

# Suvremena nastava fizike: prijenos podataka optičkim kabelom

---

**Josipović, Lorena**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*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:217:991220>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-17**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
FIZIČKI ODSJEK

Lorena Josipović

SUVREMENA NASTAVA FIZIKE: PRIJENOS  
PODATAKA OPTIČKIM KABELOM

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
FIZIČKI ODSJEK

INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI  
STUDIJ FIZIKA; SMJER NASTAVNIČKI

**Lorena Josipović**

Diplomski rad

**Suvremena nastava fizike: prijenos  
podataka optičkim kabelom**

Voditelj diplomskog rada: izv.prof.dr.sc. Dalibor Paar

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

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

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

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

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

Zagreb, 2024.

*Zahvaljujem od srca svom mentoru, izv.prof.dr.sc. Dalibor Paar, čije su strpljenje, mudrost i nesebično dijeljenje znanja bili neprocjenjivi.*

*Ovaj uspjeh dugujem svojim roditeljima, sestri i divnim ljudima iz obitelji koji su me svojom neizmjernom ljubavlju i nepokolebljivom podrškom doveli do ovog, a i svakog sljedećeg uspjeha koji ću poželjeti ostvariti.*

*Hvala Petru za njegovu podršku, motivaciju i strpljenje tijekom mog studiranja.*

*Od srca se zahvaljujem i svom malom krugu velikih ljudi, koji su sa mnom rame uz rame koračali ovim putem i učinili ga lakšim i posebnijim.*

## Sažetak

Zakon geometrijske optike je tema koja je u četverogodišnjim programima s 2 sata fizike tjedno izborna, dok je u četverogodišnjim programima s 2+2 sata fizike tjedno obvezno gradivo. Zanimljivo je da ovako primjenjivo gradivo u stvarnom životu ostane tek kao izborna tema, dok svi znamo da je vremena uvijek premalo i da se s gradivom često kasni. Komunikacija putem optičkog kabela nalazi se svuda oko nas – u medicini, sigurnosnim sustavima, televiziji, telekomunikacijama, internetu – a u nastavi se gotovo ni ne spominje.

Optički kabeli koriste fenomen totalne refleksije. Do totalne refleksije dolazi kada upadna zraka svjetlosti pada pod kutom većim od graničnog kuta, pod uvjetom da svjetlost prelazi iz gušćeg u rjeđe optičko sredstvo. Optički kabeli su dizajnirani tako da imaju minimalne gubitke signala, što ih čini vodećim izborom u komunikaciji.

Upravo zbog ovih svojstava, optički kabeli omogućuju brzu i pouzdanu komunikaciju na velikim udaljenostima. Zbog svoje važnosti i široke primjene, potrebno je da se tema optičkih kabela i geometrijske optike integrira u obrazovne programe na način koji će učenicima približiti njihovu stvarnu primjenjivost. Kroz interaktivne pokuse i praktične primjere, učenici mogu bolje razumjeti kako teorija koju uče ima direktnu vezu s tehnologijama koje svakodnevno koriste.

Integracijom ovih tema u nastavu, možemo potaknuti učenike na dublje razumijevanje i veće zanimanje za fiziku, pokazujući im kako naučeno gradivo može imati stvaran utjecaj na njihove živote i buduće karijere. U konačnici, cilj je pružiti učenicima alate i znanje koje će im pomoći da bolje razumiju i cijene svijet oko sebe, a nastavnicima osigurati resurse za učinkovito poučavanje ovih važnih koncepata.

Ključne riječi: Zakoni geometrijske optike, totalna refleksija, optički kabel, školski kurikulum, primjena teorije

# Contemporary Physics Education: Data Transmission Using Optical Cables

## Abstract

The law of geometric optics is a topic that is elective in four-year programs with 2 hours of physics per week, while in four-year programs with 2+2 hours of physics per week, it is mandatory material. It is interesting that such practically applicable material in real life remains just an elective topic, and it is well known that there is never enough time and that we are always behind with the curriculum. Communication through optical cables is all around us—in medicine, security systems, television, telecommunications, and the internet—yet it is barely mentioned in education.

Optical cables utilize the phenomenon of total internal reflection. Total internal reflection occurs when an incident light ray strikes at an angle greater than the critical angle, provided it is moving from a denser to a rarer optical medium. Optical cables are designed to have minimal signal loss, making them the leading choice in communication.

Due to these properties, optical cables enable fast and reliable communication over long distances. Given their importance and wide application, it is essential that the topic of optical cables and geometric optics be integrated into educational programs in a way that demonstrates their real-world applicability to students. Through interactive experiments and practical examples, students can better understand how the theory they learn is directly connected to the technologies they use every day.

By integrating these topics into the curriculum, we can encourage students to gain a deeper understanding and greater interest in physics by showing them how the material they learn can have a real impact on their lives and future careers. Ultimately, the goal is to provide students with the tools and knowledge to better understand and appreciate the world around them, and to equip teachers with the resources to effectively teach these important concepts.

**Keywords:** The laws of geometric optics, total internal reflection, optical cable, school curriculum, application of theory

# Sadržaj

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Lom svjetlosti</b>	<b>2</b>
2.1	Snellov zakon . . . . .	2
2.1.1	Izvođenje Snellovog zakona . . . . .	8
2.2	Totalna unutarnja refleksija . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Optička vlakna</b>	<b>12</b>
3.1	Kako funkcionira komunikacija pomoću optičkih vlakana? . . . . .	13
3.2	Osnovni elementi optičkog komunikacijskog sustava . . . . .	15
3.3	Zašto se koristi svjetlost umjesto električnih signala? . . . . .	16
3.4	Optička vlakna vs. satelitska komunikacija . . . . .	16
3.5	Prijenos podataka optičkim kabelom u nastavi . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Pokus 1. - Optički kabel prenosi svjetlosne signale od izvora svjetlosti do micro:bita</b>	<b>17</b>
4.1	Detaljan opis pokusa . . . . .	17
4.2	Potrebna oprema za pokus . . . . .	18
4.3	Eksperimentalni postav . . . . .	19
4.4	Razrada pokusa uz detaljna objašnjenja . . . . .	19
4.4.1	Programiranje micro:bita . . . . .	19
4.4.2	Postav na montažnoj ploči . . . . .	24
4.4.3	Spajanje optičkog kabela . . . . .	26
4.4.4	Provjera uspješnosti pokusa . . . . .	27
<b>5</b>	<b>Pokus 2. - Optički kabel prenosi svjetlosne signale od jednog micro:bita do drugog</b>	<b>29</b>
5.1	Detaljan opis pokusa . . . . .	29
5.2	Potrebna oprema za pokus . . . . .	29
5.3	Eksperimentalni postav . . . . .	29
5.4	Razrada pokusa uz detaljna objašnjenja . . . . .	31
5.4.1	Programiranje prvog micro:bita . . . . .	31
5.4.2	Programiranje drugog micro:bita . . . . .	34

5.4.3	Postav na montažnoj ploči . . . . .	34
5.4.4	Spajanje optičkog kabela . . . . .	35
5.4.5	Provjera uspješnosti pokusa . . . . .	36
<b>6</b>	<b>Nastavna priprema</b>	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>Zaključak</b>	<b>57</b>
	<b>Literatura</b>	<b>58</b>



# 1 Uvod

Koliko ste puta čuli kako je netko u školi ili na fakultetu rekao: "Šta će mi to u životu"? Ova rečenica odzvanja školskim hodnicima i predavaonicama mnogo češće nego što bismo željeli priznati. Ovaj diplomski rad ima za cilj pružiti nastavnicima konkretne ideje i primjere gdje mogu primijeniti naučenu teoriju u praksi, čime bi se učenicima pokazala stvarna vrijednost onoga što uče.

Jedan od primjera koji ćemo detaljno obraditi u ovom radu je komunikacija putem optičkih kabela, koja predstavlja samo kapljicu u moru svih primjena optičke tehnologije koje učenici, pa čak i odrasli, često nisu svjesni da svakodnevno koriste.

Na početku rada ćemo se fokusirati na temeljne koncepte geometrijske optike, potrebne za razumijevanje rada optičkih kabela. Nakon toga slijedi usporedba komunikacije putem optičkih kabela s drugim načinima komunikacije, ističući prednosti i nedostatke svake metode.

Poseban naglasak bit će stavljen na primjenu ove tehnologije u obrazovanju. Detaljno ćemo objasniti pokuse koji se mogu uvrstiti u nastavu fizike, informatike i tehničke kulture, kako bi učenici kroz praktične primjere mogli bolje razumjeti teorijske koncepte. Ovi pokusi nisu samo demonstracijski, već su i interaktivni, čime se potiče aktivno učenje i veća angažiranost učenika.

Nastavna priprema će pomoći nastavnicima da jednostavno i efikasno integriraju temu komunikacije putem optičkih vlakana u svoju nastavu. Ova priprema uključuje detaljne korake i materijale potrebne za izvođenje nastave, čime će se nastavnicima olakšati proces planiranja i izvođenja nastave na ovu temu.

Cilj ovog rada nije samo edukacija učenika, već i pružanje podrške nastavnicima kako bi mogli efektivno prenijeti svoje znanje i motivirati učenike da prepoznaju vrijednost i primjenjivost onoga što uče.

## 2 Lom svjetlosti

U svijetu mineralogije, dijamanti predstavljaju jedinstvenu pojavu koja izaziva divljenje. Njihova čvrstoća i izuzetan sjaj čine ih nezamjenjivim u svijetu dragog kamenja, te su postali sinonim za luksuz i ekskluzivnost. Unatoč općem poznavanju njihovog sjaja, dublje razumijevanje tog fenomena često ostaje obavijeno tajnom. U ovom poglavlju ćemo objasniti kako nastaje sjaj kod dijamanta.

Ključ sjaja je u lomu svjetlosti. Svjetlost prelazi iz jednog medija u drugi prilikom čega dolazi do refrakcije. Refrakcija je promjena smjera svjetlosti koja nastaje pri prijelazu iz jednog medija u drugi. Kolika će biti promjena smjera najbolje nam govori parametar koji se naziva indeks loma. Indeks loma govori koliko se brzina svjetlosti u materijalnom mediju razlikuje od brzine svjetlosti u vakuumu.

$$n = \frac{\text{Brzina svjetlosti u vakuumu}}{\text{Brzina svjetlosti u materijalu}} = \frac{c}{v} \quad (2.1)$$

Brzinu svjetlosti u vakuumu označavamo s  $c$  i iznosi  $3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$ . Svjetlost kroz materijale putuje brzinom  $v$  manjom od  $c$  jer se atomi u materijalu apsorbiraju, ponovno emitiraju i raspršuju. Brzina svjetlosti u materijalima će ovisiti upravo o svojstvima materijala kroz kojeg svjetlost prolazi.

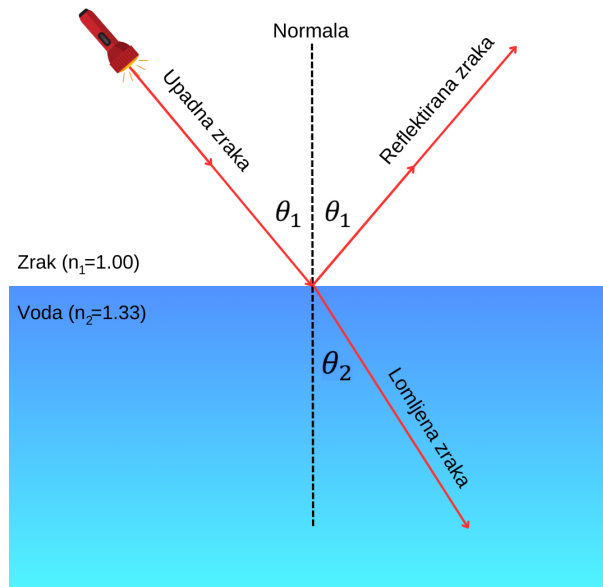
Samo za primjer, indeks loma za dijamant je  $n_D = 2,419$  dok je za zrak  $n_Z \approx 1$  iz čega možemo zaključiti da je brzina gibanja svjetlosti u zraku veća nego u dijamantu.

### 2.1 Snellov zakon

Svjetlost upada na granicu gdje se dodiruju dva sredstva (Slika 2.1). Svjetlost prelazi iz jednog medija (zrak) u drugi medij (voda) pri čemu se svjetlost dijeli na dva djela. Dio upadne svjetlosti se reflektira i tu zraku nazivamo reflektirana zraka dok se drugi dio prenosi preko granice ta dva materijala. Kut refleksije je jednak upadnom kutu.

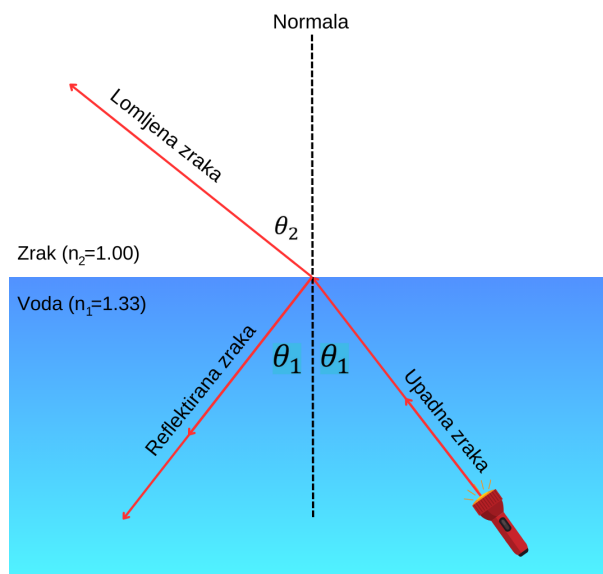
Pri prolasku zrake iz jednog medija u drugi ona mijenja smjer. U fizici se koristi termin lomljenja zrake, tj. to je zaka refrakcije. Zraka se može ponašati na sljedeća dva načina:

- Pri prelasku zrake iz medija manjeg indeksa loma u medij većeg indeksa loma ona se lomi prema normalni
- Pri prelasku zrake iz medija većeg indeksa loma u medij manjeg indeksa loma ona se lomi od normale



Slika 2.1: Prelazak zrake iz medija manjeg indeksa loma u medij većeg indeksa loma

Ovdje vrijedi i princip reverzibilnosti. Možemo puštati svjetlost iz drugog smjera i upadna i refrakcijska zraka će se jednako ponašati (Slika 2.2).



Slika 2.2: Prelazak zrake iz medija većeg indeksa loma u medij manjeg indeksa loma

Kut loma  $\theta_2$  ovisi o upadnom kutu  $\theta_1$  kao i o indeksima loma  $n_1$  i  $n_2$ . Ovisnost te četiri veličine opisuje Snellov zakon loma. Snellov zakon loma je dobio ime po nizozemskom matematičaru Willebrordu Snellu (1591. - 1626.) koji ga je eksperimentalno otkrio.

Snellov zakon loma zapisujemo na sljedeći način:

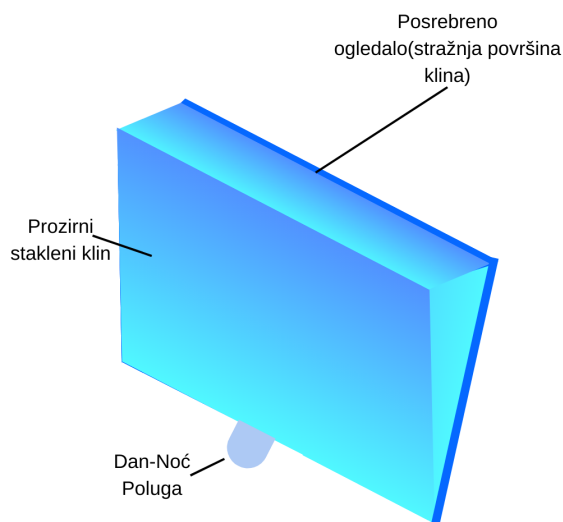
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (2.2)$$

Potrebno je napomenuti da se svjetlosni valovi sastoje od električnih i magnetskih polja i prenose energiju. Ako se prisjetimo zakona očuvanja energije to znači da reflektirana i lomljena zraka moraju imati energiju čiji je zbroj jednak energiji upadne zrake.

$$E_{prije} = E_{poslije} \implies E_{upadna} = E_{lomljena} + E_{reflektirana} \quad (2.3)$$

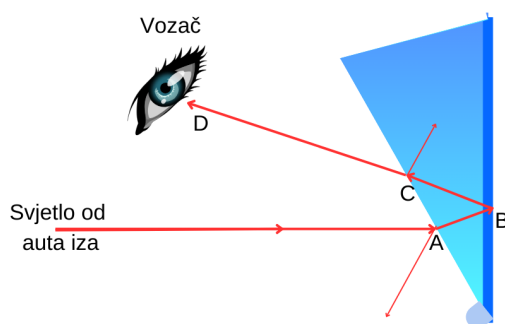
Koliko će iznasti lomljena i reflektirana energija u odnosu na upadnu energiju opisuje nam upadni kut i indeksi loma ta dva medija.

Snellov zakon loma se može primjeniti u našoj svakodnevnici. Razlog zašto automobili najčešće imaju polugu za podešavanje retrovizora se krije upravo u ovoj priči. Najveći problem zapravo nastaje u noćnoj vožnji gdje nas često mogu zabljesnuti farovi automobila koji se vozi iza nas. Zrcalo koje se nalazi u retrovizoru sastoji se od dva klina, prednjeg prozirnog staklenog i stražnjeg posrebnog klina od kojeg se svjetlost jako reflektira (Slika 2.3).



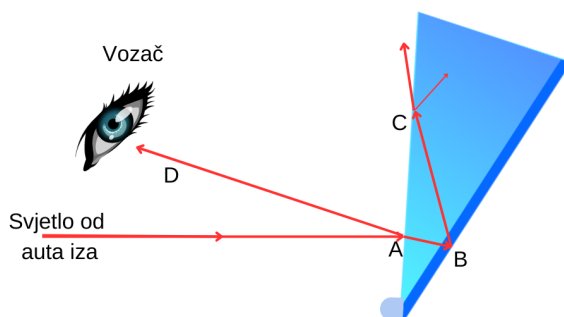
Slika 2.3: Prikaz zrcala koje se nalazi u retrovizoru

Na slici 2.4 možemo vidjeti postavljen retrovizor za dan. Svjetlo iz automobila koje se vozi iza nas možemo opisati putanjom ABCD. U točkama A i C gdje svjetlost pada na površinu zračnog stakla, postoje i reflektirana i lomljena zraka. Tankim strelicama su označene reflektirane zrake te su one jako slabe preko dana. Svjetlost koja dođe do točke B, posrebnog ogledala, se gotovo sva reflektira prema vozaču. Budući da gotova sva svjetlost prati putanju ABCD vozač vidi svijetlu sliku automobila iza.



Slika 2.4: Postav zrcala u retrovizoru za dan

Tijekom noći se zrcalo rotira od vozača (Slika 2.5). U tom slučaju svjetlost stražnjeg auta prati putanju ABC, ali ne dolazi u točku D i zbog toga svjetlost ne zabljesne vozača. Ono što vozač vidi je svjetlost koje se slabo reflektira od prednje površine duž putanje AD.<sup>1</sup>

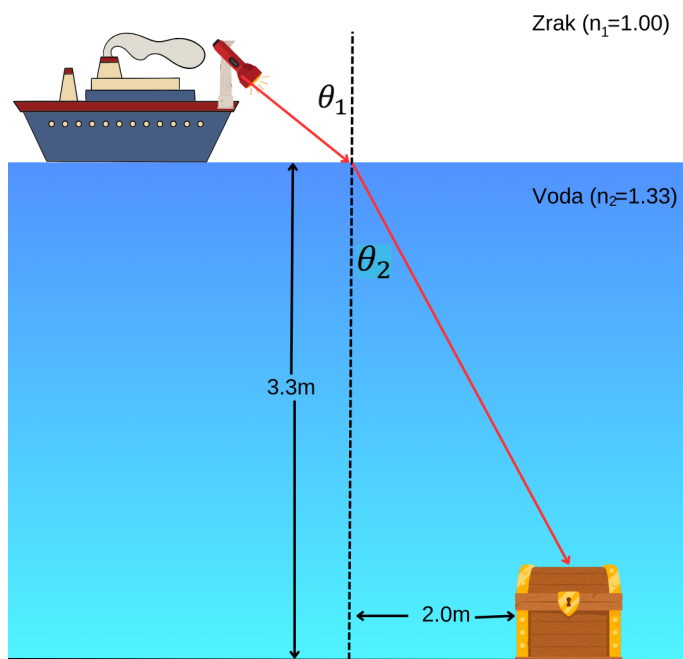


Slika 2.5: Postav zrcala u retrovizoru za noć

Zanimljiva činjenica je da nam se predmeti koji se nalaze pod vodom čine bliže, nego što to oni zapravo jesu. Razlog tome se krije u posljedici refrakcije. U sljedećem primjeru ćemo objasniti što moramo napraviti da obasjamo neki predmet koji se nalazi na nekoj dubini u

<sup>1</sup>J.D, Johnson K.W. : Physics 8th Edition, Wiley, 2009.

vodi. Primjer: Nalazimo se na brodu i uočimo da se vodi nalazi sanduk te ga želimo osvjetliti. Ako ugašenu svjetiljku usmjerimo prema sanduku, a potom ju upalimo primjetit ćemo da nismo osvjetlili sanduk. Nas zanima kako trebamo pod kojim kutom trebamo usmjeriti svjetlost da bi ona došla točno na sanduk (Slika 2.6).



