



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI
FAKULTET
DEPARTMAN ZA FIZIKU



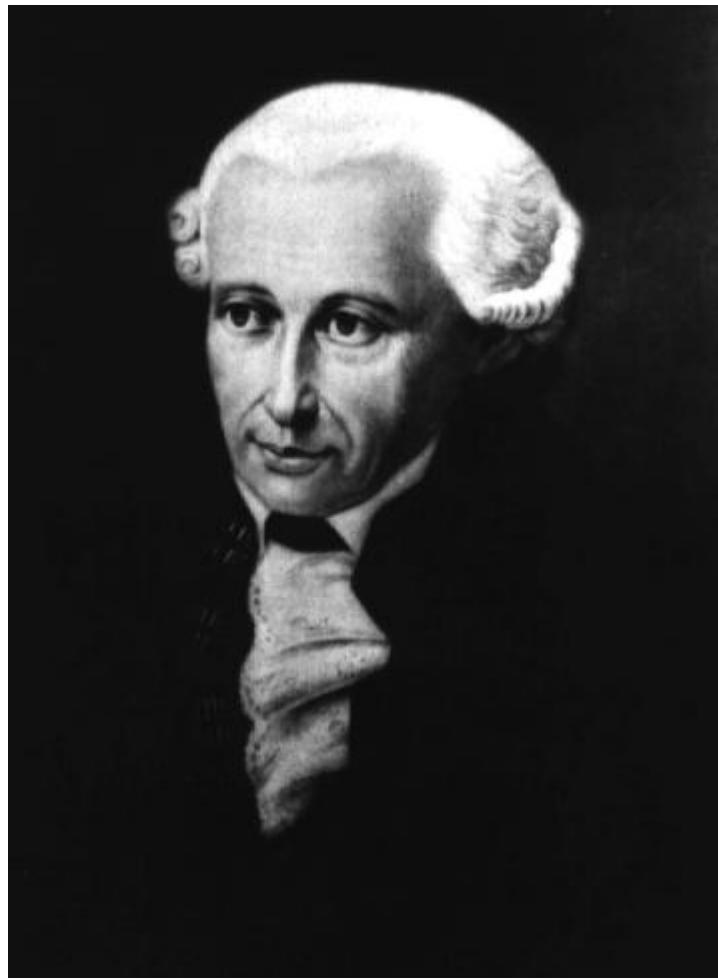
***Primena naučnog metoda u obradi nastavne jedinice
„Refleksija svetlosti i ravna ogledala“ za osnovne škole***

- master rad -

Mentor:
dr.Dušanka Obadović

Kandidat:
Snežana Dujaković

Novi Sad, 2012



Immanuel Kant (Immanuel Kant , 1724 – 1804.)

Bolje je znati malo ali temeljno, nego mnogo i površno.

Uz dužno poštovanje zahvaljujem se:

Profesorki dr.Dušanki Obadović

Asistentu mr.Ivani Rančić

Sadržaj:

1. Uvod.....	4
2. Teorijski deo.....	5
2.1. Naučni metod.....	5
2.2. Istorija naučnog metoda.....	6
2.3. Karakteristike naučnog metoda.....	8
2.4. Značaj naučnog metoda.....	10
2.5. Koraci naučnog metoda.....	11
2.6. Primena naučnog metoda.....	13
2.7. Naučni metod u nastavi fizike.....	14
3. Fizičke osnove refleksije svetlosti i konstrukcije lika kod ravnih ogledala.....	18
3.1. Zakon odbijanja svetlosti.....	18
3.2. Ravno ogledalo.....	22
3.3. Zanimljivost.....	29
3.4. Zanimljiva pitanja.....	33
4. Obrada nastavne jedinice primenom naučnog metoda.....	36
4.1. Nastavni plan i program za obradu nastavne teme “ Svetlosne pojave ”.....	36
4.2. Primena naučnog metoda u obradi nastavne jedinice „ Refleksija svetlosti. Konstrukcija lika kod ravnih ogledala “	36
4.3. Eksperimenti.....	39
5. Zaključak.....	46
6. Literatura.....	47
Kratka biografija kandidata.....	50
Ključna dokumentacijska informacija.....	51

1. Uvod

Ubrzani naučno-tehnološki progres zahteva od savremenog društva efikasne metode učenja, kojima nije prevashodni cilj učenje rezultata nauke, već konstruktivna izgradnja novih znanja zasnovanih na empirizmu i istraživanju. Takva znanja vode ka neophodnom egzaktnom zaključivanju u rešavanju problema koje nameće savremen život.

Primena naučnog metoda u aktuelnoj nastavi prirodnih nauka (fizike) od učenika stvara malog pronalazača i usmerava ga da uživa u otkriću, saznanju – spoznaji. Analiza primene naučnog metoda u nastavi fizike rezultuje povećanjem kvantuma, kvaliteta i retencije usvojenih znanja.

U radu je prikazana je primena naučnog metoda u obradi nastavne jedinice “Refleksija svetlosti i ravna ogledala”. Ova nastavna jedinica obrađuje se u okviru nastavne teme Svetlosne pojave, koja se izučava u VIII razredu osnovnog obrazovanja. Rad se satoji od šest delova: 1. Uvod; 2. Teorijski deo; 3. Fizičke osnove refleksije svetlosti i konstrukcije lika kod ravnih ogledala; 4. Obrada nastavne jedinice primenom naučnog metoda; 5. Zaključak i 6. Literatura. U Teorijskom delu prikazan je istorijat, osnovne karakteristike, kao i mogućnosti primene naučnog metoda u nastavi fizike, na osnovu analize relevantnih radova publikovanih u časopisu „Science Education“. U trećem delu date su fizičke osnove refleksije svetlosti i konstrukcije lika kod ravnih ogledala, kao i zanimljiva pitanja o fizičkim pojavama vezanim za refleksiju svetlosti i ravna ogledala, za koje je materijal prikupljen u domaćim i stranim časopisima: “Mladi fizičar”, “Jurnal Science”, “Physics Education”.... Obrada nastavne jedinice “Refleksija svetlosti” primenom naučnog metoda, kao i realizacija učeničkih istraživačkih projekata prikazana je u četvrtom delu.

2. Teorijski deo

2.1. Naučni metod

Nauka je intelektualna i praktična delatnost koja obuhvata strukturu i ponašanje fizičkog i prirodnog sveta kroz posmatranje i eksperimentisanje.

(Izvor: [Oxford American Dictionary](#))

Pod naučnim metodom u nauci se podrazumeva način pomoću kojeg se stiče, proverava i razvija naučno znanje. Razvoja nauke i naučnog znanja ne bi bilo bez hipoteza jer one podstiču, usmeravaju i organizuju traganje za značajnim, novim činjenicama. Ali hipoteze se ne mogu postavljati, ako ne postoji svest o naučnom problemu koji treba rešiti.



Slika 2.1. Naučnici standardizovanim postupkom dolaze do priznatih naučnih istina

Naučna misao, na osnovu, uz pomoć, *uz primenu naučnih metoda proverava istinitost svoga mišljenja*. Reč *metod* potiče od latinske reči *methodus*, a označava način istraživanja (način, put, postupak koji upotrebljavamo da bismo došli do saznanja, da bismo otkrili ili izložili naučnu istinu) koji se primenjuje u nekoj nauci.

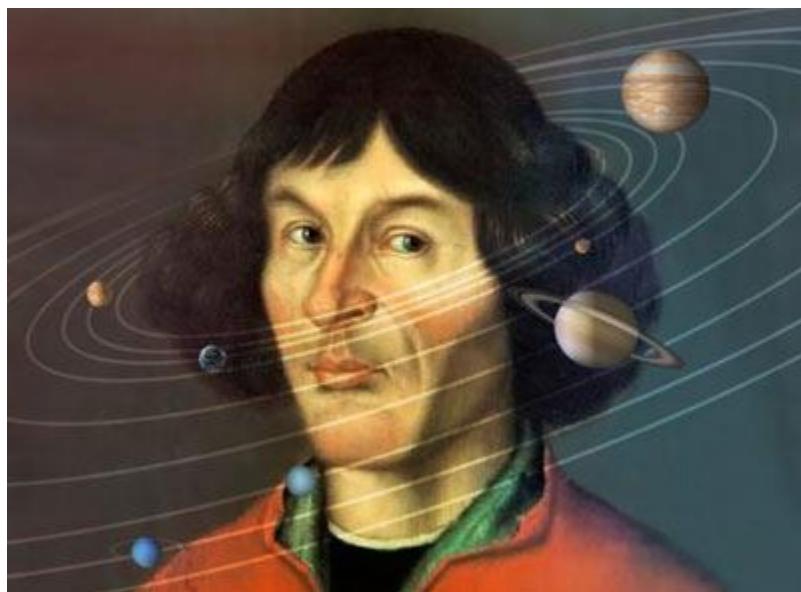
Naučni metod je nešto što svi svakodnevno koristimo. Angažovanje u osnovnim aktivnostima koje čine naučni metod - biti radoznao, postavljati pitanja, tražeći odgovore - je prirodni deo ljudskog bića.

Naučni metod sjedinjuje u sebi sve karakteristike naučnih postupaka i predstavlja rezultat razvoja naučnih saznanja (Yeo, 1986; Haig, 2005). To je metod kojim se najefikasnije obavljaju istraživanja koja vode do potpunog opisivanja predmeta - pojave, a podrazumeva tri etape: 1) neposredno empirijsko istraživanje i opis čulno - konkretnih zapažanja predmeta - pojava; 2) prelazaka sa čulno - konkretnih zapažanja na ishodno - apstraktne osobine, odnosno poznavanju osobina predmeta - pojava; 3) povratak ka

procesu apstrahovanja na osnovu znanja o osobinama predmeta - pojavi, odnosno, procesu prelaska od ishodne apstrakcije ka celokupnom teorijsko - konkretnom poznavanju predmeta - pojave. Navedene etape predstavljaju put ka konkretnom, suštinskom naučnom mišljenju, sposobnom da se primeni u praksi (Kosso, 2009).

2.2. *Istorija naučnog metoda*

Mnogi autori su tragove početaka naučnog metoda i eksperimentisanja tražili kod starih naroda: Grka, Arapa, Španaca, i drugih. Aristotel (Ἀριστοτέλης, 384 - 322. p.n.e.) kao vrhunski misilac bio je jedan od začetnika procedure metoda, smatrajući da se posmatranjem i razmišljanjem može stići do pouzdanog saznanja. Rodžer Bejkon (Roger Bacon, 1214 - 1294.), oslanjajući se na dela arapskih naučnika, opisivao je ponovljeni ciklus naučnog metoda: posmatranje, hipotezu, eksperiment i verifikaciju (Clegg, 2003). U modernoj kulturi Galileju (Galileo Galilei, 1564 - 1642.) se pripisuje da je otac naučnog metoda. Galilej je uz kombinaciju posmatranja, hipoteza, matematičkog zaključivanja i obrazloženog eksperimenta, osnovao nauku dinamiku, a Fransis Bejkon (Francis Bacon, 1561-1626.) je objasnio ovaj metod u Novum Organum, objavljenom 1622. godine.



Slika 2.2. Nikola Kopernik (Nicolaus Copernicus, 1473 – 1543.).

Mračno doba, srednjeg veka, karakteristično je po opštoj eroziji civilizacije. Katolička crkva je postala veoma moćna u Evropi, i religiozne dogme su upravljale većinom od onoga što su ljudi mislili i verovali. Oni, čija verovanja ili prakse se udaljilju od crkve, su bili "rehabilitovani". Otpor je često dovodio do progona. U periodu koji je sada poznat kao renesansa 12. veka, došao je period buđenja. Evropski naučnici postali su izloženi znanju i kulturi u Islamskom svetu i drugim regionima izvan svojih granica, na taj način upoznali sa delima drevnih naučnika poput Aristotela, Ptolomeja i Euklida. Izgrađuje se proširena naučna zajednica, gde se razmenjuju ideje i stvaralački inspiriše rešavanje problema.

Neki od značajnih mislilaca koji se pojavljuju u toku i nakon renesanse su:

- **Albert Magnus** (Albertus Magnus, 1193-1250.) i **Toma Akvinski** (Thomas Aquinas, 1225-1274.), dva studenta sholastike, filozofskog sistema koji naglašava upotrebu razuma u istraživanju pitanja filozofije i teologije. Magnus je napravio razliku između otkrivenih istina (otkrivanje nepoznatog kroz Božanske moći) i eksperimentalne nauke i napravio mnogo naučnih zapažanja iz astronomije, geografije, hemije i fiziologije.
- **Rodžer Bejkon** (Roger Bacon, 1214-1294.), engleski fratar franjevac, filozof, naučnik i naučnik koji se pozvao na okončanje slepog prihvatanja široko prihvaćenih spisa. Konkretno, njemu su na meti Aristotelove ideje, koje su, i ako dragocene, prihvaćene kao činjenice, čak i kada nisu dokazane.
- **Fransis Bejkon** (Francis Bacon, 1561-1626.), uspešan advokat i uticajni filozof koji je učinio mnogo da se reformiše naučno razmišljanje. U njegovom "Instauratio Magna", Bejkon je predložio novi pristup naučnog istraživanja, koji je objavljeno u 1622. godini, kao novi pristup nauci. "Novum Organum Scientiarum" je temelj naučnog razmišljanja. Bejkon je takođe tvrdio da bi samo jasan sistem naučnog istraživanja obezbedio vladanje čoveka nad svetom. Fransis Bejkon je bio prvi koji formalizuje koncept pravog naučnog metoda.
- **Rene Dekart** (René Descartes, 1596-1650.) u svom delu „Discourse on Method”, 1637. godine raspravlja o metodama i na taj način daje doprinos razvoju naučne metode.
- U vreme smrti Galileja, pozornica je bila postavljena za prave revolucije u naučnoj misli. **Isak Njutn** (Isaac Newton, 1642-1727.) je učinio mnogo za napredak ove revolucije. Njutnov rad u oblasti matematike rezultirao je kao integralni i diferencijalni račun. Njegov rad u astronomiji pomogao je da se definišu zakoni kretanja i univerzalne gravitacije, a studije u optici dovele su do prvog teleskopa. Važno je reći da se Njutnovom radom obeležava početak moderne nauke.

Kako je osvanuo 19. vek, nauka je osnovana kao nezavisna i poštovana oblast proučavanja i naučna metoda - zasniva na posmatranju i testiranju - bila je prihvaćena u celom svetu. Naučni metod je nazvan eksperimentalnim metodom, ili metodom nauke. Kao najrasprostranjeniji metod u nauci konačno je zaokružen u XIX veku i nazvan naučni metod (Laudan, 1968).

- **Karl Rejmund Popper** (Karl Raimund Popper, 1902-1994.) smatra da naučne teorije ne nastaju tako što generalizujemo posmatranja očišćena od svake teorije. U stvari, svako naše opažanje je već selektivno, jer uvek neka naša već usvojena teorija određuje koje ćemo činjenice uočiti i pratiti. Nauka ne počinje pukim posmatranjem već problemskom situacijom u kojoj postoji neslaganje između naših očekivanja (teorija) i stvarnosti. Da bi ovu situaciju rešili, mi pomoću naše imaginacije i ukupnih kreativnih moći (koje uključuju sve što znamo o "dobrim" teorijama koje su do sada objašnjavale svet) predlažemo novu teoriju, novu pretpostavku ili hipotezu. Ona može da bude u stanju da bolje objasni uočene činjenice, pa ipak, kao naučnici, mi ne



treba da se zaustavimo kod nje, već smo obavezni da smišljamo dalje eksperimente koji će ispitivati njene posledice i nastojati da je opovrgnu.

- Američki filozof **Tomas Samjuel Kun** (Thomas Samuel Kuhn, 1922-1996.) je u knjizi „Struktura naučnih revolucija“ izneo je tezu da istoriju nauke karakterišu veliki obrati, koje je nazvao "naučne revolucije", u kojima se menja veći deo onoga što naučnici jednog vremena smatraju istinitim. Najpoznatiji primer takve promene je kopernikanska revolucija. Revolucije ne nastaju tako što se jave očigledne činjenice koje protivreče staroj teoriji, koja se onda racionalno odbacuje i zamenuje novom teorijom koju na jednostavan način sugerišu novootkrivene činjenice. Ovaj proces je u stvarnosti iznenadujuće spor, što znači da naučnici najčešće ne mogu racionalno da se odluče između teorija, tako da veština ubedivanja igra veliku ulogu.



