

D-412

Univerzitet u Novom Sadu  
Prirodno-matematički fakultet  
Institut za fiziku

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЉЕНО: 20. 5. 2002.	
ОРГАНИЗЈЕД	БРОЈ
0603	9/117

*DIPLOMSKI RAD*

**ELEMENTI ISTORIJSKOG PRISTUPA  
NASTAVI FIZIKE U OSNOVNOJ ŠKOLI –  
PRIMER NAUKE O SVETLOSTI U VIII  
RAZREDU**

**Mentor:**  
**doc. dr Dušan Lazar**

Novi Sad, maj 2002.

**Student:**  
**Milenko Marković**

# SADRŽAJ

UVOD.....	1
1. Funkcija istorijskih elemenata u nastavi fizike .....	2
2. Pozivanje na značajne istorijske događaje u proučavanju pojava vezanih za optiku u odgovarajućim nastavnim jedinicama .....	5
2.1. Odbijanje i prelamanje svetlosti .....	6
2.1.1.Značajni istorijski događaji u proučavanju pojava vezanih za optiku u nastavnoj jedinici: -Svetlost. Pravolinijsko prostiranje svetlosti. Odbijanje svetlosti .....	7
2.1.2.Značajni istorijski događaji u proučavanju pojava vezanih za optiku u nastavnoj jedinici: -Ravna ogledala. Sferna ogledala. Konstrukcija lika .....	9
2.1.3.Značajni istorijski događaji u proučavanju pojava vezanih za optiku u nastavnoj jedinici: -Brzina svetlosti. Indeks prelamanja. Prelamanje svetlosti kroz ploču i prizmu. Totalna refleksija .....	11
2.1.4.Značajni istorijski događaji u proučavanju pojava vezanih za optiku u nastavnoj jedinici: -Sočiva. Konstrukcija lika. Jednačina sočiva .....	23
2.1.5.Značajni istorijski događaji u proučavanju pojava vezanih za optiku u nastavnoj jedinici: -Optički instrumenti. Linearno uvećanje. Oko. Lupa. Mikroskop. Durbin .....	25
3. Primeri priprema za čas sa i bez istorijskih elemenata .....	34
3.1. Odbijanje svetlosti. Ravna ogledala .....	35
3.2. Oko. Lupa. Mikroskop. Durbin .....	49
Zaključak .....	65
Literatura	
Ključna dokumentacijska informacija	

## UVOD

Pošto mi je od svih oblasti fizike, optika najzanimljivija, odabrao sam upravo nju da pokažem kako je tekao saznajni put čoveka, kao stvaraoca i mislioca, u rasvetljavanju onoga što posmatra i o čemu naslućuje. Isprva, cilj ovoga rada bio je da se osvetli funkcija korišćenja istorijskih elemenata u nastavi fizike. Smatrajući to nedovoljnim, a možda pomalo i suvoparnim, realizovao sam to na primeru nastave optike u osmom razredu osnovne škole, tako da su u konkretnim slučajevima dati primeri iz istorije fizike, a ujedno je analizirana i njihova funkcija u nastavi.

Sama struktura ovoga rada je sledeća:

- prvo poglavlje naglašava funkciju istorijskih elemenata u nastavi fizike
- drugo poglavlje bavi se pozivanjem na značajne istorijske događaje u proučavanju pojava vezanih za optiku u odgovarajućim nastavnim jedinicama
- treće poglavlje daje primere priprema za čas sa istorijskim elementima i bez njih.



*1. FUNKCIJA ISTORIJSKIH ELEMENATA U  
NASTAVI FIZIKE*

**» Krajnji je cilj čovekov da potpuno ovlada materijalnim svetom i potčini prirodne sile ljudskim potrebama«**

**Nikola Tesla**

Fizika, kao nauka, vuče svoj koren iz posmatranja i iskustva. Čovek je, okružen prirodom, od najranijih vremena svoga postajanja bio upućen da je istražuje. Večita borba čoveka sa prirodnim silama u svetu koji ga okružuje, neminovno je dovela do toga da čovek polagano stvara sliku sveta oko sebe. Neprestani porast saznanja o prirodnim pojavama, oličen u razvoju fizike i drugih prirodnih nauka, znatno je uticao na čovekovo privredjivanje i evoluciju društva uopšte. Takodje, i razvoj društva postavljao je određene zahteve pred nauku, te se može reći da između njih postoji stalno prožimanje.

Jasno je da fizika, kao nauka, ne može biti jednaka sa fizikom kao nastavnim predmetom. Izučavanje fizike u školama uskladjeno je sa drugim predmetima i deo je jedinstvene obrazovne celine. Imajući na umu da je zadatak obrazovnog procesa da učeniku predoči osnove neke nauke, jasno je da fizika kao nastavni predmet mora da predstavi osnovni deo fizike kao nauke.

Sam razvoj svih nauka, pa i fizike, bio je istovremeno i veoma usporen i veoma buran. Ovo je zbog toga što je čovek, pri otkrivanju novog i nepoznatog, neretko bio na stranputicama, ali je, isto tako, često dolazilo do naglih proboja ka velikim saznanjima.

Postavlja se pitanje zašto nas u stvari toliko interesuje istorijski razvoj fizike. Mnoga otkrića, počev od onih osnovnih, ali fundamentalnih zakona, koji se danas mogu relativno jednostavno predstaviti i interpretirati, bila su vekovima nepoznanica. Posmatrajući razvoj fizike kao nauke, u stanju smo da vidimo kako su tekla razmišljanja o pojedinim problemima, koja su naučna sredstva i metode bile korišćene u istraživanjima i kako su potom postulirani stavovi bilo kritikovani i osporavani. Mnogi važni zakoni bili su dati čisto empirijski i kao takvi služili vekovima pre nego što je bilo ko bio u stanju da ih eksperimentalno bilo potvrdi, bilo odbaci.

Mora se konstatovati da istorijski elementi kao deo istorije fizike nisu zastupljeni u dovoljnom obimu u nastavnom gradivu, što se objašnjava nedostatkom mogućnosti u okviru postojećeg nastavnog plana i programa.

Kada se naglašava funkcija istorijskih elemenata u nastavi fizike, smatram da je najcelishodnije uvek ukazivati na one istorijske elemente koji će nastavni čas učiniti zanimljivijim, te omogućiti učenicima da lakše razumeju i savladaju novo gradivo i da zbog mnogih zanimljivosti iz istorije fizike lakše i zapamte ono što im se predaje. Lično sam pobornik toga, da se, kroz razne referate i seminarske radove, omogući učenicima da se zainteresuju za istoriju fizike. Korist od ovoga bila bi mnogostruka, imajući u vidu da bi se time podsticao samostalni rad učenika, a talentovanima omogućilo da prošire svoje znanje i van onoga što je predviđeno gradivom.

2. POZIVANJE NA ZNAČAJNE ISTORIJSKE  
DOGADJAJE U PROUČAVANJU POJAVA  
VEZANIH ZA OPTIKU U ODGOVARAJUĆIM  
NASTAVNIM JEDINICAMA

Nastavna tema: odbijanje i prelamanje svetlosti (8+9+1)

Nastavni plan i program predvidja:

- Svetlost. Pravolinijsko prostiranje svetlosti. Odbijanje svetlosti (2+2)
- Ravna ogledala. Sferna ogledala. Konstrukcija lika (1+1)
- Brzina svetlosti. Indeks prelamanja. Prelamanje svetlosti kroz ploču i prizmu. Totalna refleksija (2+2)
- Sočiva. Konstrukcija lika. Jednačina sočiva (1+2)
- Optički instrumenti. Linearno uvećanje. Oko, lupa, mikroskop i durbin (2+3)



## **ZNAČAJNI ISTORIJSKI DOGAĐAJI U PROUČAVANJU POJAVA VEZANIH ZA OPTIKU U NASTAVNOJ JEDINICI: Svetlost. Pravolinijsko prostiranje svetlosti. Odbijanje svetlosti.**

### **PROUČAVANJE POJAVA IZ OPTIKE U STAROJ GRČKOJ**

Optika je, posle statike, najstarije izučavana oblast fizike. Iz radova grčkih filozofa da se primetiti da su oni bili veoma zainteresovani da objasne mehanizam čula, a najviše pažnje privuklo je čulo vida. Šta se dešava između predmeta i oka, kakav je mehanizam vida, sve su to bila pitanja na koja su pokušavali da daju odgovore.

Pobornici pitagorejske škole (Arhit Tarantski, Alkmeon Krotonski) su smatrali da se mehanizam vida ostvaruje preko nekog fluida koji izlazi iz očiju i stiže do predmeta. Posle izvesnog vremena dolazi do novih ideja koje oličava emisioni model. Njegovi tvorci bili su atomisti Leukip, Demokrit i Epikur. Oni su krenuli od toga da su spoljni predmeti ti koji ka nama emituju mnoštvo atoma koji imaju boju i oblik tela od koga se odvajaju. Lukrecije Kar je detaljno opisao Epikurovo učenje te je ono postalo veoma popularno u Rimu. Međutim ovakav emisioni model morao je da odgovori na pitanje zašto se ne vidi u mraku. Lukrecije, i sam zdušan pobornik atomista, uvodi pojmove tamnog i svetlog vazduha te na krajnje jednostavan način »lako« sve objašnjava. U delima Platona i Empedokla pojavljuje se koncept nevidljivih fluida koji interaguju. Aristotel se protivi konceptu dva fluida jer mu nije bilo jasno kako se to može izvesti.

Mora se konstatovati da, koliko god značajan, ipak je doprinos najranijeg helenskog perioda filozofije bio veoma skroman. Razmatrali su samo ono što je bilo poznato iz svakodnevnice, bez ikakvog matematičkog aparata, a nisu ni pomišljali na eksperiment.

Trebalo je dosta vremena da prodje, te da se o optičkim pojavama, umesto nagadjanja, stvore ozbiljni teorijski koncepti. U periodu od 300. g p.n.e. do 200. g. n.e. formiraju se prvi koncepti i principi geometrijske optike. Najznačajniji naučnici ove epohe su Euklid, Arhimed, Ptolomej i Heron. U ovom periodu učinjen je veliki napredak - utvrđeno je da se prostiranje svetlosnih zraka može geometrijski tretirati. Geometrijski formalizam proširuje se na optiku i ona se izlaže preko aksioma i teorema. Napredak je učinjen i u tome što se sadržaj optike proširuje, pa to više nisu samo svima poznate pojave, već rezultati posmatranja ili čak jednostavnijih eksperimenata. Ptolomej je po prvi put u istoriji fizike konstruisao uređaj namenjen eksperimentalnom merenju. Taj uređaj služio je za merenje uglova

prelamanja, iako je većina dobijenih vrednosti odstupala od prave, sama upotreba eksperimenta ima epohalni značaj.

Euklid (oko 300. g .p.n.e.) je napisao »Optiku« i »Katoptriku«. Činjenica je da sa te dve knjige počinju dve nove oblasti – nacrtna geometrija i geometrijska optika - same po sebi svedoče da je njihov autor istaknuti stvaralac koji odlično poznaje geometriju. Treba uzeti u obzir da su delove geometrije razvijali veliki matematičari tokom više vekova, pre nego što je Euklid sve to razvrstao u formalne aksiomatske sisteme. Sa optikom je sve potpuno obratna stvar, jer se ovde radi o novoj primeni geometrije. Euklidov najveći doprinos fizici predstavlja koncept zraka, bez fizičke strukture, kao geometrijske apstrakcije. On pretpostavlja linijsko prostiranje zraka u homogenoj sredini. Ovakav koncept širom otvara vrata geometrijskoj optici. Euklidove knjige bile su značajne za razvoj optike kroz dugi niz vekova.

Arhimed je napisao »Katoptriku« od koje nisu sačuvani čak ni izvodi. U jednom od sačuvanih citata, na elegantan način objašnjava jednakost upadnog i odbijenog ugla: »Ugao odbijanja bi mogao da bude veći, manji, ili jednak ulaznom. Pretpostavimo da je manji. Neka zamene mesto predmet i posmatrač. Sad bi ugao morao da bude veći. Uglovi dakle moraju biti jednaki.« Arhimed se takodje bavio i proučavanjem ogledala.

Iako su rezultati u helenističkoj epohi bili kvalitativni, ovde je načinjen veliki proboj ka daljem razvoju nauke, jer su Grci uspeali da kreiraju koncept optike – pravolinijski zrak.

## **ZNAČAJNI ISTORIJSKI DOGAĐAJI U PROUČAVANJU POJAVA VEZANIH ZA OPTIKU U NASTAVNOJ JEDINICI: Ravna ogledala. Sferna ogledala. Konstrukcija lika.**

Ogledala su bila od velikog značaja za razvoj optike. Ako ostavimo po strani površinu vode, ona su najstariji instrumenti u optici. Primerici metalnih ogledala nadjeni su još u egipatskim grobnicama. Prva ozbiljnija proučavanja ogledala vršena su još za vreme starih Grka.

Euklid piše »Ako se neko ogledalo postavi na horizontalnu ravan, iznad koje stoji neki predmet, tada se dobija isti odnos između predmeta i visine oka jednog prema drugom, kao između linija povučenih od predmeta do ogledala i od oka ka ogledalu.« Dok su u objašnjavanju formiranja slike u ravnom ogledalu bili dosta uspešni, sferno ogledalo je za stare Grke bilo nerešiva enigma. Mada su ga dosta proučavali i koristili, većih pomaka u objašnjenju kako se formira slika nije bilo, iako je Euklid, stavljajući predmet na različite udaljenosti od sfernog ogledala, konstatovao da odbijeni zraci konvergiraju ili divergiraju. Sva ova traženja prethode formiranju koncepta fokusa, od kog je Euklid još daleko.

U toku nekoliko vekova napretka nauke u arapskom svetu izučavana je i optika. Jedino sačuvano delo iz tog perioda je »Optika« od Alhazena. Alhazen (965-1039) je istaknuti stvaraoc ove epohe. Mnogo je eksperimentisao razmatrajući različite probleme u optici. Pravilno uviđa da svetlost stiže u oko odbijena od predmeta. Takođe je i proučavao funkciju oka te uveo i neke termine koji su se i dan danas zadržali (iris, retina). Razmatrajući odbijanje i formiranje slike u ravnim, sfernim i cilindričnim ogledalima uvodi nove elemente. Precizira da se ulazni i izlazni zrak nalaze u istoj ravni, okomitaj na ravan ogledala. Postavlja pitanje koje će kasnije nositi njegovo ime: koja je tačka na sfernom ogledalu u kojoj će se odbiti zrak koji polazi od predmeta (Alhazenov problem). Ovako plodan stvaraoc ostao bi nepoznat široj naučnoj javnosti da njegov rad na latinski nije preveo Vitelo. Vitelo (Vitello, 13. vek) piše najveću do tada knjigu o optici u kojoj izlaže učenje Euklida, Ptolomeja i Alhazena.

Radi daljih objašnjenja, mora se sačekati srednji vek i dela Rodžera Bejkona (Roger Bacon, 1214-1292). Rodžer Bejkon je oksfordski franjevac. Napisao je dela o filozofiji, teologiji, medicini, geografiji, gramatici, astronomiji, matematici, fizici i alhemiji, gde su se našli i stavovi koji se nisu svideli papama Nikoli III i Nikoli IV. Po svojim stavovima prema nauci, Rodžer Bejkon predstavlja izuzetak u to

vreme, jer ceni eksperiment i sam eksperimentiše. Matematiku smatra prvom naukom koja otvara tajne prirode. Pošto je u mladosti naučio klasične jezike (latinski, grčki, hebrejski i arapski) odlično poznaje starije autore i citira ih. Bejkon se bavi optikom u petoj glavi »Velikog dela« (»Opus majus«) i u »Raspravi o ogledalima« (»Tractatus de speculis«).

Bejkon objavljuje do tada najdetaljniju studiju fokalizacije u sfernom ogledalu i konstatuje sledeće:

- Svi zraci koji se prostiru paralelno osi ogledala i padaju na jedan krug čija je ravan okomita na osu, odbijaju se ka istoj tački na osi. Ima, prema tome, beskonačan broj tačaka sakupljanja zraka duž konačnog dela ose, koje odgovaraju beskonačnom broju krugova duž ogledala. To naziva linearni fokus.
- Linearni fokus započinje u tački koja se nalazi približno na polovini udaljenosti između geometrijskog centra sfere i sfere, i prostire se za izvesnu dužinu ka sferi (on je našao da je početak nešto bliži od  $R/2$ )
- Koaksijalni zraci koji padaju vrlo blizu optičkog centra sfere fokusiraju se približno na udaljenosti  $R/2$ , u samom početku linearnog fokusa, ukoliko zraci padaju dalje od optičkog centra, fokalizuju se na udaljenosti sve manjoj od  $R/2$

Razmatrajući upotrebu ogledala za paljenje, Bejkon tvrdi da će efikasnost biti veća ako fokus nije razvučen, te stoga preporučuje da se za to koristi parabolično ogledalo.

