



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI
FAKULTET
DEPARTMAN ZA FIZIKU



Geometrijska optika u nastavi fizike za osnovnu školu

- diplomski rad -

Mentor:

Dr Dušanka Obadović, red.prof.

Kandidat:

Nevenka Lelas - Todorov

Novi Sad, 2007.

Posebnu zahvalnost dugujem mom mentoru prof. dr Dušanki Obadović na predloženoj temi, izuzetnoj stručnoj podršci i inventivnosti pri izradi diplomskog rada.

SADRŽAJ

1. UVOD	4
1.1 Razvoj teorija o prirodi svetlosti	4
1.2 Izvori svetlosti	6
1.3 Brzina svetlosti	6
2. ZAKONI GEOMETRIJSKE OPTIKE	9
2.1 ZAKON PRAVOLINIJSKOG PROSTIRANJA SVETLOSTI	9
2.2 ZAKON MEĐUSOBNE NEZAVISNOSTI PROSTIRANJA SVETLOSNIH ZRAKA.....	12
2.3 ZAKON ODBIJANJA (REFLEKSIJE) SVETLOSTI	12
2.3.1 ZAKON ODBIJANJA (REFLEKSIJE) SVETLOSTI NA RAVNOJ POVRŠINI.....	13
2.3.2 RAVNA OGLEDALA	14
2.3.3 ZAKON ODBIJANJA (REFLEKSIJE) SVETLOSTI NA SFERNOJ POVRŠINI.....	15
2.3.4 SFERNA OGLEDALA	16
2.3.5 KONKAVNA OGLEDALA	17
2.3.6 KONVEKSNA OGLEDALA.....	18
2.3.7 LIKOVI I UVEĆANJA	20
2.3.8 PRIMENA	21
2.4 ZAKON PRELAMANJA (REFRAKCIJE) SVETLOSTI	21
2.4.1 ZAKON PRELAMANJA (REFRAKCIJE) NA RAVNOJ POVRŠINI.....	21
2.4.2 PRELAMANJE SVETLOSTI KROZ PLANPARALELNU PLOČU	23
2.4.3 PRELAMANJE SVETLOSTI KROZ PRIZMU	23
2.4.4 TOTALNA REFLEKSIJA	25
2.4.5 OPTIČKA SOČIVA.....	28
2.4.6 TANKO SOČIVO	30
2.4.7. SABIRNA SOČIVA.....	30
2.4.8. RASIPNA SOČIVA	32
2.4.9 UVEĆANJE SOČIVA.....	33

2.4.10 NEDOSTACI SOČIVA.....	33
3. OPTIČKI SISTEMI	35
3.1 OKO	35
3.2. LUPA.....	36
3.3 MIKROSKOP	37
3.4 TELESKOP	37
3.5 DURBIN.....	39
4. OBRADA NASTAVNE JEDINICE PRAVOLINIJSKO PROSTIRANJE SVETLOSTI.	40
PRVI ZAKON GEOMETRIJSKE OPTIKE.....	40
4.1 Tok časa.....	40
4.1.1 Formiranje grupe	40
4.1.2 Obnavljanje gradiva/potrebna predznanja	40
4.1.3 Ogledi	41
5. OBRADA NASTAVNE JEDINICE PRELAMANJE SVETLOSTI, TOTALNA.....	47
REFLEKSIJA I SOČIVA	47
5.1 Nestali novčić	48
5.2. Dupli prsti.....	49
5.3. Na boju osetljivo sočivo	50
6. ZAKLJUČAK	51
7. LITERATURA.....	52
8. BIOGRAFIJA	53

1. UVOD

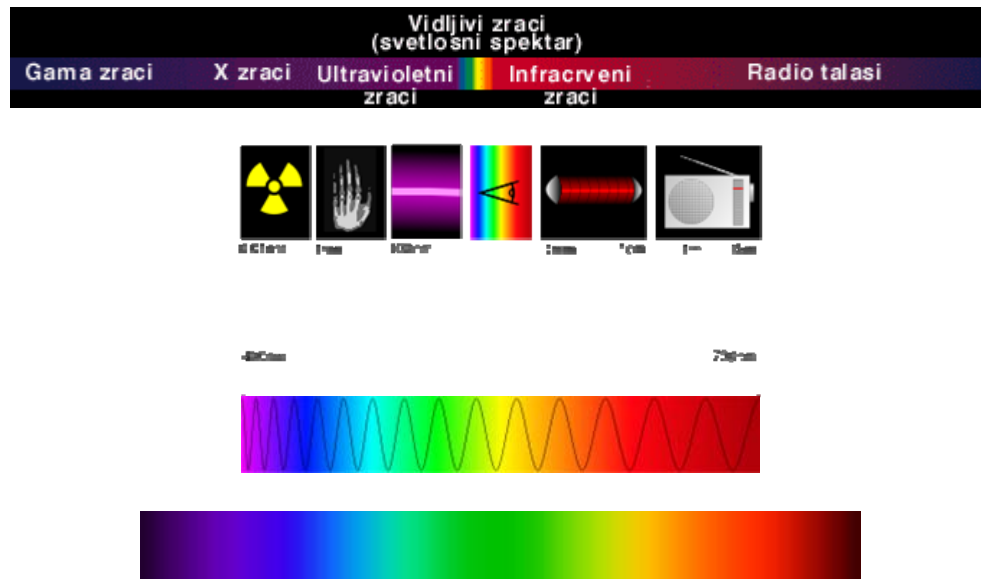
1.1 Razvoj teorija o prirodi svetlosti

Optika, ili nauka o svetlosti, je oblast fizike u kojoj se proučavaju osobine svetlosti i njena interakcija sa materijalnom sredinom, kao i promene koje se usled toga dešavaju. Nastala je prvobitno kao pokušaj da se odgovori na pitanje zašto je čovek u stanju da vidi predmete koji ga okružuju. Još stari Grci su upotrebljavali reč "svetlost", smatrajući da ona dolazi od tela i da dejstvujući na naše oko izaziva subjektivni osećaj vida. Kao osnovno svojstvo svetlosti, naučnici stare Grčke su isticali njeno pravolinijsko prostiranje u homogenoj sredini. Sledeće bitno svojstvo svetlosti je sposobnost svetlostnih zraka da pri presecanju ne ometaju jedan drugog.

Iako se razvitak optike, sve do početka 19. veka, bazirao na predstavama o svetlosnim zracima koji se prostiru pravolinijski, još u 17. veku bile su poznate činjenice koje su ukazivale na to da postoje odstupanja od pravolinijskog prostiranja svetlosti (na primer difrakcija). Prostiranje svetlosti po liniji navodilo je na misao da svetlost predstavlja fluks (protok) čestica koje izleću iz izvora i kreću se u homogenoj sredini pravolinijski i ravnomerno. Takva teorija o svetlosti nazvana je korpuskularna ili teorija isticanja. Njen tvorac je Isak Njutn (Isaac Newton), engleski fizičar, matematičar, astronom i jedan od najvećih ličnosti u istoriji nauke. On je smatrao da se svetlost sastoji od čestica i predstavio je kao protok vrlo brzih čestica čije kretanje podleže zakonima klasične fizike.

Uporedno sa korpuskularnom teorijom razvijala se i talasna teorija svetlosti, po kojoj svetlost predstavlja talasni proces. Tu teoriju postavio je holandski naučnik Kristijan Hajgens (Christian Huygens) 1677. godine. On je smatrao da svetlost predstavlja prostiranje talasa u etru. Hajgensovim principom može se objasniti zakon prostiranja svetlosti. Pobornik talasne teorije je bio i M.V. Lomonosov (Mikhail Vasilyevich Lomonosov) koji je prvi pokušao da nađe direktan dokaz te teorije 1753. godine. Moguće objašnjenje pojava difrakcije i interferencije svetlosti postavili su tek Tomas Jang (Thomas Young) i Avgustin Frenel (Augustin Fresnel) početkom 19. veka. Oni su dokazali da svetlost predstavlja talase veoma male dužine. Vidljiva svetlost, tj. svetlost koja deluje na ljudsko oko, ima talasne dužine u granicama od 0.4 mikrona (u zavisnosti od boje).

Spektar elektromagnetnog Sunčevog zračenja sastoji se od ultraljubičastog, vidljivog i infracrvenog dela. Ultraljubičasti deo nosi oko 9%, vidljivi oko 41,5% i infracrveni oko 49,5% ukupne energije Sunčevog zračenja (slika 1).



Slika 1: Spektar Sunčevog zračenja

Sve do prve polovine 19. veka svetlosne oscilacije predstavljane su u vidu mehaničkih elastičnih oscilacija kontinualne sredine – etra. Klark Maksvel (Clark Maxwell), engleski fizičar, dokazao je 1865. godine da svetlost poseduje elektromagnetne osobine. Posle otkrića elektromagnetnih talasa postalo je jasno da su svetlosni talasi u stvari elektromagnetni talasi male dužine. Hajnrih Herc (Heinrich Hertz), nemački fizičar, potvrdio je Maksvelovu teoriju, a Maks Plank (Max Planck) uveo je 1900. godine pojam o kvantu energije po kojoj svetlosni izvori emituju kvante. Kvanti svetlosti nazivaju se fotoni. Komptonovim efektom, 1921. godine, potvrđena je fotonska priroda svetlosti. Elektromagnetna teorija svetlosti, koja je imala veliku ulogu u razvitku fizike 19. i početka 20. veka, ukazala je na jedinstvo svetlosnih i elektromagnetnih pojava. Tako je nastao dualizam talas-čestica. Francuski fizičar Luj de Broj (Louis de Broglie) je 1924. godine izvršio sintezu Maksvelove elektromagnetne teorije svetlosti i Plankove teorije kvanta.

Danas važi mišljenje da je priroda svetlosti dualistička. Pojave vezane za prostiranje svetlosti objašnjavaju se elektromagnetnom teorijom, a interakcija svetlosti sa materijom predstavlja korpuskularnu pojavu.

I pored složene dualne strukture svetlosti, neke pojave se mogu vrlo jednostavno prikazati primenom geometrijskih zakona, po čemu je i sama oblast dobila naziv geometrijska optika. Osnovna karakteristika geometrijske optike je da se primenom četiri zakona: Zakon o pravolinijskom prostiranju, zakon o međusobnoj nezavisnosti prostiranja, zakon odbijanja i zakon prelamanja svetlosti, objašnjava ponašanje svetlosti pri čemu se zanemaruje njena priroda, a posmatra samo pravac kretanja.

1.2 Izvori svetlosti

Svetlosni izvori su tela koja emituju svetlost i koja u oku izazivaju osećaj vida (Sunce, zvezde, planete, sveća, sijalica). U svetlosnim izvorima se toplotna, hemijska, atomska i drugi oblici energije pretvaraju i zrače svetlost. Svi svetlosni izvori emituju istu prirodu svetlosti. Svetlosni izvori dele se na: primarne i sekundarne, prirodne i veštačke.

1. Primarni svetlosni izvori su tela koja zrače svetlost na račun sopstvene energije (Sunce). Ove izvore možemo podeliti u tri velike grupe: toplotni, luminescentni i stimulisani.
 - a. Tela koja svetle usled svoje povišene temperature su toplotni (termički) svetlosni izvori (sijalica, sveća). Svako telo zrači elektromagnetne talase bez obzira na temperaturu do koje je zagrejano.
 - b. Mnogi svetlosni izvori emituju svetlost i bez zagrevanja, to jest, rade na principu jonizacije gasa. Takva tela nazivamo luminescentnim, hladnim, izvorima svetlosti (beli fosfor, svitac, natrijumske, neonske i fluorescentne cevi}.
 - c. Stimulisana emisija nastaje pod dejstvom spoljašnjeg elektromagnetnog zračenja odgovarajuće frekvence. Ona je zastupljena kod lasera, pa se na taj način dobija intenzivan monohromatski snop svetlosti.
2. Sekundarni svetlosni izvori su sva tela od kojih se svetlost odbija. Ova tela ne zrače sopstvenu svetlost već svetlost koja potiče od drugih izvora, koja se od njih odbija i stiže do posmatrača (Mesec, zgrade, knjige, sto).
3. Prirodni izvori svetlosti su tela koja spontano emituju svetlost (Sunce, zvezde, fosfor). U zvezdama se neprekidno odvijaju atomski procesi pri kojima se oslobađa energija.
4. Veštački izvori svetlosti su tela koja svetle najčešće usled zagrevanja (sveća, električna sijalica, gasna lampa, svetleći gas u staklenim cevima).

Sva tela u prirodi možemo podeliti na providna i neprovidna. Providna tela su tela kroz koja svetlost prolazi (voda, led, staklo, dijamant), a neprovidna su tela koja odbijaju ili upijaju svetlost (planete, metali, ogledala, knjige, sto). Možemo ih videti samo ako ih osvetlimo nekim svetlosnim izvorom.

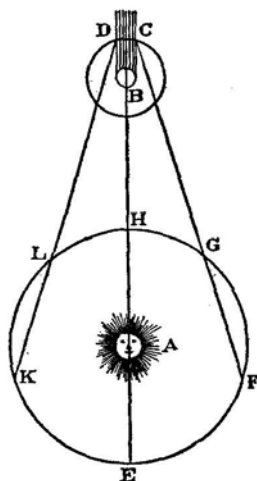
Svetlosni zrak je uzan snop svetlosti i u geometrijskoj optici se predstavlja u vidu pravih linija. Kada je izvor svetlosti (na primer Sunce) veoma daleko od posmatranog tela tada se može pretpostaviti da su sunčevi zraci paralelni.

1.3 Brzina svetlosti

Brzina svetlosti je jedna od najvažnijih fizičkih karakteristika svetlosti. Još 1632. godine Galileo Galilej (Galileo Galilei) je pokušao da odredi njenu vrednost na Zemlji pomoću svetlosnih

signala, ali bez uspeha. Pošto rastojanja na Zemlji svetlost prelazi gotovo trenutno zaključeno je da se merenja moraju vršiti u kosmičkim razmerama jer je brzina beskonačno velika. Rene Dekart (Réne Descartes) je posmatrao položaj Sunca i Meseca tokom pomračenja Meseca, i potvrdio je da se radi o velikoj brzini i da je njeno prostiranje trenutno. Njegov rad je nastavio Kristijan Hajgens koji je došao do podatka da se svetlost kreće brzinom 100 000 puta većom od brzine zvuka. Postoji više astronomskih i zemaljskih metoda pomoću kojih je poslednjih 300 godina izvršeno određivanje brzine svetlosti u vasionom prostoru.