Tomas Kuhn

2.3. Karakteristike naučnog metoda

Osnovne karakteristike naučnog metoda su:

Objektivnost saznavanja.

- Stvarnost se proučavava određenim postupcima i na taj način dolazi do istinitog saznanja o njoj;

Upornost i israjnost naučnika, mislioca, istraživača.

- Osobine koje se odnose na ličnost istraživača, bez kojih nije moguće postići egzaktne, validne i trajne rezultate. Istraživač mora biti uporan i istrajan u svojim namerama i naporima koji vode rešavanju problema;

Egzaktnost i proverljivost rezultata.

- Proces i rezulatati naučnog istraživanja moraju biti takvi da se saznanja stiču, uređuju, sistematizuju i izlažu tako da ih bilo ko drugi može proveriti. To podrazumeva da svako ponovo, na isti način i pod istim uslovima istraživanja, može dobiti iste rezultate koje je dobio neki istraživač ranije;

Racionalno – empirijski stav.

- Saznanje proističe iz iskustva istraživača, ali i iskustva ostalih istraživača, te kao takvo ima određeni odnos prema iskustvu istraživača, ali i prema iskustvu društvene zajednice. Naučnik prema iskustvu ili stvarnosti zato mora imati racionalan stav, operacionilizovan kroz racionalan metod koji podrazumeva stalno traženje razloga na putu razuma i uma, za nešto ili protiv nečega;

U nauci se odbija prihvatanje autoriteta kao argumenta.

- Metod pozivanja na autoritet je u stvari metod religija i ideologija. Religija se oslanja na verovanje i to verovanje koje je nužno u vezi sa nekim određenim bićem – Bogom, shvaćenim kao nešto natprirodno, što se ne da objasniti i shvatiti. U nauci takvog verovanja nema, i ako i u nauci može da se nađe na prihvatanje određenih prepostavki „na poverenje“. Ovakvo prihvatanje je privremeno, što treba proveriti i dokazivati;

Naučni metod se ne oslanja na intuiciju.

– Metod intuicije je bio prisutan u ranim fazama naučnog saznanja, tako da se ne može zanemariti kao deo naučnog metoda. Saznavanje se tada oslanjalo na očiglednost ili samoočiglednost. Ovo se pre svega odnosi na Aristotela i njegovu školu, jer sve što bi on uočio, stvarno ili intuitivno, bez dokaza smatralo bi se istinom – naučnim saznanjem, što naravno nije tačno. Kasniji razvoj naučne misli podrazumevao je da se bar neki principi naučnog saznavanja moraju oslanjati na intuiciju. Savremena nauka metod intuicije razmatra kao istorijsku tekovinu u razvoju saznanja. Razvoj kritičkog mišljenja pokazao je da su takozvane samoočiglednosti najčešće rezultat navika iz svakodnevnog života i rezultat vaspitanja. Međutim, kao moment kreativnog stvaralaštva, intuicija ima određenu ulogu u procesu istraživanja;

Kritički stav prema stvarnosti.

– Naučnik mora biti samokritičan prema samom sebi, prema svojim stavovima i istraživanju uopšte. Zbog toga je proces istraživanja stalno podvrgnut sumnji i proveri dobijenih rezultata. Naučni metod podstiče i razvija sumnje u sve što nije dokazano i provereno. Sumnja kao takva je neodvojivi element metoda naučnog saznanja. To je nezaobilazan put naučnog progresa odakle proizlazi gomilanje naučnog saznavanja. Ovo je važna karakteristika naučnog saznanja, što podrazumeva da se saznanja unapređuju iz generacije u generaciju istraživača, što za posledicu ima progresivni rast znanja.

Međutim, sumnja ne treba da preraste u skepticizam ili nihilizam. Skepticizam je jedna krajnost u primeni sumnje, kada se smatra da ništa nije izvesno, da se ništa ne može dokazati i da nijedno saznanje nije sigurno. Još veća krajnost je nihilizam, koji poriče značaj onog što je postignuto, koji negira svako naučno saznanje. Ni skepticizam ni nihilizam, kao filozofske orijentacije, nemaju neke naročite vrednosti u naučnom saznanju, odnosno one nisu kreativne.



Slika 2.3. Posmatranje i prikupljanje informacija o svetu oko nas.

Nauka je praktična. Njena primarna delatnost je otkriće. To je i potraga za informacijama i potraga da se objasni kako se informacije uklapaju zajedno u smislene načine. Nauka traži odgovore na vrlo praktična pitanja.

Nauka se zasniva na posmatranju, odnosno sakupljanju podataka.

Nauka je intelektualna težnja. Zapažanje i prikupljanje podataka nisu krajnji ciljevi. Podaci se moraju analizirati, a koristite se da razumemo svet oko nas.

Naučnici često prave prognoze i testiraju predviđanja koristeći eksperimente. Generalizacije su moćno sredstvo, jer one omogućavaju naučnicima da predviđaju.

Nauka je sistematska. Ona je rigorozna i metodična, zahtevajući da se testiranja ponavljaju tako da se rezultati mogu proveriti.

Dakle, nauka se može posmatrati kao način razmišljanja, ali i kao način rada - proces koji zahteva od naučnika da postavljaju pitanja, formulišu i testiraju hipoteze kroz eksperimentisanje. Ovaj proces je danas poznat kao naučni metod, a njegovi osnovni principi se koriste od strane istraživača u svakoj disciplini.

2.4. Značaj naučnog metoda

Naučni metod pokušava da minimizira uticaj pristrasnosti i predrasuda u eksperimentisanju. Čak i najodgovorniji naučnici ne mogu da pobegnu pristrasnosti, koja proizlazi iz ličnih uverenja, kao i kulturnih verovanja, što znači da svaku informaciju čovek filtrira na osnovu njegovog ličnog iskustva. Nažalost, ovaj proces filtriranja može da dovede da naučnik preferira jedan ishod nad drugim. U naučnoj zajednici, pristrasnost se mora izbeći po svaku cenu.

Naučni metod pruža objektivan, standardizovan pristup sprovođenja eksperimenata i na taj način poboljšava rezultate. Korišćenjem standardizovanih pristupa u svojim istraživanjima, naučnici mogu biti sigurni da se držeći činjenica ograničava uticaj ličnih, unapred stečenih prepostavki. Čak i sa tako rigoroznom metodologijom, neki naučnici još uvek prave greške. Na primer, oni mogu zameniti hipotezu za objašnjenje nekog fenomena, bez vršenja eksperimenata, ili mogu da ignorisu podatke koji ne podržavaju hipotezu.

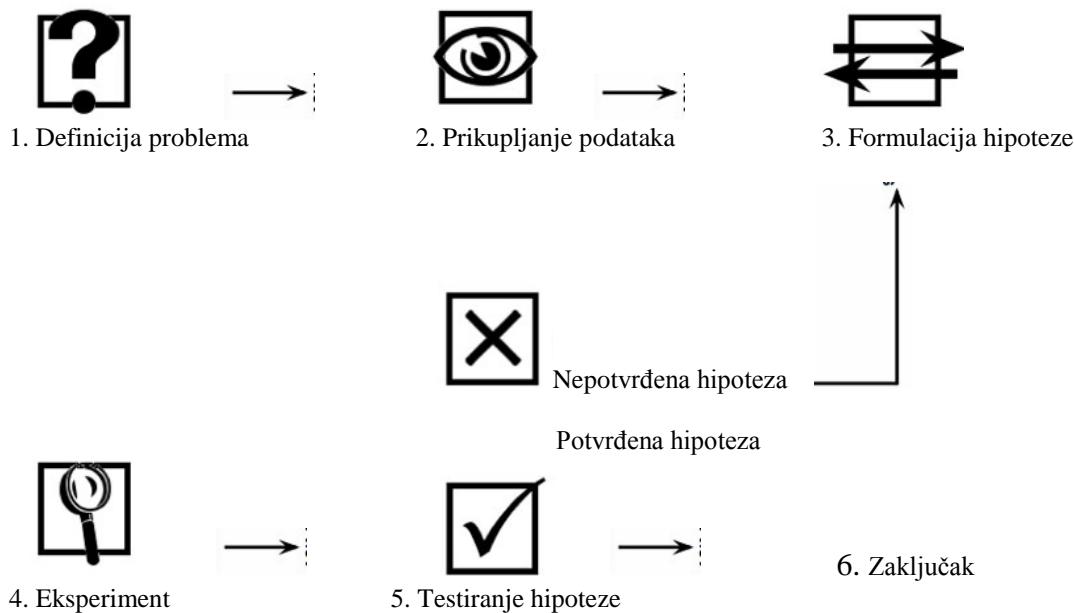
Ograničenja naučnog metoda

Naučni metod je moćna alatka, ali ima svoja ograničenja. Ova ograničenja se zasnivaju na činjenici da hipoteza mora biti dokazana ili opovrgнутa i da se eksperimenti i zapažanja mogu ponavljati. Ovo stavlja neke teme van domaćaja naučnog metoda. Nauka ne može da dokaže ili opovrgne postojanje Boga ili bilo kog drugog natprirodnog entiteta. Jedan od ciljeva nauke je da dokaže da je teorija ispravna, ali i da dokaže da teorija nije ispravna. Kada se to desi, teorija mora biti modifikovana ili potpuno odbačena. Uglavnom, dve konkurenčne teorije ne mogu da postoje u opisivanju jednog fenomena. Ali, ne i u slučaju svetlosti. Mnogi eksperimenti (interferencija, difrakcija i polarizacija) podržavaju ideju da se svetlost ponaša kao talas, odnosno bili su potvrda talasne teorije svetlosti. Drugi eksperimenti, (pravolinijsko prostiranje, odbijanje i prelamanje svetlosti, fotoefekat) međutim, podržavaju ideju da se svetlost ponaša kao čestica. Umesto da se eliminiše jedna teorija i favorizuje druga, fizičari su ponašanje svetlosti opisli kao talasno - čestični dualizam.

2.5. Koraci naučnog metoda

Naučni metod, prema izloženom je značajan metod naučnog saznanja, razvijen tokom evolucije naučnog saznavanja različitih nauka. U suštini, on je kompleksan metod koji podrazumeva određene faze, pretpostavke i uslove da bi mogao da bude uspešan.

Elementi naučnog metoda su razni metodski postupci, odnosno faze, koje za svrhu imaju kreativno stvaranje naučnog saznanja (Zaječarinović, 1974). Naučna metoda se sastoji iz niza logičnih postupaka. Faze naučnog metoda su: definicija problema, prikupljanje podataka, formulacija hipoteze, eksperiment, testiranje hipoteze i zaključak. Uvodeći naučni metod u nastavu učenici usvajaju određen način razmišljanja (postavljanje hipoteza, njihovo eksperimentalno potvrđivanje, donošenje zaključka i rešavanje nastalih problema), koji im olakšava rešavanje problema ne samo u nauci, nego i u svakodnevnom životu (Gaugch, 2003).



1. Definicija problema

Pod definicijom problema podrazumeva se definisanje skupa objekata i njihovih interakcija, kao i merljivih parametara koji opisuju ove objekte i interakcije. Preduslov za ovo je postojanje predznanja. Ovo se najčešće postiže pažljivim posmatranjem, ali i ciljanim eksperimentisanjem. Problem mora biti pitanje iz čijeg odgovora će se naučiti nešto novo o prirodi. Podrazumeva se da na to pitanje niko još ne zna odgovor.

Postavljati naučna pitanja nije teško i ne zahteva znanja naučnika. Ako ste bili radoznali, i ako ste želeli da znate šta je izazvalo da se nešto dogodi, onda ste verovatno već postavili pitanje da pokrenete naučno istraživanje.

2. Prikupljanje podataka

Prikupljanje empirijskih podataka o osobinama i načinu prikazivanja unapred određenog predmeta istraživanja, odnosno o određenoj, ili o svim, osobinama pojave koja se istražuje predstavlja osnovnu komponentu naučnog metoda. Na ovaj način sakupljaju se podaci, koji omogućuju iznalaženje empirijskih zakonitosti u zavisnosti od osobina za koje se pretpostavlja da su relevantne za pojavu koja se istražuje. U slučaju kompleksnih višeparametarskih sistema od posebnog su značaja kvantitativna istraživanja izražena realnim brojevima, u cilju matematičkog opisivanja pojave i utvrđivanja stepena pouzdanosti ili tačnosti, tog istraživanja.

3. Formulacija hipoteze

Formulacija hipoteze je možda najvažniji element naučnog metoda. Analiza prikupljenih podataka proširuje se na još nepoznato i tada se postavlja hipoteza. Pretpostavljanje i utvrđivanje dubljih razloga zbog kojih predmet istraživanja ima dato empirijski utvrđeno ponašanje, podrazumeva pronalaženje zavisnosti njegovih osobina od osobina objekata od kojih je sačinjen ili sa kojima interaguje. Dostizanje ovog nivoa znanja podrazumeva stvaranje misaonih slika o predmetu interesovanja, odnosno hipoteza koje treba da su na osnovu celokupnog ranijeg srodnog iskustva intuitivno prihvatljive.

Hipoteza se često definiše kao obrazovna pretpostavka, proističe od onoga što već znamo o nekoj temi. Generalno, hipoteza se navodi kao "ako ... onda" izjave. Prilikom takvih izjava, naučnici uključuju deduktivno rezonovanje, odnosno od opšteg ka pojedinačnom.

4. Posmatranje (eksperiment)

Aktivno eksperimentisanje sadrži veoma raznovrsne i u svakoj konkretnoj situaciji različite radnje od strane eksperimentatora sa ciljem detaljnog, obično kvantitativnog upoznavanja neke osobine pojave koja se istražuje. U ovoj analitičkoj fazi istraživanja o pojavi koja se istražuje prikupljaju se najobjektivnije informacije. Eksperiment se prvenstveno sastoji u kontrolisanom proučavanju predmeta istraživanja.

Mnogi ljudi misle da je eksperiment nešto što se odvija u laboratoriji. Iako ovo može biti istina, eksperimenti ne moraju da uključuju laboratorije. Eksperimenti moraju da se podese tako da se testiraju određene hipoteze i oni moraju biti kontrolisani. Kontrolisanje eksperimenta podrazumeva kontrolu svih promenljivih tako da se samo jedna promenljiva proučava. Nezavisna promenljiva je ona koja je kontrolisana i manipulisana od strane eksperimentatora, a zavisna promenljiva nije, odnosno promene nezavisne promenljive određuje eksperimentator, i meri varijacije zavisne promenljive. Kontrolisanje eksperimenta takođe znači da ga podesite tako da ima kontrolnu grupu i eksperimentalnu grupu. Kontrolna grupa omogućava da eksperimentator uporedi svoje rezultate eksperimenta sa osnovnim merenjima tako da on može biti siguran da ovi rezultati nisu posledica slučajnosti.



Slika 2.4. Naučnik posmatra komtrolnu grupu i eksperimentalnu grupu uzoraka

Posmatranjem ili eksperimentom hipoteza se može potvrditi ili osporiti. Ako se potvrdi onda raste i verovatnoća da smo na pravom putu u pronalaženju odgovora, a ako je eksperiment ospori, vraćamo se nazad i postavljamo novu hipotezu.