Sledeći značajan stvaralac u ovoj oblasti je Porta. Porta (Giambattista Della Porta, 1535 – 1615) je učenik diletant. U dvadeset četvrtoj godini objavljuje »Prirodnu magiju« u četiri knjige, a ona kroz tridesetak godina narasta do dvadeset knjiga. Iako je renesansa već prošla, ovo delo nastavlja njenu tradiciju pretvaranja zbilje u neozbilju, shvatajući neozbiljno na gotovo ozbiljan način. Ove knjige sadrže mnoge stvari, od magije do trikova, ali i ponešto o nauci. Porta je bio prevodjen na mnoge jezike te je na taj način i popularisao nauku, ma kakva ona bila.

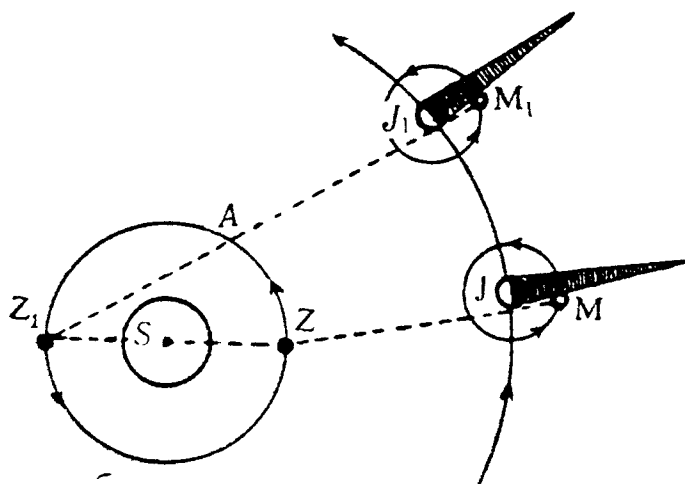
Iako se za njegovo ime vezuje mračna komora, njegov doprinos je i što definiše fokus sfernog ogledala, kao mesto gde se seku zraci koji padaju blisko osi. On ovo mesto naziva »tačka prevrtanja slike« i tvrdi da se nalazi na udaljenosti od jedne polovine radijusa.

**ZNAČAJNI ISTORIJSKI DOGADJAJI U PROUČAVANJU POJAVA VEZANIH ZA OPTIKU U NASTAVNOJ JEDINICI: Brzina svetlosti. Indeks prelamanja. Prelamanje svetlosti kroz ploču i prizmu. Totalna refleksija.**

Danas znamo da se svetlost prostire tako velikom brzinom da se ona ne može uočiti i izgleda nam kao da je prostiranje trenutno. Još su davno neki grčki filozofi postavili pitanje da li je brzina svetlosti konačna ili je beskonačno velika. Empedokle smatra da je konačna, a za Aristotela je logično da nešto što se kreće od jednog do drugog mesta mora to da uradi za neko vreme. Vekovima se o ovome pitanju razmišljalo i mnogo toga predlagalo, ali je odgovor morao da sačeka napredak instrumenata i tehniku merenja. Za razvoj fizike značajan je Galilejev pokušaj, mada neuspeo. On je, naime, pokušao da izmeri brzinu svetlosti sa dve osobe koje noću, na udaljenosti od jedne milje, razmenjuju svetlosne signale: jedan šalje, a drugi javlja kada ga ugleda. Ovaj i njemu slični pokušaji nisu mogli dati rezultat zbog malih zemaljskih rastojanja.

## REMEROV RAD

1676. godine prvi put je određena brzina svetlosti na osnovu astronomskih razmatranja. Zasluge za ovo pripadaju danskom astronomu Olafu Remeru (Olaf Romer, 1644-1710). Remer je hteo da odredi vreme obilaženja Jupiterovih satelita na osnovu njihovog pomračenja pri prolazu kroz Jupiterovu senku.



Do tada se znalo da oko Jupitera kruže 4 satelita, koji su se mogla videti kroz manje astronomske durbine. Kasnije je utvrđeno da Jupiter ima još 7 manjih, dakle ukupno 11 satelita.

Vreme obilaženja za pomenuta 4 Jupiterova meseca Remer je određivao merenjem vremena, koje je potrebno da protekne između dva uzastopna ulaska pojedinog meseca u senku Jupitera. No, uvideo je da pomračenja Jupiterovih meseca ne nastaju po isteku istog vremena i da su zadocnjenja sve veća, ukoliko se Zemlja nalazi na većoj daljini od Jupitera. Remer je zaključio da to nastaje zbog toga što svetlost ima da pređe sve veće puteve, ukoliko se ona nalazi na većem rastojanju od Jupitera. Ako se zna dužina puta  $s$ , koji svetlost pređe u vasioni, za određeno vreme  $t$ , onda se može odrediti brzina svetlosti  $c$ :

$$C = s/t$$

Taj problem prvi je rešio Remer na osnovu potrebnih podataka, koje je dobio posmatranjem Jupiterovog meseca kod koga je vreme između dva uzastopna ulaska u senku iznosi 42,5 časa, kada je Zemlja na najmanjem rastojanju od Jupitera. Ukoliko se Zemlja pri obilaženju oko Sunca, udaljava od Jupitera, utoliko posmatrač sa Zemlje zapaža

da ulaženje meseca u Jupiterovu senku sve više kasni. Pri tome treba imati u vidu da se Jupiter nalazi na 5 puta većem rastojanju od Sunca nego Zemlja, da vreme njegovog jednog obilaska oko Sunca iznosi 12 godina, i da se obrće oko Sunca u istom smeru u kom se obrće i Zemlja. Remer je utvrdio da je vreme, koje protekne između dva uzastopna pomračenja Jupiterovog meseca, kad je Zemlja bila najbliža Jupiteru i onog suprotnog položaja, u kojem je bila najudaljenija od njega, bilo za 1320 sekundi duže.

Jasno je da su zakašnjenja pomračenja Jupiterovog meseca nastajala zbog povećanja rastojanja Zemlje do Jupitera, usled čega je odbijena svetlost sa Jupiterovog meseca imala da prelazi sve duži put do posmatrača na Zemlji. Remer je približno izračunao da u najudaljenijem položaju Zemlje od Jupitera, svetlost je od njegovog meseca do Zemlje imala da predje duži put, nego kada se Zemlja nalazila u najbližem položaju, za dužinu jednaku prečniku Zemljine ekliptike.

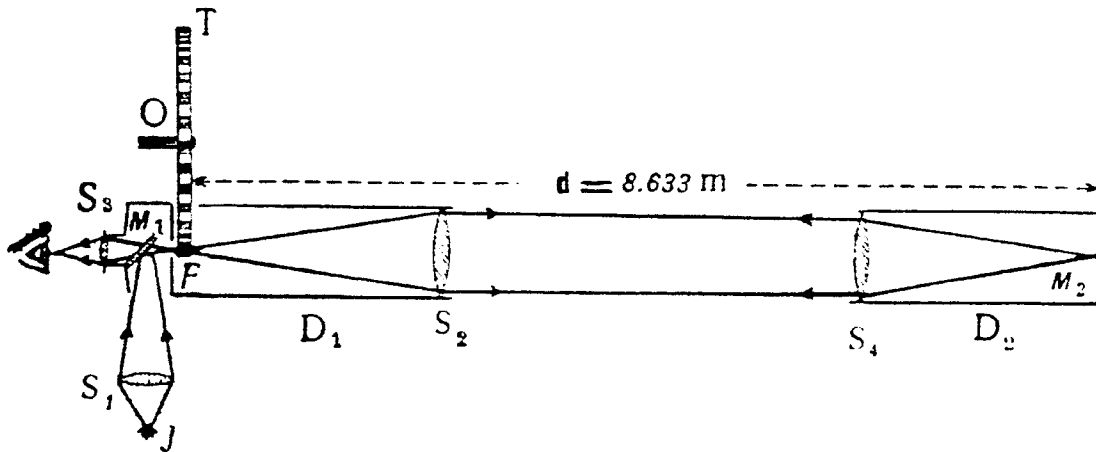
Kad je Remer vršio svoja merenja, smatrano je da prečnik Zemlje iznosi 283.800.000 km (stvarna vrednost je 299.000.000 km). Koristeći ove podatke, Remer je za brzinu svetlosti dobio

$$C = 215.000 \text{ km/s}$$

Iako je u početku osporavan, Remerov rad u narednih pola veka biva prihvaćen od strane astronoma i fizičara, jer se shvata da je otkriven red veličine brzine svetlosti. Na pouzdaniju vrednost moraće još da se pričekava.

## RAD FIZOA

Francuski fizičar Arman Fizo (Armand Fizeau, 1819-1896) je prvi put 1849. godine specijalnim aparatom odredio brzinu svetlosti zemaljskog svetlosnog izvora, posle njenog odbijanja natrag u aparat sa poznatog rastojanja. Za tu svrhu Fizo je dva durbina upravio jedan prema drugome na rastojanju od 8633 m.



Iz žiže sočiva  $S_1$  na bočnom otvoru durbina  $D_1$  polazi snop svetlosnih zraka od izvora  $I$ , koji pada na prozračno nagnuto ogledalo  $M_1$ . Ovi zraci delom se odbijaju od tog ogledala tako da se seku u žiži  $F$  objektiv  $S_2$  i, prolazeći kroz njega, paralelno padaju na objektiv  $S_4$  drugog durbina  $D_2$ . Sa ogledala  $M_2$ , smeštenog u žiži tog objektiv, sabirni zraci odbijaju se natrag ka prvom durbinu. Ogledalo  $M_1$  je prozračno, jer to je staklena ploča slabo posrebrjena. Zato ovo ogledalo odbijenu svetlost sa drugog durbina delom propusti u okular  $S_3$  i oko posmatrača, a delom je odbije prema sočivu  $S_1$ .

Na mestu kod  $F$  nalazi se zupčasti točak  $T$ , koji se može obrtati oko osovine  $O$ . Ako se u tački  $F$  ne nalazi zubac, nego praznina između dva zupca, onda će svetlost nesmetano odlaziti iz prvog u drugi durbin, i otud odbijena sa ogledala  $M_2$  dolaziti natrag u prvo ogledalo i kroz okular  $S_3$  dospeti u oko posmatrača. Posmatrač tada vidi svetlo polje durbina. Međutim, ako točak ima izvestan broj zubaca, pa se obrće takvom brzinom, da mesto praznine dodje naredni zubac baš po isteku ovog vremena  $t$ , koje je bilo potrebno da propuštena svetlost kroz tu prazninu i odbijena sa drugog durbina, ponovo prodje kroz tačku  $F$ , onda će taj zubac zadržati svetlosne zrake. U tom slučaju posmatrač vidi tamno polje durbina.



Razmotrimo sada uslove iščezavanja svetlosti, kad posmatrač vidi stalno tamno polje. Kada bi točak izvršio samo jedan obrtaj u sekundi, onda bi vreme koje bi bilo potrebno da protekne dok jedan zubac dodje na mesto prethodnog, iznosio bi  $1/z$  sekunda. Prema tome, da bi došao neki zubac na mesto praznine ispred sebe potrebna je polovina toga vremena, tj. potrebno je vreme od  $1/2z$  sekundi. Pošto točak izvrši  $n$  obrtaja u sekundi, izlazi da vreme  $t$ , koje je potrebno da jedan zubac dodje mesto praznine ispred njega ispred njega u tački F, iznosi  $t = 1/2zn$ . Za to isto vreme  $t$  svetlost je prešla dva puta rastojanje izmedju oba durbina  $d$ , prešla je put  $s=2d$ . Možemo napisati da je dužina predjenog puta svetlosti u posmatranom slučaju  $2d=ct$ .

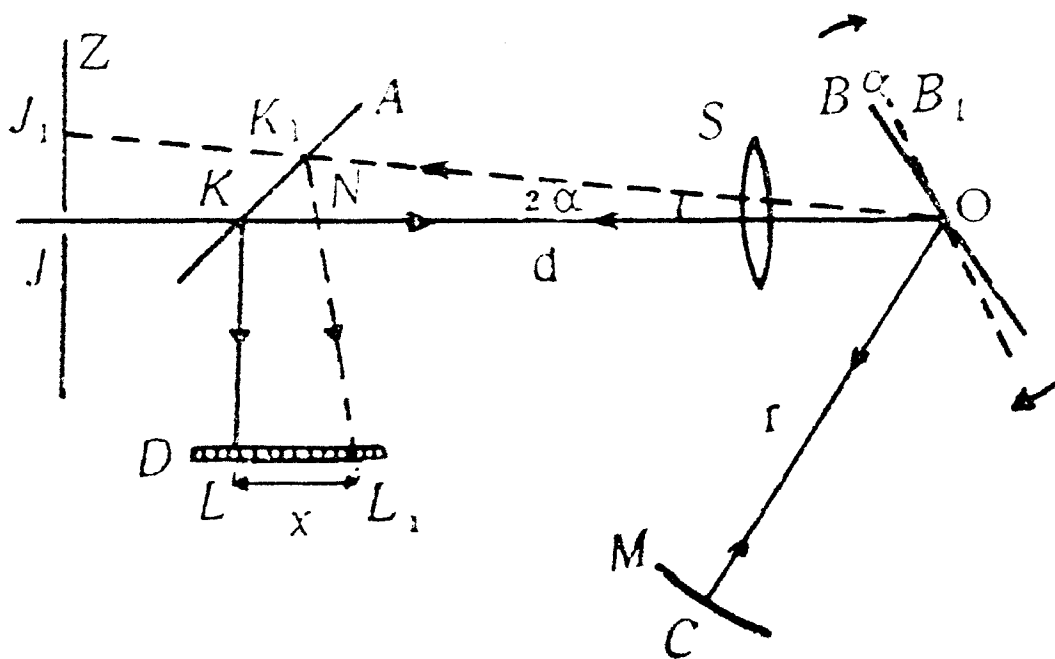
$C=4nzd$ , gde je  $z$  broj zubaca.

Zamenom odgovarajućih vrednosti u gornju jednačinu može se odrediti brzina svetlosti u vazduhu. Fizo je u svom ogledu dobio da brzina svetlosti u vazduhu iznosi 313.000 km/s. Savršenijim tehničkim uređajima drugi fizičari su docnije Fizoovom metodom dobijali preciznije rezultate.



## RAD FUKOA

1838. Arago daje ideju za odredjivanje brzine svetlosti na malim rastojanjima. Realizator je francuski fizičar Fuko (Foucault Jean, 1819-1868), koji je 1850. godine uspeo da takvo merenje ostvari u prostoru sobe pomoću metode sa obrtnim ogledalom. Ova metoda merenja brzine svetlosti naziva se Fukoova metoda.



Kao izvor svetlosti služi uski otvor  $I$  na zaklonu kroz koji propušteni zrak prolazi kroz prozračno ogledalo  $A$ , nagnuto pod uglom od  $45^\circ$  prema pravcu prostiranja svetlosti, i kroz staklenu sočivo  $S$ , tako da pada na ravno ogledalo  $B$  koje se može obrtati oko osovine  $O$ . Sa ovog obrtnog ogledala upadni zrak odbije se u pravcu prema izdubljenom ogledalu  $M$ , koje je postavljeno tako da se njegov centar krivine nalazi u osovini  $O$  obrtnog ogledala  $B$ . Svetlosni zrak odbiće se sa ogledala  $M$  natrag ka ogledalu  $B$ , u istom pravcu pa će se otuda vratiti na ogledalo  $A$ .

Pošto je poluprozračno ogledalo  $A$  staklena ploča prevučena vrlo tankim slojem srebra, tako da delimično propušta, a delimično odbija svetlost, razumljivo je da će jedan deo od one svetlosti koja se vratila na ogledalo  $B$ , proći kroz ogledalo  $A$  i vratiti se svetlosnom izvoru  $I$ , a drugi deo će se odbiti prema durbinu. Pri tome će na skali  $D$ , koja se nalazi u durbinu, posmatrač videti lik  $L$  svetlosnog izvora, tj. proreza.

