

# Pokusi s priborom od priručnog materijala u nastavi fizike

---

Ravnjak, Marta

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:343145>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
FIZIČKI ODSJEK

Marta Ravnjak

POKUSI S PRIBOROM OD PRIRUČNOG  
MATERIJALA U NASTAVI FIZIKE

Diplomski rad

Zagreb, 2016.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
FIZIČKI ODSJEK

SMJER: PROFESOR FIZIKE

**Marta Ravnjak**

Diplomski rad

**Pokusi s priborom od priručnog  
materijala u nastavi fizike**

Voditelj diplomskog rada: Dr. sc. Ana Sušac, v. pred.

Ocjena diplomskog rada: \_\_\_\_\_

Povjerenstvo: 1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

Datum polaganja: \_\_\_\_\_

Zahvaljujem se mentorici dr. sc. Ani Sušac na pomoći i podršci prilikom izrade diplomskoga rada kao i prof. Luci Spetić na čijim sam satovima izvela dio pokusa navedenih u radu. Također, zahvaljujem se i svojim kolegama s fakulteta i obitelji koji su mi velika podrška i uvijek spremni pomoći.

## Sažetak

Pokusi imaju vrlo važnu ulogu u nastavi fizike. Osim što služe kao motivacija također pomažu učenicima promotriti i istražiti različite fizikalne pojave te razumjeti osnovne koncepte. Mnoge škole nemaju potreban pribor za izvođenje pokusa na nastavi fizike. Zato mnogi nastavnici u želji za održavanjem kvalitetne nastave pribor za pokuse izrađuju sami. Cilj ovog rada je pokazati kako izraditi pribor od priručnog materijala za neke pokuse iz područja geometrijske optike, elektrostatike, hidrostatičke i akustike. Dizajnirani su i izrađeni kutija za izvor svjetlosti i sferna zrcala. Detaljne upute i video pokazuju korake izrade kartonske kutije i zrcala od priručnog materijala. Ovaj pribor je isprobao s učenicima osnovne škole te su priložene pripreme održanih satova. Osim objašnjenja za izradu opreme, opisano je kako izvoditi pokuse te su priložena odgovarajuća pitanja za učenike. Pribor opisan u ovom radu jeftin je i relativno lak za izradu, a omogućuje nastavnicima da izvode više pokusa na nastavi koji su centralni dio istraživački usmjerene nastave fizike.

# **Home experiments in physics education**

## **Abstract**

Experiments have very important role in physics teaching. They are not just motivational but they can also help students to observe and investigate different physical phenomena and develop understanding of fundamental concepts. Many schools do not possess adequate equipment for physics experiments. For that reason, physics teachers, trying to maintain the quality of teaching, make the equipment themselves. The aim of this thesis was to show how to create homemade equipment for some experiments in the areas of geometrical optics, electrostatics, hydrostatics and acoustics. A homemade light ray box and spherical mirrors are designed and built. Detailed instructions and video show step by step how to construct cardboard box and mirrors. This equipment is tested with pupils in elementary school and accompanying lesson plans are provided. Besides explaining how to make equipment, it is described how to conduct the experiments and the corresponding questions for students are also given. Cheap and relatively easily made equipment described in this thesis enable teachers to conduct more class experiments that are central part of the inquiry based physics teaching.

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Pokusi iz geometrijske optike .....	3
2. 1. Izrada pribora za učeničke pokuse iz geometrijske optike .....	3
2. 1. 1. Izrada kutije izvora svjetlosti .....	3
2. 1. 2. Izrada ravnih i sfernih zrcala.....	7
2. 2. Izvođenje pokusa s ravnim i sfernim zrcalima u osnovnoj i srednjoj školi .....	10
2. 3. Lom svjetlosti .....	12
2. 3. 1. Planparalelna ploča .....	12
2. 3. 2. Polukružna ploča.....	12
2. 4. Pokusi s lećama.....	13
2. 4. 1. Izvođenje pokusa s lećama u osnovnoj i srednjoj školi .....	13
3. Pokusi iz elektrostatike.....	15
3. 1. Elektroskop .....	15
3. 1. 1. Izrada elektroskopa .....	15
3. 1. 2. Izvođenje pokusa pomoću elektroskopa u osnovnoj i srednjoj školi.....	18
3. 2. Ljepljiva traka .....	20
3. 2. 1. Izrada pribora .....	20
3. 2. 2. Izvođenje pokusa u osnovnoj i srednjoj školi .....	21
3. 3. Pokus s lopticama za stolni tenis .....	22
3. 3. 1. Izvođenje pokusa u osnovnoj i srednjoj školi .....	22
3. 4. Pokus s balonom i limenkom.....	24
3. 4. 1. Izvođenje pokusa u osnovnoj i srednjoj školi .....	24
3. 5. Pokus s papirićima .....	24
3. 5. 1. Izvođenje pokusa u osnovnoj i srednjoj školi .....	25
3. 6. Pokus s balonom i mlazom vode .....	25



3. 6. 1. Izvođenje pokusa u osnovnoj i srednjoj školi.....	25
4. Pokusi iz hidrostatike .....	26
4. 1. Hidrostatski tlak.....	26
4. 1. 1. Izrada pribora za pokuse s hidrostatskim tlakom.....	26
4. 1. 2. Izvođenje pokusa u osnovnoj i srednjoj školi.....	27
4. 2. Kartezijev ronilac.....	29
4. 2. 1. Izrada ronioca od vodenog balona .....	29
4. 2. 2. Izrada ronioca od slamke .....	32
4. 2. 3. Izvođenje pokusa u osnovnoj školi.....	34
4. 2. 4. Izvođenje pokusa u srednjoj školi.....	34
4. 2. 5. Izvođenje pokusa izvan nastave fizike.....	34
5. Pokusi iz akustike.....	35
5. 1. Izvođenje pokusa sa žičanim glazbenim instrumentima u osnovnoj i srednjoj školi .....	35
5. 2. Koje frekvencije čujemo .....	36
5. 3. Kako pričamo.....	37
5. 4. Prijenos energije zvučnim valovima.....	37
5. 4. 1. Pokus sa žitnim pahuljicama.....	37
5. 4. 2. Pokus sa svijećom.....	39
5. 4. 3. Pokus sa zvučnikom.....	41
5. 5. Rezonantna kutija .....	42
5. 5. 1. Izrada rezonantne kutije 1 .....	42
5. 5. 2. Izrada rezonantne kutije 2.....	44
5. 6. Kako putuje zvuk.....	45
5. 6. 1. Pokus sa žlicom .....	45
5. 7. Svirala od slamki .....	46
5. 7. 1. Izrada svirala od slamki .....	46

5. 7. 2. Izvođenje pokusa u školi.....	46
5. 8. Pokus s bocama.....	47
6. Pripreme za nastavne satove iz geometrijske optike.....	48
6. 1. Priprema za nastavni sat Odbijanje svjetlosti – ravno zrcalo .....	48
6. 2. Priprema za nastavni sat Sferna zrcala .....	49
7. Zaključak.....	51
Literatura .....	52
Dodaci.....	I
A Predložak za izradu kutije .....	I
B Podloga za izvođenje pokusa s ravnim zrcalom.....	II
C Podloga za izvođenje pokusa s konkavnim zrcalom .....	III
D Podloga za izvođenje pokusa s konveksnim zrcalom .....	IV
E Radni list 1 .....	V
F Radni list 2 .....	VII
G Radni list 3 .....	VIII
H Pitanja uz pokuse: Električno međudjelovanje .....	IX

## 1. Uvod

2012. godine sudjelovala sam na znanstvenoj radionici za djecu. Sudionici grupe koju sam vodila bili su učenici 3. i 4. razreda osnovne škole. Iako učenici još nisu imali nastavu fizike, pokazali su veliko zanimanje za pokuse koje su izvodili sami uz moje vodstvo. Učenici su na radionici sudjelovali i u izradi pribora za pokuse te sam uočila da im je bilo puno draže izvoditi pokuse s priborom koji su sami načinili nego s onom koji su dobili gotov. Nekim su se učenicima pokusi toliko svidjeli da su pribor kasnije izrađivali sami kod kuće kako bi pokazali roditeljima što su naučili. Neke od pokusa koje smo izvodili na radionici navela sam u ovom radu. Cilj radionice bio je potaknuti učenike 3. i 4. razreda osnovne škole na razmišljanje o prisutnosti znanosti u svakodnevnom životu te razvijati njihovu maštu i kreativnost. Većinu pokusa izvodili smo pomoću prirodnih i otpadnih materijala (plastične boce, limenke, potrgani baloni..) čime se kod djece razvijala svijest o ekološkim problemima. Njihova znatiželja i pozitivne reakcije navele su me na razmišljanje o važnosti učeničkih pokusa u nastavi fizike.

Budući da je fizika eksperimentalna znanost pokusi su važan dio nastave fizike. Oni čine nastavu zanimljivijom i dinamičnijom. Učenici se kroz pokuse izravno upoznaju s fizikalnim pojavama.

Prema načinu izvođenja pokusi se dijele na frontalne i individualne ili grupne učeničke pokuse [1]. Frontalne pokuse izvodi nastavnik pred razredom a oni mogu biti demonstracijski pokusi, mjerenje, računalne simulacije pokusa i snimljeni pokusi. Individualne i grupne učeničke pokuse izvode učenici i to kao demonstracijske pokuse ili mjerenja u razredu, kućne pokuse, eksperimentalne projekte i laboratorijske vježbe. Učeničke pokuse u razredu obično izvode učenici podijeljeni u grupe od dvoje do četvero učenika pri čemu je najbolje da sve grupe izvode isti pokus. Na početku se postavi problem koji učenici pokušavaju riješiti eksperimentom. Nakon izvedenog pokusa svaka grupa iznosi svoje rezultate nakon čega slijedi razredna rasprava o rezultatima.

Pokusi se prema njihovoj ulozi u nastavi dijele na opservacijske, istraživačke i aplikacijske [1]. Opservacijski se pokusi izvode na početku nastavne jedinice, služe za otvaranje problema i kao temelj za uvođenje i razumijevanje novog koncepta. Njihovim izvođenjem učenici opažaju novu pojavu kako bi skupili informacije, pronašli pravilnosti ili pokušali objasniti pojavu. Istraživački pokusi se izvode u fazi konstrukcije modela, nakon što su učenici stvorili neke hipoteze. Njihova svrha je provjera mogućih objašnjenja pojave

i istraživanje međuovisnosti varijabli koje utječu na promatranu pojavu. Aplikacijski se pokusi izvode kada učenici već dosta dobro barataju novim konceptima. Njihova svrha je primjena poznatih koncepata u novom kontekstu.

Prilikom izvođenja frontalnih demonstracijskih pokusa eksperimentalni postav treba biti postavljen tako da ga dobro vide svi učenici. Nastavnik prije izvođenja pokusa treba opisati eksperimentalni postav i provjeriti poznaju li učenici instrumente koji se koriste te što oni mjere. Također nastavnik učenicima treba reći što će činiti tijekom izvođenja pokusa ali nikako i što će se dogoditi. Prije izvođenja pokusa učenike treba pitati što očekuju da će se dogoditi te je dobro da svoje pretpostavke zapišu i skiciraju u bilježnicu. Nakon izvođenja pokusa učenici iznose svoja opažanja koja također zapisuju. Ukoliko se učenici ne slažu u opažanjima pokus je potrebno ponoviti te im pozornost usmjeriti na ono što je bitno da uoče. Nakon što učenici više puta pogledaju pokus te se usuglase oko opažanja nastavnik prelazi na interaktivno tumačenje.

Oprema potrebna za izvođenje pokusa u nastavi često je skupa pa nastavnici imaju problema s njezinim nabavljanjem. Posebno je teško kupiti pribor za učeničke pokuse jer je za izvođenje takvih pokusa na jednom satu potrebno imati nekoliko kompleta opreme. Budući da takvi pokusi posebno pomažu učenicima u razumijevanju i svladavanju gradiva mislim da je vrijedno truda pokušati napraviti takve pokuse s priručnim materijalom. Potrebno je uložiti puno truda i vremena u izradu pribora no u njenoj izradi mogu pomoći i učenici. Neke dijelove pribora koji nisu zahtjevni učenici mogu izraditi za domaću zadaću a kompliciraniji pribor u učeničkim projektima. Vjerujem da će s više pažnje koristiti opremu koju su sami izradili te da će u budućnosti pažljivije postupati i s opremom koju je napravio netko drugi.

Ukoliko se pokusi s nastave učenicima čine zanimljivima možda će ih htjeti ponoviti sami kod kuće ili ih pokazati nekome. Zato bi bilo dobro na web stranici škole posvećenoj nastavi fizike objaviti izradu aparature i postupak izvođenja za neke pokuse. Također se mogu objaviti i pokusi koji se ne izvode u nastavi ali bi mogli zanimati neke učenike koji bi na taj način bolje upoznali određeno gradivo i dodatno razvili interes za fiziku.

U ovom radu opisala sam postupak izrade pribora za pokuse iz područja geometrijske optike, elektrostatike, hidrodinamike i akustike. Uz svaki pokus navela sam i kako se ti pokusi mogu izvoditi u osnovnoj i srednjoj školi.

## 2. Pokusi iz geometrijske optike

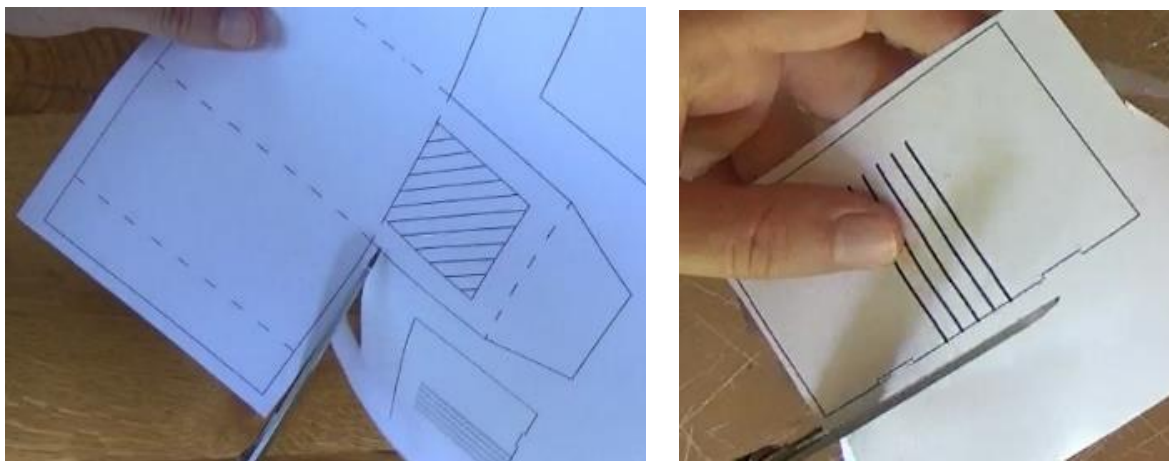
Pribor za učeničke pokuse iz geometrijske optike, čija je izrada opisana u ovom poglavlju, pogodan je za korištenje u nastavi 8. razreda osnovne škole i 3. razreda srednje škole. Budući da izrada takvog pribora nije skupa moguće je napraviti više kompleta, tako da učenici pokuse mogu izvoditi u grupama. U izradi pribora mogu sudjelovati i učenici. Ideju za izradu predloška za kutiju izvora svjetlosti dobila sam prilikom izrade drugih pokusa pronađenih na internetu [2]. Priloženi video snimljen je kao dodatna pomoć uz pisane upute za izradu pribora.