Olaf Remer (Ole Rømer), danski astronom, je 1676. godine prvi odredio brzinu svetlost na osnovu astronomskih merenja. On je posmatrao pomračenje jednog Jupiterovog meseca tokom godine, i došao do zaključka da mesec iz Jupiterove senke ne izlazi uvek u isto vreme. Jupiterovom mesecu je potrebno 42 sata 28 minuta 36 sekundi da obiđe oko Jupitera.



Slika 2: Originalan Remerov crtež položaja Zemlje i Jupiterovog meseca

Tokom jedne polovine godine kada se Zemlja udaljava od Jupitera, vreme između dva pomračenja je duže, a tokom druge polovine godine kada se Zemlja približava Jupiteru, vreme je nešto kraće. Zemlji je potrebno godinu dana da obiđe oko Sunca, a Jupiteru nešto više od 12 godina. Rastojanje koje Jupiter pređe za godinu dana približno je jednako prečniku Zemljine putanje oko Sunca (slika 2). Svetlosnom zraku je potrebno 1000 sekundi da pređe taj put. Brzinu svetlosti koju je Remer izračunao po obrascu $c = \frac{s}{t}$ iznosi 210 000km/s.

Drugu astronomsku metodu za određivanje brzine svetlosti postavio je 1727. godine engleski astronom Džejms Bredli (James Bradley). Ona se zasniva na pojavi aberacije svetlosti zvezda. Zvezda se ne nalaze na onom pravcu u kome je vidi posmatrač na Zemlji, već je pomerena za ugao aberacije. Taj ugao se može meriti i iznosi 20,5 stepeni. Takođe, potrebno je znati i brzinu kretanja Zemlje oko Sunca. Ta vrednost je 30 km/s. Na osnovu ovih podataka dobio je brzinu svetlosti 295 000 km/s.

Francuski fizičar Armand Fizeo (Armand Hippolyte Louis Fizeau) 1849. godine prvi je uveo metod određivanja brzine svetlosti u zemaljskim uslovima. On je specijalnom aparaturom usmerio svetlost od svetlosnog izvora na ogledalo. Posle odbijanja svetlosti od njega prolazi između dva susedna zupca točka, a posle odbijanja od drugog ogledala dolazi do posmatrača sa poznatog rastojanja. Brzina svetlosti, prema ovoj metodi, je 315 000 km/s. Njegova merenja nisu bila precizna.

Mišel Fuko (Michel Foucault), francuski fizičar, je 1850. godine modifikovao Fizeov aparat zamenivši zupčasti točak obrtnim ogledalima. Ovaj metod je mnogo precizniji i brzina svetlosti koju je dobio iznosi 298 000 km/s. Na isti način odredio je i brzine svetlosti u drugim providnim sredinama. Utvrdio je brzine svetlosti u vodi, vazduhu i gasovima. U primeni Fukoove metode pojavile su se teškoće pri određivanju vrlo malog rastojanja za koje se pomerio svetlosni zrak, kao i zbog održavanja stalnog broja obrtaja.

Najpreciznija merenja Fukoovom metodom izvršio je američki fizičar Albert A. Majkelson (Albert A. Michelson). On je do 1926. godine izvršio veliki broj preciznih eksperimenata. Umesto obrtnog ogledala postavio je obrtnu prizmu čija baza ima 32 strane. Bočne strane prizme pokrivene su ravnim ogledalima. Takođe je ubacio još jedno sabirno sočivo velike žižne daljine. Dobijena brzina svetlosti iznosi 299 796 km/s. Ovo je brzina približno jednaka današnjim rezultatima.

Brzina svetlosti je univerzalna konstanta i njeno precizno određivanje imalo je veliki značaj. Prema najnovijim merenjima brzina svetlosti je 299 792 458 m/s. To je najveća poznata brzina u prirodi. U drugim sredinama brzina je manja, na primer u vodi iznosi 225 000 km/s, u staklu 200 000 km/s, a u gasovima 300 000 km/s.

2. ZAKONI GEOMETRIJSKE OPTIKE

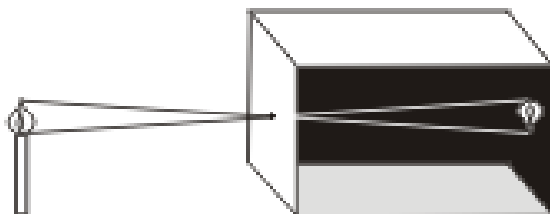
Konstrukcija optičkih uređaja bazira se na primeni zakona geometrijske optike. Osnova ovih zakona je geometrija. Geometrijska optika zasniva se na sledeća četiri zakona:

- Zakon pravolinijskog prostiranja svetlosti
- Zakon međusobne nezavisnosti prostiranja svetlosnih zraka
- Zakon odbijanja svetlosti
- Zakon prelamanja svetlosti.

Navedeni zakoni mogu da se izvedu i iz Fermatovog principa, koji kaže da se između dve tačke u prostoru svetlost kreće onom putanjom za koju joj je potrebno najmanje vremena.

2.1 ZAKON PRAVOLINIJSKOG PROSTIRANJA SVETLOSTI

Ovaj zakon glasi: "Svetlost se u homogenoj sredini prostire pravolinijski". Do ovog zaljučka se došlo posmatranjem senki koje prave neprovidni predmeti pri malom izvoru svetlosti. Kao dokaz mogu poslužiti svetlosne pojave u mračnoj komori (slika 3).

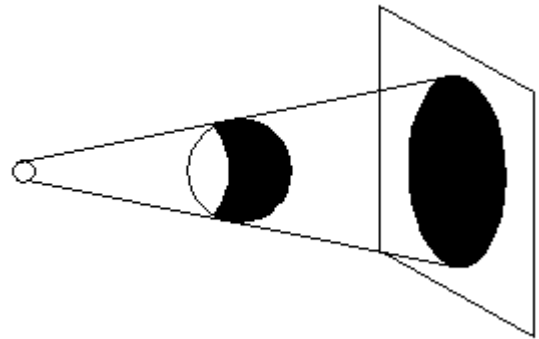


Slika 3: Mračna komora

Svetlosni zraci, sa svetlosnog izvora (sveća), padaju na prednju stranu komore i prolaze kroz uzani otvor u njoj. Usled pravolinijskog prostiranja svetlosti na zidu komore formira se obrnut lik svetlosnog izvora.

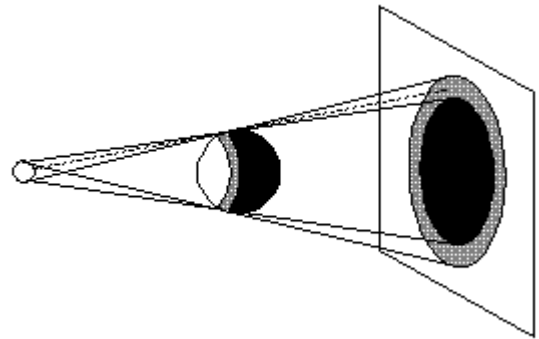
Posledica ovog zakona je pojava senke i polusenke raznih objekata na površini Zemlje.

Senka nastaje iza neprovidnog tela osvetljenog tačkastim izvorom svetlostu u čiji prostor ne dopire ni jedan svetlosni zrak (sika 4).



Slika 4: Senka

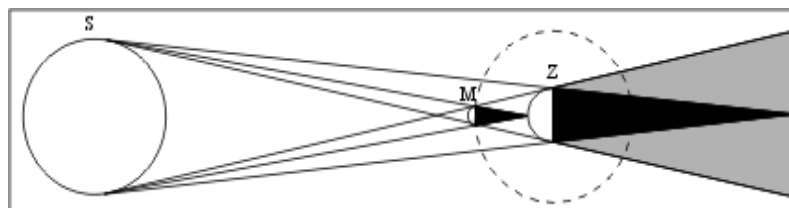
Polusenka je deo prostora iza neprovidnog tela osvetljenog tačkastim svetlosnim izvorom u čiji prostor od izvora svetlosti stiže po neki svetlosni zrak (slika 5).



Slika 5: Polusenka

Poznate pojave u prorodi, pomračenje Sunca i Meseca, direktne su posledice pravolinijskog prostiranja svetlosti.

Ako je raspored nebeskih tela kao na slici (slika 6) mesečeva senka pada na određena mesta na Zemlji i na njima dolazi do potpunog (totalnog) pomračenja Sunca (slika 8). Posmatračima sa Zemlje Mesec potpuno zaklanja Sunce (slika 7). Na mestima na Zemlji koja se nalaze u Mesečevoj polusenci dolazi do delimičnog pomračenja Sunca.



Slika 6: Pomračenje Sunca

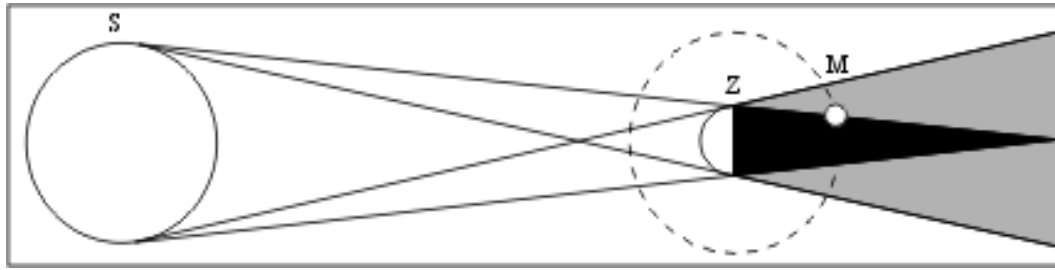


Slika 7: Sunčeva korona za vreme totalnog pomračenja Sunca



Slika 8: Mesečeva senka na Zemlji

Potpuno (totalno) pomračenje Meseca nastaje kada Mesec uđe u Zemljinu senku, a do delimičnog pomračenja dolazi kada se nađe u Zemljinoj polusenci . To je moguće samo onda ako se Mesec pri kretanju oko Zemlje nađe u pravcu Sunce – Zemlja – Mesec (slika 9).



Slika 9: Pomračenje Meseca

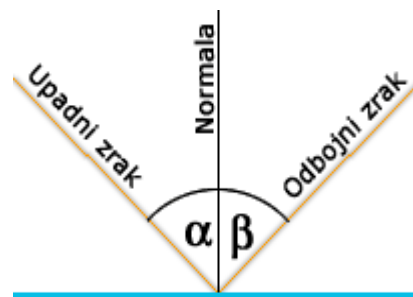
Zakon pravolinijskog prostiranja svetlosnog zraka u homogenoj sredini je približan jer postoje mala odstupanja pri nailaženju svetlosti na ivice neprovidnih tela (pojava difrakcije).

2.2 ZAKON MEĐUSOBNE NEZAVISNOSTI PROSTIRANJA SVETLOSNIH ZRAKA

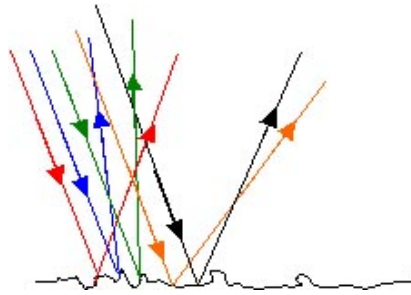
Ovaj zakon glasi: "Ukoliko jedan svetlosni snop prolazi kroz drugi svetlosni snop, jedan na drugog ne utiču tj. svetlosni zraci ne ometaju jedan drugog, pri presecanju". Svaki zrak se prostire nezavisno od ostalih. Kod ovog zakona postoje mala odstupanja to jest pojava interferencije svetlosti i stvaranje interferencione slike u koliko svetlosni zraci imaju istu talasnu dužinu i konstantnu faznu razliku (koherentni talasi).

2.3 ZAKON ODBIJANJA (REFLEKSIJE) SVETLOSTI

Zakon odbijanja svetlosti govori o promeni pravca prostiranja svetlosti na graničnoj površini dve optičke sredine gde se jedan deo odbija a drugi prelama. U određenoj meri svetlost se odbija od svakog tela. Ako se snop svetlosti odbija o ravnu glatku površinu onda dolazi do usmerenog odbijanja (slika10), a ako je površina neravna, zraci se odbijaju u različitim pravcima, difuzno odbijanje svetlosti (slika11). Koji će deo svetlosti biti odbijen a koji će preći u drugu sredinu zavisi od prirode sredine, upadnog ugla i talasne dužine svetlosti.



Slika 10: Pravilno odbijanje svetlosti

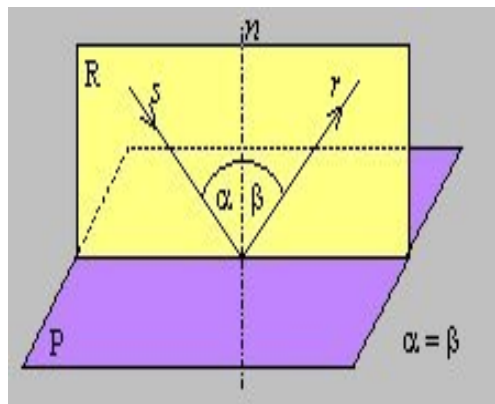


Slika 11: Difuzno odbijanje svetlosti

2.3.1 ZAKON ODBIJANJA (REFLEKSIJE) SVETLOSTI NA RAVNOJ POVRŠINI

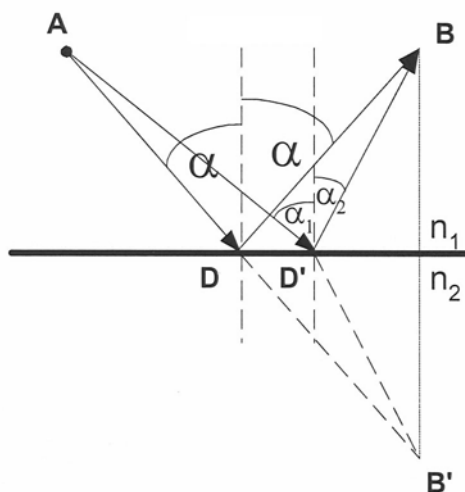
Ako kroz tačku, u kojoj se zrak odbija od površine, povučemo normalu na tu površinu, ugao koji normala gradi sa upadnim zrakom, naziva se upadni ugao, a ugao sa odbojnim zrakom, naziva se odbojni ugao (slika 12).

