

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
MATEMATIČKI ODSJEK

Marija Lončar

POKUSI IZ OPTIKE U INTERAKTIVNOJ NASTAVI
FIZIKE

Diplomski rad

Voditelj rada:

dr. sc. Ana Sušac

Zagreb, 2016.

Ovaj diplomski rad obranjen je dana _____ pred ispitnim
povjerenstvom u sastavu:

1. _____ , predsjednik
2. _____ , 1. član
3. _____ , 2. član

Povjerenstvo je rad ocijenilo ocjenom _____.

Potpisi članova povjerenstva:

1. _____
2. _____
3. _____

Ovaj rad posvećujem mojim roditeljima, sestrama, bratu i mužu koji su uvijek uz mene unatoč tome što su bili daleko tijekom mog studiranja. Hvala mojoj zagrebačkoj obitelji s kojom sam pet godina dijelila i smijeh i suze. Hvala i ostatku moje obitelji, prijateljicama i prijateljima na svakoj riječi podrške koja me gurala naprijed i, na kraju, dovela do pisanja ovog rada. Najveće hvala mentorici, dr. sc. Ani Sušac, na svakoj od nebrojeno pomoći koje mi je pružila tijekom pisanja ovog diplomskog rada.

Sadržaj

Uvod.....	1
1. Učeničke poteškoće i miskoncepcije u optici	4
2. Geometrijska optika.....	7
2.1. Rasprostiranje svjetlosti	7
2.2. Odbijanje svjetlosti i ravna zrcala	13
2.2.1.Odbijanje svjetlosti	13
2.2.2. Slika u ravnom zrcalu	18
2.3. Lom svjetlosti.....	22
2.3.1. Lom svjetlosti u vodi	22
2.3.2. Lom svjetlosti u polukružnoj ploči.....	30
2.4. Leće	33
3. Fizikalna optika.....	44
3.1. Interferencija svjetlosti.....	45
3.1.1. Interferencija svjetlosti pomoću dvije pukotine	45
3.1.2. Interferencija svjetlosti pomoću Fresnelove biprizme.....	48
3.2. Ogib svjetlosti na pukotini	51
3.3 Polarizacija svjetlosti s dva jednaka polaroida.....	55
4. Osvrti na sate održane u školi	61
4.1. Izvori i rasprostiranje svjetlosti	61
4.2. Odbijanje svjetlosti i ravna zrcala	61
4.3. Lom svjetlosti.....	62
4.3. Leće	63

4.4. Zaključak.....	63
Bibliografija.....	64

Uvod

Da bi učenici što bolje savladali gradivo, nastavu fizike je poželjno provoditi interaktivno. Takva nastava isključuje tradicionalni oblik predavanja, tj. nastavu u kojoj nastavnik prepričava gradivo, a učenici samo zapisuju predavano bez da su misaono aktivni na satu. Interaktivnu nastavu provodimo razgovorom s učenicima, pripremljenim pitanjima kojima učenike vodimo do zaključka, a nikako ne iznosimo gotove zaključke. Učenici tako uče na satu, ali i razvijaju svoje misaone sposobnosti te im jača moć razmišljanja i zaključivanja [\[19\]](#).

Jedna od metoda interaktivne nastave fizike je i izvođenje pokusa. Pokus možemo izvoditi frontalno pred učenicima ili ih učenici mogu izvoditi sami, ovisno o vrsti pokusa te dostupnom priboru. Pokuse u nastavi izvodimo kako bi učenici mogli vidjeti neku fizikalnu pojavu, a ne samo slušati o njoj ili vidjeti slike u udžbeniku iz fizike. Osim što su jako dobri za učenje, čine nastavu puno zanimljivijom i učenicima i nastavnicima. Pokus može biti opservacijski (upoznavanje nove pojave), istraživački (testiramo prethodno postavljene hipoteze) ili aplikacijski (primjena prije stečenog znanja) [\[19\]](#). Pokus je interaktivno proveden ako učenicima objasnimo eksperimentalni postav, ali ne i kažemo što se i zašto događa nego tražimo od učenika da sami uoče fizikalnu pojavu te razmišljajući, uz nastavnikovu pomoć, zaključče zašto se pokus tako odvio [\[12\]](#).

Sposobnost rješavanja problema u fizici zahtjeva od učenika da razmišljaju i traže uzroke pojava poput fizičara. Pokusima učenici razvijaju svoje hipotetsko-deduktivne vještine tako da predviđaju rezultate i testiraju eksperimentalno te pretpostavke. Na početku trebaju smisliti pokus, zatim pretpostaviti ishod te objasniti svoju pretpostavku i provesti pokus. Nakon pokusa uspoređuju ishod sa svojom pretpostavkom te objašnjavaju zbog čega nije bila dobra (ako nije bila dobra) [\[4\]](#).

Optika je grana fizike koja se bavi svjetlošću i jako je važno da učenici pomoću pokusa vide njezina svojstva. Ovo je jedno od područja fizike koje učenicima možemo pokazati bez poteškoća. Uz dobru pripremljenost nastavnika, pokusi su lako razumljivi i pristupačni učenicima.

U osmom razredu osnovne škole učenicima se obraća pozornost na geometrijska svojstva svjetlosti. Prvo je potrebno razjasniti da je svjetlost odgovorna za to što vidimo, da nisu potrebne samo oči nego da je svjetlost ta koja nam daje sliku svijeta oko nas. Samim time, učenici uviđaju važnost optike. U osnovnoj školi nastavnik može pokazati učenicima puno pokusa, a većinu pokusa učenici mogu napraviti sami uz upute koje im dajemo usmeno ili na radnom listu. To je moguće u gotovo svim školama jer za geometrijsku optiku ne treba nikakva skupa aparatura. Kada proučavamo rasprostiranje svjetlosti i njeno pravocrtno širenje potreban materijal možemo napraviti s učenicima što nastavu čini još zanimljivijom. Gotovo svaka škola je u mogućnosti opremiti se s nekoliko zrcala i leća da bi učenici promatrali refleksiju i lom svjetlosti, a mogu se koristiti i neki priručni materijali. Pokusi iz geometrijske optike su jednostavni i zanimljivi što nastavnicima znatno olakšava rad.

U srednjim školama (gimnazijama i tehničkim školama) obrađuje se i geometrijska i fizikalna optika te se učenici susreću s dualnom prirodom svjetlosti. Učenici mogu uočiti da se svjetlost nekad promatra pomoću zraka svjetlosti (u geometrijskoj optici), kao val (u fizikalnoj optici) ili kao niz fotona (u modernoj fizici). To može biti zbunjujuće za učenike pa je potrebno razjasniti različite modele svjetlosti i kada se koji koristi. Na primjer, ako je valna duljina svjetlosti puno manja od dimenzija pribora koji se koristi (npr. zrcala, leće) i osjetljivost mjernih uređaja puno manja od energije svjetlosti, valna i čestična svojstva nisu izražena pa promatramo model širenja svjetlosti pomoću zraka svjetlosti, tj. proučavamo geometrijsku optiku. Neki pokusi iz geometrijske optike koji se koriste u osnovnoj školi mogu se ponoviti u srednjoj školi jer se učenici često slabo prisjećaju pojmova koje su radili iz geometrijske optike u osnovnoj školi. U srednjoj školi se detaljnije rade konstrukcije slike u zrcalima i lećama, a moguće je uvesti i drugi pribor kao na primjer polukružne prozirne ploče kao što je opisano u ovom diplomskom radu.

Pokusi iz fizikalne optike su zahtjevniji jer je potrebna skuplja aparatura kao i određeni uvjeti. Često je potrebno osigurati dovoljno mračnu učionicu što nije moguće u svim školama. Važno je napraviti ključne pokuse u kojima se pokazuje interferencija, ogib i polarizacija svjetlosti. Svjetlost kao niz fotona u diplomskom radu nisam obuhvatila jer se tom prirodom svjetlosti bavi kvantna fizika.

U prvom poglavlju navedene su učeničke poteškoće u području optike, u drugom poglavlju nalaze se pripreme i pokusi iz geometrijske optike, a u trećem pokusi iz fizikalne optike. Četvrto poglavlje sadrži osvrte na sate koje sam održala u školi na teme: Izvori i rasprostiranje svjetlosti, Odbijanje svjetlosti i ravna zrcala, Lom svjetlosti i Leće. Za pripreme iz geometrijske optike korišteni su udžbenici i radne bilježnice za osnovnu školu [\[1\]](#),[\[2\]](#),[\[3\]](#) i [\[16\]](#), materijali s [\[20\]](#) i [\[21\]](#), a za pripreme iz fizikalne optike korišteni su udžbenici i zbirke zadataka za srednju školu [\[11\]](#), [\[14\]](#), [\[15\]](#) i [\[17\]](#) materijali s [\[20\]](#) i [\[21\]](#) te sadržaj s [\[18\]](#) .

Poglavlje 1

Učeničke poteškoće i miskonceptije u optici

Pošto prethodna znanja i konceptije znatno utječu na shvaćanje novoga (puno je lakše usvojiti novo znanje ako učenici nemaju nikakvog znanja o njemu nego ako imaju pogrešno) jako je važno znati što učenici misle o određenom području. Provedena su razna istraživanja među učenicima iz poznavanja geometrijske optike prije nego što su je počeli učiti u školi. Učenici su i prije učenja optike u školi upoznati s nekim optičkim sustavima, grafički mogu opisati i objasniti neke optičke pojave, ne znaju dosljedan opis i objašnjenje za širenje svjetlosti, koncept vida im je zapanjujući te ga smatraju fenomenom koji se ne može objasniti. Metode ispitivanja bile su različite: individualna ispitivanja, grupna ispitivanja, usmena te pismena ispitivanja. Rezultati su pokazali različite predodžbe o širenju svjetlosti i osjetilu vida – neki učenici prikazuju svjetlost kao pravac, neki kao "oblačić" koji zauzima cijeli prostor, dok neki pretpostavljaju da ne znamo kako se svjetlost rasprostire te crtaju krive linije. Vid objašnjavaju kao da oči šalju "signal" koji registrira predmete [5].

Pri ispitivanju učenika od 14 godina većina ih se složila da svjetlost omogućava da vidimo, ali dosta ih je smatralo da svjetlost izlazi iz predmeta [5]. Osim toga, uočeno je da učenici ne povezuju svjetlost i vid, tj. jasno im je da svjetlost obasjava predmete, ali ne mogu shvatiti da zrake svjetlosti dolaze s predmeta u oko te tako vidimo predmete [6]. Učenici svjetlost smatraju kao nešto što ispunjava prostor da bi osvijetlilo predmete, a vid objašnjavaju kao da se šalje neka zraka iz očiju koja registrira predmet. Dakle, učenici imaju stvorene konceptije svjetlosti i vida prije nego što uče to u školi, a to znatno otežava nastavnicima da im prenesu ispravno znanje [13].

Učenici od 15 godina na istraživanju su odgovarali na više pitanja koja su se odnosila na različite dijelove geometrijske optike. Osim vida i rasprostiranja svjetlosti, trebali su objasniti kako nastaje slika na ravnom zrcalu, što radi konvergentna leća sa

svjetlošću te kako nastaje sjena. U jednom su primjeru imali upaljenu svijeću te je većina učenika odgovorila da svjetlost ide iz svijeće u oko te je vidimo, ali ako je svijeća ugašena ili stavljen neki predmet koji nije izvor svjetlosti nisu znali zašto ga vidimo. Svjetlost su većinom prikazivali pravcem iako su neki crtali krivulje pretpostavljajući da ne znamo kako se širi svjetlost. Sjenu su crtali na podu po sjećanju, bez obzira na to gdje je Sunce, a kod leće su većinom nacrtali da skuplja svjetlost iz Sunca u jednu točku. Rezultati upućuju na to da učenici zaključuju na osnovu svakodnevnog života. Crtali su i opisivali ono što svakodnevno vide bez dubljeg razmišljanja o uzroku i posljedicama (npr. nisu razmišljali kako nastaje sjena nego nacrtali onako kako vide sjene oko sebe) [5].

Brojna istraživanja (koja su došla do sličnih rezultata) slažu se da se nastavnici trebaju upoznati s idejama koje su pokazali učenici. Potrebno je suočiti se s tim miskoncepcijama u optici te ih zamijeniti novim, ispravnim znanjima. Posebna pažnja treba biti posvećena širenju svjetlosti i osjetilu vida kao i pojmu slike u optici [6].

Kada su u pitanju sferna zrcala ili leće, učenici teško shvaćaju prirodu slike. Neki smatraju da prirodu slike možemo odrediti po njenom položaju (je li ispred ili iza zrcala ili leće) te se ovdje ističe važnost pokusa, a ne samo crtanje skice. Učenici mogu uočiti da pri nastanku realne slike zbilja vide da se svjetlosne zrake sijeku, mogu tu sliku "uhvatiti na zastoru" dok kod virtualne slike to nije slučaj [7]. Nadalje, javljaju se poteškoće ako se ne mogu nacrtati karakteristične zrake kod leće ili sfernog zrcala. Učenicima je potrebno pokazati pokusom da sliku ne čine samo karakteristične zrake nego i sve ostale tako da, ukoliko nema karakterističnih zraka, slika predmeta i dalje postoji [7].

Osim kod učenika, problemi s nastankom sjene predmeta primijećeni su i kod studenata fizike. Istraživanja su pokazala da dosta studenata ne razumije da sjena nastaje zbog pravocrtnog širenja svjetlosti. U tu svrhu napravljeni su pokusi s pukotinama raznih oblika te su studenti promatrali sjene i donosili zaključke. Razumijevanje studenata nakon pokusa znatno se poboljšalo [9].

Također, učenici dosta problema imaju i s fizikalnom optikom. Na početku, teško shvaćaju koherentnost dvaju valova i važnost koherentnih valova za interferenciju. Pošto im to stvara problem, poteškoće se javljaju i kod razumijevanja razlike putova valova pri

interferenciji. Učenici ne razumiju smisao pukotine za difrakciju te misle da nema difrakcije ako smanjimo pukotinu jer tada val svjetlosti ne može proći kroz nju te misle da pukotina "pušta samo dio svjetlosti" što je ustvari uloga polaroida [12].

Kod fizikalne optike učenici se susreću i s računanjem valne duljine svjetlosti i izražavanjem razlike putova u valnim duljinama. Istraživanja su pokazala da mnogi učenici ne znaju izraziti udaljenost koju je prešao val u valnim duljinama. Gotovo svi učenici iskazali su širinu danog papira duljinom olovke (na primjer, širina papira jednaka je dvjema duljinama olovke), ali većina ih nije znala izraziti udaljenost u valnim duljinama iako su zadaci analogni. To upućuje na zaključak da možda učenici valnu duljinu ne izjednačavaju s udaljenošću [8].

Sve ove poteškoće ukazuju na to da su pokusi jako bitni u nastavi jer će učenici lakše izmijeniti svoje pogrešne ideje o nekoj pojavi ako se uvjere i vide da im prethodne ideje nisu bile točne.

Poglavlje 2

Geometrijska optika

2.1. Rasprostiranje svjetlosti

Da bismo uopće mogli s učenicima razgovarati o svjetlosti i o optici trebamo prvo raspraviti kako se svjetlost širi i kako vidimo predmete oko sebe. U nastavku se nalazi priprema za cijeli sat. Nastavni sat za ovu temu je zamišljen kao kombinacija demonstracijskog pokusa te rada učenika u grupama.

UVODNI PROBLEM: Vidimo li svjetlost?

→ Prikupljanje učeničkih ideja.

Vidimo li predmete u mračnoj prostoriji? Zašto? Što trebamo učiniti da ih vidimo?

→ U mračnoj prostoriji ne vidimo predmete. Treba nam neki izvor svjetlosti, na primjer žarulja.

Vidimo li svjetlost? Što vidimo ako uključimo žarulju?

→ Svjetlost ne vidimo, ali vidimo žarulju i predmete koji su osvijetljeni.

Možemo li nekako ipak učiniti svjetlost vidljivom?

→ Prikupljanje odgovora i ideja za pokus. Možda će se neki učenici sjetiti da ponekad možemo vidjeti svjetlost ako ima prašine.

POKUS: Širenje svjetlosti iz grafoskopa

Potreban materijal: grafoskop, puder.

Tijek pokusa: Nastavnik posipa snop svjetlosti iz grafoskopa puderom kako bi učenici vidjeli da svjetlost vidimo na platnu, ali se nalazi i svuda između grafoskopa i platna

→ Pisanje učeničkih zaključaka, tj. odgovora na pitanje: Vidimo li svjetlost?.

ISTRAŽIVAČKO PITANJE: Kako se rasprostire svjetlost u prostoru?

→ Prikupljanje učeničkih ideja.