### 2. 1. Izrada pribora za učeničke pokuse iz geometrijske optike

#### 2. 1. 1. Izrada kutije izvora svjetlosti

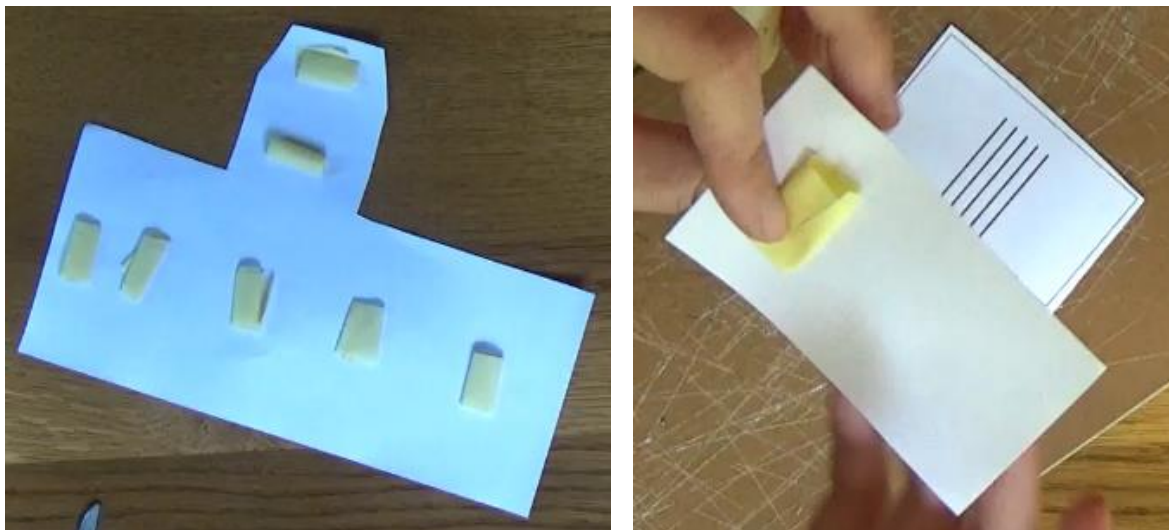
Pribor: Čvrsti karton formata A4, predložak za izradu kutije, pik traka, skalpel, škare, zaštitna podloga, klamerica.

Uputa za izradu: Predložak za izradu kutije, priložen u Dodatku A, ugrubo se izreže oko punih linija kao na Slici 2.1.

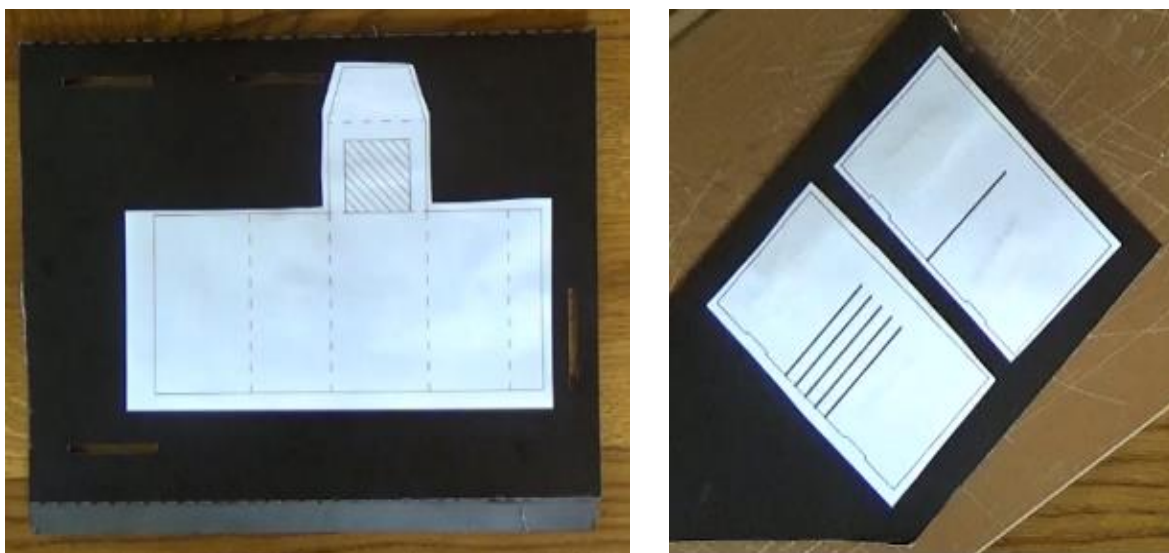


Slika 2.1. Grubo rezanje predloška po punim linijama.

Izrezani komadići pik trake smotaju se te se pomoću njih predložak zalijepi na karton (Slika 2.2. i Slika 2.3.). Predložak ne treba biti čvrsto zalijepljen. On služi samo kao pomoć pri izrezivanju kutije te se nakon izrezivanja kutije ukloni. Treba paziti da smotani komadići pik trake nisu nalijepljeni na mjesta koja su sa suprotne strane punih linija jer će tako zalijepljeni smetati pri izrezivanju.

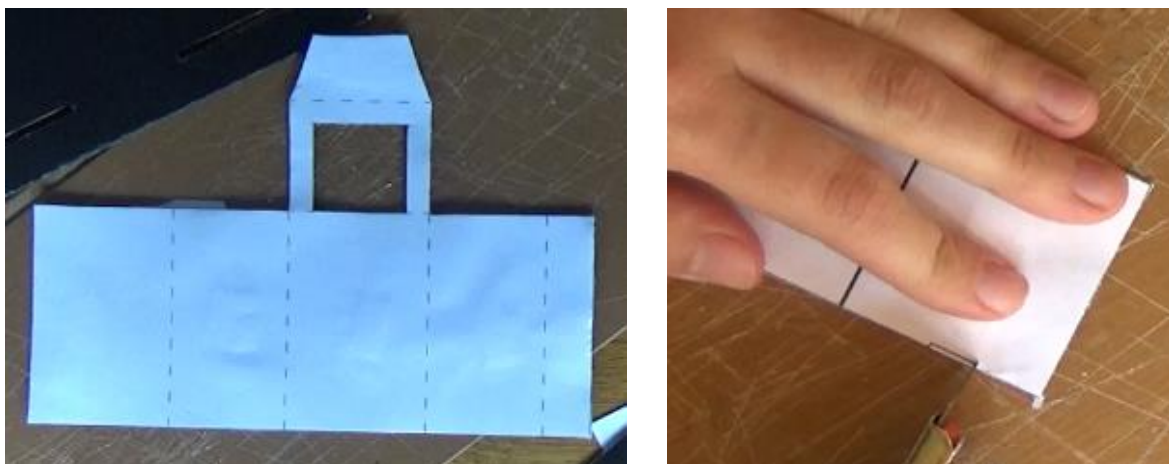


Slika 2.2. Lijepljenje smotanih komadića pik trake na predložak.



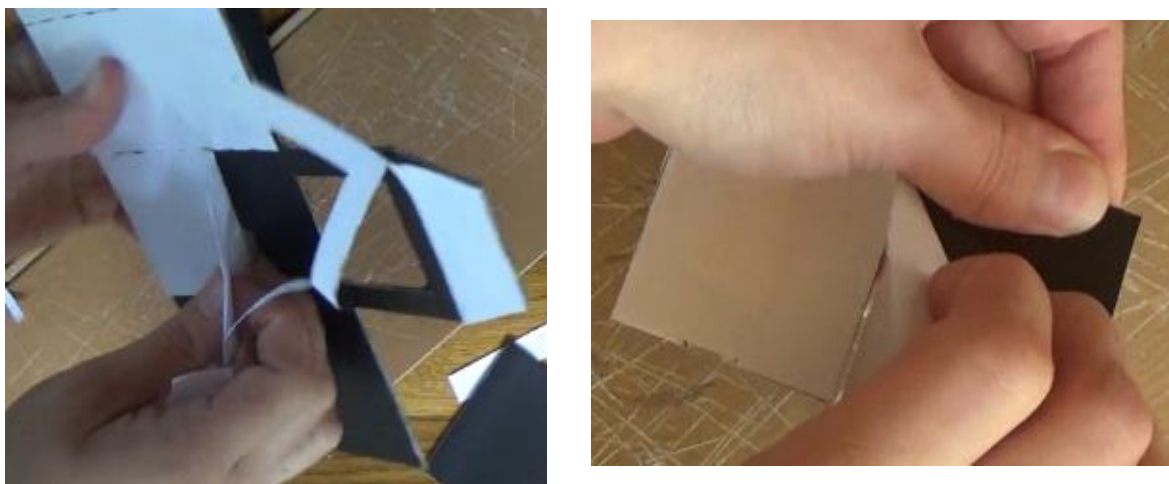
Slika 2.3. Predložak zalijepljen na karton.

Karton s predloškom izreže se po punim linijama (Slika 2.4.). Isprekidane linije lagano se zarežu kako bi se kutija lakše mogla saviti.



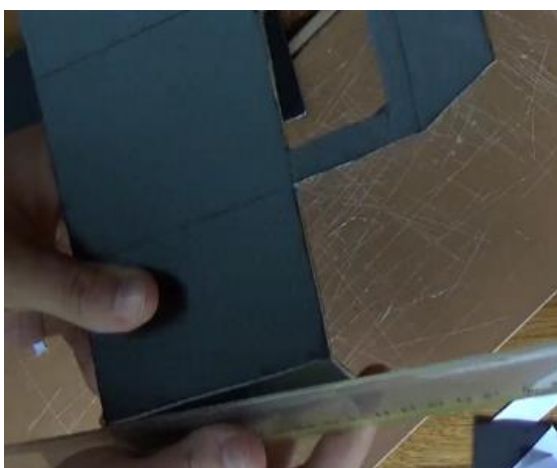
Slika 2.4. Izrezani karton s predloškom.

Nakon što je kutija izrezana predložak se odlijepi (Slika 2.5.).



Slika 2.5. Odljepljivanje predloška.

Kutija se savije po zarezanim linijama uz pomoć ravnala (Slika 2.6.). Zarezane linije trebaju biti s vanjske strane kutije. Stranice kvadra spoje se klamericom tako da kraći dio bude s vanjske strane kako poklopac za umetanje zareza ne bi zapinjao (Slika 2.7.).

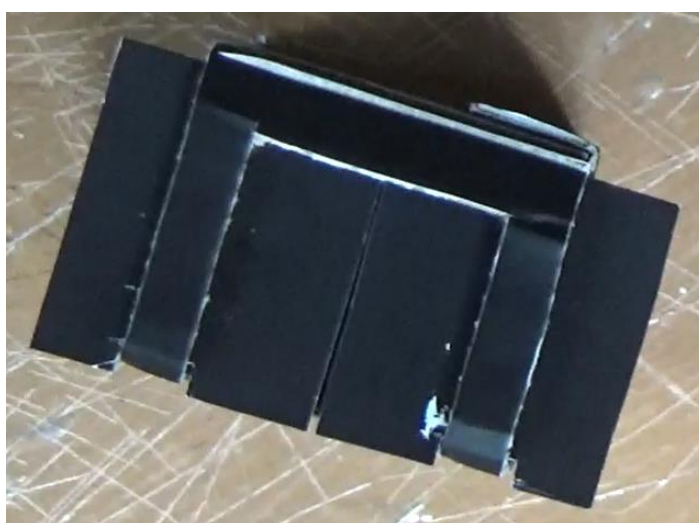


Slika 2.6. Savijanje kutije uz pomoć ravnala.



Slika 2.7. Spajanje stranica kvadra klamericom.

Nakon što su kutija i pločice sa zarezima izrezane, pločica sa zarezima umetne se na otvor kutije koji se može preklopiti kao što je prikazano na Slici 2.8. Ukoliko pločica sa zarezima ne sjeda na predviđeno mjesto zbog debljine kartona ili nepreciznog izrezivanja potrebno ju je još malo izrezati kako bi sjela na predviđeno mjesto. Treba paziti da se pločica ne izreže previše jer će tada na kutiji postojati rupe koje će smetati pri izvođenju pokusa. Ukoliko se to ipak dogodi kutija se može spasiti tako da se rupe prelijepu crnom izolir trakom. Ako kutiju izrađuju učenici kao zadatak kod kuće potrebno im je omogućiti pristup predlošku za izradu, npr. neka je predložak moguće skinuti s internetske stranice škole. Naime, iako je kutiju prilično jednostavno izraditi, lako je i pogriješiti pogotovo ako se kutija izrađuje prvi puta, te će za uspješnu izradu ponekad biti potrebno i više od jednog predloška.



Slika 2.8. Kutija za izvor svjetlosti.



### 2. 1. 2. Izrada ravnih i sfernih zrcala

Pribor: Plastično savitljivo zrcalo, čvrsta cijev promjera 9 cm, dvokomponentno ljepilo, ravnalo, marker, kvačice za rublje, skalpel, pila za željezo, pik traka, zaštitna podloga, brusni papir ili turpija ukoliko to bude potrebno.

Plastično savitljivo zrcalo može se nabaviti u *hobby* trgovinama. Cijena zrcala formata A4 je oko 40 kn. Cijev koja se koristi za izradu zrcala ne mora nužno biti promjera 9 cm. Radne podloge za sferna zrcala u Dodacima C i D napravljene su za cijev promjera 9 cm te će se morati promijeniti ukoliko se uzmu drugačije dimenzije cijevi. Za cijev je najvažnije da je čvrsta, tako da se ne izobliči nakon što je se prereže i zalijepe zrcala na nju. Dvokomponentno ljepilo može se nabaviti u trgovinama za uređenje kuće ili trgovinama s građevinskim materijalom po cijeni od oko 30 kn. Dvokomponentno ljepilo je snažno ljepilo, slabija ljepila ne bi uspjela trajno zalijepiti zrcala na cijev. Dvokomponentnim ljepilom treba rukovati jako oprezno. Zbog kompleksnosti izrade sfernih zrcala najbolje bi bilo da ih izrade nastavnici a ne učenici.

Postupak izrade: Markerom se, uz pomoć ravnala, označi liniju udaljenu 2 cm od ruba cijevi. Pilom se ispili cijev po označenoj liniji (Slika 2.9.).



Slika 2.9. Označavanje i piljenje cijevi.

Markerom, uz pomoć ravnala, dobiveni kolut se podijeli na tri jednaka dijela te ih se ispili (Slika 2.10.). Svaki ispiljeni dio koluta može se koristiti za izradu sfernih zrcala.



Slika 2.10. Ispiljeni kolut podijeli se na 3 jednaka dijela.

Plastično savitljivo zrcalo (Slika 2.11.) izreže se u dimenzijama koje odgovaraju dobivenoj trećini koluta. Na nekim se zrcalima nalazi zaštitna folija koja se ne skida prije lijepljenja zrcala. Zaštitna folija će spriječiti da se ljepilo zamrlja po zrcalima. Ukoliko zrcala nemaju zaštitnu foliju treba ih prelijepiti pik trakom prije lijepljenja kako bi bila zaštićena (Slika 2.12.).



Slika 2.11. Plastično savitljivo zrcalo.



Slika 2.12. Lijepljenje pik trake preko zrcala.

S unutrašnje i vanjske strane koluta dvokomponentnim ljepilom se zalijepe zrcala (Slika 2.13.). Kvačice za rublje neka pridržavaju zrcala za kolut dok se ljepilo ne osuši, ovisno o vrsti ljepila koje se koristi (Slika 2.14.). Zrcala se trebaju učvrstiti tako da budu potpuno priljubljena uz kolut. Najbolje je lijepiti zrcalo tako da je kolut postavljen na zaštitnu podlogu a zatim se namjesti zrcalo.

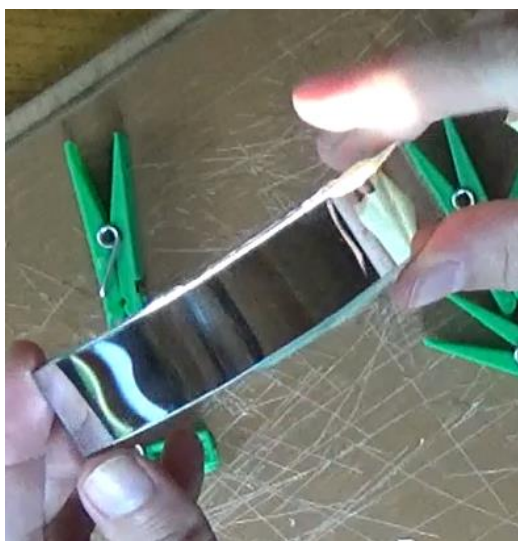


Slika 2.13. Lijepljenje zrcala dvokomponentnim ljepilom.