5. Testiranje hipoteze

Proveravanje hipoteza kao i njihovo usavršavanje u smislu povećanja tačnosti opisa je stalna aktivnost koja čini srž naučnog metoda. Ovo je analitičko – sintetička faza istraživanja u kojoj se pored objektivnosti može pojaviti i doza subjektivnosti. Da bi hipoteze bile validne moraju da zadovoljavaju opšte principe čije je važenje zahtevano od strane celokupnog ranijeg iskustva ili matematičkim i logičkim argumentima. Pri formulisanju hipoteza i teorija korisno je biti svestan činjenice da nijedna pojava u prirodi ni pod kakvim uslovima ne može da naruši nijednu opštu pravilnost utvrđenu u okvirima fizike. Sve što nije zabranjeno ovim zakonima, ima konačnu nenultu verovatnoću događanja. Dakle, posmatranjem ili eksperimentom, hipoteza se može potvrditi ili osporiti. Ako se potvrdi onda raste i verovatnoća da smo na pravom putu u pronalaženju odgovora, a ako je eksperiment ospori, vraćamo se nazad i postavljamo novu hipotezu. Analizom rezultata eksperimenta testira se valjanost hipoteze.

6. Zaključak

Na osnovu jedne ili više potvrđenih hipoteza izvlači se zaključak o postavljenom pitanju, koji kasnije može da posluži za formulisanje nove teorije. Teorija je hipoteza koja je preživela niz provera. Najviši nivo predstavlja matematička formulacija ispitivane pojave. Teorije mogu biti čisto kvalitativne (kakva je teorija evolucije) i kvantitativne (pojave se objašnjavaju u matematičkoj formi)

Naučni metod ovako prikazan, možda izgleda apstraktno, ali da nije tako možemo da se uverimo na jednostavnim primerima iz svakodnevnog života (Gower, 1997).

2.6. Primena naučnog metoda

Naučni metod je idealizovana metodologija. Naučnici ne sede sa listom od pet koraka, osećajući da su u obavezi da je prate. U stvari, proces je veoma fluidan i otvoren za

interpretacije i modifikacije. Jedan naučnik može provesti veliki deo svoje karijere u fazi posmatranja, ili u projektovanju i pokretanju eksperimenata. Darwin je proveo skoro 20 godina, analizirajući prikupljene podatke, pre nego što je formirao teoriju. Pa ipak, niko ne bi rekao da je njegova teorija prirodne selekcije manje vredna ili manje naučna, jer nije strogo pratio pet koraka.



Slika 2.5. Rešavanje problema primenom naučnog metoda.

Takođe bi bilo prikladno ponovo spomenuti da ovaj metod nije rezervisan samo za visoko obučene naučnike - svako ko pokušava da reši problem može da ga koristi. Dakle, naučna metoda se svodi na postavljanje hipoteza i na njihovo eksperimentalno potvrđivanje, ili osporavanje.

2.7. Naučni metod u nastavi fizike

U nastavi, kao i u nauci, potrebno je sprovesti odgovarajuće specifično istraživanje i napraviti otkriće da bi se došlo do opštег principa. Rezultate svojih istraživanja naučnik izlaže posredstvom sadržinskih apstrakcija, generalizacija i teorijskih pojmoveva. Prema shvatanju predstavnika razvijajuće nastave, učenik pristupajući nekom nastavnom sadržaju treba da uz pomoć nastavnika analizira taj sadržaj sa ciljem da otkrije u njemu neki ishodišni, opšti odnos koji se pojavljuje u drugim delovima (slučajevima) sadržaja određenog nastavnog predmeta. Kada taj opšti odnos fiksira u nekoj znakovnoj formi on time obavlja sadržinsku apstrakciju proučavanog sadržaja. Nastavljajući dalje analizu, učenik će otkriti zakonitu povezanost otkrivenog opštег odnosa sa njegovim različitim manifestacijama u gradivu. Na taj način učenik će kao i naučnik pored sadržinske apstrakcije obaviti i sadržinsku generalizaciju (Davvidov, 1996).

Naučni metod u širem smislu omogućava učenicima da u daljem životu „koračaju sigurnijim koracima“, ali i da analizirajući svaki korak ili plan, postaje moguće anticipirati budućnost i pripremiti se za nju unapred. Usvajanje naučnog metoda od strane

učenika za krajnji ishod ima naučno opismenjavanje populacije. Takođe podrazumeva detaljnu reformu obrazovnog sistema u oblasti sadržaja, broja novousvojenih pojmoveva u smislu „manje je više“, kao i organizacije vremena, kako pojedinih predmeta – časova, tako i boravka u školi, kao i vremenskog trajanja obrazovnih ciklusa, od predškolskog do fakultetskog obrazovanja (Lederman, 1998).

Različita istraživanja krajem XX veka pokazala su da učenici na kraju osnovnog i srednjeg obrazovanja nemaju pozitivnu sliku o nauci, kao i da nisu dovoljno uspešni u rešavanju postavljenih naučnih problema. U cilju prevazilaženja ovakve situacije američki nobelovac Lederman (Leon M. Lederman, 1922 – ...) prvi započinje sa inicijativom uvođenja naučnog metoda, kao i jednostavnih eksperimenata („Hands on“) u svakodnevnu školsku praksu. On je jedan od najaktivnijih učesnika pokreta „Physics first“, koji se zalaže da u prvoj godini srednjeg obrazovanja, u američkim školama, fizika bude zastupljena od ostalih prirodnih nauka (biologije i hemije). Uz konsultacije sa Ledermanom, pod pokroviteljstvom Akademije nauka, nobelovac Žorž Šarpak (Georges Charpak, 1924 – 2010.), promoviše u Francuskoj ideju o uvođenju naučno – istraživačkog pristupa u osnovne škole, pod nazivom „La main à la pâte“ 1996. godine. Francuska ekspertiza kao i pozitivno iskustvo učinili su da se projekat prihvati i u drugim zemljama širom sveta: Nemačkoj, Argentini, Belgiji, Kambodži, Kamerunu, Čileu, Kolumbiji, Senegalu, Slovačkoj, Švedskoj, Švajcarskoj, Tunisu, Vijetnamu, Kini, Brazilu... (Ofre, 2004). Saradnja se proširuje i na: Avgansitan, Alžir, SAD, Haiti, Iran, Luksemburg, Madagaskar, Meksiko, Peru, Filipine, Togo. Pod nazivom „Ruka u testu“ ovaj projekat u Srbiji pokreće 2001. godine dr Stevan Jokić, naučni savetnik iz Instituta za nuklearne nauke u Vinči (Obadović, 2011).

Uvođenje naučnog metoda u svakodnevnu školsku praksu stavlja u prvi plan sticanje znanja kroz istraživanje, eksperiment, postavljanje pitanja i diskusiju, nasuprot tradicionalnog učenja suvopranih iskaza, koje samo treba memorisati. Osnovni moto je uči radeći – uči grešeći, ispravljavajući greške uz pomoć nastavnika bez sankcija u prvom koraku, piši i prikaži tekst drugima, kroz diskusiju izloži svoje mišljenje, ali i prihvati tuđe uz argumente.

Naučni metod u nastavi se zasniva na sledećim principima:

1. Učenik posmatra predmete i fenomene iz realnog sveta i eksperimentiše na njima.
2. Tokom istraživanja učenik razmisla i dokazuje, diskutuje dobijene rezultate i sa drugim učenicima razmenjuje iskustva.
3. Nastavnik je posrednik između nauke i učenika, i vodi aktivnost tako da se ostvaruje napredak u izučavanju. Pomaže pri formulaciji zaključaka i stavlja ih u kontekst naučnih znanja.
4. Aktivnosti se organizuju u više nastavnih jedinica u sklopu nastavne teme, učenicima se ostavlja velika autonomija i dovoljno vremena za stabilizaciju stečenih znanja.
5. Učenik ima svesku za eksperimentalni rad koja mu omogućava uvid u postignute rezultate i napredak.
6. Osnovni cilj je postepeno usvajanje naučnih koncepata i eksperimentalne tehnike, te konsolidacija pismenog i usmenog izražavanja.
7. Omogućuje se porodicu i lokalnoj zajednici da prate rad učenika.

8. Univerziteti i naučni instituti podržavaju uvođenje naučnog metoda u nastavu te otvaraju laboratorije za učenike i nastavnicima pomažu prilikom rešavanja konkretnih problema u realizaciji nastave.

Uloga nastavnika je znatno promenjena, on predlaže situacije koje omogućuju učeniku da istražuje, ponekad polazeći i od pitanja koje je postavio učenik. On usmerava učenike umesto da radi umesto njih. Od posebnog značaja je ne sankcionisati greške koje učenik pravi na samom početku ili tokom istraživanja. Greška se ne smatra pogreškom, ona je obavezna i inherentna je procesu učenja. Reč je o prelazu od običnog na naučno mišljenje. Učenik postaje svestan razlike između svoje koncepcije i neke druge, koja je znatno valjanija, a na taj način se omogućuje bolje ovladavanje naučnim koncepcijama koje je potrebno usvojiti.

Nastavnik je posrednik između nauke i učenika i isto tako i komunikacije između samih učenika. On daje informacije, favorizujući naučni metod, insistirajući na značaju i ulozi eksperimenta. Nastavnik predlaže načine istraživanja postavljajući pitanja, vodi aktivnosti vezane za pisanje tekstova, stvara uslove za konstruktivna razmišljanja i konfrontaciju stavova učenika, realizaciju eksperimenta i formiranje zaključka. U slučaju da učenik postavi pitanje na koje nastavnik ne može odmah da odgovori, on postaje deo tima sa učenicima, pri čemu zajednički rešavaju problem.

Naučno obrazovanje podrazumeva razumevanje načina uspostavljanja naučnog saznanja, odnosno neophodnost neprekidnog postavljanja pitanja. Učenici treba da nauče da postavljaju pitanja, a njihove aktivnosti treba da su organizovane tako da mogu da predlože smislen odgovor. Jedan od veoma bitnih elemenata je ohrabriti učenike da razmišljaju o nečem što već znaju i primene ova znanja u novim situacijama. Kada se primeni u rešavanju svakodnevnih problemskih situacija, stečeno znanje tada postaje korisno, odnosno svrshodno. Najčešći koraci u realizaciji naučnog metoda u svakodnevnoj školskoj praksi su: posmatranje, prikupljanje podataka, hipoteza, eksperiment, objašnjenje rezultata, zaključak, što rezultuje usvajanjem novih pojmovima.

Da li fokusiranje na korake naučne metode doprinosi ili skreće pažnju učenika u naučnom istraživanju? Cilj ponavljanja koraka naučne metode je u suprotnosti sa ciljem generisanja ideja. Učenici treba da tretiraju istraživanje ne kao elemente liste koje treba da „čekiraju“, već kao ideje koje treba da objasne, prodiskutuju, i poboljšaju. Na individualnom i/ili grupnom nivou, pažnja nastavnika na pravilnost korišćenja koraka naučne metode, od strane učenika, odvlači pažnju od stvarnih produktivnih aspekata naučnog istraživanja. Levin, Hammer i Coffey (2009) tvrde da je fokus nastavnika najverovatnije rezultat ne samo njihovih ličnih uverenja, već (uglavnom) istorijski određenog načina na koji su naučno istraživanje i naučna metoda ugrađeni u lokalne obrazovne sisteme.

Većina kritika formalne „naučne metode“ fokusira se na neadekvatnost uređenih koraka kao opisa naučne prakse ili kao uputstva za učenje (Conant, 1951; Hodson, 1996; Lederman, 1998; Windschitl, 2004; Wink, 2005). Kako učenici i nastavnici doživljavaju

„naučnu metodu“ u učionici i kako fokus na naučnu metodu može da utiče na stvarno praktično naučno ispitivanje od strane učenika?

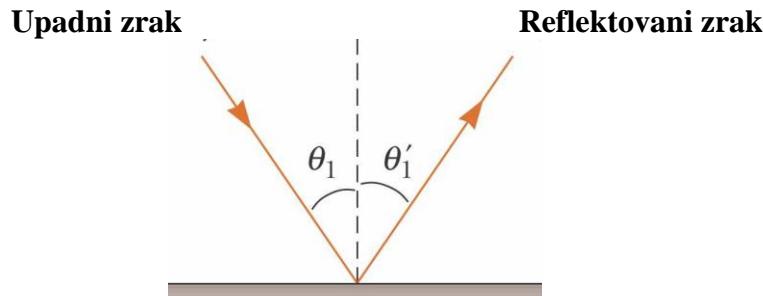
- Naučna metoda, kada se posmatra kao skup krutih koraka, ne samo da ne doprinosi puno istraživanjima, već može i da odvrati pažnju učenicima i nastavnicima od produktivnog naučnog istraživanja.
- Kada učenici traže odgovor na stvarna naučna pitanja, hipoteze i testovi koje osmisle mogu doprineti njihovim istraživanjima uprkos tome što ne prate zahteve formalne naučne metode.

Učenje naučne metode i animiranje učenika da se bave naučnim istraživanjima mogu zapravo biti dva razdvojena obrazovna cilja koji su u suprotnosti. Postulirano je da produktivan pristup predavanju naučnog istraživanja ne treba da počne tako što se učenicima prvo predstavljaju koraci van konteksta. Čak i sofisticirаниji oblici naučne prakse (National Research Council, 2007) rizikuju da veštački umanjuje vrednost istraživanja i naučno rezonovanje učenika, ako se unapred postave kao mapa koju to rezonovanje mora da prati; učenici koji vrše istraživanje mogu se onda fokusirati na praćenje te mape, umesto razmišljanja o tome kako da stignu do svog cilja. Nastavnici umesto toga trebaju da započnu primećivanjem i unapređivanjem produktivnih sposobnosti istraživanja kod učenika. Predavanje naučne metode može eventualno da pomogne učenicima da identifikuju korake.

3. Fizičke osnove refleksije svetlosti i konstrukcije lika kod ravnih ogledala

3.1. Zakon odbijanja svetlosti

Kada svetlost nađe na graničnu površinu između dve providne, optički homogene sredine, menja pravac kretanja, odnosno jednim delom se odbije (reflektuje), a drugim delom prelama.



Slika 3.1. Odbijanje svetlosnog zraka od ravne površine

Na slici 3.1. prikazano je odbijanje svetlosti gde je: θ_1 - ugao koji gradi upadni zrak sa normalom; θ'_1 - ugao koji gradi reflektovani zrak sa normalom. Normala je linija normalna na površinu (u tački gde upadni zrak pada na površinu), a ugao refleksije jednak je upadnom uglu : $\theta'_1 = \theta_1$.

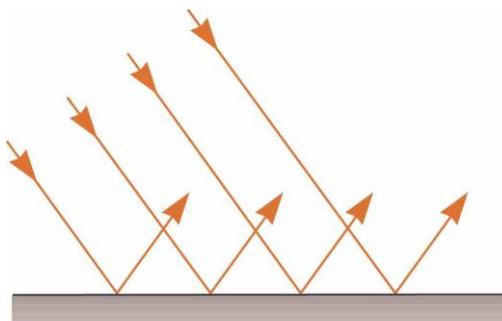
Zakon refleksije (odbijanja) svetlosti glasi:

“Upadni ugao je jednak odbojnom uglu. Ulagni zrak, normala i reflektovani zrak nalaze se u istoj ravni”.

Ogledalska i difuzna refleksija

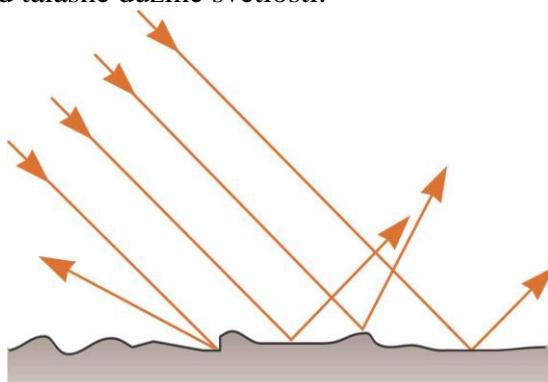
Svetlost se odbija od svakog tela. Ako se snop svetlosti odbija od ravne glatke površine onda dolazi do usmerenog odbijanja, a ako je površina neravna, zraci se odbijaju u različitim pravcima. Tako da imamo dve vrste refleksije, u zavisnosti da li se snop svetlosti odbija od ravne glatke površine - *ogledalska refleksija*, ili se odbija od neravne površine- *difuzna refleksija*.

Ogledalska refleksija je refleksija od glatke površine. Odbijeni zraci su paralelni jedan sa drugim (Slika 3.2.).