Nastavnik pokazuje učenicima dva kartona s probušenim rupicama i svijeću te pita mogu li smisliti pokus kojim bi provjerili kako se rasprostire svjetlost.

→ Prikupljanje učeničkih ideja za pokus.

Nastavnik poziva jednog učenika da namjesti kartone tako da vidi plamen svijeće.

POKUS: Rasprostiranje svjetlosti

Potrebna materijal: svijeća, dva kartona s probušenim rupicama

Tijek pokusa: Treba upaliti svijeću te namjestiti dva kartona tako da se vidi plamen svijeće kroz obje rupice.

Učenik namjesti kartone tako da vidi vrh plamena svijeće. Nastavnik na ploči prikaže vrh plamena svijeće jednom točkom te rupicu prvog kartona drugom točkom i pita učenika da nacrti gdje treba biti rupica drugog kartona kako bismo vidjeli vrh plamena.

Ako učenik nacrti pogrešno, nastavnik postavlja kartone u položaj koji je učenik pretpostavio da bi mu pokazao da tada ne vidi plamen.

Ako učenik nacrti točno, nastavnik pita učenike da povežu tri točke.

Što iz ovog možemo zaključiti? Kako se širi svjetlost?

→ Učenici zaključuju da točke pripadaju pravcu, tj. da se svjetlost širi pravocrtno.

Kako bismo nazvali taj pravac?

→ Svjetlosna zraka.

Kako bismo nazvali više takvih zraka?

→ Snop svjetlosti.

Nastavnik uvodi pojmove svjetlosna zraka i snop svjetlosti naglašavajući da je svjetlosna zraka zamišljena linija koja pokazuje pravac i smjer širenja svjetlosti. Uski snop svjetlosti možemo predočiti svjetlosnom zrakom.

Što bi nastalo kad bismo između kartona i svijeće stavili neki predmet?

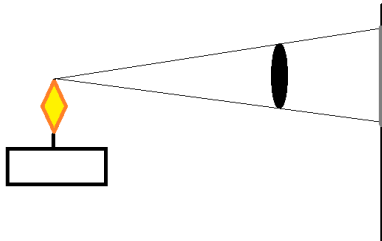
→ Nastala bi sjena.

Nastavnik traži od učenika da smisle pokus kojim bi to provjerili te nakon njihovih ideja im dijeli radne listove, svijeće, papire (zastor) te kartone (predmet).

Radni list:

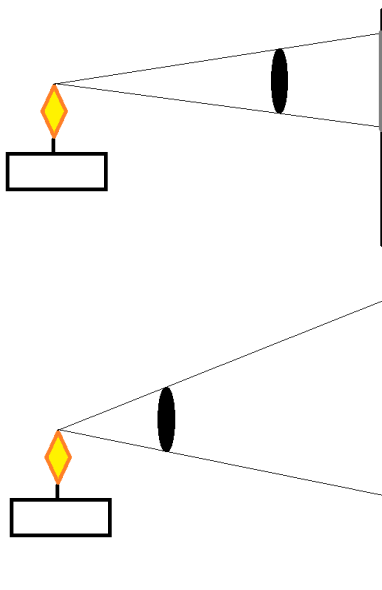
1. Na stol postavite svijeću, karton kao predmet i bijeli papir kao zastor, te promotrite nastalu sjenu. Što opažate? Skicirajte i opišite opažanje.

→ Na zastoru vidimo sjenu predmeta.



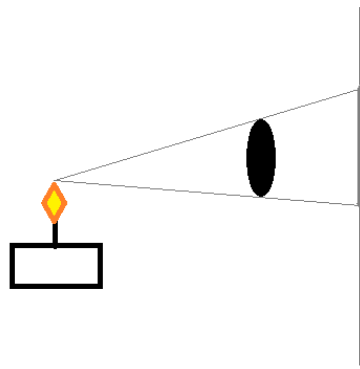
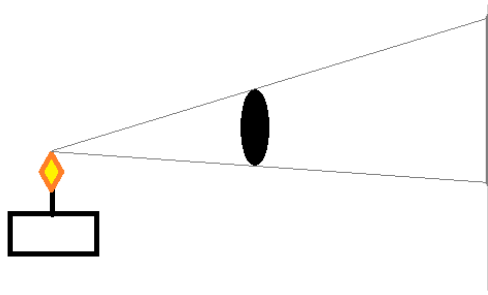
2. Pomičite predmet. Skicirajte i opišite opažanje.

→ Što je predmet bliže izvoru (dalje od zastora) sjena predmeta je veća.



3. Pomičite zastor. Skicirajte i opišite opažanje.

→ Što je zastor dalje od predmeta, sjena predmeta je veća.



4. O čemu ovisi veličina sjene?

→ Veličina sjene ovisi o udaljenosti predmeta od izvora i udaljenosti zastora od predmeta.

5. Postoji li sjena ako nema zastora? Gdje se ona nalazi?

→ Sjena postoji i bez zastora u prostoru iza predmeta.

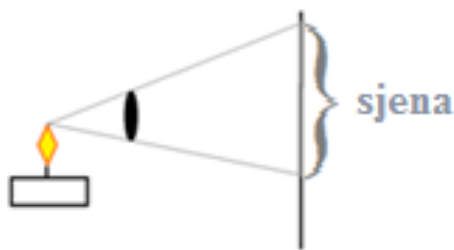
6. Na stol postavite upaljenu svijeću, karton kao predmet i zastor, te promotrite nastalu sjenu. Dodajte još jednu, pa još jednu svijeću. Što opažate?

→ Kada stavimo jednu svijeću na zastoru se vidi sjena predmeta.

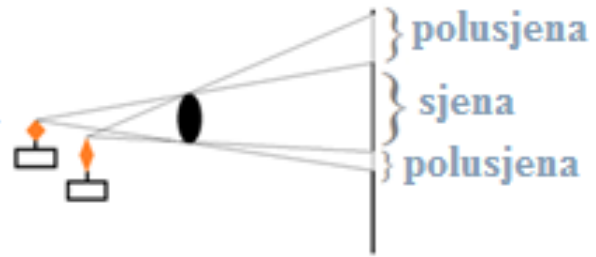
Kada stavimo dvije svijeće nastaje još jedna sjena predmeta koja se preklapa s prvom. U njihovom presjeku je sjena tamna, a sa strane je svjetlija polusjena.

Kada stavimo treću svijeću nastaje još jedna sjena predmeta, sada je najtamnija sjena u presjeku tri sjene, a sa strane su svjetlije polusjene.

Skicirajte kako nastaje sjena.



Skicirajte kako nastaje polusjena.



7. Na osnovi ovih pokusa što biste zaključili što je sjena, a što polusjena?

- Sjena je dio prostora iza neprozirnog tijela u koji ne dolazi svjetlost iz izvora.
U područje polusjene dolazi svjetlost samo od jednog dijela izvora.

8. Zbog čega nastaju sjena i polusjena predmeta?

- Sjena i polusjena nastaju jer se svjetlost rasprostire pravocrtno te ne može proći kroz predmet pa jedan dio prostora ostaje neosvijetljen.

ZAVRŠNO PITANJE: Što je to pomrčina Sunca ili pomrčina Mjeseca?

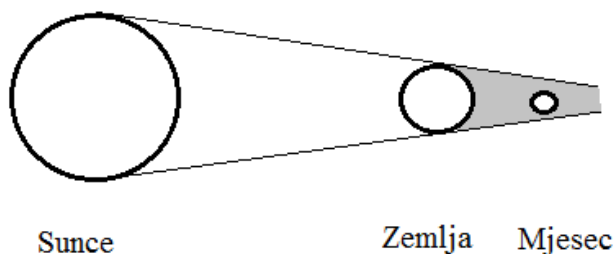
- Prikupljanje učeničkih odgovora

Nastavnik pokazuje učenicima štap na koji su obješene dvije kugle koje predstavljaju Mjesec i Zemlju te ih upućuje da grafoskop može predstavljati izvor svjetlosti, tj. Sunce.

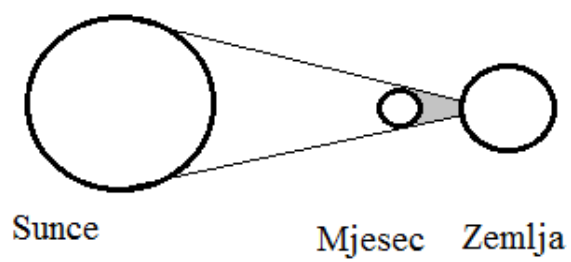
Kako bismo pomoću ovog pribora mogli prikazati pomrčine Sunca i Mjeseca?

- Učenici namještaju položaj Mjeseca i Zemlje u odnosu na Sunce te dobivaju model pomrčine Sunca i Mjeseca.

Skicirajte kako nastaje pomrčina Mjeseca.



Skicirajte kako nastaje pomrčina Sunca.



2.2. Odbijanje svjetlosti i ravna zrcala

Prikazat ću neke od pokusa primjerene učenicima osnovne kao i srednje škole za proučavanje odbijanja svjetlosti na ravnom zrcalu i otkrivanja kakva je slika na ravnom zrcalu. Prije nego proučimo odbijanje svjetlosti na ravnom zrcalu potrebno je razjasniti kako vidimo predmete. Na ovaj dio treba posvetiti posebnu pažnju jer učenici često imaju problema s modelom gledanja pa je potrebno riješiti te miskoncepcije. U nastavku se nalazi priprema za cijeli sat o odbijanju svjetlosti te dijelovi sata s pokusima s ravnim zrcalima. Ovisno o opremljenosti škole pokusi se mogu izvesti kao demonstracijski ili učenički pokusi.

2.2.1. Odbijanje svjetlosti

UVODNI PROBLEM: Kako vidimo predmete u učionici?

→ Prikupljanje učeničkih ideja.

Otkud dolazi svjetlost u učionicu? Kako nam svjetlost omogućuje da vidimo predmete?

→ Svjetlost u učionicu dolazi izvana ili iz žarulje te osvjetljava sve predmete.

Zbog čega vidimo prašinu u zraku?

→ Prašinu u zraku vidimo jer se svjetlost odbija na njoj.

Kako onda vidimo ostale predmete?

→ Također se svjetlost odbija na njima.

Skicirajte put svjetlosnih zraka koje nam omogućuju da vidimo predmete. Naznačite smjer širenja svjetlosti.

→ Učenici skiciraju odbijanje svjetlosti na predmetima. Nastavnik provjerava učeničke skice i po potrebi raspravlja s učenicima potrebu crtanja izvora svjetlosti i našeg oka koje nam omogućuje da vidimo predmete. Posebno je važno raspraviti smjer širenja svjetlosti – od predmeta u oko, a ne obrnuto kao što neki učenici misle.

Nakon razredne rasprave, učenici pišu zaključak, tj. odgovor na pitanje: "Kako vidimo predmete?".

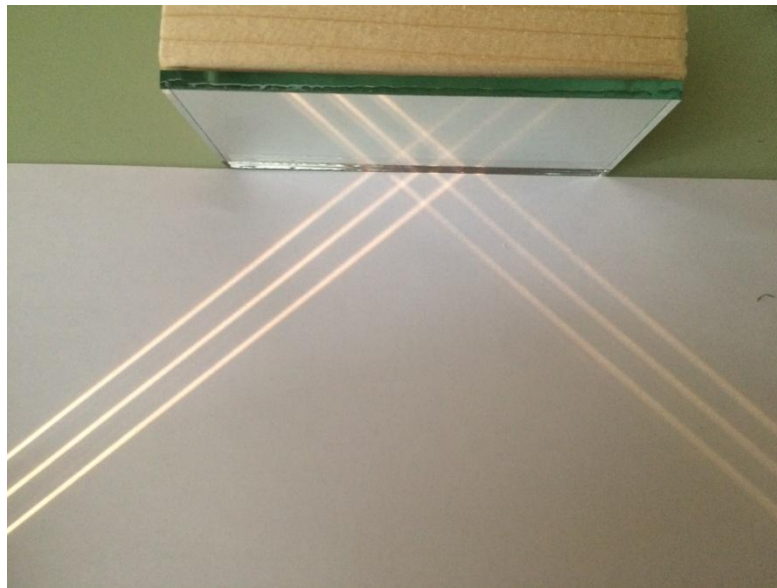
→ Zraka putuje iz izvora do predmeta na kojemu se odbija i dolazi u naše oko.

ISTRAŽIVAČKO PITANJE: Kako se odbija svjetlost na ravnom zrcalu?

→ Prikupljanje učničkih ideja.

Učenici na stolu imaju pribor za pokus: izvor svjetlosti s jednim prorezom i s tri proreza, papir s ucrtanim kutomjerom i zrcalo. Nastavnik traži od njih da smisle kako bi s tim priborom mogli proučavati odbijanje svjetlosti na ravnom zrcalu.

→ Prikupljanje učničkih ideja te izvođenje pokusa (slika 2.1). Nastavnik s učenicima raspravi da uske snopove svjetlosti iz izvora možemo promatrati kao zrake svjetlosti.



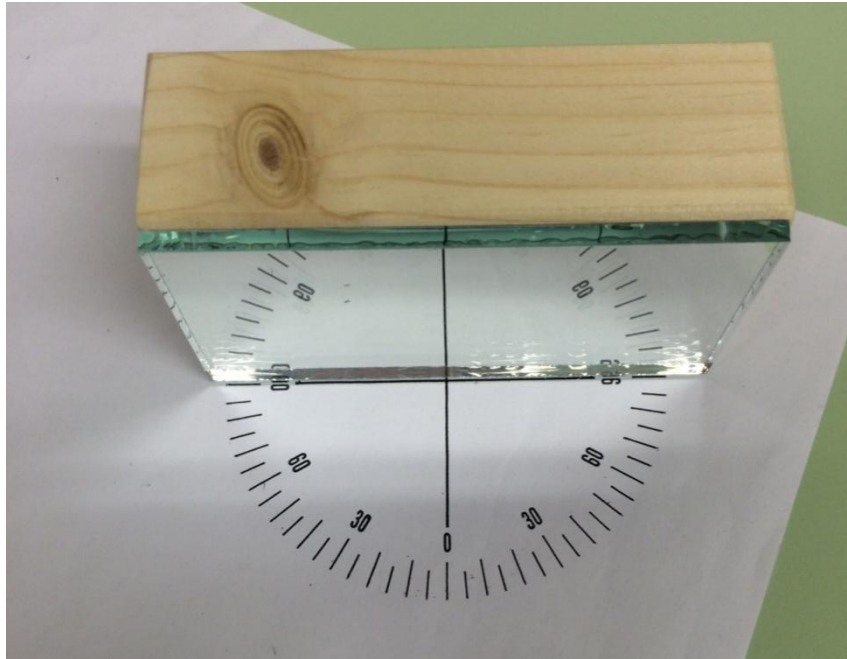
Slika 2.1: Odbijanje paralelnih zraka na ravnom zrcalu

Što možete zaključiti iz ovog pokusa?

→ Učenici uočavaju da se na ravnom zrcalu svjetlost odbija tako da paralelne zrake i nakon odbijanja ostale paralelne.

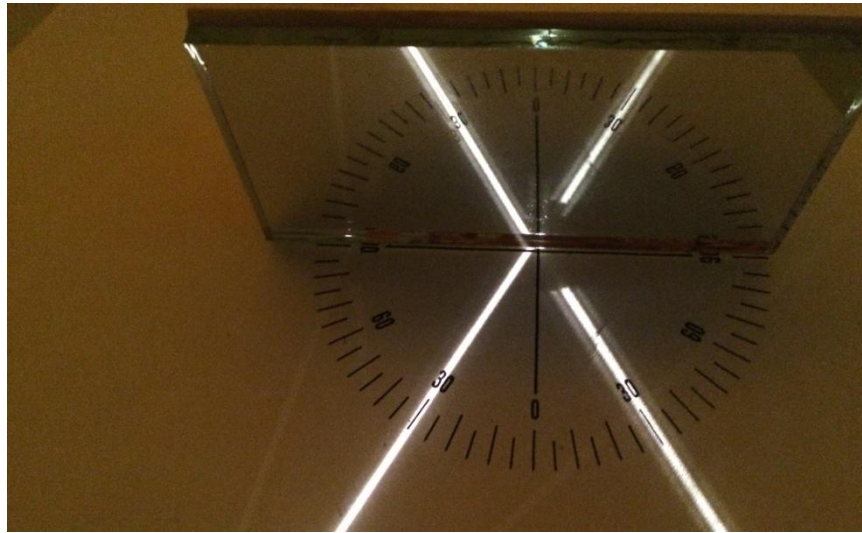
Postoji li neka pravilnost pri odbijanju zrake svjetlosti na ravnom zrcalu? Kako biste to provjerili pokusom?

→ Učenici iznose ideje te pomoću izvora s jednim prorezom, zrcala i kutomjera izvode pokus (slika 2.2).