Ako ogledalo B obrćemo lagano, onda zbog promene njegovog položaja, lik L će se naizmenično javljati i iščezavati. Naime, pri svakom obrtaju ogledalo B biće po jedanput u položaju BO, pri čemu se odbijena svetlost sa ogledala M vraća nazad istim putem kojim je došla do ogledala A. U ostalim položajima ogledala B odbijeni zraci sa njega padaće izvan izdubljenog ogledala, pa se stoga lik L tada neće ni pojaviti. Medjutim, ako se ogledalo B obrne oko 20 obrtaja u sekundi, onda će se svetlosni zraci spajati, pa će trajno videti lik L u durbinu na istom mestu. Kada brzinu obrtanja ogledala B znatno povećavamo, onda se lik proreza pomeri duž skale durbina, tako da pri izvesnom odredjenom broju obrtaja u sekundi bude u tački L<sub>1</sub>. Ovo pomeranje lika svetlosnog izvora na skali u durbinu za dužinu LL<sub>1</sub> može nastati samo pod uslovom da se ogledalo B iz položaja BO obrne za izvestan mali ugao  $\alpha$  i dodje u položaj B<sub>1</sub>O za isto vreme za koje svetlost odbijena od ogledala B predje put do izdubljenog ogledala M i nazad. Pošto je poluprečnik krivine izdubljenog ogledala r, izlazi da je svetlost od ogledala B do ogledala M i natrag prešla put 2r. Kako je odbijeni zrak sa ogledala M u ovom slučaju ostao u istom pravcu, ali je u tački O pogodio ogledalo B, kada se ono nalazilo u položaju B<sub>1</sub>O, razumljivo je da je sada zrak pao na ogledalo B pod drugim upadnim uglom, pa stoga ne može odbiti u pravcu OK, već u pravcu OK<sub>1</sub>, koji sa tim prvobitnim pravcem OK zaklapa ugao 2 $\alpha$ . Zbog promene pravca odbijeni zrak sa ogledala B sad je pogodio prozračno ogledalo u tački K<sub>1</sub>, i jednim delom svetlost je prošla kroz ogledalo, a drugim se odbila u pravcu K<sub>1</sub>L<sub>1</sub>, tako da se u durbinu na odredjenom mestu skale D obrazovao stvaran lik proreza L<sub>1</sub>.

Ako sa t označimo vreme koje je potrebno da svetlost predje dva puta rastojanje izmedju ogledal B i C, onda će biti:

$$t=2r/c$$

ako se ogledalo B obrće tako, da mu je ugaona brzina  $\omega=2 \pi t/T$ , onda po isteku vremena t ogledalo će se obrnuti za ugao  $\alpha=2 \pi t/T$ . Ako sa n označimo broj obrtaja ogledala u jednoj sekundi, tada imamo:

$$\alpha =4 \pi r t/c$$

Iz geometrije sa slike vidi se da je:

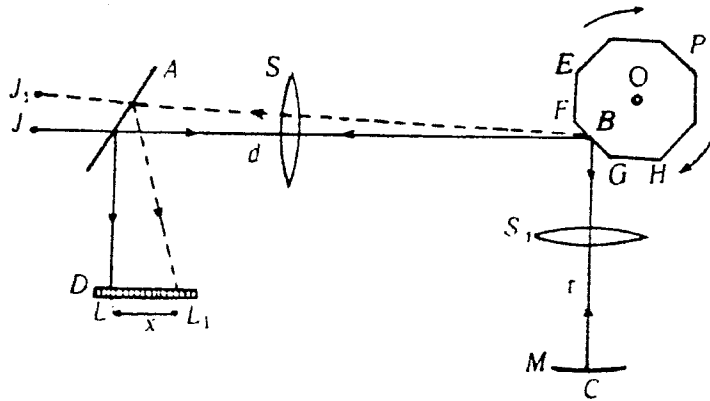
$$\alpha=x/2d$$

$$c=8 \pi n d r/x$$

Pomoću gornje jednačine možemo izračunati brzinu svetlosti u vazduhu, jer se veličine na desnoj strani mogu izmeriti ogledalom. Fiko je u prvom ogledu dobio da je  $c=298.000 \text{ km/s}$ .

## RAD MAJKELSONA

Američki fizičare Majkelson (Albert Michelson, 1852-1931) je izvršio veliki broj preciznih eksperimenata za određivanje brzine svetlosti pomoću metode sa obrtnom prizmom. On je koristio obrtnu prizmu čija je baza bila pravilan poligon sa osam, a kasnije i sa 32 strane. Bočne strane prizme bile su pokrivene ravnim ogledalima.



Između prizme P i sfernog ogledala M postavljeno je još jedno sabirno sočivo  $S_1$  velike žižne daljine. Ako prizma miruje, svetlosni zraci, koji polaze od izvora J, padaju na stranu FG prizme u tački B i odbijaju se prema sfernom ogledalu M. Odbijeni od ogledala M i skupljeni sočivom  $S_1$ , oni će pogoditi prizmu opet u istoj tački i vратиće se istim putem prema izvoru J. Jedan deo svetlosti prolazi kroz prozračno ogledalo A, a drugi se odbija u durbin i na skali D obrazuje se lik izvora svetlosti L. Ako se prizma obrće u durbinu, nećemo više videti svetlu tačku L. Međutim, ako se obrtanje prizme podesi tako da za vreme, dok svetlost pređe put BC+CB i ponovo padne na prizmu, umesto strane FG na put svetlosti stane strana GH, onda će se svetla tačka L pojaviti opet na istom mestu skale durbina. Kada se brzina obrtanja prizme povećava, svetla tačka L pomera se duž skale durbina D, dok ne zauzme izvestan položaj  $L_1$ . Povećavanjem rastojanja BC možemo povećati razmak  $LL_1$ . Majkelson je vršio eksperimente između dve planine u Pasadeni na velikim rastojanjima. Majkelson je ovom metodom dobio vrednost brzine svetlosti:

$$c=299793\text{km/s}$$

Astronomska metoda Olafa Remera i fizičke (zemaljske) metode Fizea i Fukoa i Majkelsona imale su ogroman značaj u fizici jer se brzina svetlosti javlja kao univerzalna konstanta u svim oblastima savremene fizike. Danas se za brzinu svetlosti u vakuumu uzima vrednost  $c=299.792\text{ km/s}$ .

**ZNAČAJNI ISTORIJSKI DOGADJAJI U PROUČAVANJU POJAVA VEZANIH ZA OPTIKU U NASTAVNOJ JEDINICI: Brzina svetlosti. Indeks prelamanja. Prelamanje svetlosti kroz ploču i prizmu. Totalna refleksija.**

**PRELAMANJE SVETLOSTI**

U prvoj polovini 17. veka pronalazi se tačna forma zakona prelamanja, u praksi svakako najvažnijeg zakona optike. Za njegovo raščišćavanje vezana su tri imena: Snel, Dekart i Ferma.

Snel (Willebrord Snell, 1591 - 1626) profesor matematike u Lajdenu, je verovatno prvi pronašao zakon prelamanja i zapisao ga u svojim beleškama koje ne objavljuje. Pominje se 1621. kao vreme otkrića, ali to nije dokazano. Izgleda da Snelov djak Hortensius nastavlja da u svojim predavanjima, posle Snelove smrti, izlaže zakon prelamanja. Hajgens je potvrdio da u Snelovim beleškama video zakon prelamanja. Ne zna se da li je Dekart bio upoznat sa Snelovim otkrićem, ili je sam nezavisno došao do njega. Ostaje činjenica da je Snel prvi otkrio zakon prelamanja, dok ga je Dekart prvi objavio i pokazao kako se primenjuje.

Dekart (Rene Descartes, 1596 - 1650) je svoja gledišta na optiku izneo u »Optici« koja izlazi kao esej, zajedno sa »Raspravom o metodi« 1637. godine. Esaj se sastoji od deset rasprava, od kojih prva sadrži modele svetlosti, druga - zakon prelamanja, a ostale - primenu zakona prelamanja na funkcionisanje oka i na konstrukciju optičkih elemenata. Dekart uvodi čestični koncept svetlosti, pretpostavljajući da se ona može uporediti sa snopom lopti, zanemarujući njihovu veličinu i oblik, kao i efekte teže. Ograničava se na razmatranje samo jedne lopte.



Nije mudro što razmatra samo jednu, izolovanu loptu, tako da nema ni traga nikakve interakcije ili nekih kolektivnih osobina snopa lopti. Dekart prvi objavljuje da je odnos sinusa karakterističan i konstantan za prelamanje između dve sredine, iako sinuse eksplicitno ne pominje. S druge strane, odnos brzina i gustina je pogrešan, jer je smatrao da se pri prelazu u gušće telo brzina svetlosti povećava. Ipak, za dalji nastavak optike zakon sinusa je bio od velikog značaja jer odmah nailazi na široku primenu. Sam Dekart ga primenjuje u »Dioptrici« na analizu oka i nekih sočiva.

Dekartova zasluga je u tome što je dao interpretaciju duge. Ova prirodna pojava mogla je biti razjašnjena tek po otkrivanju zakona prelamanja. Dekart je, da bi objasnio proces u kaplji, izveo eksperiment sa staklenom kuglom koju je napunio vodom. Objasnio je da primarna duga nastaje trostrukim procesom u kaplji (prelamanje-odbijanje-prelamanje), a da kod sekundarne duge postoje dva odbijanja (prelamanje-odbijanje-odbijanje-prelamanje). Glavni Dekartov doprinos je njegov proračun koji pokazuje zašto se primarna duga vidi pod uglom od  $42^\circ$ , a sekundarna pod uglom od  $52^\circ$ . Dekartov rad o dugi predstavljao je prvu primenu jednog zakona fizike u objašnjenju jedne prirodne pojave.

Ferma (Pierre Fermat, 1601 – 1665) kritikuje obradu i izvodjenje zakona prelamanja. Skoro četvrt veka vodi žustre rasprave sa Dekartom i njegovim sledbenicima. Osnovne primedbe koje Ferma daje su da Dekart nikada nije dokazao svoj princip, jer se dokazivanje ne zasniva na uporedjenju. Ferma zatim sumnja u analogiju između kretanja lopte i prelamanja, te osporava Dekartovu pretpostavku da je prostiranje svetlosti u gušćim telima lakše nego u redjim. 1662. on dolazi do svog izvodjenja zakona sinusa iz jednog ekstremalnog principa. On polazi od dva postulata:

- Princip najkraćeg vremena: kada svetlost prelazi iz tačke A u nekoj sredini, i stiže do tačke B u drugoj sredini, ona sledi put kojim stiže iz A u B za najkraće vreme
- Postulat o odnosu brzina i gustina: gušća sredina pruža svetlosti veći otpor i smanjuje brzinu

Oba izvodjenja data su u pismima: prvo je napisano 1662. i poslato Kartezijancu de la Šambru (de la Chembre) i drugo, napisano 1664., ali je nepoznato kome je bilo namenjeno. Oba izvodjenja su objavljena posmrtno, u ukupnim delima, 1679.

Ferma dobija  $\sin\alpha/\sin\beta=\text{const.}$  što predstavlja slaganje sa teoremom koju je otkrio Dekart. Ferma međjutim dobija više od toga:

$$\sin\alpha/\sin\beta=v_k/v_i$$

što se ne slaže sa Dekartom, ali se pokazalo tačnim. Ovo što je uradio Ferma, predstavlja prvi trijumf teorijske fizike u 17. veku, iste onakve kakva nam je i danas u potpunosti prihvatljiva.

Johan Kepler (Johannes Kepler, 1571-1630) rođen je u gradu Vajlu. Otac je odmah posle njegovog rođenja otišao u Holandiju da služi kao plaćeni vojnik. U detinjstvu Kepler je bio slabunjav i celog života ostao je nežnog zdravlja. Na Univerzitetu u Tbingenu studirao je protestantsku teologiju. Po završetku studija radio je kao profesor matematike u Gracu.



Kepler je, sem plodnog rada iz matematike i astronomije, napisao i dve knjige iz optike: »Dodatak Vitelu« (1604) i »Dioptriku« (1611). U ovoj drugoj, kao prvo otkriće figuriše totalna refleksija. Do ovoga otkrića dolazi razmatranjem prelamanja vazduh-staklo, gde za upadni ugao od  $90^\circ$  prelomljeni iznosi  $42^\circ$ . Uzimajući da prelamanje ne zavisi od smera kretanja, zaključuje da ako iz gušće sredine zrak podje pod uglom većim od  $42^\circ$ , on se ne prelama, već reflektuje. Ovo je interesantan primer otkrića koje je trebalo da se obavi direktno, merenjem, a do njega se došlo indirektno, ali opet merenjem.



## ZNAČAJNI ISTORIJSKI DOGADJAJI U PROUČAVANJU POJAVA VEZANIH ZA OPTIKU U NASTAVNOJ JEDINICI: Sočiva. Konstrukcija lika. Jednačina sočiva.

Iz mnogobrojnih iskustava znalo se da se odbijanjem i prelamanjem svetlosti može dobiti nekakvo sakupljanje zraka. Dugo vremena je to sakupljanje izgledalo interesantno samo kao mogućnost da se koncentrisanjem svetlosti nešto zapali tako da su sočiva nazivana palećim staklima.

Kada su sočiva počela da se upotrebljavaju kao naočare, u prvi plan je izbila njihova moć sabiranja zraka. Za sam pronalazak naočara nisu, inače, vezana imena naučnika i vrlo je verovatno da se radi o majstorima staklarima. Pretpostavlja se da je do pronalaska došlo slučajno, kada je neki majstor pravio ukrase u obliku sočiva. Razvoj naočara između 13. i 16. veka obavili su isključivo majstori bez ikakve pomoći nauke. Optika u to doba još nije bila stigla do izučavanja sočiva a, s druge strane, bio je jak pritisak aristotelovaca koji su smatrali da optički instrumenti deformišu prirodu.

Porta oštro napada naučnike prethodnih generacija što su namerno izbegavali izučavanje sočiva. On sam počinje izučavanje sočiva i objavljuje prve crteže funkcionisanja plankonkavnih, plankonveksnih, bikonkavnih i bikonveksnih sočiva.



Tretiranje je kvalitativno, ali ne objašnjava njihov efekat.

Izučavanje sočiva bilo je onemogućeno nepoznavanjem zakona prelamanja. Tek formulisanjem Snel-Dekartovog zakona otvaraju se vrata ka razjašnjenju funkcionisanja sočiva. Kepler čini presudan korak koji omogućava matematičko tretiranje fokalizacije. On ograničava poluotvor (ugao između osovine i radijusa povučenog do ruba) na  $15^\circ$ . Pošto je na malim uglovima sinus srazmeran uglu,  $\sin\alpha/\sin\beta=n$ , zamenjuje se sa  $\alpha/\beta=n$ , što uprošćava matematičko tretiranje prelamanja. Kepler nije znao za zakon sinusa, ali jeste utvrdio da na malim uglovima prelamanja važi  $\alpha/\beta=\text{const}$ . To mu je bilo dovoljno da započne izučavanje simetričnog bikonveksnog sočiva, čije obe strane imaju sferni oblik. On polazi od jednostavnijeg slučaja, kad sferna površina deli dve sredine, vazduh i staklo. Kepler, međutim, nije uspeo da stigne do jednačine sočiva.

Kavalijeri (Bonaventura Cavalieri) 1647. u knjizi »Šest geometrijskih vežbi«, koja predstavlja jednu od prethodnica integralnog računa, daje prvu jednačinu fokalizacije u obliku:

$$f=2r_1r_2/r_1+r_2$$

Gde su  $r_1$  i  $r_2$  radijusi sfernih površina, a  $f$  je fokalna udaljenost. Ova jednačina uključuje pretpostavku da je indeks prelamanja stakla prema vazduhu  $n=1.5$ . Iz nje se može dobiti opšta jednačina za tanka sočiva kod kojih se zanemaruje debljina.

$$1/f= (n-1)(1/r_1 + 1/r_2)$$

Heli (Edmond Halley) 1693. daje opštu formulu koja se i danas koristi:

$$1/p + 1/l = (n-1)(1/r_1 + 1/r_2)$$

**ZNAČAJNI ISTORIJSKI DOGADJAJI U PROUČAVANJU POJAVA VEZANIH ZA OPTIKU U NASTAVNOJ JEDINICI: Optički instrumenti. Linearno uvećanje. Oko, lupa, mikroskop, durbin.**

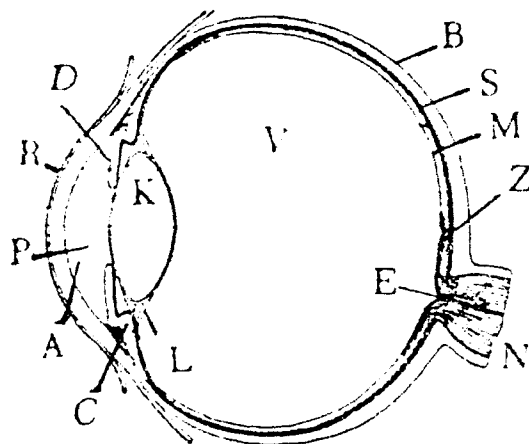
**RAD HERMANA HELMHOLCA**

Helmholc (Helmholtz Hermann, 1821-1894) je prvi u potpunosti razjasnio kako funkcioniše oko. Školovao se u istoj gimnaziji u kojoj je njegov otac radio kao predavač više predmeta. U vrlo podsticajnoj atmosferi doma i škole, obdarenost budućeg naučnika itekako je dolazila do izražaja. Helmholc je po završetku gimnazije želeo da izučava prirodne nauke, ali su studije fizike bile skupe, te se po očevom nagovoru upisuje na studije medicine na vojnom institutu, gde je studiranje bilo skoro besplatno. Po završetku studija jedno vreme radi kao vojni lekar, a potom kao univerzitetski profesor na više univerziteta.



