

# Suvremena nastava fizike: upravljanje na daljinu

---

**Car, Magdalena**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*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:217:936273>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-15**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO–MATEMATIČKI FAKULTET  
MATEMATIČKI ODSJEK

Magdalena Car

**SUVREMENA NASTAVA FIZIKE:  
UPRAVLJANJE NA DALJINU**

Diplomski rad

Voditelj rada:  
doc. dr. sc. Dalibor Paar

Zagreb, rujan, 2023.

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

1. \_\_\_\_\_, predsjednik
2. \_\_\_\_\_, član
3. \_\_\_\_\_, član

Povjerenstvo je rad ocijenilo ocjenom \_\_\_\_\_.

Potpisi članova povjerenstva:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

*Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Daliboru Paaru na uloženom vremenu, strpljenju  
i stručnom vodstvu tijekom izrade diplomskog rada.*

*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 Dominiku koji me poticao da sanjam velike snove i vjerovao u mene više nego  
što sam nekada sama vjerovala.*

*Najveća hvala dragom Bogu koji mi je darovao talente i davao mi neiscrpnu snagu koja  
me dovela do ovog trenutka.*

# Sadržaj

Sadržaj	iv
1 Uvod	1
2 Teleautomaton - prvi robot na daljinsko upravljanje	3
3 Koncept valova	7
4 Elektromagnetski valovi	38
5 Daljinsko upravljanje	41
6 Zaključak	50
Bibliografija	52
Popis slika	55
Sažetak	56
Summary	57

# Poglavlje 1

## Uvod

Suvremena nastava fizike obuhvaća pristupe poučavanju fizike koji se temelje na modernim spoznajama. Ova vrsta nastave naglašava interaktivnost, suradnju i samostalnost učenika te potiče razvoj kritičkoga mišljenja i sposobnosti rješavanja problema. U suvremenoj nastavi fizike koriste se različiti oblici nastave, poput grupnog rada, laboratorijskih eksperimenata, projekata, istraživačkih aktivnosti i upotrebe tehnologije. Osim toga, suvremena nastava fizike obuhvaća i promicanje interdisciplinarnog pristupa te primjenu fizike u svakodnevnom životu. Nastava je prilagođena individualnim potrebama i interesima učenika, a nastavni planovi i programi obuhvaćaju aktualna pitanja iz područja fizike koje učenici imaju prilike susresti u svakodnevnom životu. Cilj suvremene nastave fizike je omogućiti učenicima stjecanje dubljeg razumijevanja fizike i njezine primjene u svijetu koji ih okružuje. Pri tome je ključna uloga pokusa u nastavi. Izvodeći pokuse učenici doživljavaju praktično iskustvo fenomena koji se proučava, pokusi imaju motivacijsku vrijednost, stječu se praktične vještine poput opažanja i upotrebe alata i instrumenta, omogućavaju uvid u apstraktne pojmove, ruše miskonceptije te promoviraju metode znanstvenog istraživanja (Euler, 2004).

Upravljanje na daljinu (daljinsko upravljanje) je tehnologija koja omogućuje upravljanje uređajem na daljinu, bez fizičkog kontakta s uređajem. To se postiže putem daljinskog upravljača koji emitira signale (naredbe) putem elektromagnetskih valova (radio valova, mikrovalova, infracrvenih valova ili vidljive svjetlosti), koji se zatim primaju i obrađuju od strane uređaja kojim se upravlja. Zahvaljujući svojstvima elektromagnetskih valova, daljina na kojoj se mogu upravljati nije strogo određena, može se kretati od nekoliko centimetra pa do dimenzija svemira. Ova tehnologija se često koristi u svakodnevnom životu za upravljanje televizorima, klima uređajima, audio sustavima, igračkama i drugim elektroničkim uređajima koji su opremljeni daljinskim upravljačem. Nove tehnologije poput in-

terneta proširuju mogućnost daljinskog upravljanja na sve sfere života. Jednostavan sustav daljinskog upravljanja sastoji se od upravljačkoga elementa, odašiljača, prijenosne veze, prijammika i izvršnog elementa.