Slika 2.2: Pribor za istraživanje odbijanja svjetlosti na ravnom zrcalu

Učenici namjeste da upadna zraka ide pod nekim kutom prema okomici te očitaju kut odbijanja (slika 2.3). Nastavnik treba s učenicima raspraviti koji kut se naziva upadnim kutom. Po dogovoru, to je kut između, upadne zrake i okomice na zrcalo u točki dodira zrcala i zrake svjetlosti. Kut odbijanja je kut između odbijene zrake i okomice.



Slika 2.3: Odbijanje svjetlosti na ravnom zrcalu

→ Učenici u bilježnice opisuju pokus i crtaju skicu pokusa.

Što možete zaključiti iz ovog pokusa?

→ Upadni kut jednak je kutu odbijanja.

Vrijedi li to za druge upadne kutove?

→ Učenici mijenjaju kutove i uvjere da to vrijedi i za ostale kutove.

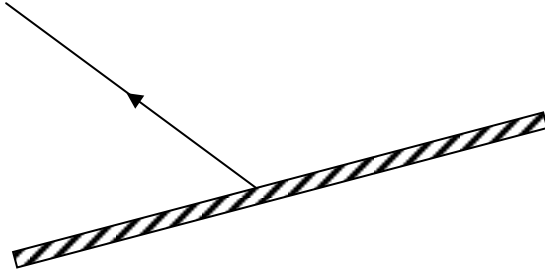
Nastavnik crta na ploči odbijanje zrake svjetlosti na ravnom zrcalu te piše da su upadni kut i kut odbijanja jednaki (npr. $\alpha = \beta$). To je zakon odbijanja ili refleksije svjetlosti.

Kako se svjetlost odbija na neravnim površinama? Kako bismo to provjerili pokusom?

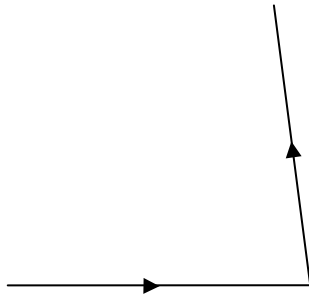
→ Učenici daju ideje te izvode pokus s tri paralelne zrake svjetlosti koje se odbijaju prvo o ravnu, a zatim o zgužvanu aluminijsku foliju. Uz pomoć nastavnika, dolaze do zaključka da neravnu površinu možemo zamisliti kao mnogo malih ravnih površina te odbijene zrake svjetlosti više nisu paralelne (difuzna svjetlost), ali zakon refleksije i dalje vrijedi.

ZAVRŠNI DIO SATA:

1. Na slici su prikazani zrcalo i odbijena zraka. Nacrtaj upadnu zraku.



2. Na slici je prikazan put zrake svjetlosti. Nacrtaj položaj zrcala.

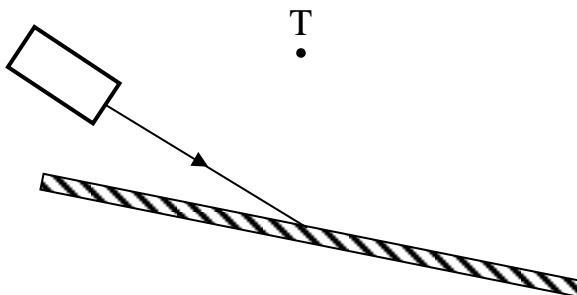


3. Na slici je prikazana upadna zraka, zrcalo i točka T.

a) Nacrtaj odbijenu zraku.

b) Nacrtaj položaj zrcala za koji odbijena zraka prolazi kroz točku T.

Provjeri pokusom svoj odgovor.



2.2.2. Slika u ravnom zrcalu

Učenici svakodnevno imaju priliku vidjeti sliku u ravnom zrcalu gledajući svoj odraz, ali vjerojatno nisu razmišljali koja su svojstva te slike. Stoga im pokazujemo zanimljiv pokus u kojem razmatraju svojstva te slike.

Što vidite kada se gledate u zrcalu?

→ Vidimo svoju sliku (odraz).

Kakva je ta slika?

→ Učenici će opisivati sliku i očekivano je da će odgovoriti da je ista kao i predmet. Ako je potrebno nastavnik postavlja dodatna pitanja o svojstvima slike u ravnom zrcalu.

Kakve je veličine slika u odnosu na predmet koji promatramo u ravnom zrcalu?

→ Slika je jednake veličine kao i predmet.

Je li slika uspravna ili obrnuta?

→ Slika je uspravna.

Ako imamo natpis na majici, što vidimo u zrcalu?

→ Natpis je obrnut. Ono što je na predmetu desno, na slici je lijevo.

Koliko je slika udaljena od zrcala?

→ Slika se nalazi na jednakoj udaljenosti od zrcala kao i predmet, samo s druge strane.

Kako to možemo provjeriti?

→ Ako predmet približimo zrcalu i slika će biti bliže zrcalu.

Je li slika u ravnom zrcalu realna?

→ Učenici će misliti da je slika realna jer se u zrcalu vidimo onakvim kakvi jesmo.

Nastavnik pokazuje učenicima pokus ili učenici izvode pokus po grupama.

Potreban materijal: dvije jednake svijeće i staklo između njih (svijeće treba staviti na jednaku udaljenost od stakla).

Kada se upali svijeća, u staklu se stvara odraz plamena te se čini kao da i svijeća s druge strane stakla gori (slika 2.4).



Slika 2.4: Pokus s dvije svijeće i staklom – samo je jedna svijeća upaljena, a čini se kao da obje svijeće gore.

Zašto nam se čini da je druga svijeća upaljena?

→ Svjetlost se reflektira na staklu pa stvara sliku.

Gdje se nalazi slika plamena?

→ Slika plamena se nalazi s druge strane stakla. Neki učenici će vjerojatno odgovoriti da se slika plamena nalazi na staklu. Tada nastavnik upućuje učenike da malo zakrenu staklo te neki učenici i dalje vide sliku, a neki ne (s tim da i oni koji je vide, ne vide je više na onom mjestu gdje je bila).

I dalje vidite staklo, ali nema plamena. Kako je to moguće ako se slika nalazi na staklu?

→ U razrednoj raspravi učenici zaključuju da se slika plamena nalazi s druge strane stakla i da je jednako udaljena od stakla kao i sami plamen.

Zašto smo drugu svijeću stavili na jednaku udaljenost od stakla kao i prvu svijeću koju smo upalili?

→ Slika prve svijeće nastaje na tom mjestu i zbog toga imamo dojam da i druga svijeća gori.

Kakav je plamen koji vidimo u staklu u odnosu na pravi plamen?

→ Plamen koji vidimo u staklu je jednake veličine kao pravi i jednako udaljen od zrcala kao i pravi plamen.

Što se događa kada pomaknemo svijeću koja gori?

→ Ako pomaknemo svijeću koja gori više nam neće izgledati kao da i druga svijeća gori jer slika plamena neće nastati tamo gdje se nalazi druga svijeća (slika 2.5).



Slika 2.5: Pokus s dvije svijeće i staklom – samo je jedna svijeća upaljena, ali sada se ne čini se kao da obje svijeće gore jer su svijeće na različitim udaljenostima od stakla

Je li ta slika realna?

→ Učenici će pretpostaviti da je slika realna jer izgleda isto kao i predmet. Možda će netko od učenika reći da slika nije realna jer druga svijeća nije stvarno upaljena.

Nastavnik uvodi pojam realne slike koja nastaje tamo gdje se zrake svjetlosti stvarno sijeku i takva se slika može vidjeti na zastoru.

Postavlja se zastor na mjesto gdje nastaje slika.

Što uočavate?

→ Učenici postave papir kao zastor na mjestu gdje nastaje slika plamena te uočavaju da slike na papiru nema, tj. slika nije realna.

Nastavnik na ploču crta točku kao plamen svijeće i dužinu koja predstavlja zrcalo te pita učenike kako bi skicom prikazali gdje nastaje slika plamena u zrcalu i kakva je ta slika.

→ Učenici daju svoje ideje

Nastavnik crta dvije upadne zrake te odgovarajuće reflektirane zrake. Reflektirane zrake produžuje iza zrcala te vide da slika nastaje na mjestu gdje se sijeku produžetci reflektiranih zraka. Zatim, uvodi pojam virtualne (prividne) slike koja nastaje tamo gdje se sijeku „crtkani“ produžetci realnih zraka.

→ Učenici pišu u bilježnice zaključak nakon pokusa, tj. kakva je slika koju vidimo u zrcalu.

2.3. Lom svjetlosti

2.3.1. Lom svjetlosti u vodi

U osnovnoj školi s učenicima trebamo doći do zaključka da se svjetlost lomi pri prijelazu iz jednog sredstva u drugo. U srednjoj školi to znanje proširujemo uvođenjem Snellovog zakona loma. Učenici istražuju lom svjetlosti na prozirnoj zakrivljenoj pločici te računaju indeks loma materijala koristeći očitane kutove.

Slijedi priprema za cijeli nastavni sat na temu "Lom svjetlosti" u osnovnoj školi.

UVODNI PROBLEM: Zašto ruka kada ju stavite u vodu izgleda slomljeno, kao da nije ravna?

→ Prikupljanje učeničkih ideja.

POKUS 1.

Potreban materijal: Čaša s vodom i olovka.

Tijek pokusa: U čašu s vodom nastavnik uroni olovku te učenici gledaju olovku pod nekim kutom (slika 2.6). Potrebno je učenicima naglasiti da gledaju "odozgo", a ne sa strane .



Slika 2.6: Olovka u vodi izgleda kao da je slomljena.

Kako izgleda olovka? Zašto?

→ Prikupljanje učeničkih ideja.

Opišite put svjetlosti od vrha olovke do našeg oka kad olovku promatramo u zraku i u vodi.

→ Kad olovka nije uronjena u vodu, svjetlost s njezina vrha dolazi u oko kroz zrak i olovka se ne čini slomljenom. Kad je olovka uronjena u vodu, svjetlost s vrha olovke dolazi u naše oko kroz vodu i zatim kroz zrak te se vrh olovke čini uzdignutim. To znači da se sa svjetlošću nešto događa pri prijelazu iz vode u zrak.

ISTRAŽIVAČKO PITANJE: Što se događa sa svjetlošću pri prijelazu iz jednog sredstva u drugo?

→ Prikupljanje učeničkih ideja. Nastavnik traži od učenika da sami osmisle neki pokus kojim bi potvrdili svoje ideje te ako sami ne dođu na ideju pokazuje im akvarij s vodom i zajednički dolaze do ideje. Nastavnik izvodi pokus kojim pokazuje učenicima ponašanje svjetlosti pri prelasku iz zraka u vodu.

POKUS 2.

Potreban materijal: akvarij s vodom, grafoskop.

Tijek pokusa: U akvarij napunjen vodom usmjeri se uski snop svjetlosti iz grafoskopa tako da na površinu vode dolazi pod nekim kutom (slika 2.7).



Slika 2.7: Lom svjetlosti pri prijelazu iz zraka u vodu

Kako izgleda zraka svjetlosti pri prijelazu iz zraka u vodu?

→ Zraka svjetlosti izgleda slomljeno.

Kada se lomi svjetlost?

→ Lomi se u prijelazu iz jednog sredstva u drugo.

Kakva su oba sredstva, vidi li se kroz njih?

→ Zrak i voda su prozirna sredstva.

Kakva je brzina svjetlosti u vodi u odnosu na brzinu svjetlosti u zraku?

→ Brzina svjetlosti u vodi manja je nego brzina svjetlosti u zraku.

Učenici u bilježnice pišu odgovor na pitanje: Što je lom svjetlosti i zbog čega nastaje?

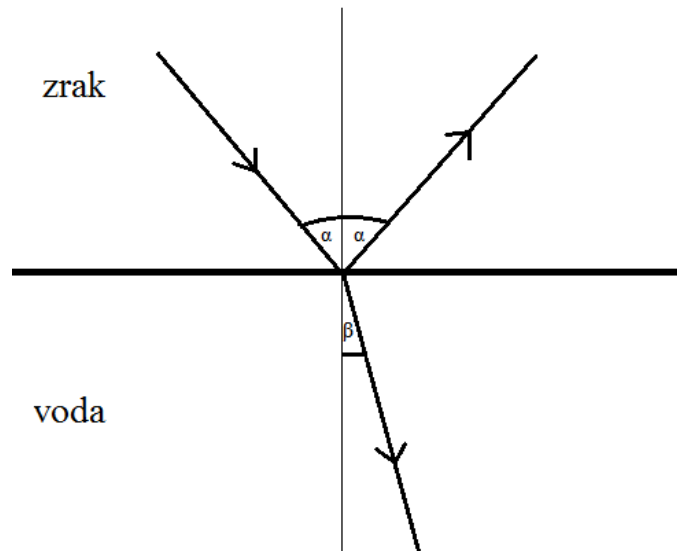
Odgovori se analiziraju te učenici ispravljaju ako su nešto pogrešno pretpostavili.

Kako se lomi svjetlost pri prijelazu iz jednog sredstva u drugo?

→ Učenici iznose svoje ideje.

Nastavnik zadaje učenicima da u bilježnice skiciraju pokus s akvarijem i snopom svjetlosti.

Nakon što pogleda kod učenika, nastavnik na ploču skicira lom svjetlosti. Komentira posebno da se na granici događa i refleksija i lom svjetlosti (slika 2.8).



Slika 2.8: Skica loma svjetlosti pri prijelazu iz zraka u vodu

Koji kut je upadni? Skicirajte ga.

→ Učenici skiciraju upadni kut. Ako je potrebno, nastavnik ih podsjeća što je bio upadni kut kod ravnog zrcala.

Koji kut je kut loma? Skicirajte ga.

→ Učenici skiciraju kut loma.

Usporedite upadni kut i kut loma.

→ Upadni kut je veći od kuta loma, $\alpha > \beta$.

POKUS 3.

Potrebni materijal: akvarij s vodom, grafoskop, zrcalo.

Tijek pokusa: Na dno akvarija postavi se zrcalo tako da učenici mogu promatrati i prijelaz svjetlosti iz vode u zrak (slika 2.9).



Slika 2.9: Lom svjetlosti pri prijelazu iz vode u zrak

Što uočavate?

→ Svjetlost se odbija o zrcalo.

Kakvi su kut upada i kut refleksije?

→ Kut upada i kut refleksije su jednaki.

Što se događa sa svjetlošću pri prijelazu iz vode u zrak?

→ Svjetlost se lomi.

Kako se svjetlost lomi?

→ Sada se zraka slomila od okomice, tj. kut loma je veći od upadnog kuta.

Nastavnik učenicima kaže da sredstvo u kojem je brzina svjetlosti manja nazivamo optički gušće sredstvo, a tamo gdje je veća nazivamo optički rjeđe sredstvo.

Učenici zapisuju u bilježnice odgovor na pitanje: Kako se lomi svjetlost pri prijelazu iz jednog sredstva u drugo?

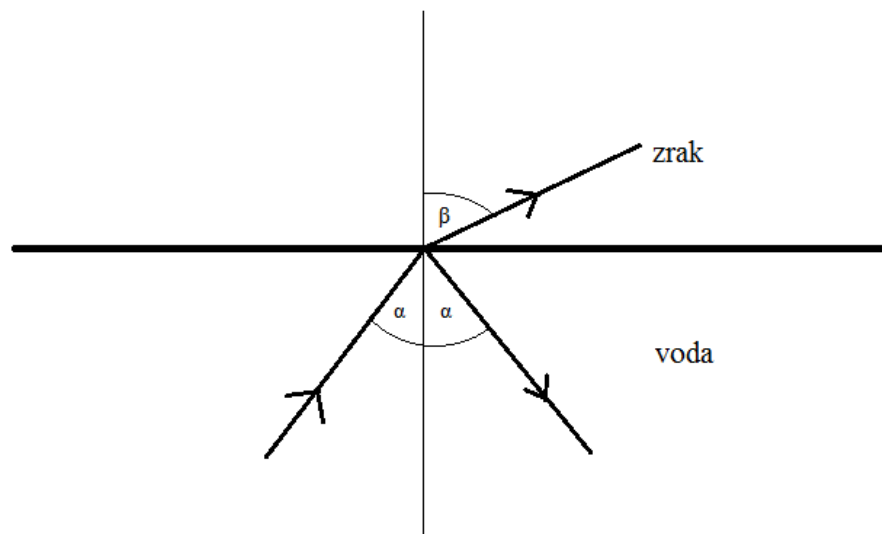
→ Kada svjetlost prelazi iz optički rjeđeg u optički gušće sredstvo lomi se prema okomici, a pri prijelazu iz optički gušćeg u optički rjeđe sredstvo lomi se od okomice.

Nastavnik ponovo traži da učenici opišu što se događa sa svjetlošću kada od vrha olovke dolazi na granicu vode i zraka i prelazi u zrak.