Njegov naučni rad odlikuje široka interdisciplinarnost. Počeo je kao lekar, a završio kao fizičar, povezavši fiziologiju sa optikom, akustikom i termodinamikom, pa proširio interes na elektrohemiju, hidrodinamiku, elektrodinamiku, kosmologiju, astrofiziku i

meteorologiju. Po širini spektra disciplina ostao je jedinstven i do danas neprevaziđen.



B – beonjača R - rožnjača S - sudovnjača D – dužica P – zenica M – mrežnjača E – slepa mrlja N – očni nerv K – kristalno sočivo

Oko predstavlja optički sistem, koji ima tri sferne površine na kojima se lomi svetlost: rožnjaču, prednju sfernu površinu kristalnog sočiva i zadnju sfernu površinu sočiva. Svetlosni zraci koji polaze od nekog predmeta prodju kroz zenicu, padaju na sočivo oka i prelamaju se tako da se na žutoj mrlji dobije stvaran, obrnut i umanjen lik. Oko u stvari deluje kao mala mračna komora što je još u XVI veku tvrdio poznati italijanski naučnik Leonardo da Vinči.

Helmholc je konstruisao optički uređaj, oftalometar, pomoću kog su povećane mogućnosti da se pronikne u tajne oka, o kojima se ranije veoma malo znalo. On je ustvari odredjivao karakteristike očnog sočiva (debljinu, poluprečnik krivine...). Ovaj je uređaj omogućio Helmholcu da rešava i probleme akomodacije oka, što je do tada smatrano velikom zagonetkom. Takodje se bavio i proučavanjem svih nedostataka oka. Helmholc je pisao: »Savršenost oka možda i nije dovoljna, ali je zato praktična«. Od velikog je značaja Helmholcovo otkriće da funkciju organa koji su osetljivi na svetlost vrše tzv. očne kupe i štapići koji se nalaze na mrežnjači. Tamo gde su kupe usko sužene i oslobodjene od svih slojeva ispred, najveća je osetljivost oka. To centralno mesto osetljivosti, u čovekovom oku, koje je ustanovio Helmholc, danas je poznato kao žuta mrlja. Helmholc je ustanovio, takodje, da od svake kupe ponaosob, polazi prema mozgu jedan

izolovani nerv. Ovo omogućava da svaka kupa, odvojeno od drugih, prenese opažaj do mozga. Helmholtz je utvrdio da obrazovani lik na žutoj mrlji izaziva svojim svetlosnim dejstvom fotohemijske procese na završecima očnog nerva, usled čega nastaju nadražaji koji uslovljavaju vidjenje.

Iz radova koje je Helmholtz dao u optici pokazao je izuzetan dar rešavanja problema u jednoj disciplini poznatim principima druge, obogaćujući na taj način obe.

## **ZNAČAJNI ISTORIJSKI DOGADJAJI U PROUČAVANJU POJAVA VEZANIH ZA OPTIKU U NASTAVNOJ JEDINICI: Optički instrumenti. Linearno uvećanje. Oko, lupa, mikroskop, durbin.**

### **OTKRIĆE I DALJI RAZVOJ TELESKOPA**

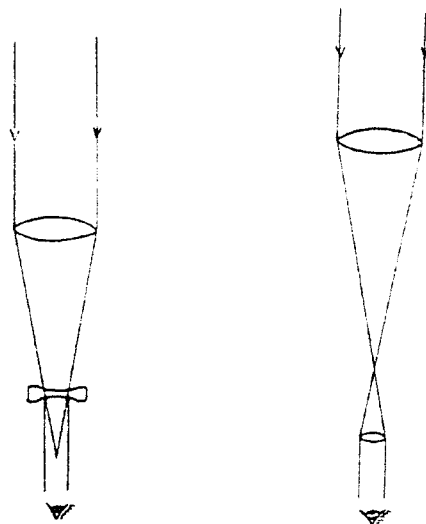
Mogućnost da se vidi na daljinu nije bila strana čovekovoј mašti, te su neki stvaraoci predvideli takve mogućnosti u budućnosti. Prvi teleskopi pojavljuju se tokom prve decenije 17-og veka, a kao pronalazači spominju se holandski majstori: Jansen (Zacharias Joannides), Mecijs (Adrian Metius) i Lipershej (Hans Lippershey).

Hans Lipershej iz grada Midlburga, 1608. godine podneo je zahtev vladi Holandije da mu se prizna patent i odobre materijalna sredstva za proizvodnju. Vlada otkupljuje od njega par teleskopa jer je bila posebno zainteresovana za upotrebu teleskopa u vojne svrhe, ali mu patent ne odobrava, uz obrazloženje da je ta konstrukcija poznata i drugima.

Galileo Galilej (1546 – 1642) je čuo za Lipershejovo otkriće i sam je konstruisao teleskop sa konveksnim i konkavnim sočivom, koji su se nalazili na krajevima olovne cevi. Ono što je video teleskopom ga je toliko oduševilo da je napravio još par većih uzoraka, sam obradjujući sočiva. Kada je okrenuo teleskop ka nebu, otkrio je ono što niko pre tog vremena nije video. Ovim jednostavnim instrumentom otkrio je bregove i kratere na Meseu, Venerine faze i Jupiterove satelite. Galilejev talenat konstruktora i eksperimentalca dolazi do punog izražaja pri povećavanju uveličavajuće moći, mada mu je išla na ruku i činjenica da su se u Veneciji proizvodila najbolja ukrasna, a u Firenci najbolja optička stakla. Sva otkrića do kojih je Galilej došao proizilazila su iz dveju različitih karakteristika teleskopa: moći uvećanja i moći prikupljanja svetlosti. Pored neposrednog doprinosa razvoju, Galilej doprinosi i širenju i prihvatanju teleskopa, a to je posao koji mu je izvanredno leži i gde je njegov doprinos čak i značajniji od prethodnog. Svoje teleskope slao je najvažnijim krunisanim glavama, što je, pored propagande, bio i važan izvor prihoda.

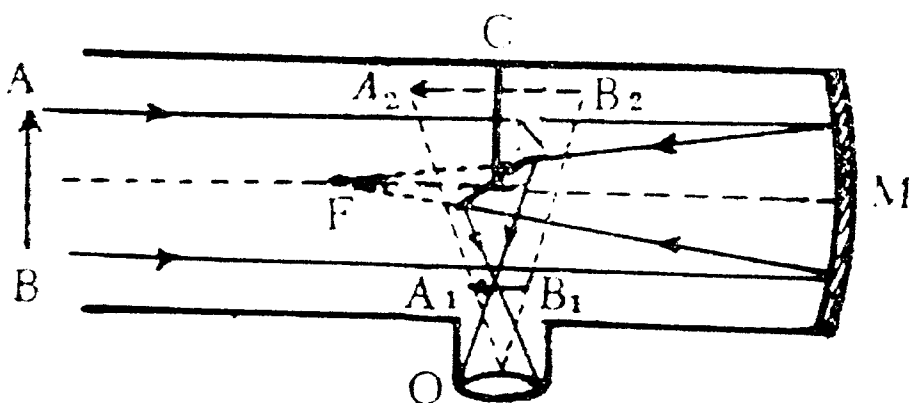
Kepler, koji u to doba zauzima visoki položaj carskog astronoma, daje punu podršku Galileju. S druge strane, koliko god je Galilej majstor u proizvodnji sočiva, toliko se Kepler razume u optiku sočiva. Galilejev teleskop proizvod je zdravog razuma, koji polazi od onoga što je

empirijski poznato. Kepler ide dalje, i postavlja obratno, teorijsko pitanje: kakva kombinacija sočiva treba da omogući veće povećanje? On ukazuje na to da se korišćenjem konveksnih sočiva znatno uvećava i vidno polje i dobija veće uvećanje. Lik predmeta koji se dobija uz pomoć Keplerovog teleskopa uvek je obrnut, ali to nije predstavljalo smetnju, jer se koristio u astronomiji.



Hromatske aberacije, nesavršenosti stakla za sočiva i poteškoće njihove obrade rano su ukazali na prednost korišćenja konkavnih ogledala u refleksnim teleskopima. Znatno je lakše izraditi sferno ogledalo velikog prečnika, nego sočivo istog prečnika. Ovo je veoma važno, jer su pri posmatranju nebeskih tela potrebni objektivni koji mogu da prime što veću količinu svetlosti. Zbog toga su likovi dobijeni pomoću refleksionih teleskopa jasniji nego likovi dobijeni upotrebom refrakcionih teleskopa, kojima su se služili Galilej i Kepler.

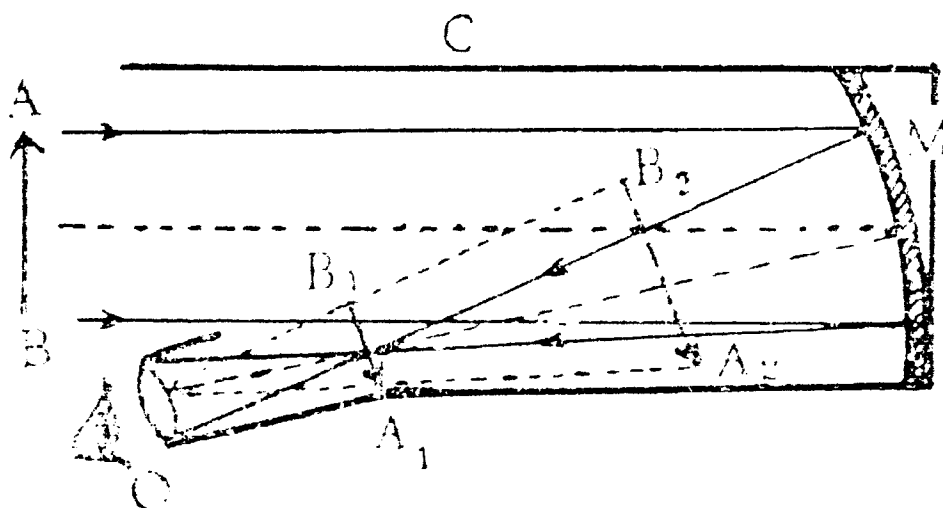
Prvi koji je došao na ideju da konstruiše refleksioni teleskop, bio je škotski matematičar Gregori (James Gregory). On je imao velikih problema jer optičari u to vreme nisu mogli da proizvedu dovoljno dobro ogledalo za njega. Njutn se zainteresovao za ovaj problem, te je sam izradio ogledalo sa uglačanim srebrom na površini:



Princip rada je sledeći: paralelni zraci koji dolaze od ma kakvog predmeta ulaze kroz otvoreni kraj teleskopa i odbijaju se sa izdubljenog ogledala, tako da padaju na malo pomoćno ogledalo, koje je postavljeno u cevi teleskopa, koso prema njegovoj osi, pod uglom od  $45^\circ$ . Odande se zraci takodje odbijaju i obrazuju medjulik ispred sabirnog sočiva O, koje služi kao okular. Pošto je okular sabirno sočivo, koje se nalazi na kraju male cevi postavljene na bočnom zidu teleskopa, posmatranjem kroz njega kao lupu vidimo imaginaran ali izvrnut lik posmatranog predmeta.

Nedostatak Njutnovog teleskopa je u tome što jačina svetlosti slabi usled odbijanja od ravnog ogledala i što posmatrač mora da posmatra predmet kroz bočnu cev teleskopa.

Heršel je svojim radovima znatno unapredio konstrukciju teleskopa. Sam je pravio svoja ogledala jer su mu bila preskupa da ih kupuje.



Heršelov (Herschel William, 1738-1822) teleskop razlikuje se od Njutnovog time što u cevi nema pomoćnog ravnog ogledala, već samo glavno ogledalo, koje je izdubljeno i ukoso postavljeno na dnu cevi. Svetlosni zraci koji od predmeta padaju na ogledalo, posle odbijanja grade mali realan lik ispred okulara O, koji se nalazi na otvorenom



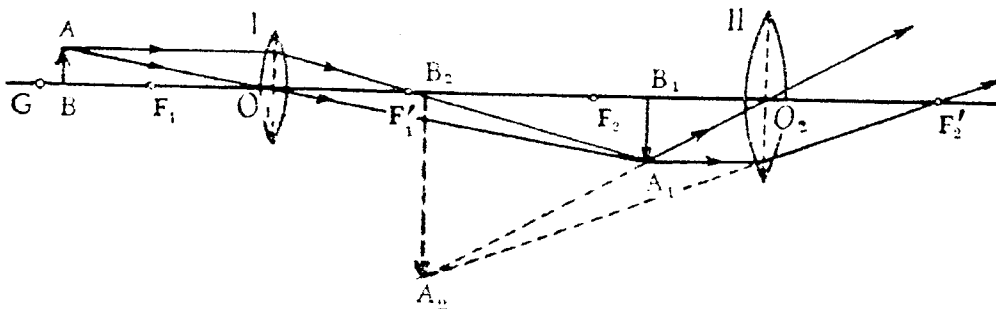
kraju cevi teleskopa. Kroz okular, koji je u stvari sabirno sočivo, posmatrač vidi uvećani, imaginaran i izvrnut lik posmatranog predmeta.

Likovi dobijeni Heršelovim teleskopom su jasniji nego likovi Njutnovog teleskopa, jer kod Heršelovog teleskopa nema gubitka u jačini svetlosti usled njenog odbijanja sa pomoćnog ravnog ogledala.

## ZNAČAJNI ISTORIJSKI DOGAĐAJI U PROUČAVANJU POJAVA VEZANIH ZA OPTIKU U NASTAVNOJ JEDINICI: Optički instrumenti, linearno uvećanje. Oko, lupa, mikroskop, durbin.

### MIKROSKOP

Mikroskop predstavlja optički instrument koji služi za posmatranje bliskih predmeta koji su toliko sitni da ih ne možemo videti golim okom.



Kao pronalazači mikroskopa navode se ista imena kao i kod teleskopa: Hans i Zahari Jansen, te Hans Lipershej. Galilej konstruiše mikroskope 1624. za kneza Bavarske. Ubrzo posle toga mikroskopi su kružili medju optičarima u Italiji i Engleskoj. U to vreme, konstrukcija mikroskopa bila je znatno teža od konstrukcije teleskopa, jer su kod malih sočiva ozbiljnije greške zbog kvaliteta stakla, nesavršenosti površina i netačne montaže. Takodje su bili prisutni uticaju hromatskih i sfernih aberacija. Tek negde 1660. mikroskopi su mogli komercijalno da se nabave.

Nemački fizičar Abe (1840 - 1905) predstavljao je istaknutog stvaraoca na polju razvoja mikroskopa krajem 19-og veka, kako zbog doprinosa u teoriji, tako i zbog praktičnih koraka. Abe je teorijskim putem i ogledima utvrdio da likovi nisu jasni ako objektiv mikroskopa primi samo centralni snop zrakova, jer se tada vidi samo centralna površina bez detalja. Medjutim, ako sem centralnog snopa u objektiv dopre makar prvi svetlosni snop koji je nastao difrakcijom svetlosti na rešetkastoj strukturi predmeta koji posmatramo, onda posmatrač pomoću mikroskopa vidi ravan lik predmeta sa detaljima. Prema tome, lik treba da bude rezultat interferencije i onih zrakova koji su pretrpeli difrakciju prolazeći kroz posmatrani predmet. Abe je zaključio da otvor objektiva treba da bude što veći.

Dalji napredak u razvoju mikroskopa, pre svega u povećanju moći uvećanja, doveo je i do novih tehničkih rešenja, kao što je elektronski mikroskop. Danas su mikroskopi prisutni u skoro svim naučnim disciplinama.