## Poglavlje 2

# Teleautomaton - prvi robot na daljinsko upravljanje

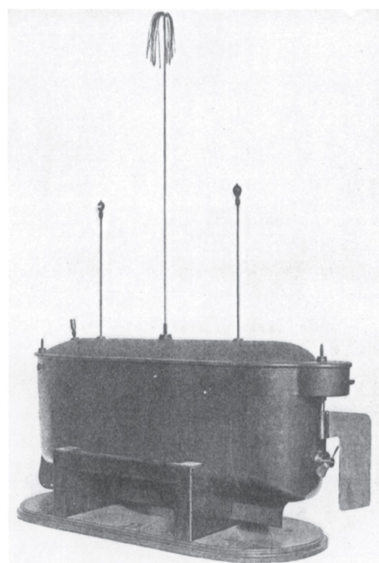
Tesla je rekao: "Svijet se kreće polako, a nove istine je teško vidjeti." <sup>1</sup> . To je bio njegov odgovor na zaprepastenu nevjericu publike koja je promatrala predstavljanje njegovog Teleautomatona - prvog uređaja na daljinsko upravljanje. Već spomenute 1898. godine u njujorškom *Madison Square Gardenu* na prvoj izložbi elektrotehnike Tesla je koristeći malu kontrolnu kutiju s radio odašiljačem uspio manevrirati malenim brodom u bazenu s vodom. Ono što je iznenadilo publiku u Madison Square Gardenu i natjeralo ih da pomisle da je unutar broda dresirani majmun koji je odgovoran za manevre izvedene s čamcem, jest upravo pokretanje uređaja bez fizičkog kontakta. Daljinsko upravljanje do tada nije bilo poznato, a Tesla ga je u svom patentu <sup>2</sup> opisao na sljedeći način: unutar upravljačke kutije nalaze se dva (ili više) odašiljača različitih frekvencija, koji, kada oba istovremeno rade, uzrokuju da prijemnik koji se nalazi na uređaju kojim daljinski upravljamo reagira samo kada su oba signala primljena. Prijemnik se sastoji od dva ili više strujna kruga, od kojih je svaki podešen na odaziv signala točno određene frekvencije te je tako postignuto da je radnja prijemnika ovisna o rezultatnoj frekvenciji s odašiljača. Taj je prijemnik kasnije prepoznat kao prvi 'AND' sklop, osnova svih današnjih digitalnih uređaja, što dodatno pridodaje značaju Teslinog izuma.

---

<sup>1</sup>Turi, J. Tesla's toy boat: A drone before its time, 2014.

<sup>2</sup>Patent US613809, 1898.