Slika 2.14. Kvačice za rublje pridržavaju zrcala za kolut dok se ljepilo ne osuši.

Kada se ljepilo sasvim osuši maknu se kvačice i skine zaštitna folija (Slika 2.15. i Slika 2.16.). Može se dogoditi da ljepilo prilikom lijepljenja iscure te nastanu neravnine na zrcalu. Takvo zrcalo ne može dodirivati podlogu cijelom dužinom. U tom slučaju neravnine se trebaju ukloniti pomoću turpije ili brusnog papira.



Slika 2.15. Konveksno zrcalo.



Slika 2.16. Konkavno zrcalo.

## ***2. 2. Izvođenje pokusa s ravnim i sfernim zrcalima u osnovnoj i srednjoj školi***

Pokusi s navedenim priborom prikladni su kao učenički pokusi u grupama od 4 učenika. U svakoj se grupi mora nalaziti jedan učenik koji posjeduje svjetiljku na mobitelu koja služi kao izvor svjetlosti za navedene pokuse. Uz svaki navedeni pokus (osim zadnjeg) postoji podloga za izvođenje pokusa priložena u Dodacima B, C i D. Također za svaki pokus priložen je i radni list, Dodaci E, F i G, koji pitanjima i zadacima vodi učenike kroz pokus [3,4,5,6]. Nastavnik tijekom sata obilazi učenike kako bi provjerio izvode li učenici pravilno pokuse i pomažući im ukoliko imaju kakvih pitanja. Važno je dobro naglasiti učenicima da je potrebno prije izvođenja svakog pokusa napisati pretpostavke i skice i podijeliti svoje mišljenje s ostalim učenicima u grupi. Nakon zabilježenih pretpostavki učenici zajedno izvode pokus te zapisuju svoja zapažanja.

Pokusi :

### **1. Odbijanje zrake svjetlosti na ravnom zrcalu, zakon refleksije**

Pri izvođenju ovog pokusa uz kutiju s izvorom svjetlosti koristi se pločica s jednim zarezom, ravno zrcalo koje može samostalno stajati i podloga za izvođenje pokusa (Dodatak B). Ravno zrcalo treba postaviti na predviđeno mjesto na radnoj podlozi. Izvor svjetlosti usmjeri se prema ravnom zrcalu pod nekim kutom s obzirom na zadanu okomicu. Neka upadna zraka svjetlosti pada u točku gdje se sijeku linija zrcala i okomica na zrcalo. Učenici trebaju olovkom prijeći preko uočene upadne i reflektirane zrake i izmjeriti pripadne upadne kutove i kutove refleksije. Nakon što učenici postupak ponove za nekoliko različitih kutova bit će im jednostavno uočiti zakon refleksije. Izvor svjetlosti zatim se usmjeri okomito prema ravnom zrcalu te se skiciraju upadna i reflektirana zraka.

### **2. Odbijanje paralelnih zraka svjetlosti na ravnom zrcalu.**

Pri izvođenju ovog pokusa uz kutiju s izvorom svjetlosti koristi se pločica s pet zareza, ravno zrcalo koje može samostalno stajati i podloga za izvođenje pokusa (Dodatak B). Ravno zrcalo treba postaviti na predviđeno mjesto na radnoj podlozi. Paralelne zrake svjetlosti usmjere se prema ravnom zrcalu pod nekim kutom s obzirom na zadanu okomicu. Neka središnja upadna zraka svjetlosti pada u točku gdje se sijeku linija zrcala i okomica na zrcalo. Učenici trebaju olovkom prijeći preko uočenih upadnih i reflektiranih zraka.

### 3. Odbijanje paralelnih zraka svjetlosti na zgužvanoj aluminijskoj foliji

Pri izvođenju ovog pokusa uz kutiju s izvorom svjetlosti koristi se pločica s pet zarezova, zgužvana aluminijska folija i podloga za izvođenje pokusa (Dodatak B). Zgužvanu aluminijsku foliju treba postaviti na predviđeno mjesto na radnoj podlozi. Paralelne zrake svjetlosti usmjere se prema aluminijskoj foliji pod nekim kutom s obzirom na zadanu okomicu.

### 4. Odbijanje paralelnih zraka svjetlosti na konkavnom zrcalu (Slika 2.17)

Pri izvođenju ovog pokusa uz kutiju s izvorom svjetlosti koristi se pločica s pet zarezova, konkavno zrcalo i podloga za izvođenje pokusa (Dodatak C). Konkavno zrcalo treba postaviti na predviđeno mjesto na radnoj podlozi. Snop paralelnih zraka usmjeri se tako da se središnja zraka poklapa s optičkom osi. Učenici trebaju olovkom prijeći po reflektiranim zrakama tako da se na papiru vidi trag zraka.

### 5. Odbijanje paralelnih zraka svjetlosti na konveksnom zrcalu (Slika 2.18.)

Pri izvođenju ovog pokusa uz kutiju s izvorom svjetlosti koristi se pločica s pet zarezova, konveksno zrcalo i podloga za izvođenje pokusa (Dodatak D). Konveksno zrcalo treba postaviti na predviđeno mjesto na radnoj podlozi. Snop paralelnih zraka usmjeri se tako da se središnja zraka poklapa s optičkom osi. Učenici trebaju olovkom prijeći po reflektiranim zrakama tako da se na papiru vidi trag zraka.

### 6. Karakteristične zrake kod konkavnog zrcala

Pri izvođenju ovog pokusa uz kutiju s izvorom svjetlosti koristi se pločica s jednim zarezom, konkavno zrcalo i podloga za izvođenje pokusa (Dodatak C). Konkavno zrcalo treba postaviti na predviđeno mjesto na radnoj podlozi. Zraka svjetlosti usmjeri se prema konkavnom zrcalu tako da prolazi centrom zakrivljenosti, zatim se usmjeri tako da prolazi kroz žarište te je na kraju usmjerena prema konkavnom zrcalu u pravcu paralelnom optičkoj osi. Prilikom izvođenja svakog od ta tri slučaja učenici olovkom ucrtavaju trag upadne i reflektirane zrake.

### 7. Karakteristične zrake kod konveksnog zrcala

Pri izvođenju ovog pokusa uz kutiju s izvorom svjetlosti koristi se pločica s jednim zarezom, konveksno zrcalo i podloga za izvođenje pokusa (Dodatak D). Konveksno zrcalo treba postaviti na predviđeno mjesto na radnoj podlozi. Zraka svjetlosti usmjeri se prema konveksnom zrcalu tako da je paralelna s optičkom osi, zatim se usmjeri tako da produžetak

zrake prolazi kroz virtualno žarište te je na kraju usmjerena tako da produžetak zrake prolazi centrom zakrivljenosti. Prilikom izvođenja svakog od ta tri slučaja učenici olovkom ucrtavaju trag upadne i reflektirane zrake.

#### 8. Kako od ravnog zrcala načiniti sferno

Ravno savitljivo zrcalo može odlično poslužiti prilikom uvođenja sfernih zrcala. Učenici savijanjem ravnog zrcala mogu načiniti konkavno i konveksno zrcalo.

Većinu navedenih pokusa izvela sam u 8. razredu osnovne škole. Pripreme za satove nalaze se u 6. poglavlju diplomskog rada.

### ***2. 3. Lom svjetlosti***

#### ***2. 3. 1. Planparalelna ploča***

Pribor: Kutija za izvor svjetlosti s jednim zarezom, prozirna planparalelna ploča, A4 papir, olovka, ravnalo, trokut

Izvođenje pokusa u osnovnoj i srednjoj školi: Pokus izvode učenici u grupama od 4 učenika. Planparalelna ploča postavi se na sredinu A4 papira. Olovkom se iscrta položaj ploče. Ploča se zatim makne te se ucrtava okomica na sredini dužih stranica ploče. Ploča se vrati na ucrtano mjesto. Kutija za izvor svjetlosti postavi se tako da zraka pada u točku sjecišta okomice i stranice planparalelne ploče. Učenici promatraju što se događa sa zrakom svjetlosti koja upada pod različitim kutovima s obzirom na okomicu te olovkom prelaze preko upadne zrake. Označujući mjesto gdje zraka izlazi iz planparalelne ploče, može se na papiru nacrtati pripadna zraka koja prolazi kroz staklo. Ako se pokus izvodi u srednjoj školi učenici kutomjerom mjere upadne kutove i kutove loma. Pomoću izmjerenih kutova učenici mogu izračunati indeks loma planparalelne ploče.

#### ***2. 3. 2. Polukružna ploča***

Pribor: Kutija za izvor svjetlosti s jednim zarezom, prozirna polukružna ploča, A4 papir, olovka, kutomjer, ravnalo, trokut.

Izvođenje pokusa u srednjoj školi: Pokus izvode učenici u grupama od 4 učenika. Otprilike na sredini A4 papira olovkom se ucrtava ravna linija. Na sredini linije ucrtava se okomica. Prozirna polukružna ploča postavi se na liniju tako da je sredina ravnog dijela u

sjecištu linije i okomice. Olovkom se iscrta i polukrug ploče. Učenici prvo istražuju kako se lomi zraka svjetlosti koja upada pod različitim kutovima i s različitih strana polukružne ploče. Trebaju otkriti u kojem slučaju se zraka lomi samo jedan put, a zatim rade mjerenja. Kutija za izvor svjetlosti postavi se tako da zraka pada u točku sjecišta okomice i ravnog dijela ploče. Učenici promatraju što se događa sa zrakom svjetlosti koja upada pod različitim kutovima s obzirom na okomicu te olovkom prelaze preko zraka. Važno je označiti svaku upadnu i njezinu pripadnu izlaznu zraku kako se kasnije zrake ne bi izmiješale. Učenici kutomjerom mjere kutove koje čine ucrtane upadne zrake s okomicom i izlazne zrake s okomicom. Umjesto kutomjera može se koristiti podloga s ucrtanim kutovima kao na kutomjeru. Pomoću izmjerenih kutova učenici mogu izračunati indeks loma materijala od kojeg je napravljena polukružna ploča [3,7].

#### **2. 4. Pokusi s lećama**

Kutija sa zarezima može se koristiti i u pokusima s lećama koje se stavljaju na mjesto sfernih zrcala. Ukoliko nastavnik nema na raspolaganju leće, moguće ih je izraditi od gela ili pleksiglasa.

##### **2. 4. 1. Izvođenje pokusa s lećama u osnovnoj i srednjoj školi**

Prilikom izvođenja dalje navedenih pokusa potrebna je podloga za izvođenje pokusa. Za izradu podloge potreban je A4 papir, olovka, ravnalo i trokut. Papir se postavi horizontalno te se otprilike na polovici papira ucrtava vertikalna ravna linija na koju će se postaviti leća. Na sredini linije ucrtava se okomica odnosno optička os.

Pokusi:

1. Lom paralelnih zraka svjetlosti na konvergentnoj leći.

Pri izvođenju ovog pokusa uz kutiju s izvorom svjetlosti koristi se pločica s pet zarezima, konvergentna leća, podloga i olovka. Leća se postavi na predviđeno mjesto na podlozi. Snop paralelnih zraka usmjeri se tako da se središnja zraka poklapa s optičkom osi. Učenici trebaju olovkom prijeći po upadnim i lomljenim zrakama tako da se na papiru vidi trag.

## 2. Lom paralelnih zraka svjetlosti na divergentnoj leći.

Pri izvođenju ovog pokusa uz kutiju s izvorom svjetlosti koristi se pločica s pet zarezova, divergentna leća, podloga i olovka. Leća se postavi na predviđeno mjesto na podlozi. Snop paralelnih zraka usmjeri se tako da se središnja zraka poklapa s optičkom osi. Učenici trebaju olovkom prijeći po upadnim i lomljenim zrakama tako da se na papiru vidi trag.

## 3. Karakteristične zrake kod konvergentne leće.

Pri izvođenju ovog pokusa uz kutiju s izvorom svjetlosti koristi se pločica s jednim zarezom, konvergentna leća, podloga i olovka. Leća se postavi na predviđeno mjesto na podlozi. Zraka svjetlosti usmjeri se prema konvergentnoj leći tako da je paralelna s optičkom osi, zatim se usmjeri tako da prolazi kroz žarište leće te je na kraju usmjerena tako da prolazi sjecištem linije na kojoj je postavljena leća i optičke osi. Prilikom izvođenja svakog od ta tri slučaja učenici olovkom ucrtavaju trag upadne i lomljene zrake.

## 4. Karakteristične zrake kod divergentne leće.

Pri izvođenju ovog pokusa uz kutiju s izvorom svjetlosti koristi se pločica s jednim zarezom, divergentna leća, podloga i olovka. Leća se postavi na predviđeno mjesto na podlozi. Zraka svjetlosti usmjeri se prema konvergentnoj leći tako da je paralelna s optičkom osi, zatim se usmjeri tako kao da bi prolazila kroz virtualno žarište leće te je na kraju usmjerena tako da prolazi sjecištem linije na kojoj je postavljena leća i optičke osi. Prilikom izvođenja svakog od ta tri slučaja učenici olovkom ucrtavaju trag upadne i lomljene zrake.



### 3. Pokusi iz elektrostatike

Pokusi koji se izvode pomoću pribora opisanog u ovom poglavlju prigodni su za izvođenje u 8. razredu osnovne škole i 2. razredu srednje škole.

Važno je biti svjestan da pokusi iz elektrostatike ponekad ne pokazuju očekivane rezultate ako se izvode u vlažnoj prostoriji ili za vrijeme kišnog dana.

#### 3. 1. Elektroskop

##### 3. 1. 1. Izrada elektroskopa

Pribor: Aluminijska folija, tanka bakrena žica dugačka oko pola metra, staklenka s plastičnim poklopcem, izolir traka, šuplji plastični štapić lizalice, škare.

Umjesto plastičnog poklopca staklenke može se koristiti i neki drugi plastični poklopac kao što je poklopac kantice jogurta ili poklopac kutije za sladoled [8]. U tom slučaju na takvom se poklopcu markerom ocrta kružnica veličine otvora staklenke te se izreže. Izrezani plastični krug na otvor staklenke može se učvrstiti izolir trakom.

Postupak izrade: Oštrim škarcicama izbuši se rupica na sredini plastičnog čepa (Slika 3.1.). Treba paziti da rupica ne bude prevelika. Rupica mora biti široka taman toliko da se u njoj može zaglaviti štapić lizalice.



Slika 3.1. Oštrim škarcicama izbuši se rupica na sredini plastičnog čepa.

Kroz rupicu se provuče šuplji plastični štapić lizalice i namjesti ga se tako da skoro ni ne izviruje iz vanjske strane poklopca (Slika 3.2.). Štapić se s unutrašnje strane poklopca učvrsti izolir trakom (Slika 3.3.).



Slika 3.2. Provlačenje štapića kroz rupicu.



Slika 3.3. Učvršćivanje štapića izolir trakom.

Jedan kraj bakrene žice smota se u spiralu (Slika 3.4.).



Slika 3.4. Bakrena žica savijena u spiralu.

Treba paziti da ostane dovoljno žice tako da se drugi kraj može provući kroz plastični štapić te se na tom kraju napravi kukica (Slika 3.5.). Spirala se mora nalaziti s vanjske strane poklopca (Slika 3.6.).



Slika 3.5. Kukica s unutarnje strane poklopca.



Slika 3.6. Spirala s vanjske strane poklopca.

Aluminijsku foliju treba presaviti tako da se izrezivanjem dobiju dva jednaka listića dimenzija  $1\text{ cm} \times 2\text{ cm}$  (Slika 3.7.). Prije nego li se listići odvoje oštrim škalicama treba izbušiti rupicu na vrhu listića. Listiće zatim treba odvojiti i objesiti ih na kukicu. Prilikom bušenja rupice na listićima i postavljanja na kukicu treba biti vrlo oprezan jer se aluminijska folija jako lako trga.