*3. PRIMERI PRIPREMA ZA ČAS SA I BEZ  
ISTORIJSKIH ELEMENATA*

NAZIV ŠKOLE: Osnovna škola »Svetozar Marković Toza«

MESTO: Novi Sad

NAZIV PREDMETA: fizika

RAZRED: VIII

DATUM: mart 2002. godine

## **PRIPREMA ZA VODJENJE NASTAVNOG ČASA** (bez istorijskih elemenata)

NASTAVNA TEMA: Odbijanje i prelamanje svetlosti

NASTAVNA JEDINICA: Odbijanje svetlosti. Ravna ogledala

### ZADACI NASTAVNE JEDINICE:

- sticanje osnovnih znanja iz nastavne teme odbijanje i prelamanje svetlosti
- upoznavanje učenika sa odbijanjem svetlosti i funkcionisanjem ravnog ogledala
- osposobljavanje za samostalno rešavanje problema vezanih za ovu nastavnu jedinicu
- osposobljavanje za primenu stečenih znanja iz obradjene nastavne jedinice

TIP ČASA: obrada novog gradiva

METODA: monološka

OBLIK RADA: frontalni

NASTAVNA SREDSTVA: tabla, kreda, Hartlova ploča, lampa, ogledalo, sveća

### VREMENSKA ARTIKULACIJA ČASA:

- uvodni deo časa 5-10 min.
- Glavni deo časa 25-30 min.
- Završni deo časa 5-10 min.

**UVODNI DEO ČASA**  
**PITANJA – OČEKIVANI ODGOVORI**

1. PITANJE: Šta proučava optika?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Optika je nauka koja proučava svetlosne pojave.
2. PITANJE: Kako se nazivaju tela koja zrače svetlost?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Tela koja zrače svetlost nazivaju se svetlosni izvori.
3. PITANJE: Koje svetlosne izvore najčešće koristimo?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Najčešće se koriste toplotni svetlosni izvori.
4. PITANJE: Šta je u stvari svetlost?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Svetlost je elektromagnetni talas.
5. PITANJE: Kako se svetlost prostire u homogenoj sredini?  
OČEKIVANI ODGOVOR: U homogenoj sredini svetlost se od izvora prostire pravolinijski.
6. PITANJE: Kako vidimo neki predmet, na primer drvo, iako znamo da oni nije svetlosni izvor?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Ove predmete vidimo zato što su oni osvetljeni, a svetlost se odbija od njih i dolazi u naše oko.

## **GLAVNI DEO ČASA ODBIJANJE SVETLOSTI. RAVNA OGLEDALA.**

1. PITANJE: Šta mislite, šta se dešava kada svetlost naidje na neprovidno telo? Navesti i primer.

OČEKIVANI ODGOVOR: Kada svetlost naidje na neko neprovidno telo, ona se odbija. Primer bi mogao biti komad metalne ploče.

Na granici dveju sredina, svetlost se delom vraća nazad u sredinu iz koje dolazi, a delom se prostire i kroz drugu sredinu, ako za to postoji mogućnost. Prva pojava predstavlja odbijanje, a druga prelamanje.

OGLED: Za demonstraciju ovog ogleda potrebna nam je Hartlova ploča i svetlosni izvor. Hartlova (optička) ploča, je univerzalni aparat za demonstraciju svih zakona elementarne optike. Ovaj aparat sastoji se od kružne ploče, koja se može obrtati oko osovine utvrđene na stativu. Podesimo sada lampu tako da se na kružnoj ploči vidi da upadni ugao iznosi  $40^\circ$ . Odbijeni zrak sa normalom gradi odbojni ugao koji takodje iznosi  $40^\circ$ .

2. PITANJE: Šta mislite, koliko će biti odbojni ugao, ako je upadni ugao  $60^\circ$ ?

OČEKIVANI ODGOVOR: Odbojni ugao će takodje biti  $60^\circ$ .

Kako god menjali položaj lampe, menja se i upadni ugao. Ogled pokazuje da je odbojni ugao uvek jednak upadnom uglu. Stoga sada možemo dati zakon odbijanja svetlosti. On glasi:

*Upadni ugao jednak je odbojnom uglu. Upadni zrak, normala i odbojni zrak leže u istoj ravni (ravni kružne ploče).*

Na osnovu ovoga uvek možemo konstrukcijom lako odrediti pravac odbijenog zraka, kad nam je poznat pravac pod kojim svetlosni zrak pada na neku glatku površinu.

3. PITANJE: Da li ste nekada videli svoj lik na površini vode? Kako to objašnjavate?

OČEKIVANI ODGOVOR: Na površini mirne vode čovek uvek može da vidi svoj lik. Površina mirne vode deluje kao ogledalo.

Svaku uglačanu površinu koja veći deo svetlosnih zrakova koji padnu na nju pravilno odbija zovemo ogledalom. Ako je površina ogledala ravna, onda takvo ogledalo zovemo ravnim ogledalom. Ravna ogledala za ogledanje imaju dobro uglačanu metalnu površinu ili su to stakla koja su sa jedne strane metalizirana. Sem ovih, postoje i prirodna ogledala, kakva je npr. površina vode.

OGLED: Da bi videli kako se formira lik predmeta u ogledalu, na drvenu ploču postavimo lenjir, a potom, baš kod lenjira, jednu staklenu ploču. Ispred staklene ploče stavimo zapaljenu sveću pored trećeg podeoka. Iza staklene ploče, na istom rastojanju od nule, postavimo nezapaljenu sveću istih dimenzija. Kada stavimo iza ploče crni karton pa gledamo ispod staklene ploče, vidimo lik zapaljene sveće tačno na onom mestu gde se nalazi nezapaljena sveća i izgleda nam da i nezapaljena sveća sada gori. Dakle, lik i predmet simetrično su postavljeni spram ogledala.

Ako bismo posmatranje vršili iza ogledala, onda tamo ne bismo videli lik. Stoga kažemo da je lik prividan ili imaginaran. Kako se formira lik u ogledalu možemo objasniti uz pomoć zakona odbijanja svetlosti.

Neka od predmeta  $P$ , u obliku tačke, padaju divergentni (razilazeći) zraci na ogledalo  $MM$ . Prema zakonu odbijanja možemo povući pravce odbijenih zraka. Kao što vidimo, odbijeni svetlosni zraci sa ogledala rasprostiru se u pravcima koji se razilaze. Ako ovi zraci dospeju u naše oko, onda ćemo videti lik svetle tačke  $L$  iza ogledala, na onom mestu gde se presecaju njihova produženja u suprotnom smeru. Kako tačka  $L$  nije nastala presecanjem stvarnih zraka, nego geometrijskim produženjem onih zraka koji su se odbili sa ogledala, a sem toga se nalazi iza ogledala, izlazi da je ona prividan lik tačke  $P$ . Geometrijski, možemo utvrditi da je  $PO=OL$ , odnosno predmet i lik nalaze se na jednakom rastojanju od ogledala i to na istoj normali. Ravno ogledalo danas je u svakodnevnoj upotrebi, a nalazi značajnu primenu i u raznim optičkim aparatima.



4. PITANJE: Sunčevi zraci, koji su praktično paralelni, kada padaju na ravno ogledalo, odbijaju se tako što su i dobijeni zraci paralelni. Medjutim, kada Sunčevi zraci padaju na površinu snega, ne može se videti Sunčev lik. Zašto je to tako?

OČEKIVANI ODGOVOR: Površina snega je neravna, pa dobijeni zraci imaju različite pravce, te se nepravilno rasipaju.

Ovakva pojava naziva se difuzno odbijanje svetlosti. I kod difuznog odbijanja svetlosti važe isti zakoni odbijanja kao kod ravnog ogledala, samo što hrapave površine čini veliki broj malih, različito orijentisanih ravnih površina, zbog čega se upadni paralelni zraci odbijaju u različitim pravcima.

**ZAVRŠNI DEO ČASA**  
**PITANJA – OČEKIVANI ODGOVORI**

1. PITANJE: Kako glasi zakon odbijanja svetlosti?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Upadni ugao jednak je odbojnom uglu. Upadni zrak, normala i odbojni zrak, leže u istoj ravni.
2. PITANJE: Šta je ogledalo?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Svaka uglačana površina koja veći deo svetlosnih zrakova, koji na nju padne pravilno odbije, naziva se ogledalo.
3. PITANJE: Kakav je lik svetle tačke ispred ravnog ogledala?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Svaka svetla tačka koja se nalazi ispred ogledala ima svoj prividan lik.
4. PITANJE: Koliko je rastojanje lika iza ogledala?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Rastojanje lika iza ogledala jednako je rastojanju svetle tačke ispred ogledala.
5. PITANJE: Kakve vrste odbijanja svetlosti imamo?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Imamo pravilno (ogledalsko) i difuzno odbijanje svetlosti.

# PLAN TABLE

## Odbijanje svetlosti. Ravna ogledala

Zakoni odbijanja svetlosti:

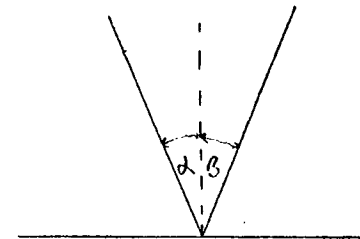
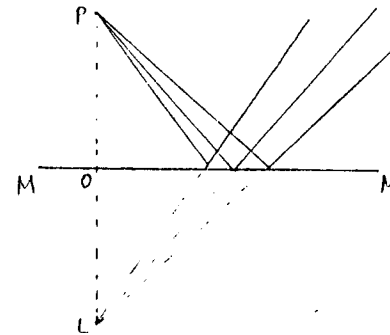
Upadni ugao jednak je odbojnom uglu.

Upadni ugao, normala i odbojni zrak leže u istoj ravni.

Odbijanje:

a) pravilno (ogledalsko)

b) difuzno



NAZIV ŠKOLE: Osnovna škola »Svetozar Marković Toza«  
MESTO: Novi Sad  
NAZIV PREDMETA: fizika  
RAZRED: VIII  
DATUM: mart 2002. godine

## **PRIPREMA ZA VODJENJE NASTAVNOG ČASA (sa istorijskim elementima)**

NASTAVNA TEMA: Odbijanje i prelamanje svetlosti  
NASTAVNA JEDINICA: Odbijanje svetlosti. Ravna ogledala

### **ZADACI NASTAVNE JEDINICE:**

- sticanje osnovnih znanja iz nastavne teme odbijanje i prelamanje svetlosti
- upoznavanje učenika sa odbijanjem svetlosti i funkcionisanjem ravnog ogledala
- osposobljavanje za samostalno rešavanje problema vezanih za ovu nastavnu jedinicu
- osposobljavanje za primenu stečenih znanja iz obradjene nastavne jedinice

TIP ČASA: obrada novog gradiva

METODA: monološka

OBLIK RADA: frontalni

NASTAVNA SREDSTVA: tabla, kreda, Hartlova ploča, lampa, ogledalo, sveća

### **VREMENSKA ARTIKULACIJA ČASA:**

- uvodni deo časa 5-10 min.
- Glavni deo časa 25-30 min.
- Završni deo časa 5-10 min.

**UVODNI DEO ČASA**  
**PITANJA – OČEKIVANI ODGOVORI**

1. PITANJE: Šta proučava optika?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Optika je nauka koja proučava svetlosne pojave.
  
2. PITANJE: Kako se nazivaju tela koja zrače svetlost?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Tela koja zrače svetlost nazivaju se svetlosni izvori.
  
3. PITANJE: Koje svetlosne izvore najčešće koristimo?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Najčešće se koriste toplotni svetlosni izvori.
  
5. PITANJE: Šta je u stvari svetlost?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Svetlost je elektromagnetni talas.
  
6. PITANJE: Kako se svetlost prostire u homogenoj sredini?  
OČEKIVANI ODGOVOR: U homogenoj sredini svetlost se od izvora prostire pravolinijski.
  
7. PITANJE: Kako vidimo neki predmet, na primer drvo, iako znamo da oni nije svetlosni izvor?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Ove predmete vidimo zato što su oni osvetljeni, a svetlost se odbija od njih i dolazi u naše oko.

## **GLAVNI DEO ČASA ODBIJANJE SVETLOSTI. RAVNA OGLEDALA.**

Već su stari Grci, mnogo pre nas, bili zainteresovani za optičke pojave, i dosta ih proučavali. Rezultati njihovog rada bili su značajni, jer su utvrdili da se prostiranje svetlosnih zraka može geometrijski tretirati. Napredak je učinjen i u tome što su proširili sadržaj optike. Po prvi put naučnik uzima u ruku neke predmete – ogledala i sveće i počinje jednu logičku igru, koja može geometrijom da se reprodukuje. Najznačajniji stvaraoči helenističke epohe su Euklid, Heron, Ptolomej i Arhimed. Ovaj poslednji dao je zakon odbijanja svetlosti.

1. PITANJE: Šta mislite, šta se dešava kada svetlost naidje na neprovidno telo? Navesti i primer.

OČEKIVANI ODGOVOR: Kada svetlost naidje na neko neprovidno telo, ona se odbija. Primer bi mogao biti komad metalne ploče.

Na granici dveju sredina, svetlost se delom vraća nazad u sredinu iz koje dolazi, a delom se prostire i kroz drugu sredinu, ako za to postoji mogućnost. Prva pojava predstavlja odbijanje a druga prelamanje svetlosti. Nas trenutno interesuje samo izučavanje zakona odbijanja svetlosti.

OGLED: Za demonstraciju ovog ogleda potrebna nam je Hartlova ploča i svetlosni izvor. Hartlova (optička) ploča, je ustvari univerzalni aparat za demonstraciju svih zakona elementarne optike. Ovaj aparat sastoji se od kružne ploče, koja se može obrtati oko osovine utvrđene na stativu. Podesimo sada lampu tako da se na kružnoj ploči vidi da upadni ugao iznosi  $40^\circ$ . Odbijeni zrak sa normalom gradi odbojni ugao koji takodje iznosi  $40^\circ$ .

2. PITANJE: Šta mislite, koliko će biti odbojni ugao, ako je upadni ugao  $60^\circ$ ?

OČEKIVANI ODGOVOR: Odbojni ugao će takodje biti  $60^\circ$ .

Kako god menjali položaj lampe, menja se i upadni ugao. Ogled pokazuje da je odbojni ugao uvek jednak upadnom uglu. Stoga sada možemo dati zakon odbijanja svetlosti. On glasi:

*Upadni ugao jednak je odbojnom uglu. Upadni zrak, normala i odbojni zrak leže u istoj ravni (ravni kružne ploče).*

Arhimed je prvi na elegantan način objasnio jednakost upadnog i odbijenog ugla. »Ugao odbijanja bi mogao da bude veći, manji ili jednak ulaznom. Pretpostavimo da je manji, neka zamene mesta predmet i posmatrač. Sad bi ugao morao da bude veći. Uglovi dakle moraju biti jednaki.«

Ogledala su najstariji instrumenti u optici. Primerci metalnih ogledala nadjeni su i u egipatskim grobnicama. Euklid je prvi razjasnio formiranje lika predmeta u ravnom ogledalu.

3. PITANJE: Da li ste nekada videli svoj lik na površini vode? Kako to objašnjavate?

OČEKIVANI ODGOVOR: Na površini mirne vode čovek uvek može da vidi svoj lik. Površina mirne vode deluje kao ogledalo.

Svaku uglačanu površinu koja veći deo svetlosnih zrakova koji padnu na nju pravilno odbija zovemo ogledalom. Ako je površina ogledala ravna, onda takvo ogledalo zovemo ravnim ogledalom. Ravna ogledala za ogledanje imaju dobro uglačanu metalnu površinu ili su to stakla koja su sa jedne strane metalizirana. Sem ovih, postoje i prirodna ogledala, kakva je npr. površina vode.

OGLED: Da bi videli kako se formira lik predmeta u ogledalu, na drvenu ploču postavimo lenjir, a potom, baš kod lenjira, jednu staklenu ploču. Ispred staklene ploče stavimo zapaljenu sveću pored trećeg podeoka. Iza staklene ploče, na istom rastojanju od nule, postavimo nezapaljenu sveću istih dimenzija. Kada stavimo iza ploče crni karton pa gledamo ispod staklene ploče, vidimo lik zapaljene sveće tačno na onom mestu gde se nalazi nezapaljena sveća i izgleda nam da i nezapaljena sveća sada gori. Dakle, lik i predmet simetrično su postavljeni spram ogledala.

Ako bismo posmatranje vršili iza ogledala, onda tamo ne bismo videli lik. Stoga kažemo da je lik prividan ili imaginaran. Kako se formira lik u ogledalu možemo objasniti uz pomoć zakona odbijanja svetlosti.