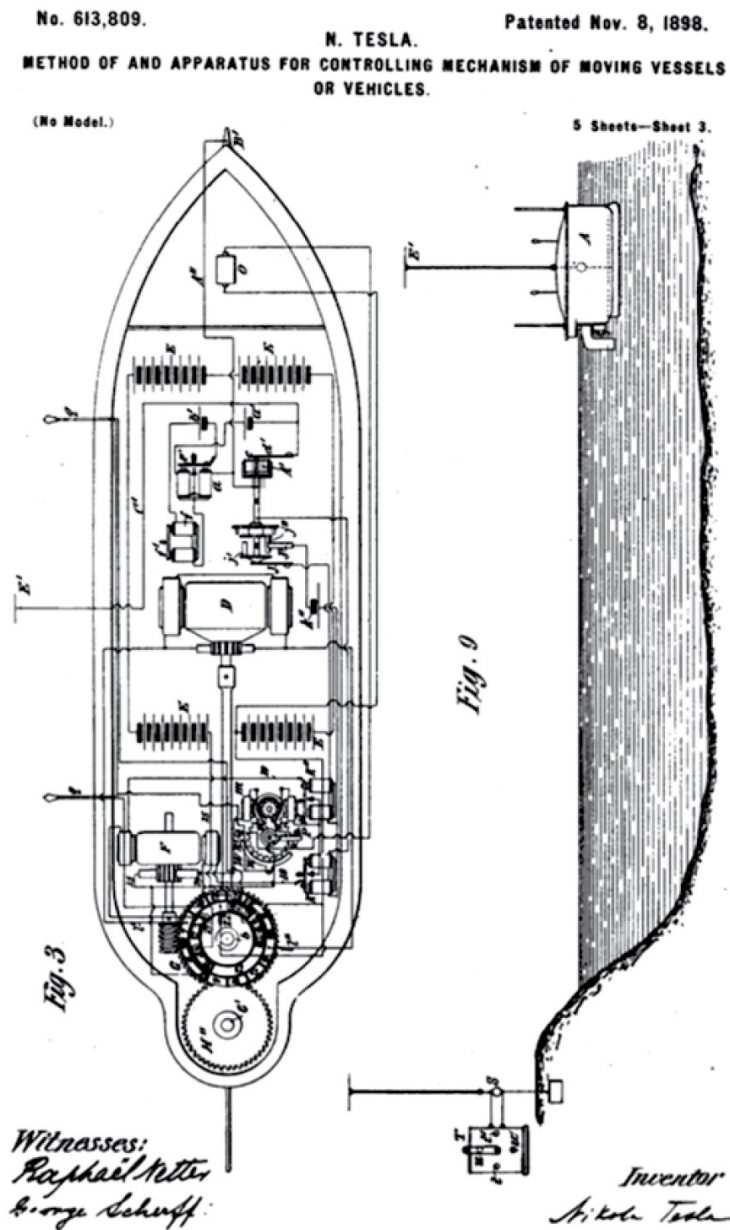
Slika 2.1: Teslin daljinski kontroliran robotski čamac iz 1898. godine

(Tesla, 1898.)

Na palubi čamca bile su antene za primanje signala (prijemnici), ona najviša nalazila se na sredini čamca, a preostale dvije na vrhu su imale malene žaruljice čije je paljenje i gašenje također bilo daljinski upravljano. Unutar trupa čamca nalazio se elektromotor koji je bio odgovoran za pokretanje propelera i kormila, akumulator (baterija) i mehanizam za primanje radio signala koje je emitirala upravljačka kutija.

Najvažniji dio Teslinog plovila na daljinsko upravljanje odgovoran za kretanje je kormilo. Složena unutrašnjost plovila koja se između ostalog sastoji i od bubnja s četkicama koji prima signale pomoću kojih se kormilo može okretati u dva različita smjera. Okretanjem kormila u smjeru kazaljke na satu, strujanje vode stvara moment sile i okreće brod u jednu stranu. Ako se kormilo okreće u smjeru suprotnom od kazaljke na satu, strujanje vode stvara moment sile u suprotnom smjeru i time okreće brod u drugu stranu.

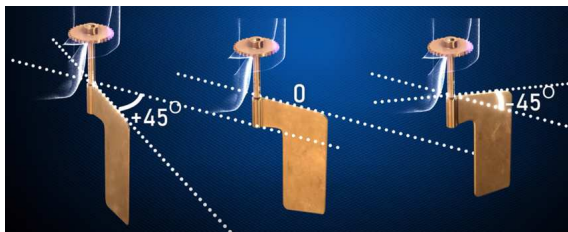
Tesla je na svom *Teleautomatonu* imao mogućnost za namještanje tri različita kuta kormila, to su  $0^\circ$ ,  $+45^\circ$  te  $-45^\circ$ . Kut od  $0^\circ$  je osnovni položaj kormila koji nije otklonjen niti u jednu stranu. Položaj  $+45^\circ$  je položaj koji nastaje rotacijom kormila iz početnog položaja za  $45^\circ$  u smjeru kazaljke na satu, a položaj od  $-45^\circ$  je položaj nastao rotacijom kormila iz početnog položaja za  $45^\circ$  u smjeru suprotnom od kazaljke na satu. Na slici 2.3 su prikazana tri navedena položaja kormila.