Zakono odbijanja svetlosti glasi: "Upadni ugao jednak je odbojnom uglu $\alpha = \beta$ pri čemu upadni zrak, normala i odbojni zrak leže u istoj ravni. Zakon određuje pravac odbijenog zraka, a bio je poznat još Euklidu u 3.veku p.n.e.



Slika 12: Odbijanje svetlosti na ravnoj površini

Zakon odbijanja svetlosti se lako može dokazati pomoću Fermatovog principa. Ako na slici 13 pretpostavimo da se svetlost od tačke A do tačke B može odbiti po dve putanje: ADB kada je upadni ugao jednak odbojnom i AD'B kada upadni i odbojni uglovi nisu jednaki. Dužina puta u prvom slučaju je $AD+DB$, a u drugom slučaju $AD'B$. Ako se nacрта simetrična tačka B' u odnosu na B dobija se da je dužina puta u prvom slučaju prava ADB' , a u drugom slučaju izlomljena linija $AD'B'$. Kako je prava linija između dve tačke uvek kraći put u odnosu na krivu liniju između iste dve tačke, a pošto se svetlost prostire u homogenoj sredini istog indeksa prelamanja (ista brzina prostiranja), po Fermatovom principu samo u prvom slučaju svetlost će preći put od tačke A do tačke B za najkraće vreme.



Slika 13: Odbijanje svetlosti i Fermatov princip

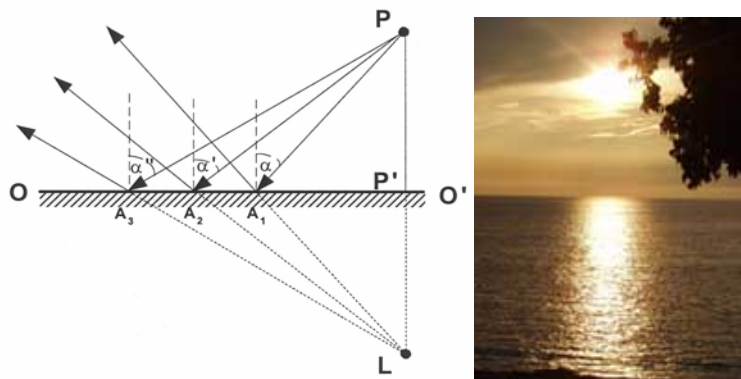
Ovaj zakon ima primenu kod ogledala. Svaka uglačana površina koja odbija najveći deo upadnih zraka naziva se ogledalo. Površine mogu biti ravne i krive. Kriva ogledala su najčešće sfernog oblika. Susrećemo se sa staklenim i metalnim površinama koje upijaju jedan deo svetlosti. Staklena ogledala upijaju oko 20%, a metalna odbijaju oko 96% upadne svetlosti. Isti efekat se dobija nanošenjem tankog sloja nekih metala (Ag, Al, Br i dr.) na staklenu površinu. Ogledala mogu biti ravna i sferna.

2.3.2 RAVNA OGLEDALA

Uglačane ravne površine koje odbijaju najveći deo upadnih zraka nazivaju se ravna ogledala (mirna površina vode, staklo, ogledalo).

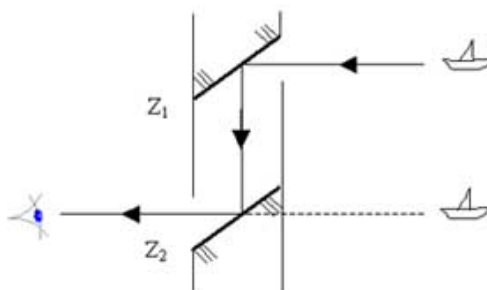
Neka je OO' ravno ogledalo, a P svetli tačkasti predmet. Svi svetlostni zraci iz tačke P koji padaju na ogledalo odbiće se prema zakonu odbijanja. Svi zraci su posle odbijanja divergentni i to tako kao da dolaze iz zamišljene tačke L koja se nalazi iza ogledala. Tačka L naziva se lik tačke P . Njen položaj je simetričan sa položajem tačke P u odnosu na ogledalo. Pošto se u tački L ne seku odbijeni zraci nego njihovi geometrijski produžeci, takav lik se naziva imaginaran ili zamišljen. Taj lik je na istom rastojanju od ogledala kao i predmet (slika 14).

Znajući kako se dobija lik tačke možemo naći i lik bilo kog predmeta. Dovoljno je uzeti zrake karakterističnih tačaka predmeta i naći njihove likove. Veličina lika biće jednaka veličini predmeta ali će lik biti obrnut (na primer desnu ruku vidimo kao levu) .



Slika 14:a) Formiranje lika kod ravnog ogledala b) Primer principa formiranja lika kod ravnog ogledala

Ravno ogledalo je u svakodnevnoj upotrebi. Primenjuje se u nauci i tehnici kod raznih optičkih instrumenata kada je potrebno promeniti pravac svetlosnog zraka (periskop).



Slika 15: Periskop

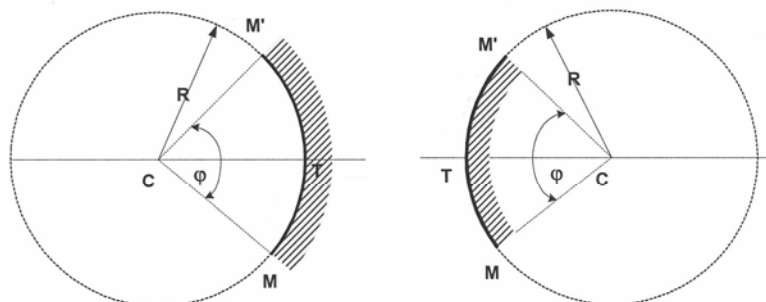
Periskop(slika 15) se koristi u podmornicama za posmatranje kretanja brodova po površini mora, automobila iza velikih krivina, itd. Sastoji se od cevi na čijim krajevima se nalaze dva ravna ogledala postavljena pod uglom od 45° stepeni. Svetlosni zraci se dva puta odbijaju dok ne dođu u oko posmatrača.

2.3.3 ZAKON ODBIJANJA (REFLEKSIJE) SVETLOSTI NA SFERNOJ POVRŠINI

Svetlost može da naiđe na sfernu površinu sa njene izdubljene ili ispupčene strane. I u ovom slučaju važi zakon odbijanja svetlosti po kome je upadni ugao jednak odbojnom uglu pri čemu se smatra da svetlost pada na element sferne površine koji se može smatrati ravnom površinom.

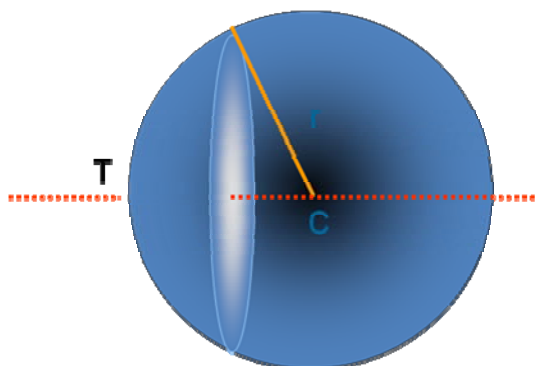
2.3.4 SFERNA OGLEDALA

Sferna ogledala predstavljaju uglačane delove (odsečke) sfernih površina (kašika, metalna šipka, metalna cev). Postoje izdubljena ili konkavna, i ispupčena ili konveksna sferna ogledala (slika 16). Ugao φ naziva se ugaoni otvor ogledala.



Slika 16: Sferna ogledala: a) Izdubljeno (konkavno) ogledalo b) Ispupčeno (konveksno) ogledalo

Elementi sfernog ogledala su: tačka C je centar krivine, r je poluprečnik krivine, a tačka T je teme ogledala. Prava koja prolazi kroz centar krivine C i teme T naziva se glavna optička osa ogledala (slika 17).



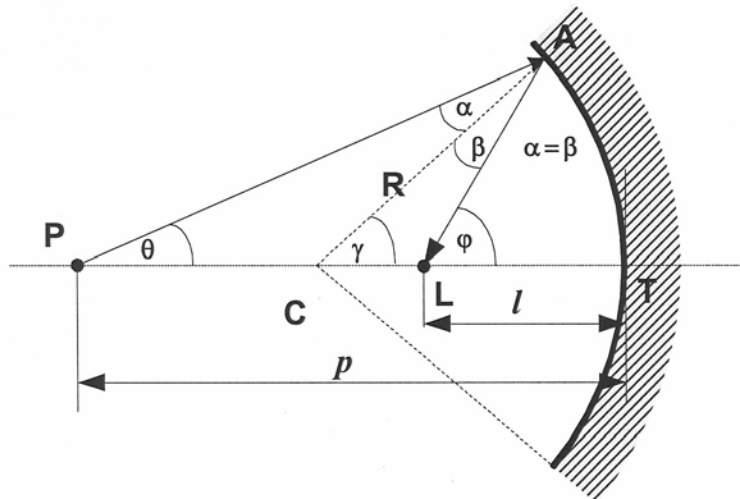
Slika 17: Elementi sfernih ogledala

Tačka F se naziva žiža ili fokus ogledala i u njoj se svi paralelni upadni zraci posle odbijanja seku. Žiža se nalazi na glavnoj optičkoj osi, a njeno rastojanje od temena ogledala do žiže naziva se žižna daljina f . Žižna daljina jednaka je polovini poluprečnika krivine $f = \frac{R}{2}$.

2.3.5 KONKAVNA OGLEDALA

Ogledala kod kojih svetlost pada na izdubljenu površinu sfere su konkavna ogledala. Zraci se o sferno ogledalo odbijaju pod uglom koji je jednak upadnom jer zakon odbijanja važi za svaku površinu, bez obzira da li je ravna ili kriva.

Svi svetlosni zraci iz neke proizvoljne tačke P (svetao predmet) koji se odbiju o površinu konkavnog ogledala, odbiće se pod uglom koji je jednak upadnom i svi će se seći u jednoj tački (L). Ta tačka nazvana je lik tačke P i kako se nalazi u preseku odbijenih zraka lik je realan (slika 18).



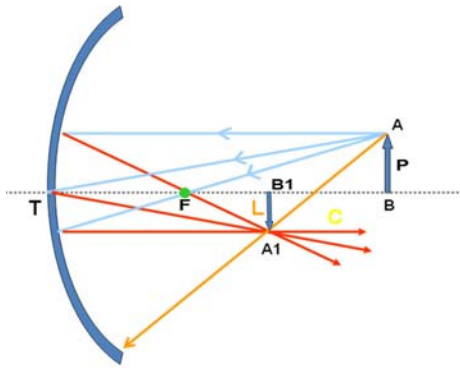
Slika 18: Obrazovanje lika kod konkavnog ogledala

Za dobijanje lika predmeta koristi se tzv. karakteristični zraci jer je njihov pravac nakon odbijanja od sfernog ogledala poznat (Slika 19).

- Zrak koji od predmeta ide paralelno glavnoj optičkoj osi, posle odbijanja prolazi kroz žižu.
- Zrak koji polazi od predmeta i prolazi kroz žižu, posle odbijanja je paralelan glavnoj optičkoj osi.
- Zrak koji ide od predmeta i prolazi kroz centar krivine pada normalno na ogledalo, odbija se od njega u istom pravcu, a suprotnom smeru.
- Zrak koji polazi od predmeta pada u teme ogledala pod nekim uglom, odbija se pod istim tim uglom.

Naravno, nije neophodno koristiti sva četiri karakteristična zraka, jer se oni seku u istoj tački, dovoljna su dva zraka, po izboru.

U zavisnosti od položaja predmeta i temena ogledala, lik predmeta može da bude realan ili imaginaran, uvećan ili umanjen, uspravan ili obrnut.

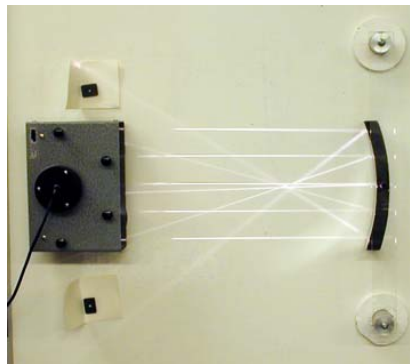


Slika 19: Pravila za konstrukciju lika kod sfernog ogledala

Jednačina konkavnih ogledala glasi: zbir recipročnih vrednosti rastojanja predmeta (p) i lika (l) od temena ogledala jednak je recipročnoj vrednosti žižne daljine :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}$$

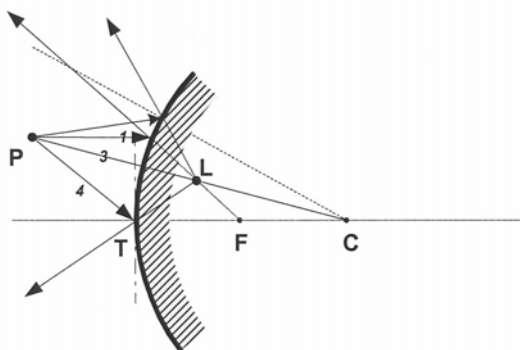
Analizirajući jednačinu za konkavno ogledalo, zaključuje se da ako se tačka P udaljava od ogledala, lik L se približava temenu ogledala. Ako je predmet u bekonačnosti ($p \rightarrow \infty$), svetlosni zraci su paralelni, a rastojanje lika je $l = \frac{R}{2}$ (slika 20). Ako je $p = f$ tj. ako se predmet nalazi u žiži, lik će se nalaziti u beskonačnosti ($l \rightarrow \infty$).