Neka od predmeta  $P$ , u obliku tačke, padaju divergentni (razilazeći) zraci na ogledalo  $MM$ . Prema zakonu odbijanja, možemo povući pravce odbijenih zraka. Kao što vidimo, odbijeni svetlosni zraci sa ogledala rasprostiru se u pravcima koji se razilaze. Ako ovi zraci dospeju u naše oko, onda ćemo videti lik svetle tačke  $L$  iza ogledala, na onom mestu gde se presecaju njihova produženja u suprotnom smeru. Kako tačka  $L$  nije nastala presecanjem stvarnih zraka, nego geometrijskim produženjem onih zraka, koji su se odbili sa ogledala, a sem toga se nalazi iza ogledala, izlazi da je ona prividan lik tačke  $P$ . Geometrijski, možemo utvrditi da je  $PO=OL$ , odnosno predmet i lik nalaze se na jednakom rastojanju od ogledala i to na istoj normali. Ravno ogledalo danas je u svakodnevnoj upotrebi, a nalazi značajnu primenu i u raznim optičkim aparatima.

4. PITANJE: Sunčevi zraci, koji su praktično paralelni, kada padaju na ravno ogledalo, odbijaju se tako što su i dobijeni zraci paralelni. Medjutim, kada Sunčevi zraci padaju na površinu snega, ne može se videti Sunčev lik. Zašto je to tako?

OČEKIVANI ODGOVOR: Površina snega je neravna, pa dobijeni zraci imaju različite pravce, te se nepravilno rasipaju.

Ovakva pojava naziva se difuzno odbijanje svetlosti. I kod difuznog odbijanja svetlosti važe isti zakoni odbijanja kao kod ravnog ogledala, samo što hrapave površine čini veliki broj malih, različito orijentisanih ravnih površina, zbog čega se upadni paralelni zraci odbijaju u različitim pravcima.



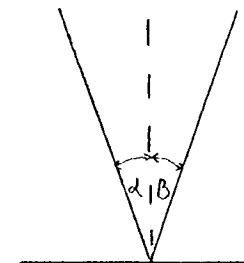
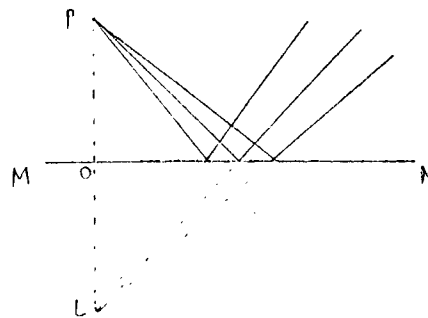
**ZAVRŠNI DEO ČASA**  
**PITANJA – OČEKIVANI ODGOVORI**

1. PITANJE: Kako glasi zakon odbijanja svetlosti i ko ga je prvi dao?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Upadni ugao jednak je odbojnom uglu. Upadni zrak, normala i odbojni zrak, leže u istoj ravni. Prvi ga je dao Arhimed.
2. PITANJE: Šta je ogledalo?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Svaka uglačana površina koja veći deo svetlosnih zrakova, koji na nju padne pravilno odbije, naziva se ogledalo.
3. PITANJE: Kakav je lik svetle tačke ispred ravnog ogledala?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Svaka svetla tačka koja se nalazi ispred ogledala ima svoj prividan lik.
4. PITANJE: Koliko je rastojanje lika iza ogledala?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Rastojanje lika iza ogledala jednako je rastojanju svetle tačke ispred ogledala.
5. PITANJE: Kakve vrste odbijanja svetlosti imamo?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Imamo pravilno (ogledalsko) i difuzno odbijanje svetlosti.

## PLAN TABLE

Zakoni odbijanja svetlosti(Arhimed):  
Upadni ugao jednak je odbojnom uglu.  
Upadni ugao,normala i odbojni zrak leže  
u istoj ravni.

Odbijanje:  
a)pravilno(ogledalsko)  
b)difuzno



NAZIV ŠKOLE: Osnovna škola »Svetozar Marković Toza«  
MESTO: Novi Sad  
NAZIV PREDMETA: fizika  
RAZRED: VIII  
DATUM: mart 2002. godine

### **PRIPREMA ZA VODJENJE NASTAVNOG ČASA (bez istorijskih elemenata)**

NASTAVNA TEMA: Odbijanje i prelamanje svetlosti  
NASTAVNA JEDINICA: Oko, lupa, mikroskop, durbin

#### **ZADACI NASTAVNE JEDINICE:**

- sticanje osnovnih znanja iz nastavne teme odbijanje i prelamanje svetlosti
- upoznavanje učenika sa lupom, mikroskopom, durbinom o razjašnjavanje procesa vidjenja okom
- osposobljavanje za samostalno rešavanje problema vezanih za ovu nastavnu jedinicu
- osposobljavanje za primenu stečenih znanja iz obradjene nastavne jedinice

TIP ČASA: obrada novog gradiva

METODA: monološka

OBLIK RADA: frontalni

#### **VREMENSKA ARTIKULACIJA ČASA:**

- uvodni deo časa 5-10 min.
- Glavni deo časa 25-30 min.
- Završni deo časa 5-10 min.

**UVODNI DEO ČASA**  
**PITANJA – OČEKIVANI ODGOVORI**

1. PITANJE: Kako se svetlost prostire u homogenoj sredini?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Svetlost se u homogenoj sredini prostire pravolinijski.
2. PITANJE: Kako glasi zakon odbijanja svetlosti?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Upadni ugao jednak je odbojnom uglu. Upadni zrak, normala i odbojni zrak leže u istoj ravni.
3. PITANJE: Šta predstavlja indeks prelamanja i kako se obeležava?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Indeks prelamanja jednak je odnosu brzina svetlosti u dve sredine. To je neimenovan broj i obeležava se sa  $n$ .
4. PITANJE: Koliko žiža ima svako sabirno sočivo?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Svako sabirno sočivo ima dve žiže.
5. PITANJE: Za šta nam služe optički instrumenti?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Optički instrumenti služe nam da dobijemo uvećane likove posmatranih predmeta, koje ne možemo videti golim okom jer su nam sitni ili jako udaljeni.

## **GLAVNI DEO ČASA OKO. LUPA. MIKROSKOP. DURBIN.**

Mnogi predmeti se ne mogu videti golim okom, jer su suviše sitni ili udaljeni. Stoga, da bi dobili uvećane likove posmatranih predmeta koristimo optičke instrumente. Pod optičkim instrumentima podrazumevamo sve one instrumente, čija je uloga da, primenom prelamanja ili odbijanja svetlosti, odnosno zajedničkom primenom ovih pojava, vidimo likove predmeta promenjenih dimenzija, pa usled toga predmete vidimo jasnije nego golim okom. Optički instrumenti omogućili su dalji napredak prirodnih nauka, naročito astronomije, biologije i medicine.

1. PITANJE: Koji su optički instrumenti sa kojima ste se do sada sreli?

OČEKIVANI ODGOVOR: Naočare, lupa, mikroskop, fotoaparatus, teleskop...

Pre nego što posebno budemo analizirali princip rada optičkih instrumenata potrebno je da razjasnimo kako funkcioniše ljudsko oko.

GRAFOSKOP – slika na kojoj se nalazi oko i označeni su pojedini delovi

Ovde ćemo istaći samo delove oka važne sa gledišta optike. Oko je prirodan optički aparat. Očna jabučica je loptastog oblika. Očni kapak služi za otvaranje i zatvaranje prolaza svetlosnim zracima u oko. Zenica je otvor koji se spontano, bez naše volje, sužava ili širi, već prema tome da li je svetlost jača ili slabija. Na taj način čuva se unutrašnjost oka od dejstva jake svetlosti.

Očno sočivo je dvostruko ispupčeno sabirno sočivo, žižne daljine oko 2.5 cm. Ona se može menjati u zavisnosti od daljine predmeta koji se posmatra. Promene krivine sočiva vrše se prema daljini predmeta tako da lik uvek pada na mrežnjaču (ovo je očigledno iz jednačina sabirnog sočiva,  $l$  je stalno, što znači  $f$  mora da se menja). Ovo se postiže stezanjem ili opuštanjem ocnog sočiva.

Na mrežnjači se nalazi žuta mrlja, mesto na kome se obrazuje lik predmeta koji posmatramo. To je kružni deo mrežnjače, prečnika 2mm.

Možemo zaključiti da oko predstavlja optički sistem, sa tri sferne površine na kojima se lomi svetlost, a to su rožnjača, prednja sferna površina sočiva i zadnja sferna površina sočiva. Svetlosni zraci koji

polaze od nekog predmeta prodju kroz zenicu, padaju na sočivo oka i prelamaju se tako da se na žutoj mrlji dobije stvaran, obrnut i umanjen lik. Slika se zatim ispravlja u mozgu, u centru za vid.

Neke od mana oka su kratkovidost i dalekovidost. Kratkovidost je posledica izduženosti očne jabučice, pa lik ne pada na žutu mrlju, već ispred nje. Ova mana se ispravlja naočarima sa rasipnim sočivima. Ovakvo sočivo, zajedno sa očnim sočivom, pomera lik predmeta do mrežnjače, čime se postiže prividno povećanje žižne daljine ocnog sočiva. S druge strane, dalekovidost nastaje obično u starijim godinama, kada očna sočiva izgube svoju elastičnost, pa ne mogu dovoljno da se ispupče pri posmatranju bliskih predmeta. Kod ovakvog oka, lik pada iza žute mrlje na mrežnjači, pa se nedostatak ispravlja naočarima sa sabirnim sočivima. Ova sočiva smanjuju žižnu daljinu ocnog sočiva, i time se lik posmatranog predemta pomera unapred.

2. PITANJE: Recite, koje sve profesije koriste lupu?

OČEKIVANI ODGOVOR: Časovničari, filatelisti, lekari...

Lupa je optički instrument koji je našao primenu u širokoj praksi. Sastoji se od sabirnog sočiva sa malom žižnom daljinom, pomoću koga vidimo uspravne i uvećane likove sitnih predmeta, koje stavimo s druge strane izmedju žiže i sočiva. Da bi se lik jasno video, lupa se približava ili udaljava od predmeta. Kada se lik najjasnije vidi, kažemo da se nalazi na daljini jasnog vida. Za čoveka sa normalnim okom daljina jasnog vida je 25 cm.

GRAFOSKOP – slika koja pokazuje konstrukciju lika kod lupe. Uvećanje lupom se izračunava primenom formule za uvećavanje:

$$U=l/p$$

Udaljenost lika od lupe je  $l=d$ , dok je udaljenost predmeta približno jednaka žižnoj daljini lupe,  $p=f$ .

$$U=d/f$$

3. PITANJE: Šta mislite, kakva je razlika između lupe i mikroskopa?

OČEKIVANI ODGOVOR: Iako oba optička instrumenta služe za uvećanje predmeta, razlika postoji jer je uvećanje lupom ograničeno.

Uvećanje lupom je ograničeno, jer se ne može napraviti dobro sabirno sočivo sa vrlo malom žižnom daljinom. Veće uvećanje lika može se dobiti ako se uz lupu koristi još jedno sabirno sočivo, tako da se mikroskop u najjednostavnijem obliku sastoji iz dva sabirna sočiva. Sočivo koje je okrenuto predmetu nazivamo objektivom, a ono, uz koje posmatrač stavlja svoje oko, okularom.

GRAFOSKOP - slika koja pokazuje konstrukciju lika kod mikroskopa

Kod mikroskopa kao objektiv služi sabirno sočivo vrlo male žižne daljine, a zadatak mu je da se pomoću njega dobije realan i uvećan lik predmeta. Okular je također sabirno sočivo, ali nešto veće žižne daljine. Okular ima ulogu lupe kroz koju će posmatrač videti imaginaran, ali uveličan, lik onog realnog lika obrazovanog objektivom, koji kao predmet treba da se nalazi između okulara i njegove žiže.

Predmet treba postaviti ispred objektivna na malo veću daljinu od njegove žižne daljine. Iz konstrukcije vidimo da se na drugoj strani objektivna dobije najpre realan, uvećan i obrnut lik predmeta. Ovaj lik posmatramo kroz okular kao predmet koji se nalazi ispred lupe. Stoga okular treba tako postaviti da se realni lik nalazi između okulara i njegove prednje žiže. Konstrukcijom dobijamo tada na daljini jasnog vida uvećan lik, koji je uspravan u odnosu na lik objektivna, ali je obrnut u odnosu na posmatrani predmet.

Uvećanje mikroskopa jednako je proizvodu uvećanja objektivna i okulara:

$$U(\text{mikroskopa}) = u(\text{obj.}) u(\text{ok.}) = L/f_1 \times d/f_2$$

$$U = Ld/f_1f_2$$

gde su  $f_1$  i  $f_2$  žižne daljine okulara, odnosno objektivna, a  $L$  dužina mikroskopske cevi.

Najbolji optički mikroskopi mogu da uvećaju i do 3000 puta.

4. PITANJE: Čime posmatramo udaljene predmete?

OČEKIVANI ODGOVOR: Udaljene predmete posmatramo durbinom.

Optički instrumenti, koji služe za uvećanje vidnog ugla udaljenih predmeta, nazivaju se durbini ili teleskopi, već prema tome da li se likovi dobijaju pomoću sistema sočiva ili sistema sfernih ogledala i sočiva. Mi ćemo ovde razmotriti prvi slučaj, kada se durbin sastoji od dva sabirna sočiva.

GRAFOSKOP – slika koja pokazuje konstrukciju lika kod durbina

Predmet je uvek na mnogo većem rastojanju od žižne daljine objektiva durbina. Lik koji se obrazuje u žiži posmatra se okularom durbina, koji ima manju žižnu daljinu i uvećava kao lupa. Konačan lik, koji se dobija posle prelamanja svetlosnih zraka kroz tri sočiva (objektiv, okular i očno sočivo), formira se na mrežnjači oka. Ovaj lik je obrnut i umanjen. Suština je u tome što se lik durbinom približava posmatraču, zbog čega se vidi pod većim vidnim uglom. Ovakvim durbinima se posmatraju nebeska tela, pa to što je lik obrnut ne predstavlja nikakav problem.

Za posmatranje udaljenih predmeta na Zemljinoj površini ovakav tip durbina se ne može koristiti, jer daje obrnute likove. Ispravljanje likova može se izvesti na različite načine, a jedan od njih je ubacivanje malog sočiva između objektiva i okulara.



**ZAVRŠNI DEO ČASA**  
**PITANJA – OČEKIVANI ODGOVORI**

1. PITANJE: Kako se zove mesto na mrežnjači na kome se obrazuje lik posmatranog predmeta?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Žuta mrlja.
2. PITANJE: Koje su mane oka i kako se ispravljaju?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Mane oka su kratkovidost i dalekovidost. Prva se ispravlja rasipnim, a druga sabirnim sočivom.
3. PITANJE: Od čega se sastoji lupa?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Lupa se sastoji od jednog sabirnog sočiva male žižne daljine.
4. PITANJE: Kakav lik daje mikroskop?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Mikroskop daje uvećan, obrnut i imaginaran lik.
5. PITANJE: Koliko je najveće uvećanje optičkih mikroskopa?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Najveće uvećanje optičkih mikroskopa je do 3000 puta.
6. PITANJE: Kakva je konstrukcija durbina?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Durbin se sastoji od dva sabirna sočiva od kojih jedno ima veću žižnu daljinu, a drugo manju.

## PLAN TABLE

OKO. LUPA. MIKROSKOP. DURBIN

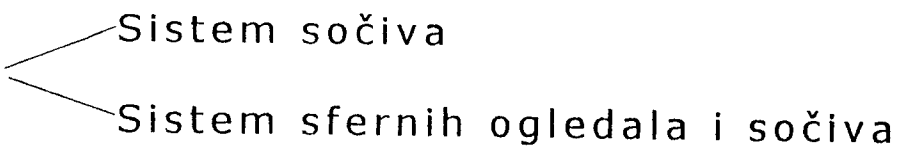
OKO - složen optički sistem

ŽUTA MRLJA - stvaran, obrnut, umanjen lik

Očne mane: kratkovidost i dalekovidost

LUPA - sabirno sočivo

MIKROSKOP - objektiv i okular

DURBIN 

```
graph LR; DURBIN --- S1[Sistem sočiva]; DURBIN --- S2[Sistem sfernih ogledala i sočiva];
```

NAZIV ŠKOLE: Osnovna škola »Svetozar Marković Toza«  
MESTO: Novi Sad  
NAZIV PREDMETA: fizika  
RAZRED: VIII  
DATUM: mart 2002. godine

### **PRIPREMA ZA VODJENJE NASTAVNOG ČASA (sa istorijskim elementima)**

NASTAVNA TEMA: Odbijanje i prelamanje svetlosti  
NASTAVNA JEDINICA: Oko, lupa, mikroskop, durbin

#### **ZADACI NASTAVNE JEDINICE:**

- sticanje osnovnih znanja iz nastavne teme odbijanje i prelamanje svetlosti
- upoznavanje učenika sa lupom, mikroskopom, durbinom i razjašnjavanje procesa vidjenja okom
- osposobljavanje za samostalno rešavanje problema vezanih za ovu nastavnu jedinicu
- osposobljavanje za primenu stečenih znanja iz obradjene nastavne jedinice

TIP ČASA: obrada novog gradiva  
METODA: monološka  
OBLIK RADA: frontalni

#### **VREMENSKA ARTIKULACIJA ČASA:**

- uvodni deo časa 5-10 min.
- Glavni deo časa 25-30 min.
- Završni deo časa 5-10 min.