→ U tom slučaju svjetlost se lomi od okomice i zato nam se čini kao da je vrh olovke bliže nego što stvarno jest.

ZAVRŠNI DIO SATA

Zamislite da na dnu akvarija imamo svjetiljku koja daje uski snop svjetlosti pod nekim kutom prema površini vode. Skicirajte tu situaciju (slika 2.10).



Slika 2.10: Lom svjetlosti pri prijelazu iz vode u zrak

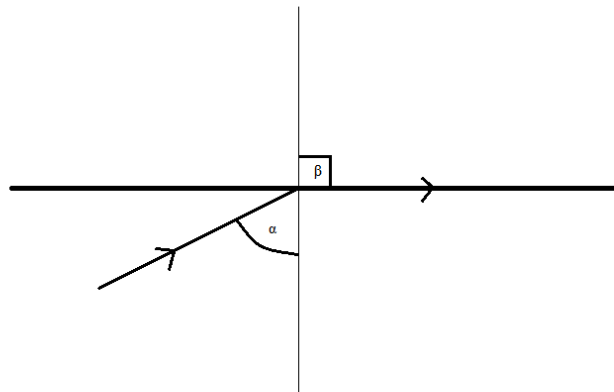
Kako se svjetlost lomi?

→ Svjetlost se lomi od okomice, kut loma veći je od upadnog kuta.

Što se događa s kutom loma ako povećavamo upadni kut?

→ U tom slučaju povećava se i kut loma.

Skicirajte situaciju kad je kut loma 90° .



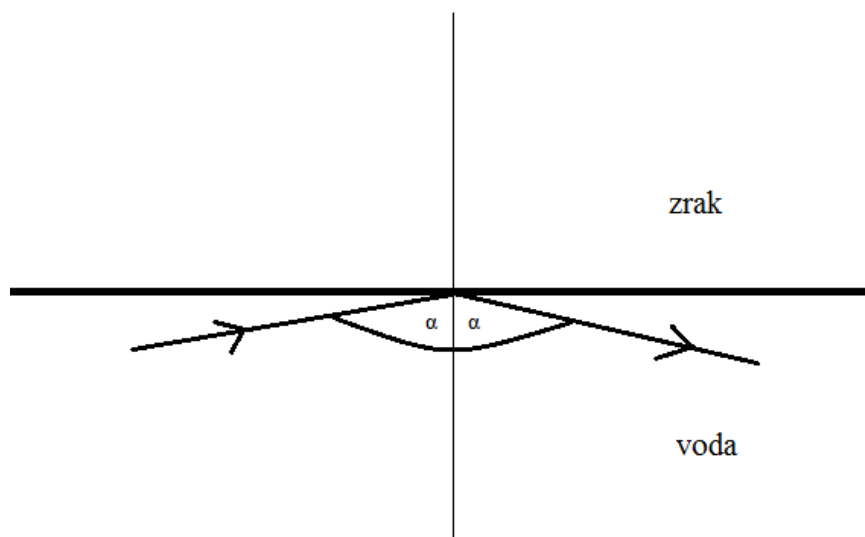
Slika 2.11: Skica graničnog kuta za totalnu refleksiju

Očekujemo da će učenici nacrtati upadni kut manji od 90° te da će uočiti da se tada lomljena zraka širi površinom vode, tj. granicom između ta dva sredstva (slika 2.11).

Takav upadni kut naziva se granični kut.

Sada nastavnik traži od učenika da skiciraju situaciju u kojoj je upadni kut veći od tog kojeg smo nazvali granični.

Što će se dogoditi sa zrakom svjetlosti ako je upadni kut veći od graničnog kuta? Ima li u tom slučaju loma svjetlosti?

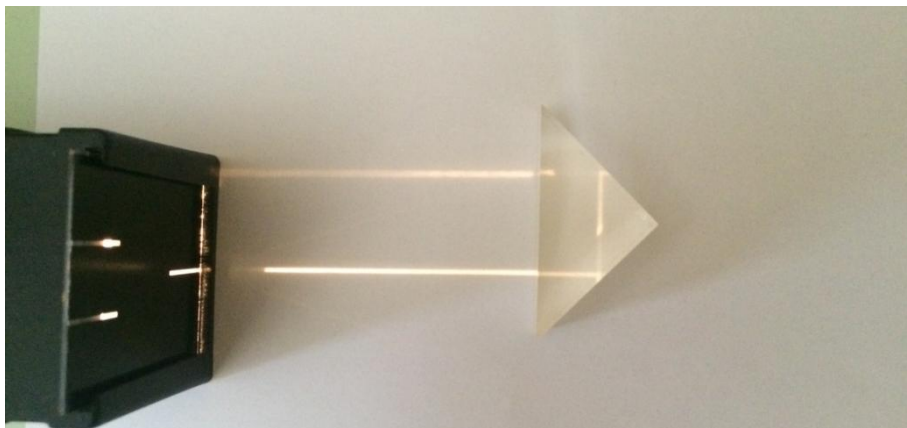


Slika 2.12: Totalna refleksija

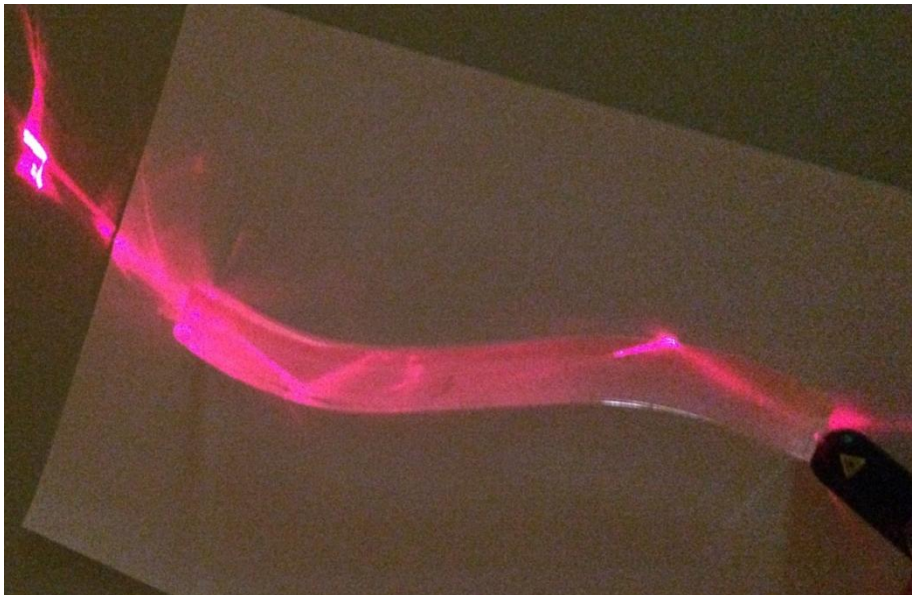
→ Nema loma svjetlosti. U tom slučaju reflektira se cijela zraka (slika 2.12).

Tu pojavu nazivamo totalna refleksija i događa se samo pri prijelazu iz optički gušćeg u optički rjeđe sredstvo.

Totalnu refleksiju možemo pokazati pomoću izvora svjetlosti s jednim prorezom i prizme (slika 2.13). Pomoću savijene plastične cijevi i lasera možemo pokazati kako se širi svjetlost kroz svjetlovod (slika 2.14). Na taj se način prenose podaci u optičkim vlaknima.



Slika 2.13: Totalna refleksija u prizmi



Slika 2.14: Totalna refleksija u savijenoj plastičnoj cijevi

2.3.2. Lom svjetlosti u polukružnoj ploči

Učenici srednje škole već su upoznati s lomom svjetlosti i Snellovim zakonom te sljedeći pokus može biti aplikacijski pokus u kojem će učenici istražiti kako se lomi svjetlost na polukružnoj ploči i primijeniti Snellov zakon loma.

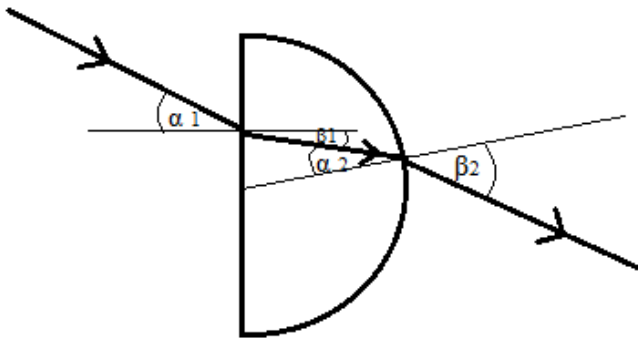
ISTRAŽIVAČKA PITANJA: Kako se lomi svjetlostna polukružnoj ploči? Koliki je indeks loma plastike od koje je napravljena polukružna ploča?

Potreban materijal: polukružna ploča, izvor svjetlosti s jednom prorezom, papir s nacrtanim kutomjerom, .

Tijek pokusa: Učenici u grupama dobivaju pribor i radne listove, a na kraju računaju indeks loma polukružne ploče (slika 2.15).

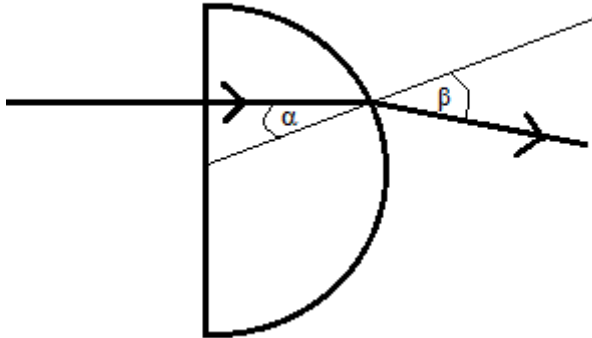
Radni list:

1. Uskim snopom svjetlosti obasjajte ravni dio plastične polukružne ploče tako da svjetlost ne upada okomito. Skicirajte put svjetlosti. Kako se svjetlost lomi?



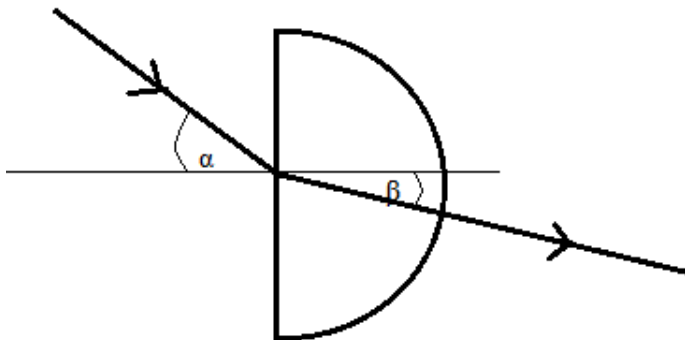
→ Svjetlost se lomi prema okomici kad prelazi iz zraka u plastiku. Na izlasku iz ploče svjetlost se lomi od okomice.

2. Obasjajte ravni dio polukružne ploče tako da svjetlost na njega upada okomito. Skicirajte put svjetlosti. Kako se svjetlost lomi?



→ Svjetlost se ne lomi na ulasku u ploču, a na izlasku se lomi od okomice. Svjetlost se ne lomi ako upada okomito na granicu dva sredstva.

3. Obasjajte ravni dio polukružne ploče tako da se lom dogodi na ulasku u ploču ali ne i na izlasku iz nje. Skicirajte put svjetlosti. Zašto se svjetlost na izlasku ne lomi?



→ Svjetlost se ne lomi na izlasku iz ploče jer dolazi okomito na granicu dva sredstva (polumjer je okomit na kružnicu).

4. Pomoću kutomjera na papiru odredite indeks loma plastike od koje je napravljena polukružna ploča. Mjerenja treba provesti tako da se zraka svjetlosti usmjerava pod nekim kutom u središte polukružne ploče. U tom slučaju se zraka lomi samo pri ulasku u plastiku i lako je očitati kut upada i kut loma (slika 2.15).

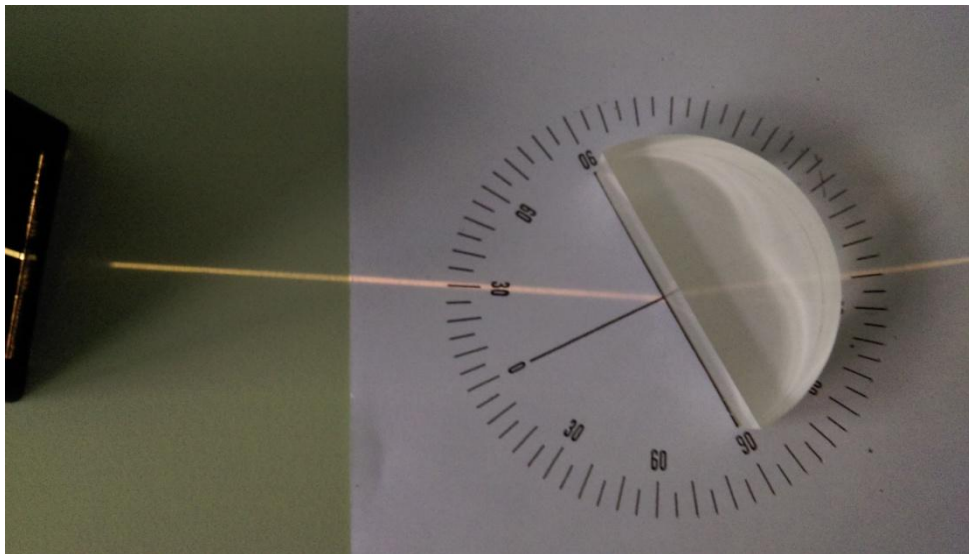
$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$$

	1	2	3	4	5
$\alpha / ^\circ$	30	40	50	65	10
$\beta / ^\circ$	20	25	30	35	5
n	1,46	1,52	1,53	1,58	1,42

$$\bar{n} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 n_i = \frac{7,51}{5} = 1,50$$

$$\Delta n_{max} = \max|n - \bar{n}| = 0,08$$

$$n = 1,50 \pm 0,08$$



Slika 2.15: Očitavanje upadnog kuta i kuta loma na polukružnoj pločici

2.4. Leće

Učenici su u svakodnevnom govoru puno puta čuli riječ *leća* i znaju da ljudi nose leće kada imaju problema s vidom. Cilj pokusa s lećama je istražiti što se događa sa svjetlošću kada prolazi kroz leće. Kroz dva školska sata možemo učenicima približiti leće tako što će u grupama proučavati lom svjetlosti na lećama.

Potreban materijal: leće (konvergentna i divergentna za svaku grupu), izvor svjetlosti s "jednom zrakom" i "pet zraka", papiri s nacrtanim mjestom za leću.

UVODNI PROBLEM: Što ljudi nose kada ne vide dobro?

→ Učenici će znati da ljudi nose naočale, ali ih vodimo pitanjima tako da dođu do toga da ljudi nose leće ako ne vide dobro te da su naočale ustvari leće.

Znate li gdje se još koriste leće?

→ Npr. povećalo, mikroskop, teleskop,...

Koliko ima vrsta leća?

→ Dvije.

Nastavnik pokazuje učenicima leće među kojima ima i konvergentnih i divergentnih te učenici trebaju vidjeti da se razlikuju dvije vrste, leće koje su deblje u sredini te one koje su deblje na krajevima.

Nastavnik raspravu vodi tako da vidi ima li itko od učenika naočale te im pomaže tako da ih prisjeća na to da neki ljudi imaju + dioptriju, a neki – (ne ulazi se u detalje zašto + i zašto –, samo da se razlikuju te dvije vrste leća).

Nastavnik s učenicima prvo analizira konvergentnu pa onda divergentnu leću, uvodi naziv leća te crta na ploči oznake za leće.

Kakvo je to tijelo leća? Koliko ploha omeđuje leću? Kakve su te plohe? Kakva je leća u sredini u odnosu na krajeve?

→ Leća je prozirno tijelo omeđeno s dvije plohe od kojih je bar jedna zakrivljena, može biti deblja na krajevima ili deblja u sredini.

Učenici skiciraju leće te trebaju u bilježnice napisati svoj zaključak i što je leća.

ISTRAŽIVAČKO PITANJE: Što se događa sa svjetlošću kada dođe na pojedinu leću?

→ Učenici su već učili lom svjetlosti pa će pretpostaviti da će se svjetlost lomiti.

Nakon toga slijedi grupni rad, svaka od grupa dobiva izvor svjetlosti (s dodacima tako da mogu staviti više zraka svjetlosti ili jednu), konvergentnu leću, divergentnu leću, radni list i papir s nacrtanom optičkom osi i mjestom za leću.

Analogno sfernim zrcalima, kako biste nazvali nacrtani pravac?

→ Optička os leće.