Slika 20: Formiranje lika kod konkavnog ogledala

2.3.6 KONVEKSNA OGLEDALA

Kod ovih ogledala svetlost pada na spoljašnju stranu sfere. Za konveksna ogledala je karakteristično da se centar krivine C i žiža F nalaze iza ogledala. Takođe, važi da je žižna daljina jednaka polovini poluprečnika krivine $f = \frac{R}{2}$. Svetlosni zraci koji padaju paralelno optičkoj osi posle odbijanja su divergentni i njihovi produžeci se seku u žiži (slika 21).



Slika 21: Formiranje lika kod konveksnog ogledala

Karakteristični zraci ovih ogledala su isti kao i kod konkavnih (slika 22) pa se grafičko nalaženje vrši na sličan način.

Ma gde se nalazio predmet u odnosu na ispupčeno ogledalo, njegov lik je uvek imaginaran, umanjen i uspravan. Jednačina za konveksno ogledalo glasi

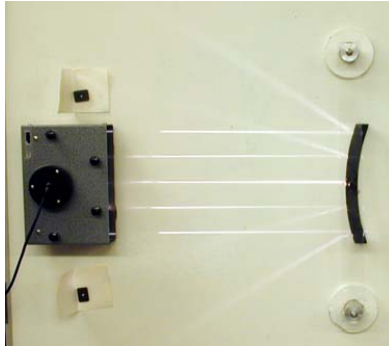
$$\frac{1}{p} - \frac{1}{l} = \frac{-1}{f}$$

Rastojanje lika ima vrednost od 0 do f za sve položaje predmeta (od 0 do ∞). Treba primetiti da za konkavna i konveksna ogledala važi ista jednačina

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}$$

Ako se vodi računa o znaku:

- p je pozitivno za svaki realan predmet, a negativno za svaki imaginarni predmet,
- l je pozitivno kada je lik realan (ispred ogledala) predmet, a negativno za svaki imaginarni predmet (iza ogledala),
- R i f su pozitivni za konkavno, a negativni za konveksno ogledalo.



Slika 22: Formiranje lika kod konveksnog ogledala

2.3.7 LIKOVI I UVEĆANJA

Uvećanje ogledala se definiše kao odnos veličine lika L i veličine predmeta P (slika 23):

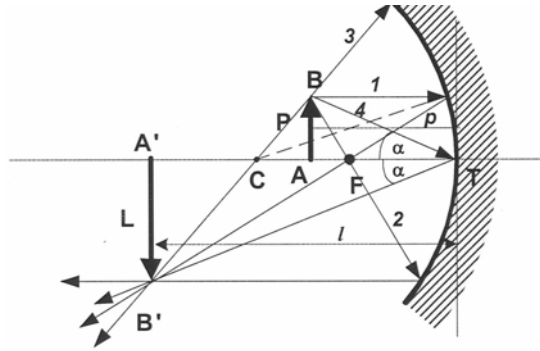
$$u = \frac{L}{P}$$

Uvećanje je dakle, jednako odnosu rastojanja lika i rastojanja predmeta od temena ogledala

$$u = \frac{|l|}{p}$$

Lik konveksnog ogledala je uvek imaginaran, umanjen i uspravan. Kod konkavnog ogledala poštovi više slučajeva:

1. Slučaj kada je $p > R$, tada je lik realan, umanjen i izvrnut. Nalazi se između centra krivine i žiže.
2. Slučaj kada je $p = R$, lik je realan, umanjen i izvrnut. Nalazi se na istom rastojanju kao predmet ($l = R = p$).
3. Slučaj $f < p < R$ lik je realan, uvećan, izvrnut i nalazi se iza centra krivine.
4. Slučaj $p < f$ odbijeni zraci se ne seku već divergiraju. Lik se dobija u preseku produžetaka odbijenih zraka (iza ogledala). Lik je imaginaran, uvećan i uspravan.



Slika 23: Uvećanje ogledala

2.3.8 PRIMENA

Ravna ogledala se koriste u svakodnevnom životu u kozmetičke, saobraćajne i druge svrhe. Ogledala imaju veliku primenu u nauci i tehnici (mikroskop, teleskop). Konkavna ogledala se koriste kada snop svetlosti treba usmeriti u određenom pravcu. Ovakvu ulogu imaju kod farova automobila, projekcionih aparata, velikih reflektora i dr. Konveksna ogledala se upotrebljavaju za rasipanje svetlosti. Našla su primenu kod retrovizora automobila jer vozač može da vidi mnogo veći prostor bočno i iza automobila, na raskrscima uzanih ulica, i dr.

2.4 ZAKON PRELAMANJA (REFRAKCIJE) SVETLOSTI

2.4.1 ZAKON PRELAMANJA (REFRAKCIJE) NA RAVNOJ POVRŠINI

Na ravnoj površini, koja deli dve sredine različitih optičkih gustina (različitog apsolutnog indeksa prelamanja) deo svetlosti se prelama (slika 24). Zakon prelamanja (ili refrakcije) svetlosti su postavili u prvoj polovini 17. veka Dekart i Snelijus nezavisno jedan od drugog, pa je nazvan Dekart-Snelijusov zakon (slika 25).

Zakon prelamanja svetlosti glasi: odnos sinusa upadnog i sinusa prelomnog ugla za dve sredine je stalna veličina i jednak je odnosu apsolutnih indeksa prelamanja druge i prve sredine pri čemu upadni zrak, normala i prelomni zrak leže u istoj ravni.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \text{const.}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

Upadni α i prelomni β uglovi su uglovi koji upadni i prelomni zraci grade sa normalom na graničnu površinu, kroz tačku u kojoj se zrak prelama. Apsolutni indeks prelamanja za neku sredinu

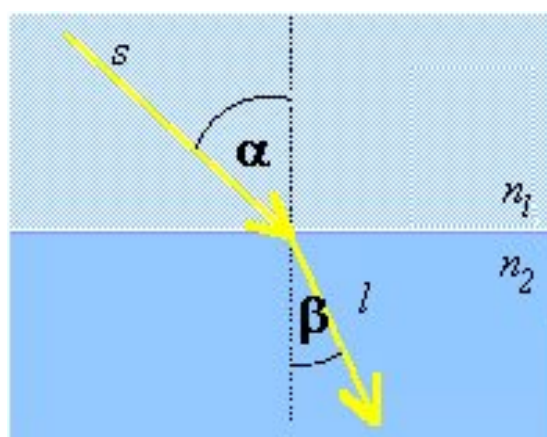
je odnos brzine prostiranja svetlosti u vakumu i brzine prostiranja svetlosti u toj sredini $n = \frac{c_0}{c}$.

Relativni indeks prelamanja za dve sredine je odnos brzina svetlosti u tim sredinama $n = \frac{c_1}{c_2}$.

Znači, odnos brzina svetlosti u dve sredine obrnuto je srazmeran apsolutnim indeksima prelamanja za te sredine.

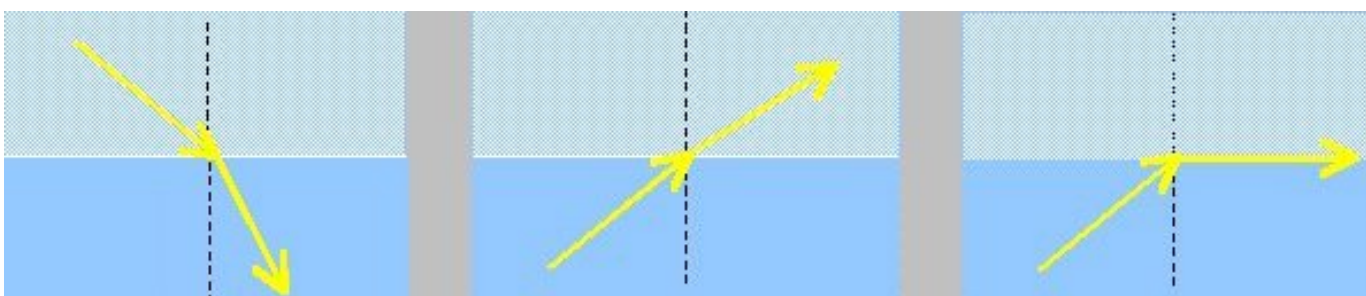
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

Optički gušća sredina je ona u kojoj je brzina prostiranja svetlosti manja, odnosno indeks prelamanja veći (voda), a optički ređa sredina (vazduh) ima veću brzinu prostiranja svetlost to jest manji indeks prelamanja.



$$\alpha < \beta, n_1 < n_2$$

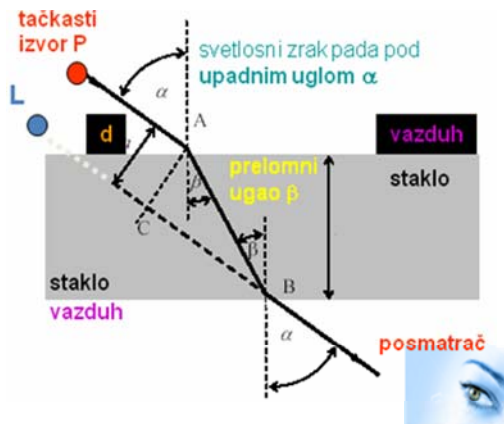
Slika 24: Prelamanje svetlosti



Slika 25: Dekart – Snelijusov zakon: a) prelamanje svetlosti pri prelazu iz optički ređe u optički gušću sredinu b) prelamanje svetlosti pri prelazu iz optički gušće u optički ređu sredinu c) granični ugao

2.4.2 PRELAMANJE SVETLOSTI KROZ PLANPARALELNU PLOČU

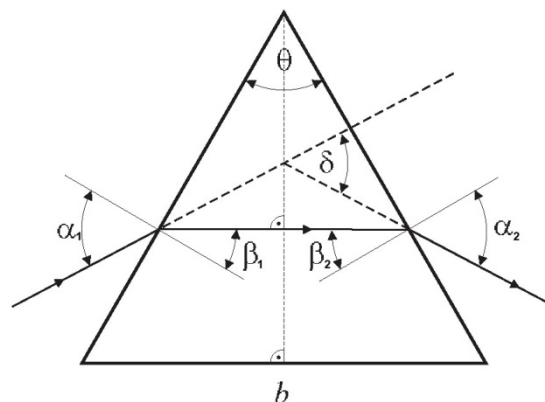
Planparalelna ploča je providno telo čije su naspramne površine paralelne. Svetlosni zrak propušten kroz providno telo čije su naspramne površine ravne (planparalelna ploča) prelama se dva puta, pri ulasku i pri izlasku iz ploče (slika 26). Lik je paralelno pomeren sam sebi, a pomeranje zavisi od: debljine ploče d , odnosa indeksa prelamanja dve sredine i upadnog ugla. Ako je sredina iz koje dolazi zrak vazduh ukoliko je veći indeks prelamanja ploče pomeranje lika će biti veće.



Slika 26: Prelamanje svetlosti kroz planparalelnu ploču

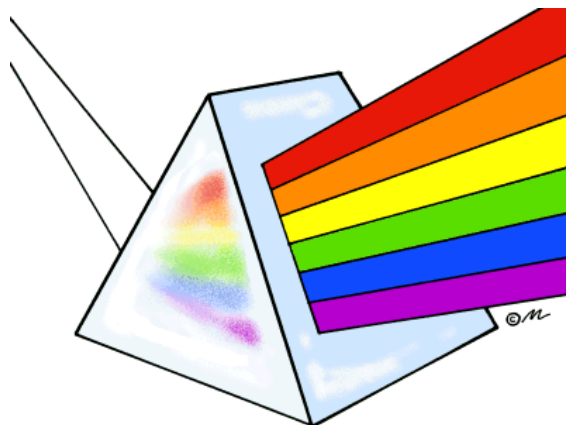
2.4.3 PRELAMANJE SVETLOSTI KROZ PRIZMU

Optička prizma je providno telo, koje ima bar dve neparalelne uglačane površine, na kojima se svetlost dva puta prelama i skreće ka širem delu (osnovi) prizme. Lik je imaginaran, na istoj strani kao i predmet, ali pomeren ka prelomnoj ivici. θ je ugao prizme, δ se naziva ugao skretanja, α_1 i β_1 su upadni uglovi dok su α_2 i β_2 prelomni uglovi. Ugao skretanja ili devijacije jednak je zbiru upadnog i izlaznog ugla, umanjen za prelomni ugao prizme (slika 27).



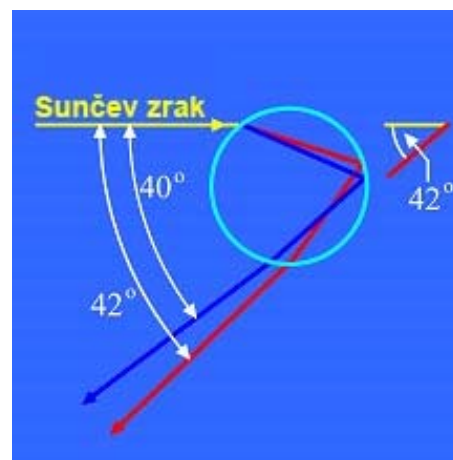
Slika 27: Optička prizma

Svetlost jedne talasne dužine, jedne boje, naziva se monohromatska. Većina svetlosnih snopova je polihromatska (slika 28), što znači da se sastoje od talasa različitih talasnih dužina. Disperzija je pojava razlaganja složene bele svetlosti na svetlost različitih boja pri prolasku kroz prizmu.



Slika 28: Disperzija bele svetlosti

Duga nastaje kombinacijom prelamanja, disperzije i unutrašnjeg odbijanja Sunčeve svetlosti na kapima kiše (slika 29). Kada su uslovi za njeno posmatranje povoljni, mogu se videti dve duge: primarna i sekundarna. Primarna duga je svetlija, sa spoljašnje strane je crvena boja, a sa unutrašnje strane ljubičasta. Raspored boja u slučaju sekundarne duge je obrnut u odnosu na primarnu. Čovekovo oko registruje crvenu boju pod uglom od $42^{\circ}16'$, zatim narandžastu, žutu, zelenu, plavu, indigo plavu, i ljubičastu kojoj odgovara ugao $40^{\circ}44'$. Sve kapljice koje šalju ka posmatraču na primer svetlost crvene boje leže unutar prostornog ugla od 42° (slika 29 b) te posmatrač vidi jedan crveni prsten. Dakle između crvene kojoj odgovara prelomni ugao od $42^{\circ}16'$ i ljubičaste čiji je prelomni ugao $40^{\circ}44'$ nalaziće se ceo spektar boja. Iz aviona se može videti celokupna kružna duga.