Slika 3.7. Al listići na kukici.

Poklopac se pričvrsti na staklenku (Slika 3.8.).



Slika 3.8. Elektroskop.

Izrada elektroskopa može biti zadana učenicima za domaću zadaću pojedinačno ili u paru nekoliko nastavnih sati prije sata na kojem će ga koristiti. Tako će svaki učenik ili par imati svoj elektroskop kojim će moći izvoditi pokuse na satu.

### ***3. 1. 2. Izvođenje pokusa pomoću elektroskopa u osnovnoj i srednjoj školi***

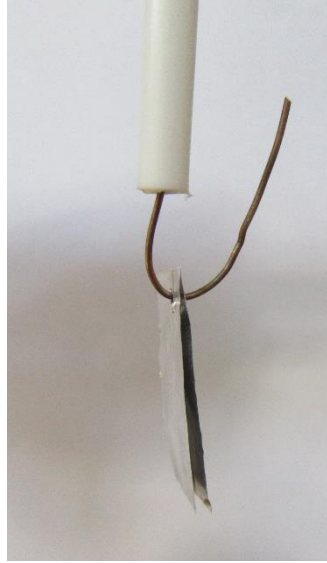
Navedeni pokusi prigodni su za izvođenje u osnovnoj i srednjoj školi a može ih izvesti nastavnik frontalno demonstracijski ili učenici u grupama od 2 do 4 učenika. Pitanja koja se mogu koristiti uz navedene pokuse priložena su u Dodatku H [4,9].

Pokusi :

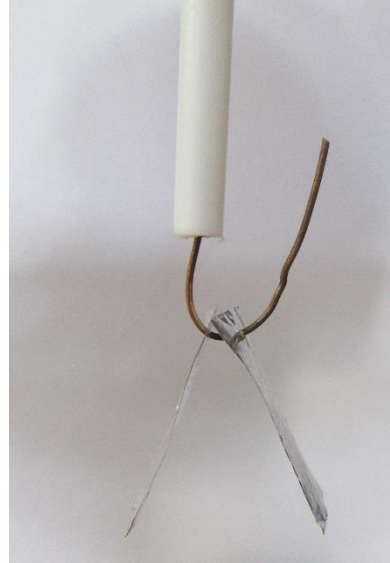
#### **1. Električno međudjelovanje**

Pribor: Veliko plastično ravnalo (ili plastični štap), vunena krpica, epruveta (ili stakleni štap), kožna ili svilena krpica, elektroskop.

Plastično ravnalo natrlja se krpicom te se njime dodirne spirala elektroskopa. Zatim se spirala elektroskopa dotakne prstom. Pokus se ponovi s nabijenom epruvetom te učenici promatraju ima li neke razlike. (Slika 3.9. i Slika 3.10.).



Slika 3.9. Listići nenabijenog elektroskopa.



Slika 3.10. Listići nabijenog elektroskopa.

## 2. Električna influencija

Pribor: Veliko plastično ravnalo, vunena krpica, elektroskop.

Nabijeno plastično ravnalo približi se spirali nenabijenog elektroskopa bez doticanja. Nakon što su učenici promotrili što se događa ravnalo se pomiče od elektroskopa. U drugom dijelu pokusa elektroskop je početno nabijen negativno plastičnim ravnalom a zatim mu se bez doticanja približi negativno nabijeno plastično ravnalo.

## 3. „Magično“ nabijanje

Pribor: Veliko plastično ravnalo, vunena krpica, elektroskop.

Negativno nabijeno ravnalo približi se spirali elektroskopa bez doticanja. Spirala elektroskopa se zatim dotakne prstom te se plastično ravnalo i prst maknu istovremeno. Nakon izvedenog pokusa kazaljka elektroskopa ostaje otklonjena a ponovnim približavanjem negativno nabijenog ravnala određuje se kojim je nabojem nabijen elektroskop.

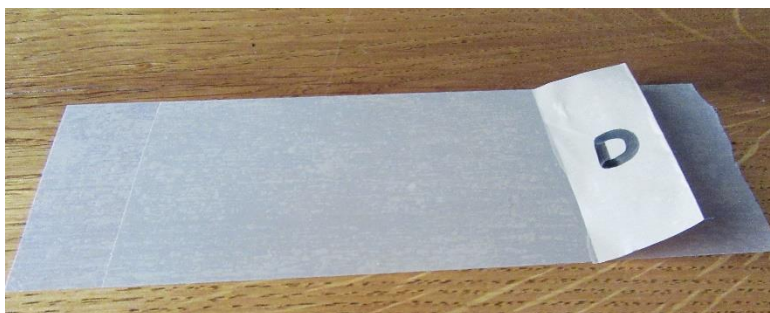
### 3. 2. Ljepljiva traka

#### 3. 2. 1. Izrada pribora

Pribor: Ljepljiva traka, škare, obični papir, aluminijska folija.

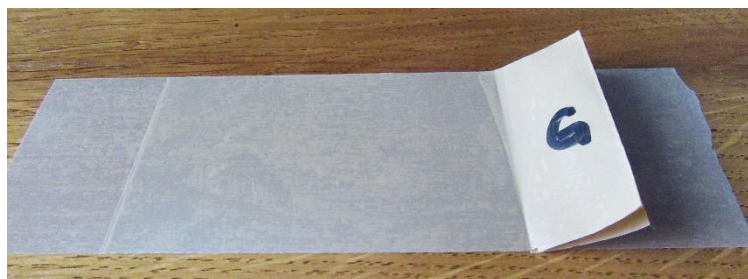
Veoma je važan odabir ljepljive trake. Najboljom se pokazala smeđa ljepljiva traka debljine 5 cm, ona koja se često koristi pri zatvaranju paketa.

Postupak izrade: Oko 15 cm ljepljive trake izreže se te se zalijepi na klupu. Ta se traka ne odljepljuje sve do kraja pokusa i služi kao podloga za ostale trake. Zatim se izreže traka od oko 13 cm te se jedan kraj malo presavije i zalijepi tako da ljepljivog dijela ostane oko 10 cm. Traka se zatim zalijepi na prvu traku te se na presavijenom dijelu napiše slovo D što je oznaka za donju traku (Slika 3.11.).



Slika 3.11. Donja traka zalijepljena na podlogu.

Nakon toga izreže se još jedna traka od oko 13 cm koja se također presavije tako da ljepljivog dijela bude oko 10 cm te se nalijepi na traku s oznakom D. Treba je nalijepiti tako da presavijeni dijelovi budu jedan na drugome. Na presavijeni dio gornje trake napiše se slovo G što je oznaka za gornju traku (Slika 3.12.).



Slika 3.12. Gornja traka zalijepljena na donju traku.

Donja i gornja traka označene su slovima D i G kako bismo ih kasnije prilikom izvođenja pokusa mogli razlikovati. Naglim razdvajanjem trake se nabiju nabojima različitih predznaka. Svaka traka s oznakom D iz bilo kojeg kompleta ima isti naboj koji je suprotan svim trakama s oznakom G.

Potrebno je izrezati 2 trake od papira i 2 aluminijske folije dimenzija jednakih ljepljivim trakama u ovom slučaju 5 cm široke i 10 cm duge (Slika 3.13.).



Slika 3.13. Papirne i aluminijske trake.

### **3. 2. 2. Izvođenje pokusa u osnovnoj i srednjoj školi**

Pokus je pogodan za izvođenje u osnovnoj i srednjoj školi kao pokus koji izvode učenici u paru. Ovim pokusom učenici istražuju što se događa kada se približe 2 trake suprotnih naboja, 2 trake istih naboja, nabijena traka i traka od vodiča, nabijena traka i traka od izolatora, te 2 trake od vodiča i 2 trake od izolatora [10,11]. Svaki učenik najprije zalijepi traku za podlogu na koju nalijepi navedenu donju i gornju traku. Zatim odlijepi zajedno donju i gornju traku tako da ih prstima primi na presavijenom, neljepljivom dijelu. Učenik zatim treba lagano rukom preći preko traka kako bi se trake neutralizirale. Nakon toga učenik jednom rukom primi presavijeni dio jedne trake a drugom rukom presavijeni dio druge trake te ih naglim pokretom razdvoji. Približavanjem dvije razdvojene trake učenik može uočiti da se trake privlače. Učenici koji su u paru zatim istražuju kako se ponašaju trake s istim oznakama tako da svaki od učenika najprije uzme traku s oznakom npr. D te ih približavaju te zatim postupak ponove i s trakom druge oznake. Zatim učenici u paru istražuju sve kombinacije traka kada se približavaju jedna drugoj: papir – papir,

Al – Al, papir – Al, traka D - papir, traka D – Al, traka G – papir, traka G – Al. Bitno je da učenici prilikom izvođenja pokusa trake drže okomito a ne u koso, odnosno kada ih krenu približavati da su trake međusobno paralelne. Ukoliko trake drže ukoso neće moći vidjeti pravilno rezultate pokusa. Također trake se ne smiju približiti previše da se ne bi dodirnule već samo onoliko koliko je potrebno da se vidi odbijaju li se, privlače ili se ništa ne događa. Tijekom izvođenja pokusa moguće je da se trake izbiju te je potrebno ponoviti postupak s nabijanjem traka.

### **3. 3. Pokus s lopticama za stolni tenis**

Pribor: 4 loptice za stolni tenis, tanki konac, aluminijska folija, ljepljiva traka, 2 stalka, plastični štap, stakleni štap, svilena i vunena krpica.

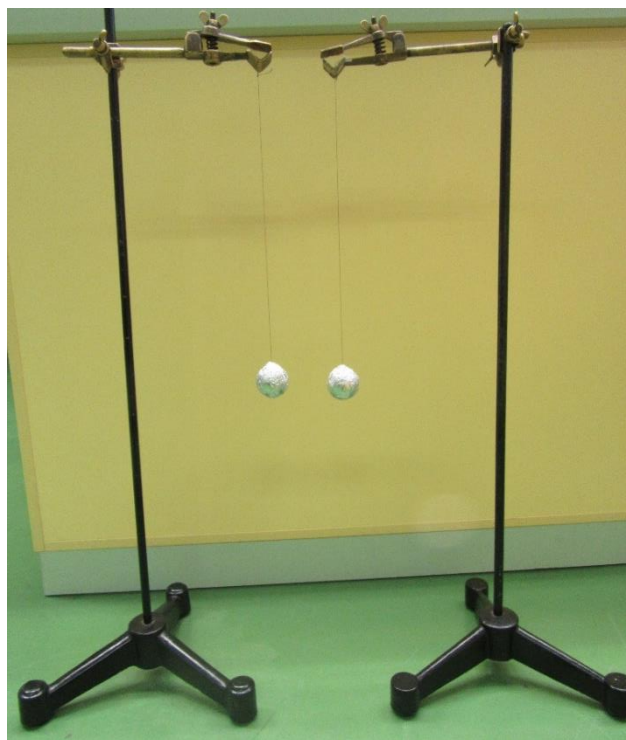
Upute za izradu: Na loptice za stolni tenis se pomoću ljepljive trake zalijepi jedan kraj konca. Dvije loptice umotaju se u aluminijsku foliju. Loptice se objese na stalak ovisno o tome koja je loptica potrebna u pokusu.

#### **3. 3. 1. Izvođenje pokusa u osnovnoj i srednjoj školi**

Pokuse izvodi nastavnik frontalno demonstracijski:

1. Na svaki stalak objesi se jedna loptica omotana u aluminijsku foliju. Loptice trebaju visjeti na nitima otprilike jednake dužine (Slika 3.14.). Jedna se loptica pomoću plastičnog štapa nabije negativno a druga pomoću staklenog štapa pozitivno. Stalci se zatim polako približe. Učenici promatraju što se događa s lopticama. Pokus se izvodi i tako da su obje loptice nabijene jednakim nabojima.





Slika 3.14. Eksperimentalni postav: aluminijske loptice vise na stalcima.

2. Na stalak se objesi loptica umotana u aluminijsku foliju. Pomoću vunene krpice negativno se nabije plastični štapić te se približi nenabijenoj loptici. Učenici promatraju što se događa. Štapić se još više približi loptici, a učenici promatraju što se događa nakon što se loptica i štapić dotaknu.
3. Na stalak se objesi loptica za stolni tenis. Neutralnoj loptici približi se nabijeni štapić (Slika 3.15.). Učenici promatraju što se događa. Štapić se još više približi loptici, a učenici promatraju što se događa nakon što se loptica i štapić dotaknu.



Slika 3.15. Privlačenje neutralne loptice

### **3. 4. Pokus s balonom i limenkom**

Pribor: Balon i limenka.

#### **3. 4. 1. Izvođenje pokusa u osnovnoj i srednjoj školi**

Pokus izvodi nastavnik frontalno demonstracijski. Stol na kojem se izvodi pokus mora imati dovoljno mjesta i podloga treba biti glatka da se limenka može kotrljati. Nastavnik napuhani balon natrlja po kosi ili ga nabije na neki drugi način. Približavanjem balona limenci limenka se počinje kretati prema balonu te nastavnik tako pomiče limenku s jedne strane stola na drugu [12] (Slika 3.16.).



Slika 3.16. Učenik privlači limenku nabijenim balonom.

### **3. 5. Pokus s papirićima**

Pribor: Plastični štap, vunena krpica i komadići papira dimenzija otprilike 1 cm × 1 cm. Umjesto štapa može se koristiti veliko plastično ravnalo ili napuhani balon (Slika 3.17.).

### **3. 5. 1. Izvođenje pokusa u osnovnoj i srednjoj školi**

Pokus je pogodan za izvođenje u osnovnoj i srednjoj školi. Može ga izvoditi nastavnik frontalno demonstracijski ili učenici u grupama. Izvodi se tako da se komadići papira postave na stol. Nabijeni štap se zatim približi komadićima papira tako da ih ne dodiruje.



Slika 3.17. Nabijeni balon privlači neutralne papiriće.



Slika 3.18. Nabijeni balon privlači mlaz vode.

### **3. 6. Pokus s balonom i mlazom vode**

Pribor: Napuhani balon, prozirna plastična boca volumena 2 litre, tanki čavao, čekić, kadica za izvođenje pokusa, boja za hranu, voda.

Postupak izrade: Tanki čavao zabije se čekićem na sredini čepa. Boca se napuni vodom te se doda nekoliko kapi boje za hranu kako bi se pokus bolje vidio.

#### **3. 6. 1. Izvođenje pokusa u osnovnoj i srednjoj školi.**

Pokus izvodi nastavnik frontalno demonstracijski. Nabijeni balon približi se mlazu vode koju curi iz rupice na čepu u kadicu (Slika 3.18.).

## **4. Pokusi iz hidrostatičke**

### **4.1. Hidrostatički tlak**

#### **4.1.1. Izrada pribora za pokuse s hidrostatičkim tlakom**

Pribor: Prozirna plastična boca s čepom volumena 2 litre, pribadača, tanki čavao, izolir traka, boja za hranu, kadica za izvođenje pokusa, lijevak, dodatna boca s vodom.

Najbolje koristiti bocu koja ima utisnuto nekoliko horizontalnih linija, linije će olakšati izradu.