**UVODNI DEO ČASA**  
**PITANJA – OČEKIVANI ODGOVORI**

1. PITANJE: Kako se svetlost prostire u homogenoj sredini?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Svetlost se u homogenoj sredini prostire pravoliniski.
2. PITANJE: Kako glasi zakon odbijanja svetlosti?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Upadni ugao jednak je odbojnom uglu. Upadni zrak, normala i odbojni zrak leže u istoj ravni.
3. PITANJE: Šta predstavlja indeks prelamanja i kako se obeležava?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Indeks prelamanja jednak je odnosu brzina svetlosti u dve sredine. To je neimenovan broj i obeležava se sa  $n$ .
4. PITANJE: Koliko žiža ima svako sabirno sočivo?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Svako sabirno sočivo ima dve žiže.
5. PITANJE: Za šta nam služe optički instrumenti?  
OČEKIVANI ODGOVOR: Optički instrumenti služe nam da dobijemo uvećane likove posmatranih predmeta, koje ne možemo videti golim okom jer su nam sitni ili jako udaljeni.

## **GLAVNI DEO ČASA OKO. LUPA. MIKROSKOP. DURBIN.**

Mnogi predmeti se ne mogu videti golim okom, jer su suviše sitni ili udaljeni. Stoga, da bi dobili uvećane likove posmatranih predmeta koristimo optičke instrumente. Pod optičkim instrumentima podrazumevamo sve one instrumente, čija je uloga da, primenom prelamanja ili odbijanja svetlosti, odnosno zajedničkom primenom ovih pojava, vidimo likove predmeta promenjenih dimenzija, pa usled toga predmete vidimo jasnije nego golim okom. Optički instrumenti omogućili su dalji napredak prirodnih nauka, naročito astronomije, biologije i medicine.

1. PITANJE: Koji su optički instrumenti sa kojima ste se do sada sreli?

OČEKIVANI ODGOVOR: Naočare, lupa, mikroskop, fotoaparatus, teleskop...

Pre nego što posebno budemo analizirali princip rada optičkih instrumenata potrebno je da razjasnimo kako funkcioniše ljudsko oko.

GRAFOSKOP – slika na kojoj se nalazi oko i označeni su pojedini delovi

Ovde ćemo istaći samo delove oka važne sa gledišta optike. Oko je prirodan optički aparat. Očna jabučica je loptastog oblika. Očni kapak služi za otvaranje i zatvaranje prolaza svetlosnim zracima u oko. Zenica je otvor koji se spontano, bez naše volje, sužava ili širi, već prema tome da li je svetlost jača ili slabija. Na taj način čuva se unutrašnjost oka od dejstva jake svetlosti.

Očno sočivo je dvostruko ispupčeno sabirno sočivo, žižne daljine oko 2,5 cm. Ona se može menjati u zavisnosti od daljine predmeta koji se posmatra. Promene krivine sočiva vrše se prema daljini predmeta tako da lik uvek pada na mrežnjaču (ovo je očigledno iz jednačina sabirnog sočiva,  $l$  je stalno, što znači  $f$  mora da se menja). Ovo se postiže stezanjem ili opuštanjem ocnog sočiva.

Na mrežnjači se nalazi žuta mrlja, mesto na kome se obrazuje lik predmeta koji posmatramo. To je kružni deo mrežnjače, prečnika 2mm.

Možemo zaključiti da oko predstavlja optički sistem, sa tri sferne površine na kojima se lomi svetlost, a to su rožnjača, prednja sferna površina sočiva i zadnja sferna površina sočiva. Svetlosni zraci koji

polaze od nekog predmeta prodju kroz zenicu, padaju na sočivo oka i prelamaju se tako da se na žutoj mrlji dobije stvaran, obrnut i umanjen lik. Slika se zatim ispravlja u mozgu, u centru za vid. Prvi koji je u potpunosti razjasnio kako funkcioniše ljudsko oko, bio je nemački naučnik Herman Helmholtz.

Neke od mana oka su kratkovidost i dalekovidost. Kratkovidost je posledica izduženosti očne jabučice, pa lik ne pada na žutu mrlju, već ispred nje. Ova mana se ispravlja naočarima sa rasipnim sočivima. Ovakvo sočivo, zajedno sa očnim sočivom, pomera lik predmeta do mrežnjače, čime se postiže prividno povećanje žižne daljine očnog sočiva. S druge strane, dalekovidost nastaje obično u starijim godinama, kada očna sočiva izgube svoju elastičnost, pa ne mogu dovoljno da se ispupče pri posmatranju bliskih predmeta. Kod ovakvog oka, lik pada iza žute mrlje na mrežnjači, pa se nedostatak ispravlja naočarima sa sabirnim sočivima. Ova sočiva smanjuju žižnu daljinu očnog sočiva, i time se lik posmatranog predmeta pomera unapred.

Naočare su pronadjene u Italiji krajem 13. i početkom 14. veka. U to doba nije se znalo kako funkcioniše oko i šta izaziva dalekovidost i kratkovidost. Pretpostavlja se da je do pronalaska došlo slučajno, kada je neki majstor pravio ukrase od stakla, u obliku sočiva.

2. PITANJE: Recite, koje sve profesije koriste lupu?

OČEKIVANI ODGOVOR: Časovničari, filatelisti, lekari...

Lupa je optički instrument koji je našao primenu u širokoj praksi. Sastoji se od sabirnog sočiva sa malom žižnom daljinom, pomoću koga vidimo uspravne i uvećane likove sitnih predmeta, koje stavimo s druge strane između žiže i sočiva. Da bi se lik jasno video, lupa se približava ili udaljava od predmeta. Kada se lik najjasnije vidi, kažemo da se nalazi na daljini jasnog vida  $d$ . Za čoveka sa normalnim okom daljina jasnog vida je 25 cm.

GRAFOSKOP – slika koja pokazuje konstrukciju lika kod lupe

Uvećanje lupom se izračunava primenom formule za uvećavanje:

$$U=l/p$$

Udaljenost lika od lupe je  $l=d$ , dok je udaljenost predmeta približno jednaka žižnoj daljini lupe,  $p=f$ .

$$U=d/f$$

3. PITANJE: Šta mislite, kakva je razlika između lupe i mikroskopa?

OČEKIVANI ODGOVOR: Iako oba optička instrumenta služe za uvećanje predmeta, razlika postoji jer je uvećanje lupom ograničeno.

Uvećanje lupom je ograničeno, jer se ne može napraviti dobro sabirno sočivo sa vrlo malom žižnom daljinom. Veće uvećanje lika može se dobiti ako se uz lupu koristi još jedno sabirno sočivo, tako da se mikroskop u najjednostavnijem obliku sastoji iz dva sabirna sočiva. Sočivo koje je okrenuto predmetu nazivamo objektivom, a ono, uz koje posmatrač stavlja svoje oko, okularom.

GRAFOSKOP - slika koja pokazuje konstrukciju lika kod mikroskopa

Kod mikroskopa, kao objektiv služi sabirno sočivo vrlo male žižne daljine, a zadatak mu je da se pomoću njega dobije realan i uvećan lik predmeta. Okular je takodje sabirno sočivo, ali nešto veće žižne daljine. Okular ima ulogu lupe kroz koju će posmatrač videti uobražen, ali uveličan, lik onog realnog lika obrazovanog objektivom, koji kao predmet treba da se nalazi između okulara i njegove žiže.

Predmet treba postaviti ispred objektiva na malo veću daljinu od njegove žižne daljine. Iz konstrukcije vidimo da se na drugoj strani objektiva dobije najpre realan, uvećan i obrnut lik predmeta. Ovaj lik posmatramo kroz okular kao predmet koji se nalazi ispred lupe. Stoga okular treba tako postaviti da se realni lik nalazi između okulara i njegove prednje žiže. Konstrukcijom dobijamo tada na daljini jasnog vida uvećan lik, koji je uspravan u odnosu na lik objektiva, ali je obrnut u odnosu na posmatrani predmet.

Uvećanje mikroskopa jednako je proizvodu uvećanja objektiva i okulara:

$$U(\text{mikroskopa}) = u(\text{obj.}) u(\text{ok.}) = L/f_1 \times d/f_2$$

$$U = Ld/f_1f_2$$

Gde su  $f_1$  i  $f_2$  žižne daljine okulara, odnosno objektiva, a  $L$  dužina mikroskopske cevi.

Najbolji optički mikroskopi mogu da uvećaju i do 3000 puta.

4. PITANJE: Čime posmatramo udaljene predmete?

OČEKIVANI ODGOVOR: Udaljene predmete posmatramo durbinom.

Optički instrumenti pojavili su se u 17. veku. Galileo Galilei bio je jedan od onih koji je učinio mnogo za njihovo propagiranje. I sam vrstan majstor za pravljenje sočiva, proizvodio je durbine i prodavao ih širom Evrope. Time je ostvario i značajan prihod jer su durbinici počeli da služe trgovcima. Naime, u to doba nije se znalo kada će stići brodovi iz udaljenih zemalja, a sa durbinom se moglo videti kada se približavaju kopnu te je onda počinjalo skupljanje radne snage za istovar roba. I ovde se vidi kako su naučna otkrića malo po malo mogla da unaprede privredu.

Optički instrumenti, koji služe za uvećanje vidnog ugla udaljenih predmeta, nazivaju se durbinici ili teleskopi, već prema tome da li se likovi dobijaju pomoću sistema sočiva ili sistema sfernih ogledala i sočiva. Mi ćemo ovde razmotriti prvi slučaj, kada se durbin sastoji od dva sabirna sočiva.

**GRAFOSKOP** – slika koja pokazuje konstrukciju lika kod durbinica

Predmet je uvek na mnogo većem rastojanju od žižne daljine objektiva durbinica. Lik koji se obrazuje u žiži posmatra se okularom durbinica, koji ima manju žižnu daljinu i uvećava kao lupa. Konačan lik, koji se dobija posle prelamanja svetlosnih zraka kroz tri sočiva (objektiv, okular i očno sočivo), formira se na mrežnjači oka. Ovaj lik je obrnut i umanjen. Suština je u tome što se lik durbinom približava posmatraču, zbog čega se vidi pod većim vidnim uglom. Ovakvim durbinicima se posmatraju nebeska tela, pa to što je lik obrnut ne predstavlja nikakav problem.

Za posmatranje udaljenih predmeta na Zemljinoj površini ovakav tip durbinica se ne može koristiti, jer daje obrnute likove. Ispravljanje likova može se izvesti na različite načine, a jedan od njih je ubacivanje malog sočiva između objektiva i okulara. Prvi teleskopi i mikroskopi pojavljuju se tokom prve decenije 17. veka, a nekoliko uglednih holandskih majstora pominju se kao prvi pronalazači: Jansen, Meius i Lipersheijl, sa neizvesnošću oko prioriteta.



**ZAVRŠNI DEO ČASA**  
**PITANJA – OČEKIVANI ODGOVORI**

1. PITANJE: Kako se zove mesto na mrežnjači na kome se obrazuje lik posmatranog predmeta?

OČEKIVANI ODGOVOR: Žuta mrlja.

2. PITANJE: Koje su mane oka i kako se ispravljaju?

OČEKIVANI ODGOVOR: Mane oka su kratkovidost i dalekovidost. Prva se ispravlja rasipnim, a druga sabirnim sočivom.

3. PITANJE: Ko je napravio prve naočare i kada?

OČEKIVANI ODGOVOR: Prve naočare napravili su majstori staklari u Italiji, krajem 13. i početkom 14. veka.

4. PITANJE: Ko je u potpunosti razjasnio kako funkcioniše oko ?

OČEKIVANI ODGOVOR: Herman Helmholtz.

5. PITANJE: Od čega se sastoji lupa?

OČEKIVANI ODGOVOR: Lupa se sastoji od jednog sabirnog sočiva male žižne daljine.

6. PITANJE: Kakav lik daje mikroskop?

OČEKIVANI ODGOVOR: Mikroskop daje uvećan, obrnut i imaginaran lik.

7. PITANJE: Koliko je najveće uvećanje optičkih mikroskopa?

OČEKIVANI ODGOVOR: Najveće uvećanje optičkih mikroskopa je do 3000 puta.

8. PITANJE: Kakva je konstrukcija durbina?

OČEKIVANI ODGOVOR: Durbin se sastoji od dva sabirna sočiva od kojih jedno ima veću žižnu daljinu, a drugo manju.

## PLAN TABLE

OKO.LUPA.MIKROSKOP.DURBIN

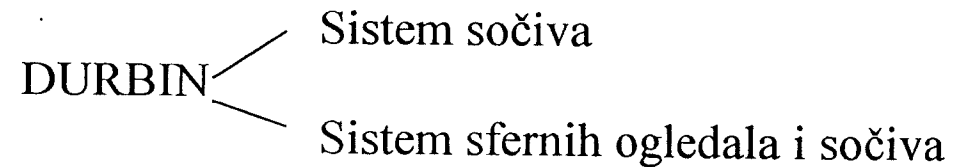
OKO-složeni optički sistem(Herman Helholmc)

ŽUTA MRLJA-stvaran,obrnut,umanjen lik

Očne mane:kratkovidost i dalekovidost

LUPA-sabirno sočivo

MIKROSKOP-objektiv i okular

DURBIN 

- Sistem sočiva
- Sistem sfernih ogledala i sočiva

Mikroskop i durbin-17. vek Holandija

## ZAKLJUČAK

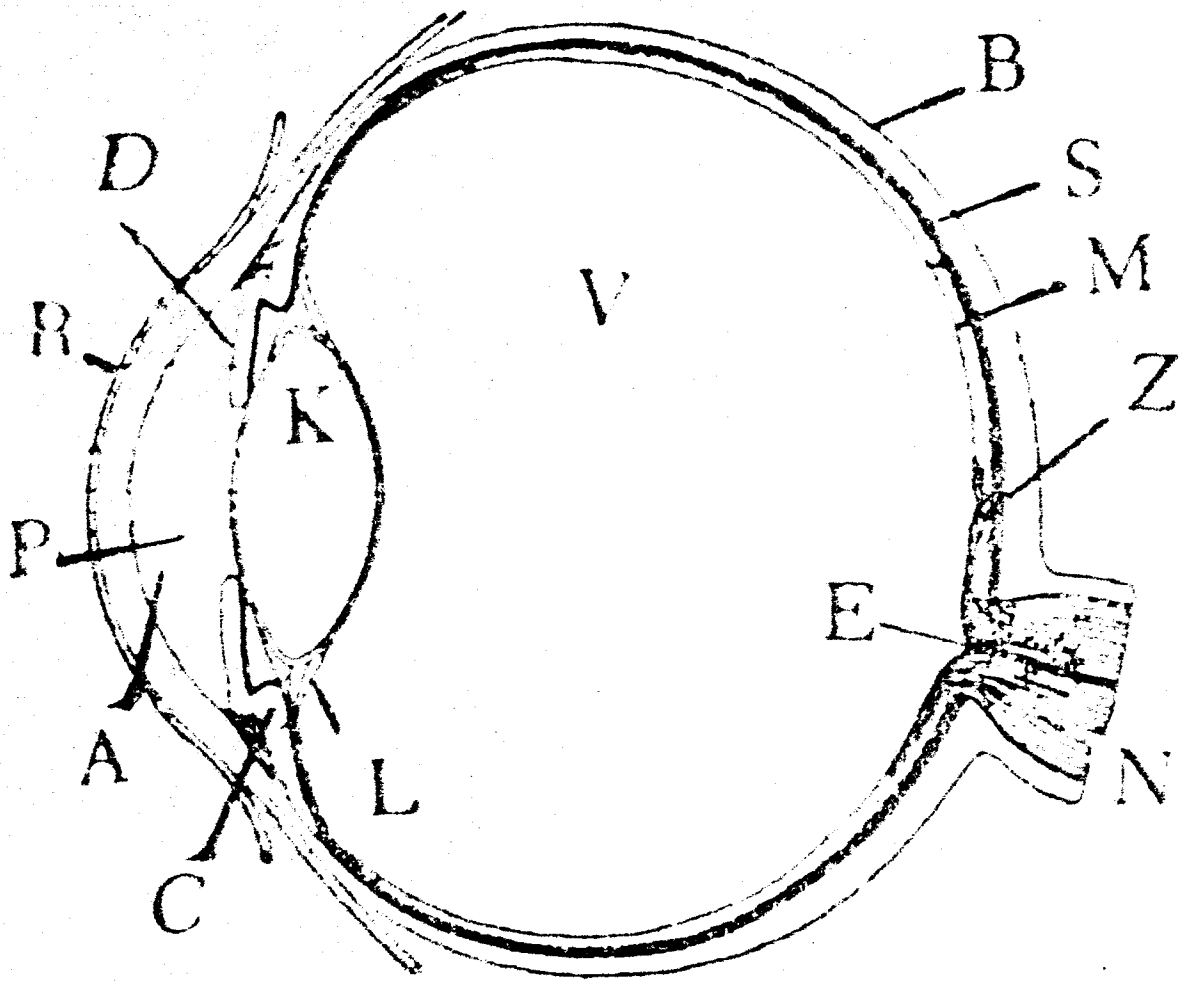
U ovom radu nastojao sam da ostvarim napredak u primeni istorijskih elemenata u nastavi fizike, koristeći savete mentora, iskustvo starijih kolega i znanje stečeno u toku studija.