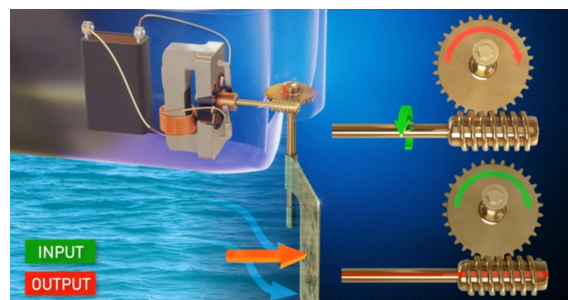
Slika 2.2: Patent Nikole Tesle iz 1898. godine

(Patent US613809, 1898.)

Vezano uz okretanje kormila, Tesla je patentirao mehanizam koji je i dan da-



Slika 2.3: Tri položaja kormila



Slika 2.4: Mehanizam pužnog prijenosa

nas u širokoj primjeni, a to je pužni prijenos prikazan na slici 2.4. Sastoji se od vijčanika s osima koje se mimoilaze najčešće pod kutom od  $90^\circ$ . Pogonski dio prijenosnika je puž ili pužni vijak, a gonjeni dio je pužno kolo. Kada je motor u pogonu, on zakreće pužni vijak i ono okreće pužno kolo na kojem se nalazi kormilo. No međutim, kada motor ne radi, sile strujanja vode ne mogu djelovati na kormilo koje bi zakrenulo pužno kolo, a zatim i pužni vijak jer taj smjer prijenosa nije moguć.

Sve do sada opisano dio je realizacije Tesline ideje da će ljudi bez žičane veze između upravljačke kutije i fizički udaljenog uređaja, mijenjati brzinu i smjer svog uređaja, pa čak i kontrolirati pokretne dijelove ili paliti i gasiti svjetlosne komponente tog uređaja.

## Poglavlje 3

# Koncept valova

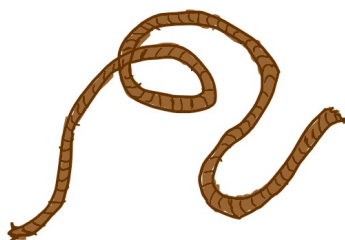
### Koncept energije

Prije dubljeg zadiranja u koncepta valova, prisjetimo se jednog od temeljnih konceptata u fizici, a to je energija. Definirati energiju na razini osnovne škole nije lako jer je energija matematički definirana pomoću drugih fizikalnih varijabli, a time apstraktan pojam. Učenicima najintuitivnija definicija uključivala bi razumijevanje energije kao mjere sposobnosti tijela da potakne neke procese i dovede do promjene stanja drugih tijela kao što su stanje gibanja, oblik, temperaturu, sastav, građu i slično. (Planinić M., 2023.) Učenicima najintuitivnija eksperimentalna potvrda ove definicije su tijela u gibanju. Vrlo je lako zamisliti tijelo koje se giba i koje sudaranjem s drugim tijelom može pokrenuti to tijelo na gibanje, deformirati ga i slično. Uz osnovnu definiciju valja naglasiti da tijela imaju energiju i dok ne izazivaju nikakve promjene drugim tijelima. (Planinić M., 2023.)

Zakon očuvanja energije može se izraziti na način da se istakne da se energija se ne može stvoriti niti uništiti nego samo pretvoriti iz jednog oblika u drugi ili prenositi s jednog tijela na drugo. U osnovnoj školi učenici kroz kvalitativan pristup uočavaju između kojih se oblika mijenja energija. Pri tome se često energija prenosi prostorom. Jedan od važnih mehanizama prijenosa energije u prirodi su upravo valovi. Zato se potrebno upoznati s osnovnim konceptima valova. Pri tome je dobro krenuti od mehaničkih valova, a onda opća svojstva valova primijeniti kod elektromagnetskih valova.

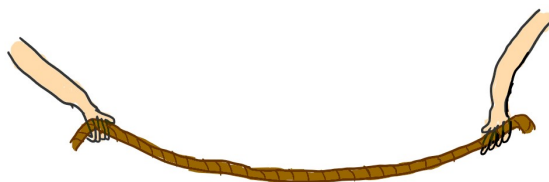
**Pokus. Širenje valova na užetu**

Pribor: uže dugo 2-3 m



Slika 3.1: Pribor (uže)

Eksperimentalni postav i opis: dva učenika stoje udaljeni jedan od drugoga za duljinu užeta i drže njegove krajeve. Jedan učenik (učenik A) ima povez na očima ili je leđima okrenut drugom učeniku i mirno stoji, dok drugi (učenik B) u nekom trenutku zatitra uže. Hoće li učenik A znati kada je učenik B zatitrao uže?