Slika 3.2. Ogledalska refleksija

Difuzna refleksija je refleksija od hrapave površine (Slika 3.3.). Odbijeni zraci šire se u različitim smerovima. Površina se ponaša kao glatka površina sve dok su varijacije površine puno manje od talasne dužine svetlosti.



Slika 3.3. Difuzna refleksija

Dokle god možemo nacrtati normalu na površinu i u tački preseka sa površinom obeležiti dolazeći svetlosni zrak, mi možemo izmeriti upadni ugao i odrediti pravac odbojnog zraka. Svaki zrak se odbija po pravilu zakona refleksije.

Primena ogledalske i difuzne refleksije.

Mnogo je teže noću voziti automobil po vlažnom, nego po suvom putu. Na suvom autoputu svetlost će se difuzno reflektovati – u svim pravcima, ali ako je autoput vlažan, voda će se uvući u sve pukotine i na taj način površina više nije hrapava nego postaje glatka. Zraci svetala nailazećih automobila se odbijaju na glatkoj površini autoputa, i vozač zapaža dosadni odsjaj, koji je izazvan ogledalskom refleksijom svetala automobila na vlažnom putu.



Slika 3.4. Fotografija planine Moran, Grand Teton National Park, Wyoming - Becky Henderson

Većina ljudi su bili lični svedoci fotografije predivne prirode, koja se reflektuje na mirnoj površini vode. Voda (ako je mirna) predstavlja glatku površinu i na njoj se svetlosni zraci ogledalski reflektuju od predmeta do fotografa. Svetlosni zraci zajedno putuju kao snop u objektiv fotoaparata i stvaraju sliku (identičnu) kao i predmet (Slika 3.4.).

Možda ste primetili da postoje časopisi sa glatkim stranicama. Uobičajene hrapave površine papira (koje se uočavaju mikroskopski), su popunjene sjajnom supstancom pa list papira izgleda sjajan i gladak. Mislite, da li bi bilo lakše čitati sa grubih, hrapavih stranica ili sjajnih stranica ? Objasnite odgovor (Slika 3.5.).

Mnogo je lakše čitati sa hrapavog papira koji difuzno reflektuje svetlosne zrake nego sa sjajnog koji ogledalski reflektuje. Prilikom čitanja sjajnih, glatkih stranica čitalac obično vidi sliku sijalice koja osvetljava stranicu. Pa kad razmislimo, većina časopisa koristi sjajne stranice prezentujući na njima slike za gledanje bez tekstova za čitanje.

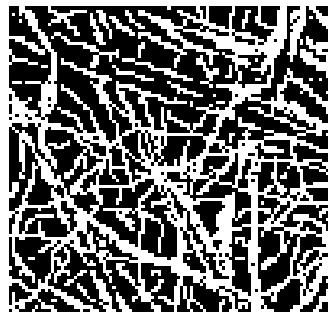


a)



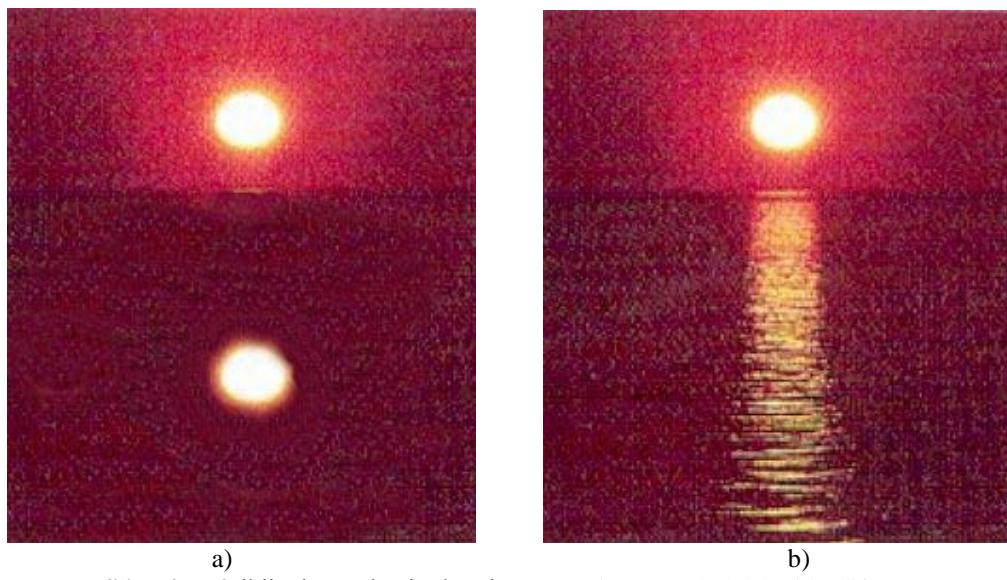
b)

Slika 3.5. Časopis sa: a) glatkom i b) hrapavom stranicom



Slika 3.6. Uvećana mikroskopska slika papira.

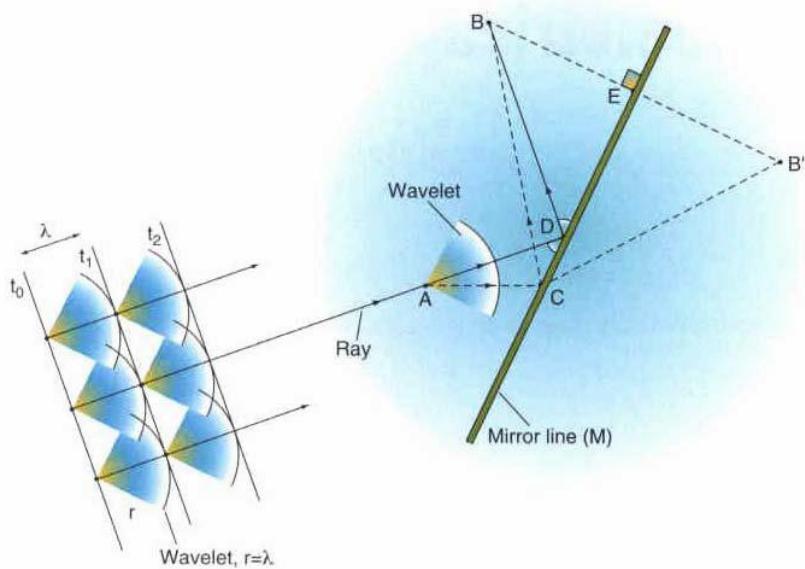
Na slici 3.9. prikazano je odbijanje svetlosti na mirnoj vodenoj površini i na vodenoj površini sa talasima.



Slika 3.7. Odbijanje svetlosti od vodene površine: a) ogledalsko i b) difuzno

Fermatov princip i zakon refleksije

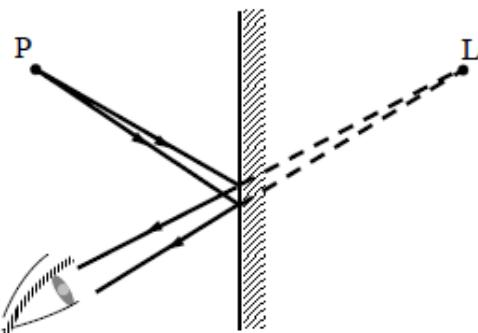
Po Fermatovom principu svetlost se prostire tako da rastojanje između dve tačke pređe putem za koji je potrebno minimalno vreme. Zakon odbijanja svetlosti se lako može dokazati pomoću Fermatovog principa. Pretpostavimo (Slika 3.8.) da se svetlost od tačke A do tačke B može odbiti po dve putanje: ADB kada je upadni ugao jednak odbojnog i ACB kada upadni i odbojni uglovi nisu jednaki. Dužina puta u prvom slučaju je $AD+DB$, a u drugom slučaju $AC+CB$. Ako se nacrtava simetrična tačka B' u odnosu na B dobija se da je dužina puta u prvom slučaju prava ADB' , a u drugom slučaju izlomljena linija ACB' . Kako je prava linija između dve tačke uvek kraći put u odnosu na krivu liniju između iste dve tačke, a pošto se svetlost prostire u homogenoj sredini istog indeksa prelamanja (ista brzina prostiranja), po Fermatovom principu, samo u prvom slučaju svetlost će preći put od tačke A do tačke B za najkraće vreme.



Slika 3.8. Put koji svetlost prelazi za nakraće vreme

3.2. Ravno ogledalo

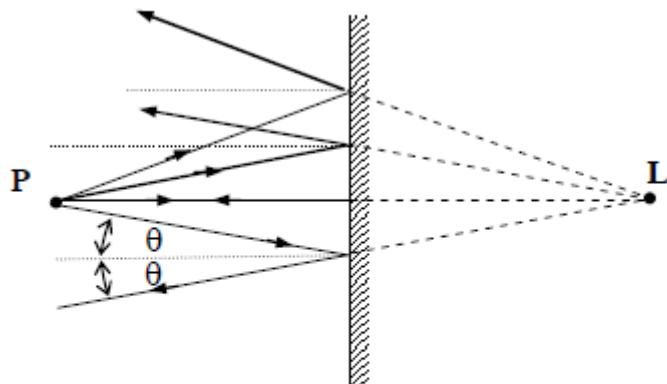
Ravno ogledalo predstavlja ravnu uglačanu reflektujuću površinu. Svetlosni zraci koji padaju na ravno ogledalo odbijaju se prema zakonu odbijanja. Kada čovek stoji ispred ravnog ogledala on vidi neki predmet u ogledalu tako što se svetlosni zraci koji dolaze sa tog predmeta, odbijaju od ogledala i dospevaju u oko kako je prikazano na slici 3.9.



Slika 3.9. Posmatranje svetlog predmeta pomoću ravnog ogledala

Ljudsko oko viđenje predmeta bazira na pravolinijskom prostiranju zraka od predmeta, odnosno, ljudsko oko formira lik predmeta na osnovu pravolinijskih zraka koji dospevaju u njega. Kada su zraci koji se odbiju od nekog predmeta iz bilo kog razloga skrenuli pre nego što su dospeli u ljudsko oko, ono na osnovu ove navike da "vidi" taj predmet u pravolinijskom produžetku prispelih zraka, vidi predmet na mestu koje odstupa od njegovog stvarnog položaja.

Ljudsko oko formira lik na osnovu zraka koji su prikazani na slici 3.10. koji polaze od svetle tačke P, koji se odbijaju od ogledala i dospevaju u oko posmatrača. Lik svetle tačke se formira u pravolinijskom produžetku prispehlih zraka u tački L koja je sa druge strane ogledala.

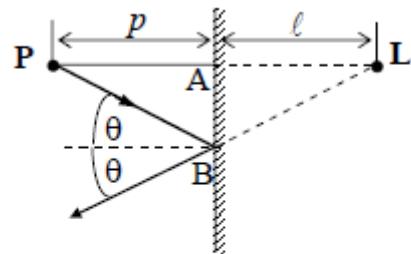


Slika 3.10. Formiranje lika tačkastog svetlog predmeta pomoću ravnog ogledala

Tačka L predstavlja lik tačkastog svetlog predmeta P i pošto se nalazi u preseku produžetaka realnih divergentnih zraka lik je virtualan ili imaginaran.

Ravna ogledala stvaraju virtualnu sliku, koja je smeštena "iza" ogledala a u koju svetlosni zraci zapravo i ne dopiru.

Da bi odredili rastojanje lika od ogledala posmatraćemo samo dva zraka, jedan koji pada normalno na ravno ogledalo i drugi koji pada pod uglom θ , kako je prikazano na slici 3.11.

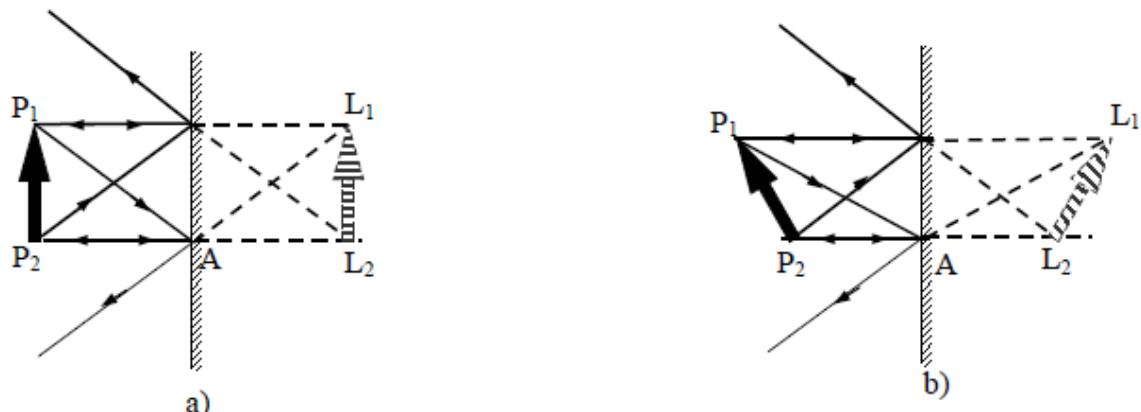


Slika 3.11. Određivanje rastojanja lika od ravnog ogledala

Rastojanje svetlog predmeta od ogledala je obeleženo sa p , rastojanje lika od ogledala sa l . Posmatraćemo trouglove ΔPAB i ΔLAB . Oni su pravougli, imaju jednu zajedničku stranicu i tri jednakih ugla, pa su jednakim. Na osnovu ovoga sledi da je dužina PA jednaka dužini LA. Prema pravilima koja važe za određivanje algebarskih vrednosti rastojanja predmeta i likova i ostalih karakterističnih dužina i rastojanja u geometrijskoj optici, rastojanja imaginarnih odnosno virtualnih likova imaju negativnu algebarsku vrednost. Kako je lik u slučaju ravnog ogledala imaginaran, on prema usvojenom pravilu ima negativnu vrednost, pa je: $p = l$ ili $p = -l$.

Lik se nalazi na istom rastojanju od ravnog ogledala kao i predmet, ali sa suprotne strane ogledala.

Ako želimo da odredimo položaj lika nekog predmeta konačnih dimenzija, takav predmet možemo smatrati skupom svetlih tačaka. Određivanje lika se svodi na nalaženje likova karakterističnih tačaka premeta kako je prikazano na slici 3.12.

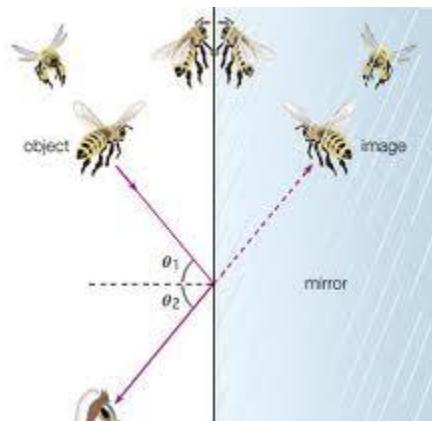


Slika 3.12. Formiranje lika predmeta konačnih dimenzija pomoću ravnog ogledala

Kako se sa slike 3.12.a) vidi, lik uspravnog predmeta kod ravnog ogledala je uspravan i imaginaran.

Iz jednakosti troglova ΔP_1P_2A i ΔL_1L_2A sledi da je $L_1L_2 = P_1P_2$ tj da je veličina lika jednaka veličini predmeta.

Dimenziije slike su iste kao i dimenzije predmeta i na istom rastojanju kao i predmet. Primer obrazovanja likova u ravnim ogledalima dat je na slici 3.13 i 3.14.



Slika 3.13. Likovi pčela u ravnom ogledalu



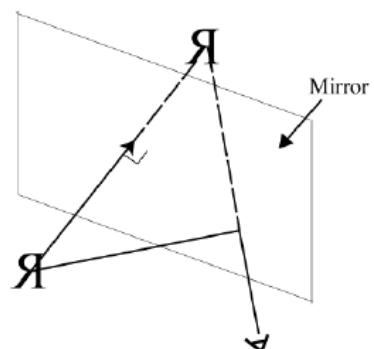
Slika 3.14. Slika sveće u ravnom ogledalu

Ako se gledate u ravnom ogledalu i podignite desnu ruku, na slici u ogledalu će izgledati kao da ste podigli svoju levu ruku. Ovo se naziva obrtanje levo – desno.