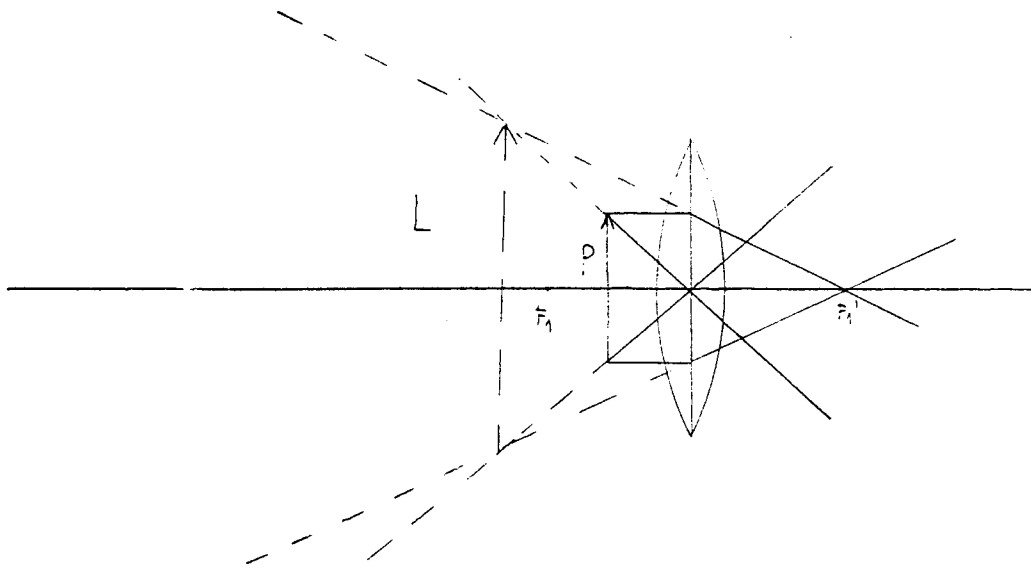
U prvom poglavlju razmatrana je funkcija istorijskih elemenata u nastavi fizike. Ovde je ukazano na sve one događaje koji su bili od značaja pri razjašnjavanju gradiva u nastavnim jedinicama. Drugo poglavlje sadrži primere za čas sa i bez istorijskih elemenata. Nastojao sam da dopuna istorijskim elementima ne proširuje suviše gradivo, ali da to ipak učenicima predstavlja nova saznanja.

## **FOLIJA ZA GRAFOSKOP**

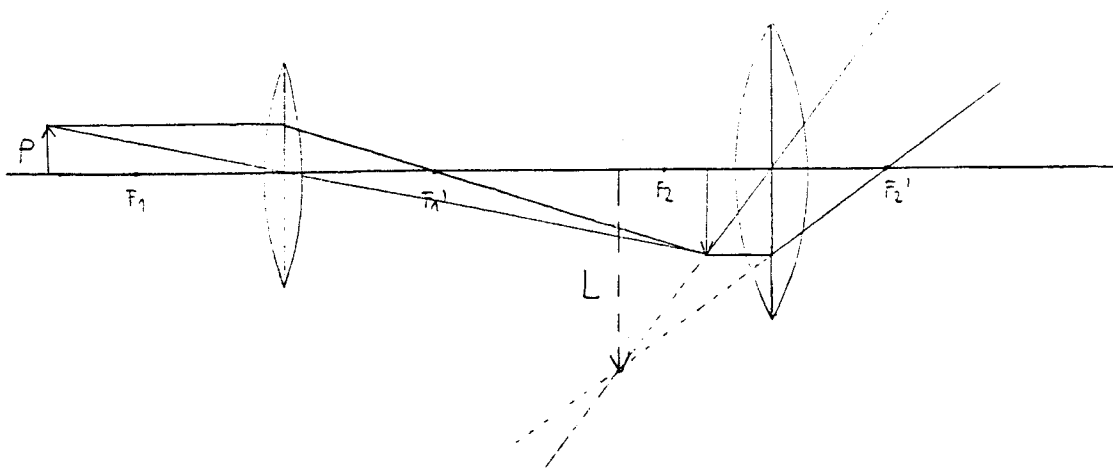
PRVA FOLIJA - slika koja pokazuje anatomiju oka.

DRUGA FOLIJA - konstrukcija lika kod lupe, mikroskopa, durbina.

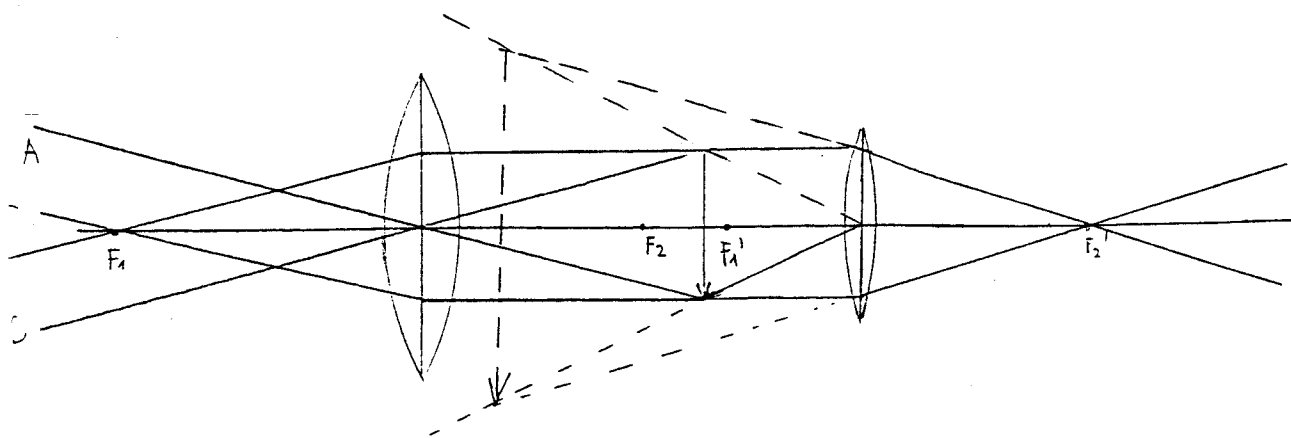




MIKROSKOP



DURBIN



## HRONOLOGIJA ZNAČAJNIH ISTORIJSKIH DOGADJAJA

300 g.p.n.e. Euklid (Aleksandrija) – zapazio je da se svetlost prostire pravolinijski i opisivao je zakon odbijanja. Verovao je da se mehanizam vida ostvaruje preko zraka koji idu od oka do predmeta.

100 g.p.n.e. – Heron iz Aleksandrije u svom delu »Kaptoprika«, geometrijskim putem pokazao je da je put kojim se kreće svetlosni zrak odbijen od ravnog ogledala kraći od ma kojeg drugog puta koji bi se mogao povući od izvora.

140 g. Claudije Ptolomej – njemu se pripisuje delo koje je u 12. veku prevedeno na latinski. U njemu, on proučava prelamanje i ukazuje da je prelomni ugao srazmeran upadnom uglu.

965 – 1020 g. Al Hazen – u svojim radovima koristio je sferna i parabolična ogledala i znao za sferne aberacije. Takodje je razmatrao i uvećanje koje se dobija lupom i prelamanje u atmosferi. Njegov rad je preveden na latinski i postao dostupan evropskim istraživačima.

1220. Robert Grostest – pobornik toga da se teorija uvek mora porediti sa iskustvom. Naglašavao je značaj matematike i geometrije. Smatrao da duga nastaje kao posledica odbijanja i prelamanja sunčevih zraka u oblacima, ali nije ni pomišljao na same kapljice. Delo je mišljenje starih Grka o mehanizmu vida, zrak ide od oka ka predmetu.

1267. Roger Bacon – smatrao da je brzina svetlosti konačna i povlačio analogiju izmedju prostiranja svetlosti u nekoj sredini sa prostiranjem zvuka. Za uvećanje malih predmeta koristio je konveksna sočiva i predlagao da ona mogu naći primenu pri ispravljanju lošeg vida. Njemu se pripisuje da je kod duge prvi shvatio da se proces događa u jednoj kapljici.



1270. Vitelo – završio svoju knjigu »Perspektiva« koja je u nekoliko narednih vekova bila najznačajnija delo iz optike. Između ostalog, opisivao je način za proizvodnju paraboličnih ogledala od gvoždja. Shvatio da prelomni ugao ne mora biti srazmeran upadnom uglu.

1590. Zaharije Jansen – konstruisao prvi mikroskop

1604. Johan Kepler – shvatio da se svetlost može prostirati na neograničenoj razdaljini i da je brzina prostiranja konačna.

1608. Hans Lipershej – konstruisao prvi teleskop

1609. Galileo Galilej – napravio svoju verziju Lipershejovog teleskopa i započeo da ga koristi za astronomska istraživanja. S njime je otkrio Jupiterova četiri meseca.

1611. Johan Kepler – u svom delu »Dioptrika« razjasnio je princip rada mikroskopa i teleskopa. Prvi koji je otkrio pojavu totalne refleksije svetlosti.

1621. Vilebrord Snel – otkrio vezu između upadnog ugla i prelomnog ugla kad svetlost prelazi iz jedne sredine u drugu.

1647. Bonaventura Kavalijeri – izveo jednačinu koja daje vezu između poluprečnika krivine površine tankog sočiva i žižne daljine.

1657. Pjer Ferma – objavio princip »najkraćeg vremena« prema kome svetlosni zrak uvek ide onim putem kojim će do svog cilja stići za najkraće vreme

## LITERATURA

1. MILORAD MLAĐENović – RAZVOJ FIZIKE (OPTIKA)  
IRO GRAĐEVINSKA KNJIGA, BEOGRAD, 1986.
2. MILORAD MLAĐENović, MIRKO JAKŠIĆ  
ISTORIJA KLASIČNE FIZIKE (ZA UČENIKE SREDNJIH ŠKOLA)  
ZAVOD ZA UDŽBENIKE I NASTAVNA SREDSTVA BEOGRAD, 1993.
3. BRANKO ĐURIĆ – VELIKI FIZIČARI  
TEHNIČKA KNJIGA, BEOGRAD, 1964.
4. BRANKO ĐURIĆ, ŽIVOJIN ČULUM – FIZIKA 4-OPTIKA  
NAUČNA KNJIGA, BEOGRAD, 1966.
5. PAIĆ MLADEN – PREDAVANJA IZ OPTIKE  
SVEUČILIŠTE ZAGREB, 1968.
6. IVANOVIĆ DRAGIŠA, RASPOPOVIĆ MILAN, ŽIVOJIN ČULUM, PEĆIĆ  
MOMČILO, KRMPOTIĆ ĐURO, TOMIĆ JEZDIMIR, NIKIĆ BOJANA,  
KRPIĆ DRAGOMIR  
FIZIKA ZA OSMI RAZRED OSONOVNE ŠKOLE  
ZAVOD ZA IZDAVANJE UDŽBENIKA, NOVI SAD, 1992.
7. FLORIAN CAJORI  
A HISTORY OF PHYSICS  
DOVER PUBLICATIONS, NEW YORK, 1962



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj (RBJ):

Identifikacioni broj (IBR):

Tip dokumentacije (TD): Monografska dokumentacija

Tip zapisa (TZ): Tekstualni štampani materijal

Vrsta rada (VR): Diplomski rad

Autor (AU): Milenko Marković, br. dos. 225/94

Mentor (MN): Doc. Dr. Dušan Lazar, redovni profesor PMF-a, Novi Sad

Naslov rada (NR): Elementi istorijskog pristupa nastavi fizike u osnovnoj školi - primer nauke o svetlosti u 8. razredu

Jezik publikacije (JP): Srpski (latinica)

Jezik izvoda (JI): Srpski

Zemlja publikovanja (ZP): SR Jugoslavija

Uže geografsko područje (UGP): Vojvodina

Godina (GO): 2002.

Izdavač (IZ): Autorski reprint

Mesto i adresa (MA): PMF, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

Fizički opis rada (FO): (broj poglavlja/strana/lit. citata/tabela/slika/grafika /priloga)

(3/65/0/0/13/0/6)

Naučna oblast (NO): Fizika

Naučna disciplina (ND): Metodika nastave fizike

Predmetna odrednica/ključne reči (PO): Fizika, optika, svetlost, odbijanje i prelamanje svetlosti, istorija fizike, metodika nastave

UDK:

Čuva se (ČU): Biblioteka instituta za fiziku, PMF Novi Sad

Važna napomena (VN): nema

Izvod (IZ): Cilj ovog rada je bio da se osvetli funkcija korišćenja istorijskih elemenata u nastavi fizike. Kako bi ovo samo za sebe bilo isuviše suvoparno, onda je to odmah ilustrovano na primeru nastave optike u 8. razredu osnovne škole. Tu su u konkretnim slučajevima dati primeri iz istorije fizike, a ujedno je analizirana njihova funkcija. Struktura ovog rada je sledeća: prvo poglavlje bavi se funkcijom istorijskih elemenata u nastavi fizike, drugo se bavi pozivanjem na značajne istorijske događaje u proučavanju pojava vezanih za optiku u odgovarajućim nastavnim jedinicama. Treće poglavlje daje primere priprema za čas bez i sa istorijskim elementima.

Datum prihvatanja teme od NN veća (DP): 29.04.2002.

Datum odbrane (DO): 24.05.2002.

Članovi komisije (KO):

Predsednik: dr. Darko Kapor; redovni profesor PMF-a

Član: dr. Dušan Lazar; redovni profesor PMF-a

Član: dr. Mira Terzić; redovni profesor PMF-a

UNIVERSITY OF NOVI SAD  
FACULTY OF NATURAL SCIENCES AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number (ANO):  
Identification number (INO):  
Document type (DT): Monographic document  
Contents code (CC): Final paper  
Author (AU): Milenko Markovic, 225/94  
Mentor (MN): Doc. dr. Dusan Lazar, Full Professor FNSM, Novi Sad  
Title (TI): Historical elements regarding physics classes in Elementary school – example for optics  
Language of text (LT): Serbian  
Language of abstracts (LA): Serbian  
Country of publication (CP): Yugoslavia  
Locality of publication (LP): Vojvodina  
Publication year (PY): 2002.  
Publisher (PU): Authors reprint  
Publ. Place (PP): Faculty of Natural Sciences and Mathematics  
Physical description (PD): (chapters/pages/literature/tables/pictures /graphs/additional lists) : (3/65/0/0/13/0/6)  
Scientific field (SF): Physics  
Scientific discipline (SD): Scholastic system of physics  
Subject/key words (SKW): physics, optics, light, reflection and refraction, history of physics  
UC:  
Holding date (HD): Institute of Physics library  
Note (N): none  
Abstract (AB): The aim of this work was to indicate the function of using historical elements in physics teaching. To make this more dynamic, it was illustrated with the example of teaching optics to 8. class students of the elementary school. The structure of the work is as follows: section one is dedicated to the general historical elements in physics teaching. Section two lists important historical moments in the study of optics, related to corresponding teaching units. Section three includes the materials for the lecture preparation both with and without historical elements, for two particular lessons.  
Accepted by the Scientific board on (ASB): 29.04.2002.  
Defended (DE): 24.05.2002.  
Thesis defend Board (DB):  
President: dr. Darko Kapor; Full Professor  
Member: dr. Dusan Lazar; Full Professor  
Member: dr. Mira Terzic; Full Professor