Slika 3.2: Opušteno uže



Slika 3.3: Mehanički val se širi užem

Konceptualna pitanja i razredna diskusija:

- Kakvo je vaše predviđanje ishoda ovog pokusa, što misle hoće li učenik A prepoznati kada učenik B zatitra uže?

Učenicima je intuitivno jasno da hoće. Iako ne vidi što se događa, osjetit će da se uže u njegovoj ruci u nekom trenutku pomaknulo. Užetom je do učenika B doputovala energija koju je on osjetio kao pomak užeta. Tu energiju užetu je predao učenik A.

Ako ima mogućnosti i više užeta, svi učenici mogu izvesti ovaj pokus. Nakon toga svi bilježe opažanja uz skicu pokusa.

- Zašto učenik A osjeti da se njegov kraj užeta pomakne ako je učenik B zatitrao svoj kraj užeta?

Ukoliko samostalno ne dođu do odgovora, možemo povući analogiju sa domino pločicama. Domino pločice su lako nabavljive pa nije loše da ih imamo u razredu i odmah izvedemo pokus kada diskutiramo o tome. Možemo prethodno pitati učenike imaju li domino kockice kod kuće, pa da ih donesu na sat fizike. Kada se sruši jedna domino pločica, pokreće se lančani efekt u kojem svaka pločica sruši sljedeću pločicu i tako nakon nekog vremena sve pločice budu srušene. U ovom pokusu djelovanjem na prvu pločicu (prijenosom energije na nju) izazovemo njeno rušenje. Daljnjim rušenjem energija se prenosi na ostale pločice. Tako je i na primjeru užeta. Kada se jedan kraj užeta zatitra, zapravo smo tom mirnom užetu dali određenu energiju, koja se nastavlja prenositi tim užetom.

- Koju smo vrstu energije dali užetu kada smo ga zatitrali? *Kinetičku energiju.*

Možemo diskutirati i o gravitacijskoj potencijalnoj energiji koju smo dali užetu time što smo jedan njegov kraj podigli na neku visinu kako bismo ga zatitrali. Koju god vrstu energije je uže dobilo, ta energija se ne zaustavlja samo na mjestu gdje je prvi kraj zatitrao, već putuje kroz uže i prenosi poremećaj od jednog do drugog njegovog kraja. Svaki dio užeta počne se pomicati energijom koju je prenio prethodni dio užeta. Dakle, kad zatitrate jedan kraj užeta, energija ruke se kroz uže širi (titranjem). Takav prijenos energije naziva se val.

- Koja svojstva vala možete opaziti. Opažate li sličnosti između vala na užetu i vala na vodi?

Ako eksperimentiraju s različitim brzinama titranja, učenici će možda uočiti da brže titranje stvara kraće valove (veću frekvenciju), dok sporije titranje stvara dulje valove (manju frekvenciju). Uočimo da je u tome razlika između prijenosa energije domino pločicama i užetom. Kod užeta, mi načinom titranja možemo utjecati na prijenos energije, odnosno na val kojime se ona prenosi.

- Osjeti li učenik B titranje u istom trenutku kada učenik A počne titrati?

Ovo je važno pitanje koje učenici možda u prvom trenutku ne zamijete. No izvedemo li pokus tako da učenici promatraju kako učenik A zatitra, a učenik B nešto uzvikne kada osjeti val, učiti će vremensku razliku. Zašto je to tako? U pokusu možemo primijeniti da val putuje od učenika A do učenika B. Val očito ima neku brzinu. Dakle energija se valom prenosi određenom brzinom.

- O čemu bi mogla ovisiti ta brzina?

U ovom pokusu dobro je razjasniti i koncept titranja.

- Što znači kada titramo brže ili sporije. Kada dajemo veću energiju užetu?