Slika 2.6: Zraka reflektora se lomi kada uđe u vodu

Mi trebamo potražiti upadni kut  $\theta_1$ . U tom procesu vodit ćemo se Snellovim zakonom. Indeksi loma su nam poznati, upadni kut  $\theta_1$  tražimo, a kut loma  $\theta_2$  ćemo lako dobiti preko trigonometrije.  $\tan\theta_2 = (2.0m)/(3.3m) \rightarrow \theta_2 = 31^\circ$ . Sada kada imamo sve podatke možemo lako odrediti upadni kut.

$$\sin\theta_1 = \frac{n_2 \sin\theta_2}{n_1} = \frac{1,33 * \sin(31^\circ)}{1,00} = 0,69$$

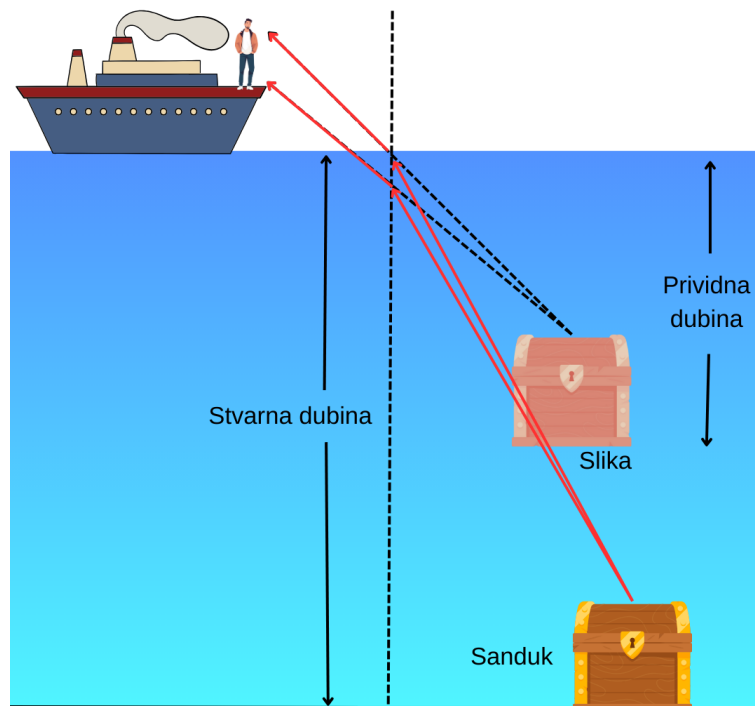
$$\theta_1 = 44^\circ$$

Dobili smo i očekivano. Upadni kut je veći od refraktiranog.

Sada ćemo se vratiti na činjenicu da nam se predmeti pod vodom čine bližima, nego što to oni zapravo jesu.

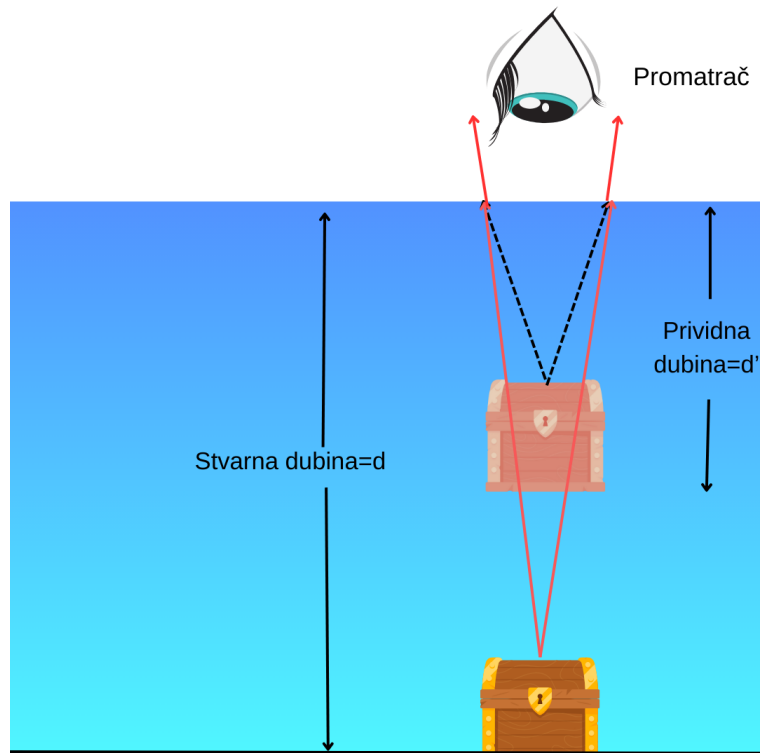
Ako usporedimo sliku 2.6 sa slikom 2.7 vidimo da je razlika u tome u kojem smjeru zrake idu. Na slici 2.6 zraka ide od svjetiljke (promatrača), a na slici 2.7 prema promatraču. Svje-

tlosne zrake putuju od škrinje prema gore kroz vodu, lome se od normale kada uđu u zrak, a zatim putuju do promatrača.



Slika 2.7: Svjetlost putuje od sanduka i lomi se od normale kada prelazi iz vode u zrak

Kada se zrake koje ulaze u zrak prošire natrag na vodu (isprekidane linije) one pokazuju da promatrač vidi virtualnu sliku škrinje na prividnoj dubini koja je manja od stvarne dubine. Slika je virtualna jer zrake zapravo ne prolaze kroz nju. Na slici 2.7 je teško odrediti na kojoj se stvarnoj udaljenosti nalazi škrinja. Puno jednostavnije je ako ćemo škrinju promatrati kao na slici 2.8 gdje se promatrač nalazi točno iznad potopljene škrinje.



Slika 2.8: Promatrač gleda uronjeni objekt izravno odozgo

Stvaranu dubinu ćemo označavati sa  $d$ , prividnu sa  $d'$ .  $n_1$  nam je indeks loma povezan sa upadnom zrakom (medij u kojem se nalazi objekt), a  $n_2$  indeks loma povezan sa lomljenom zrakom (medij u kojem se nalazi promatrač) i tu nam vrijedi sljedeća jednačba.

$$d' = d \left( \frac{n_2}{n_1} \right) \quad (2.4)$$

### 2.1.1 Izvođenje Snellovog zakona

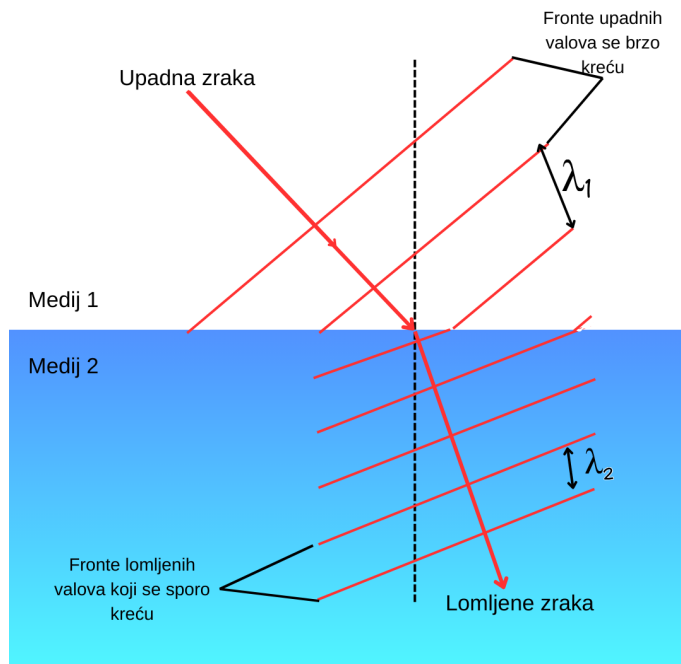
Snellov zakon možemo izvesti promatranjem što se događa s valnim frontama kada svjetlost prelazi iz jednog medija u drugi. Na slici 2.9. možemo vidjeti kako se svjetlost propagira iz medija 1 u medij 2. Medij 1 je područje gdje je brzina veća nego u mediju 2, iz čega možemo zaključiti da je  $n_1$  manje od  $n_2$ .

Valovi prelaskom iz medija 1 u medij 2 zadržavaju istu frekvenciju, što znači da im se mijenja brzina i valna duljina:

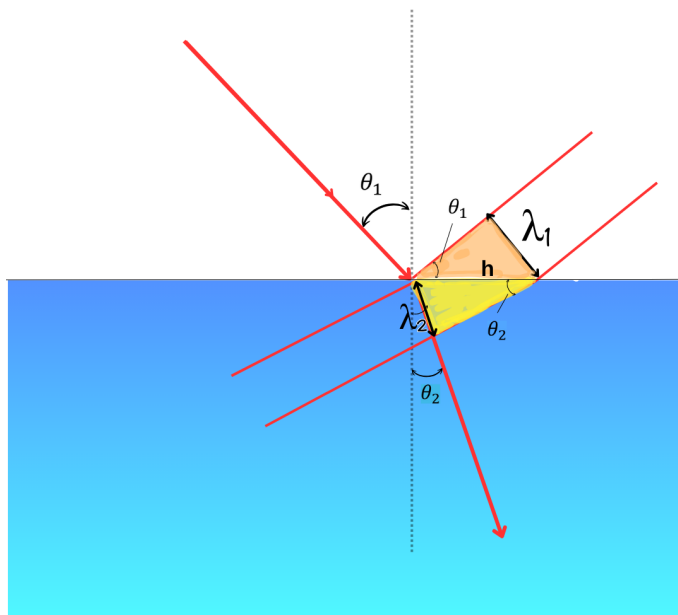
$$\lambda_1 = \frac{v_1}{f}, \lambda_2 = \frac{v_2}{f}. \quad (2.5)$$

Kako je  $n_1 > n_2$ , prizlazi da je  $\lambda_2 < \lambda_1$  tj. valjna duljina se smanjuje ulaskom u medij s većim indeksom loma (Slika 2.10).





Slika 2.9: Propagiranje svjetlosti iz medija 1 u medij 2



Slika 2.10: Uvećani prikaz fronti upadnih i lomljenih zraka na površini

Kutovi  $\theta_1$  i  $\theta_2$  su kutovi upada i refrakcije. Obojeni trokuti dijele istu hipotenuzu  $h$ . Slijedi:

$$\sin\theta_1 = \frac{\lambda_1}{h} = \frac{v_1/f}{h} = \frac{v_1}{hf} \quad (2.6)$$

$$\sin\theta_2 = \frac{\lambda_2}{h} = \frac{v_2/f}{h} = \frac{v_2}{hf} \quad (2.7)$$

Kobinacijem jednađbe 2.6 i 2.7 dobivamo:

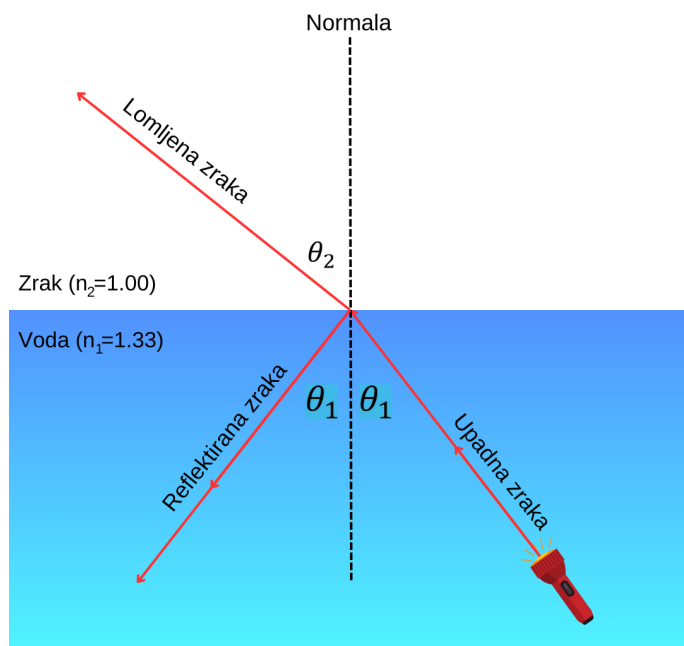
$$\frac{\sin\theta_1}{v_1} = \frac{\sin\theta_2}{v_2} \quad (2.8)$$

Ako pomnožimo svaku stranu s brzinom svjetlosti ( $c$ ) i uočimo da je  $c/v$  zapravo indeks loma dobivamo već napisanu jednađbu 2.2.<sup>2</sup>

## 2.2 Totalna unutarnja refleksija

Promotrimo kako će se ponašati kut refrakcije i refleksije ovisno o veličini upadnog kuta pri prijelazu iz vode u zrak.

Prvi slučaj u kojem imamo mali upadni kut, lomljena zraka se savija od normale (Slika 2.11.). Povećanjem upadnog kuta povećava se i kut loma. Kada kut loma dosegne neku



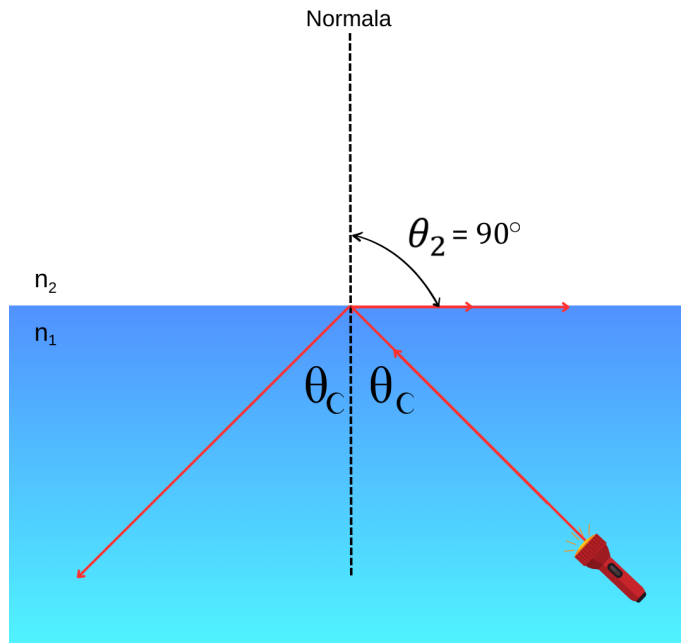
Slika 2.11: Svjetlost putuje iz medija većeg indeksa loma u medij manjeg indeksa loma

određenu vrijednost, kritični kut  $\theta_c$ , kut loma je  $90^\circ$  (Slika 2.12).

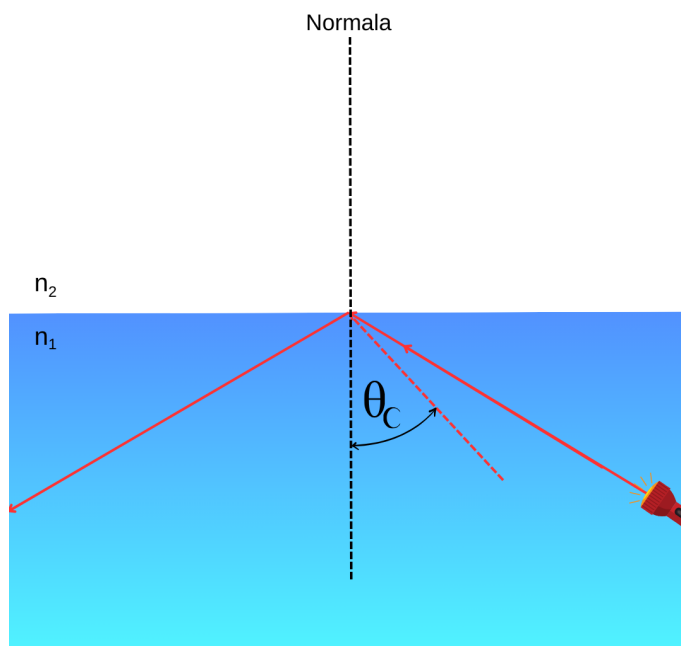
Treći slučaj je kada upadni kut prelazi kritični kut. U tom slučaju nemamo lomljene zrake i tada dolazi do totalne unutarnje refleksije (Slika 2.13).

Totalna unutarnja refleksija se može dogoditi samo ako idemo iz područja većeg indeksa loma

<sup>2</sup>Hugh D. Young, Roger A. Freedman: University Physics (13th Edition), United States, 2011.



Slika 2.12: Upadni kut je jednak kritičnom kutu



Slika 2.13: Upadni kut je veći od kritičnog kuta

u područje manjeg indeksa loma. Izraz za kritični kut ćemo dobiti iz Snellovog zakona u kojem ćemo  $\theta_1$  zamijeniti sa  $\theta_c$ , a  $\theta_2 = 90^\circ$ .

Uvrštavanje u Snellov zakon dobivamo: <sup>3</sup>

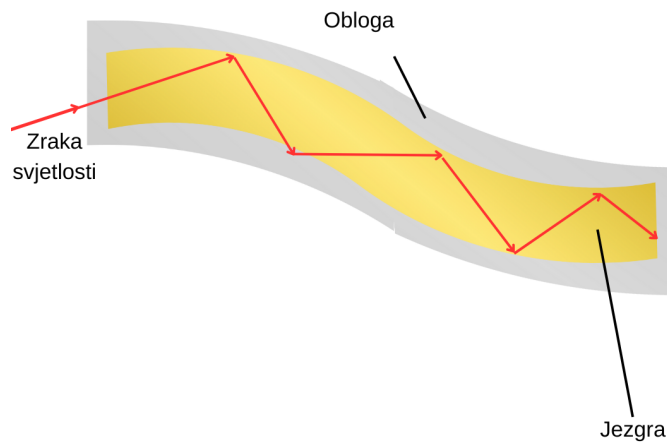
$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}, (n_1 > n_2) \quad (2.9)$$

odnosno za vodu-zrak taj kut je:

$$\theta_c = \arcsin\frac{n_2}{n_1}. \quad (2.10)$$

### 3 Optička vlakna

Važna primjena totalne unutarnje refleksije se događa u optičkim vlaknima, gdje staklene ili plastične niti, koje se nazivaju optička vlakna, "provode" svjetlost s jednog mjesta na drugo. Na slici 3.14 možemo vidjeti optičko vlakno koje se sastoji od cilindrične unutrašnje jezgre koja nosi svjetlost i vanjske koncentrične ljuske, obloge.



Slika 3.14: Prikaz unutrašnjosti optičkog vlakna

Jezgra ima jako veliki indeks loma, dok obloga ima jako mali indeks loma. Svjetlost ulazi na jedan kraj jezgre, pogađa sučelje jezgre/omotača pod upadnim kutem većim od kritičnog kuta i stoga se reflektira nazad u jezgru. Svjetlost tako putuje kroz optička vlakna cik-cak putanjom. Ako je vlakno dobro dizajnirano ono gubi jako malo svjetla i zbog toga svjetlo može putovati jako dugo prije nego što se njegov intenzitet osjetno smanji.

<sup>3</sup>Planinić, M., 2023. Skripta iz Metodike nastave fizike 1. Zagreb: an.

Optički kablovi se sastoje od optičkih vlakana te su zato bolji od metalnih žica. Razlozi su veća brzina prijenosa, manji gubitak signala i otpornost na vanjske uvjete.

Optički kablovi su jako tanki i fleksibilni i mogu stati na mjesta nedostupna većim metalnim žicama. Zbog toga su oni pravi izbor u telekomunikaciji jer su relativno otporni i na vanjske električne smetnje. Svjetlosna zraka može prenositi informacije kroz optičko vlakno kao i što električni signal prenosi informacije kroz bakrene žice. No kapacitet prijenosa informacija svjetlosti je nekoliko tisuća puta veći od kapaciteta elektriciteta. Npr. laserska zraka koja putuje kroz jedno optično vlakno može prenijeti desetke tisuća telefonskih razgovora i nekoliko TV programa istodobno.

Osim u telekomunikaciji, optička vlakna se koriste u brojnim drugim područjima. U medicini koristimo ih u endoskopiji. Uređaj endoskop se sastoji od dva optička kablja. Jedan daje svjetlo za osvijetljavanje unutarnjih dijelova tijela, a drugi šalje sliku za gledanje. (Slika 3.15)



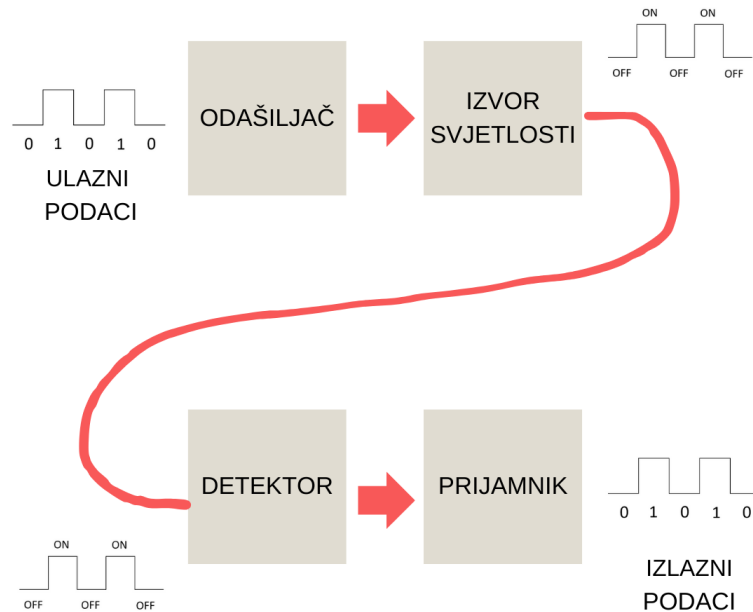
Slika 3.15: Primjena optičkih kabela u medicini, pregled endoskopija

Kada općenito govorimo o optičkim vlaknima njih opisujemo kao vrlo duge, tanke niti poput vlasi ljudske kose. One su posložene u snopove koji se nazivaju optički kablovi. Kabeli od optičkih vlakana zamjenjuju električne kabele kad god su potrebne velike udaljenosti, velika propusnost i otpornost na elektromagnetske smetnje.

