osnovu nejednačine v1 < v izlazi 𝛌1 > 𝛌, tj. talasna dužina poslije sudara se povećava, što je eksperimentalno bilo utvrđeno.

 Na osnovu ove teorije, da se Komptonovo rasturanje fotona na slobodnom elektronu može tretirati kao sudar elastičnih kuglica , izlazi, da u tom slučaju važi zakon održanja energije i impulsa, kako za fotone, tako i za elektrone. Primjenom ova dva zakona može se matematičkim putem naći zavisnost promjene talasne dužine upadne svjetlosti od ugla rasturanja kod Komptonovog efekta.

 Imajući u vidu da je energija fotona prije sudara sa elektronom iznosila hv, a poslije sudara hv1, i da je energija elektrona, data u relativističkom izrazu, prije sudara iznosila moc2 a poslije sudara sa fotonom mc2, gdje je mo-masa elektrona u mirovanju, a m njegova masa, kada sa kreće brzinom v, tj. m=$\frac{mo}{\sqrt{1-\frac{v2}{c2}}}$ , onda u slučaju sudara fotona sa elektronom, primjenom zakona održanja energije slijedi jednačina hv+moc2=hv1+mc2 , ili mc2=h(v-v1)+moc2

 Na osnovu izloženog možemo zaključiti da je Komptonov efekt jedan od najubjedljivijih dokaza postojanja fotona, odnosno korpuskularnih osobina svjetlosti. [www.maturski.org](http://www.maturski.org)