Slika 29: Duga: a) primarna i sekundarna, b) prelamanje, razlaganje i refleksija zraka na kišnoj kapi

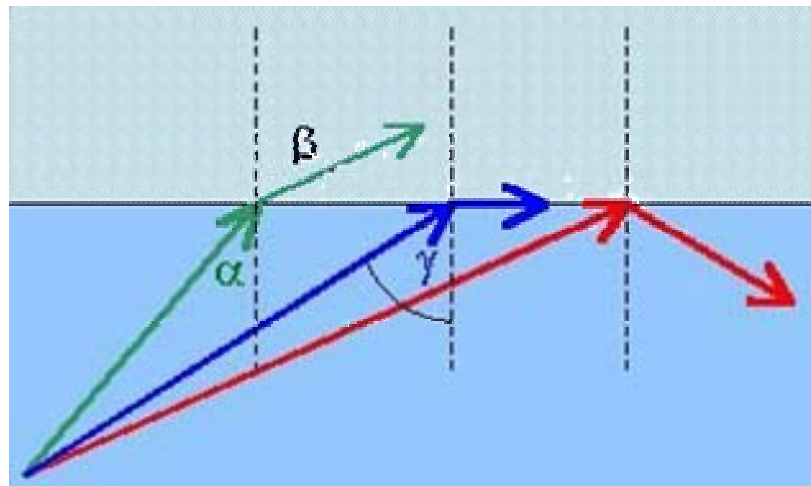
2.4.4 TOTALNA REFLEKSIJA

U slučaju kada svetlost prelazi iz optički gušće u optički ređu sredinu (na primer iz vode u vazduh) prelomni ugao je veći od upadnog. U tom slučaju postoji takav upadni ugao, manji od 90° , za koji je ugao prelamanja jednak 90° . Tada prelomni zrak "klizi" po graničnoj površini, a upadni ugao se naziva granični ugao totalne refleksije, α_g . Granični ugao totalne refleksije može da se izračuna iz Dekart-Snelijusovog zakona (uzimajući da je prelomni ugao 90°):

$$\sin \alpha_g = \frac{n_2}{n_1}$$

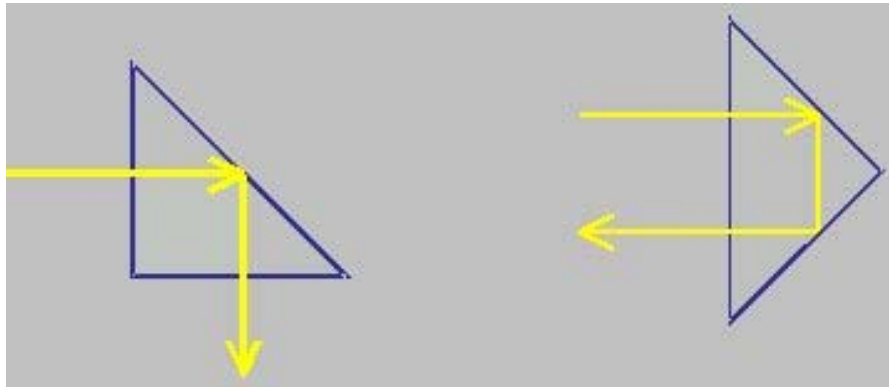
$$(n_1 > n_2)$$

Ako zrak pada na graničnu površinu pod uglom većim od α_g neće se prelomiti već će se u potpunosti odbiti od granične površine. Zato se ova pojava naziva totalna refleksija (slika 30). Totalna refleksija može nastati samo ako svetlost prelazi iz optički gušće u optički ređu sredinu to jest. ako je $n_1 > n_2$. Na primer, totalna refleksija je moguća pri prelasku svetlosti iz stakla u vazduh, a nemoguća pri prelasku iz vazduha u staklo.



Slika 30: Totalna refleksija

Totalna refleksija svetlosti se koristi kod prizmi koje su u sastavu optičkih instrumenata. To su pravougaone prizme čiji su ostali uglovi 45° (granični ugao za staklo od koga su napravljene je 42°). Svetlosni zrak koji pada normalno na neku stranu prizme ne menja pravac prostiranja, već pada na drugu stranu prizme od koje se totalno reflektuje pri čemu promeni pravac ili smer za 90° ili 180° (slika 31).



Slika 31: Totalna refleksija kod prizme

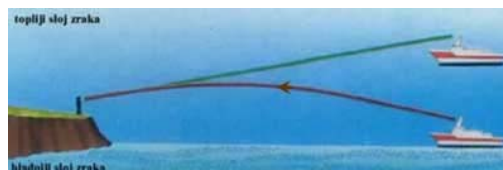
Prelamanje svetlosti i totalna refleksija su pojave na osnovu kojih se objašnjavaju neke pojave u atmosferi. Pod određenim uslovima (na Zemlji ili u vazduhu) moguće je videti obrnute likove predmeta. Ova pojava se zove fatamorgana.

Pojava fatamorgane u pustinjama (slika 32) je posledica totalne refleksije. Tokom dana niži slojevi vazduha se veoma zagreju, postaju ređi od viših slojeva. Svetlosni zraci, koji dolaze od udaljenih predmeta, mogu se totalno reflektovati na granici nekog ređeg sloja. Kada ovi zraci dođu do posmatrača, u preseccima njihovih produžetaka posmatrač vidi imaginaran lik predmeta koji je obrnut i izgleda kao da se ogleda u vodi (donja fatamorgana). Iz istog razloga posmatrač vidi Sunce i Mesec još pre nego što se pojave na horizontu, a isto tako ih vidi još izvesno vreme posle zalaska (slika 34.).

U hladnijim predelima udaljeni predmeti izgledaju podignuti iznad svog stvarnog položaja. Tako nastaje gornja fatamorgana (slika33). Iznad morske površine, svetlosni zraci padaju pod uglom većim od graničnog i od višeg a ređeg sloja vazduha se potpuno odbijaju.



Slika 32: Donja fatamorgana



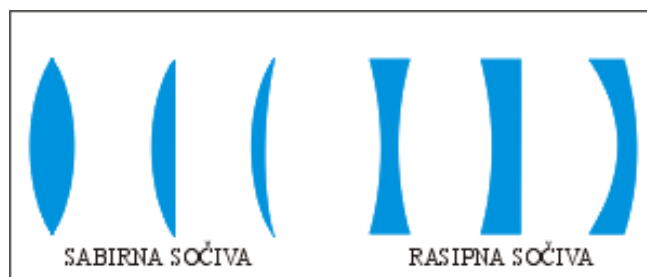
Slika 33: Gornja fatamorgana



Slika 34: Izlazak Sunca

2.4.5 OPTIČKA SOČIVA

Optičko sočivo je telo izgrađeno od providnog homogenog materijala, ograničeno sa dve sferne ili barem jednom sfernom i jednom ravnom površinom. Obično su površine koje ograničavaju sočiva sferne. Prema obliku i osobinama sočiva (slika 35) se dele na: sabirna (konvergentna) i rasipna (divergentna).

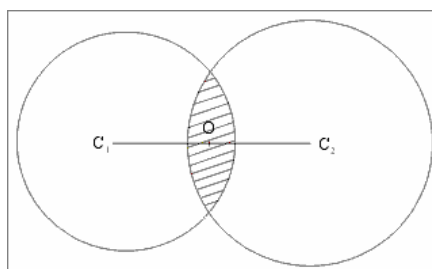


Slika 35: Vrste sočiva

Prelamanje svetlosti na sočivu se može posmatrati kao prelamanje na dve sferne površine (slika 36). Za prelamanje na svakoj sfernoj površini primenićemo jednačinu

$$\frac{n}{l_1} + \frac{1}{p} = \frac{n-1}{R_1} \quad \wedge \quad \frac{1}{l_1} + \frac{n}{p_2} = \frac{1-n}{-R_2}$$

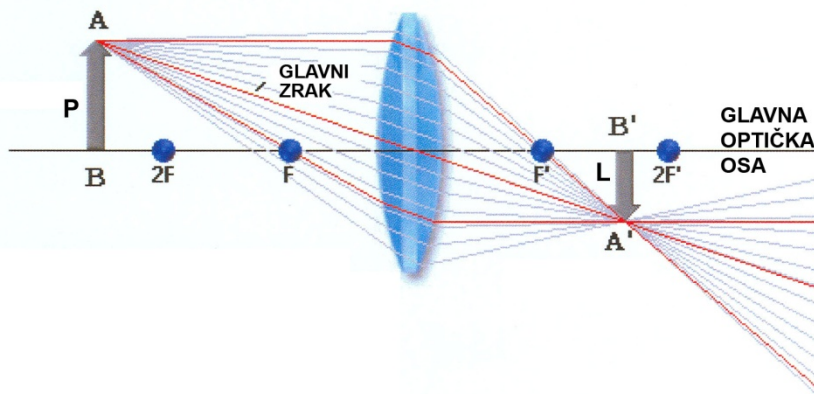
gde je n indeks prelamanja sočiva, $p_2 = l_1 + d$, d je debljina sočiva. Glavna optička osa je linija koja prolazi kroz oba centra krivine. Svako sočivo ima dve žiže koje su simetrično raspoređene u odnosu na njegov centar. Prava koja prolazi kroz žižu i normala na glavnu optičku osu grade žižnu ravan sočiva.



Slika 36: Elementi sočiva

Elementi sočiva su: glavna optička osa, poluprečnici krivina R_1 i R_2 , žiže F_1 i F_2 , žižne daljine f_1 i f_2 , optički centar O , centri krivine C_1 i C_2 . Prolaženjem svetlosnog zraka kroz sočivo dolazi dva puta do prelamanja, jednom pri ulazu i jednom pri izlazu na graničnoj površini sočiva i okolne sredine.

Za konstrukciju lika kod sočiva koriste se karakteristični zraci (slika 37):



Slika 37: Pravila za konstrukciju lika kod sabirnih sočiva

1. Upadni zrak paralelan glavnoj optičkoj osi posle prelamanja prolazi kroz žižu
2. Zrak koji prolazi kroz žižu, posle prelamanja je paralelan glavnoj optičkoj osi
3. Ako upadni zrak prolazi kroz centar sočiva prelomni zrak prolazi bez prelamanja

(za tanko sočivo pomeranje se zanemaruje)

Lik predmeta kod sabirnog sočiva možemo naći ako posmatramo predmet kao skup tačaka, pronalazimo likove pojedinih tačaka koristeći osobine paralelnih zraka. Za lik predmeta P (slika37) dovoljno je naći samo lik tačke A jer je lik tačke B na glavnoj optičkoj osi.

Veza između položaja predmeta, lika i žižne daljine kod sočiva data je jednačinom sočiva koja glasi:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}$$

Zbir recipročnih vrednosti udaljenja predmeta i udaljenja lika od sočiva jednak je recipročnoj vrednosti žižne daljine sočiva.

Iz $\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}$ dobijamo $l = \frac{p \times f}{(p - f)}$

U optici se često koristi veličina koja se naziva optička moć sočiva. Ona se definiše kao recipročna vrednost žižne daljine $\omega = \frac{1}{f}$. Jedinica za optičku moć je dioptriya, oznaka joj je D(m⁻¹).

Sabirna sočiva imaju pozitivnu optičku moć, a rasipna negativnu.

2.4.6 TANKO SOČIVO

Tanko sočivo je sočivo kod kojeg je rastojanje između njegovih refrakcionih površina malo u poređenju sa rastojanjima od predmeta do lika. Prethodne jednačine se mogu napisati u obliku:

$$\frac{-n}{l_1} + \frac{1}{p} = \frac{n-1}{R_1}$$

$$\frac{1}{l} + \frac{n}{l_1} = \frac{1-n}{-R_2}$$

Njihovim sabiranjem dobijamo glavnu jednačinu za tanko sočivo:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = (n-1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

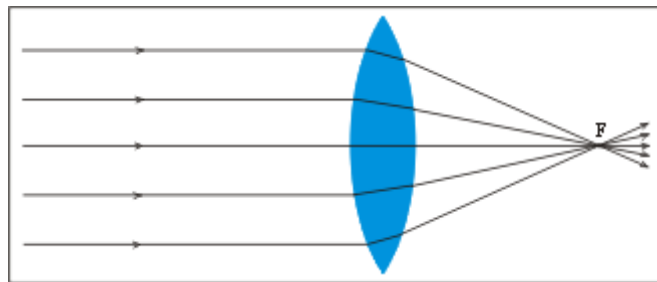
Ova jednačina se još naziva i optičarska jednačina.

U njoj je p rastojanje predmeta od centra sočiva, a l je rastojanje lika, n je indeks prelamanja materijala od kog je sočivo načinjeno (ako se nalazi u vazduhu) a R_1 i R_2 su poluprečnici krivina površina sočiva (poluprečnik konkavne površine se uzima kao pozitivan, a konveksne kao negativan).

2.4.7. SABIRNA SOČIVA

Optička sočiva koja su na sredini deblja nego na krajevima (pod uslovom da je indeks prelamanja sočiva veći od indeksa prelamanja sredine) nazivaju se sabirna (kovergentna) sočiva. U zavisnosti od oblika površina ona mogu biti: bikonveksna, konkavno-konveksna i plankonveksna.

Ako na sabirno sočivo pada snop zraka, koji su paralelni sa optičkom osom, oni će se posle prelamanja seći u jednoj tački - žiži F (slika 38).