Nastavnik s učenicima komentira pribor koji imaju te ih podsjeća da kada imaju jedan prorez na izvoru on daje uski snop koji možemo smatrati jednom svjetlosnom zrakom.

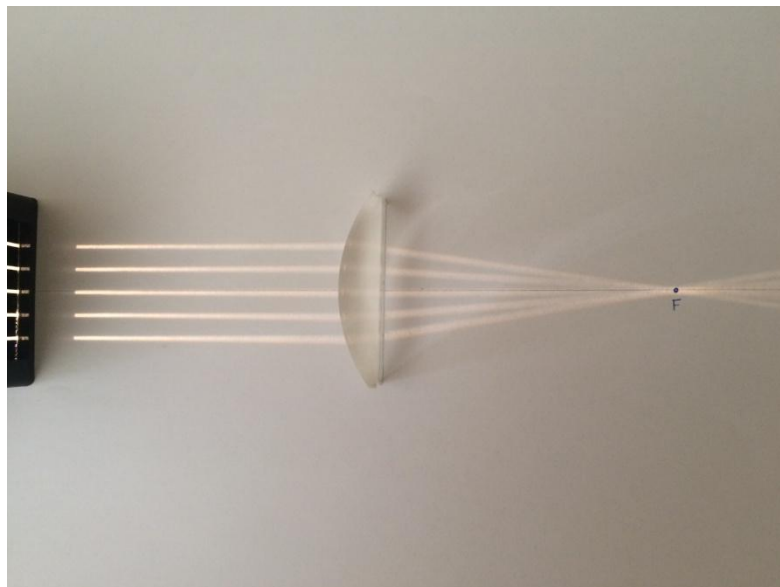
Radni listovi:

KONVERGENTNA LEĆA

Obasjajte leću s pet zraka svjetlosti te promatrajte što se događa sa zrakama.

Označite na papiru točku koju uočavate. Skicirajte to.

→ Sve zrake lome se kroz jednu točku (slika 2.16).



Slika 2.16: Konvergentna leća i pet zraka svjetlosti

Kako se naziva ta točka?

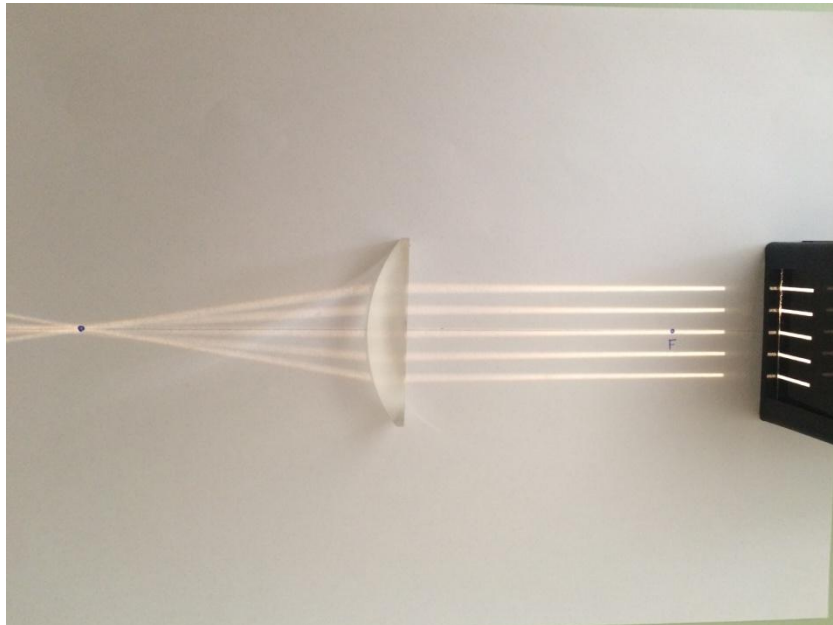
→ Ta točka naziva se fokus ili žarište.

Što konvergentna leća čini s paralelnim zrakama svjetlosti? Kako se još može nazvati takva leća?

→ Konvergentna leća sabire paralelne zrake u jednu točku, pa se može još zvati sabirna leća.

Ponovite pokus tako da usmjerite paralelne zrake s druge strane leće. Promotrite udaljenost od jednog fokusa do sredine leće i od drugog fokusa do sredine leće. Kakve su te udaljenosti međusobno?

→ Zrake svjetlosti se opet lome tako da iza leće prolaze kroz jednu točku (slika 2.17).

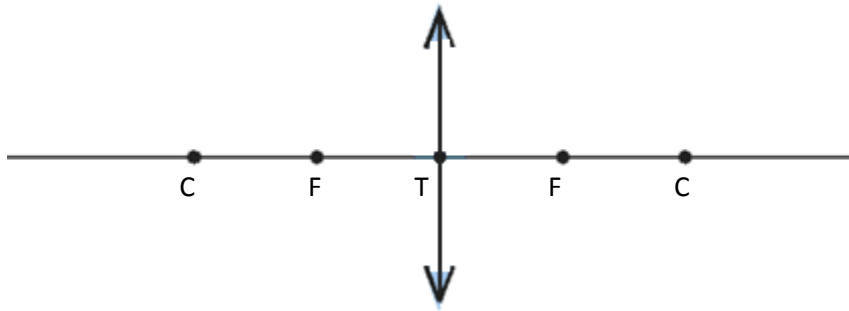


Slika 2.17: Konvergentna leća i pet zraka s druge strane leće

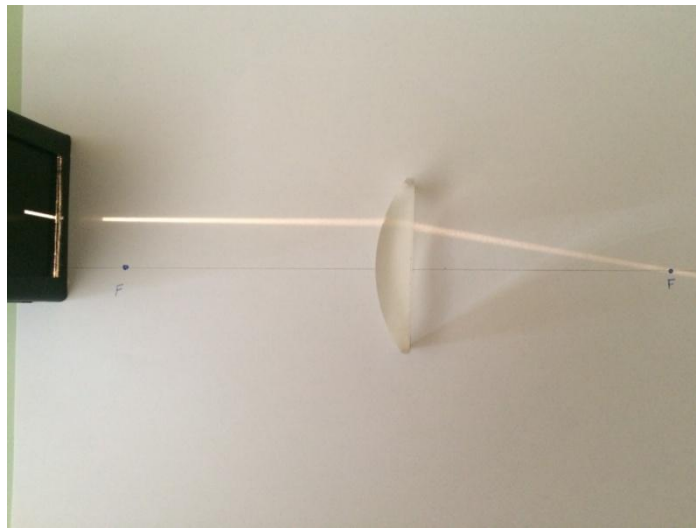
→ Te dvije udaljenosti su jednake.

Skicirajte leću, optičku os i njene fokuse. Označite točku koja se nalazi na presjeku optičke osi i sredine leće te točke na optičkoj osi čija je udaljenost dvostruko veća od udaljenosti leće i fokusa. Kako biste nazvali te točke? (Prisjetite se sfernih zrcala.)

→ Te točke su centri zakrivljenosti leće.

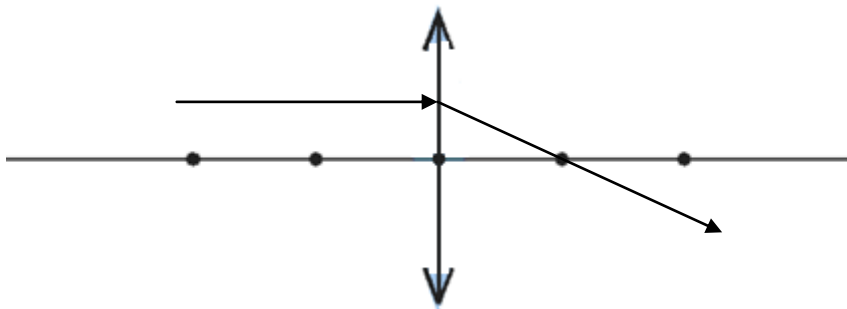


Što se događa ako obasjate leću zrakom koja je paralelna s optičkom osi? Skicirajte.



Slika 2.18: Zraka paralelna optičkoj osi lomi se kroz fokus leće

→ Zraka koja je paralelna s optičkom osi lomi se tako da prolazi kroz fokus (slika 2.18.).

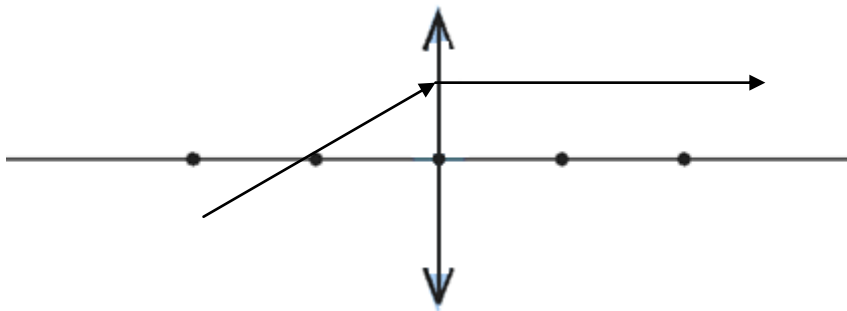


Što se događa ako obasjate leću zrakom koja prolazi fokusom leće? Skicirajte.

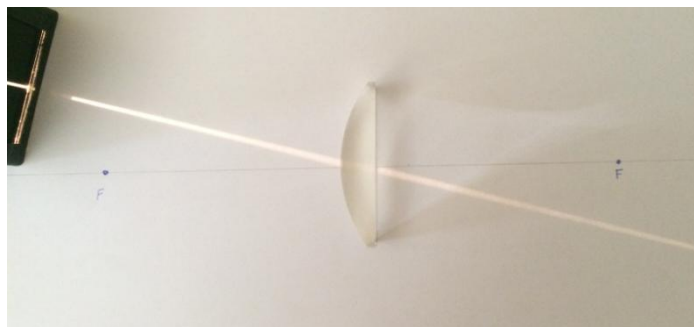


Slika 2.19: Zraka koja prolazi fokusom leće lomi se tako da je paralelna optičkoj osi

→ Zraka koja prolazi fokusom leće lomi se tako da je paralelna optičkoj osi

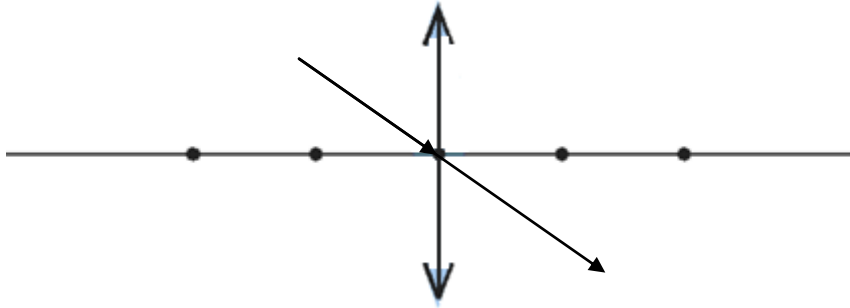


Što se događa ako obasjate leću zrakom koja prolazi tjemenom leće? Skicirajte.



Slika 2.20: Zraka koja prolazi tjemenom leće se ne lomi

→ Zraka koja prolazi tjemenom leće se ne lomi.

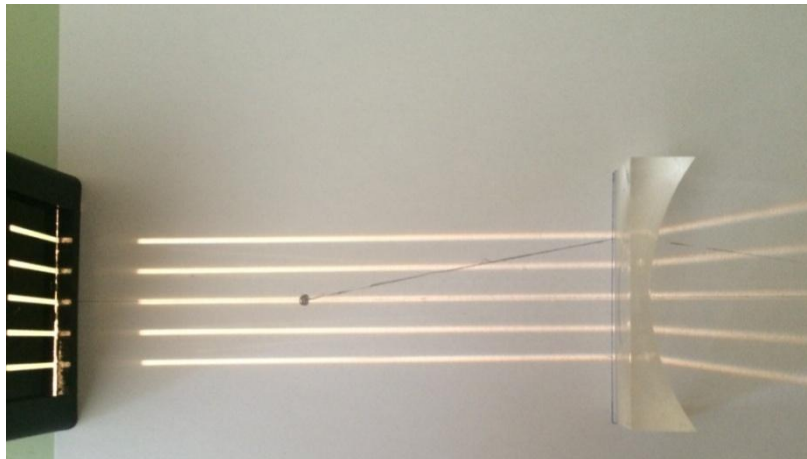


DIVERGENTNA LEĆA

Obasjajte divergentnu leću s pet zraka svjetlosti te promatrajte što se događa. Skicirajte to.

Možete li naći neku karakterističnu točku? (Prisjetite se sfernih zrcala.)

→ Zrake se raspršuju, ali karakterističnu točku možemo naći tako da produžimo lomljene zrake (kao kod sfernih zrcala) (slika 2.21).



Slika 2.21: Divergentna leća i pet zraka svjetlosti

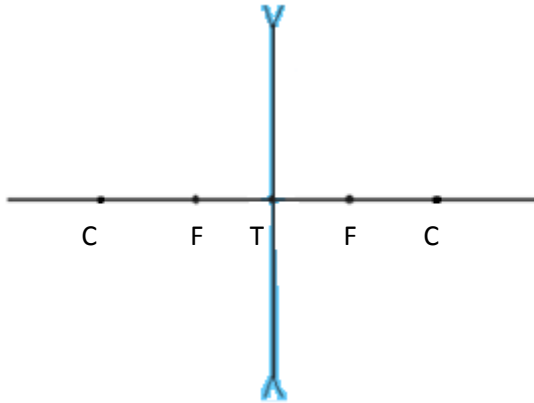
Kako biste nazvali tu točku? Sijeku li se zrake svjetlosti u toj točki?

→ Tu točku nazivamo fokus. Zrake svjetlosti se ne sijeku u toj točki.

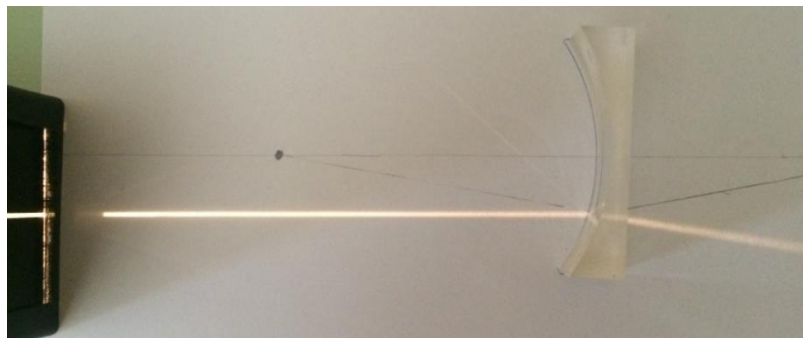
Što divergentna leća čini s paralelnim zrakama svjetlosti? Kako biste je još nazvali osim divergentna?

→ Divergentna leća rasipa svjetlost pa je zovemo i rasipna leća.

Skicirajte leću, optičku os i njene fokuse. Označite točku koja se nalazi na presjeku optičke osi i sredine leće te točke na optičkoj osi čija je udaljenost dvostruko veća od udaljenosti leće i fokusa. Kako biste nazvali te točke? (Prisjetite se sfernih zrcala.)

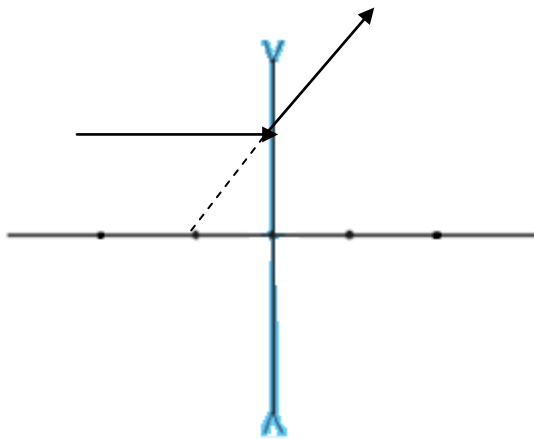


Što se događa ako obasjate leću zrakom paralelnom nacrtanom pravcu (produžite lomljenu zraku i pogledajte kuda prolazi taj produžetak)? Skicirajte:

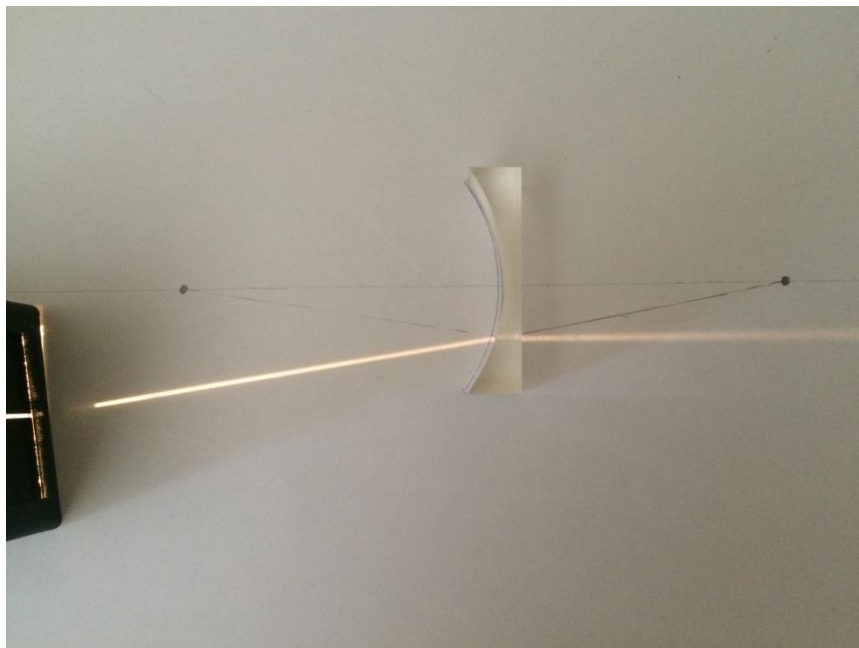


Slika 2.22: Zraka paralelna optičkoj osi lomi se tako da izgleda kao da izlazi iz fokusa bliže izvoru svjetlosti

→ Zraka paralelna optičkoj osi lomi se tako da izgleda kao da izlazi iz fokusa bliže izvoru svjetlosti (slika 2.22).