Slika 3.15. Formiranje lika šake u ravnom ogledalu

Ova karakteristika postaje još uočljivija ako nosite majicu sa natpisom. Na primer, ako je na majici natpis „NIKE” u ogledalu ćemo čitati „EKIN”, a ako piše „BOB” u ogledalu ćemo čitati „BOB”. U prvom slučaju menja se redosled slova i slova su obrnuta. Na slici 3.16. dat je primer slova R.



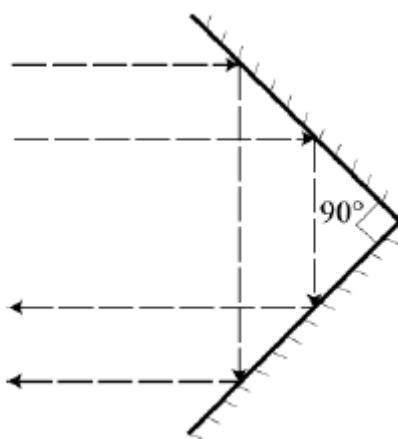
Slika 3.16. Obrazovanje imaginarne slike slova R u ogledalu

Da bi videli jasno obrtanje levo – desno dobar je izabrati slova : F, R, P, J,Slova: X, H, I, M, O, U su simetrična te se u ogledalu, kao u slučaju reči “BOB” obrtanje slova ne dogadja.

Slike formirane ravnim ogledalom su virtuelne (imaginarne), uspravne, levo – desno obrnute, na istoj udaljenosti od ogledala kao ipredmet ispred ogledala, i iste veličine kao predmet.

Višeogledalski optički sistemi

Optički sistem dva ravna ogledala spojena pod pravim uglom:



Slika 3.17. Odbijanje zraka od ravnih ogledala koja stoje pod pravim uglom

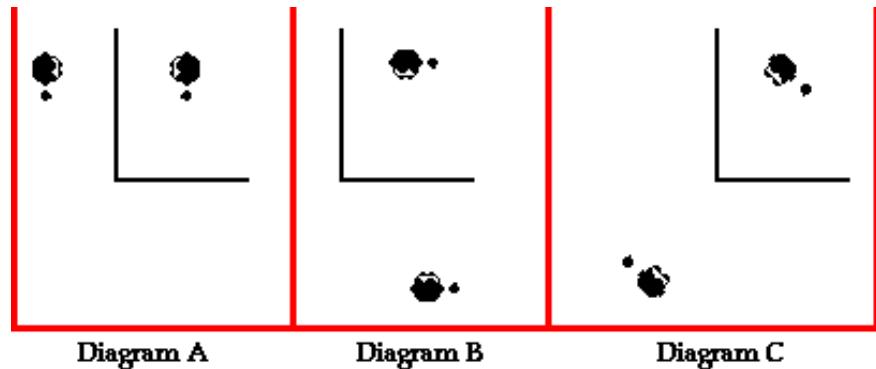
Optički sistem koji se sastoji od dva ogledala spojena pod pravim uglom, formira tri slike. Interesantno je da se na jednom ogledalu se formira jedna slika, na drugom ogledalu se formira druga slika, ali kad ih stavimo pod pravim uglom, ima tri slike. Zašto postoji treća slika i kako ćemo je izdvojiti?

Formiranje tri lika sveće koja se nalazi ispred dva ravna ogledala koja su pod pravim uglom prikazano je na slici 3.18. Dijagram A i dijagram B pokazuju sliku kada se gledate u jednom (A) ili kada ste licem okrenuti ka drugom ogledalu i vidite svoju sliku u njemu (B) (Slika 3.19.). Na ovim slikama je prikazano obrtanje levo – desno. Ove dve slike se nazivaju primarne slike. Dijagram C pokazuje sliku u sredini, naziva se sekundarna slika. Kod sekundarne slike nema obrtanja levo – desno. Zašto je drugačije?

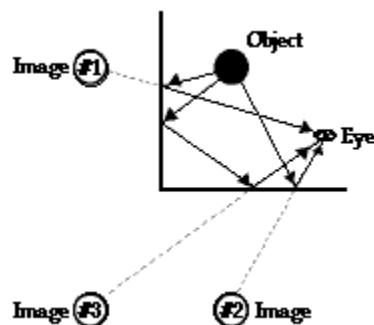
Za odgovor na ta pitanja, moramo objasniti položaje za sve tri slike predmeta i nacrtati svetlosne dijagrame za svaku od njih (Slika 3.20.). Dve primarne slike (slika #1 i #2) vidimo kao rezultat refleksije svetlosti na prvom (slika #1) ili drugom ogledalu (slika #2). Međutim, sekundarna slika (slika #3) se vidi kao rezultat dvostrukе refleksije. Jednom refleksijom zarotira se referentni ugao gledanja za 180° , što dovodi do pojave obrtanja levo-desno. Dvostruka refleksija vraća nas na početni referentni ugao gledanja i nastala slika nije obrnuta levo-desno.



Slika 3.18. Formiranje tri lika sveće koja se nalazi ispred dva ravna ogledala koja su pod pravim uglom.



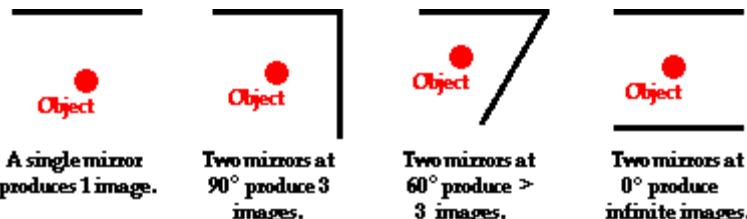
Slika 3.19. Šematski prikaz obrazovanja likova u slučaju dva ravna ogledala koja su pod pravim uglom



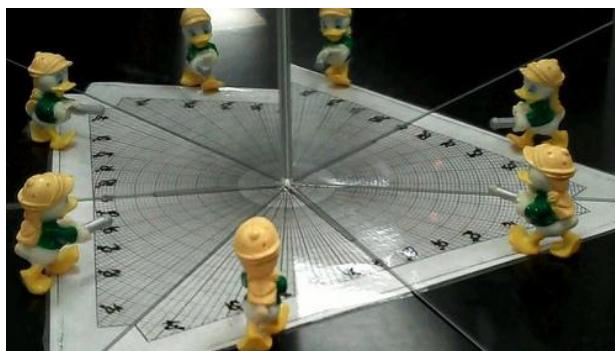
Slika 3.20. Položaj i formiranje slika u slučaju dva ravna ogledala koja su pod pravim uglom

Drugi višeogledalski optički sistemi:

Ako smanjujemo ugao između dva ravna ogledala koja su spojena pod pravim uglom, možemo da zapazimo interesantnu stvar koja je prikazana na slici 3.21. Jedno ogledalo obrazuje jednu sliku ; dva ogledala pod pravim uglom obrazuju tri slike ; dva ogledala pod uglom od 60° obrazuju pet slika ; dva paralelna ogledala obrazuju beskonačan broj slika. Kako se smanjuje ugao između dva ogledala, broj slika predmeta u ogledalu se povećava. Odnosno kada je ugao između dva ravna ogledala 0° , broj slika je beskonačan.

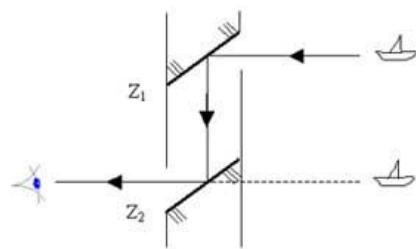


Slika 3.21. Smanjivanjem ugla, koji zaklapaju dva ravna ogledala, povećava se broj slika.



Slika 3.22. Dva ravna ogledala koja su spojena pod uglom od 50° , obrazuju šest različitih slika predmeta.

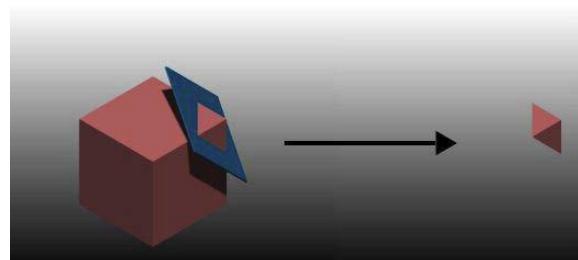
Kada se jedan predmet nalazi između dva ogledala koja između sebe zatvaraju neki ugao, u ogledalima ćemo videti onoliko slika toga predmeta koliko se puta ugao, što ga ogledala zatvaraju, sadrži u 360° , pa minus 1. Na primer, ako ogledala zaklapaju ugao od 45° , u ogledalu će biti sedam slika, jer je $360:45 = 8$; $8-1=7$. U podmornicama se koriste periskopi, optički uređaji sa ravnim ogledalima (Slika 3.23.). Svetlost se odbija od ogledala Z_1 , pada na ogledalo Z_2 , a od njega se odbija u oko posmatrača.



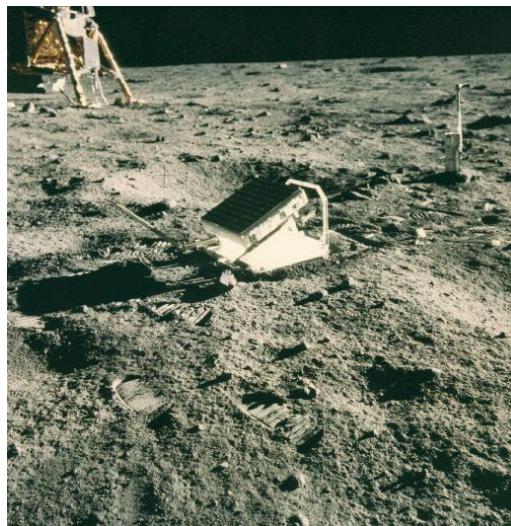
Slika 3.23. Dva paralelna ogledala formiraju periskop

Optički sistem tri ravna, međusobno normalna ogledala:

Sistem od tri ravna, međusobno normalna ogledala, nezavisno od pravca upadnog zraka skreće zrak za 180° , odnosno reflektuje ga u pravcu svetlosnog izvora. Ovakva ogledala su bila postavljena na Mesecu i omogućila da se preko vremena potrebnog za povratak reflektovanog laserskog impulsa veoma tačno odredi rastojanje između Zemlje i Meseca.(Slika 3.25.)



Slika 3.24. Formiranje tri međusobno normalne površine odsecanjem dela kocke.



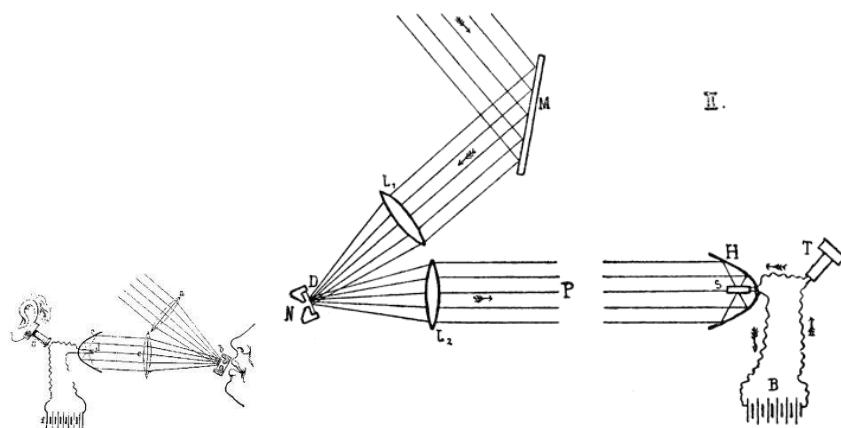
Slika 3.25. Apollo 11 Lunar Retroreflector; trostrana staklena prizma na Mesecu!!!!

3.3. Zanimljivosti

Svetlosni prenos vesti - Belov fotofon

1880. godine, je Američki naučnik A.G. Bell, inače dobro poznat po otkriću telefona, konstruisao svoj „svetlosni telefon“ koji je nazvao – fotofon. (Maričić A, 1980/1981) Belov telefon kao izvor svetlosti koristi Sunčeve zrake koji se reflektuju od malog ogledala, i usmeravaju na membranu koja vibrira u ritmu čovečijeg glasa. (Slika 3.26.) Reflektovani snop svetlosti se preko sočiva usmerava na parabolični reflektor u čijoj žiži

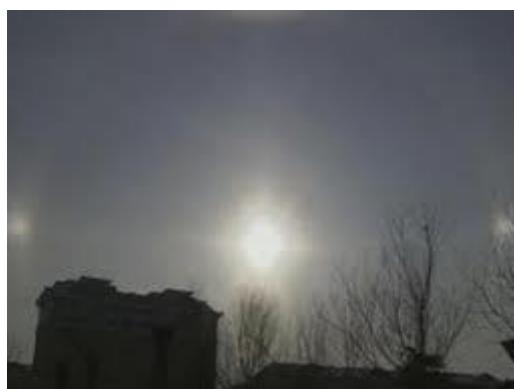
se nalazi selenska ćelija. Ova ćelija menja svoju otpornost u zavisnosti od intenziteta svetlosti. Promena otpornosti ćelije izaziva pojavu pulzirajuće struje u kolu slušalica. Na kraju pulzirajuća struja izaziva vibracije membrane koje su verna replika čovečijeg glasa. (Bel je uspeo da prenese čovečiji glas na više od 200 m udaljenosti)



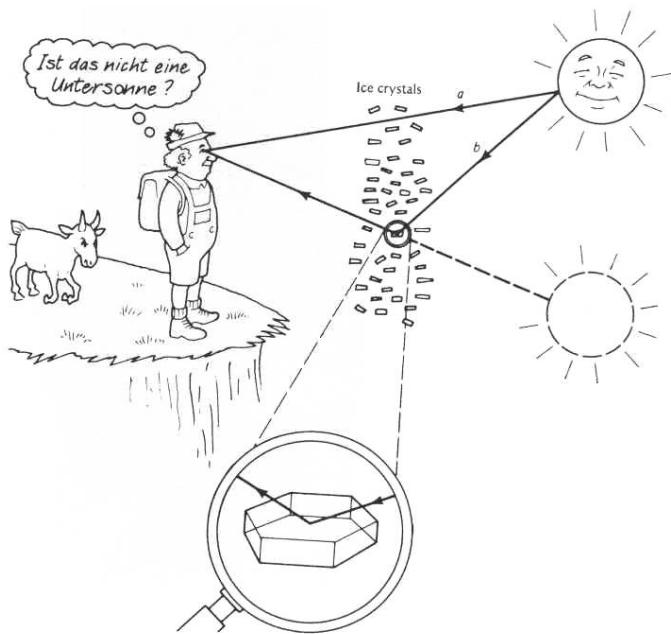
Slika 3.26. Belov fotofon

Nekad zagonetke a danas već lake odgonetke

Neobične optičke pojave ponekad nastaju u atmosferi oko nas. (Senčanski T., 1996/1997) Njihovo objašnjenje je danas jednostavno, a za ljude ranijeg vremena nije bilo tako. 639. i 1492. godine u Rimu, na nebu su se pojavila tri Sunca, ista pojava se videla 10.1.2011. godine na području severoistočne Kine. (Slika 3.27.). U Engleskoj 1118. godine na nebu su se videla dva puna Meseca. Sve ove pojave su se dešavale usled odbijanja svetlosti od oblaka. Postoji vrsta oblaka, koja se sastoji od vrlo sitnih ledenih iglica, koji visoko lebde iznad Zemlje. Iglice su prozračne i svojim ogromnim brojem čine više ili manje ravan sloj u kome se, kao u ogledalu odbijaju svetlosni zraci sa Sunca i Meseca i stvaraju njihove likove (Slika 3.28.). Kada se prema Suncu nađu dva takva oblaka, onda se Sunce ogleda u isti mah u oba oblaka pa se na nebu vide tri Sunca. Naravno čovek mora biti u položaju da primi odbijene svetlosne zrake.