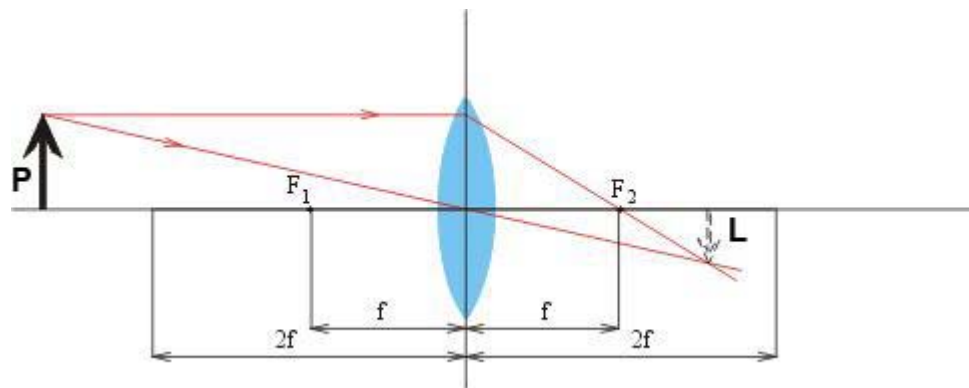


Slika 38: Bikonveksno sočivo

Koristeći osnovnu jednačinu sočiva i izraz za uvećanje može se odrediti položaj lika i njegove osobine u zavisnosti od položaja predmeta:

1. Predmet se nalazi iza dvostruke žižne daljine (slika 39)

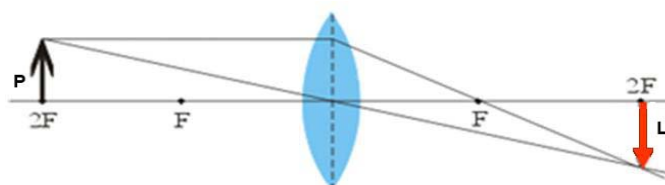
Lik je realan, obrnut, umanjen, nalazi se sa druge strane sočiva iza žiže, $p > 2f$



Slika 39: Formiranje lika kod sabirnog sočiva kada je predmet iza dvostruke žižne daljine

2. Predmet se nalazi na dvostrukoj žižnoj daljini (slika 40)

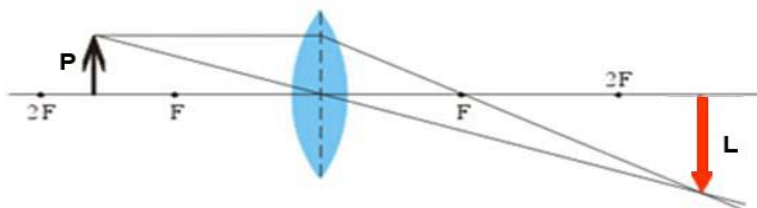
Lik je realan, obrnut, iste veličine kao predmet, nalazi se sa druge strane sočiva na dvostrukoj žižnoj daljini.



Slika 40: Formiranje lika kod sabirnog sočiva kada je predmet na dvostrukoj žižnoj daljini

3. Predmet se nalazi iza žiže (slika 41)

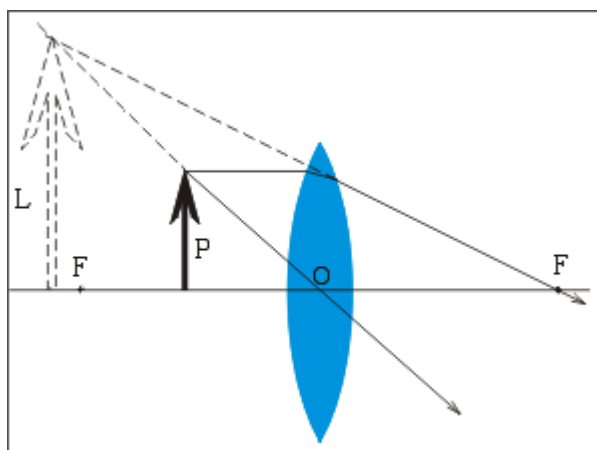
Lik je realan, obrnut, uvećan i nalazi se sa druge strane sočiva iza dvostruke žižne daljine.



Slika 41: Formiranje lika kod sabirnog sočiva kada je predmet iza žiže

4. Predmet se nalazi između žiže i sočiva (slika 42)

Lik je imaginaran, uspravan, uvećan, nalazi se na istoj strani sočiva gde i predmet.

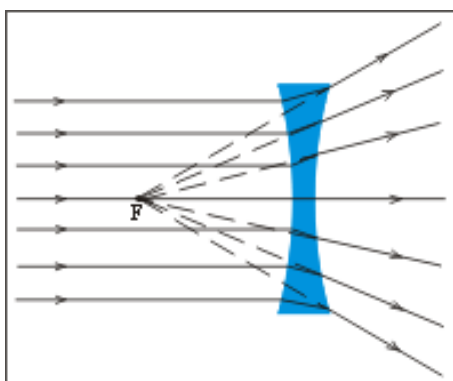


Slika 42: Formiranje lika kod sabirnog sočiva kada se predmet nalazi između žiže i sočiva

U svim slučajevima kada je predmet na većem rastojanju od žižne daljine dobijamo $I > 0$. To znači da se lik dobija u preseku prelomnih zraka to jest lik je realan. Sa slike (slike 40) se vidi da je lik obrnut u odnosu na predmet. Ukoliko je $p < f$ dobijamo $I < 0$ to jest lik je imaginaran uspravan, veći od predmeta i sa iste strane sočiva kao i predmet (slika 42).

2.4.8. RASIPNA SOČIVA

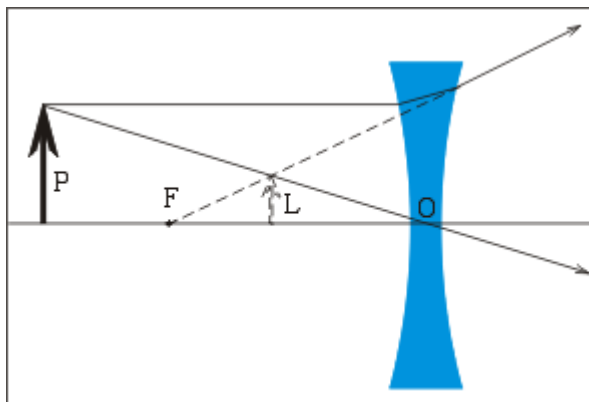
Optička sočiva koja su na sredini tanja nego na krajevima (pod uslovom da je indeks prelamanja sočiva veći od indeksa prelamanja sredina) nazivaju se rasipna (divergentna) sočiva. U zavisnosti od oblika ona mogu biti: bikonkavna, konkavno-konveksna i plankonkavna (slika 43).



Slika 43: Bikonkavno sočivo

Rasipna sočiva imaju imaginarnu žižu, koja se dobija u preseku produžetaka prelomljenih zraka. Žižna daljina ovih sočiva je negativna.

Lik predmeta se dobija posmatranjem predmeta kao skup pojedinih tačaka i pronalaženjem likova pojedinih tačaka uz korišćenje osobina karakterističnih zraka. Znači, lik predmeta koji daje rasipno sočivo dobija se u preseku produžetaka karakterističnih zraka, uvek je imaginaran, uspravan i umanjen (slika 44).



Slika 44: Formiranje lika kod rasipnog sočiva

2.4.9 UVEĆANJE SOČIVA

Uvećanje sočiva se definiše kao odnos veličine predmeta i lika i jednako je:

$$U = \frac{L}{P} = \frac{l}{p}$$

to jest jednako je apsolutnoj vrednosti odnosa rastojanja lika i predmeta od sočiva.

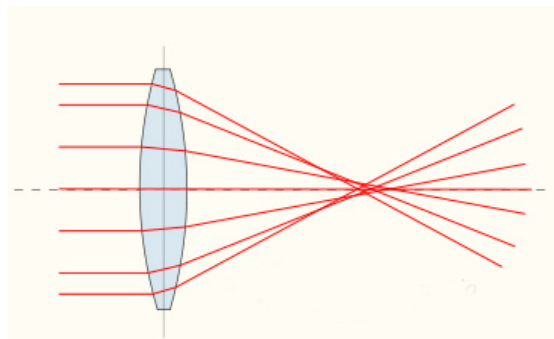
Pravila za konstrukciju likova, jednačina sočiva i optička jednačina sočiva koriste se samo ako svetlosni zraci padaju na sočivo paralelno optičkoj osi ili pod malim uglom u odnosu na nju, ako je svetlosni snop uzak i kada su sočiva tanka.

2.4.10 NEDOSTACI SOČIVA

U praksi se obično koriste sočiva velike optičke jačine. Ona su veoma debela u odnosu na svoj prečnik i imaju niz nedostataka (abercija) usled čega se dobijaju potpuno ili delimično nejasni likovi. Nedostaci sočiva se ne mogu u potpunosti ukloniti ali se kod savremenih optičkih uređaja mogu korigovati i svesti na najmanju meru, tako da ne utiču na kvalitet slike.

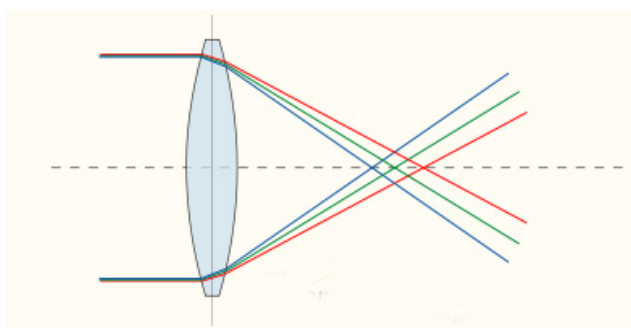
Jedan oblik aberacije jeste sferna aberacija (slika 45). Ona nastaje zbog nejednakog prelamanja svetlosnih zraka koji padaju na sočivo na različitim rastojanjima od optičke ose zbog

čega se ne dobija dovoljno oštra slika posmatranog predmeta. Kamere i fotoaparati su opremljeni odgovarajućom blendom da bi se kontrolisao intenzitet svetlosti i redukovala sferna aberacija na najmanju moguću meru.



Slika 45: Sferna aberacija sočiva

Još jedan od oblika aberacije je hromatska aberacija. Ona nastaje zbog osobine sočiva da se svetlost različitih talasnih dužina različito prelama. Najviše će se prelomiti ljubičasta, a najmanje crvena svetlost (slika46).



Slika 46: Hromatska aberacija sočiva

Astigmatizam je aberacija pri čemu se širok i kos zrak polazi od jedne tačke i posle prelamanja ne skuplja u jednoj tački već u dvema različito udaljenim. Od jednog lika se formiraju dva i ne mogu se dobiti oštri likovi predmeta.

3. OPTIČKI SISTEMI

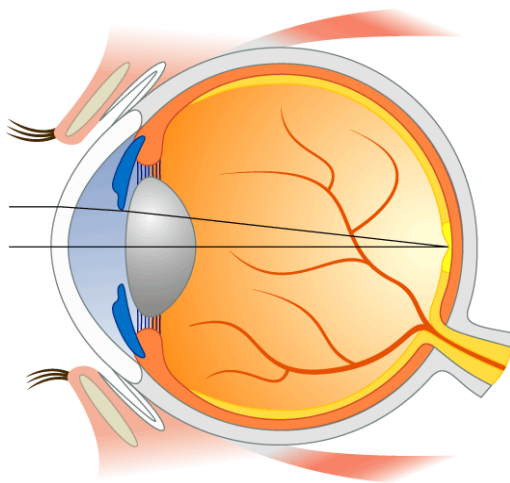
Mnoge predmete, koji nas okružuju, ne vidimo jer su sitni ili veoma udaljeni. Kombinovanjem optičkih tela, kao što su ogledala, prizme i sočiva dobijamo optičke sisteme pomoću kojih se lik posmatranog predmeta uvećava ili prividno približava oku.

3.1 OKO

Oko, organ čula vida je približno sfernog oblika, spolja obavijeno beonjačom, a sa prednje strane je providna membrana-rožnjača. Iza nje je prednja komora ispunjena prozirnom očnom tečnošću. Zatim se nalazi dužica u čijoj sredini je zenica i na kraju je kristalno sočivo. Dužica je mišićna dijafragma koja kontroliše otvor zenice i reguliše količinu svetlosti koja pada na oko. U pravcu glavne optičke ose očnog sočiva nalazi se žuta mrlja.

Pri posmatranju udaljenih predmeta, svetlost koja pada na oko fokusira se sistemom rožnjača-sočivo, i na žutoj mrlji formira se realan lik. Tada se povećavaju poluprečnici krivine sfernih površina sve dok se na mrežnjači ne formira jasan lik predmeta.

Obrnuto, ako posmatramo predmet na malom rastojanju od oka, dejstvom mišića se smanjuju poluprečnici krivina sočiva. Ova osobina naziva se akomodacija sočiva. Pošto se od veoma bliskih predmeta stvaraju zamagljene slike, očigledno postoji granica akomodacije. Daljina jasnog vida je najmanje rastojanje predmeta za koje očno sočivo stvara jasnu sliku na mrežnjači. Ovo rastojanje za zdravo oko iznosi oko 25 cm (slika47).



Slika 47: Oko

3.2. LUPA

Lupa je najprostiji optički instrument. Služi za posmatranje malih i bliskih predmeta kada nije potrebno veliko uveličavanje (2-5 puta). Najbolje lupe mogu da uvećavaju lik predmeta i do 15 puta.

Najčešće se sastoji od jednog sabirnog sočiva, mada može biti sastavljeno i od više sočiva. Sočiva lupe su sabirna i imaju žižnu daljinu od 1 do 10 cm. Lupa sa manjom žižnom daljinom više uveličavaju. Predmet se postavi između žiže i sočiva (p/f) a lik koji se dobija je imaginaran, na daljini jasnog vida. Presecanjem karakterističnih zraka vidimo da se dobija uspravan i uvećan lik.