Kada brže titramo ruka nam se brže umara što znači da trošimo više energije, dakle dajemo više energije užetu. Svaki učenik može isprobati titrati od vrlo sporog do najbržeg što može.

Učitelj proziva jednog učenika da svojim riječima kaže koji bismo zaključak mogli izvesti iz ovog pokusa. Nakon što se zajedničkom diskusijom cijelog razreda s učiteljem dođe do formalnog zaključka, učitelj ga sporo diktira kako bi ga svi učenici zapisali u bilježnice.

Zaključak: ovaj pokus pomaže učenicima razumjeti kako se mehanički valovi šire i prenose kroz materijal poput užeta. Također, omogućuje im da primijene osnovne koncepte valova i vibracija na stvarne primjere i da bolje razumiju kako se energija prenosi valom kroz različite medije.

### **Valovi na vodi - nastavne pripreme**

Slijede primjeri nastavnih priprema za sate u kojima se s učenicima detaljnije razrađuju valovi na vodi, njihova svojstva i karakteristične pojave vezane uz njih.

## Nastavna priprema iz fizike (8. razred)

Nastavna jedinica: **Valovi na vodi**

Predviđeni broj sati: 1

Predmetni ishodi (osnovna škola):

- FIZ OŠ D.7.6. Povezuje rad s energijom tijela i analizira pretvorbe energije.
- FIZ OŠ C.8.7. Povezuje pojavu titranja i prijenos energije valom.
- FIZ OŠ A.8.10. Istražuje fizičke pojave.

Predmetni ishodi (srednja škola):

- FIZ SŠ C.3.5. Objašnjava nastanak vala i analizira valna svojstva.

Ishodi iz kurikulumata nastave fizike za srednje škole navedeni su zbog direktnog nadovezivanja na ishode iz osnovne škole.

Nastavne metode:

- metoda dijaloga
- metoda eksperimenta
- metoda demonstracije

Oblici rada:

- diferencirana nastava u obliku rada u skupinama i individualnog rada
- frontalna nastava

Nastavna pomagala i sredstva:

- posuda s vodom (alternativno za izvođenje terenske nastave: jezero ili mirni tok rijeke), kamen, ravnalo, mobitel
- nastavni listić za svakog učenika

### TIJEK NASTAVNOG SATA

1) Uvodni dio (uvodni problem, opservacijski pokus/i, opis nove pojave ili koncepta, naziv)

Sat započinjemo kratkom diskusijom s učenicima.

- Jeste li nekada bili na moru, jezeru ili rijeci?
- Jeste li nekada pokušali baciti kamenčić u vodu?

Očekujemo da će većina učenika odgovoriti potvrdno.

- Što se zbiva s kamenčićem kada ga bacite u vodu? *Kamenčić u trenutku kada dotakne vodu uzburka vodu, to vidimo kao stvaranje valova na površini vode oko mjesta gdje je kamenčić pao u vodu.*



Upravo valovi koje ste spomenuli, biti će naša današnja tema.

Učitelj učenicima dijeli nastavni listić sa naslovom „Valovi na vodi“ (Nastavni listić 1) koji će postepeno ispunjavati.

### **Pokus 1. Kružni valovi na vodi**

Pribor: kamen, posuda s vodom (alternativno u slučaju terenske nastave: jezero ili mirni tok rijeke).



*Slika 1. Pribor (kamen, posuda s vodom)*

Eksperimentalni postav i mjerenje: bacimo kamen u vodu i promatramo što se događa

#### Diskusija:

Prije izvođenja pokusa, učenike upoznamo s priborom kojeg ćemo koristiti, a oni ga zapisuju u za to predviđeno mjesto na nastavnom listiću.

- Na temelju iskustva pretpostave što će se dogoditi kada bacimo kamen u vodu?

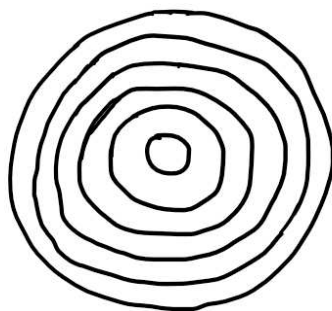
Učenici zapisuju svoje pretpostavke u za to predviđeno mjesto na nastavnom listiću.