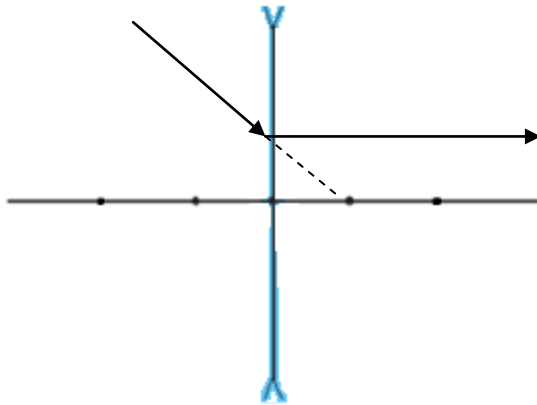


Nacrtajte na papiru pravac koji prolazi fokusom (i probada leću), ali onim koji nije s iste strane leće kao izvor svjetlosti. Što se događa ako obasjate leću zrakom koja ide po tom pravcu? Skicirajte:

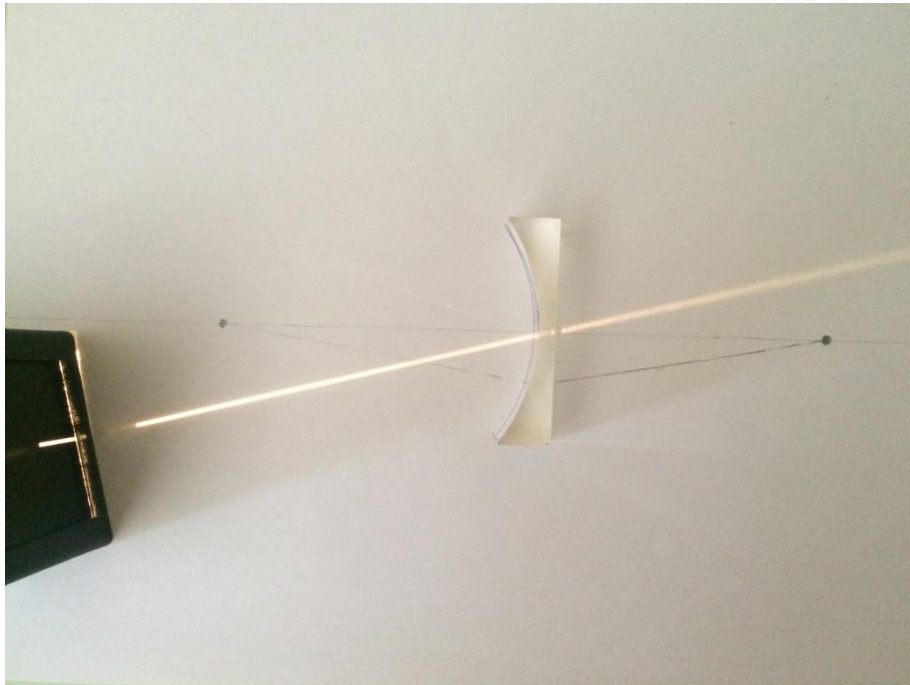


Slika 2.23: Zraka koja ide pravcem kojemu pripada dalji fokus lomi se paralelno optičkoj osi

→ Zraka koja ide pravcem kojemu pripada dalji fokus lomi se paralelno optičkoj osi (slika 2.23).

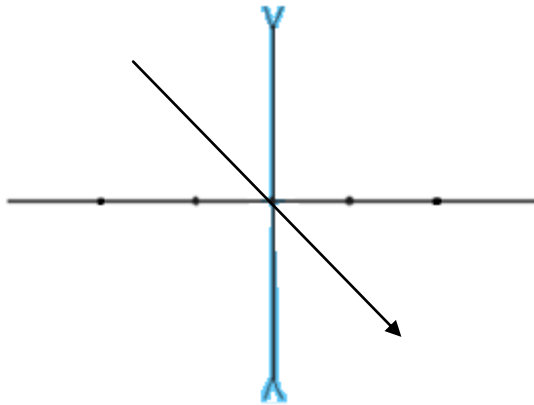


Što se događa ako obasjate leću zrakom koja prolazi tjemenom leće? Skicirajte:



Slika 2.24: Zraka koja prolazi tjemenom leće se ne lomi

→ Zraka koja prolazi tjemenom leće se ne lomi (slika 2.24).



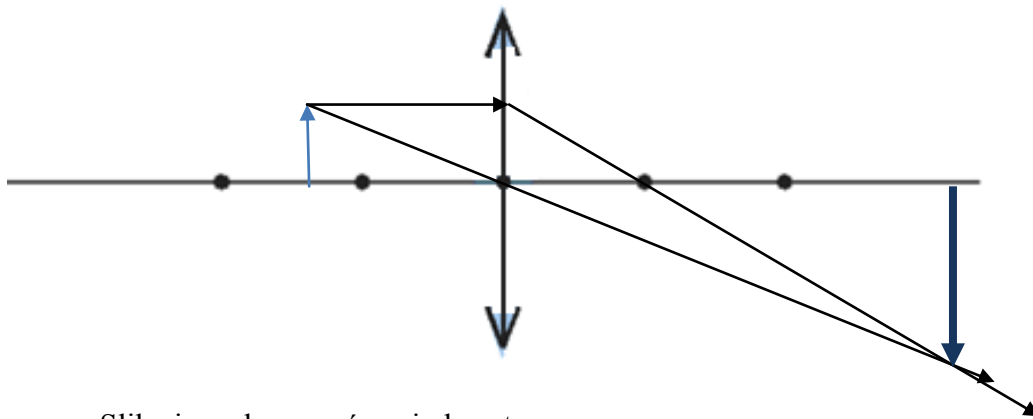
ZAVRŠNI DIO:

Učenici dobivaju radne listove na kojima trebaju skicirati kako nastaje slika predmeta kod konvergentne i divergentne leće.

Radni list:

1. Primijenite karakteristične zrake kako biste našli sliku predmeta.

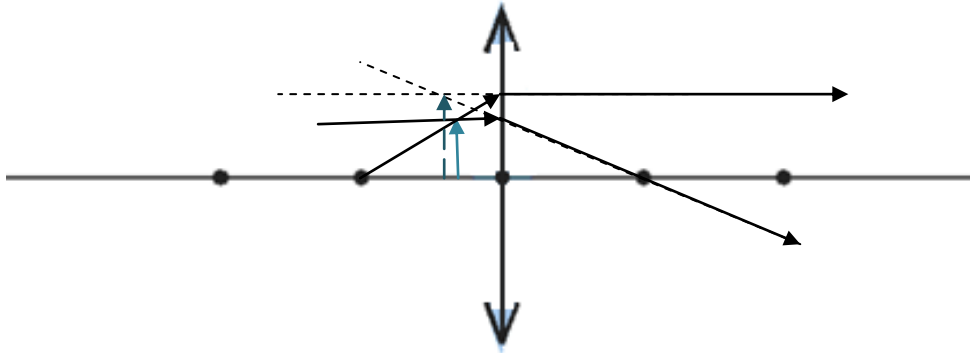
Napišite kakva je ta slika.



→ Slika je realna, uvećana i obrnuta.

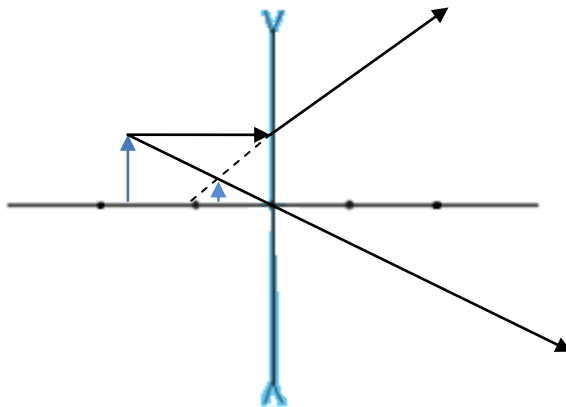
2. Primijenite karakteristične zrake kako biste našli sliku predmeta.

Napišite kakva je ta slika.



→ Slika je virtualna, uvećana i uspravna.

**3. Primijenite karakteristične zrake kako biste našli sliku predmeta:
Napišite kakva je ta slika.**



4. Slika je virtualna, umanjena i uspravna.

Poglavlje 3

Fizikalna optika

Fizikalna optika se radi samo u srednjoj školi. Učenici prije fizikalne uče geometrijsku optiku, ne ulazeći u razmatranja o prirodi svjetlosti. U pokusima s interferencijom, ogibom i polarizacijom svjetlosti, učenici upoznaju valna svojstva svjetlosti. S pojavama interferencije i ogiba učenici su se već susreli kod mehaničkih valova, npr. kod valova na vodi i zvuka. U pokusima iz fizikalne optike, učenici prepoznaju iste pojave i zaključuju da svjetlost isto možemo promatrati kao val.

Pri izvođenju pokusa iz fizikalne optike dobro bi bilo osigurati učionicu koja se može zatamniti, a i škola bi trebala biti bolje opremljena (potrebno je imati izvore svjetlosti, optičke rešetke, pukotine, polarizatore...). Ovdje su opisani pokusi s laserom koji se mogu izvoditi iako učionica nije zatamnjena, a mali laseri (npr. laserski pokazivači) mogu se vrlo povoljno nabaviti. Opisani su demonstracijski pokusi s pripremljenim pitanjima koja potiču razmišljanje i diskusiju s učenicima. Ako ima dovoljno pribora u školi, ovi pokusi mogu se izvoditi i kao učenički.

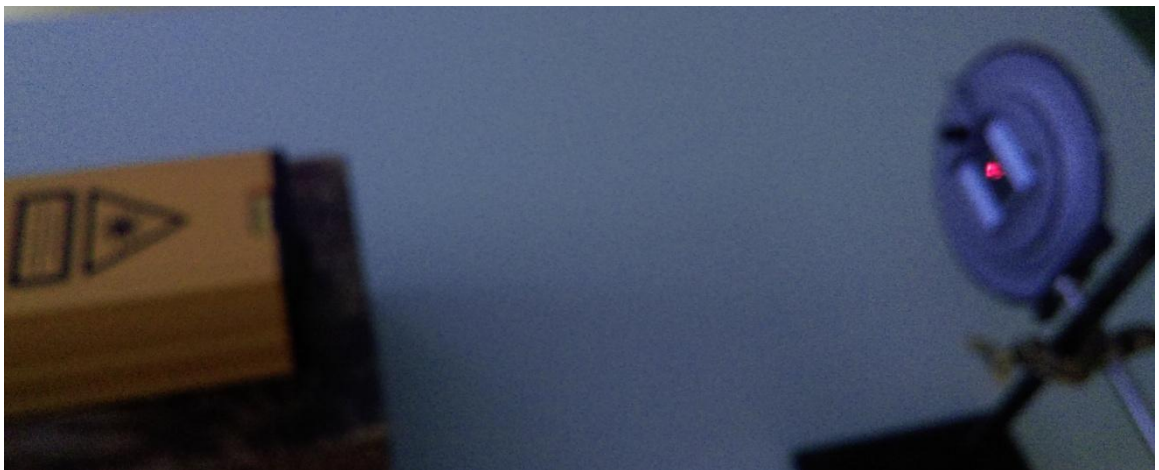
3.1. Interferencija svjetlosti

3.1.1. Interferencija svjetlosti pomoću dvije pukotine

Svojestvo interferencije svjetlosti bitno mijenja razmišljanje učenika o svjetlosti jer ono pokazuje da svjetlost možemo gledati i kao val. Učenici su već upoznali interferenciju kod mehaničkih valova i korisno je napraviti analogiju s onim što već poznaju.

Potreban materijal: laser, dvije uske pukotine na stalku.

Tijek pokusa: Pukotine stavimo u stalak i postavimo ispred lasera (slika 3.1). Svjetlost iz lasera mora padati na obje pukotine da bismo dobili interferenciju.



Slika 3.1: Laser i dvije pukotine.

Što ćemo vidjeti na zastoru ako uključimo laser?

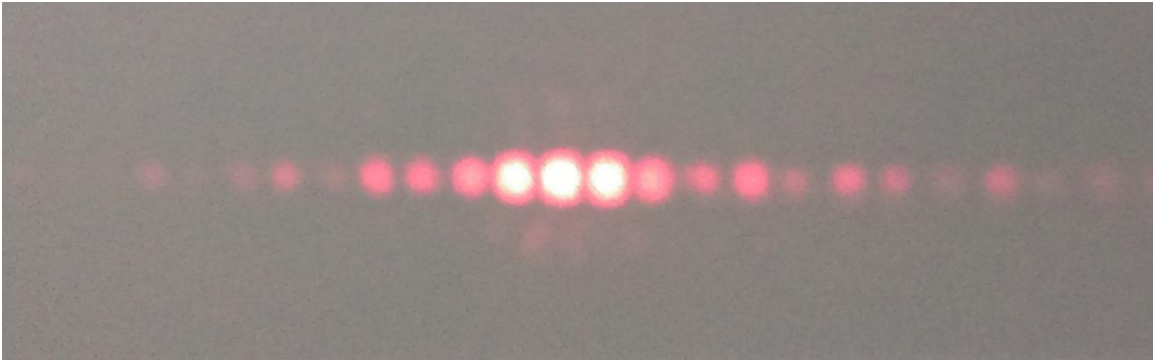
→ Vidjet ćemo crveni krug.

Nastavnik uključi laser i stvarno se vidi crveni krug.

Što ćemo vidjeti na zastoru ako ispred zastora stavimo dvije vrlo uske pukotine?

→ Vidjet ćemo dva manja crvena kruga.

Nastavnik postavi pukotine ispred lasera i na zidu se vidi više crvenih krugova (slika 3.2).



Slika 3.2: Slika koja nastaje na zastoru prolaskom laserskog snopa kroz dvije pukotine

Skicirajte i opišite što vidite na zidu.

→ Učenici opisuju sliku na zastoru.

Kako je moguće da od dvije pukotine dobijemo više crvenih krugova na zastoru?

→ Prikupljanje učeničkih ideja.

Ako se nitko od učenika ne sjeti, nastavnik podsjeća učenike na pokus s valovima na vodi. Ako je moguće ponovi taj pokus.

Što se događa kada se na istom mjestu sretnu dva vala?

→ Valovi se zbrajaju (interferiraju).

Kako se mogu zbrojiti valovi?

→ Mogu se zbrojiti brijeg i brijeg (ili dol i dol) i tada se povećava amplituda– to je konstruktivna interferencija. Ako se zbroje brijeg i dol, amplituda je nula i to je destruktivna interferencija.