Pretpostavimo da je oko u blizini lupe (slika 48). Tada se može definisati uvećanje lupe kao

$$U = \frac{L}{P} = \frac{l}{f} = \frac{s}{p}$$

jer je $l=d$, pri čemu je s - daljina jasnog vida (približno 25 cm). Iz jednačine sočiva za ovaj slučaj:

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f}$$

možemo izraziti rastojanje predmeta:

$$p = \frac{s \cdot f}{s + f}$$

Zamenom u prethodnu jednačinu dobijamo izraz koji predstavlja uvećanje lupe:

$$u = \frac{s}{f} + 1$$

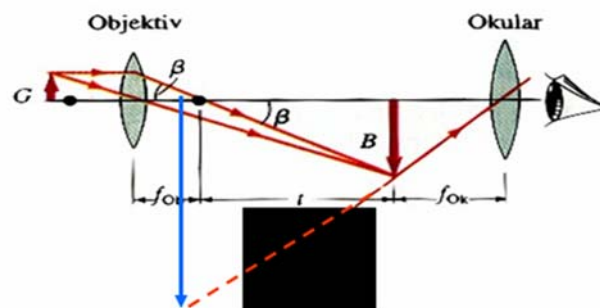


Slika 48: Lupa

3.3 MIKROSKOP

Mikroskop je optički instrument koji služi za posmatranje veoma malih predmeta. Uvećanje koje se dobija mnogo je veće nego kod lupe i iznosi od 50 do preko 2000 puta. Sastoji se od dva glavna optička dela: okulara i objektiv. Objektiv je sabirno sočivo male žižne daljine, nekoliko milimetara, a okular je sabirno sočivo žižne daljine nekoliko centimetara i igra ulogu lupe.

Uvećanje mikroskopa jednako je proizvodu uvećanja okulara i objektiv i direktno zavisi od dužine cevi instrumenta, a obrnuto je proporcionalno proizvodu žižnih daljina i okulara $u = \frac{d \cdot s}{f_1 \cdot f_2}$. Mikroskopi sa dužom cevi više uvećavaju, mada se isto može dobiti i smanjenjem žižnih daljina oba sočiva. Najbolji optički mikroskopi uvećavaju do 3000 puta (slika 49).



Slika 49: Mikroskop

3.4 TELESKOP

Teleskopi su optički instrumenti koji služe za posmatranje nebeskih tela i udaljenih objekata. Dele se na dve grupe:

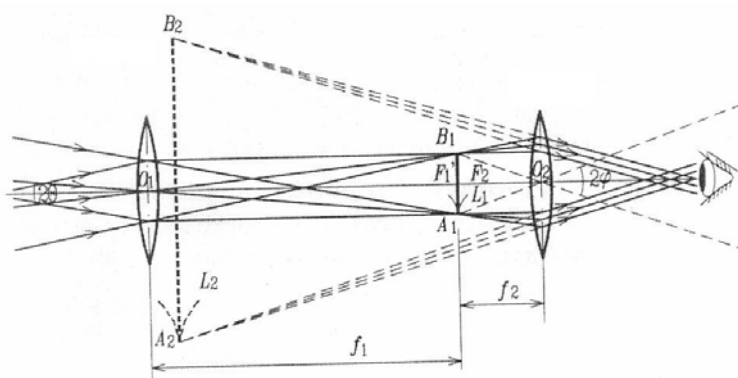
- Refraktorske
- Reflektorske

Kod refraktorskih teleskopa objektiv čini složeni sistem sočiva (da bi se otklonile aberacije) i velike je žižne daljine, dok je okular mnogo manje žižne daljine.

Svetlosni zraci padaju iz udaljenih tačaka, dolaze do objektiv i posle prelamanja na njemu se obrazuje realan lik L1 (slika 50). Kako se žiže okulara i objektiv poklapaju lik se formira na zajedničkoj žižnoj ravni. Posle prelamanja na okularu, zraci stižu u oko posmatrača. U preseku

produžetka prelomnih zraka formira se lik L_2 . Kroz teleskop se isti predmet vidi znatno pod većim uglom (2φ) nego bez njega (2θ). Uvećanje teleskopa je:

$$u = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \theta}$$



Slika 50: Refraktorski teleskop

Sa slike vidimo da je iz trougla $A_1F_2O_2$, $\operatorname{tg} \varphi = \frac{L_1}{\frac{f_2}{2}}$, a iz trougla $A_1F_1O_1$, $\operatorname{tg} \theta = \frac{L_1}{\frac{f_1}{2}}$

Zamenom dobijamo:

$$u = \frac{f_1}{f_2}$$

3.5 DURBIN

Durbin je optički instrument kojim se posmatraju udaljeni predmeti. Astronomski (Keplerov) durbin služi za posmatranje nebeskih tela. Sastoji se od dva sabirna sočiva različite žižne daljine. Jedno ima veću žižnu daljinu i služi kao objektiv, a drugo manju i služi kao okular. Predmet se nalazi na daljini većoj od dvostruke žižne daljine objektiva. Lik predmeta je umanjen, obrnut i stvaran jer se obrazuje između okulara i njegove žiže. Oko posmatrača je kod okulara koji ima ulogu lupe i obrazuje uvećan, imaginarni lik. Za posmatranje nebeskih tela nije od značaja što je lik predmeta obrnut.

Ovaj durbin nije podesan za posmatranja udaljenih tela na Zemlji jer daje obrnute likove. Galilej je 1609. godine konstruisao durbin ubacivši rasipno sočivo sa velikom žižnom daljinom kao objektiv, a okular je sabirno sočivo male žižne daljine. Okular nije lupa, jer je postavljeno sočivo iza objektiva na daljini koja je manja od žižne daljine objektiva. Tako je dobio ispravljen lik. Na taj način, posmatrač vidi uspravan, imaginarni i uvećan lik.



Slika 51: Durbin

Za posmatranje okolnih predmeta koristi se durbin sa prizmama. Između objektiva i okulara ubačene su dve prizme za totalnu refleksiju koje menjaju pravac prostiranja zraka za 180° , a pomoću okulara, koji deluje kao lupa, posmatrač vidi lik uspravan, imaginarni i uvećan. Znači, zraci dva puta menjaju svoj smer jer su prizme postavljene pod uglom od 90° jedna prema drugoj, pa se lik obrne za 180° (slika 53).

4. OBRADA NASTAVNE JEDINICE PRAVOLINIJSKO PROSTIRANJE SVETLOSTI.

PRVI ZAKON GEOMETRIJSKE OPTIKE

4.1 Tok časa

1. Formiranje grupe
2. Obnavljanje gradiva
3. Ogled/ razgovor o izvedenom ogledu
4. Prezentovanje rezultata i izvođenje zaključaka
5. Definisiranje zakona

4.1.1 Formiranje grupe

Učenici su podeljeni u grupe metodom slučajnog uzorka. Dati su im listići sa ispisanim slovima S,U,N,C,E. Svi koji su izvukli isto slovo čine jednu grupu.

4.1.2 Obnavljanje gradiva/potrebna predznanja

Svetlost, svetlosni izvori , tačkast svetloni izvor, svetlosni zrak

Predznanje:

Šta je svetlost?

Koja tela nazivamo svetlosnim izvorom?

Da li postoji razlika između prirodnih i veštačkih svetlosnih izvora? Znaš li neki prirodni izvor svetlost?

Šta nazivamo tačkastim svetlosnim izvorom?

Nabroj svetlosne izvore koji te okružuju.

Predpostavljeni odgovori:

Svetlost je elektromagnetni talas u vidljivom delu spektra.

Tela koja zrače svetlost i u oku izazivaju osećaj vida.

Postoji razlika između prirodnih i veštačkih svetlosnih izvora. Sunce, zvezde, svitac.

Kada je svetlosni izvor mnogo manji od osvetljenog predmeta ili je udaljen od njega.

Okružuju me sledeći svetlosni izvori: Sunce, plamen sveće, sijalica, baterijska lampa.

4.1.3 Ogledi

Svaka grupa dobija napisano upustvo za rad i papir na kome će pisati svoja zapažanja, odgovarati na postavljena pitanja i izvesti zaključak

Predloženi ogledi:

S* Pronađi svetlost

U* Igra senki

N* Pomračenje Sunca i Meseca

C* Sveća koja gori u časi vode

E* Napravi periskop

4.1.3.1 Pronađi svetlost

Cilj:

Učenici bi trebalo da uoče pravolinijsko prostiranje svetlosti u homogenoj sredini.

Predznanje:

Svetlosni izvori

Svetlosni zrak

Homogena sredina

Potreban materijal:

1. sveća (baterijska lampa)
2. gumena neprovidna, elastična cev

Priprema i izvođenje ogleda:

Svetlosni izvor se postavi na klupu (slika 52). Zatim se uzme prava cev, postavi iznad izvora svetlosti i traži svetlost. Isti postupak se ponovi sa krivom cevi (slika 53).



Slika 52: Prava cev



Slika 53: Kriva cev

Objašnjenje:

Kada je elastična cev savijena, svetlost se ne vidi. Može se cev saviti u bilo koji oblik ali rezultat je isti. U ogledu sa pravom cevi izvor svetlosti se jasno vidi. Zašto?

Zaključak:

Svetlost se prostire uvek i samo pravolinijski u homogenoj sredini.

Usvojeni pojmovi:

Pravolinijsko prostiranje svetlosti

Neprovidna tela

4.1.3.2 Igra senki

Cilj:

Uočavanje nastanka senke i polusenke pri osvetljavanju neprovidnih tela različitim izvorima svetlosti.



Slika 54: Senke

Predznanje:

Svetlosni izvor

Svetlosni zrak

Potreban materijal:

1. baterijska lampa (sveća)
2. papir
3. olovka
4. makaze

Priprema i izvođenje ogleda:

Na papiru nacrtati razne oblike predmeta koji te okružuju i iseci ih makazama. Uključiti baterijsku lampu i usmeriti svetlost ka zidu .

Objašnjenje:

Kada se isečeni oblici osvetle na podlozi nastaje taman i polu taman prostor . Taman prostor je senka a sivkasti je polusenka. Isto se može dobiti postavljanjem ruku u razne položaje.

Zaključak:

Senka i polusenka se javljaju kao posledica pravolinijskog prostiranja svetlosti u homogenoj sredini.

Usvojeni pojmovi:

Pravolinijsko prostiranje svetlosti u homogenoj sredini

Senka i polusenka

Neprovidno telo

4.1.3.3 Pomračenje Sunca i Meseca

Cilj:

Zapaziti uslove za nastanak pomračenje Sunca i Meseca

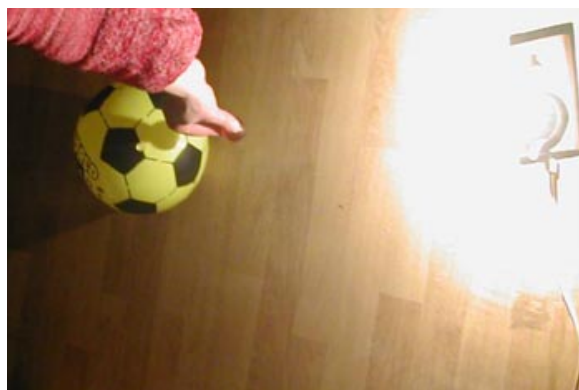
Predznanje:

Svetlosni izvor

Svetlosni zrak

Tačkasti svetlosni izvor

Neprovidno telo



Slika 55: Pomračenje Sunca

Potreban materijal:

1. fudbalska lopta
2. teniska lopta
3. baterijska lampa (sveća)
4. klupa
5. papir



Slika 56: Pomračenje Meseca

Priprema i izvođenje ogleda:

Na klupu postaviti baterijsku lampu, fudbalsku loptu i tenisku loptu tako da su u istom pravcu. Uključiti lampu i pomerati tenisku loptu u taman ili polu taman prostor iza fudbalske lopte. Zatim, postaviti tenisku lopticu ispred fudbalske i posmatrati šta se dešava.

Objašnjenje:

Kada se svetlost baterijske lampe usmeri ka loptama, tako da mala lopta (Mesec) bude u senci ili polusenci veće (Zemlja), nastaje potpuno ili delimično pomračenje Meseca. Ako se teniska loptica postavi ispred fudbalske, onda dolazi do totalnog ili delimičnog pomračenja Sunca.

Zaključak:

Pomračenje Sunca nastaje kada se Mesec nalazi između Sunca i Zemlje, a pomračenje Meseca kada se Mesec nađe iza Zemlje, to jest kada se nalazi u njenoj senci ili polusenci. Ova prirodna pojava je posledica pravolinijskog prostiranja svetlosti.

Usvojeni pojmovi:

Pravolinijsko prostiranje svetlosti
Pomračenje Sunca i Meseca

4.1.3.4 Sveća koja gori u čaši vode

Cilj:

Uočavanje simetričnosti predmeta i lika kod ravnih ogledala

Predznanje:

Svetlosni izvor
Svetlosni zrak
Ogledala

Potreban materijal:

1. dve identične male sveće 2. čaša za vodu 3. staklena ploča 4. stativ za staklenu ploču 5. neprovidna pregrada 6. voda

Priprema i izvođenje ogleda:

U čašu za vodu, pomoću nekoliko kapi voska zalepiti sveću. Ova sveća ne sme da bude upaljena. Drugu sveću zapaliti. Između sveća postaviti staklenu ploču. Posmatrati čašu sa svećom kroz staklenu pregradu, pri čemu sveća koja zaista gori treba da bude zaklonjena neprovidnom pregradom tako da je posmatrač ne vidi. Kada sipamo vodu u čašu dobija se utisak da sveća gori.

Objašnjenje:

Zbog prelamanja i odbijanja svetlosti kroz staklenu ploču vidi se imaginarni lik sveće koja gori na istom rastojanju kao i predmet.

Zaključak :

Kod ravnog ogledala lik je imaginaran, jednak po veličini predmetu i na istom rastojanju od ogledala kao i predmet. Ova pojava se objašnjava zakonom odbijanja svetlosti.

Usvojeni pojmovi:

Odbijanje svetlosti

Zakon odbijanja svetlost

Ravna ogledala

4.1.3.5 Napravi periskop

Cilj:

Zapaziti kako se svetlost ponaša kada naiđe na ravnu prepreku od koje se odbija.

Predznanje:

Svetlosni izvor

Svetlosni zrak

Neprovidno telo

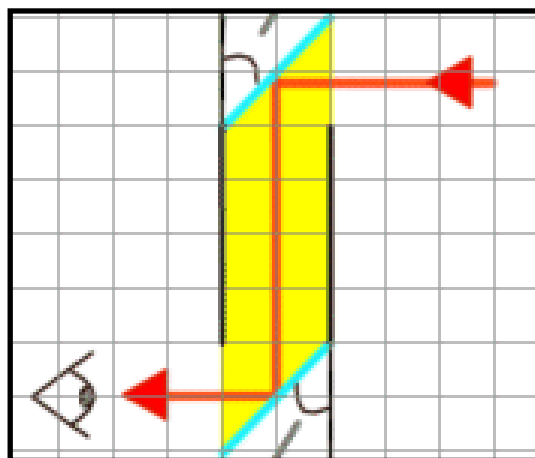
Ogledala

Potreban materijal:

1. karton
2. olovka
3. makaze
4. lepak
5. dva mala ravna ogledala

Pripremanje i izvođenje ogleda:

Olovkom na kartonu nacrtati šemu prema datom uzorku. Makazama iseći karton po ivicama i zarezima (pod uglom od 45°). Lepkom zalepiti karton tako da se dobije telo u obliku kvadra.