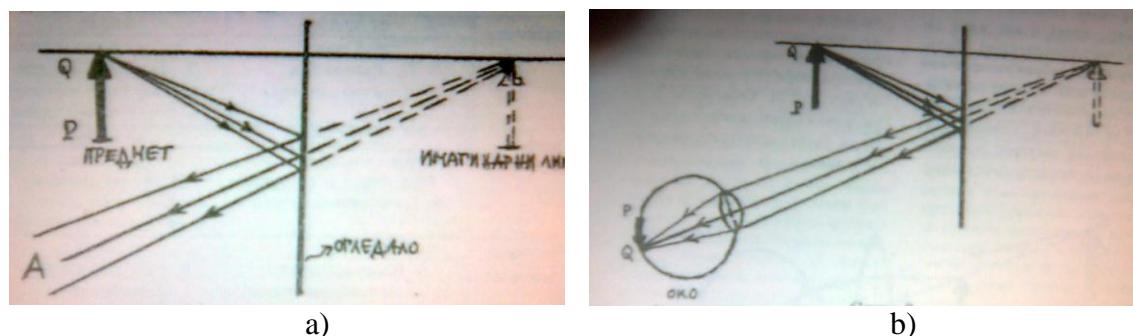
Slika 3.27. Astronomski fenomen „Tri sunca“ viđen iz Kine



Slika 3.28. Odbijanje svetlosnih zraka sa Sunca na ledenim kristalima

Mogu li se videti imaginarni likovi?

Korišćenjem ravnih ogledala dobijaju se imaginarni (nestvarni, zamišljeni) likovi posmatranih predmeta. Pod realnim likovima podrazumevamo takve likove koji se mogu neposredno dobiti na zaklonu (listu hartije, fotografiskom filmu, bioskopskom platnu, mrežnjači oka). Imaginarni likovi se ne mogu dobiti na zaklonu pa ni na mrežnjači oka. Takve likove daje ravno ogledalo. Konstrukcija lika koje daje ravno ogledalo prikazana je na slici 3.29.a.



Slika 3.29. Konstrukcija lika koje daje ravno ogledalo: a) odbijeni zraci divergiraju b) očno sočivo skuplja divergentne zrake u žihu

Pomoću konstrukcije utvrđujemo da se imaginarni lik nalazi iza ogledala u preseku prodižetaka zraka odbijenih sa ogledala. Na mestu A, nama u oko dolaze zraci odbijene svetlosti koji se razilaze - divergiraju (Slika 3.29.a.). Te divergentne zrake, očno sočivo (sabirno) skuplja u svoju žihu, koja se nalazi na mrežnjači, gde tako nastaje realan lik „predmeta“ (Slika 3.29.b.). Taj predmet je u stvari imaginarni lik koji daje ogledalo. Na taj način naše oko vidi imaginarni likovi. (Božin S., Danilović E., 1998/1999)

Istorijeske zanimljivosti: "Da li znate o ogledalima ..?"

Prva ogledala su bila od uglačanog metala (Milogradov J., Turin 2003/2004). U piramidama su otkriveni bronzani diskovi sa drškama, koji su predstavljali ručna ogledala. Prva staklena ogledala su pravljena u Veneciji. Pravili su ih flamanski majstori, a u XVI veku izumeli su kako da naprave tanak ravnomeran sloj koji odbija svetlost. Oni su, na glatku, ravnu kamenu ploču, stavljali list olova, preko njega sipali živu a onda se preko tog sloja pritiskala staklena ploča toliko, da višak žive izade, a olovni amalgan prilepi za staklo. Ovakav postupak je opasan zbog otrovnih živinih isparanja, te su ogledala bila veoma skupa. Ogledalo formata male sveske je bilo uručeno francuskoj princezi Mariji Medići kao dragoceni svadbeni poklon. Francuzi su uspeli da smisle način izrade ravnih ogledala, i u šumama Normandije otvorena je prva fabrika za izradu ogledala, tako da im je cena pala. Interesantno da je za razradu modernog procesa izrade velike količine stakla bio Henri Ford (Slika 3.30.), američki kralj automobila. Everi i Braun, kojima je taj zadatak poverio, uspeli su da smisle i ostvare 1922.god., propuštanje guste staklene mase između dva valjka čime se dobija neprekidna ravna staklena traka.



Slika 3.30. **Henri Ford** (Henry Ford , 1863-1947)

Ogledala u vazduhu: optičke varke u prirodi

Optičke varke u prirodi predstavljaju zanimljiv primer totalne refleksije svetlosti (Vollmer M., 2009 ref. 34.) Pod određenim uslovima (na Zemlji ili u vazduhu) moguće je videti obrnute likove predmeta. Ova pojava se zove fatamorgana

Optička varka, kod koje se lik stvara iznad pravog položaja predmeta - gornja fatamorgana, dešava se u slučajevima kada temperatura vazduha raste sa visinom. Iznad morske površine, svetlosni zraci padaju pod uglom većim od graničnog i od višeg, a ređeg sloja vazduha se potpuno odbijaju. Posmatrač u svojoj svesti ekstrapoliše ove zrake unazad duž linije vida i „postavlja“ lik iznad mesta gde se dati objekat zaista nalazi. Primer gornjeg miraža vidimo na slici 3.31.a.

Donja fatamorgana je optička varka kod koje se lik formira ispod stvarnog položaja predmeta. Tokom dana niži slojevi vazduha se veoma zagreju, postaju ređi od viših slojeva. Svetlosni zraci, koji dolaze od udaljenih predmeta, mogu se totalno reflektovati na granici nekog ređeg sloja. Kada ovi zraci dođu do posmatrača, u presecima njihovih produžetaka posmatrač vidi imaginaran lik predmeta koji je obrnut i izgleda kao da se ogleda u vodi . (Slika 3.31. b.)



Slika 3.31. Fatamorgana: a) Gornja fatamorgana. Kustavi jezero na jugozapadu Finske ; b) Donja fatamorgana. Mokri izgled ulica u vrelim letnjim danima.

3.4. Zanimljiva pitanja

Pitanje: "Lažna ogledala"

U kriminalističkim filmovima često se koriste specijalna ogledala, koja su, ako gledate sa zadnje strane, providna kao prozorsko okno. Kako je to moguće?

Jednsmerno ogledalo je samo čisto staklo prozora. Lažna ogledala funkcionišu tako što im je jedna strana mnogo jače osvetljena nego druga strana. Posmatrač iz osvetljene prostorije vidi samo odbijenu svetlost, (odbijeno svetlo iz svetle sobe „sakriva“ emitovano svetlo iz tamne sobe), i čini mu se da pred sobom ima ogledalo. Posmatrač u mračnoj prostoriji, međutim, prima dovoljnu količinu svetlosti koja prolazi kroz staklo i jasno vidi predmete iz svetle prostorije.(Slika 3.32.)



Slika 3.32. a) Soba koja je osvetljena ; b) soba za posmatranje koja je zatamljena

Pitanje: "Farovi bicikla"

Ako usmerite na far bicikla mlaz svetlosti, praktično pod bilo kojim uglom, svetlost će se odbiti nazad ka svom izvoru. Zašto?

Retroreflektori su ogledala koja odbijaju svetlost unazad, ka izvoru svetlosti, čak i kada se svetlosni izvor ne nalazi na centralnoj osi reflektora. Kao primer prostog retroreflektora može da posluži ugao od tri međusobno normalana ogledala. Svetlosni zrak, koji pada na jedno od tri ogledala, naizmenično se odbija od svakog od njih i vraća se u smeru suprotnom od smera njihovog dolaska.

Podpitanje: "Mačije oči u mraku"

Zbog čega oči mačke u mraku sjaje tako intezivno kada ih osvetlimo?

Mačka i neke druge životinje imaju oči koje se ponašaju kao retroreflektori, pa se stoga lako uočavaju u mraku (Slika 3.33.). Oko je optički sistem koji se sastoji od sočiva i jednog zakriviljenog ogledala koje odbija svetlosni snop u obliku konusa ka izvoru svetlosti. Kod mesoždera postoji, iza mrežnjace, sloj kristalnog cink-cisteina koji obezbeđuje visok stepen odbijanja svetlosti.



Slika 3.33. „Mačije oči”

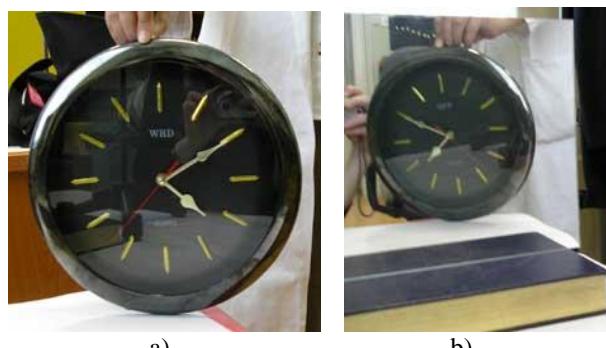
Pitanje: "Zašto vidimo baricu kao tamnu mrlju" (Mladi fizičar br 66.)

Pri noćnoj vožnji vozač automobila, ako ima upaljene farove, baricu (udubljenje na asfaltu ispunjeno vodom) vidi kao tamnu mrlju. Kako objašnjavamo tu činjenicu?

Farovi automobila osvetljavaju baricu zracima koji imaju upadni ugao nešto manji od 90° , odbojni ugao je shodno zakonu reflaksije, isto toliki, tako da odbijeni zraci ne stižu u oko vozača.(Da bismo predmet videli, potrebno je da se svetlosni zraci odbiju od njega i stignu u oko)

Pitanje: "Sat i ogledalo"

Nadimo sat bez brojeva, i namestimo tako da pokazuje 16 h i 10 min. Stavimo sad taj sat ispred ogledala? Koje vreme će da pokazuje? (Slika 3.34.)



Slika 3.34. a) sat bez brojeva ; b) slika sata u ogledalu

Zbog obrtanja levo- desno slika pokazuje 7 h i 50 min.

Pitanje: "ECNALUBMA "

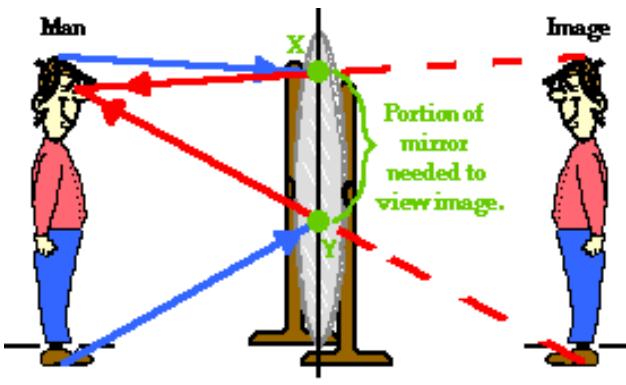
Na vozilima hitne pomoći, na haubi su ispisana slova ECNALUBMA. Objasnite zašto?
Većina vozača će videti ambulantna kola u njihovim retrovizorima. Takve slike su obrnute levo - desno, i da bi ih vozači videli kao što treba da budu napisane, natpis je obrnut levo - desno na haubi.(Slika 3.35.)



Slika 3.35. Ambulantna kola

Pitanje: "Visina ogledala" (Mladi fizičar br. 13)

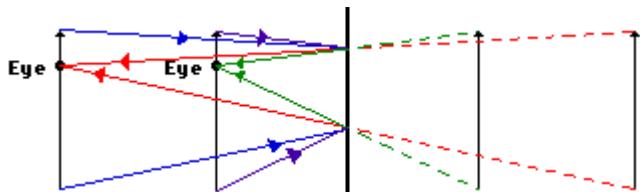
Koji deo ogledala je potreban da bi videli sliku sebe samog u njemu ?



Slika 3.36. Čovek stoji ispred ravnog ogledala i ogleda se.

Kao što je prikazano na slici 3.36., da bi video svoja stopala, čovek mora gledati nisko u obeleženoj tački Y na ogledalu, odnosno, obeleženoj tački X, da vidi vrh glave. Da bi videli sliku sebe samog u ravnem ogledalu, treba nam ravno ogledalo koje ima duplo manju visinu od nas (površina ogledala između tačke X i tačke Y).

Ali šta se dešava ako čovek stoji na drugačijoj udaljenosti od ravnog ogledala? Možda bi u takvom slučaju bilo potrebno manje ogledalo?



Slika 3.37. Dve različite udaljenosti čoveka od ravnog ogledala

Kao što je i prikazano na slici 3.37., da bi osoba videla sliku sebe celog u njemu, udaljenost osobe koja стоји ispred ravnog ogledala ne utiče na to kolika treba da bude visina ogledala.

4. Obrada nastavne jedinice primenom naučnog metoda

4.1. Nastavni plan i program za obradu teme svetlosne pojave u osnovnom obrazovanju.

Nastavnu temu svetlosne pojave izučavaju učenici u osnovnoj školi u osmom razredu; nastavnim planom i programom je predviđeno: Svetlosne pojave (7+6+2). U osmom razredu fizika je zastupljena sa 2 časa nedeljno odnosno 68 časova godišnje.

Svetlosne pojave (7+6+2)

- *Svetlost (osnovni pojmovi). Pravolinijsko prostiranje svetlosti (senka i polusenka, pomračenje Sunca i Meseca). (1+0);*
- *Zakon odbijanja svetlosti. Ravna i sferna ogledala i konstrukcija likova predmeta. (2+2);*
- *Brzina svetlosti u različitim sredinama. Indeks prelamanja i zakon prelamanja svetlosti. Totalna refleksija. (1+1);*
- *Prelamanje svetlosti kroz prizmu i sočiva. Određivanje položaja likova kod sočiva. Optički instrumenti. Lupa i mikroskop. (3+2);*
- *Sistematisacija i obnavljanje gradiva. (0+1);*
- *Laboratorijske vežbe;*
 1. *Provera zakona odbijanja svetlosti korišćenjem ravnog ogledala. (1);*
 2. *Određivanje žižne daljine sabirnog sočiva. (1)*

4.2. Primena naučne metode u obradi nastavne jedinice „Refleksija svetlosti. Konstrukcija lika predmeta kod ravnih ogledala“ u osnovnoj školi

Primenom naučnog metoda, nastavna jedinica „Refleksija svetlosti. Konstrukcija lika predmeta kod ravnih ogledala“, obrađuje se na dva nastavna časa obrade novog gradiva. Zakon odbijanja svetlosti se realizuje na času br.10, a konstrukcija lika predmeta kod ravnih ogledala na času br.11. Struktura časa obuhvata: uvodni, (ponavljanje važnih sadržaja - pojmove sa prethodnog časa i povezivanje sa sadržajima koji se obrađuju), glavni i završni deo časa, kao i zaključak.

Čas br. 10:

Započinje eksperimentom „Provera zakona odbijanja svetlosti pomoću ravnog ogledala“, i u potpunosti se relizuje primenom naučnog metoda. Obrazovni zadatak časa je da učenici na eksperimentalan način, istraživanjem, formulisu zakon odbijanja svetlosti. Učenike podelimo po grupama, vodeći računa o ujednačnosti svih grupa i naglasimo mere opreza koje se moraju poštovati prilikom realizacije eksperimenta.

Nakon definicije upadnog, odnosno odbojnog ugla, učenicima se sugeriše problem: “Da li je upadni ugao veći od odbojnog ugla prilikom refleksije svetlosti?“ Učenici formulisu

hipoteze koje testiraju, i analizom dobijenih eksperimentalnih rezultata, izvode zaključke. Nastavnik prati rad tokom eksperimenta. Istraživački rad učenika primenom naučne metode, treba da rezultira formulisanjem zakona refleksije svetlosti.

Eksperiment je realizovan kroz faze naučnog metoda:

- *Definicija problema:* Da li je upadni ugao veći od odbojnogугла, prilikom refleksije svetlosti?;
- *Prikupljanje podataka:* Posmatramo vrednosti odbojnogугла za različite vrednosti upadnogугла;
- *Formulacija hipoteze:* Upadni ugao nije jednak odbojnom углу;
- *Eksperiment:* Izvršimo merenja odbojnih углов за tri različite vrednosti upadnih углов (kvantitativni podaci);
- *Testiranje hipoteze:* Analiziramo eksperimentalne rezultate, ako laserski zrak usmerimo u pravcu normale na površinu, on se vraća po dolaznoj putanji (upadni i odbojni ugao je 0°);
- *Zaključak:* Upadni zrak, normala i odbojni zrak su u jednoj ravni. Upadni ugao je jednak odbojnom углу.