### ***3.1 Kako funkcionira komunikacija pomoću optičkih vlakana?***

Za razliku od prijenosa podataka putem bakrene žice, električnim signalima, prijenos podataka optičkim vlaknima se odvija pomoću svjetlosti. Ova tehnologija uključuje slanje svje-

tlosnih signala s jedne točke na drugu kroz optička vlakna. Komunikacijska infrastruktura bazirana na optičkim vlaknima sastoji se od uređaja za slanje i primanje signala, te izvora svjetlosti i detektorskih uređaja (Slika 3.16.).



Slika 3.16: Komunikacijska infrastruktura bazirana na optičkim vlaknima

Kada ulazni podaci u obliku električnih signala stignu do odašiljača, oni se pretvaraju u svjetlosne signale uz pomoć izvora svjetlosti. Ovi izvori, poput LED dioda, moraju održavati stabilnu amplitudu, frekvenciju i fazu kako bi osigurali učinkovit prijenos podataka. Svjetlosni snop zatim putuje kroz optički kabel do odredišnog prijamnog uređaja, gdje se informacija ponovno pretvara u električni signal.

Za prijem optičkih signala, koristi se fotodetektor zajedno s pratećim elektroničkim sklopom koji može detektirati veličinu, frekvenciju i fazu svjetlosti. Ova vrsta komunikacije koristi valne duljine od crvene prema infracrvenoj svjetlosti. Za izvore svjetlosti u ovakvim sustavima mogu se koristiti i LED diode i laseri, ovisno o specifičnoj primjeni.

4

<sup>4</sup>ELECTRONICS—PROJECTS—FOCUS: Basic Elements of a Fiber Optic Communication System, Telangana

### 3.2 Osnovni elementi optičkog komunikacijskog sustava

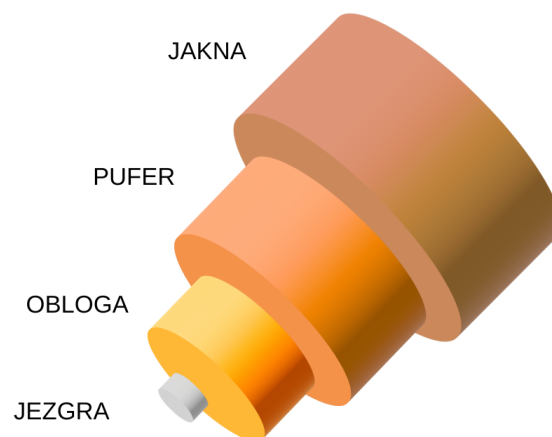
Postoje tri glavna elementa optičkog komunikacijskog sustava, a to su:

- Kompaktni izvor svjetlosti
- Opričko vlakno s malim gubicima
- Foto detektor

Postoje tu još razni elementi kao što su spojke, pojačala i sklopke.

Postoje dvije komponente koje se koriste kao izvor svjetlosti: svjetleće diode (LED) i laser diode. Svjetleće diode se koriste za kratke udaljenosti i niske brzine prijenosa podataka dok se laserske diode koriste za veće udaljenosti i visoke brzine prijenosa podataka.

Optičko vlakno, poznato i kao cilindrični dielektrični valovod, izrađeno je od materijala s niskim gubicima. Svjetlovodni kabel se obično izrađuje od visokokvalitetnog ekstrudiranog stakla ili plastike te je fleksibilan. Promjer optičkog kabela kreće se između 0,25 i 0,5 mm, što ga čini malo debljim od vlasi ljudske kose. Optički kabel se sastoji od četiri dijela koja su prikazana na slici 3.17.



Slika 3.17: Sastavni dijelovi optičkog kabela

Fotodetektor ima funkciju pretvaranja svjetlosnog signala nazad u električni signal. U optičkim komunikacijskim sustavima, koriste se uglavnom dvije vrste fotodetektora: PN fotodioda i lavinska fotodioda.

### 3.3 Zašto se koristi svjetlost umjesto električnih signala?

U optičkim komunikacijama, koristi se laserska svjetlost za prijenos zbog svoje stalne valne duljine. Za razliku od drugih izvora svjetlosti poput žarulje ili sunčeve svjetlosti koji se sastoje od širokog spektra valnih duljina, laserska svjetlost se sastoji od jedne valne duljine. Kao rezultat, laserska svjetlost generira snažniju i fokusiraniju zraku u usporedbi s drugim izvorima. Upotreba laserskog izvora svjetlosti u komunikacijama pruža prednosti kao što su manja disperzija signala i mogućnost generiranja većeg broja signala u kraćem vremenskom intervalu, što je ključno za efikasnu i pouzdanu komunikaciju. Stoga, laserski izvor svjetlosti predstavlja optimalnu opciju za optičke komunikacijske sustave. Kako prijenos podataka ovisi o valnoj duljini, a ako je valna duljina promjenjiva onda dolazi i do promjena brzina te na dugim udaljenostima može onda doći do većih grešaka u bitovima.

### 3.4 Optička vlakna vs. satelitska komunikacija

Trenutno u svijetu koliko su bitna optička vlakna toliko je bitna i satelitska komunikacija.

Upotreba optičkih kabela u komunikaciji omogućava minimalna kašnjenja, što ih čini idealnim za aplikacije u stvarnom vremenu. Oni se često koriste za stalne točke-točke veze koje zahtijevaju visoku propusnost, kao što su gigabitni LAN-ovi, fiksni telefoni, internet komunikacije, kabelske TV mreže, i slično.

S druge strane, satelitske komunikacije su prikladne za emitiranje, posebno za usluge radija i televizije. Ove komunikacije su također korisne za povezivanje područja gdje postavljanje komunikacijskih vodova nije moguće ili je nepraktično, poput udaljenih područja ili mobilnih postrojenja.<sup>5</sup>

OPTIČKA VLAKNA	SATELITSKA KOMUNIKACIJA
- koristi se u urbanim sredinama s boljom infrastrukturom	- za neravne terene, loše povezane regije i područja gdje je teško postaviti žice
- velika propusnost koja uključuje male elektromagnetske smetnje	- mala propusnost i velike smetnje
- nisu potrebne antene	- potrebne antene
- vlakno je prijenosni medij	- zrak je prijenosni medij
- velike brzine prijenosa podataka	- manje brzine prijenosa podataka uz pogreške
- manji trošak instalacije	- veći trošak instalacije

Tablica 3.1: Optička vlakna vs. satelitska komunikacija

<sup>5</sup>ELECTRONICS—PROJECTS—FOCUS: Basic Elements of a Fiber Optic Communication System, Telangana, an.



### ***3.5 Prijenos podataka optičkim kabelom u nastavi***

Uz prethodno navedeno možemo zaključiti kako optička vlakna uveliko utječu na ljudsku svakodnevicu. U dobu u kojem se tehnologija toliko razvija i kada je sve prisutnija u našim životima, idealno bi bilo uvrstiti i u nastavu uvrstiti optička vlakna u sklopu fizike i informatike.

Uvođenje nastavne jedinice "Komunikacija putem optičkih vlakana" u škole ima nekoliko važnih prednosti i koristi:

- Učenici stječu razumijevanje suvremenih tehnologija u modernim telekomunikacijama.
- Razvijaju vještine rukovanja optičkim uređajima i kablovima, te rješavanja problema u optičkim komunikacijama, što je korisno za karijere u telekomunikacijama i informatici.
- Povećanje interesa za STEM područja i karijere kroz praktične primjere i eksperimente.

U nastavku rada bit će prikazani pokusi koji učenicima približavaju optički kabel i njegove različite primjene u nastavi.

## **4 Pokus 1. - Optički kabel prenosi svjetlosne signale od izvora svjetlosti do micro:bita**

### ***4.1 Detaljan opis pokusa***

U ovom pokusu koristi se optički kabel za prijenos svjetlosnih signala od izvora svjetla do micro:bita. Kao izvor svjetla koristimo bljeskalicu na mobitelu. Jedan kraj optičkog kabela se stavlja na bljeskalicu kako bi uhvatio svjetlosne signale. Drugi kraj kabela povezan je s vanjskim foto senzorom (ledicom) koji je dio micro:bit inventors kita. Micro:bit je programiran tako da interpretira prisutnost svjetlosnog signala: kada svjetlosni signal prolazi kroz kabel i stigne na ledicu, micro:bit ga detektira i prikazuje simbol sunca na svom ekranu. Kada nema svjetlosnog signala, prikazuje simbol mjeseca. Ovaj pokus demonstrira kako se optički kabel može koristiti za prijenos i detekciju svjetlosnih signala u jednostavnim elektroničkim projektima.

## 4.2 Potrebna oprema za pokus

- Inventor's Kit, koji uključuje: montažna ploča, maketa, rubna konektorska ploča, fototranzistor, otpornik  $10k\Omega$ , trake u tri boje
- Izolir traka - za fiksiranje optičkog kabela
- Micro:bit - programabilni mikrokontroler
- Računalo s web preglednikom kojim se pristupa programu MakeCode preko adrese [www.microbit.org](http://www.microbit.org)
- Bljeskalica od mobitela - koristi se kao izvor svjetlosti
- Optički kabel - za prijenos svjetlosti od bljeskalice mobitela do fototranzistora



Slika 4.18: Potrebna oprema za pokus

### **4.3 Eksperimentalni postav**

- Priprema Micro:bita: Micro:bit se povezuje s računalom pomoću USB kabela. U programu MakeCode pišemo kod koji će omogućiti da kada fotosenzor detektira svjetlost, micro:bit na svom ekranu prikazuje simbol sunca, a simbol mjeseca kada svjetlosti nema.
- Postavljanje na montažnu ploču: Na montažnu ploču pričvršćuju se maketa i rubna konektorska ploča. Micro:bit se umetne u rubnu konektorsku ploču, a maketa i rubna konektorska ploča povezuju se s tri trake u boji.
- Postavljanje komponenata na maketu: Na maketu se postavljaju fototranzistor i otpornik.
- Povezivanje optičkog kabela: Jedan kraj optičkog kabela fiksira se izolir trakom na fototranzistor tako da fototranzistor može primati svjetlost isključivo kroz kabel. Drugi kraj optičkog kabela postavlja se tako da je usmjeren prema bljeskalici mobitela. Kabel se može pomicati prema ili od bljeskalice kako bi se simulirala promjena intenziteta svjetlosti koju fototranzistor prima, što će rezultirati promjenama na ekranu micro:bita.

### **4.4 Razrada pokusa uz detaljna objašnjenja**

#### **4.4.1 Programiranje micro:bita**

Za početak pokusa prvo se upoznajemo s Inventor's Kitom koji dolazi s knjižicom s uputama. Ova knjižica može biti izuzetno korisna za učenike u izvođenju pokusa. Prvi korak u samom pokusu je povezivanje micro:bita s računalom korištenjem USB kabela. Nakon što se uvjerimo da je računalo prepoznalo micro:bit, prelazimo na sljedeći korak koji uključuje otvaranje web preglednika i posjet web stranici [www.microbit.org](http://www.microbit.org).

Na web stranici postoje dva uređivača koja se mogu koristiti za programiranje micro:bita: Microsoft MakeCode Block editor i JavaScript editor. Za učenike je preporučljivo koristiti MakeCode Block editor jer je znatno jednostavniji za upotrebu. U ovom pokusu ćemo demonstrirati kako koristiti oba uređivača.

Zadani cilj pokusa je programirati micro:bit tako da na svojem ekranu pokaže simbol

sunca kada fotosenzor detektira svjetlost, a simbol mjeseca kada fotosenzor ne detektira svjetlost. Umjesto tih znakova mogu se koristiti i znakovi 0 i 1 koji predstavljaju digitalni signal. Ova aktivnost omogućava učenicima da praktično primijene koncepte programiranja i elektronike, istovremeno učeći o osnovnim principima optičkih senzora i svjetlosne komunikacije.

Cilj našeg pokusa je programirati micro:bit pomoću blokova u MakeCode Block editoru tako da detektira svjetlost pomoću fotosenzora i reagira na to prikazivanjem odgovarajućih simbola na svom ekranu. Konkretno, želimo da micro:bit nacrtá sunce na ekranu kada fotosenzor detektira svjetlost, a mjesec kada svjetlost nije prisutna.

Za postizanje ovog cilja počinjemo s korištenjem bloka 'Forever', koji je jedan od temeljnih blokova u Block editoru. Ova petlja osigurava da se naše naredbe ponavljaju zauvijek, što je idealno za kontinuirano praćenje ulaznih signala, poput svjetlosti koju detektira fotosenzor.

Unutar bloka 'Forever', trebamo postaviti logiku koja će micro:bitu omogućiti da razlikuje prisutnost svjetlosti od njezine odsutnosti.

Blok "set Light to analog read pin P0" igra ključnu ulogu u omogućavanju micro:bitu da interpretira i reagira na promjene svjetlosnih uvjeta koje detektira spojeni fotosenzor. Ova funkcija čitanja s pina P0 pretvara fizički signal (svjetlost koju detektira senzor) u digitalnu vrijednost koja se može programski obraditi. Kada senzor detektira svjetlost, analogni signal koji generira može varirati u intenzitetu, što se odražava u promjeni brojana vrijednosti koju micro:bit čita s pina.

Korištenjem ove vrijednosti, možemo implementirati logiku baziranu na uvjetima unutar programa micro:bita. Na primjer, ako je vrijednost iznad određenog praga (u ovom slučaju 200), to može značiti da je svjetlosni uvjet dovoljan da se prikaže slika sunca na LED ekranu micro:bita. Ako je vrijednost ispod tog praga, tada program može interpretirati to kao nedostatak svjetlosti i prikazati sliku mjeseca.

Ova varijabla "Light" stoga ne samo da služi kao spremnik za očitane vrijednosti, već i kao osnova za donošenje programskih odluka koje utječu na to kako micro:bit komunicira s korisnikom putem svojeg ekrana. Programski kod koji koristi ovu varijablu može biti prilagođen za razne primjene, bilo da se radi o jednostavnom pokazivanju svjetlosnih uvjeta ili kompleksnijim scenarijima koji mogu uključivati upravljanje drugim uređajima ili daljnje obrade signala. Dolaskom do uvjetne logike u programu,

počinjemo koristiti informacije koje smo dobili čitanjem svjetlosnih uvjeta kako bismo donijeli odluke o vizualnom prikazu na LED ekranu micro:bita. Ovaj dio koda je ključan za interakciju projekta i omogućava dinamičan prikaz promjena u realnom vremenu.

Struktura uvjetne logike se oslanja na vrijednost svjetlosti koju smo očitali s pina P0 i pohranili u varijablu "Light". Korištenjem naredbi if i else stvaramo grananje koje programu omogućava da reagira različito ovisno o razini svjetlosti:

Ako je vrijednost veća od 200, što interpretiramo kao prisutnost dovoljne količine svjetlosti, naredba unutar if bloka se aktivira i micro:bit prikazuje simbol sunca. Ovdje smo odabrali broj 200 kao prag za razlikovanje između svijetlih i tamnih uvjeta. To je proizvoljna vrijednost koju možemo prilagoditi ovisno o specifičnim potrebama pokusa ili senzitivnosti fotosenzora. S druge strane, else dio naredbe se koristi za situaciju kada je očitana vrijednost manja ili jednaka 200, što ukazuje na slabu ili nikakvu svjetlost. U tom slučaju, micro:bit reagira prikazivanjem simbola mjeseca na svom ekranu. Ovakav pristup omogućava micro:bitu da kontinuirano prati promjene u svjetlosnim uvjetima i prilagođava svoj prikaz prema trenutnoj situaciji, što rezultira učinkovitom i vizualno zanimljivom demonstracijom kako se programiranje može koristiti za interpretaciju i reakciju na fizičke podatke iz okoline. Time se ne samo demonstrira osnovna funkcionalnost micro:bita, već i potiče razumijevanje programskih struktura i elektronike među učenicima ili početnicima u svijetu mikrokontrolera.

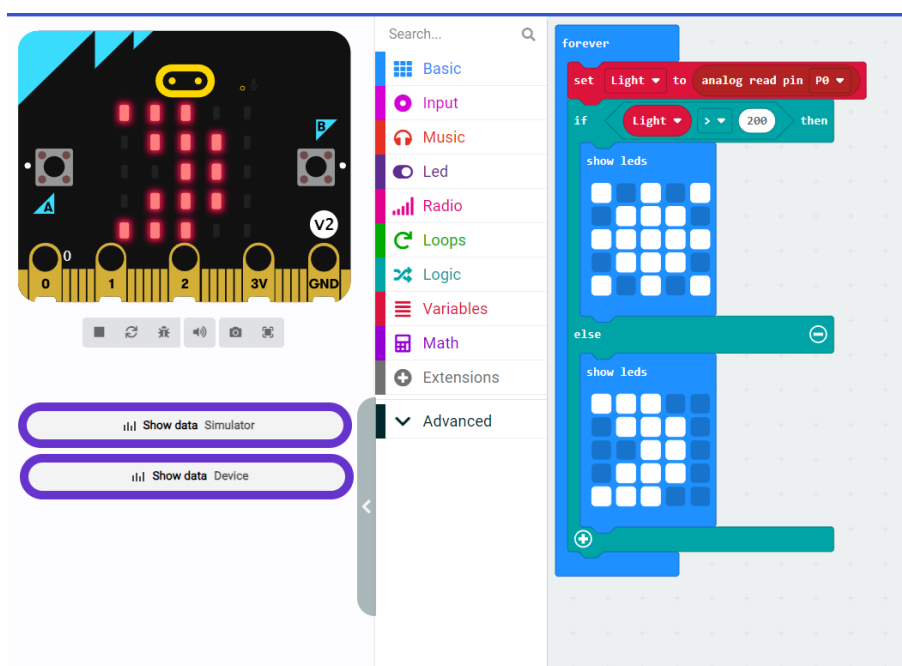
Na samom kraju procesa u ovom pokusu dolazi do vizualizacije rezultata na LED ekranu micro:bita, što je ključan dio interakcije uređaja s korisnikom. Za ovu svrhu koristimo funkciju 'show leds' koja omogućuje jednostavan način prikaza slika ili simbola na LED matrici micro:bita.

Korištenje funkcije show leds je intuitivno, posebno u edukacijskom kontekstu. U MakeCode editoru, funkcija se vizualno predstavlja blokom u kojem korisnici mogu "poklikati" na pojedine LED-ice kako bi stvorili željenu sliku. Svaki LED koji se aktivira unutar ovog bloka svijetlit će kada se kod izvršava, dok će neaktivirani ostati ugašeni.

Kada je cijeli proces slaganja koda u Microsoft MakeCode editoru priveden kraju, posljednji korak je prijenos koda na vaš micro:bit uređaj. Da biste to učinili, potrebno je kliknuti na gumb 'Download' koji se nalazi u editoru. Nakon što se klikne na

gumb 'Download', datoteka s kodom će se automatski preuzeti na računalo. Preuzeta datoteku samo treba prenijeti u mapu od micro:bita. Uređaj će automatski prepoznati datoteku i početi s implementacijom koda. Nakon nekoliko sekundi, micro:bit će se resetirati i početi izvršavati zadane naredbe, reagirajući na svjetlosne uvjete koji su definirani u kodu, prikazujući sunce ili mjesec na svojem LED ekranu ovisno o detektiranoj svjetlosti.

Na slici ispod (Slika 5.19) je prikazano korisničko sučelje Microsoft MakeCode Block editora s potrebnim blokovima.



Slika 4.19: Korisničko sučelje Microsoft MakeCode Block editora s blokovima potrebnim za izradu navedenog pokusa

Druga opcija za programiranje micro:bita uključuje korištenje JavaScript editora. Ovaj način programiranja može biti nešto zahtjevniji za učenike osnovnih škola zbog složenijeg sintaktičkog i konceptualnog razumijevanja potrebnog za rad s tekstualnim kodom. Međutim, za učenike srednjih škola, koji su već stekli neka predznanja o programiranju, korištenje JavaScript editora trebalo bi biti relativno jednostavno. To im omogućuje veću fleksibilnost i kontrolu nad programom koji razvijaju.

U nastavku možete vidjeti snimku zaslona (Slika 5.20) koja prikazuje kako izgleda sučelje JavaScript editora za gore opisanu situaciju s kodom koji upravlja prikazom sunca i mjeseca na micro:bitu ovisno o detektiranoj svjetlosti. Na početku koda, varijabla `Light` se inicijalizira s vrijednošću 0. Ova varijabla služi kao spremnik za pohranu vrijednosti svjetlosti koja se očitava sa senzora. Funkcija `'basic.forever'` je petlja koja se neprekidno izvršava dok god micro:bit ima napajanje. Ovo osigurava da micro:bit kontinuirano provjerava ulaz sa senzora i ažurira prikaz na LED ekranu u realnom vremenu. Unutar ove petlje, prvi korak je očitavanje analognog signala s pina P0 pomoću funkcije `pins.analogReadPin`. Ovaj signal predstavlja intenzitet svjetlosti koja dopire do senzora, a funkcija vraća vrijednost između 0 i 1023. Ta vrijednost se zatim sprema u varijablu `Light`.