Upute za izradu: Plastična boca se probuši pribadačom na tri različite visine boce tako da su rupice jedna ispod druge [11]. Najviša rupica ne smije se nalaziti previsoko, a međusobni razmak između rupica treba biti oko 7 cm. Ako se dobro promotri plastičnu bocu može se uočiti 2 vertikalne linije jedna nasuprot drugoj. Jedna od tih linija može poslužiti da se lako, bez označavanja markerom, izbuše rupice jedna ispod druge. Najviša rupica neka se nalazi na horizontalnoj liniji boce ako je boca ima. Zatim se probuše još najmanje 3 rupice koje su na visini najviše rupice. Jednaku visinu lako je odrediti ako postoji navedena horizontalna linija. Možda je najzgodnije da one budu pravilno raspoređene iako to nije nužno. Budući da mlaz vode iz najniže rupice ima najveći domet nije zgodno izbušiti puno rupica tako nisko na sve strane jer će za izvođenje pokusa trebati jako velika kadica kako se ne bi namočila klupa. Rupice izbušene pribadačom malo se prošire tankim čavlom. Potrebno je izrezati 2 izolir trake, jednom se prelijepe 3 vertikalne rupice a drugom sve najviše rupice osim one koja je prelijepljena zajedno s prve 3 (Slika 4.1). Boca se postavi u kadicu pa se do vrha napuni vodom. U vodu se doda nekoliko kapi jestive boje kako bi se pokus bolje vidio. Boca se prije izvođenja pokusa začepi. Ako izrađena aparatura nije uspjela, odnosno ako razmak između rupica nije dobro raspoređen ili su rupice prevelike, bocu ne treba baciti. Rupice koje ne zadovoljavaju lako se mogu začepiti tekućim ljepilom kao što je UHU ljepilo. Važno je dovoljno pričekati da se ljepilo sasvim osuši te se može nastaviti s bušenjem novih rupica.



Slika 4.1. Rupice prelijepljene izolir trakom.

#### ***4. 1. 2. Izvođenje pokusa u osnovnoj i srednjoj školi***

Pokus može izvoditi nastavnik kao frontalni demonstracijski pokus ili ga mogu izvoditi učenici u grupama od 4 učenika. Prikladan je za izvođenje u osnovnoj i srednjoj školi. Najprije se uklanja traka koja prekriva rupice na istoj visini i promatra što se događa (Slika 4.2.). Zatim se ukloni i traka koja prekriva rupice na različitim visinama (Slika 4.3.). Pomoću lijevka i dodatne boce s vodom ulijeva se voda ukoliko je potrebno više vremena da učenici uoče što se u pokusu događa ili za ponavljanje pokusa.



Slika 4.2. Plastična boca s 3 rupice na različitim visinama.



Slika 4.3. Plastična boca s rupicama na istoj visini.

## **4. 2. Kartezijev ronilac**

Kartezijev ronilac pokus je koji se može izvoditi u nastavi osnovne i srednje škole ili kao učenički projekt [13]. Zbog svojeg zanimljivog izgleda zanimljiv je i djeci koja još nemaju nastavu fizike te se može osim u nastavi koristiti i na otvorenim danima škole.

### **4. 2. 1. Izrada ronioca od vodenog balona**

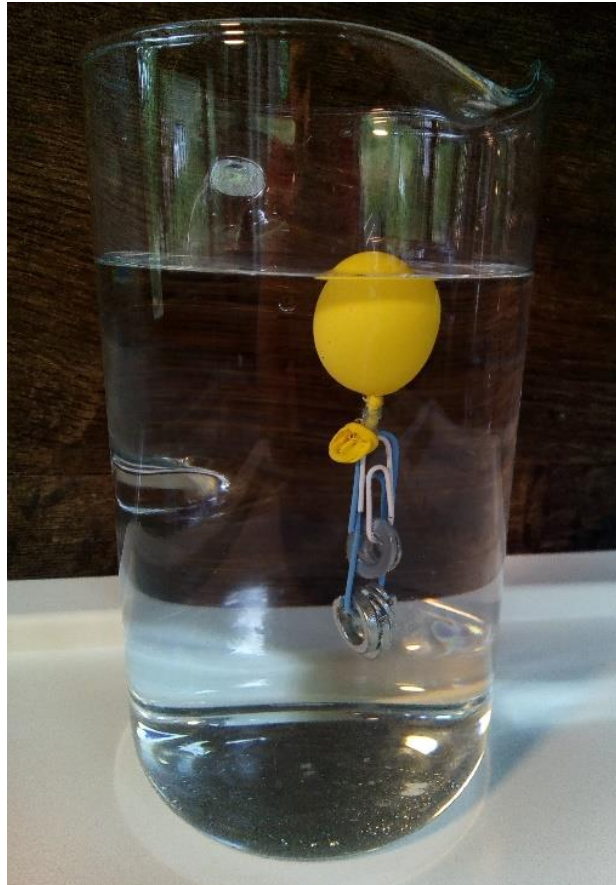
Pribor: Vodeni balon, gumica, spajalice različitih veličina, podložne pločice različitih veličina (podložne pločice prodaju željezarije, u pokusu su korištene podložne pločice unutarnjeg promjera od 5 mm do 13 mm), prozirna plastična boca s čepom volumena 2 litre, posuda za vodu, podloga za izvođenje pokusa kako se ne bi smočio stol, drveni štapić za ražnjiće.

Upute za izradu: Vodeni balon treba napuhati tako da lako može proći kroz otvor boce. Ako je balon previše napuhan teško će ga se stavljati i vaditi iz boce. Na čvor balona namota se gumica. Na gumicu se zataknu spajalice a na spajalice se zakvače podložne pločice (Slika 4.4.). Broj i veličina potrebnih spajalica i podložnih pločica ovisi o tome koliko je balon napuhan.



Slika 4.4. Ronilac načinjen od vodenog balona.

Ronioca treba testirati tako da ga se ubaci u posudu s vodom. Balon mora biti gotovo cijeli uronjen u vodu (Slika 4.5.). Ako balon potone mora se staviti manji broj spajalica i podložnih pločica. Ako balon pluta na vodi treba dodati spajalica i podložnih pločica koliko je potrebno da je balon gotovo u potpunosti uronjen u vodu.



Slika 4.5. Testiranje ronioca.

Nakon što je ronilac testiran treba ga ubaciti u plastičnu prozirnu bocu napunjenu do vrha vodom te bocu začeptiti (Slika 4.6.).





Slika 4.6. Ronilac pluta na vrhu boce.



Slika 4.7. Pritiskom boce ronilac tone.

Pritiskom boce ronilac bi trebao tonuti (Slika 4.7.). Ukoliko ronilac ne tone ili je potrebno jako stisnuti bocu da bi potonuo, ronioca treba izvaditi iz boce te dodati još podložnih pločica. Pri vađenju ronioca iz boce puno će pomoći kuka načinjena od velike spjalice i drvenog štapića za ražnjiće. Kuka se može izraditi tako da jedan kraj spjalice ostane zavrnut a ostatak spjalice se izravna. Izravnati dio spjalice omota se oko drvenog štapića (Slika 4.8.).



Slika 4.8. Kuka za vađenje ronioca.

#### 4. 2. 2. Izrada ronioca od slamke

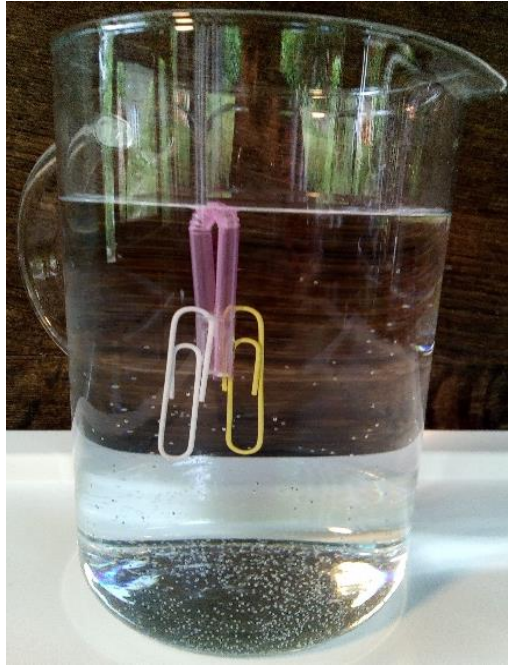
Pribor: Prozirna slamka sa savitljivim dijelom, škare, ljepljiva traka, spajalice različitih veličina, prozirna plastična boca s čepom, posuda za vodu, podloga za izvođenje pokusa kako se ne bi smočio stol, kuka za vađenje ronioca opisana u prethodnim uputama.

Postupak izrade: Slamka se presavije na savitljivom dijelu. Ljepljivom se trakom spoje presavijeni dijelovi slamke. Duži dio slamke treba odrezati na dužinu kraćeg dijela slamke. Spajalice treba zakvačiti na ljepljivu traku (Slika 4.9.). Potreban broj spajalica ovisi o dimenzijama slamke. U šire i duže slamke stati će više zraka te će trebati staviti više spajalica. Nije potrebno koristiti podložne pločice kao kod balona jer se kod slamke radi o puno manjoj količini zraka.



Slika 4.9. Ronilac načinjen od slamke.

Ronioca treba testirati u posudi s vodom (Slika 4.10.). Gotovo u potpunosti mora biti uronjen u vodu. Ako slamka potone treba staviti manju spajalicu a ako pluta na vodi treba dodati onoliko spajalica koliko je potrebno da ronilac bude gotovo potpuno uronjen u vodu.



Slika 4.10. Testiranje ronioca.

Nakon što je ronilac testiran treba ga ubaciti u plastičnu prozirnu bocu napunjenu do vrha vodom te bocu začepiti (Slika 4.11.). Pritiskom boce ronilac bi trebao tonuti (Slika 4.12.).



Slika 4.11. Ronilac pluta na vrhu boce.



Slika 4.12. Pritiskom boce ronilac tone.

#### ***4. 2. 3. Izvođenje pokusa u osnovnoj školi***

Kartezijev ronilac može se koristiti pri uvođenju gustoće u 7. razredu osnovne škole tako što ga nastavnik izvodi kao frontalni demonstracijski pokus. Nastavnik pritiskom i otpuštanjem boce pomiče ronioca dolje-gore. S učenicima osnovne škole ne može se govoriti o silama koje djeluju na ronioca. S njima treba raspraviti da kod ronioca od slamke pritiskom boce u slamku uđe više vode te se tako poveća srednja gustoća ronioca.

#### ***4. 2. 4. Izvođenje pokusa u srednjoj školi***

U nastavi srednje škole Kartezijevog ronioca može izvoditi nastavnik kao frontalni demonstracijski pokus a mogu ga izvoditi i učenici u grupama od 4 učenika kao aplikacijski pokus. Budući da je učenicima zahtjevno obrazloženje pokusa, potrebno ih je voditi pitanjima kroz pokus.

#### ***4. 2. 5. Izvođenje pokusa izvan nastave fizike***

Ukoliko je pokus namijenjen djeci koja još nemaju nastavu fizike pokus se može napraviti zanimljivijim tako da se pokus izvede uz priču. Za njihov uzrast bolje je koristiti ronioca načinjenog od balona jer se na njega mogu lako markerom nacrtati oči i usta. U bocu se ubaci perlica nalik biseru ili neko drugo „blago“ omotano žicom. Na spajalicu ronioca zalijepi se mali magnet. Djeci se postavi pitanje kako ronilac može izroni biser.

Ovaj pokus izvodila sam na otvorenim danima fakulteta djeci koja još nemaju nastavu fizike. Djeca su sa zanimanjem promatrala i sudjelovala u izvođenju pokusa.

## 5. Pokusi iz akustike

### 5. 1. Izvođenje pokusa sa žičanim glazbenim instrumentima u osnovnoj i srednjoj školi

Pribor: žičani glazbeni instrument (gitara, tamburica, violina, ukulele...), štimer (elektronički uređaj za ugađanje glazbenih instrumenata, mjeri i prikazuje frekvenciju tona ili pokazuje oznaku tona npr. A1)

U pokusu se koristi štimer koji pokazuje frekvencije (a ne samo oznake tonova) ili neki od online besplatnih štimera. Online štimeri mogu se lako pronaći na internetu a njihova prednost pred običnim uređajem je da ga se može prikazati preko računala i projektoru te ga tako lako može vidjeti cijeli razred [14]. Takvi štimeri često znaju imati uz sebe i dodatne opcije koje nastavnik može iskoristiti u pokusima sa zvukom.

Ukoliko nastavnik na raspolaganju ima jedan žičani glazbeni instrument pokuse izvodi frontalno demonstracijski:

1. Žice se pomoću vijaka zatežu i otpuštaju čime se dobiva viši i niži ton.
2. Žice instrumenta različite su debljine. Pokusom se može pokazati da tanje žice proizvode više a deblje niže tonove.
3. Pritiskom žice prstom, žicu je moguće „skratiti“ te tako pokazati učenicima da kraća žica proizvodi viši ton.

Uz ova 3 pokusa može se koristiti glazbeni štimer koji očitava frekvenciju proizvedenog tona te se tako visina tona može usporediti i uz pomoć frekvencije.

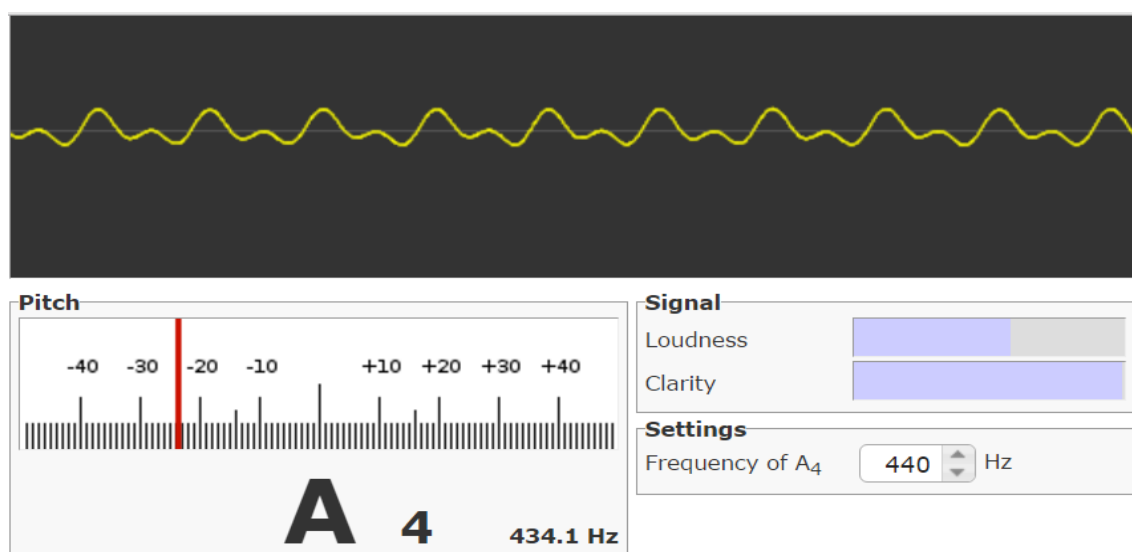
4. Koristeći glazbeni štimer pokusom se mogu odrediti frekvencije određenih tonova i njihove pripadne oktave.
5. Nekoliko učenika može isprobati frekvencije svoga glasa te pokušati proizvesti najniži i najviši mogući ton.
6. Također, koristeći instrumente, s učenicima se može raspraviti uloga rezonantne kutije instrumenata. U raspravi se može koristiti i demonstracijski pokus s rezonantnom kutijom (pokus 5. 5. 1. ili pokus 5. 5. 2.).

Ukoliko nastavnik ne posjeduje žičani instrument, instrument može posuditi iz glazbenog kabineta ili pokuse mogu izvesti učenici koji sviraju takve instrumente. Nastavnik se može raspitati nekoliko nastavnih sati prije sata o zvuku svira li netko žičani instrument i

može li ga donijeti na sat fizike. Ukoliko ima više takvih učenika, pet ili šest, mogu se napraviti pokusi u grupama. Ako pak nema dovoljno instrumenata da se naprave grupe, jedan učenik ili učenici u paru mogu pripremiti izlaganje kojim bi frontalno izveli gore navedene pokuse.

Ako su u razredu učenici koji sviraju neke druge instrumente, može im se predložiti da za sat sa zvukom pripreme kratku prezentaciju kojom će ostalim učenicima pokazati i objasniti kako njihov instrument proizvodi zvuk.

Učenicima osnovne škole zgodno je zadati zadatak da za zadaću naprave svoj instrument i objasne kako taj instrument proizvodi zvuk.



Slika 5.1. Online štimer [14].

## 5. 2. Koje frekvencije čujemo

Na internetu se lako mogu pronaći besplatni testovi pomoću kojih se može odrediti koje frekvencije osoba čuje [15].