Jedan učenik uzme kamen i baci ga u vodu.



*Slika 2. Bacanje kamena i stvaranje kružnog vala na vodi (snimljeno na rijeci Dobri)*

Ostali učenici promatraju što se događa, zapisuju svoja opažanja te skiciraju pokus u za to predviđen okvir na nastavnom listiću.



Slika 3. Primjer učeničke skice pokusa

Uočili ste da kamen stvara valove na površini vode kada s njom dođe u kontakt.

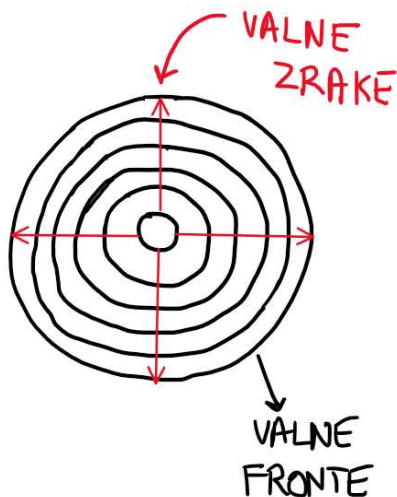
- Kako se ti valovi ponašaju? Miruju li ili putuju u prostoru? *Valovi se šire od mjesta na kojem je pao kamen.*
- Koje su oblika valovi i u kojem se smjeru šire? *Valovi su kružnog oblika, a šire se u krug u obliku koncentričnih kružnica od mjesta gdje je kamen pao u vodu.*

Učitelj upućuje učenike da se takvi valovi nazivaju kružni valovi na vodi i da njihov smjer širenja prikazujemo valnom zrakom.

Učenici sada zapisuju naslov pokusa „Kružni valovi na vodi“ u za to predviđeno mjesto na nastavnom listiću.

Učitelj na ploči, a svaki učenik na svoj nastavni listić, crta valnu zraku na skici pokusa.

Pravac koji pokazuje smjer u kojem se val širi dakle nazivamo **valna zraka**, a kružnice koje se stvaraju na površini vode i koje ste nacrtali na svoje radne listiće nazivaju se **valne fronte**.



Slika 4. Valne zrake i valne fronte

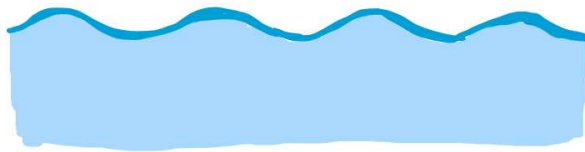
Valne fronte su ujedno brjegovi vala, a dolovi se nalaze točno na sredini dvije valne fronte tj. dva brijega.

## 2) Središnji dio (istraživačko pitanje, istraživački pokus/i, matematički opis)

Zamislimo sada da možemo zamrznuti ovaj val u vremenu i da smo ga u mogućnosti „prerezati“ i promotriti njegov poprečni presjek.



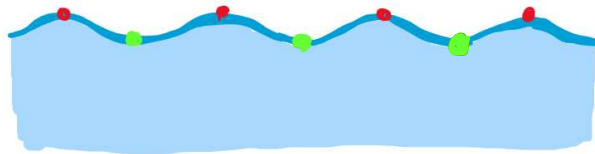
Slika 5. Zamršljena linija po kojoj bismo prerezali val



Slika 6. Poprečni presjek vala

- Podsjeća li vas ovaj presjek vala na nešto što ste već vidjeli? *Da, tako su izgledali valovi na užetu.*

Učitelj upućuje učenike da najviše točke na valu označe crvenom točkom, a one najniže zelenom.