Slijedi uvjetna logika `if-else` koja koristi vrijednost pohranjenu u `Light` da odredi koji će se simbol prikazati na LED ekranu. Ako je vrijednost veća od 200, što ukazuje na relativno visoku razinu svjetlosti, micro:bit prikazuje simbol sunca koristeći funkciju `basic.showLeds`. Simbol sunca se stvara korištenjem matrice znakova u kojoj `'#'` predstavlja upaljenu LED diodu, a `'.'` ugašenu.

Ako je vrijednost svjetlosti 200 ili manja, što ukazuje na slabu ili nikakvu svjetlost, tada se prikazuje simbol mjeseca. I ovdje se koristi funkcija `basic.showLeds` za stvaranje slike mjeseca pomoću matrice znakova.

Ovim završavamo s detaljnim opisom postupka programiranja micro:bita. Preporučljivo je učenicima predstaviti oba načina programiranja kako bi mogli sami odlučiti koji im pristup bolje odgovara. Zahvaljujući jasnim uputama koje se nalaze u priloženoj knjižici *Inventor's kit*, učenici mogu uspješno izvršiti ovaj zadatak čak i bez prethodnog znanja o programiranju. Ovo je izvrstan način za učenje kroz praksu, omogućujući učenicima da razviju vještine rješavanja problema i kritičkog razmišljanja dok istražuju svijet digitalne tehnologije.

```

1  let Light = 0
2  basic.forever(function () {
3      Light = pins.analogReadPin(AnalogPin.P0)
4      if (Light > 200) {
5          basic.showLeds(`
6              # . # . #
7              . # # # .
8              # # # # #
9              . # # # .
10             # . # . #
11             `)
12     } else {
13         basic.showLeds(`
14             # # # . .
15             . # # # .
16             . . # # .
17             . # # # .
18             # # # . .
19             `)
20     }
21 })
22

```

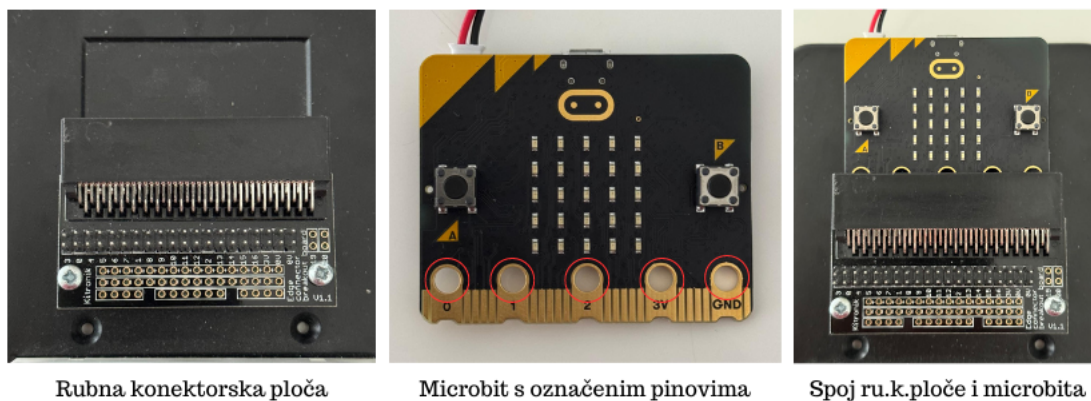
Slika 4.20: Korisničko sučelje Microsoft MakeCode JavaScript editora s potrebnim kodom

#### 4.4.2 Postav na montažnoj ploči

Montažna ploča služi kao temelj za smještaj svih komponenti Inventor's kita, omogućujući sigurno i organizirano okruženje za rad. Na nju postavljamo rubnu konektorsku ploču. Ova ploča omogućava jednostavno i sigurno povezivanje micro:bita s različitim elektroničkim komponentama i sensorima, proširujući njegove funkcionalnosti za složenije projekte i eksperimente. Rubna konektorska ploča posjeduje utor u koji se micro:bit može lako umetnuti. Ovaj utor čvrsto drži micro:bit, osiguravajući pouzdan električni kontakt bez potrebe za lemljenjem ili upotrebom drugih stalnih spojeva. Ona nudi pristup svim pinovima micro:bita, što uključuje I/O pinove, napajanje i zemlju. Kroz ove pinove može se povezati micro:bit s raznim sensorima, dodatnim pločicama ili drugim elektroničkim uređajima. Povezivanje micro:bita s rubnom konektorskom pločom je iznimno jednostavno i intuitivno, što omogućava brzo postavljanje i pokretanje projekata.

U sljedećem koraku potrebno je spojiti rubnu konektorsku ploču, maketu, fototran-





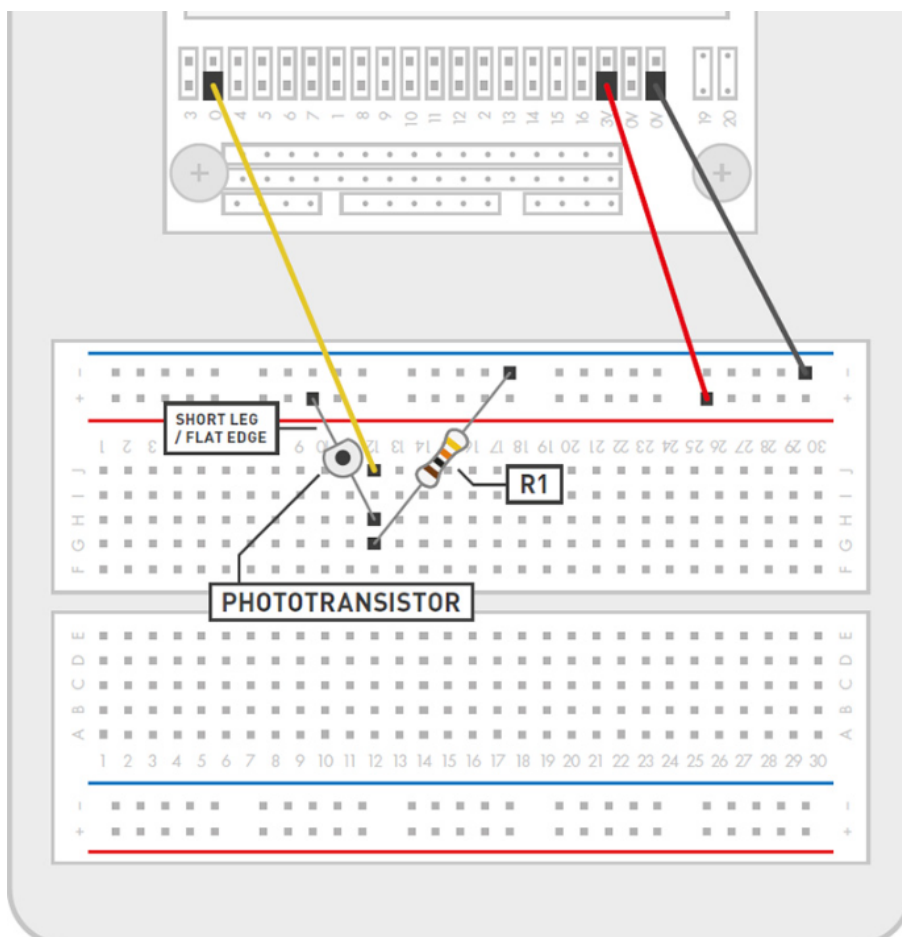
Rubna konektorska ploča

Microbit s označenim pinovima

Spoj ru.k.ploče i microbita

Slika 4.21: Spoj rubne konektorske ploče i micro:bita

zistor i otpornik tako da zajedno formiraju funkcionalni električni krug namijenjen detekciji svjetlosti. Na sljedećoj slici(5.22) je shema potrebnog spoja.



Slika 4.22: Shema za spajanje rubne konektorske ploče, makete, fototranzistora i otpornika

Otpornik i fotosenzor, ili LDR (Light Dependent Resistor), su postavljeni u seriju te dijele ukupni napon od 3V koji dolazi od micro:bita. Distribucija napona između

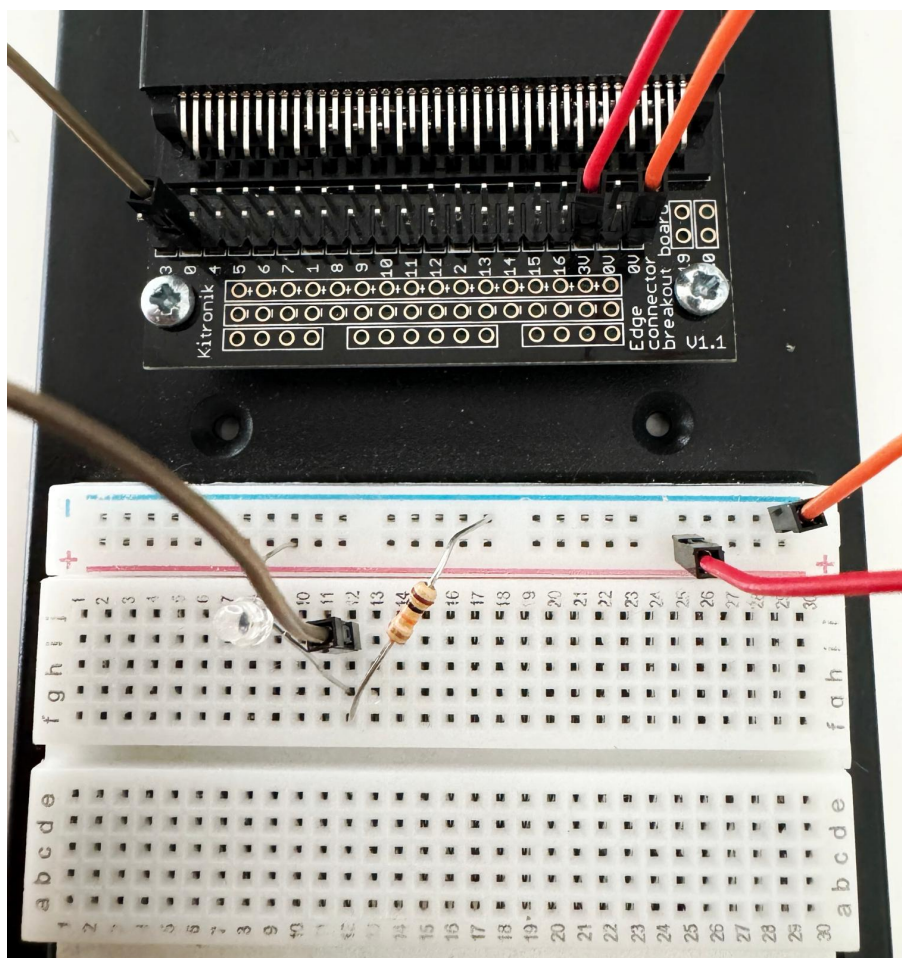
otpornika i LDR-a ovisi o njihovom relativnom otporu. Ako imaju identičan otpor, napon na sredini, gdje se oni povezuju, bit će upola manji od ukupnog, odnosno 1,5V. Kada svjetlost obasjava LDR, njegov otpor pada, što znači da veći udio ukupnog otpora otpada na otpornik, i kao rezultat, napon na pinu P0 raste. Micro:bit koristi funkciju analognog očitavanja kako bi izmjerio napon na pinu P0, pretvarajući ga u digitalnu vrijednost u rasponu od 0 do 1023. Ako nema napona na P0, digitalna vrijednost će biti 0, dok će napon od 3V odgovarati maksimalnoj vrijednosti od 1023. Napon od 1,5V, što je otprilike polovica maksimalnog napona, rezultirat će približnom vrijednošću od 512.

Nakon očitavanja, digitalna vrijednost se sprema u varijablu 'Light'. Zatim, kroz uvjetnu naredbu 'if', program provjerava je li vrijednost zabilježena u 'Light' veća od 512. Ako je vrijednost veća, micro:bit će na svojoj LED matrici prikazati sliku sunca. U suprotnom, ako je vrijednost manja ili jednaka 512, prikazat će se uzorak koji predstavlja mjesec. Na ovaj način, micro:bit postaje interaktivni uređaj koji vizualno komunicira promjene u svjetlosnim uvjetima okoline.

#### **4.4.3 Spajanje optičkog kabela**

Završni korak u ovom pokusu uključuje ključni element - optički kabel. On služi za prijenos svjetlosti od izvora, u ovom slučaju bljeskalice mobitela, do fotosenzora. Da bi se to postiglo, jedan kraj optičkog kabela treba postaviti blizu bljeskalice mobitela, dok se drugi kraj vodi do fotosenzora na montažnoj ploči.

Da bi se osigurala preciznost eksperimenta, važno je da svjetlosti s bljeskalice bude jedini izvor svjetla koji utječe na fotosenzor. Ovo se postiže pomoću izolir trake kojom pažljivo pričvršćujete kraj optičkog kabela na fotosenzor. Izolir trakom je poželjno obaviti cijeli fotosenzor, osiguravajući time da nema smetnji od vanjskog svjetla. Takva izolacija omogućava da samo svjetlost koja prolazi kroz optički kabel ima utjecaj na senzor, čime se osigurava pouzdanost i preciznost u mjerenju svjetlosnih signala koje micro:bit treba detektirati i na kojima se temelji reakcija sustava.



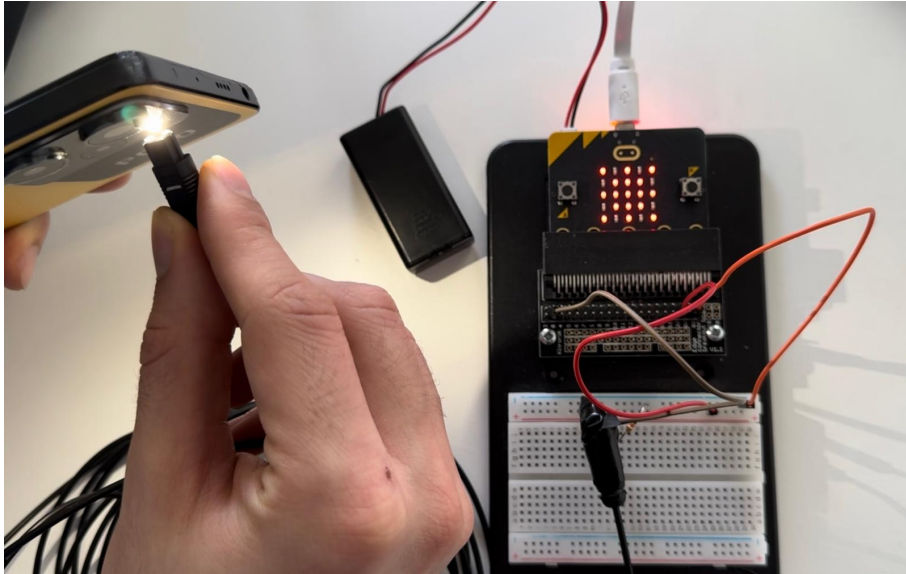
Slika 4.23: Eksperimentalni postav prije spajanja optičkog kabela

#### 4.4.4 Provjera uspješnosti pokusa

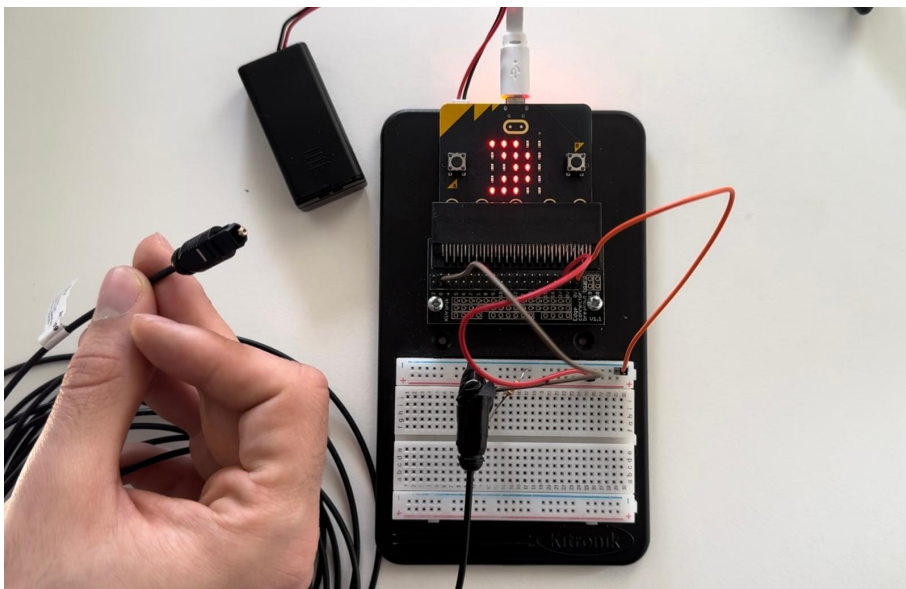
Provjeravanje uspješnosti ovog pokusa s micro:bitom i detekcijom svjetlosti je jednostavan, ali uzbudljiv proces. Kada prislonimo optički kabel na bljeskalicu mobitela koja je upaljena, svjetlost se prenosi kroz kabel do fotosenzora. Ako je pokus postavljen ispravno, ova akcija rezultira prikazom simbola sunca na LED ekranu micro:bita, što znači da je senzor primio dovoljnu količinu svjetlosti i poslao signal micro:bitu da aktivira odgovarajuću sliku.

Suprotno tome, kada nema svjetlosti koja dolazi iz bljeskalice, odnosno kada je bljeskalica isključena ili je optički kabel udaljen od nje, fotosenzor ne detektira svjetlost i time se na ekranu micro:bita prikazuje simbol mjeseca. To ukazuje na to da je intenzitet svjetla koji dolazi do senzora ispod određenog praga, što je definirano u kodu, i micro:bit reagira na taj nedostatak svjetlosti prema programiranim uputama.

Na temelju priloženih slika, možemo potvrditi da je pokus s micro:bitom uspješno



Slika 4.24: Prikaz na micro:bitu kada optički kabel prenosi svjetlosni signal



Slika 4.25: Prikaz na micro:bitu kada optički kabel ne prenosi svjetlosni signal

izveden. Primijećeno je da postoji prostor za manje poteškoće, posebno kada je riječ o osjetljivom zadatku pričvršćivanja optičkog kabela na fotosenzor. Preciznost je ključna u ovom koraku, jer je važno precizno ciljati kraj kabela prema fotosenzoru. Tijekom pričvršćivanja kabela izolir trakom može doći do neželjenog pomaka, što zahtijeva pažljivu ruku i oštro oko.

## **5 Pokus 2. - Optički kabel prenosi svjetlosne signale od jednog micro:bita do drugog**

### ***5.1 Detaljan opis pokusa***

U ovom pokusu, prvi micro:bit služi kao izvor svjetlosnih signala. Njegove LED-ice na ekranu su programirane da se pale i gase svakih 5 sekundi, što stvara pulsirajući uzorak svjetla. Ovaj pulsirajući signal svjetla prenosi se putem optičkog kabela do drugog micro:bita.

Drugi micro:bit koristi fotosenzor za detekciju svjetlosnih signala koji dolaze kroz optički kabel. Kao i u prvom pokusu, ovaj micro:bit je programiran da reagira na prisutnost ili odsutnost svjetlosnog signala. Ako fotosenzor detektira svjetlosne signale, na ekranu drugog micro:bita prikazuje se sunce, što simbolizira da je signal primljen. Ako signal nije detektiran, na ekranu se prikazuje mjesec, što ukazuje na odsutnost signala.

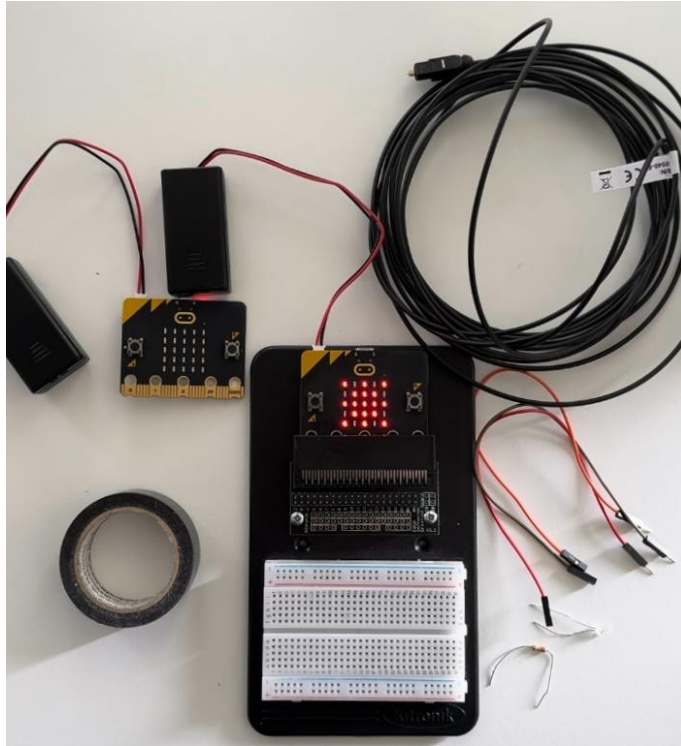
### ***5.2 Potrebna oprema za pokus***

- Inventor's Kit, koji uključuje: montažna ploča, maketa, rubna konektorska ploča, fototranzistor, otpornik  $10k\Omega$ , trake u tri boje
- Izolir traka - za fiksiranje optičkog kabela
- Dva micro:bita - programabilni mikrokontroler
- Računalo s web preglednikom kojim se pristupa programu MakeCode preko adrese [www.microbit.org](http://www.microbit.org)
- Optički kabel - za prijenos svjetlosti od bljeskalice mobitela do fototranzistora

### ***5.3 Eksperimentalni postav***

- Priprema prvog micro:bita: Micro:bit se povezuje s računalom pomoću USB kabela. U programu MakeCode pišemo kod koji će omogućiti da LED-ice na ekranu 10 sekundi svijetle, a zatim 10 sekundi ne i tu izmjenu ćemo imati cijelo vrijeme trajanja pokusa





Slika 5.26: Potrebna oprema za pokus

- Priprema drugog micro:bita: Micro:bit se povezuje s računalom pomoću USB kabela. U programu MakeCode pišemo kod koji će omogućiti da kada fotosenzor detektira svjetlost, micro:bit na svom ekranu prikazuje simbol sunca, a simbol mjeseca kada svjetlosti nema.
- Postavljanje na montažnu ploču: Na montažnu ploču pričvršćuju se maketa i rubna konektorska ploča. Micro:bit se umetne u rubnu konektorsku ploču, a maketa i rubna konektorska ploča povezuju se s tri trake u boji.
- Postavljanje komponenata na maketu: Na maketu se postavljaju fototranzistor i otpornik.
- Povezivanje optičkog kabela: Jedan kraj optičkog kabela fiksira se izolir trakom na fototranzistor tako da fototranzistor može primiti svjetlost isključivo kroz kabel. Drugi kraj optičkog kabela postavlja se tako da je usmjeren prema LED-icama prvog micro:bita. LED-ice na prvom micro:bitu će se paliti i gasiti svakih 10 sekundi te će zbog toga optički kabel 5 sekundi prenositi svjetlosne signale, a idućih deset sekundi neće prenositi svjetlosne signale i tako u krug. To će rezultirati promjenama na ekranu micro:bita.