Pre nego se izvedeni zaključak stavi u kontekst naučnog znanja, i formuliše zakon refleksije, nastavnik stvara uslove za konstruktivna razmišljanja i konfrontaciju stavova učenika još jednim problemskim pitanjem: „*Da li upadni zrak, normala i odbojni zrak moraju da leže u istoj ravni?*“

Primena naučnog metoda u testiranju izvedenog zaključka:

- *Definicija problema:* Da li upadni zrak, normala i odbojni zrak moraju da leže u istoj ravni?;
- *Prikupljanje podataka:* Posmatramo refleksiju zraka od ogledalo, čiji je položaj normalan na horizontalnu podlogu, kao u realizovanom eksperimentu (Slika 4.2.);
- *Formulacija hipoteze:* Upadni zrak, normala i odbojni zrak se nalaze u istoj ravni;
- *Eksperiment:* Tri međusobno normalne strane kocke određuju tri ravni, (Slika 4.3.) Učenici posmatraju refleksiju laserskog zraka od ogledalo koje je horizontalno položeno na podlogu, zatim promene položaj ogledala, tako da ga postave normalno na horizontalnu podlogu, i na kraju posmatraju zrake za treći položaj ogledala, normalan u odnosu na prva dva položaja;
- *Testiranje hipoteze:* Eksperimentom je hipoteza potvrđena;
- *Zaključak:* Upadni zrak, normala i odbojni zrak leže u jednoj ravni.

Novi pojmovi : upadni ugao , odbojni ugao , zakon odbijanja svetlosti (zakon refleksije)

Na osnovu usvojenih pojmoveva i izvedenih zaključaka, izvodi se zakon odbijanja svetlosti i detaljno obrađuje teorija. Čas se završava ponavljanjem novih usvojenih pojmoveva.

Čas br. 11:

Obrazovni zadatak časa br.11. je da učenici nauče kako se konstruiše lik predmeta, i istraže karakteristike lika predmeta, kod ravnih ogledala u demonstracionom ogledu “Sveća koja gori u čaši vode”. Čas br.11. započinje tako što nastavnik povezuje stečeno znanje sa prethodnog časa i teorijski obrazlaže nepoznate sadržaje nastavne jedinice....*Ogledala imaju glatku površinu koja odbija najveći deo svetlosti koja na njih pada. Lik nekog predmeta nastaje kao posledica odbijanja svetlosti od površine ogledala.* Lik tačkastog predmeta nastao korišćenjem ravnog ogledala jeste tačkast i imaginaran ,a na kolikom rastojanju od ogledala se nalazi, istražićemo eksperimentom ? Kod ravnog ogledala veličina predmeta i lika je jednaka...Zatim učenici rade eksperiment „Sveća koja gori u čaši vode” u kom učenici istraživanjem dolaze do zaključka da je udaljenost lika kod ravnog ogledala jednak udaljenosti predmeta, izvode se novi pojmovi o osobinama lika predmeta kod ravnih ogledala. Na osnovu zaključaka izvedenih iz eksperimenta, sledi detaljno teorijsko obrazloženje kojim je dopunjeno znanje sa teorijskog dela časa. Na taj način je primenjen naučni metod.

Tokom eksperimenta, faze naučnog metoda su:

- *Definicija problema:* Koliko je udaljen lik predmeta ”iza” ravnog ogledala ?;
- *Prikupljanje podataka:* Postaviti eksperiment kao na slici 4.4. Posmatrati kada se sveće nalaze na istom rastojanju od staklene ploče i na različitim rastojanjima;
- *Formulacija hipoteze:* Lik predmeta se nalazi na manjoj udaljenosti od ogledala nego predmet ispred ogledala;
- *Eksperiment:* Postaviti eksperiment kao na slici 4.4. Realizovati eksperiment kako je navedeno. Lik i predmet su simetrični, i tek kada su na istoj udaljenosti od staklene ploče, stičemo utisak da sveća gori u čaši sa vodom;
- *Testiranje hipoteze:* Pomerimo sveću koja gori na rastojanje 2 d . Nemamo utisak da sveća gori u čaši vode;
- *Zaključak:* Lik predmeta koji se formira na ravnim ogledalima je na istoj udaljenosti od ogledala kao i predmet ispred ogledala.

Novi pojmovi : ogledalo , lik predmeta , karakteristike lika u ravnem ogledalu

Čas se završava ponavljanjem novih usvojenih pojmoveva i zadavanjem domaćeg zadatka. Domaći zadatak je, analiza i realizacija eksperimenta “ Kako da stavimo svoj glas na svetlosni snop”, kroz učenički istraživački projekt. Eksperiment je interesantan jer objedinjuje prethodno proučavanu nastavnu temu „Zvuk” sa obrađenim nastavnim jedinicama iz nastavne teme „Svetlosne pojave”. Obrazovni zadatak je da učenici analizom ovog eksperimenta utvrde, sistematizuju i primene stečeno znanje.

Naučni metod je primenjen kroz učenički istraživački projekt. Plan istraživanja je celovit i sistematski deo projekta, koji se sastoji od sledećih delova:

- *plan pripreme realizacije istraživanja;*
- *plan prikupljanja podataka;*
- *plan obrade podataka, izrade izveštaja i prezentacije rezultata istraživanja.*

Nastavnik organizuje dva tima unutar razreda, sa istim brojem učenika, koji trebaju da realizuju projekt. Učenici istražuju putem interneta, i literature koja im je navedena, koristeći kritičko mišljenje, sarađujući i komunicirajući između sebe. Očekuje se da rezultati istraživanja budu prezentirani ostalim učenicima u obliku video zapisa, ili demonstracijom eksperimenta pred ostalim učenicima.

4.3. Eksperimenti

Eksperiment:

Provera zakona odbijanja svetlosti pomoću ravnog ogledala

- **Definicija problema :**

Da li je upadni ugao veći od odbojnog ugla prilikom refleksije svetlosti?

- **Prikupljanje podataka :**

Posmatramo vrednosti odbojnog ugla za različite vrednosti upadnog ugla.

- **Postavljanje hipoteze :**

Upadni ugao nije jednak odbojnom uglu.

- **Eksperiment :**

Izvršimo merenja odbojnih uglova za tri različite vrednosti upadnih uglova, (kvantitativni podaci).

- **Testiranje hipoteze :**

Analiziramo eksperimentalne rezultate , ako laserski zrak usmerimo u pravcu normale na površinu, on se vraća po dolaznoj putanji (upadni i odbojni ugao je 0°).

- **Zaključak :**

Upadni zrak, normala i odbojni zrak su u jednoj ravni. Upadni ugao je jednak odbojnom uglu.

Novi pojmovi : upadni ugao , odbojni ugao , zakon odbijanja svetlosti (zakon refleksije)

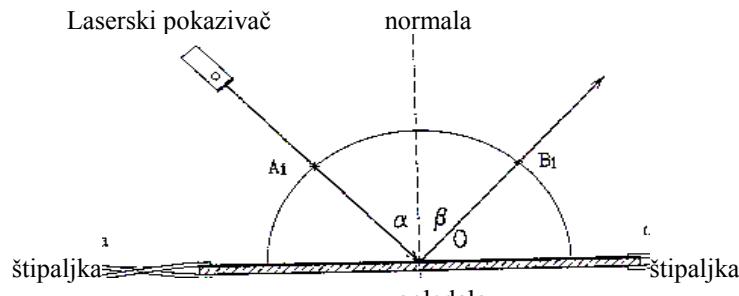
Potreban materijal :

- ravno ogledalo
- dve štipaljke
- izvor laserske svetlosti (ručni laser)
- papir
- šestar
- uglomer

Izvođenje ogleda :

Na papiru nacrtati dve međusobno normalne prave. Nacrtati polukružnicu sa centrom u tački O, koja je tačka preseka te dve prave.

Pomoću dve štipaljke postaviti ravno ogledalo normalno na papir kao što se vidi na slici 4.1.



Slika 4.1. Šematski prikaz eksperimenta

Postaviti laserski pokazivač na papir i uključiti ga. Usmeriti zrak ka tački O na ogledalu. Obeležiti tačku A₁ na polukružnici kroz koju prolazi upadni zrak i tačku B₁ kroz koju prolazi odbijeni zrak. Merenje izvršiti za 3 različita položaja pokazivača i obeležiti odgovarajuće tačke A₂, B₂, A₃, B₃.

Isključiti laserski pokazivač, skinuti ogledalo i nacrtati upadne i odbijene zrake na papiru. Uglomerom izmeriti vrednost upadnih uglova ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$) i odbojnih uglova ($\beta_1, \beta_2, \beta_3$). Uporediti izmerene vrednosti upadnih uglova i odbojnih uglova za 3 različita položaja pokazivača. Šta uočavamo?

Objašnjenje:

Svetlosni zrak se odbija pod istim uglom i pod kojim je pao u odnosu na normalu, na ravnoj ogledalskoj površini. Upadni ugao je jednak odbojnom uglu, upadni zrak, normala i odbojni zrak leže u istoj ravni, tako glasi zakon odbijanja svetlosti.



Slika 4.2. Odbijanje laserske svetlosti na ravnom ogledalu

Provera izvedenog zaključka:

- **Definicija problema:**

Da li upadni zrak, normala i odbojni zrak moraju da leže u istoj ravni?;

- **Prikupljanje podataka:**

Posmatramo refleksiju zraka od ogledalo, čiji je položaj normalan na horizontalnu podlogu, kao u realizovanom eksperimentu (Slika 4.2.);

- **Formulacija hipoteze:**

Upadni zrak, normala i odbojni zrak se nalaze u istoj ravni;

- **Eksperiment:**

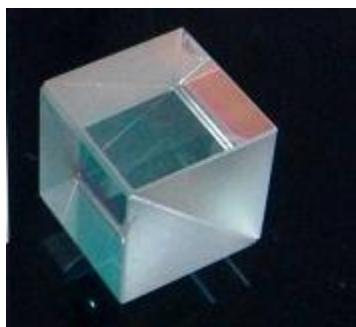
Tri međusobno normalne strane kocke određuju tri ravni, (Slika 4.3.) Učenici posmatraju refleksiju laserskog zraka od ogledalo koje je horizontalno položeno na podlogu, zatim promene položaj ogledala, tako da ga postave normalno na horizontalnu podlogu, i na kraju posmatraju zrake za treći položaj ogledala, normalan u odnosu na prva dva položaja;

- **Testiranje hipoteze:**

Eksperimentom je hipoteza potvrđena;

- **Zaključak:**

Upadni zrak, normala i odbojni zrak leže u jednoj ravni.



Slika 4.3. Tri strane kocke određuju tri ravni

Eksperiment:

Sveća koja gori u čaši vode

- **Definicija problema :**

Koliko je udaljen lik predmeta „iza” ravnog ogledala ?

- **Prikupljanje podataka :**

Postaviti eksperiment kao na slici 4.4. Posmatrati kada se sveće nalaze na istom rastojanju od staklene ploče i na različitim rastojanjima.

- **Postavljanje hipoteze :**

Lik predmeta se nalazi na manjoj udaljenosti od ogledala nego predmet ispred ogledala.

- **Eksperiment :**

Postaviti eksperiment kao na slici 4.4. Realizovati eksperiment kako je navedeno. Lik i predmet su simetrični, i samo kada su na istoj udaljenosti od staklene ploče, stičemo utisak da sveća gori u čaši sa vodom.

- **Testiranje hipoteze :**

Pomerimo sveću koja gori na rastojanje 2 d . Nemamo utisak da sveća gori u čaši vode.

- **Zaključak :**

Lik predmeta koji se formira na ravnim ogledalima je na istoj udaljenosti od ogledala kao i predmet ispred ogledala.

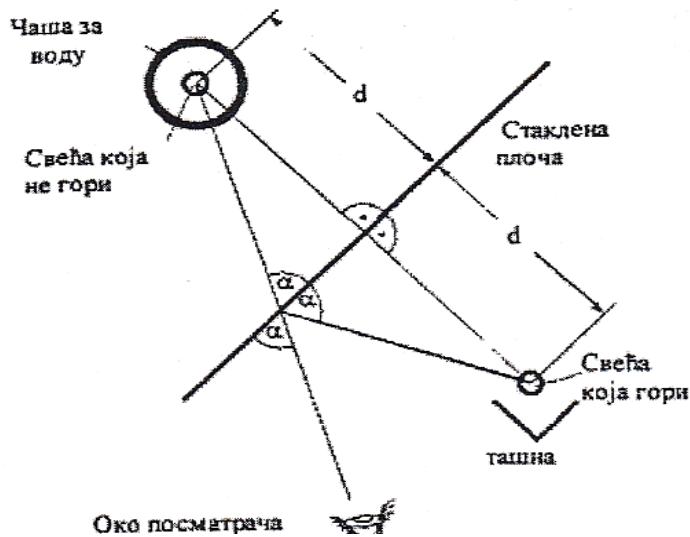
Novi pojmovi : ogledalo , lik predmeta , karakteristike lika u ravnem ogledalu

Potreban materijal:

- dve identične male sveće
- čaša za vodu
- staklena ploča
- stativ za staklenu ploču
- neprovidna pregrada
- voda

Izvođenje ogleda:

U čašu za vodu, pomoću nekoliko kapi voska zlepiti sveću. Ova sveća ne sme da bude upaljena. Drugu sveću zapaliti. Između sveća postaviti staklenu ploču. Posmatrati čašu sa svećom kroz staklenu pregradu, pri čemu sveća koja zaista gori treba da bude zaklonjena neprovidnom pregradom tako da je posmatrač ne vidi. Kada sipamo vodu u čašu u kojoj se nalazi sveća koja ne gori, zbog refleksije svetlosti sveće koja je upaljena na staklu, imamo utisak kao da sveća gori u čaši punoj vode.



Slika 4.3. Šematski prikaz eksperimenta

Objašnjenje:

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

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

Eksperiment:

Kako da stavimo svoj glas na svetlosni snop ?

Potreban materijal:

- dugačka, plastična cev
- poklopac cevi (pergament)
- ogledalo dimenzija 2 cm x 2 cm
- lampa

Izvođenje ogleda:

Dugačku plastičnu cev, zatvorimo poklopcem sa jedne strane. Na poklopac zlepimo malo ravno ogledalo dimenzija 2 cm x 2 cm. Upalimo lampu tako da svetlosni snop pada na poklopac cevi, na čijoj površini se nalazi ogledalo koje potom reflektuje tu svetlost. (Slika 4.5.) Kada pričamo u cev, svetlost koja pada na ogledalo se stalno reflektuje pod drugim uglovima. (Slika 4.6.)



Slika 4.5. Reflektovanje svetlosti od ogledalo na poklopcu cevi.



Slika 4.6. Menjanjem položaja ogledala, menja se pravac reflektovane svetlosti.

Objašnjenje:

Usmerena svetlost sa lampe se odbija od ravno ogledalo, koje je zapepljeno na poklopac duge plastične cevi. Poklopac cevi treba da bude od takvog materijala da se vibracije mogu preneti na njega. Kada pričamo u cev, zvučne vibracije dolaze do poklopca i on počinje da vibrira. Upadna svetlost se stalno odbija pod drugim uglovima, jer vibracije poklopca menjaju položaj ogledala (u zavisnosti od jačine zvuka i frekvencije glasa). Svetlo je na taj način modulisano jačinom glasa koji smo stavili na svetlosni snop.

Kao u prvom delu eksperimenta gde smo videli da se intenzitet svetlosti menja sa glasom, tako i intenzitet svetlosti, može uticati na jačinu zvuka koji se proizvodi u cevi.