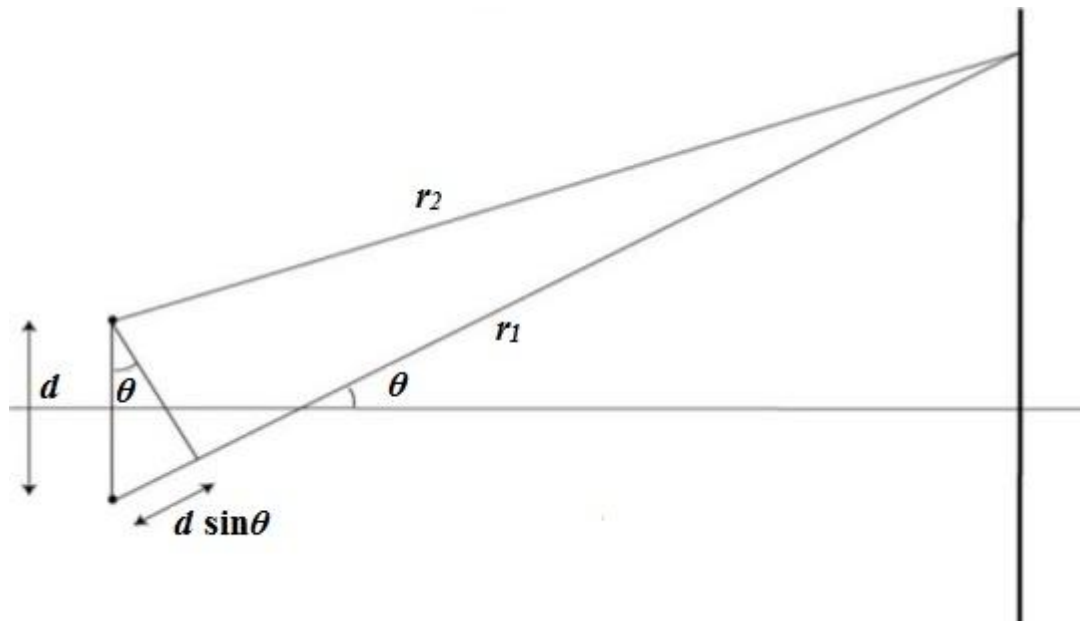
Što se dakle događa u pokusu s laserom i pukotinama?

→ Pukotine daju dva izvora svjetlosti (koji su koherentni). Svjetlost iz ta dva izvora interferira. Na određenim mjestima je interferencija konstruktivna i tu nastaje svijetli krug, a na drugim mjestima je interferencija destruktivna i tu je tama.

Pokazali smo interferenciju svjetlosti. Što možemo zaključiti, kakva svojstva svjetlost pokazuje?

→ Svjetlost pokazuje valna svojstva.

Skicirajte put dva vala svjetlosti koji prolaze kroz dvije pukotine i dolaze na istu točku na zidu te označite razliku hoda .



Analogno valovima na vodi, gdje nastaju svijetle pruge, a gdje tamne?

→ Svijetle pruge nastaju tamo gdje valovi dolaze s razlikom hoda jednakom cijelom broju valnih duljina, a tamne pruge tamo gdje je razlika hoda jednaka neparnom broju polovina valne duljine.

Zapišite matematički uvjete za konstruktivnu i destruktivnu interferenciju.

→ $d \sin \theta = n \lambda$ konstruktivna interferencija

$d \sin \theta = \frac{(2n+1)\lambda}{2}$ destruktivna interferencija.

Sat se može nastaviti interaktivnim izvodom izraza za udaljenost između dvije pruge interferencije.

Nastavnik može dodati da je sličan pokus izveo Thomas Young početkom 19. stoljeća i to je bio značajan napredak u razumijevanju prirode svjetlosti.

(Kasnije kad se obradi ogib, poželjno se vratiti na ovaj pokus i raspraviti s učenicima da se u pokusu s dvije pukotine vidi i interferencija i ogib svjetlosti.)

3.1.2. Interferencija svjetlosti pomoću Fresnelove biprizme

Pokus s Fresnelovom biprizmom može se napraviti kao aplikacijski pokus nakon što je već uvedena interferencija svjetlosti. Pruge interferencije se dobro vide ako se upotrijebi divergentna leća, a učenici sami mogu zaključiti kako nastaju dva virtualna koherentna izvora kod Fresnelove biprizme.

Potreban materijal: laser, optička klupa, divergentna leća, Fresnelova biprizma (pokus se može napraviti i bez optičke klupe – leća i biprizma mogu se postaviti u stalke).

Tijek pokusa: Na optičku klupu se postavi laser i Fresnelova biprizma tako da biprizma bude udaljena od zastora (zid, vrata) 3-4 m (slika 3.3). Svjetlost iz lasera mora padati na brid prizme da se dobije interferencija.



Slika 3.3: Laser, divergentna leća i Fresnelova biprizma

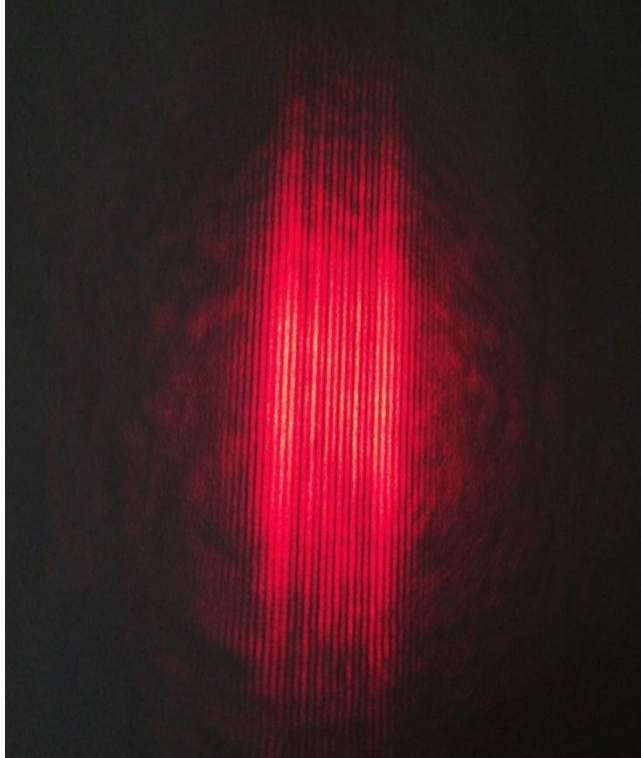
Nastavnik pokazuje učenicima eksperimentalni postav uz napomenu da divergentna leća služi samo za širenje snopa svjetlosti.

Što vidite na zastoru?

→ Na zastoru vidimo pruge interferencije (slika 3.4).

Kakva je udaljenost između pruga interferencije?

→ Pruge su jednako udaljene jedna od druge (ekvidistantne).



Slika 3.4: Pruge interferencije

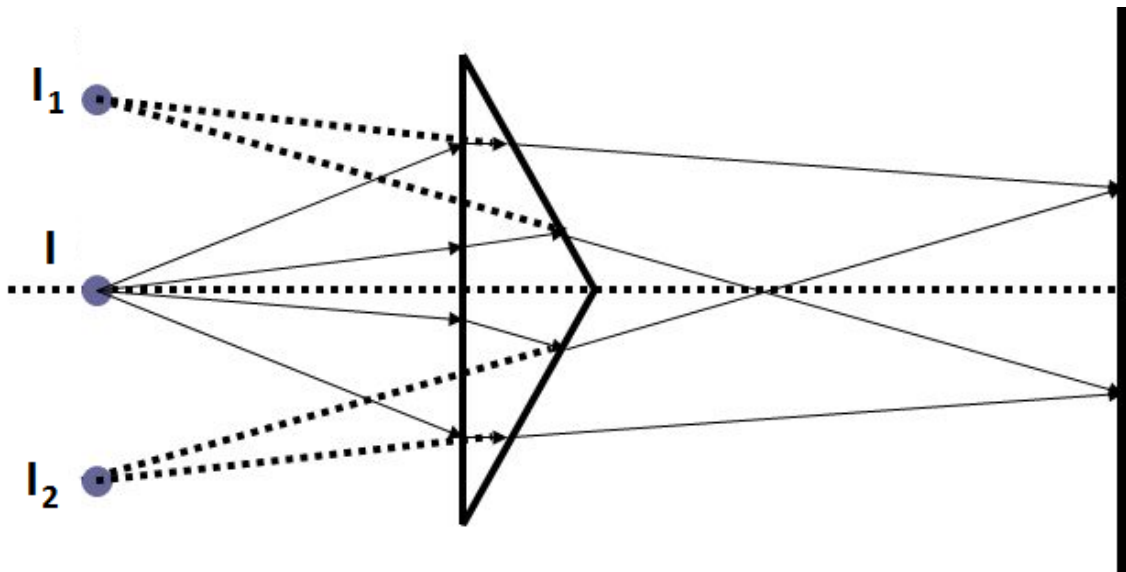
Što je potrebno za interferenciju?

→ Koherentni izvori.

Što nam u ovom postavu daje koherentne izvore?

→ Fresnelova biprizma.

Nastavnik na ploči skicira kako izgleda Fresnelova biprizma i potiče učenike da skiciraju što se događa sa snopom svjetlosti kad dođe na rub prizme. Učenici skiciraju lom svjetlosti u prizmi i dolaze do zaključka gdje nastaju dva koherentna izvora (slika 3.5).



Slika 3.5: Lom svjetlosti na Fresnelovoj biprizmi

Kakva je priroda izvora koji nastaju pomoću Fresnelove biprizme?

→ Izvori su virtualni.

Ako je moguće zatamniti prostoriju, ovaj se pokus može izvesti i s bijelom svjetlosti.

Tada se s učenicima može još raspraviti zašto nastaju pruge različitih boja.

3.2. Ogib svjetlosti na pukotini

Potreban materijal: laser, pukotine raznih veličina, optička klupa (ili stalak u koji se mogu umetati pukotine).

Tijek pokusa: Ispred lasera se postavi nosač u kojeg se može postavljati pukotine različitih veličina te ih se može mijenjati i analizirati nastale slike (slika 3.6).



Slika 3.6: Postav za promatranje ogiba svjetlosti na pukotini

Nastavnik prvo u stalak postavlja kružne otvore većeg promjera.

Opišite slike nastale na zastoru kad stavimo široke pukotine. Zašto je slika takva?

→ Kada stavimo široke pukotine na zastoru nastaje slika ista kao kada nema pukotine (slika 3.7). Razlog je taj što tada snop svjetlosti iz lasera prođe kroz pukotinu bez da dodiruje rubove te pukotine jer je velikog promjera u odnosu na snop.



Slika 3.7: Slika pri umetanju pukotine velikog promjera

Što će se dogoditi ako stavimo pukotinu manjeg promjera od promjera snopa svjetlosti?

→ Vidjet će se manji svijetli krug nego kad nema pukotine zato što sva svjetlost neće moći proći kroz pukotinu.

Nastavnik stavlja pukotinu manjeg promjera od promjera snopa svjetlosti.

Opišite sliku koja nastaje na zastoru kad stavimo usku pukotinu.

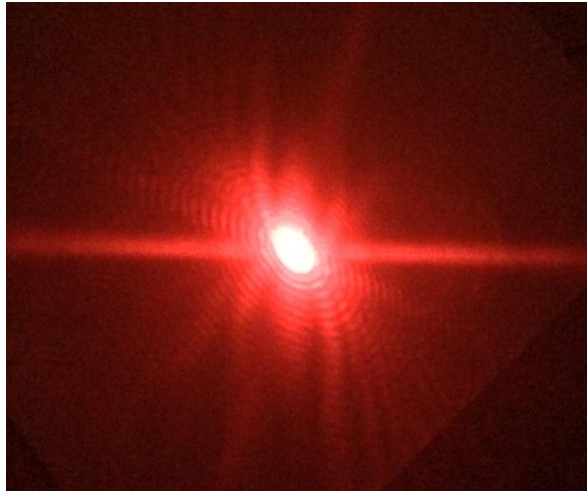
→ Kada stavimo usku pukotinu vidimo tamne prstene oko središnjeg svijetlog kruga (slika 3.8).

Što se događa kada stavimo još užu pukotinu?

→ Tamni prsteni su još jasnije izraženi i nalaze se u širem području (slika 3.9).



Slika 3.8: Ogib svjetlosti na pukotini manjeg promjera



Slika 3.9: Ogib na pukotini jako malog promjera

Na što vas to podsjeća? Kako se zove ta pojava?

→ Ta pojava zove se ogib ili difrakcija. Učenici se prisjećaju te pojave kod valova na vodi i zvuka.

Zašto nastaju tamni prsteni?

→ Učenici se prisjećaju Huygensovog principa, tj. da svaka točka valne fronte postaje izvor novog kuglastog vala. Ako nema prepreke, valovi se svi zbroje kao i prije i svjetlost se širi pravocrtno. Ako svjetlost dođe na usku pukotinu, svaka točka pukotine postaje izvor novog kuglastog vala i ti valovi interferiraju pa nastaju svijetle i tamne pruge interferencije.

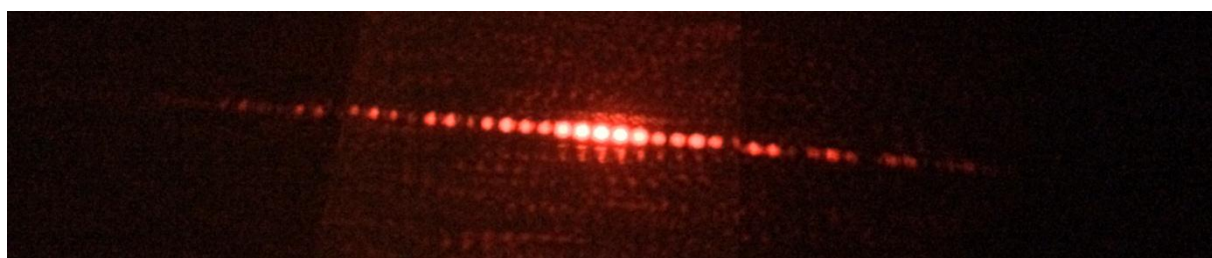
Zašto je u sredini najsjajniji maksimum?

→ Zato što tu nastaje konstruktivna interferencija jer je razlika u hodu između dviju točaka koje se nalaze simetrično u odnosu na središte pukotine nula. U stvaranju tog maksimuma sudjeluje najviše valova.

Pokus se može napraviti i s pravokutnim pukotinama (slika 3.10). Ako postoji pribor, može se povećavati broj pukotina (dvije, tri,...) (slika 3.11) i na taj način doći do pojma optičke rešetke.



Slika 3.10: Ogib svjetlosti na pravokutnoj pukotini



Slika 3.11: Ogib svjetlosti na više pravokutnih pukotina

3.3 Polarizacija svjetlosti s dva jednaka polaroida

Polarizacija svjetlosti još je jedna pojava koja pokazuje da je svjetlost val i to transverzalni. Polarizacija pokazuje da električna i magnetska polja titraju okomito na smjer širenja svjetlosti. Pokus s polaroidima može se izvesti demonstracijski pomoću grafoskopai ga učenici mogu izvesti u grupama direktno promatrajući bilo koji izvor svjetlosti kroz jedan ili dva polaroida. Ako se pokus radi demonstracijski poželjno je polaroide staviti u stalak da bude bolje vidljivo koji se polaroid zakreće i koliko.

Potreban materijal: grafoskop, karton s kružnim otvorom, dva polaroida

Tijek pokusa: Na površinu grafoskopa postavimo karton s kružnim otvorom te na njega stavimo jedan polaroid (služi kao polarizator, pušta samo dio svjetlosti iz izvora).

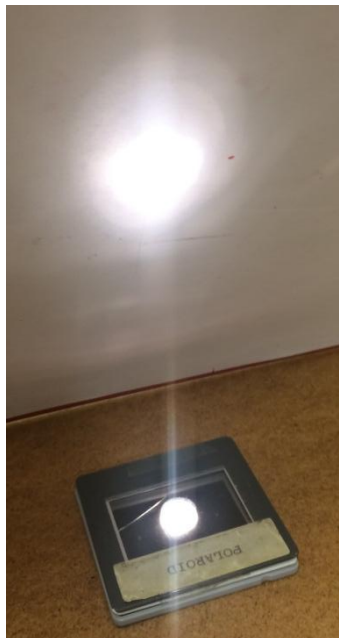
Što se događa s intenzitetom slike na zastoru ako stavimo polaroid?

→ Intenzitet svjetlosti se smanji.

Zakrećemo polaroid oko optičke osi grafoskopa.

Što se događa s intenzitetom slike na zastoru?

→ Intenzitet svjetlosti je isti kako god zakrećemo polaroid (slika 3.12, slika 3.13).



Slika 3.12: Polaroid postavljen na kružni otvor



Slika 3.13: Zakrenut polaroid

Zatim uzmemo drugi polaroid i zakrećemo ga oko optičke osi grafoskopa.

Što se događa s intenzitetom slike na zastoru?

- Intenzitet svjetlosti mijenja se ovisno o međusobnom položaju polaroida (slika 3.14) – može biti maksimalan (kao da nema drugog polaroida) ili minimalan (kada ne prolazi nikakva svjetlost). Svejedno je koji polaroid zakrećemo, važan je samo njihov međusobni položaj. Intenzitet svjetlosti je maksimalan ako su polaroidi paralelni (slika 3.15), a minimalan ako su polaroidi okomiti (slika 3.16).