## **5.4 Razrada pokusa uz detaljna objašnjenja**

### **5.4.1 Programiranje prvog micro:bita**

Micro:bit se programira u Block editoru na način kao kod 1.pokusa. Zadani cilj 2.pokusa je programirati micro:bit tako da na LED-ice na njegovom ekranu svijetle 5 sekundi, a zatim budu ugašene sljedećih deset sekundi. Te izmjene bi se trebale događati za vrijeme trajanja cijelog pokusa. Na taj način bi optički kabel u intervalima slao svjetlosni signal drugom micro:bitu.

Krenuti ćemo sa opisom programiranja u MakeCode editoru. Za početak pokusa koristimo blok 'on start' u Microsoft MakeCode Block editoru, koji omogućuje postavljanje početnih vrijednosti i konfiguracija koje su ključne za pravilan rad micro:bita tijekom cijelog pokusa. Ovaj pristup osigurava da sve komponente imaju odgovarajuće postavke od samog starta, što je posebno važno za osiguravanje dosljednosti i točnosti eksperimentalnih rezultata.

Prvi korak unutar 'on start' bloka uključuje korištenje naredbe 'set Light to 0'. Ovaj blok inicijalizira varijablu Light s početnom vrijednošću 0, koja se može koristiti za spremanje i kasniju obradu senzorskih očitavanja svjetlosti. Ova varijabla igra ključnu ulogu u kontroli i praćenju intenziteta svjetlosti tijekom pokusa.

Nakon toga, koristimo blok 'set brightness to 255', koji postavlja intenzitet svjetlosti LED dioda na maksimalnu razinu, tj. 255. Ova postavka je ključna jer osigurava da LED diode na micro:bitu pružaju dovoljno svjetlosti za potrebe ovog pokusa. Slabije osvjetljenje može dovesti do poteškoća u detekciji i interpretaciji rezultata, stoga je ovaj korak presudan za uspjeh eksperimenta.

Za kraj, potrebno je dodati blok koji će specifično navesti koje LED diode trebaju svijetliti. U ovom slučaju, koristi se blok koji aktivira sve LED diode na ekranu micro:bita. Iako bi bilo dovoljno da svijetli samo jedna LED dioda, korištenje svih LED dioda čini promjene učinkovitijim i jednostavnijim za promatranje, posebno u edukativne svrhe gdje je važno da su rezultati jasno vidljivi i lako razumljivi za sve sudionike pokusa.

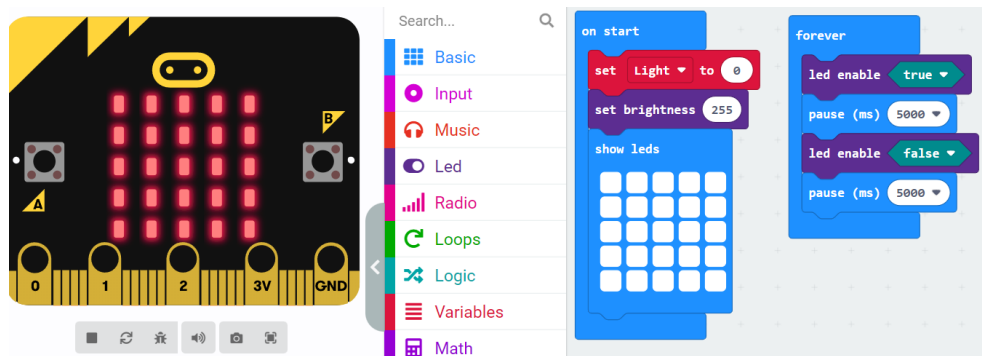
Za drugi korak programiranja prvog micro:bita, cilj je programirati LED diode na micro:bitu da trepću, paljenjem i gašenjem svakih 5 sekundi. To ćemo se postići koristeći niz blokova u Microsoft MakeCode Block editoru, koji omogućuju jednostavnu implementaciju ove funkcije.

Kreće se od bloka 'forever' jer on diktira ponavljanje svih akcija cijelo vrijeme. Prva akcija je uključivanje LED dioda pomoću bloka 'led enable true'. Ova naredba aktivira LED diode na ekranu micro:bita prema prethodno definiranoj slici koja u ovom slučaju zahtijeva da sve LED diode svijetle. Nakon toga, koristimo blok pause(ms) 5000 kako bismo programu dali instrukcije da pauzira izvođenje na 5000 milisekundi, odnosno 5 sekundi. Tijekom ove pauze, LED diode ostaju upaljene, pružajući vizualni prikaz.

Slijedeći korak je gašenje LED dioda, što postizemo naredbom 'led enable false'. Ova naredba isključuje sve LED diode na ekranu, čime se ekran gasi. I opet, uključujemo blok pause(ms) 5000 da bi program pauzirao na dodatnih 5 sekundi s ugašenim LED diodama.

Ovaj ciklus paljenja i gašenja se kontinuirano ponavlja, stvarajući efekt treptanja koji je jasan i vidljiv. Ovo nije samo vizualno privlačno, već i praktično demonstrira kako se programski može kontrolirati hardverska komponenta kao što su LED diode na micro:bitu.

Na slici ispod je prikazano korisničko sučelje Microsoft MakeCode Block editora s opisanim kodom.

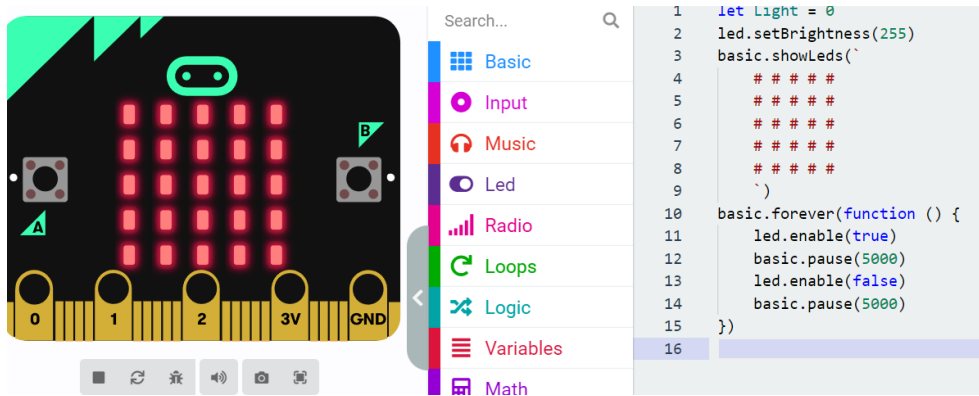


Slika 5.27: Korisničko sučelje Microsoft MakeCode Block editora s blokovima potrebnim za izradu navedenog pokusa

Druga opcija za programiranje micro:bita uključuje korištenje JavaScript editora.

Ovaj kod za micro:bit, napisan u Microsoft MakeCode Block editoru, konfigurira LED ekran na micro:bitu da se ponaša kao treptač. Na početku, varijabla 'Light' je inicijalizirana na 0, iako se u ovom kodu konkretno ne koristi dalje. Intenzitet svjetla LED dioda postavljen je na maksimalnu vrijednost od 255, što osigurava da su LED-ice što svjetlije kad su uključene.





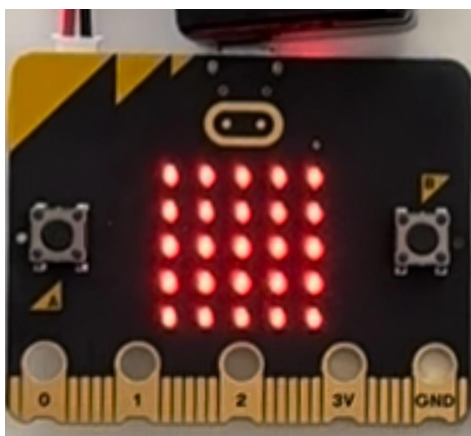
Slika 5.28: Korisničko sučelje Microsoft MakeCode JavaScript editora s potrebnim kodom

Slika koja se prikazuje na LED matrici je puni kvadrat, što znači da su sve LED diode na ekranu upaljene. Ovo se postiže kroz naredbu `basic.showLeds`, gdje svaki znak '#' predstavlja upaljenu LED diodu.

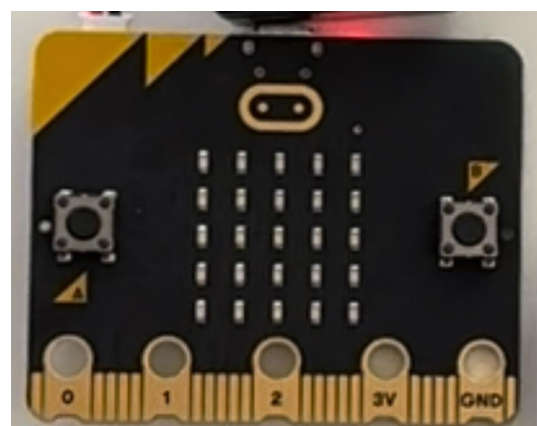
Glavni dio koda nalazi se unutar 'basic.forever' funkcije, koja osigurava da se određene akcije ponavljaju neprekidno. U ovom bloku, prvo se uključuju LED diode ('led.enable(true)'), a zatim slijedi pauza od 5 sekundi ('basic.pause(5000)'). Nakon pauze, LED diode se gase ('led.enable(false)') i opet slijedi pauza od 5 sekundi. Ovaj ciklus se neprekidno ponavlja, stvarajući efekt u kojem LED ekran svijetli naizmjenično svakih 5 sekundi.

Ovim završavamo s detaljnim opisom postupka programiranja prvoog micro:bita. Preporučljivo je opet učenicima predstaviti oba načina programiranja kako bi mogli sami odlučiti koji im pristup bolje odgovara.

Na slikama ispod možemo vidjeti kako izgleda micro:bit u svoje dvije faze nakon preuzimanja koda.

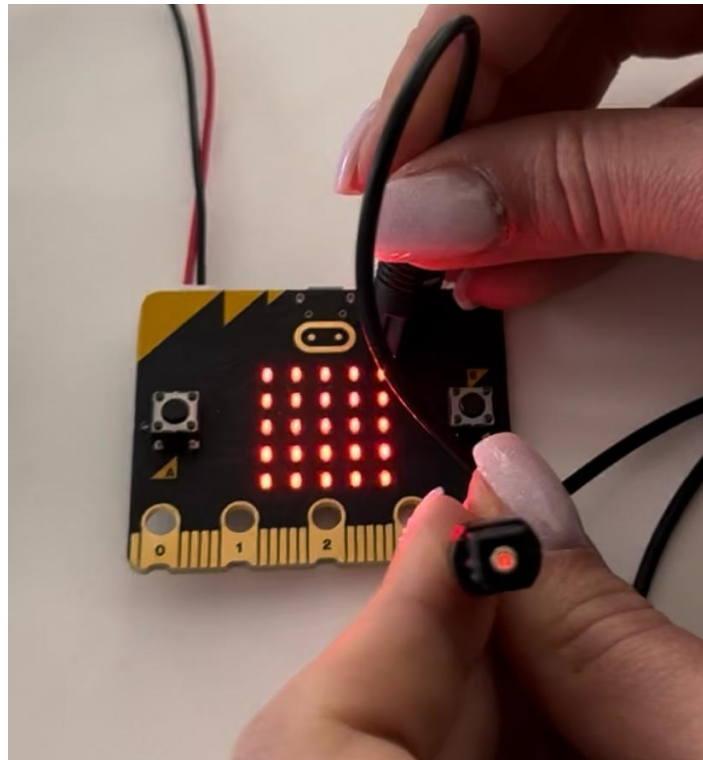


Slika 5.29: Micro:bit u trenutku kada su LED-ice upaljene



Slika 5.30: Micro:bit u trenutku kada su LED-ice ugašene

Na sljedećoj slici možemo vidjeti i kako izgleda drugi kraj optičkog kabela kada prvi micro:bit šalje svjetlost.



Slika 5.31: Prikaz slobodnog kraja optičkog kabela koji prenosi svjetlosne signale

#### 5.4.2 Programiranje drugog micro:bita

Programiranje drugog micro:bita u ovom pokusu je identično kao u prvom pokusu te detaljno objašnjenje se može pronaći u poglavlju 5.4.1.. Njegova zadaća je jednaka kao u prvom pokusu. Ekran će pokazati sunce ako fotosenzor detektira svjetlost, a mjesec ukoliko ne detektira.

#### 5.4.3 Postav na montažnoj ploči

U sklopu prvog pokusa, poglavlje 5.4.2 detaljno opisuje kako spojiti komponente potrebne za postavljanje funkcionalnog strujnog kruga. Ovaj korak je ključan za uspjeh pokusa jer osigurava da micro:bit može pravilno komunicirati s fotosenzorom i izvršavati zadatke za koje je programiran.

Spoj rubne konektorske ploče s micro:bitom omogućava lako i sigurno povezivanje micro:bita s ostalim elektroničkim komponentama. Na rubnu konektorsku ploču zatim

se spaja maketa, koja služi kao platforma za montiranje i povezivanje fotosenzora i otpornika, kao i za organizaciju žica koje formiraju strujni krug.

Fotosenzor, koji se koristi za detekciju svjetlosti, povezuje se s jednim od analognih ulaznih pinova na micro:bitu pomoću jedne od tri žice. Otpornik se postavlja u seriju s fotosenzorom kako bi se ograničila struja koja prolazi kroz senzor, čime se štiti senzor od mogućeg oštećenja zbog previsokog napona ili struje.

Za potpuno funkcionalni krug, dvije preostale žice koriste se za povezivanje fotosenzora i otpornika s odgovarajućim pinovima za napajanje (pozitivnim i zemljom) na micro:bitu. Ovo omogućava da električna energija sigurno i efikasno teče kroz krug, omogućujući micro:bitu da očitava promjene u svjetlosnim uvjetima koje detektira fotosenzor.

#### **5.4.4 Spajanje optičkog kabela**

Završni korak vašeg pokusa s micro:bitom uključuje ključno postavljanje optičkog kabela, koji prenosi svjetlost direktno od LED dioda na prvom micro:bitu do fotosenzora na drugom micro:bitu, omogućujući tako komunikaciju između dva uređaja pomoću svjetlosnih signala.

Da bi se osiguralo da svjetlost od LED dioda efektivno ulazi u optički kabel, jedan kraj kabela treba čvrsto prisloniti na LED diode. Važno je da taj kraj kabela bude dobro izoliran izolir trakom kako bi se spriječilo prodiranje vanjske svjetlosti. To znači da LED diode trebaju biti jedini izvor svjetlosti koji dopire do kabela, što pomaže u očuvanju čistoće i jačine prenesenog svjetlosnog signala.

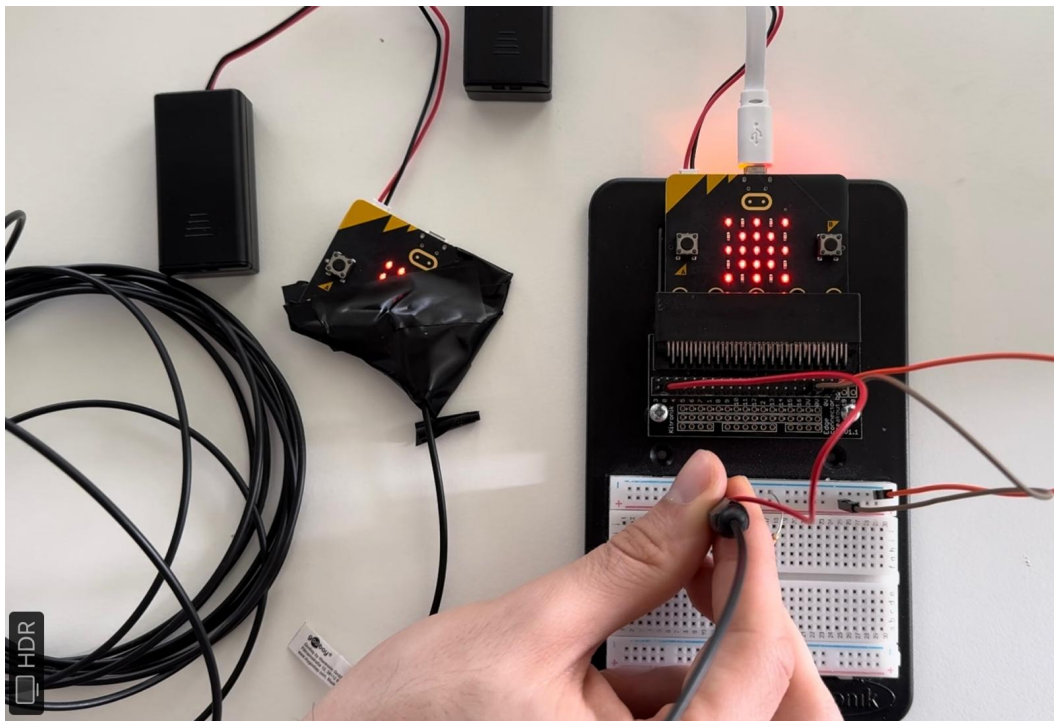
Slično tome, drugi kraj kabela treba pažljivo prisloniti na fotosenzor koji se nalazi na montažnoj ploči drugog micro:bita. I ovaj kraj kabela treba oblijepiti izolir trakom kako bi se osiguralo da fotosenzor prima isključivo svjetlost koja dolazi kroz optički kabel, bez utjecaja dodatnih svjetlosnih izvora. Ova mjera pomaže u povećanju preciznosti detekcije svjetlosti fotosenzorom.

Ovako precizno postavljanje i izolacija optičkog kabela ključni su za uspjeh pokusa, jer omogućuju pouzdan prijenos svjetlosnih signala bez smetnji. Uspješno izvedena konfiguracija osigurava da se svjetlosni signali jasno detektiraju i interpretiraju, što vodi do točnog i konzistentnog odziva drugog micro:bita na primljene svjetlosne signale.

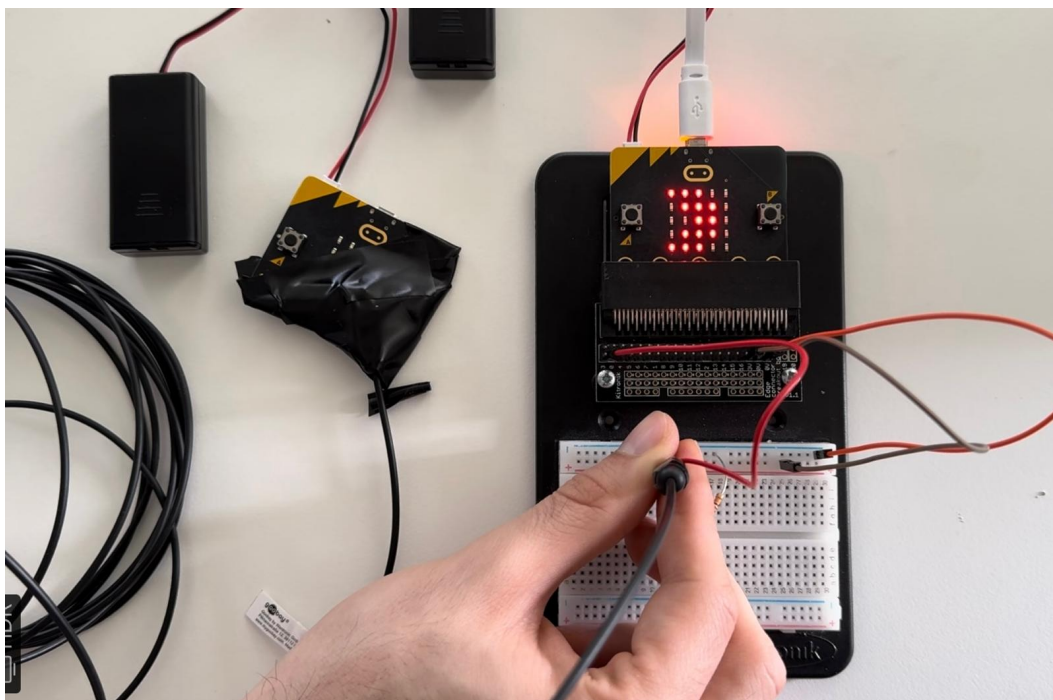
#### 5.4.5 Provjera uspješnosti pokusa

Uspješno testiranje i demonstracija promjene svakih pet sekundi ukazuje na to da je pokus s micro:bitima i optičkim kabelom uspješno postavljen i funkcionalan. Na slikama ispod vidljive obje situacije—svjetlosni signal koji se prenosi i detektira te njegova odsutnost. Možetmo biti sigurni da su svi elementi ovog eksperimenta, od izolacije kabela, pravilnog pozicioniranja, do programiranja micro:bita, pravilno izvedeni.