Dodatni potreban materijal:

- stativ za lampu
- stativ za plastičnu cev
- slušalice, odnosno zvučnik
- solarna čelija

Izvođenje ogleda:

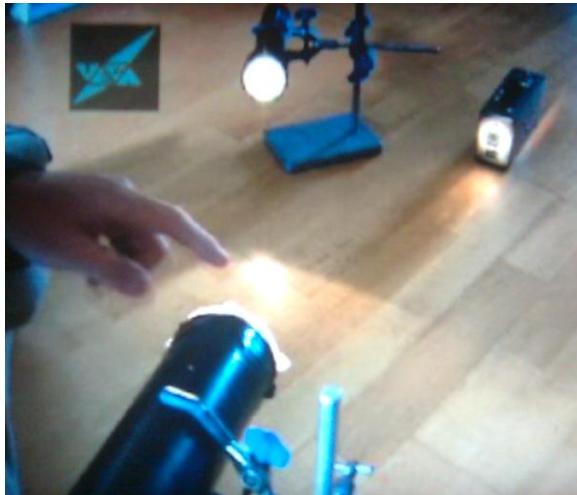
Solarnu čeliju priključimo na slušalice, kada svetlost padne na nju, solarna čelija pretvara svetlosnu energiju u električnu, a slušalice električnu u zvuk - što predstavlja naš risiver. (Slika 4.7.) Ako solarne čelije spojimo sa zvučnikom, (uređaj koji pretvara električni napon u zvuk), dobijamo risiver koji ćemo koristiti u II-om delu eksperimenta.



Slika 4.7. Solarna čelija priključena na slušalice

Postavimo lampu tako da svetlosni snop pada na ravno ogledalo zatvarača plastične cevi. Na pravcu reflektovane svetlosti postavimo risiver (Slika 4.8.). Počnemo da pričamo u plastičnu cev i na zvučniku se čuje naš glas. Ako rukom presečemo reflektovani svetlosni

snop sa ogledala, kao što je prikazano na slici 4.9., na zvučniku se čuje drugačija jačina i frekvencija našeg glasa.



Slika 4.8. Svetlost sa lampe se reflektuje od ravno ogledalo i pada na risiver.



Slika 4.9. Ruka na putu reflektovane svetlosti

Objašnjenje:

Ravno ogledalo reflektuje svetlost tako da je upadni ugao jednak odbojnom uglu, pa na osnovu toga već znamo pravac reflektovane svetlosti. Na taj pravac postavimo risiver. Počnemo da pričamo u plastičnu cev i na zvučniku, već opisanom metodom, se čuje naš glas. Ako rukom presečemo reflektovani svetlosni snop sa ogledala, svetlost ne pada na solarne ćelije u tom intezitetu, i na zvučniku se čuje drugačija jačina i frekvencija našeg glasa.

Novi pojmovi: jačina svetlosti, solarna ćelija

5. Zaključak

**“Ako se učenik u školi ne nauči da sam nešto stvara,
onda će on u životu uvek samo podražavati“**

Tolstoj

Fizika je eksperimentalna nauka i naučni metod je njen sastavni deo. Usvajanje naučnog metoda kroz sadržaje fizike ima univerzalni značaj jer omogućava učenicima primenu metoda u drugim naukama, ali i u svakodnevnim životnim situacijama. Naučni metod je sastavni deo fizičkog, odnosno prirodnog, poimanja stvarnosti i predstavlja suštinsku razliku između slepog verovanja i otkrivanja istine.

Rad predstavlja učenje nastavnih sadržaja primenom naučnog metoda, povezivanje teorije i prakse i formiranje naučnog pogleda na svet. Nastavnik sugerira problem, učenici iznose moguće hipoteze, proveravaju ih eksperimentisanjem, odbacuju pogrešne, izvode zaključke i nalaze rešenja. Realizacija naučne metode je zahtevnija, ali tada nastavnik dobija stalnu informaciju o nivou postignuća učenika i mogućim korekcijama putem nastave.

Savremeno društvo zahteva efikasne metode učenja, koji se ne zasnivaju prevashodno na učenju rezultata nauke, već na izgradnji novih znanja zasnovanih na iskustvu, spoznaji i istraživanju. Takva znanja nas vode ka egzaktnom pristupu u rešavanju problema koje nameće savremeni život.

6. Literatura:

1. *How the Scientific Method Works*; dostupno na [www.howstuffworks.com/ physical science](http://www.howstuffworks.com/physical-science/scientific-method/index.htm);
2. Yeo R. R., (1986): “*Scientific Method and the Rhetoric of Science in Britain, 1830–1917*,” in *The Politics and Rhetoric of Scientific Method: Historical Studies*, Dordrecht: D. Reidel Publishing Company;
3. Haig B.D. (2005): *An Abductive Theory of Scientific Method*, Psychological Methods, 10(4), 371 – 380 dostupno na <http://www.sciencedirect.com/science>;
4. Kosso P (2009): *The Large – scale Structure of Scientific Method*, *Science & Education*, 18:33 – 42;
5. Clegg B. (2003): *The First Scientist: A Life of Roger Bacon*, London: Constable & Robinson;
6. Laudan L. (1968): “*Theories of Scientific Method from Plato to Mach*,” *History of Science* 7, 1–38;
7. Zaječarinović G. (1974): *Osnovi metodologije nauke*, Beograd: Fakultet političkih nauka;
8. Gaugch H. G. (2003): *Scientific Method in practice*, Cambridge: Cambridge University Press, dostupno na <http://www.cambridge.org/2002022271.pdf>;
9. Gower B. (1997): *Scientific Method, An Historical and Philosophical Introduction*, Melburne: Routlrdge Press, 2,48;
10. Давыдов, В.В. (1992): *Психологическая теория учебной деятельности и методов начального обучения, основанных на содержательном обобщении*, Томск: Пеленг,str. 31;
11. Lederman G. N. (1998): *The State of Science Education: Subject Matter Without Context*, Electronic Journal of Science Education , ISSN 1087 – 3430 Vol. 3 No. 2 – December 1998;
12. Ofre Š. sa sar. (2004): prevod na srpski Jokić S., *Zrnca nauke 2*, Beograd: ZUNS i DFS;
13. Obadović D., (2010), *Primena naučnog metoda u izučavanju sadžina prirodnih nauka putem učeničkih miniprojekata*, rad u monografiji;
14. Cvjetićanin S. (2011), *Primena učeničkih miniprojekata u realizaciji nadstave inegriranih prirodnih nauka i matematike u razrednoj nastavi*, Pedagoški fakultet, Sombor (2011) pp.124-139;
15. Tang X., Coffey J.E.,Elby A.,Levin D.M. (2009),*The Scientific Method and Scientific Inquiry: Tensions in Teaching and Learning*, Electronic Journal of Science Education DOI 10.1002/sce.20366 - October 2009;
16. Nagl, M.G., Obadović, D.Ž. (2008) Naučni metod u nastavi fizike u društveno-jezičkom smeru gimnazije. *Pedagoška stvarnost*, vol. 54, br. 7-8, str. 707-715;
17. Nagl M. (2011), *Primena naučnog metoda u nastavi fizike u društveno – jezičkom smeru gimnazije*, Novi Sad, 2011. dostupno na www.uns.ac.rs/sr/doktorske/mirkoNagl/disertacija.pdf
18. Petrović T. (1988): *Problemско razvojna nastava fizike*, Beograd: Institut za pedagoška istraživanja;
19. Petrović T. (1994): *Didaktika fizike*, Beograd: Fizički fakultet, 1994;
20. Raspopović, M. (1992): *Metodika nastave fizike*, Beograd: ZUNS, 1992;

21. Šarpak, Ž. (2001) Ruka u testu, nauke u osnovnoj školi. Beograd: Društvo fizičara Srbije;
22. Nedeljković N. (1996), *Elektromagnetizam i optika*, Fizički fakultet, Beograd (1996);
23. Ivanović D., Vučić V. (1973), *Fizika II*, Naučna knjiga, Beograd, 1973;
24. *Reflection and its Importance; Image Formation in Plane Mirrors*; Glenbrook South High School in Glenview,Illinois,dostupno na <http://www.physicsclassroom.com/Class/light/u12l2a.cfm>;
25. Todorov N. (2007), *Geometrijska optika u nastavi fizike za osnovnu školu*, Novi Sad, 2007. dostupno na www.df.uns.ac.rs;
26. *The law of reflection; The University of Arizona*, dostupno na www.optics.arizona.edu/nofziger/OPTI_201R;
27. *Reflection of light and plane mirrors*; Division of Science Education Development and Research, through Grant #SED 74-20088 to Michigan State University;
28. Raspopović M. (2009), Fizika za treći razred gimnazije opšteg i prirodno – matematičkog smera, Zavod za udžbenike, Beograd, 2009;
29. Ždrala M. (2001), *ABC fizike leksikon za sve osnovne i srednje škole*, Borait, Beograd, 2001;
30. Mr. Klimetz, John Dewey High School, *Law of reflection*, dostupno na <http://www.geniusintelligence.com/lawoffreflection.htm> Cycle III Regents Physics;
31. Todorov N. (2007), *Geometrijska optika u nastavi fizike za osnovnu školu*, Novi Sad, 2007. dostupno na www.df.uns.ac.rs;
32. Ivanović D., Raspopović M., Čulum Ž. (1988), *Fizika za VIII razred osnovne škole*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1988;
33. Kapor D., Šetrajičić J. (2010 -2011), *Fizika za osmi razred osnovne škole*, Zavod za udžbenike, Beograd, 2010 – 2011;
34. Vollmer M. (2009), *Mirrors in the air: mirages in nature and in the laboratory*, Journal of Physics Education 0031-9120/09/020165 - March 2009, dostupno na www.iop.org/journals/physed
35. Maričić A. (1980/1981), *Svetlosni prenos vesti – Belov fotofon*, Časopis: "Mladi fizičar", br.21, Beograd, 1980/1981;
36. Senčanski T. (1996/1997), *Nekad zagonetke a danas već lake odgonetke*, Časopis: "Mladi fizičar", br.62, Beograd, 1996/1997;
37. Božin S., Danilović E. (1998/1999), *Mogu li se videti imaginirani likovi ?*, Časopis: "Mladi fizičar", br.72, Beograd, 1998/1999;
38. Milogradov J., Turin (2003/2004), *Da li znate o ogledalima ..?*, Časopis: "Mladi fizičar", br.94, Beograd, 2003/2004;
39. Petrović T. (1979), *Pitanje: " Visina ogledala "*, Časopis: "Mladi fizičar", br.13, Beograd, 1979;
40. Jearl Walker J.(1986), *The flying circus of physics*, IRO "Vuk Karadžić", Beograd, 1986;
41. Službeni glasnik RS – Prosvetni glasnik (1990): *Nastavni plan i program za osnovno obrazovanje*, Beograd: Službeni glasnik, br.10;
42. Petrović T. (1994), *Poznavanje nastavnih sredstava*, Fizički fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 1994;
43. Poparić G. (2010), Pripreme za nastavu, Logos, Beograd, 2010;

44. Obadović D.(2006/2007), *Jednostavni eksperimenti u nastavi fizike*, Univerzitet u Novom Sadu 2006/2007.;
45. Obadović D., Bošnjak M. (2010), *Jednostavni fizički ogledi u razrednoj nastavi fizike*, Pedagoški fakultet, Sombor;
46. Kadelburg N. (2010), *Zbirka zadataka sa laboratorijskim vežbama za VIII razred osnovne škole*, Krug, Beograd, 2010;
47. Eksperiment: *Kako da stavimo svoj glas na svetlosni snop*; Florida State University, dostupno na <http://www.vega.org.uk/video/programme/164>;
48. Kostić Ž. (2003), *Između igre i fizike*, Institut za ekonomiku i finansije, Beograd, 2003;
49. <http://www.viva-fizika.org/> ;
50. www.svijetfizike.com;
51. <http://www.eskola.hfd.hr>;
52. <http://sr.wikipedia.org>;
53. <http://www.sciencemag.org/>;
54. <http://www.americascientist.org/>;
55. <http://library.thinkquest.org/23805/math.htm>;
56. *Project based learning*, dostupno na pbl-online.org/;
57. *Mini projects in scientific method*, dostupno na websrv0a.sdu.dk/ups/ SCM/projects.html.

Kratka biografija kandidata



Snežana Dujaković, rođena 04.12.1972. godine u Zemunu. Završila osnovnu školu »Mladost« u Novoj Pazovi i srednju školu »Nadežda Petrović« u Zemunu. 1991.godine upisala Prirodno-matematički fakultet u Beogradu, smer - fizika, obrazovni profil - profesor fizike za srednju školu. 2011. godine upisala master studije u Novom Sadu.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

Monografska dokumentacija

TD

Tip zapisa:

Tekstualni štampani materijal

TZ

Vrsta rada:

Master rad

VR

Autor:

Snežana Dujaković

AU

Mentor:

dr. Dušanka Obadović, redovni prof.

MN

Naslov rada:

Primena naučnog metoda u obradi nastavne jedinice »Refleksija

NR

svetlosti i ravna ogledala« za osnovne škole

Jezik publikacije:

srpski (latinica)

JP

Jezik izvoda:

srpski/engleski

JI

Zemlja publikovanja:

Republika Srbija

ZP

Uže geografsko područje:

Vojvodina

UGP

Godina:

2012

GO

Izdavač:

Autorski reprint

IZ

Mesto i adresa:

Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi

MA

Sad

Fizički opis rada:

FO

Naučna oblast:

Fizika

NO

Naučna disciplina:

Tematski pristup nastavi fizike

ND

Predmetna odrednica/ ključne reči:

Naučni metod, zakon odbijanja svetlosti, ravno ogledalo,

PO

konstrukcija lika predmeta kod ravnih ogledala, primena naučnog
metoda u nastavi

UDK

Čuva se:

Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

ČU

Važna napomena:

nema

VN

Izvod:

U ovom radu obrađuje se nastavna jedinica „Refleksija svetlosti i
ravna ogledala“ u okviru nastavne teme „Svetlosne pojave“. Prikazano je kako se implementacijom jednostavnih ogleda, navode učenici da istražuju i uvodi naučni metod u nastavu.

Datum prihvatanja teme od NN

veća:

28.03.2012.

DP

Datum odbrane: 04.04.2012.
DO

Članovi komisije:
KO
Predsednik: dr. Milica Pavkov Hrvojević, vanr. prof.
član: dr. Maja Stojanović, docent
član: dr. Dušanka Obadović, red. prof.

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS
KEY WORDS DOCUMENTATION

<i>Accession number:</i>	
ANO	
<i>Identification number:</i>	
INO	
<i>Document type:</i>	Monograph publication
DT	
<i>Type of record:</i>	Textual printed material
TR	
<i>Content code:</i>	Final paper
CC	
<i>Author:</i>	Snezana Dujakovic
AU	
<i>Mentor/comentor:</i>	Ph.D. Dusanka Obadovic, full prof.
MN	
<i>Title:</i>	The application of scientific method in the processing unit "Reflection of light and plane mirrors" in primary school
TI	
<i>Language of text:</i>	Serbian (Latin)
LT	
<i>Language of abstract:</i>	English
LA	
<i>Country of publication:</i>	Republic of Serbia
CP	
<i>Locality of publication:</i>	Vojvodina
LP	
<i>Publication year:</i>	2012
PY	
<i>Publisher:</i>	Author's reprint
PU	
<i>Publication place:</i>	Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad
PP	
<i>Physical description:</i>	
PD	
<i>Scientific field:</i>	Physics
SF	
<i>Scientific discipline:</i>	Thematic approach to teaching physics
SD	
<i>Subject/ Key words:</i>	The scientific method, the law of reflection light, plane mirror, image of objects in a plane mirrors, the application of scientific method in teaching
SKW	

UC

Holding data:

Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

HD

Note:

none

N

Abstract:

AB

"Reflection of light and plane mirrors" in the framework of the theme "Light phenomena" in the teaching process is given in this work. Showing how the implementation of simple experiments, according to research students and introduces the scientific method in teaching.

Accepted by the Scientific Board:

28.03.2012.

ASB

Defended on:

04.04.2012.

DE

Thesis defend board:

DB

President: Ph.D. Milica Pavkov Hrvojević, associet prof.:

Member: Ph.D. Maja Stojanović, assistent prof.

Member: Ph.D. Dušanka Obadović, full prof.