Potreban pribor: Računalo, test za frekvencije, slušalice i zvučnik.

Izvođenje pokusa: Pokus je primjeren za izvođenje u osnovnoj i srednjoj školi. Izvodi se tako da nastavnik pokrene test na računalu, a učenici slušaju preko zvučnika. Test se može provesti preciznije pomoću kvalitetnih slušalica, no u tom slučaju samo nekoliko učenika može isprobati test. Ovim testom učenici osim što mogu utvrditi koje frekvencije čuju, a koje ne, mogu uočiti i da neke frekvencije čuju glasnije, a neke tiše.

### 5. 3. *Kako pričamo*

Neka učenici za vrijeme izgovaranja riječi prislone prste na mjestu Adamove jabučice. Trebali bi osjetiti vibracije.

Ovo je jednostavan pokus za koji nije potreban nikakav pribor. Pokus se može povezati s gradivom biologije.

### 5. 4. *Prijenos energije zvučnim valovima*

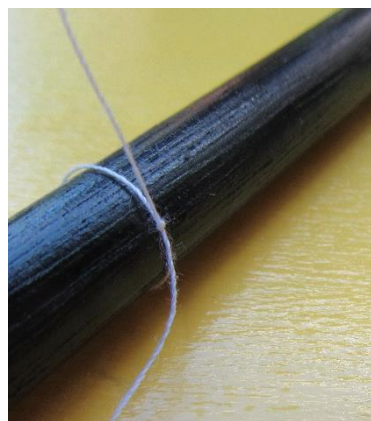
#### 5. 4. 1. *Pokus sa žitnim pahuljicama*

Pribor: Lagane žitne pahuljice s rupom (Slika 5.2.), tanki konac, letvica, stalak ili vješalica s prečkom umjesto letvice i stalka.

Postupak izrade: Od tankog konca izreže se 6 niti duljine 30 cm. Jedan kraj konca zaveže se oko žitne pahuljica s rupom a drugi se kraj konca zaveže oko letvice/vješalice (Slika 5.3.). Razmak između susjednih niti treba biti oko 2 cm.



Slika 5.2. Žitne pahuljice s rupom zavezani koncem.



5.3. Drugi kraj konca zavezan oko vješalice.

Svih 6 žitnih pahuljica treba visjeti na istoj visini što nije lako postići. Razlika u duljini može se ispraviti pomoću ljepljive trake. Nakon što su sve niti zavezane, one niti koje su predugo malo se napnu pomoću ljepljive trake (Slika 5.4.).



Slika 5.4. Usklađivanje duljine konca ljepljivom trakom.

Letvica se postavi na stalak ili se vješalica objesi na rub stola ili naslon stolice (Slika 5.5.).



Slika 5.5. Obješena vješalica sa žitnim pahuljicama.

Ovaj pokus pogodan je za izvođenje u grupama od 4 učenika u osnovnoj i srednjoj školi. Ukoliko nastavnik nema dovoljno stalaka za držanje letvica sa žitnim pahuljicama za svaku grupu, umjesto stalka može koristiti vješalicu. Žitne pahuljice ne smiju visjeti u razini učeničkih glava zato što ih tako mogu slučajno pomicati puhanjem tijekom govora i disanja.



Prije izvođenja pokusa niti sa žitnim pahuljicama moraju mirovati. Za izvođenje pokusa osim stalka sa žitnim pahuljicama potrebna je kuhinjska gumica prerezana na jednom mjestu. Pokus se izvodi tako da jedan od učenika razvuče dva kraja kuhinjske gumice rukama u neposrednoj blizini žitnih pahuljica a drugi učenik trza gumicu. Učenici zatim zamijene uloge a nakon toga pokus izvode druga dva učenika u grupi. Učenici tijekom izvođenja mogu uočiti da se niti sa žitnim pahuljicama nakon trzanja gumice pomiču [16].

#### 5. 4. 2. *Pokus sa svijećom*

Potreban pribor: Lučica, kuhinjska gumica, prozirna folija za čuvanje hrane, plastična boca, skalpel ili škare, upaljač.

Postupak izrade: Skalpelom ili škarama izreže se dno plastične boce (Slika 5.6.). Otvor se prekrije prozirnomo folijom koja se učvrsti kuhinjskom gumicom (Slika 5.7.).



Slika 5.6. Odrezano dno boce.



Slika 5.7. Prozirna folija preko otvora boce učvršćena gumicom.

Ovaj pokus prikladan je za izvođenje u osnovnoj i srednjoj školi. Može se izvesti na dva načina. Prvi način je pomoću svijeće s podloškom i plastične boce (Slika 5.8.). Pokus se izvodi tako da učenik otvor boce usmjeri prema svjećici dok rukom lagano udara po papiru. Jačim udaranjem moguće je iz veće daljine ugasiti svijeću. Drugi način je korištenje plastične kuhinjske gumice prerezane na jednom mjestu umjesto boce. Pokus se izvodi tako da učenik trza gumicu u blizini plamena svijeće (Slika 5.9.).



Slika 5.8. Učenik lagano udara prozirnu foliju.



Slika 5.9. Učenik trza gumicu u blizini svijeće.

#### 5. 4. 3. Pokus sa zvučnikom

Pribor: Mali zvučnik na baterije (Slika 5.10.), posuda u koju stane zvučnik, prozirna folija, kuhinjska gumica, sol, mobitel.



Slika 5.10. Mali zvučnik na baterije.

Postupak izrade: Zvučnik se stavi u posudu tako da priključak za mobitel viri iz posude. Posuda se prekrije prozirnom folijom te se učvrsti pomoću kuhinjske gumice i napne (Slika 5.11.).



Slika 5.11. Posuda sa zvučnikom prekrivena prozirnom folijom učvršćena kuhinjskom gumicom.

Na prozirnú foliju posipa se malo soli. Zvučnik se priključi na mobitel koji se nalazi izvan posude (Slika 5.12.).



Slika 5.12. Konačni postav aparature.

Pokus je pogodan za izvođenje u osnovnoj i srednjoj školi tako da ga izvodi nastavnik kao frontalni demonstracijski pokus. Izvodi se tako da se na mobitelu upali glazba. Učenici tijekom izvođenja pokusa mogu uočiti da sol poskakuje u skladu s glazbom [17].

## **5. 5. Rezonantna kutija**

### **5. 5. 1. Izrada rezonantne kutije 1**

Pribor: kuhinjska gumica, limenka bez oštih rubova, čavao malo deblji od debljine gumice, čekić, ravnalo, marker, škare.

Postupak izrade: Na dnu limenke, s vanjske strane, pomoću ravnala i markera treba odrediti i označiti sredinu. U označenu sredinu čekićem se zabije čavao te se odmah potom makne iz nastale rupice (Slika 5.13. i Slika 5.14.). Rupica se može proširiti škarama ako je preuska za provući gumicu.



Slika 5.13. Bušenje rupice zabijanjem čavla.



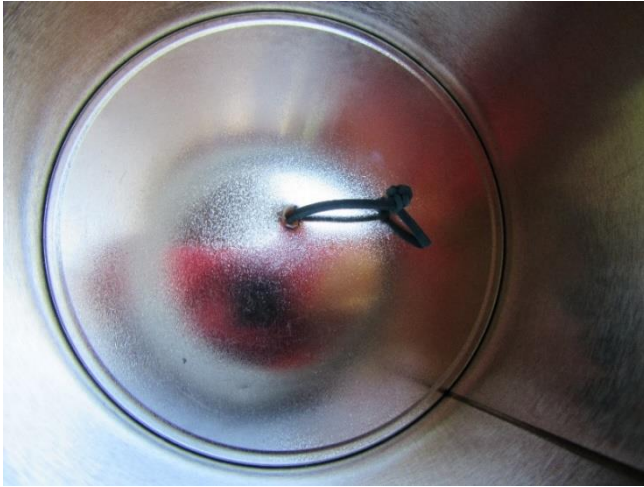
Slika 5.14. Probušena rupica na dnu limenke.

Škarama se gumica prereže na jednom mjestu. Na jednom kraju gumice napravi se čvor (Slika 5.15.).



Slika 5.15. Prerezana gumica sa čvorom.

Gumicu sa čvorom provuče se kroz rupicu tako da je čvor unutar limenke (Slika 5.16. i Slika 5.17.). Ukoliko je jedan čvor premali te prolazi kroz rupicu treba na mjestu prvog čvora zavezati još nekoliko čvorova, onoliko koliko je potrebno da čvorovi ne mogu proći kroz rupicu.



Slika 5.16. Čvor gumice nalazi se s unutarnje strane limenke.



Slika 5.17. Rezonantna kutija.

### 5. 5. 2. Izrada rezonantne kutije 2

Pribor: kuhinjska gumica, limenka bez oštih rubova.

Postupak izrade: kuhinjska gumica razapne se preko otvora limenke (Slika 5.18.).



Slika 5.18. Rezonantna kutija.

### ***Izvođenje pokusa u školi***

Pokus je prikladan kao demonstracijski pokus kojeg izvodi nastavnik u osnovnoj i srednjoj školi. Nastavnik najprije zatitra napetu kuhinjsku gumicu, jednaku onoj korištenoj pri izradi rezonantne kutije, te njome proizvodi zvuk. Nastali zvuk je tih i vjerojatno će ga čuti samo nekoliko najbližih učenika. Nakon toga nastavnik napne gumicu pričvršćenu na rezonantnu kutiju te i njome proizvodi zvuk. Učenici prilikom izvođenja pokusa mogu uočiti da je zvuk nastao titranjem gumice s rezonantnom kutijom puno glasniji te ga mogu čuti svi učenici u razredu.

## ***5. 6. Kako putuje zvuk***

### ***5. 6. 1. Pokus sa žlicom***

Pribor: Ravnalo, žlice različitih veličina, špaga dugačka oko 130 cm.

Postupak izrade: na sredini špaga napravi se omča kroz koju se provuče žlica. Špaga se stegne oko žlice te se napravi još jedan čvor kako žlica ne bi ispala (Slika 5.19.). Učenik krajeve špaga namota oko kažiprsta lijeve i desne ruke te prste omotane špagom gurne lagano u uho. Žlica mora slobodno visjeti na špagi tako da ne dodiruje tijelo učenika. Nakon što je žlica namještena drugi učenik lagano ravnalom udari zakrivljeni dio žlice.

Izvođenje pokusa: Pokus je prikladan za učenike osnovne i srednje škole. Pokus izvode učenici u paru. Umjesto žlice može se koristiti i opruga koja daje jako zanimljive zvukove.



Slika 5.19. Žlica zavezana špagom.

## **5. 7. Svirala od slamki**

### **5. 7. 1. Izrada svirala od slamki**

Pribor: 5 debljih slamki, 5 tanjih slamki, škare, ravnalo

Upute za izradu: Od 5 debljih slamki treba izrezati 7 komada slamki duljine 2.5 cm, 5 cm, 7.5 cm, 10 cm, 12.5 cm, 15 cm, 17.5 cm i 20 cm (Slika 5.20.). Pri tome se od iste slamke izrežu komadi od 12.5 cm i 5 cm te 10 cm i 7.5 cm kako ne bi bilo nepotrebnog bacanja komadića slamki prilikom izrezivanja. Nakon što su izrezane sve deblje slamke postupak se ponovi s tanjim slamkama.

Za izvođenje pokusa nije nužno da slamke budu baš navedenih dužina, bitno je da ih se izreže na različite dužine kako bi se vidjela razlika u visini tona u ovisnosti o duljini slamke. Također pokus se može izvesti i s manjim brojem slamki, npr. 3, ukoliko nema dovoljno slamki.



Slika 5.20. Slamke različitih dužina.

### **5. 7. 2. Izvođenje pokusa u školi**

Pokus izvode učenici u paru tako da jedan učenik ima deblje a drugi tanje slamke. Svaki učenik treba imati jedan set od 7 slamki različitih duljina. Učenik nasloni donju usnu na otvor slamke i puše okomito na otvor najprije najdulje slamke a zatim na iduću kraću pa sve do najkraće slamke. Nakon što je usporedio visine dobivenih tonova svojih slamki različitih duljina jednake debljine, učenik uspoređuje visinu tonova koji proizvodi njegova slamka i slamka učenika u paru koje su jednake duljine a različite debljine.



### 5. 8. Pokus s bocama

Ovim pokusom se pomoću boca istražuje kako duljina cijevi otvorena na jednom kraju, ispunjena zrakom, utječe na visinu proizvedenog tona [18].

Pribor: 3 jednake boce uskog otvora, ravnalo, marker, voda.

Način izrade: Pomoću ravnala i markera treba napraviti oznaku na polovici boce a zatim bocu napuniti vodom do oznake. Drugu bocu treba označiti tako da tri četvrtine boce budu napunjene vodom. Treća boca ostaje prazna.

Prije izvođenja pokusa treba provjeriti je li vrsta odabrane boce prikladna za izvođenje pokusa. Provjera se provodi tako da se boca postavi na radnu podlogu, osoba koja izvodi pokus naslanja donju usnu na otvor boce te puše. Ukoliko se uspije proizvesti zvuk boca se može koristiti u pokusu. Zvuk se često ne može proizvesti isprve, potrebno je malo vježbati i isprobavati načine puhanja.

Izvođenje pokusa: Pokus je pogodan za izvođenje u srednjoj školi. Izvodi ga nastavnik kao demonstracijski pokus a mogu ga izvoditi i učenici u grupama od 4 učenika ukoliko ima dovoljno boca za sve grupe. Pokus se izvodi tako da nastavnik ili učenik prisloni donju usnu na otvor boce i puše najprije na otvor prazne boce, zatim one napunjene do pola vodom i na kraju one koja je napunjena s 3/4 vode. Tijekom izvođenja pokusa učenici uspoređuju visine proizvedenih tonova.



Slika 5.21. Staklene boce s različitim volumenom vode.

## 6. Pripreme za nastavne satove iz geometrijske optike

### 6. 1. Priprema za nastavni sat *Odbijanje svjetlosti – ravno zrcalo.*

Učenicima se u uvodnom dijelu postavljaju motivacijska pitanja kako bi se prikupile njihove ideje i pretpostavke: Kako vidimo predmete?

- Zrake svjetlosti pravocrtno se šire iz izvora, padaju na predmet te se raspršuju u oko promatrača u kojem nastaje slika predmeta.

S učenicima se zatim raspravlja što je ravno zrcalo: Zašto se možemo vidjeti u zrcalu a zašto ne kada gledamo u školsku klupu? Gdje možemo vidjeti svoj odraz?

- Nakon što učenici dođu do zaključka da je ravno zrcalo svaka ravna glatka površina od koje se odbija svjetlost, u bilježnice svojim riječima zapisuju zaključak.

Glavno istraživačko pitanje: Što se događa kada svjetlost padne na ravno zrcalo?

Učenici u grupama od 4 učenika istražuju što se događa kada svjetlost padne na ravno zrcalo. U svakoj grupi jedan od učenika treba imati svjetiljku na mobitelu koja služi kao izvor svjetlosti prilikom izvođenja pokusa. Svaka grupa koristi pribor koji se sastoji od ravnog zrcala koje može samostalno stajati, kutije za izvor svjetlosti, pločicama s jednim i pet zareza te 2 iste podloge predviđene za izvođenje pokusa s ravnim zrcalom (Dodatak B). Prvu podlogu učenici koriste za prvih 5 zadataka a drugu podlogu za 6. i 7. zadatak. Radni list 1 (Dodatak E) osmišljen je kao niz pitanja i zadataka koji vode učenike kroz pokuse. Svaki učenik mora imati svoj radni list koji će kasnije zalijepiti u bilježnicu. Važno je dodatno naglasiti učenicima da ne izvode pokuse prije nego li svi učenici u grupi napišu svoje skice i pretpostavke. Učenicima treba objasniti da snop svjetlosti koji izlazi iz jednog zareza nije samo jedna zraka, no za potrebe izvođenja pokusa taj će se snop gledati kao jednu zraku svjetlosti.