Ovo ne samo da potvrđuje ispravnost inicijalne konfiguracije i programiranja, već pruža i jasan vizualni dokaz da je komunikacija putem optičkog kabela izvodljiva i efikasna.



Slika 5.32: Prikaz na micro:bitu kada optički kabel prenosi svjetlosni signal



Slika 5.33: Prikaz na micro:bitu kada optički kabel ne prenosi svjetlosni signal

## 6 Nastavna priprema

Nastavna priprema je osmišljena za korištenje u nastavi na temu Zakoni geometrijske optike. U sklopu ove pripreme uključen je i optički kabel, koji trenutno nije obuhvaćen školskim kurikulumom. Nastavna priprema je namijenjena i za srednje i za osnovne škole. Dijelovi teksta u kojima se spominju sinusi i kosinusi trebaju se izostaviti kada se priprema koristi u osnovnim školama.

**NASTAVNA JEDINICA:** Zakoni geometrijske optike

**RAZRED:** 3. razred srednje škole / 8.razred osnovne škole

**PREDVIĐENI BROJ SATI:** 2 sata

**PREDMETNI ISHODI:**

SREDNJA ŠKOLA:

FIZ SŠ C.3.7., FIZ SŠ D.3.7. Primjenjuje zakone geometrijske optike

- Primjenjuje zakon odbijanja svjetlosti od zrcala.
- Primjenjuje Snellov zakon.
- Opisuje potpuno odbijanje svjetlosti
- Crtežom i matematičkim izrazom opisuje lom zrake svjetlosti na granici dvaju

optički različitih sredstava.

- Povezuje brzinu širenja svjetlosti u tvari s indeksom loma.
- Opisuje potpuno odbijanje svjetlosti te primjene (svjetlovod, optički kabel).

FIZ SŠ C.1.8. Rješava fizičke probleme

- Vizualizira problemsku situaciju.
- Konstruira plan rješavanja problema.
- Kvalitativno zaključuje primjenjujući fizičke koncepte i zakone
- Konstruira plan rješavanja problema.

FIZ SŠ C.2.9. Istražuje fizičke pojave

- Istražuje prirodne pojave.
- Istražuje pojavu s pomoću demonstracijskog pokusa
- Istražuje pojavu s pomoću računalne simulacije.

OSNOVNA ŠKOLA:

FIZ OŠ C.8.8., FIZ OŠ D.8.8.. Analizira rasprostiranje i odbijanje svjetlosti te nastanak slike u zrcalu.

- Analizira rasprostiranje svjetlosti.

FIZ OŠ C.8.9., FIZ OŠ D.8.9. Analizira lom i odbijanje svjetlosti na granici dvaju optičkih sredstava.

- Objašnjava lom svjetlosti
- Opisuje potpuno odbijanje svjetlosti.

FIZ OŠ C.8.10., FIZ OŠ D.8.10.. Istražuje fizičke pojave

- Istražuje prirodne pojave.
- Istražuje pojavu s pomoću demonstracijskog pokusa
- Istražuje pojavu s pomoću računalne simulacije.

FIZ OŠ C.8.11., FIZ OŠ D.8.11. Rješava fizičke probleme

- Vizualizira problemsku situaciju.

- Konstruira plan rješavanja problema.
- Kvalitativno zaključuje primjenjujući fizičke koncepte i zakone
- Konstruira plan rješavanja problema.

#### **MEĐUPREDMETNI ISHODI:**

- UKU A.4.1. Upravljanje informacijama
- UKU A.4.3. Kreativno mišljenje
- UKU A.4.4. Kritičko mišljenje
- UKU C.4.3. Interes
- OSR B.4.2. Suradnički uči i radi u timu
- IKT A.4.1. Učenik kritički odabire odgovarajuću digitalnu tehnologiju.

6 7

#### **Organizacija nastavnog sata**

**VRSTA NASTAVE:**istraživački usmjerena nastava

**NASTAVNE METODE:**demonstracija pokusom, metoda razgovora – razredna rasprava, metoda pisanja/crtanja, konceptualna pitanja s karticama

**OBLICI RADA:**frontalni, diferencirana nastava u obliku rada u skupinama

**NASTAVNA POMAGALA I SREDSTVA:**računalo, papir, ogledalo, laseri, svjetiljka, Inventor's Kit, micro:bit, optički kabel, izolir traka

#### **LITERATURA:**

- Ministarstvo znanosti i obrazovanja, Kurikulum nastavnog predmeta Fizika za osnovne škole i gimnazija, 2019
- Ministarstvo znanosti i obrazovanja - Međupredmetne teme
- Lorena Josipović, Diplomski rad: Suvremena nastava fizike: Prijenos podataka optičkim kabelom
- Jakov Labor, Jasmina Zelenko Paduan , Fizika 3, Alfa, 2020, Zagreb

#### **Tijek nastavnog sata**

---

<sup>6</sup>Ministarstvo znanosti i obrazovanja, Kurikulum nastavnog predmeta Fizika za osnovne škole i gimnazija, 2019.

<sup>7</sup>Ministarstvo znanosti i obrazovanja - Međupredmetne teme, 2019.



## UVODNI DIO (10 MINUTA)

Sat se započinje sa uvodnim problemom.

**Uvodni problem:** Jeste li se ikada zapitali što je sjena i što je polusjena?

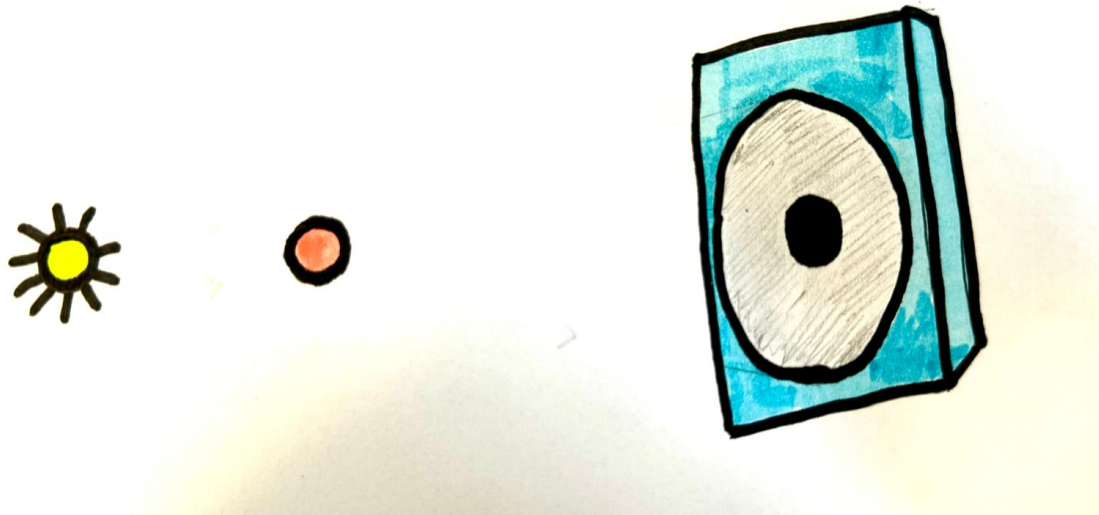
Prikupljamo učeničke ideje, a zatim ih se pita postoji li pokus kojim oni mogu demonstrirati sjenu i polusjenu.

### Opservacijski pokus

**Pribor:** Svjetiljka, lopta, knjiga

**Opis:** Svjetiljka predstavlja izvor svjetlosti, a lopta predstavlja predmet koji obasjavamo. Knjiga predstavlja zastor i postavlja se na određenu udaljenost i promatra se što se vidi na njoj.

**Što se vidi?** U središtu se ne vidi nikakva svjetlost (sjena), a okolo vidimo kako dolazi malo svjetlosti (polusjena). **Zašto je to tako? Kako se svjetlost širi u sredstvu?**



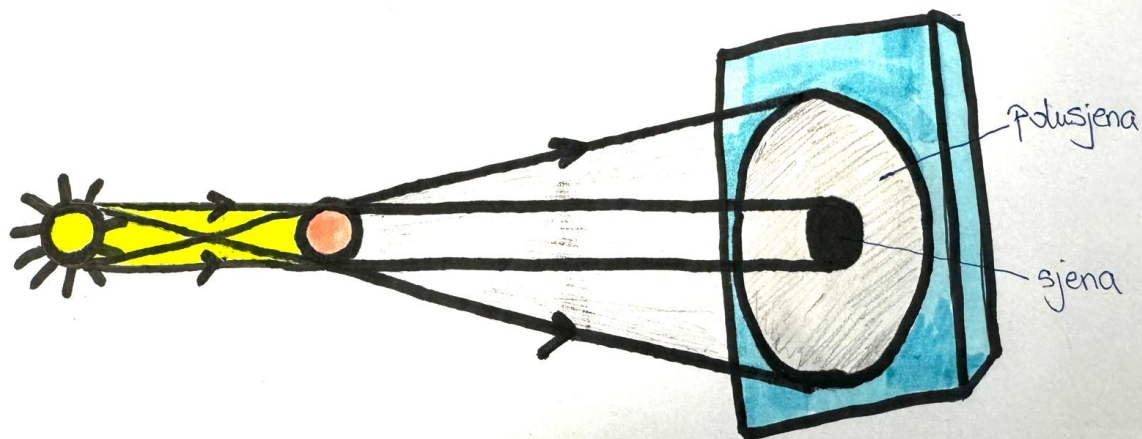
Slika 6.34: Shema postava opservacijskog pokusa

Homogeno. **Na koji način možemo nacrtati svjetlost na crtežu?** Uz pomoć zraka svjetlosti. **Što predstavlja zraka svjetlosti?** Zraka svjetlosti je zamišljena ravna crta u smjeru širenja svjetlosnog vala kojom je prikazan idealizirani slučaj tankoga snopa vidljive svjetlosti.

**Na prethodnom crtežu crtamo zrake svjetlosti**

**Kako nastaje sjena, a kako polusjena?** Sjena nastaje kada objekt potpuno blokira izvor svjetlosti. Polusjena je područje djelomičnog zatamnjenja koje nastaje kada objekt djelomično blokira izvor svjetlosti. To znači da ne sav svjetlosni zrak iz izvora biva





Slika 6.35: Shema postava opservacijskog pokusa sa ucrtanim zrakama svjetlosti

blokiran, već samo dio.

Na ploču zapisujemo naslov: **GEOMETRIJSKA OPTIKA**

### SREDIŠNJI DIO (35 MINUTA)

**Istraživačko pitanje 1: Što će se dogoditi ako nekoliko lasera različitih boja osvijetli istu prepreku?**

**Od učenika se traži da u bilježnicu zapišu svoju pretpostavku.**

**Učenike se pita kojim pokusom bi to mogli istražiti.**

**Pribor:** laseri različitih valnih duljina (tri boje), prepreka, zamračena prostorija

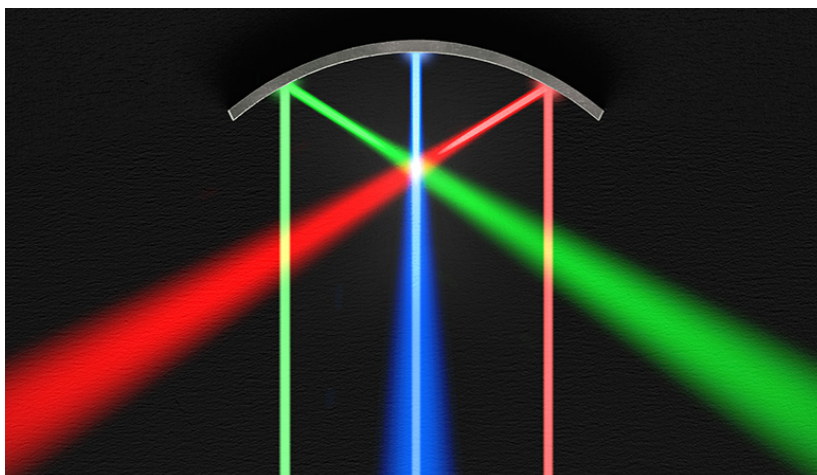
**Opis:** U isto vrijeme puštamo tri različita izvora svjetlosti na prepreku i promatramo šta se događa. Prije početka pokusa učenike se zatraži pretpostavka.

**Što uočavate?** Svaki od tri snopa svjetlosti se odbija od prepreku. **Vidite li možda utječe li jedan snop na drugoga?** Svaki snop se ponaša kao da drugi snopovi svjetlosti ne postoje.

**Tražimo učenike da odgovore na istraživačko pitanje 1.**

Snopovi svjetlosti šire se neovisno jedan o drugome.

**Nakon što smo odgovorili na prvo pitanje možemo definirati 1.zakon geometrijske optike: Zakon neovisnosti svjetlosnih snopova- Snopovi svjetlosti šire se neovisno jedan o drugome**



Slika 6.36: Laseri različitih boja koji nailaze na prepreku

**Istraživačko pitanje 2: Što se događa sa svjetlosti kada naiđe na određenu površinu?**

**Od učenika se traži da u bilježnicu zapišu svoju pretpostavku.**

**Učenike se pita kojim pokusom bi to mogli istražiti.**

**Pribor:** Ravno ogledalo, laserski pokazivač, list bijelog papira, kutomjer, olovka

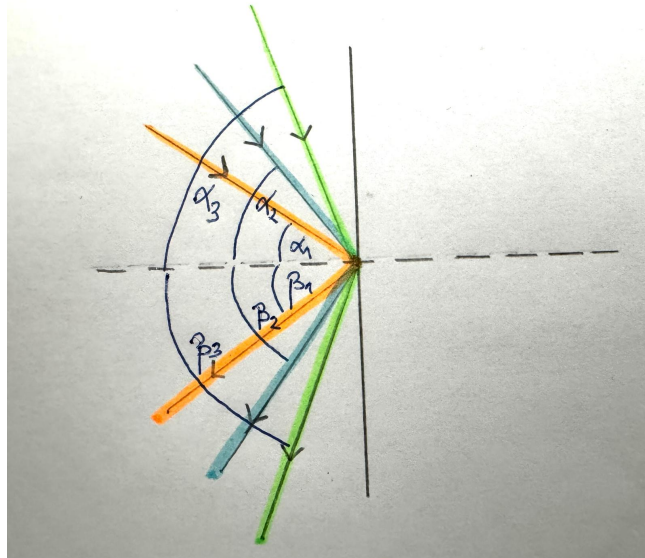
**Opis:** Položimo list bijelog papira na ravnu površinu. Na sredinu papira postavimo ravno ogledalo. Zatim, olovkom označimo liniju duž dna ogledala na papiru. Ta linija će služiti kao referentna linija zrcala. Usmjerimo laserski pokazivač tako da zraka svjetlosti pada na ogledalo pod određenim kutom. Idealan je način da laserski pokazivač usmjerimo sa strane prema ogledalu, a ne direktno prema njemu. Označimo točku na papiru gdje zraka udara u ogledalo kao točku upadanja. Pažljivo pratimo putanju svjetlosne zrake koja upada na ogledalo i onu koja se reflektira. Putanju reflektirane zrake označimo na papiru koristeći olovku ili laserski pokazivač. Zatim nacrtamo normalu, odnosno liniju pod pravim kutom, na liniju zrcala u točki upadanja. Koristimo kutomjer da izmjerimo kut upadanja, odnosno kut između upadne zrake i normale. Nakon toga izmjerimo kut refleksije, tj. kut između reflektirane zrake i normale.

**Od učenika se traže pretpostavke prije pokretanja pokusa.**

**Tražimo od učenika da iznesu svoja opažanja.**

**Na ploču nacrtamo skicu pokusa te tablicu sa upadnim i reflektiranim kutevima.**

**Što uočavate?** Upadni kut i kut refleksije su jednaki.



Slika 6.37: Shema pokusa sa ucrtanim zrakama svjetlosti

REDNI BR. MJERENJA	$\alpha$ [°]	$\beta$ [°]
1	15	15
2	27	27
3	40	40
4	56	56
5	78	78

Tablica 6.2: Dobiveni rezultati za 2.istraživačko pitanje

**Tražimo učenike da odgovore na istraživačko pitanje 2.**

Svjetlost kada naiđe na neku površinu se odbije pod istim kutom s kojim je i upala na tu površinu. Upadni kut i kut refleksije su jednaki.

**Nakon što smo odgovorili na drugo istraživačko pitanje možemo definirati 2.zakon geometrijske optike: Zakon refleksije (odbijanja) svjetlosti - Kut koji upadna zraka zatvara s okomicom na sredstvo refleksije jednak je kutu koji reflektirana zraka zatvara s istom okomicom**

$$\alpha = \beta \quad (6.11)$$

**Istraživačko pitanje 3: Što se događa sa svjetlosti kada nailazi na granicu dvaju prozirnih sredstava?**

**Od učenika se traži da u bilježnicu zapišu svoju pretpostavku.**

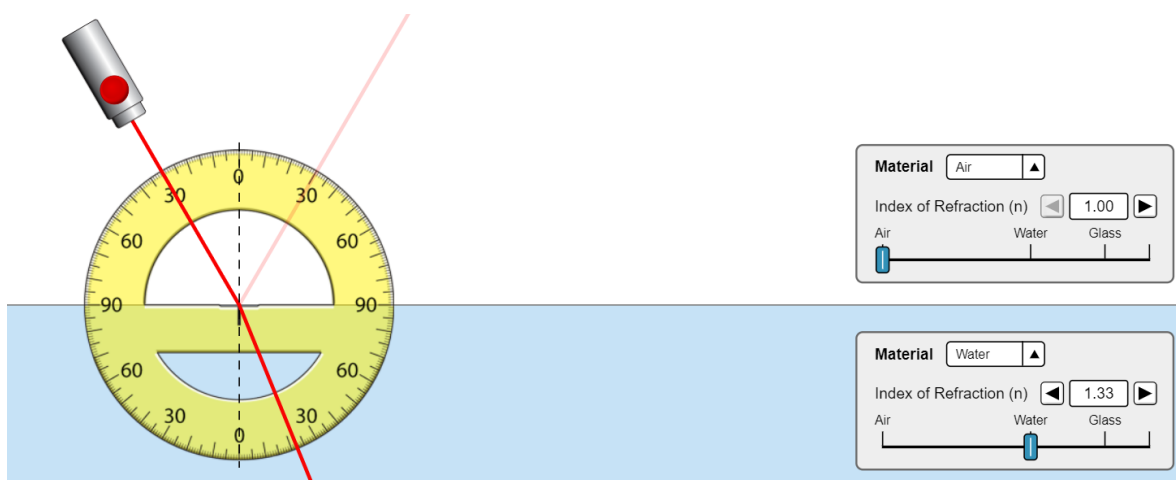
**Učenike se pita kojim pokusom bi to mogli istražiti.**

**Pribor:** Korištenje simulacije: [https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_all.html)

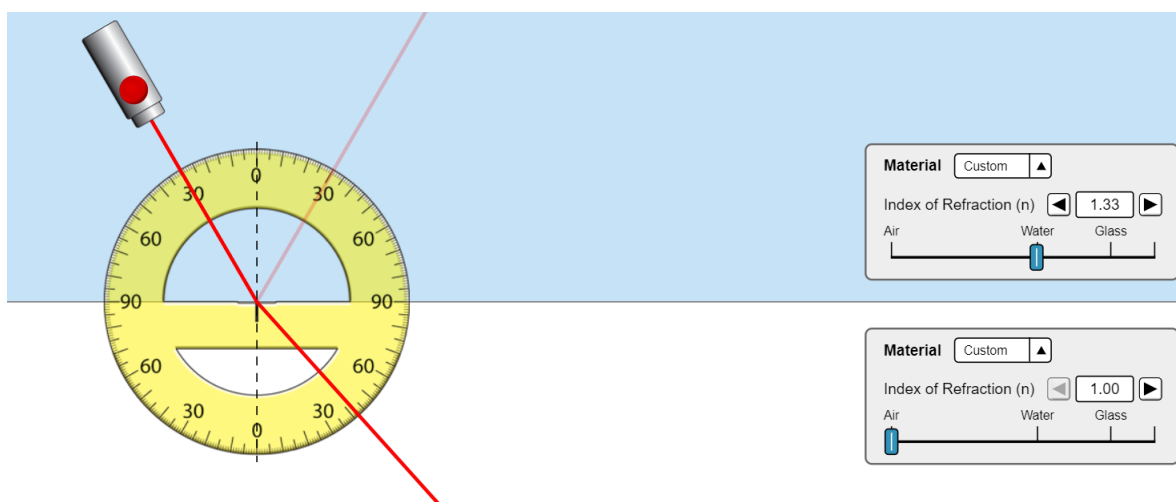
**Opis:** Za ispitivanje trećeg istraživačkog pitanja koristimo se iznad navedenom simulacijom. Na simulaciji imamo nekoliko različitih sredstava te snop svjetlosti koji ćemo puštati na granicu dvaju sredstava. Promatrati ćemo kutove lomljenih zraka, zraka koje prolaze kroz drugo sredstvo.