Slika 57

U zarezu ubaciti ogledala pri čemu gornje ogledalo treba da bude okrenuto na dole , a donje na gore. Posmatarti predmete oko sebe.

Objašnjenje:

Svetlosni zraci prostiru se pravolinijski kroz homogenu sredinu, a kada naiđu na prepreku odbijaju se od nje po zakonu odbijanja. U periskopu postoje dve prepreke-dva ogledala. Svetlost se odbije od prvog ogledala, a zatim skreće na dole ka drugom ogledalu koje je usmerava ka posmatraču.

Zaključak:

Učenici svoja zapažanja i odgovore na postavljena pitanja zapisuju na velikom papiru. Zatim svaka grupa svoj poster lepi na tablu i uz izvođenje ogleda objašnjava celom odeljenju rad i zaključke do kojih su došli. Na kraju, uz pomoć nastavnika, izvode se zaključci:

Svetlost se u homogenoj sredini prostire pravolinijski. Zakon odbijanja (refleksije) svetlosti glasi: Upadni ugao jednak je odbojnom uglu. Upadno zrak, normala i odbojni zrak leže u istoj ravni.

5. OBRADA NASTAVNE JEDINICE PRELAMANJE SVETLOSTI, TOTALNA REFLEKSIJA I SOČIVA

Pri obradi ove nastavne jedinice od učenika se očekuje :

Potrebna predznanja:

Šta je svetlosni izvor?

Kakvi mogu biti svetlosni izvori?

Šta je svetlosni zrak?

Kakva mogu biti tela?

Kako glasi zakon odbijanja svetlosti?

Koja je razlika između ravnih i sfernih ogledala?

Da li je brzina svetlosti u svim sredinama ista?

U kojoj sredini je brzina svetlosti najveća?

Predpostavljeni odgovori:

Svetlosni izvor je telo od koga stiže svetlost do našeg oka.

Svetlosni izvori mogu biti prirodni i veštački, topli i hladni.

Svetlosni zrak je uzan snop svetlosti.

Tela mogu biti neprovidna i providna.

Upadni ugao jednak je odbojnom uglu. Upadni zrak, normala i odbojni zrak leže u istoj ravni.

Ravna i sferna ogledala razlikuju se po obliku, ali važi isti zakon odbijanja svetlosti. Brzina svetlosti nije ista u svim sredinama. Najveća je u vakuumu i iznosi 300 000 km/s. U svim ostalim sredinama je manja.

Predloženi ogledi:

1. Nestali novčić

2. Dupli prsti

3. Na boju osetljivo sočivo

5.1 Nestali novčić

Cilj:

Uočiti prelamanje svetlosti na ganici dve sredine različitih optičkih gustina.

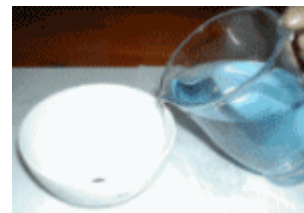
Potreban materijal:

1. metalni novčić
2. neprovidan sud
3. čaša za vodu
4. voda

Priprema i izvođenje ogleda:



Slika 58: Postavljanje novčića



Slika 59: Pojavljivanje novčića

Uzeti neprovidan sud i na dno postaviti novčić (slika 58). Posmatrač je u položaju da može da vidi novčić, a zatim se polako pomera tako da ivica pokrije novčić. Posmatrač zadržava prethodni položaj, dok drugi učenik sipa vodu u sud i pri tome novčić polako postaje vidljiv.

Objašnjenje:

Ako nema vode u sudu, posmatrač treba da bude u položaju da ne vidi odbijeni zrak od novčića, a kada se sipa voda, odbijeni zrak se prelama i novčić se ponovo vidi zbog prelamanja odbijene svetlosti na granici dve sredine različitih optičkih gustina. Zrak koji ide iz optički gušće sredine(voda) u optički ređu sredinu(vazduh) lomi se od normale i dolazi do oka posmatrača. Predmeti u vodi zbog prelamanja svetlosti izgledaju mnogo bliži površini nego što zaista jesu.

Zaključak:

Prelamanje svetlosti nastaje na granici dve sredine različitih optičkih gustina. Deo svetlosti se reflektuje od granične površine.

Usvojeni pojmovi:

Prelamanje svetlosti

Zakon prelamanja svetlosti

5.2. Dupli prsti

Cilj:

Uočavanje prelamanja i odbijanja svetlosti pri prelazu iz gušće u redju sredinu.

Potrebni materijal:

1. ravno ogledalo
2. posuda
3. voda

Priprema i izvođenje ogleda:

U posudu sipati vodu i na njeno dno staviti ravno ogledalo. Prste do polovine zaroniti u vodu kako bi se videla cela ruka. Deo ruke u vodi je kraći od dela ruke van nje. Pomeranjem ogledala, tj. njegovim naginjanjem u odnosu na površinu vode nestaće deo ruke izvan vode ali će se prsti videti duplo.

Objašnjenje:

Kada se ravno ogledalo postavi paralelno površini vode, svetlosni zraci se prelamaju sve dok je upadni ugao manji od graničnog ugla totalne refleksije za te dve sredine. Zraci ne napuštaju površinu vode jer nastaje totalna refleksija. Kada je ugao pod kojim svetlosni zraci padaju na površinu veći od graničnog ugla za te dve sredine svetlost se odbija od površine vode i vide se dupli prsti.

Zaključak:

Prelamanje svetlosti je uslovljeno promenom brzine svetlosti na granici dve sredine. Za nastanak totalne refleksije potrebni su posebni uslovi- upadni ugao mora biti veći od graničnog ugla dve sredine.

Usvojeni pojmovi:

Prelamanje svetlosti

Zakon prelamanja svetlosti

Totalna refleksija

5.3. Na boju osetljivo sočivo

Cilj:

Prelamanje svetlosti u sabirnim sočivima (bikonveksno i plankonveksno)

Potreban materijal:

1. staklena providna boca sa zatvaračem
2. voda
3. papir
4. crni i crveni flomaster

Priprema i izvođenje ogleda:

Flomasterom na papiru napisati dve reči ЖЕНЕ МИРА. Bocu napuniti vodom i na rastojanju od 5 cm ispred napisa držati je vodoravno. Dobijena slika je: reč мира je okrenuta naopako, a reč жене je normalno postavljena.

Objašnjenje:

Boca ima kružni poprečni presek i predstavlja bikonveksno sočivo. Rastojanje između slike i reči, kao i između boce i posmatrača mora biti veće od žižine daljine sočiva. Svetlosni zraci prelamaju se pri prolasku kroz bocu, pri čemu nastala slika ima levu i desnu stranu koje ne moraju biti iste. Reč МИРА je obrnuta, a neka simetrična slova, na primer ЖЕНЕ, ne obrću se.

Ako su reči napisane različitim bojama (crna i crvena) rezultat je isti. Kada je boca delimično napunjena vodom, do okretanja slike ne dolazi jer je reč o plankonveksnom sočivu.

Zaključak:

Kada svetlost pada na sočivo prelama se dva puta pri ulasku i pri izlasku iz sočiva. Bikonveksno sočivo ima obe granične površine sfernog oblika, a plankonveksno sočivo ima jedno sfernu i jednu ravnu graničnu površinu. Pri prelamanju svetlosni zrak menja svoj pravac.

Usvojeni pojmovi:

Prelamanje svetlosti

Cilindrično sočivo

Bikonveksno sočivo

Plankonveksno sočivo

6. ZAKLJUČAK

Upoznavanje učenika sa osnovnim pojmovima, pojavama i zakonima u oblasti optike počinje još u prvom razredu osnovne škole. Najčešće se koriste klasične metode za obradu i utvrđivanje gradiva koje ne povezuju stečeno znanje sa praktičnom primenom i svakodnevnim životom.

Nastavna tema "Geometrijska optika" obrađuje se u osmom razredu osnovne škole kroz nastavne jedinice koje obuhvataju osobine svetlosti, zakone odbijanja i prelamanja svetlosti, sočiva i optičke instrumente.

Za lakše sagledavanje pojava i uočavanje zakonitosti neophodno je korišćenje adekvatnih, zanimljivih, jednostavnih ogleda, tako da učenici kroz individualni rad, razmišljanje i logičko zaključivanje usvoje predviđeno gradivo.

Za obradu ove nastavne teme korišćeni su sledeći ogledi:

1. Pronađi svetlost
2. Igra senki
3. Pomračenje Sunca i Meseca
4. Sveća koja gori u čaši vode
5. Napravi periskop
6. Nestali novčić
7. Dupli prsti
8. Na boju osetljivo sočivo

Za objašnjavanje pravolinijskog prostiranja svetlosti korišćena su prva tri ogleda jer su veoma jednostavni i efektni. Zakon odbijanja svetlosti predstavljen je četvrtim i petim ogledom jer su interesantni i kreativni. Poslednja tri ogleda objašnjavaju prelamanje svetlosti, totalnu refleksiju i sočiva na vrlo originalan i zanimljiv način.

Upotrebom demonstracionih ogleda časovi fizike postaju interesantniji, a gradivo razumljivije i lako primenljivo.

I pored svoje složene strukture (korpuskularna i talasna struktura) ponašanje svetlosti u velikom broju primera može se objasniti geometrijskom optikom pri čemu su zakoni geometrijske optike primenljivi sve dok je talasna dužina svetlosti znatno manja od predmeta.

7. LITERATURA

1. F.W. Seasers: „Optika“, Naučna knjiga, Beograd, 1963.
2. S.E. Friš, A.V. Timorjeva: „Kurs opšte fizike, knjiga III Optika“, Zavod za izdavanje udžbenika SR Srbije, Beograd, 1969.
3. Dr ing. D. Ivanović, ing. V. Vučić: „Fizika II“, Naučna knjiga, Beograd, 1973.
4. Dr D. Obadović: „Jednostavni eksperimenti u nastavi fizike“, Skripta, Novi Sad, 2006/2007.
5. T. Petrović: „Didaktika fizike“, Fizički fakultet, Beograd, 1993.
6. <http://sr.wikipedia.org>
7. <http://www.eskola.hfd.hr>
8. <http://www.mfa.edu.yu/Znanje/f8/t09.htm>
9. <http://library.thinkquest.org/23805/math.htm>

8. BIOGRAFIJA



Nevenka Lelas Todorov rođena je 23.11.1954. godine u Zemunu, gde je završila osnovnu i srednju školu. Višu pedagošku školu završila je u Beogradu. Radi u osnovnoj školi “Mladost” na Novom Beogradu kao nastavnik fizike.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

TD

Tip zapisa:

TZ

Vrsta rada:

VR

Autor:

AU

Mentor:

MN

Naslov rada:

NR

Jezik publikacije:

JP

Jezik izvoda:

JI

Zemlja publikovanja:

ZP

Uže geografsko područje:

UGP

Godina:

GO

Izdavač:

IZ

Mesto i adresa:

MA

Fizički opis rada:

FO

Naučna oblast:

NO

Naučna disciplina:

ND

Predmetna odrednica/ ključne reči:

PO

UDK

Čuva se:

ČU

Važna napomena:

VN

Izvod:

IZ

Datum prihvatanja teme od NN veća:

DP

Datum odbrane:

DO

Članovi komisije:

KO

Predsednik:

član:

član:

Monografska dokumentacija

Tekstualni štampani materijal

Diplomski rad

Nevenka Lelas-Todorov

Dr Dušanka Obadović, red. prof.

Geometrijska optika u nastavi fizike za osnovnu školu

srpski (latinica)

srpski/engleski

Srbija

Vojvodina

2007

Autorski reprint

Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

8/55/-/-/60/-

Fizika

Demonstracioni eksperimenti u nastavi

Geometrijska optika, nastava fizike, ogledala, sočiva

Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

Nema

U radu je prikazana obrada nastavne teme "Geometrijska optika u nastavi fizike za osnovnu školu". Pored teorijskog dela korišćeni su demonstracioni ogledi prilagođeni uzrastu učenika. Na taj način nastava fizike je interesantna, a pojmovi iz optike jasni, razumljivi i lako primenljivi.

18.5.2007.

25.7.2007.

Dr Božidar Vujičić, red. prof.

Dr Srđan Rakić, docent

Dr Dušanka Obadović red. prof.

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

Monograph publication

DT

Type of record:

Textual printed material

TR

Content code:

Final paper

CC

Author:

Nevenka Lelas-Todorov

AU

Mentor/comentor:

Dr Dušanka Obadović, red. prof.

MN

Title:

Geometrical optics in elementary school physics education

TI

Language of text:

Serbian (Latin)

LT

Language of abstract:

English

LA

Country of publication:

Serbia

CP

Locality of publication:

Vojvodina

LP

Publication year:

2007

PY

Publisher:

Author's reprint

PU

Publication place:

Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

PP

Physical description:

8/55/-/-/60/-

PD

Scientific field:

Physics

SF

Scientific discipline:

Demonstrational experiments in teaching

SD

Subject/ Key words:

Geometrical optics, physics education, mirrors, lenses

SKW

UC

Holding data:

Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

HD

Note:

none

N

Abstract:

AB

This work elaborates on the topic of "Geometrical optics in elementary school physics education". The topic is elaborated theoretically, as well as experimentally, using demonstrational experiments adapted to be suitable for elementary school pupils. This way, physics education is interesting, making optics easier to understand and apply.

Accepted by the Scientific Board:

18.5.2007.

ASB

Defended on:

25.7.2007.

DE

Thesis defend board:

DB

President:

PhD Božidar Vujičić, full professor

Member:

PhD Srđan Rakić, associate professor

Member:

PhD Dušanka Obadović full professor