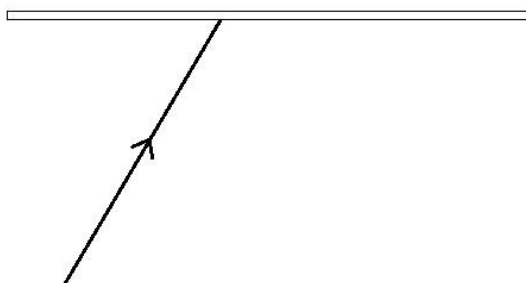
Učenici najprije istražuju što će se dogoditi kada zraka svjetlosti ne upada okomito na zrcalo. Kutomjerom mjere kutove koje čine nekoliko upadnih i reflektiranih zraka s okomicom na zrcalo. Kroz razrednu raspravu uvede se upadni i reflektirani kut. Zatim učenici istražuju i što se događa kada zraka svjetlosti upada okomito na zrcalo. U pokusima bi učenici trebali uočiti zakon odbijanja svjetlosti.

Nakon izvođenja pokusa nastavnik (ili učenik) na ploči na temelju rezultata pokusa skicira zakon odbijanja svjetlosti.

Učenici zatim nastavljaju s izvođenjem pokusa u grupama istražujući najprije kako se odbijaju paralelne zrake svjetlosti na ravnom zrcalu a zatim kako se paralelne zrake svjetlosti odbijaju od zgužvane aluminijske folije. S učenicima se raspravi što se događa kada se zgužva aluminijska folija te se uvede difuzno odbijanje svjetlosti. U završnom dijelu sata učenici rješavaju zadatke.

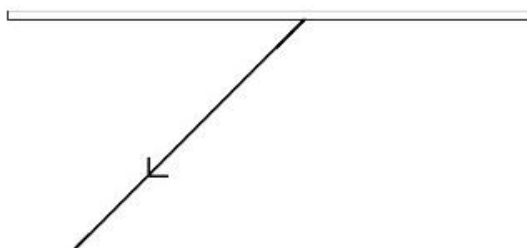
Primjeri zadataka:

Zadatak 1. Slika 6.1. prikazuje ravno zrcalo i upadnu zraku svjetlosti. Objasnite kako biste odredili reflektiranu zraku te je ucrtajte na crtežu.



Slika 6.1. Zraka svjetlosti upada na ravno zrcalo.

Zadatak 2. Slika 6.2. prikazuje ravno zrcalo i reflektiranu zraku svjetlosti. Objasnite kako biste odredili upadnu zraku te je ucrtajte na crtežu.



Slika 6.2. Zrcalo i reflektirana zraka.

## 6. 2. Priprema za nastavni sat Sferna zrcala

Učenicima se u uvodnom dijelu postavljaju motivacijska pitanja kako bi se prikupile njihove ideje i pretpostavke: Postoje li zrcala koja nisu ravna? Gdje ste vidjeli takva zrcala? Čemu takva zrcala služe? Po čemu se sve razlikuju takva zrcala od ravnih zrcala?

Nakon što učenici iznesu svoje ideje i pretpostavke učenici se podijele u grupe od 4 učenika te se svakoj grupi dodijeli žlica ili grabilica za juhu koja može poslužiti kao sferno zrcalo. Učenici proučavaju sliku u žlici/grabilici za juhu te u bilježnice zapišu što uočavaju.

7. Učenici bi trebali uočiti da gledajući se u žlicu/grabilicu za juhu ne dobivaju istu sliku kao kod ravnog zrcala te da se slike razlikuju ovisno o tome koju stranu žlice/grabilice za juhu gledaju.

Nastavnik zatim na ploči crta dvije žlice, tako da na jednoj zrake svjetlosti upadaju na udubljenu stranu a na drugoj zrake svjetlosti upadaju na izbočenu stranu. Nastavnik uvodi nazive konkavno i konveksno zrcalo. Korisno je reći učenicima da će lakše zapamtiti da je konkavno zrcalo udubljeno tako što u njega mogu staviti kavu.

Svakoj grupi učenika podijeli se ravno savitljivo zrcalo te im se postavlja pitanje može li se od ravnog zrcala načiniti zakrivljeno zrcalo? Učenici savijanjem ravnog zrcala dobivaju konkavno odnosno konveksno zrcalo. Učenicima se objasni da su na taj način načinjena i zrcala koja će kasnije koristiti pri izvođenju pokusa.

Učenicima se postavlja pitanje koje bi bilo prikladno zajedničko ime za konkavno i konveksno zrcalo. Raspravom ih se navodi na to da su konkavno i konveksno zrcalo dio sfere te da se takva zrcala nazivaju sferna zrcala. Pomoću središta sfere nastavnik na ploči uvodi centar zakrivljenosti zrcala a zatim i optičku os te tjeme zrcala.

Glavno istraživačko pitanje: Što se događa kada svjetlost pada na sferna zrcala?

Nakon uvođenja osnovnih pojmova učenici pokusima istražuju što se događa kada svjetlost pada na sferna zrcala. Svaka grupa od 4 učenika koristi pribor koji se sastoji od kutije za izvor svjetlosti, pločice s pet zareza, podloge predviđene za izvođenje pokusa za konkavno i konveksno zrcalo (Dodaci C i D) i zrcalo koje je s jedne strane konkavno a s druge konveksno. Svaki učenik treba imati svoj radni list 2 (Dodatak F) koji će kasnije nalijepiti u bilježnicu. Važno je dodatno naglasiti učenicima da ne izvode pokuse prije nego li svi učenici u grupi napišu svoje skice i pretpostavke. Radni list 2 osmišljen je tako da vodi učenike pitanjima i zadacima kroz pokuse.

Učenici najprije pokusom istražuju što će se dogoditi kada se snop paralelnih zraka svjetlosti usmjeri prema konkavnom zrcalu u smjeru optičke osi. Nakon što učenici izvedu pokus nastavnik (ili učenik) na ploči skicira pokus. Pomoću točke sjecišta reflektiranih zraka uvodi se fokus zrcala i žarišna duljina. Kroz razrednu raspravu dolazi se do odnosa između udaljenosti fokusa i centra zakrivljenosti od tjemena zrcala.

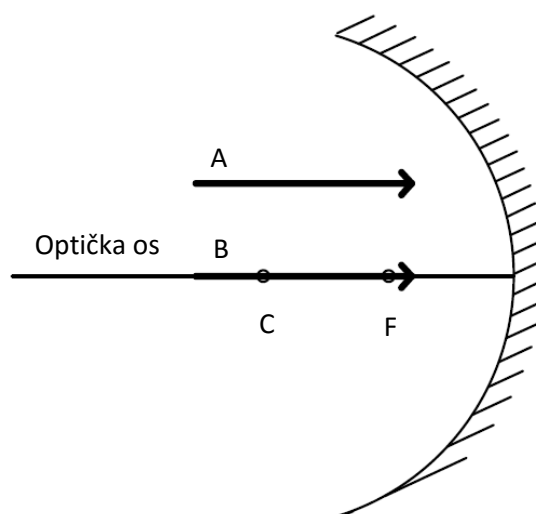
Učenici zatim pokusom istražuju što će se dogoditi kada se snop paralelnih zraka svjetlosti usmjeri prema konveksnom zrcalu u smjeru optičke osi. Nakon što učenici izvedu pokus nastavnik (ili učenik) na ploči skicira pokus te se uz raspravu uvodi virtualno žarište konveksnog zrcala.

U završnom dijelu sata učenici rješavaju zadatke.

Primjeri zadataka:

Zadatak 1. Slika 6.3. prikazuje dvije zrake A i B paralelne s optičkom osi kako upadaju na konkavno zrcalo. Koja od tih zraka će se od konkavnog zrcala reflektirati tako da reflektirana zraka prolazi centrom zakrivljenosti C?

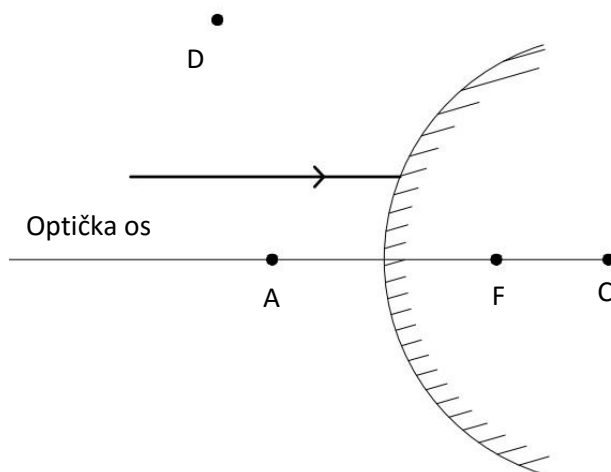
- a) Samo zraka A
- b) Samo zraka B
- c) Obje zrake A i B
- d) Niti jedna zraka



Slika 6.3. Dvije paralelne zrake upadaju na konkavno zrcalo.

Zadatak 2. Slika 6.4. prikazuje zraku paralelnu optičkoj osi koja upada na konveksno zrcalo. Kroz koju će točku proći reflektirana zraka svjetlosti?

- a) A
- b) C
- c) D
- d) F



Slika 6.4. Zraka paralelna optičkoj osi upada na konveksno zrcalo.

Na sljedećem nastavnom satu mogu se uvesti karakteristične zrake pri čemu može pomoći radni list 3 (Dodatak G).

## 7. Zaključak

Postupci izrade pribora od priručnog materijala za pokuse, navedeni u ovome radu, mogu pomoći nastavnicima fizike da poboljšaju kvalitetu nastave. Prilikom izrade navedenog pribora nastavnici mogu uvidjeti kako poboljšati izradu pribora ili dobiti ideje za nove pokuse. Materijali korišteni za izradu pribora mogu se naći u kućanstvu kao otpadni materijali ili se jeftino nabaviti.

Dio navedenih pokusa preuzet je s interneta. Internet pruža mnogo ideja za izvođenje pokusa. Kod većine njih čini se da je pribor lako izraditi i da pokusi odlično uspijevaju. U stvarnosti to baš i nije tako jednostavno. Često se događa da se pri izvođenju pokusa ne dobivaju očekivani rezultati. To se najčešće događa jer izrada pribora i način izvođenja pokusa nisu detaljno opisani. Ne treba zato odustati od takvih pokusa. Potrebno je razmotriti zašto pribor ne funkcionira onako kako očekujemo te ga doraditi. Vrlo je važno da nastavnici svaki pokus isprobaju prije izvođenja na satu.

Imala sam priliku isprobati kako funkcionira pribor iz geometrijske optike za učeničke pokuse u osnovnoj školi. Pribor se pokazao jako dobar, učenici su sa zanimanjem izvodili pokuse te su došli do očekivanih rezultata. Kartezijevog ronioca sam također isprobala u osnovnoj školi kao i na otvorenim danima fakulteta. Učenici su svojim pozitivnim komentarima dali do znanja da im je pokus zanimljiv i razumljiv.

Nadam se da će ovaj rad pomoći nastavnicima, kao i meni, da poboljšaju nastavu fizike i pokusima na zanimljiviji način približe učenicima gradivo fizike.

## Literatura

- [1] Predavanja iz kolegija Metodika fizike 1, v. pred. dr. sr. Maja Planinić, Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- [2] Science Toy Maker, <http://www.sciencetoymaker.org/>, 19.9.2016.
- [3] Radni listovi iz kolegija Praktikum eksperimentalne nastave fizike 1, Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- [4] Young and Freedman, Sears and Zemansky's university physics: with modern physics. 12th ed. San Francisco: Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Addison-Wesley, 2008
- [5] Vladimir Paar, Udžbenik za treći razred gimnazije. 2. izdanje Zagreb: Školska knjiga, 2006
- [6] Nada Brković, Zbirka zadataka iz fizike 3. dio. Zagreb: Luk, 2001
- [7] Snell's law of Refraction,  
<https://www.youtube.com/watch?v=yfawFJCRDSE>, 18.9.2016.
- [8] How to make an electroscope (DIY),  
<https://www.youtube.com/watch?v=2PmWIPjV6n0>, 18.9.2016.
- [9] Nada Brković, Zbirka zadataka iz fizike 2. dio. Zagreb: Luk, 2001
- [10] Sticky Tape Lab, <https://www.youtube.com/watch?v=CW9mfd1EszM>, 18.9.2016.
- [11] Predavanja iz kolegija Metodika fizike 2, v. pred. dr. sr. Maja Planinić, Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- [12] Balloon Roller Experiment + Coke Can + Lattina peroni,  
<https://www.youtube.com/watch?v=Rqym-8GaejI>, 18.9.2016.
- [13] The Cartesian diver, <http://www.sciencetoymaker.org/diver/index.html>, 18.9.2016.
- [14] Free Online Tuner, <https://www.flutetunes.com/tuner/>, 18.9.2016.
- [15] Hearing Test HD, <https://www.youtube.com/watch?v=H-iCZEIJ8m0>, 18.9.2016.
- [16] Physical Science for Children All About Sound,  
<https://www.youtube.com/watch?v=a7Ta8DF2y0o>, 18.9.2016.