**Od učenika se traže pretpostavke prije pokretanja pokusa.**

**Napraviti ćemo nekoliko kombinacija i promatrati ćemo kada će kut biti veći/manji.**



Slika 6.38: Prikaz simulacije kada svjetlost prelazi iz medija manjeg indeksa loma u medij većeg indeksa loma



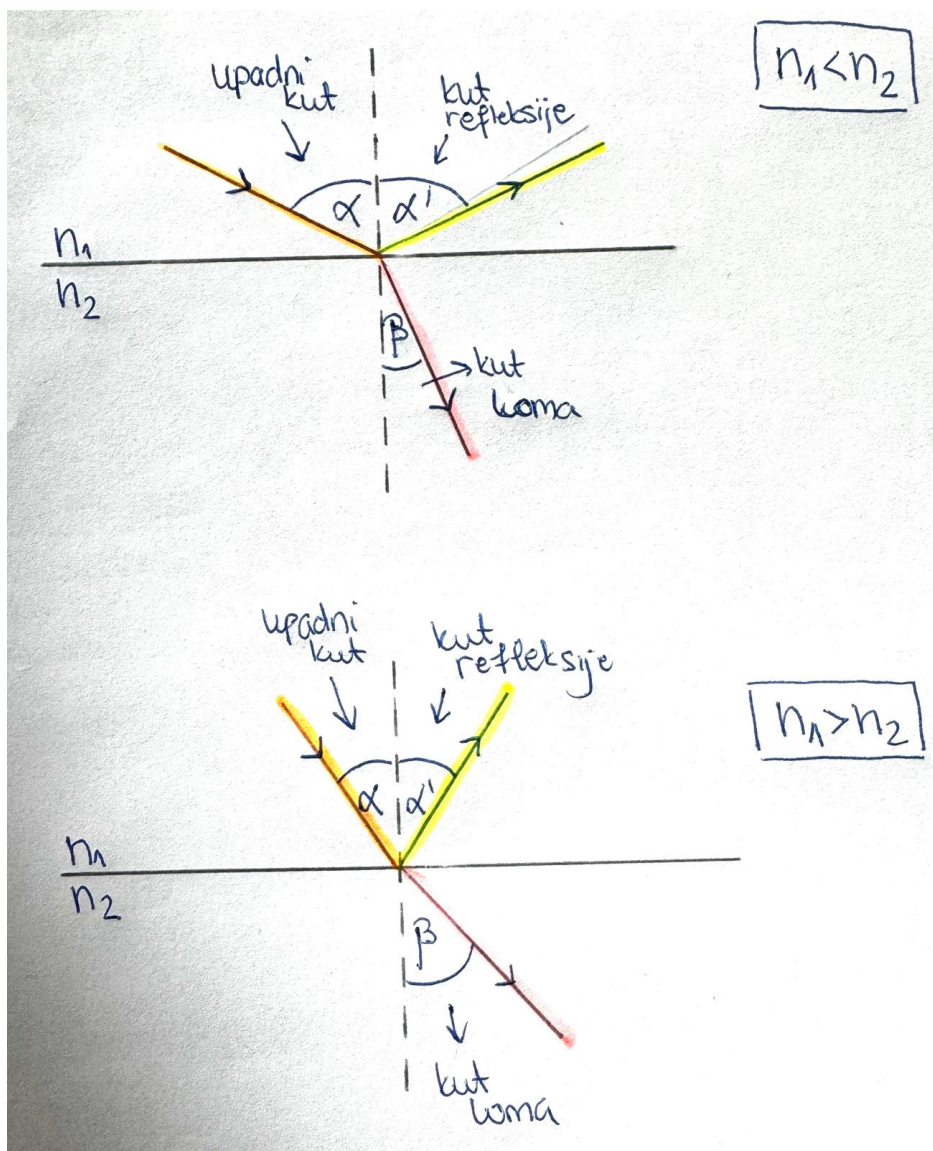
Slika 6.39: Prikaz simulacije kada svjetlost prelazi iz medija većeg indeksa loma u medij manjeg indeksa loma

Tražimo od učenika da iznesu svoja opažanja.

Pitamo učenike mogu li zaključiti kada će kut loma biti manji/veći od upadnog kuta?

Primjećuju li o čemu on ovisi? Ovisi o indeksu loma. Ako prelazimo iz područja manjeg indeksa loma u područje većeg indeksa loma kut loma će biti manji od upadnog. Ako prelazimo iz područja većeg indeksa loma u područje manjeg indeksa loma kut loma će biti veći od upadnog kuta.

Nacrtamo skice oba slučaja na ploču.



Slika 6.40: Skica prikaza sa simulacije uz imenovanje kuteva

**Šta mislite kojom brzinom se giba svjetlost u sredstvu manjeg indeksa loma u odnosu na sredstvo većeg indeksa loma?** Indeks loma predstavlja optičku gustoću sredstva i po tome bi se svjetlost trebala sporije gibati u sredstvu većeg indeksa loma. **Možete li definirati šta je zapravo indeks loma?** Fizikalna veličina koja opisuje optičku gustoću sredstava tj. veličina koja nam govori o tome koliko se brzina promijenila.

**Koliko se brzina promijenila u odnosu na šta?** Na brzinu svjetlosti u vakuumu.

**Koliko iznosi brzina svjetlosti u vakuumu?**

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \quad (6.12)$$

**Tražimo učenike da odgovore na istraživačko pitanje 3.**

Pri prelasku iz optički rjeđeg u optički gušće sredstvo, tj. pri prelasku iz sredstva manjeg u sredstvo većeg indeksa loma svjetlost se lomi "prema okomici". Pri prelasku iz optički gušćeg u optički rjeđe sredstvo, svjetlost se lomi "od okomice". Kut loma je veći od upadnog kuta.

**Nakon što smo odgovorili na treće istraživačko pitanje možemo definirati 3.zakon geometrijske optike: Zakon loma (refrakcije) svjetlosti- kada svjetlost prelazi iz jednog medija u drugi, mijenja smjer zbog promjene brzine svjetlosti u različitim medijima. Količina promjene smjera ovisi o optičkoj gustoći medija, tj. o indeksu loma.**

$$n = \frac{c}{v} \quad (6.13)$$

**Istraživačko pitanje 4: Kakva je ovisnost kuta loma o upadnom kutu i indeksu loma?**

**Od učenika se traži da u bilježnicu zapišu svoju pretpostavku.**

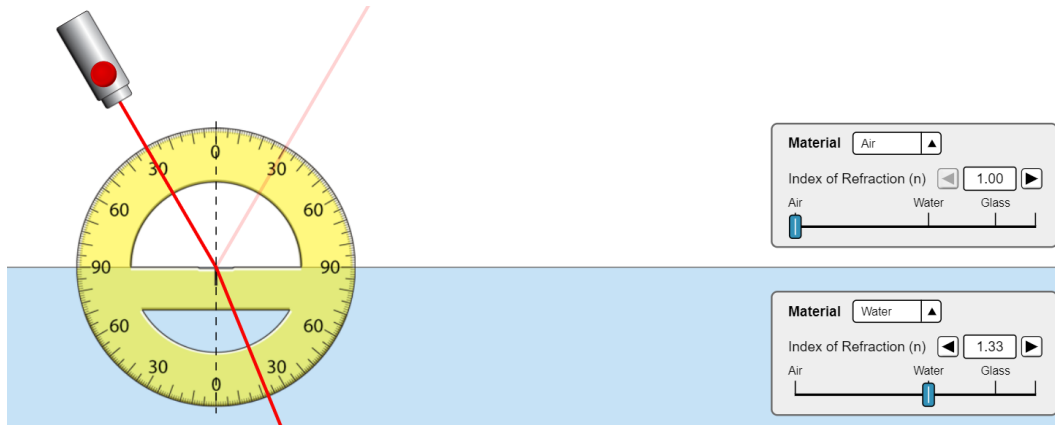
**Učenike se pita kojim pokusom bi to mogli istražiti.**

**Pribor:** Korištenje simulacije: [https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_all.html)

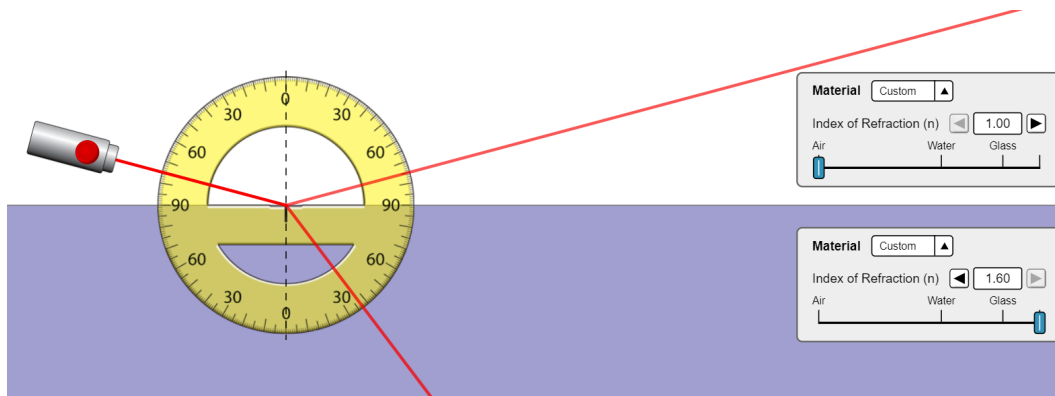
**Opis:** Za ispitivanje četvrtog istraživačkog pitanja koristimo se iznad navedenom simulacijom. Na simulaciji imamo nekoliko različitih sredstava te snop svjetlosti koji ćemo puštati na granicu dvaju sredstava. Promatrati ćemo kutove lomljenih zraka, zraka koje prolaze kroz drugo sredstvo te uzeti u obzir iznose indeksa loma.



**Napraviti ćemo nekoliko kombinacija i promatrati dobivene rezultate.**



Slika 6.41: Prikaz simulacije pri prijelazu zrake svjetlosti iz zraka u vodu



Slika 6.42: Prikaz simulacije pri prijelazu zrake svjetlosti iz zraka u vodu

**Tražimo od učenika da iznesu svoja opažanja.**

**Na ploči ćemo napraviti tablicu u koju ćemo unijeti sve dobivene podatke. Možete**

$n_1$	$n_2$	$\alpha$ [°]	$\beta$ [°]
1.00	1.10	75	62
1.00	1.24	75	51
1.00	1.40	75	44
1.00	1.60	75	36
1.33	1.60	40	33
1.10	1.45	40	30

Tablica 6.3: Dobiveni rezultati za 4.istraživačko pitanje

**li nešto reći o podacima koje smo dobili? Veći indeks loma daje manji kut i obrnuto. Navedemo učenike da pogledaju na simulaciji kutove koje smo promatrali. Zanima li nas kut ili nešto drugo vezano za kut? Zanima nas koliko smo se 'udaljili'**

od normale. **Kojom trigonometrijskom funkcijom to možemo dobiti?** Funkcijom sinus

**Na ploči ćemo u tablici dopisati dva stupca sa iznosima sinusa upadnog kuta i sinusa kuta loma.**

$n_1$	$n_2$	$\alpha[^\circ]$	$\beta[^\circ]$	$\sin\alpha$	$\sin\beta$
1.00	1.10	75	62	0.9659	0.8829
1.00	1.24	75	51	0.9659	0.7771
1.00	1.40	75	44	0.9659	0.6946
1.00	1.60	75	36	0.9659	0.5877
1.33	1.60	40	33	0.6427	0.5446
1.10	1.45	40	30	0.6427	0.5000

Tablica 6.4: Dobiveni rezultati za 4.istraživačko pitanje sa iznosima sinusa upadnog kuta i kuta loma

**Možemo li sada naći neku jednakost?** Umnožak indeksa loma 1 i sinusa kuta alfa jednak je umnošku indeksa loma 2 i sinusu kuta beta.

**Tražimo učenike da odgovore na istraživačko pitanje 4.**

Umnožak indeksa loma 1 i sinusa kuta alfa jednak je umnošku indeksa loma 2 i sinusu kuta beta.

**Tražimo ih da zapišu to kao jednadžbu.**

$$n_1 \sin\alpha = n_2 \sin\beta \quad (6.14)$$

**Ta jednadžba predstavlja Snellov zakon. Snellov zakon - umnožak indeksa loma sredstva iz kojeg svjetlost dolazi i sinusa upadnog kuta jednak je umnošku indeksa loma sredstva u koje svjetlost prolazi i sinusa kuta loma.**

**Istraživačko pitanje 5: Pri kojem kutu zraka svjetlosti neće preći u drugo sredstvo?**

**Od učenika se traži da u bilježnicu zapišu svoju pretpostavku.**

**Učenike se pita znači li to da ne postoji kut loma?** Postoji kut loma ali je 90 stupnjeva i zbog toga zraka svjetlosti ne pređe u drugo sredstvo.

**Učenike se pita kojim pokusom bi to mogli istražiti.**

**Pribor:** Korištenje simulacije: [https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_all.html)

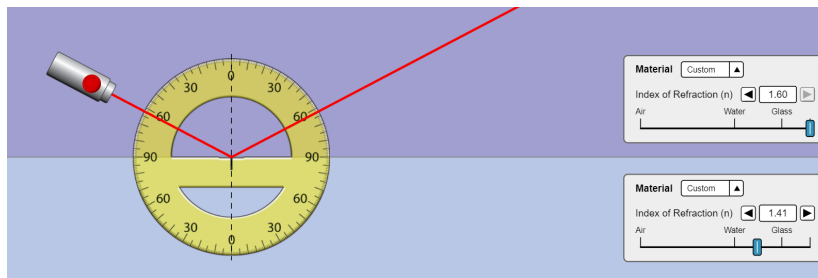
**Opis:** Za ispitivanje petog istraživačkog pitanja koristimo se iznad navedenom simu-



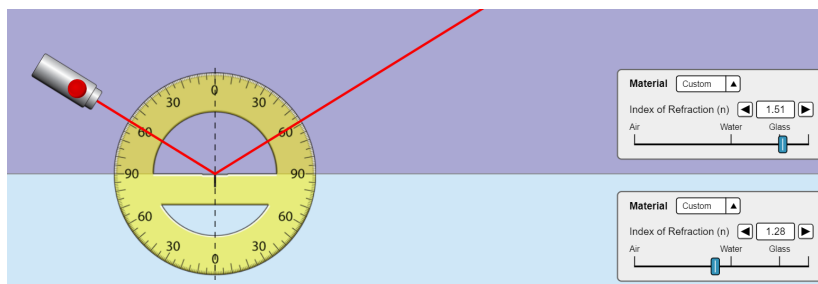
lacijom. Na simulaciji ćemo kombinirati razne upadne kutove kao i indekse loma sve dok ne dođemo do kuta loma od 90 stupnjeva.

**Od učenika se traže pretpostavke na koji način to možemo dobiti prije pokretanja pokusa.**

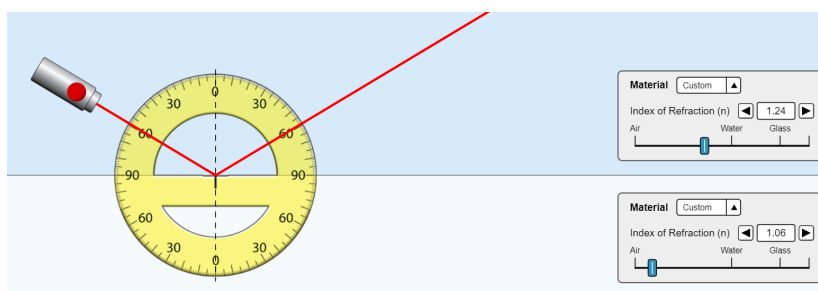
**Raditi ćemo razne kombinacije dok ne dobijemo traženo.**



Slika 6.43: Prikaz simulacije s kominacijom broj 1



Slika 6.44: Prikaz simulacije s kominacijom broj 2



Slika 6.45: Prikaz simulacije s kominacijom broj 3

**Tražimo od učenika da iznesu svoja opažanja.**

**Na ploču ćemo u tablici zapisati dobivene rezultate.**

**Možete li iz dobivenih rezultata povući neku jednakost? Sinus upadnog kuta je**

$n_1$	$n_2$	$\alpha[^\circ]$	$\sin\alpha$
1.60	1.41	62	0.882947
1.51	1.28	58	0.848048
1.24	1.06	60	0.866025

Tablica 6.5: Dobiveni rezultati za 5.istraživačko pitanje

jednak omjeru indeksa loma rjeđeg sredstva i indeksa loma gušćeg sredstva.

$$n_1 \sin\alpha = n_2 \sin\beta$$

$$n_1 \sin\alpha = n_2 \sin(90^\circ)$$

$$n_1 \sin\alpha = n_2 \cdot 1$$

$$\sin\alpha = \frac{n_2}{n_1} \quad (6.15)$$

**Što nam predstavlja upadni kut u ovom slučaju?** Upadni kut pri kojem ćemo dobiti da je kut loma 90 stupnjeva. **Taj kut se naziva granični kut. Što se zapravo dogodilo kada smo dobili kut loma 90 stupnjeva?** Dogodila se totalna refleksija. **Iz kojeg u koje sredstvo zraka svjetlosti mora prelaziti da bi dobili totalnu refleksiju?** Moramo prelaziti iz geometrijski gušćeg u rjeđe sredstvo.

**Jednakost ako točnije zapišemo izgleda ovako:**

$$\sin\alpha_g = \frac{n_2}{n_1} \quad (6.16)$$

**Tražimo učenike da odgovore na istraživačko pitanje 5.**

Ako prelazimo iz gušćeg u rjeđe sredstvo i zraka svjetlosti upada pod graničnim kutom dolazi do totalne refleksije tj. zraka svjetlosti neće preći u drugo sredstvo.

**Znate li možda gdje se u svakodnevnom životu primjenjuje totalna refleksija?**

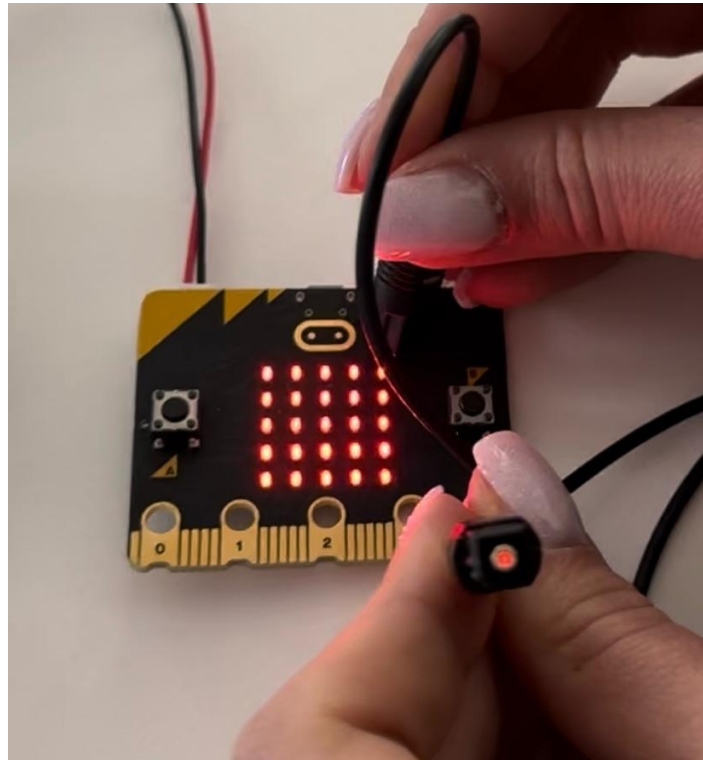
U medicini na pregledu zvana endoskopija i u optičkim kabelima u telekomunikaciji.

**Znate li kakvi signali se šalju prilikom komunikacije putem optičkih kabela, a kakvi prilikom komunikacije putem bakrenih žica?**

Kod optičkih kabela to su svjetlosni signali, dok su kod bakrenih žica električni signali. **Znate li zašto je komunikacija putem optičkih kabela bolja?** Upravo zbog

totalne refleksije, jer se manje podataka gubi, nego kada informacije putuju bakrenim žicama.