Slika 3.14: Zakretanje drugog polaroida



Slika 3.15: Polaroidi su postavljeni međusobno paralelno

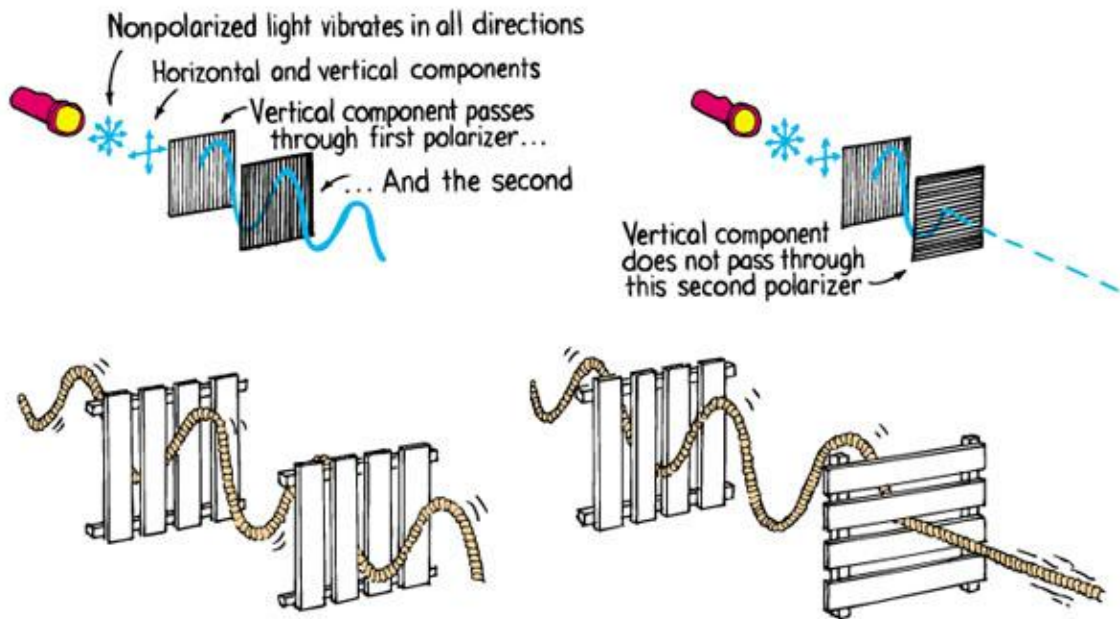


Slika 3.16: Polaroidi su postavljeni okomito

Što se događa sa svjetlošću kada prođe kroz polaroid?

→ Prikupljanje učeničkih ideja.

Nastavnik uvodi mehaničku analogiju što se događa s nekim materijalima koji polariziraju svjetlost. Ako je moguće, dobro je izvesti i pokus s užetom i vertikalnim i horizontalnim letvama (slika 3.17).



Slika 3.17: Pokus s užetom i ogradom od letava, [10]

Što titra kod svjetlosti?

→ Titraju električna i magnetska polja.

Kako titraju električna i magnetska polja?

→ Titraju okomito jedan na drugog.

Dovoljno je dakle promatrati samo jedno od ta dva polja, npr. električno.

U kojem smjeru titra električno polje kod nepolarizirane svjetlosti?

→ Električno polje kod nepolarizirane svjetlosti titra u svim smjerovima okomitim na smjer širenja svjetlosti.

Što se dogodi kada nepolarizirana svjetlost dođe na prvi polaroid?

→ Kada nepolarizirana svjetlost dođe na polaroid prolazi samo dio svjetlosti kod kojeg električno polje titra u smjeru osi polaroida (kao što titranje užeta prolazi ako je u smjeru letvi u ogradi).

Kako se to moglo primijetiti u pokusu s polaroidima?

→ Kada smo stavili jedan polaroid, intenzitet svjetlosti se smanjio.

Zašto se intenzitet svjetlosti ne mijenja ako okrećemo taj jedan polaroid?

→ Zato što polaroid uvijek propušta istu količinu titranja električnog polja, ali u različitim smjerovima.

Što se događa kada stavimo drugi polaroid? Kada je intenzitet svjetlosti koja prolazi kroz polaroide najveći, a kada najmanji i zašto?

→ Intenzitet svjetlosti je najveći kada su osi polaroida paralelne jer tada propuštaju isti smjer titranja. Sva svjetlost koja dođe na drugi polaroid prođe dalje. Najmanji intenzitet daju okomito postavljeni polaroidi jer tada nema komponente električnog polja koja može proći kroz drugi polaroid.

Prvi polaroid obično se zove polarizator, a drugi analizator. Zašto?

→ Prvi polaroid (polarizator) polarizira svjetlost, tj. određuje smjer titranja električnog polja svjetlosti koja je prošla kroz njega. Drugi polaroid (analizator) analizira u kojem je smjeru svjetlost polarizirana.

Može li polarizacija postojati za longitudinalne valove?

→ Prikupljanje učeničkih ideja.

Zamislite umjesto konopca dugu spiralnu oprugu u kojoj se može proizvesti longitudinalni val. Što će se dogoditi s tim valom ako prođe kroz polarizator i okomito postavljen analizator?

→ Neće se dogoditi ništa. Longitudinalni val ne može se polarizirati. Polarizacija valova karakteristična je za transverzalne valove.

Što smo dakle pokazali ovim pokusom?

→ Svjetlost je transverzalni val.

Poglavlje 4

Osvrti na sate održane u školi

4.1. Izvori i rasprostiranje svjetlosti

Glavni ciljevi održanog sata bili su da učenici zaključe da se svjetlost širi pravocrtno iz izvora te da vide da je sjena posljedica takvog širenja svjetlosti. Dosta vremena smo utrošili na uvodni dio te dio gdje su otkrivali da se svjetlost rasprostire pravocrtno te zbog toga učenici nisu završili radne listove koje su koristili za rad u grupama pa smo taj dio morali završiti idući sat.

Prvi dio (pravocrtno širenje svjetlosti) napravljen je kao demonstracijski pokus, ali su ga izvodili učenici. Taj dio im je bio zanimljiv i puno njih je htjelo probati i sami se uvjeriti kako treba postaviti kartone kako bi vidjeli vrh plamena svijeće. Mislim da bi puno brže išlo da je i taj dio napravljen u grupama jer je materijal lako napraviti samostalno i svi bi istovremeno vidjeli pokus te bi tu znatno uštedjeli na vremenu.

Drugi dio (sjena predmeta) učenici su proučavali u grupama od četvero učenika. U razredu je bilo 16 učenika te su stoga bile četiri grupe. U grupnom radu dvije grupe su surađivale, a preostale dvije grupe nisu bile zainteresirane te su nastojali da jedan učenik uradi pokuse, a oni prepisuju zaključke i precrtaju skice. Pošto nismo stigli završiti, rekla sam im da radne listove ponesu na idući sat, što su i učinili. Taj sat smo uspjeli završiti radne listove i trudila sam se aktivirati i one koji su na prethodnom satu izbjegavali suradnju s ostalim učenicima u grupi.

4.2. Odbijanje svjetlosti i ravna zrcala

Sat na ovu temu radila sam u dva različita razreda. Pošto u školi ima metalna ploča s kutomjerom i izvor svjetlosti s magnetom, pokus s ravnim zrcalom sam radila demonstracijski. Učenicima je bilo zanimljivo promatrati kako se svjetlosti odbija na ravnom zrcalu i rado su izlazili gledati pokus te očitavati kutove pod kojima svjetlost

upada te se reflektira. Dosta sam se iznenadila jer su jako dobro zaključivali i davali odlične odgovore u oba razreda.

Nakon što smo došli do zakona refleksije promatrali smo sliku koja nastaje u ravnom zrcalu. Taj dio sata učenicima je bio posebno zanimljiv jer im je bilo intrigantno kako izgleda kao da gori svijeća za koju znaju da ne gori.

Na ovom satu je došlo do izražaja koliko je važno izvoditi pokuse na satu jer su učenici sudjelovali u svakom dijelu sata te spremno odgovarali na sva moja pitanja i razmišljali jer ih je pokus zaintrigirao. Još jednom sam se uvjerala kako učenici zaista mogu biti aktivni kad ih potaknemo na to te koliko je potrebno prozvati i učenike koji se ne javljaju dobrovoljno jer često imaju dobre odgovore i razmišljaju, ali se iz nekog razloga ne žele javiti da odgovore na pitanje. Mislim da, s vremenom, možemo postići i da se takvi učenici dobrovoljno jave i uključe u sat.

4.3. Lom svjetlosti

U uvodnom sam dijelu sata učenicima pokazala pokus s olovkom uronjenom u vodu. Taj dio sata išao je malo teže jer je pokus s vodom i olovkom prošao dosta nespretno. Učenicima nije bilo baš najjasnije što i kako treba gledati niti što je bitno tu uočiti. Premalo sam pažnje obratila na taj dio te su učenici bili zbunjeni. Pri skiciranju tog pokusa treba se dosta osvrnuti na njihove skice jer se tada najbolje vidi tko od učenika nije dobro pogledao.

Nakon tog pokusa radila sam demonstracijski pokus s akvarijem s vodom i zrakom svjetlosti koja se lomi. Učenici su uočili kada se zraka lomi prema okomici, a kada od okomice i skice u učeničkim bilježnicama bile su dosta dobre. Ostatak sata protekao je odlično, a pogotovo dio s graničnim kutom i totalnom refleksijom koje su učenici bez problema sami skicirali gdje se vidjelo da su usvojili lom svjetlosti u vodi.

Naučila sam da je potrebno prepustiti da sat teče svojim tokom, tj. da se ne moram slijepo držati pripreme ako učenički odgovori vode raspravu u malo drugačijem smjeru.

4.3. Leće

Temu sam održala u tri različita osma razreda od kojih je svaki imao dosta različit broj učenika (11, 16, 23). Znatno bolje i brže je tekao sat u razredu u kojem je bilo najmanje učenika jer sam tada imala najmanji broj grupa te sam svakoj grupi mogla posvetiti više pažnje i bolje analizirati njihove odgovore. U razredu u kojem je bilo najviše učenika stigli su tek do divergentne leće dok su u razredu u kojem je bilo najmanje učenika uspjeli doći do crtanja slike kod konvergentne leće što je bilo zamišljeno u završnom dijelu sata. Priprema koju sam priložila je opsežna. Ako učenici rade samostalno pokuse treba im više vremena nego kad se rade demonstracijski pokusi stoga je priprema prikladna za izvođenje dva školska sata.

Učenicima su pokusi bili zanimljivi, svidjelo im se to što sami rade i istražuju. Uspješno su dolazili do zaključaka i bili su dosta ponosni na sebe kad bih ih ja pohvalila za odrađeno.

4.4. Zaključak

Pokusi, kao i interaktivni pristup u nastavi, učenicima su puno pomogli da shvate teme vezane uz geometrijsku optiku. Pokuse sam radila s učenicima koji su već od prije naviknuti na interaktivni način rada tako da su bez problema pokazali suradnju. Problem se stvara kada učenici ne znaju za takav način rada te moramo dati sve od sebe da ih prilagodimo takvom radu, a ne prestati s interakcijom. Nadam se da će, s godinama, nastavnici u svim školama raditi interaktivno nastavu fizike jer će to biti od velike koristi kako učenicima, tako i nastavnicima.

Bibliografija

- [1] Z. Beštak Kadić, N. Brković, P. Pećina, *Fizika 8, radna bilježnica za 8. razred osnovne škole*, Alfa i Element, Zagreb, 2009.
- [2] Z. Beštak Kadić, N. Brković, P. Pećina, *Fizika 8, udžbenik za 8. razred osnovne škole*, Alfa i Element, Zagreb, 2009.
- [3] T. Čulibrk, S. Martinko, V. Paar, *Fizika oko nas 8, udžbenik za 8. razred osnovne škole*, Školska knjiga, Zagreb, 2013.
- [4] E. Etkina, G. Planinšič, M. Vollmer, *A simple optics experiment to engage students in scientific inquiry*, Am. J. Phys. 80 (2013.), 815-822
- [5] B. Eylon, D. Langley, M. Ronen, *Light Propagation and Visual Patterns: Preinstruction Learners' Conceptions*, J. Res. Sci. Tech. 34 (1997), 399–424
- [6] I. Galili, A. Hazan, *Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis*, Int. J. Sci. Educ. 22:1 (2000), 57-88
- [7] F. M. Goldberg, L.C.McDermott, *An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror*, Am. J. Phys. 55 (1987), 108-119
- [8] P. R. L. Heron, M. Kryjevskaja, M. R. Stetzer, *Student difficulties measuring distances in terms of wavelength: Lack of basic skills or failure to transfer?*, Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 9 (2013), 010106.
- [9] P. R. L. Heron, L. C. McDermott, P. S. Schaffer, K. Wosilait, *Development and assessment of a research-based tutorial on light and shadow*, Am. J. Phys. 66 (1998), 906-913
- [10] P.G.Hewitt, *Conceptual Physics*, Pearson Education, Boston, 2002.
- [11] J. Labor, *Fizika 3, udžbenik za 3. razred gimnazije*, Alfa, Zagreb, 2007.
- [12] L. C. McDermott, *Bridging the gap between teaching and learning: The role of research*, AIP Conf. Proc. 399 (1997), 139-165
- [13] L. C. McDermott, *Oersted Medal Lecture 2001: "Physics Education Research—The Key to Student Learning"*, Am. J. Phys. 69 (2001), 1127-1137

- [14] B. Mikuličić, M. Varićak, E. Vernić, *Zbirka zadataka iz fizike, priručnik za učenike srednjih škola*, Školska knjiga, Zagreb, 1999.
- [15] V. Paar, *Fizika 3, udžbenik za 3. razred gimnazije*, Školska knjiga, Zagreb, 2008.
- [16] V. Paar, I. Petričević, E. Smerdel, S. Stanin, *Fizika oko nas 8, zbirka zadataka za 8. razred osnovne škole*, Školska knjiga, Zagreb, 2013.
- [17] V. Paar, V. Šips, *Fizika 3, zbirka riješenih zadataka za 3. razred gimnazije*, Školska knjiga, Zagreb, 2006.
- [18] The Physics Classroom, Two Point Source Interference, dostupno na <http://www.physicsclassroom.com/class/light/Lesson-1/Two-Point-Source-Interference> (studeni 2016.)
- [19] Predavanja iz kolegija Metodika fizike 1, v. pred. dr. sc. Maja Planinić, Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- [20] Predavanja iz kolegija Metodika fizike 2, v. pred. dr. sc. Maja Planinić, Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- [21] Radni listovi iz kolegija Praktikum eksperimentalne nastave fizike 1 i 2, Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Sažetak

Optika je vrlo važan dio fizike i poučava se i u osnovnim i srednjim školama. Edukacijska istraživanja u fizici pokazala su da studenti imaju poteškoće u razumijevanju osnovnih koncepata u optici. Brojne identificirane učeničke miskoncepcije teško je promijeniti kroz tradicionalna predavanja. Istraživanja su pokazala da je interaktivno istraživački usmjereno poučavanje puno učinkovitije u razvijanju učeničkog konceptualnog razumijevanja. Cilj ovog diplomskog rada bio je razviti materijale za interaktivno poučavanje optike.

Pokusi su posebno zanimljivi za učenike a optika pruža puno praktičnih mogućnosti za eksperimentalni rad u razredu. Ovaj diplomski rad sadrži nastavne pripreme i opise jednostavnih pokusa u geometrijskoj i fizikalnoj optici s pitanjima za interaktivno učenje i poučavanje. Pokusi su jednostavni za izvođenje, a oprema je relativno lako dostupna. Većina pokusa i nastavnih materijala iz geometrijske optike testirano je u školi, i iskustva su bila pozitivna i poticajna za daljnji trud u interaktivnom izvođenju pokusa.

Summary

Optics is a very important part of physics and it is taught in both primary and secondary schools. Physics education research has shown that students have difficulties in understanding basic concepts in optics. Many identified student misconceptions are difficult to change through traditional instruction. Research has shown that interactive inquiry-based teaching is much more efficient in developing student conceptual understanding. The aim of this diploma thesis was to develop materials for interactive teaching of optics.

Experiments are particularly engaging for students and optics provides lots of practical opportunities for experimental work in classroom. The diploma thesis contains lesson plans and description of simple experiments in geometrical and physical optics with questions for interactive teaching and learning. The experiments are easy to conduct and the equipment is relatively easily affordable. Most of the experiments and teaching materials from the geometrical optics were tested in school, and the experiences were positive and encouraging for further efforts in interactive conducting of experiments.

Životopis

Zovem se Marija Lončar. Rođena sam 22.09.1992. u Imotskom. Završila sam Osnovnu školu Ivana Mažuranića u Posušju (BiH) te u istom gradu Gimnaziju fra Grge Martića. Svoje školovanje sam nastavila u Zagrebu, na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu gdje završavam studij matematike i fizike, nastavnički smjer.