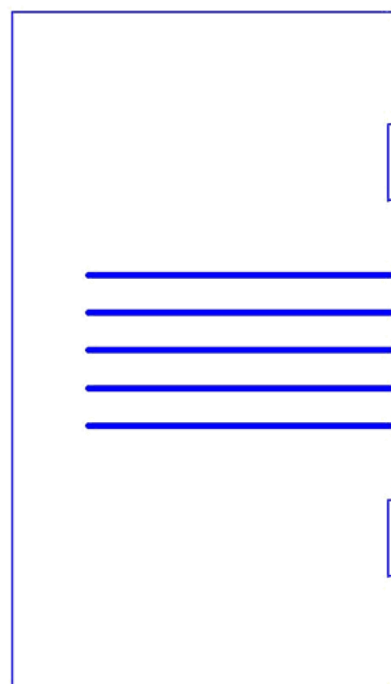
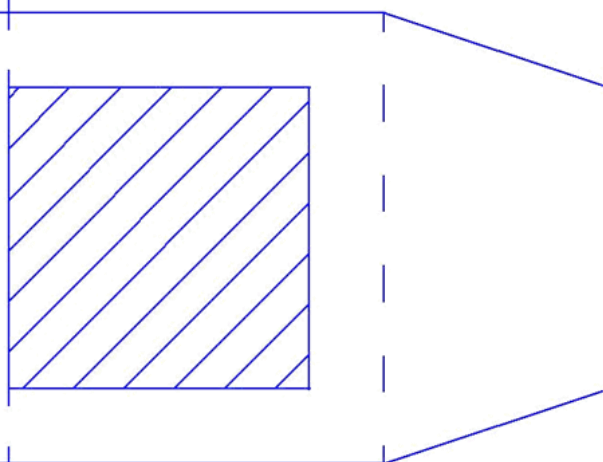
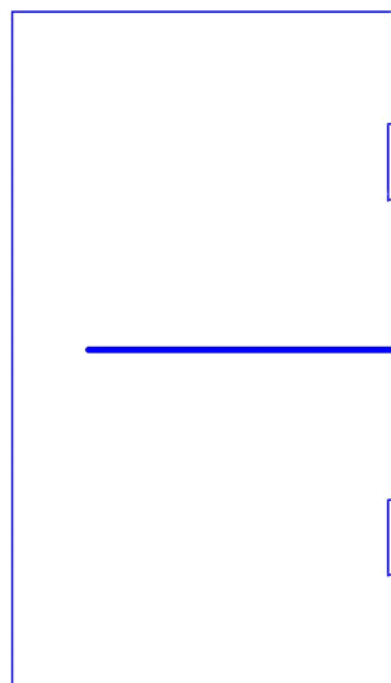
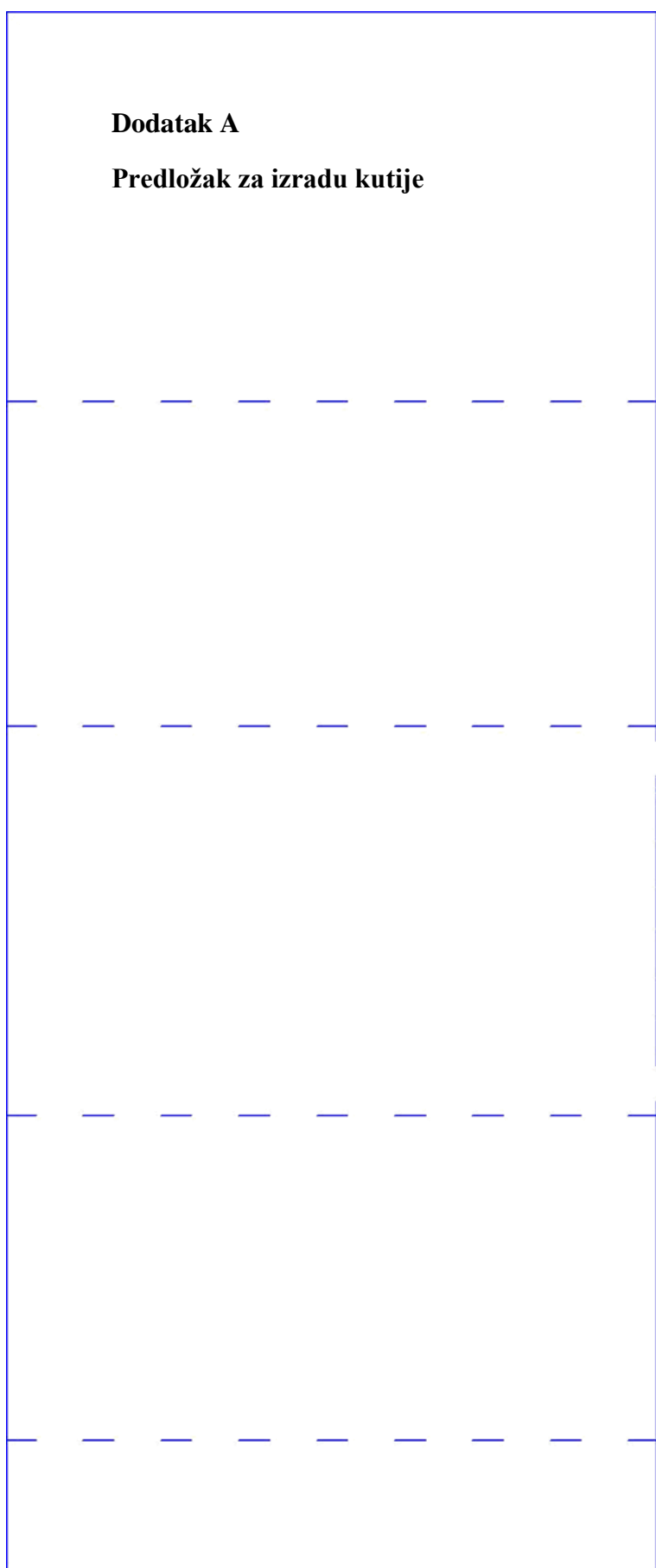


[17] Salt Vibrations: Sound You Can See, <http://frugalfun4boys.com/2015/07/10/science-demonstration-kids-sound-vibrations/>, 18.9.2016.

[18] Sonorous Science: Making Music with Bottles,  
<http://www.scientificamerican.com/article/sonorous-science-making-music-with-bottles/#>,  
18.9.2016.

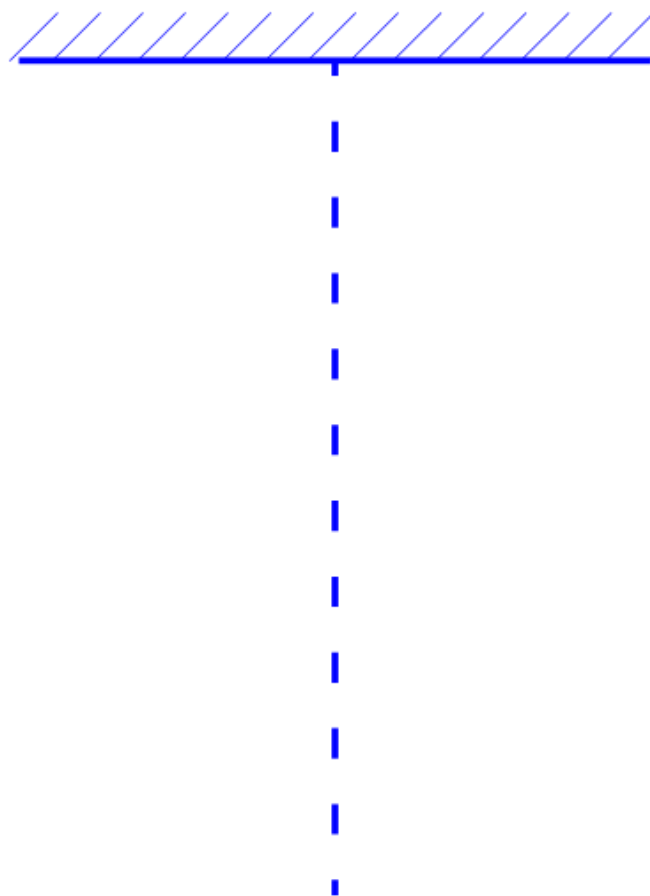
**Dodatak A**

**Predložak za izradu kutije**



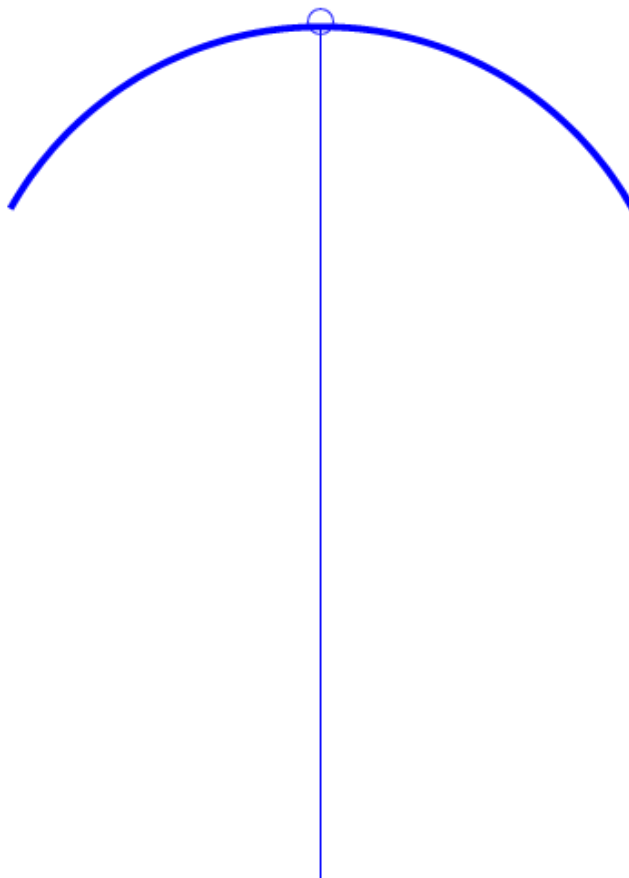
## **Dodatak B**

### **Podloga za izvođenje pokusa s ravnim zrcalom**



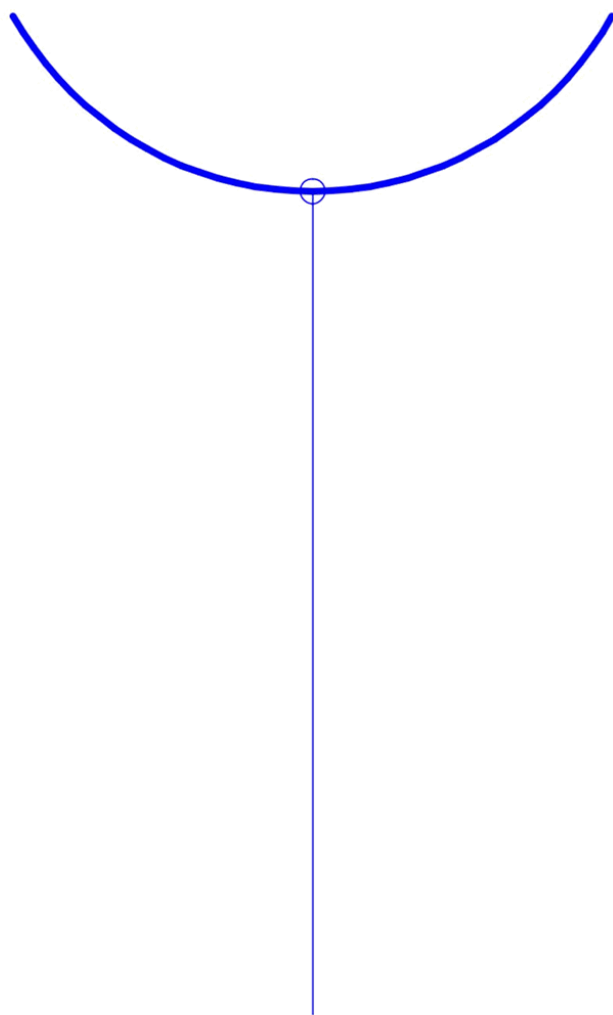
## Dodatak C

### Podloga za izvođenje pokusa s konkavnim zrcalom



## Dodatak D

### Podloga za izvođenje pokusa s konveksnim zrcalom



## **Dodatak E**

Radni list 1: Ravno zrcalo, zakon loma svjetlosti

Kao izvor svjetlosti koristite svjetiljku mobitela. Nasuprot otvoru za mobitel mogu se umetnuti pločice sa zarezima. Na početku stavite pločicu s jednim zarezom. Postavite ravno zrcalo na punu liniju.

1. Što očekujete da će se dogoditi ako izvor svjetlosti usmjerite prema ravnom zrcalu tako da zraka svjetlosti ne upada okomito na zrcalo? Skicirajte svoja predviđanja! Prokomentirajte svoje pretpostavke u grupi.
  
2. Nakon što ste skicirali svoja predviđanja izvor svjetlosti usmjerite prema ravnom zrcalu pod nekim kutom s obzirom na zadanu okomicu. Neka upadna zraka svjetlosti pada u točku gdje se sijeku linija zrcala i okomica na zrcalo. Olovkom prijedite preko uočene upadne i reflektirane zrake.
3. Kakvi su kutovi koji čine upadna i reflektirana zraka s okomicom? Izmjerite te kutove pomoću kutomjera. Ponovite mjerenje za još dvije upadne zrake pod nekim drugim kutom.
  
4. Što očekujete da će se dogoditi ako izvor svjetlosti usmjerite okomito na ravno zrcalo? Skicirajte svoja predviđanja! Prokomentirajte svoje pretpostavke u grupi.



## **Dodatak F**

### Radni list 2: Sferna zrcala

#### *Konkavno zrcalo*

Za proučavanje konkavnog zrcala koristit ćemo udubljenu stranu zrcala. U kutijicu s mobitelom umetnite pločicu s 5 zareza.

1. Što očekujete da će se dogoditi ako snop paralelnih zraka usmjerite prema konkavnom zrcalu u pravcu optičke osi? Skicirajte svoja predviđanja! Prokomentirajte svoje pretpostavke s učenicima u svojoj grupi.
  
2. Nakon što ste skicirali svoja predviđanja usmjerite snop paralelnih zraka tako da se središnja zraka poklapa s optičkom osi. Postavite konkavno zrcalo na punu liniju na papiru. Olovkom prijedite po reflektiranim zrakama tako da se na papiru vidi trag zraka.

#### *Konveksno zrcalo*

Za proučavanje konveksnog zrcala koristit ćemo ispupčenu stranu zrcala. U kutijicu s mobitelom umetnite pločicu s 5 zareza.

1. Što očekujete da će se dogoditi ako snop paralelnih zraka usmjerite prema konveksnom zrcalu u pravcu optičke osi? Skicirajte svoja predviđanja! Prokomentirajte svoje pretpostavke s učenicima u svojoj grupi.
  
2. Nakon što ste skicirali svoja predviđanja usmjerite snop paralelnih zraka tako da se središnja zraka poklapa s optičkom osi. Postavite konveksno zrcalo na punu liniju na papiru. Olovkom prijedite po reflektiranim zrakama tako da se na papiru vidi trag zraka.
  
3. Crtkanim linijama produžite pravce reflektiranih zraka iza zrcala. Što zaključujete?



## **Dodatak G**

### Radni list 3

#### Karakteristične zrake sfernih zrcala

##### *Konkavno zrcalo*

Postavite konkavno zrcalo na predviđeno mjesto na podlozi korištenoj u radnom listu 2. U kutiju za izvor svjetlosti umetnite pločicu s jednim zarezom.

1. Usmjerite jednu zraku svjetlosti prema konkavnom zrcalu u pravcu paralelnom optičkoj osi. Skicirajte i riječima opišite što se događa s tom zrakom.
2. Usmjerite jednu zraku svjetlosti prema konkavnom zrcalu tako da ona prolazi centrom zakrivljenosti. Skicirajte i riječima opišite što se događa s tom zrakom.
3. Usmjerite jednu zraku svjetlosti prema konkavnom zrcalu tako da ona prolazi kroz žarište. Skicirajte i riječima opišite što se događa s tom zrakom.

##### *Konveksno zrcalo*

Postavite konveksno zrcalo na predviđeno mjesto na podlozi korištenoj u radnom listu 2. U kutiju za izvor svjetlosti umetnite pločicu s 1 zarezom

1. Usmjerite jednu zraku svjetlosti prema konveksnom zrcalu u pravcu paralelnom optičkoj osi. Skicirajte i riječima opišite što se događa s tom zrakom.
2. Usmjerite jednu zraku svjetlosti prema konveksnom zrcalu tako da produžetak zrake prolazi centrom zakrivljenosti. Skicirajte i riječima opišite što se događa s tom zrakom.
3. Usmjerite jednu zraku svjetlosti prema konveksnom zrcalu tako da produžetak zrake prolazi kroz virtualno žarište. Skicirajte i riječima opišite što se događa s tom zrakom.

## **Dodatak H**

Pitanja uz pokuse: Električno međudjelovanje

1. Što očekujete da će se dogoditi kada nabijenim plastičnim ravnalom dotaknete smotanu bakrenu žicu elektroskopa? Napišite i skicirajte svoje predviđanje te obrazložite.
2. Izvedite pokus. Skicirajte što uočavate te obrazložite crtajući raspodjele naboja.
3. Što očekujete da će se dogoditi kada prstom dotaknete nabijeni elektroskop? Napišite i skicirajte svoje predviđanje te obrazložite.
4. Izvedite pokus. Skicirajte što uočavate te obrazložite crtajući raspodjele naboja.
5. Ponovite prethodne pokuse sa staklenim štapom. Uočavate li neku razliku?

Pitanja uz pokuse: Električna influencija

1. Što očekujete da će se dogoditi ako nabijeno plastično ravnalo približite smotanoj bakrenoj žici elektroskopa tako da je ne dodirujete te nakon nekoliko sekundi maknete ravnalo? Napišite i skicirajte svoje predviđanje te obrazložite.
2. Izvedite pokus. Skicirajte što uočavate.
3. Je li naboj s ravnala prešao na elektroskop? Zašto tako mislite? Zašto su se listići elektroskopa odvojili? Skicirajte raspodjele naboja.
4. Što očekujete da će se dogoditi ako nabijete elektroskop negativno te mu zatim približite negativno nabijeno ravnalo? Napišite i skicirajte svoje predviđanje te obrazložite.
5. Izvedite pokus. Skicirajte što uočavate te obrazložite crtajući raspodjele naboja.
6. Što očekujete da će se dogoditi ako nabijete elektroskop negativno te mu zatim približite pozitivno nabijenu epruvetu? Napišite i skicirajte svoje predviđanje te obrazložite.
7. Izvedite pokus. Skicirajte što uočavate te obrazložite crtajući raspodjele naboja.