**Pokazati učenicima optički kabel i pokazati kako izgleda drugi kraj optičkog kabela kada prvi stavimo na neki izvor svjetlosti.**



Slika 6.46: Prikaz slobodnog kraja optičkog kabela koji prenosi svjetlosne signale

## <sup>8</sup> ZAVRŠNI DIO (45 MINUTA)

### Aplikacijski pokus – pokus sa optičkim kabelom:

**Uz pomoć optičkog kabela i micro:bita pokazati kako optički kabel prenosi svjetlosne signale**

**Pribor:** Inventor's Kit koji uključuje montažnu ploču, maketu, rubnu konektorsku ploču, fototranzistor, otpornik  $10k\Omega$  i trake u tri boje, zatim izolir traka, micr:obit, računalo, izvor svjetlosti (bljeskalica mobitela) i optički kabel

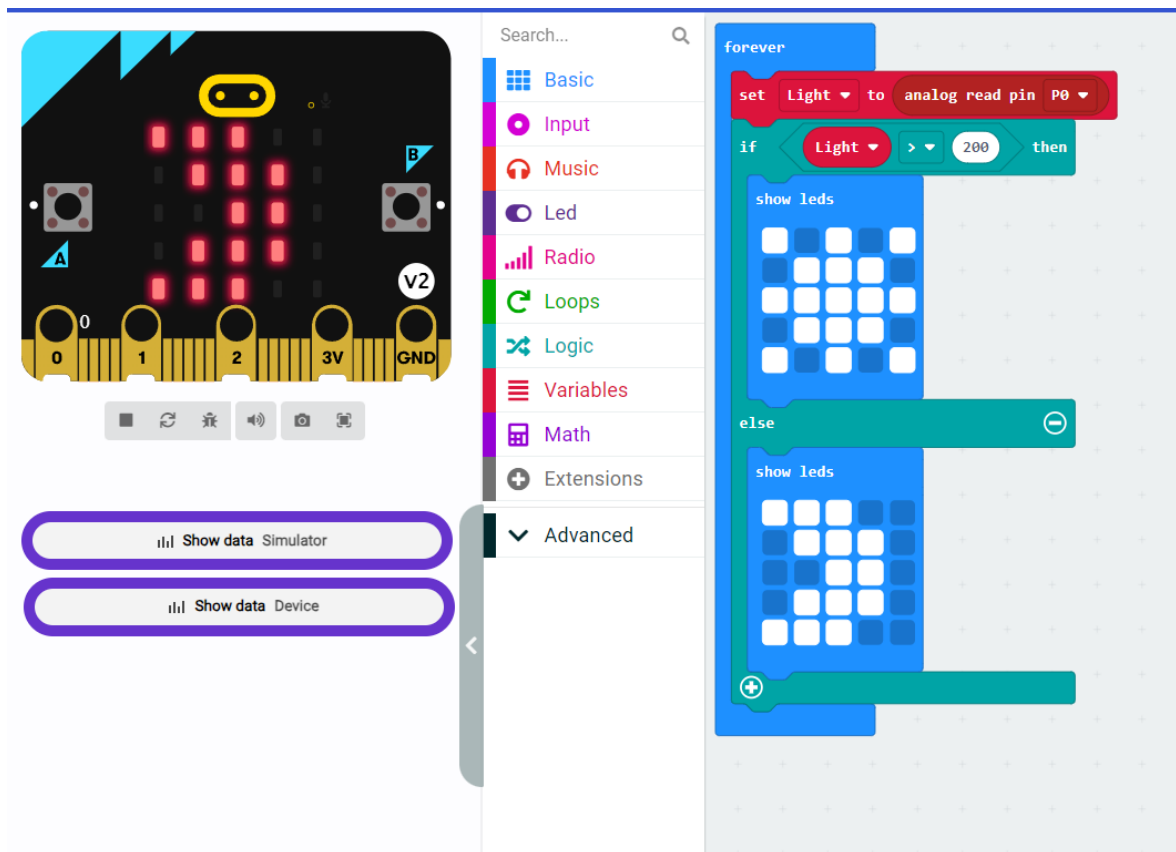
**Opis:** U ovom pokusu koristi se optički kabel za prijenos svjetlosnih signala od izvora svjetla do micro:bita. Kao izvor svjetla koristimo bljeskalicu na mobitelu. Jedan kraj optičkog kabela se stavlja na bljeskalicu blizu bljeskalice kako bi uhvatio svjetlosne signale. Drugi kraj kabela povezan je s vanjskim foto senzorom (ledicom) koji je dio micro:bit inventors kita. Micro:bit je programiran tako da interpretira prisutnost svje-

<sup>8</sup>Jakov Labor, Jasmina Zelenko Paduan, Fizika 3, Alfa, 2020, Zagreb

tlosnog signala: kada svjetlosni signal prolazi kroz kabel, micro:bit prikazuje simbol sunca na svom ekranu. Kada nema svjetlosnog signala, prikazuje simbol mjeseca. Ovaj pokus demonstrira kako se optički kabel može koristiti za prijenos i detekciju svjetlosnih signala u jednostavnim elektroničkim projektima.

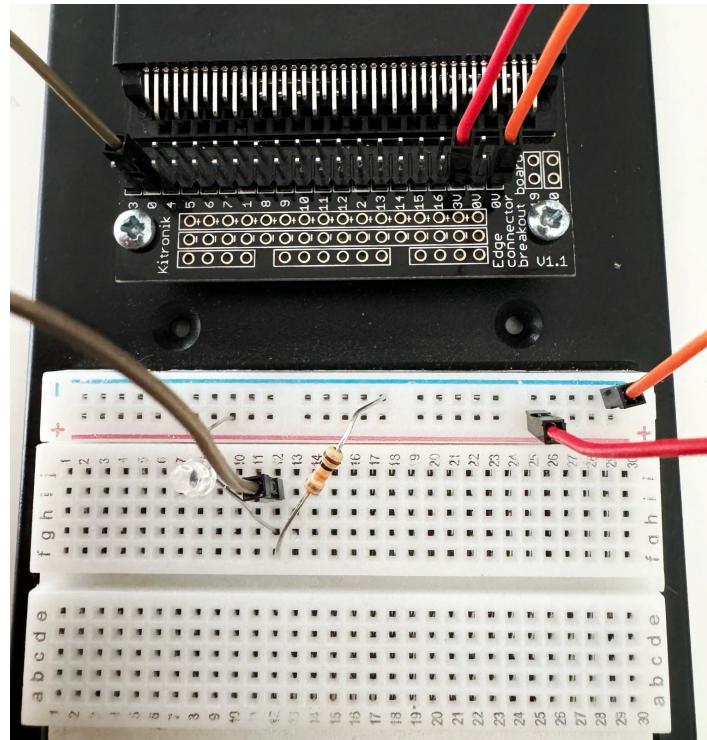
**Učenike podijeliti u grupe po 4 osobe te dati potreban pribor. Uz pomoć knjižice s uputama bi trebali moći izvesti cijeli pokus unutar 30 minuta. Učenici bi unutar grupe trebali podijeliti zaduženja, svatko radi određeni dio pokusa, a onda si međusobno objasniti. Profesor bi trebao prolaziti kroz grupe i pomagati ukoliko bude poteškoća.**

**Učenike ispitati kako su programirali micro:bit.**



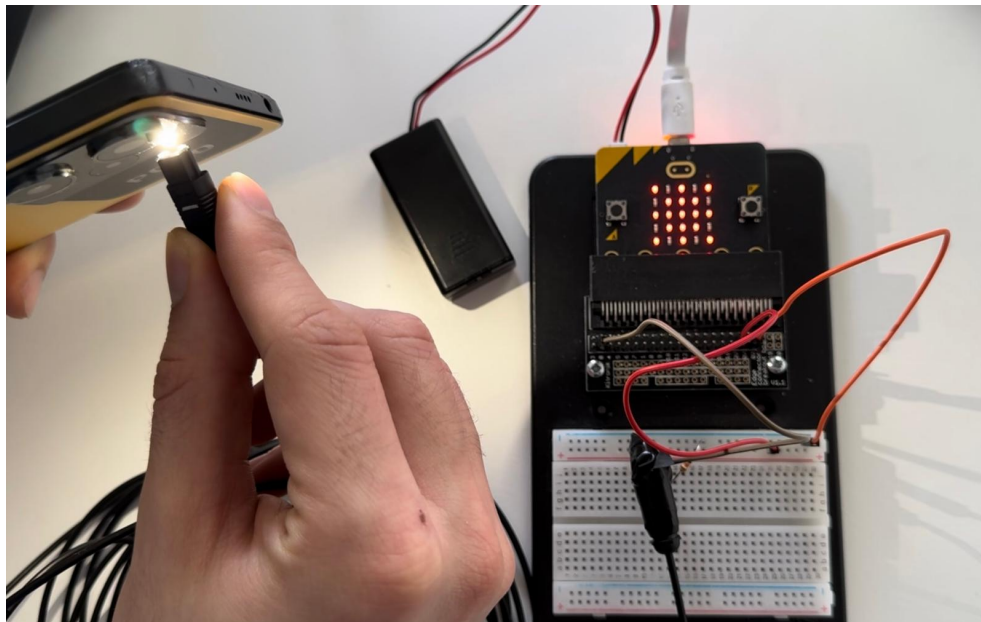
Slika 6.47: Korisničko sučelje Microsoft MakeCode Block editora s blokovima potrebnim za izradu navedenog pokusa

**Kako su spojili sve elemente na maketi i zašto baš tako?**

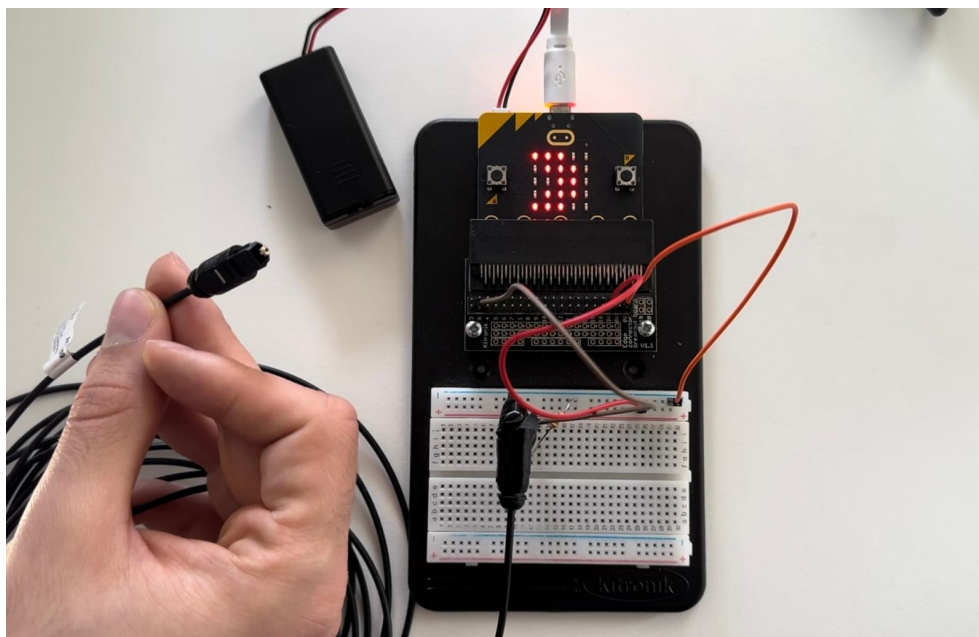


Slika 6.48: Eksperimentalni postav prije spajanja optičkog kabela

Što su dobili kao finalni rezultat pokusa i je li pokus bio uspješan?

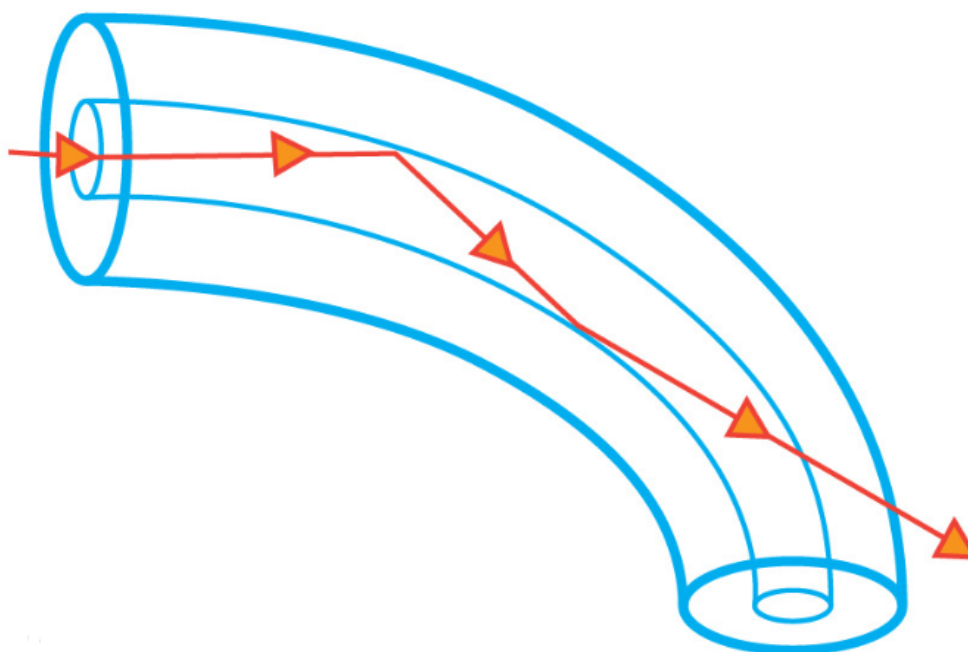


Slika 6.49: Finalni rezultat pokusa kada optički kabel prenosi svjetlosne signale



Slika 6.50: Finalni rezultat pokusa kada optički kabel ne prenosi svjetlosne signale

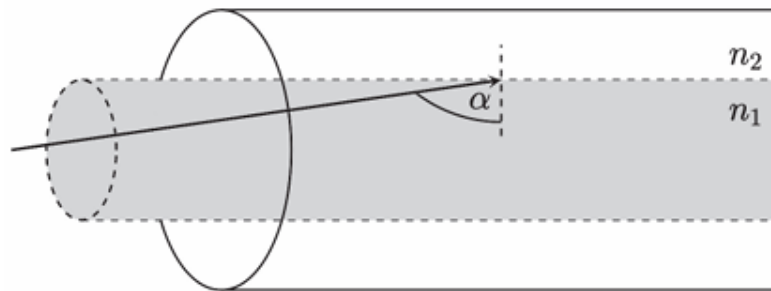
**Što se točno događa u optičkom kabelu? Tražiti od učenika da skiciraju u bilježnicu kako to izgleda iznutra.**



Slika 6.51: Unutrašnjost optičkog kabela kada svjetlosni signal putuje kroz njega

### Konceptualna pitanja (ako ostane vremena)

1. Svjetlovod je dugačka tanka nit koja se sastoji od dvaju slojeva materijala indeksa lomova  $n_1$  i  $n_2$  kao što je prikazano na slici. Strelica prikazuje zraku svjetlosti koja upada pod kutom  $\alpha$  na granicu dvaju slojeva.



Slika 6.52: Prikaz svjetlovoda koji se sastoji od dva sloja materijala različitih indeksa lomova

Koji od navedenih uvjeta mora biti ispunjen da bi upadna zraka svjetlosti putovala samo unutarnjim slojem svjetlovoda?

- a)  $n_1 < n_2$  i  $\sin\alpha \leq \frac{n_2}{n_1}$
- b)  $n_1 > n_2$  i  $\sin\alpha \geq \frac{n_2}{n_1}$
- c)  $n_1 > n_2$  i  $\sin\alpha \leq \frac{n_2}{n_1}$
- d)  $n_1 < n_2$  i  $\sin\alpha \geq \frac{n_2}{n_1}$

Točan odgovor je b)

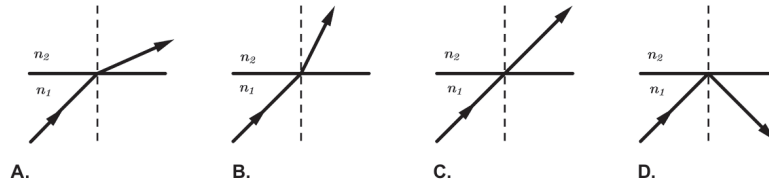
2. Koliko iznosi upadni kut zrake svjetlosti koja iz zraka upada na površinu vode ako se reflektirana zraka vrati u izvor? a)  $0^\circ$

- b)  $45^\circ$
- c)  $60^\circ$
- d)  $90^\circ$

Točan odgovor je a)

3. Na slici je prikazan prolazak svjetlosti iz optičkoga sredstva indeksa loma  $n_1$  u optičko sredstvo indeksa loma  $n_2$ . Koja od ponuđenih slika ispravno prikazuje prolazak svjetlosti ako je  $n_1 < n_2$ ? Točan odgovor je b)





Slika 6.53: Prikazi prolaska svjetlosti iz jednog u drugo optičko sredstvo

## PLAN PLOČE

### GEOMETRIJSKA OPTIKA

**Uvodni problem:** Jeste li se ikada zapitali što je sjena i što je polusjena?

**Istraživačko pitanje 1:** Što se događa ako u istom prostoru imamo više vrsta snopova svjetlosti?

1. zakon geometrijske optike: **Zakon neovisnosti svjetlosnih snopova**- Snopovi svjetlosti šire se neovisno jedan o drugome

**Istraživačko pitanje 2:** Što se događa sa svjetlosti kada naiđe na određenu površinu?

REDNI BR. IZMJEŃENJA	$\alpha [^\circ]$	$\beta [^\circ]$
1	45	45
2	20	20
3	40	40
4	50	50
5	70	70

2. zakon geometrijske optike: **Zakon refleksije (odbijanja) svjetlosti** - Kut koji upadna zraka zatvara s okomicom na sredstvo refleksije  $\alpha$  jednak je kutu koji reflektirana zraka zatvara s istom okomicom  $\beta$   
 $\alpha = \beta$

**Istraživačko pitanje 3:** Što se događa sa svjetlosti kada nailazi na granicu dvaju prozirnih sredstava?

**Istraživačko pitanje 4:** Ovisnost upadnog i kuta loma o indeksu loma.

$n_1$	$n_2$	$\alpha [^\circ]$	$\beta [^\circ]$	$\sin \alpha$	$\sin \beta$
1.00	1.40	75	62	0.9659	0.8828
1.00	1.24	75	51	0.9659	0.7771
1.00	1.40	75	46	0.9659	0.7196
1.00	1.00	75	86	0.9659	0.9974
1.33	1.00	40	33	0.6428	0.5446
1.40	1.45	40	30	0.6428	0.5

$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$

**Istraživačko pitanje 5:** Pri kojem kutu zraka svjetlosti neće preći u drugo sredstvo?

$n_1$	$n_2$	$\alpha [^\circ]$	$\sin \alpha$
1.60	1.40	62	0.8828
1.54	1.28	58	0.8480
1.24	1.00	60	0.8660

$\sin \alpha_g = n_2 / n_1$

Ako prelazimo iz gušćeg u rjeđe sredstvo i zraka svjetlosti upada pod граниčnim kutom dolazi do totalne refleksije tj. zraka svjetlosti neće preći u drugo sredstvo.

**3. zakon geometrijske optike: Zakon loma (refrakcije) svjetlosti**- kada svjetlost prelazi iz jednog medija u drugi, mijenja smjer zbog promjene brzine svjetlosti u različitim medijima. Količina promjene smjera ovisi o optičkoj gustoći medija, tj. o indeksu loma.  
 $n = c/v$

**Snellow zakon** - umnožak indeksa loma sredstva iz kojeg svjetlost dolazi i sinusa upadnog kuta jednak je umnošku indeksa loma sredstva u koje svjetlost prolazi i sinusa kuta loma.

Slika 6.54: Plan ploče



## 7 Zaključak

Ovaj diplomski rad pokazuje važnost i praktičnost geometrijske optike i optičkih kabela u suvremenom obrazovanju i svakodnevnom životu. Unatoč tome što je tema geometrijske optike često izborna u četverogodišnjim školskim programima, njena primjena u tehnologiji, posebno kroz komunikaciju putem optičkih kabela, ne može se zanemariti. Optički kabeli, temeljeći se na fenomenu totalne refleksije, omogućuju brzu i pouzdanu komunikaciju u raznim područjima poput medicine, sigurnosnih sustava, televizije, telekomunikacija i interneta.

U radu su detaljno objašnjeni osnovni principi geometrijske optike, kao i prednosti korištenja optičkih kabela u usporedbi s drugim načinima komunikacije. Posebna pažnja posvećena je integraciji ovih znanja u obrazovne programe, kroz interaktivne pokuse i praktične primjere koji mogu povećati razumijevanje i interes učenika za fiziku.

Integracija ovih tema u nastavu može motivirati učenike, pokazati im stvarnu primjenjivost onoga što uče i pomoći im da bolje razumiju tehnologije koje svakodnevno koriste. Time se ne samo obogaćuje njihov obrazovni proces, već im se pružaju i alati za bolje snalaženje u modernom svijetu.

U konačnici, cilj ovog rada je naglasiti važnost praktične primjene teorijskih znanja u nastavi fizike i pokazati kako znanost može imati neposredan utjecaj na naš svakodnevni život. Nadamo se da će ovaj rad poslužiti kao vrijedan resurs nastavnicima i inspiracija učenicima za dublje istraživanje svijeta fizike i tehnologije.

## Literatura

- [1] Cutnell J.D, Johnson K.W. : Physics 8th Edition, Wiley, 2009.
- [2] Ministarstvo znanosti i obrazovanja, Kurikulum nastavnog predmeta Fizika za osnovne škole i gimnazija, 2019.
- [3] Ministarstvo znanosti i obrazovanja - Međupredmetne teme, 2019.
- [4] Jakov Labor, Jasmina Zelenko Paduan , Fizika 3, Alfa, 2020, Zagreb
- [5] Hugh D. Young, Roger A. Freedman: University Physics (13th Edition), United States, 2011.
- [6] CARNet CERT u suradnji s LS and S, Sigurnost i svjetlovodi, Zagreb, 2007
- [7] ELECTRONICS—PROJECTS—FOCUS: Basic Elements of a Fiber Optic Communication System, Telangana, an.
- [8] Planinic, M., 2023. Skripta iz Metodike nastave fizike 1. Zagreb: an.