Slika 7. Brjegov i dolovi vala

- Kako se nazivaju crveno označene točke na valu, a kako zeleno označene točke? *Crveno označene točke nazivamo brjegov vala, a zeleno označene dolovi vala.*
- Kako se naziva udaljenost između dva susjedna brjega ili dva susjedna dola nekog vala? *Valna duljina.*
- Biste li znali odrediti valnu duljinu kružnog vala na vodi? *Da, trebali bismo izmjeriti udaljenost između dva susjedna brjega ili dva susjedna dola tog vala.*
- Kako bismo mogli izmjeriti tu udaljenost? *Potrebno nam je ravnalo.*
- Što bismo točno mjerili ravnalom? *Mjerali bismo udaljenost dva susjedna brjega.*

Tako je, potrebno nam je ravnalo, ali i mirni val, a ne val koji se širi u prostoru.

- Kako bismo to mogli postići? *Mogli bismo fotografirati val nastao na vodi.*
- Gdje ćemo smjestiti ravnalo/metar? *Pokraj vala.*

Učitelj izvodi pokus, dok jedan učenik fotografira pojavu. Ostali učenici skiciraju pokus i bilježe opažanja.



Slika 8. Mjerenje valne duljine kružnog vala na vodi

Ukoliko se očitavanje ne može izvršiti odmah, učitelj može za sljedeći sat koji se izvodi u učionici isprintati ovu fotografiju na kojoj će učenici kemijskom olovkom i ravnalom označiti udaljenost dva susjedna brijega i usporediti tu udaljenost sa skalom na metru i tako očitati valnu duljinu vala. Na slici iznad možemo uočiti istaknute dužine koje učenici trebaju nacrtati.

Učenici usporedbom skale na metru uočavaju da valna duljina ovog vala iznosi 7.5 cm.

- Što mislite, jesu li svi valovi na vodi kružnog oblika? Jeste li nekada vidjeli valove na vodi koji nisu kružni? *Učenici mogu odgovoriti da im se veliki valovi na moru nekad čine kao ravni valovi, pa prema tome zaključuju da valovi na vodi mogu biti i ravni.*

## Pokus 2. Ravni valovi na vodi

Pribor: posuda s vodom, voda, ravnalo



Slika 9. Pribor (ravnalo i posuda s vodom)

### Eksperimentalni postav i mjerenje:

Posudu napunimo vodom otprilike do pola visine bočne stijenke posude. Ravnalo polako prislonimo površini vode i promatramo što se događa.

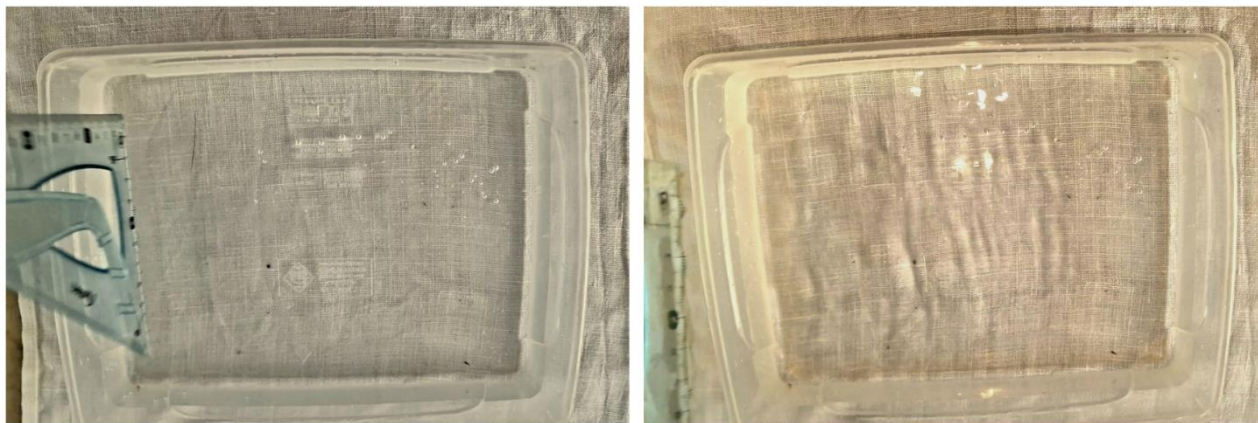
### Konceptualna pitanja i razredna diskusija:

Prije izvođenja pokusa, učenike upoznamo s priborom kojeg ćemo koristiti, a oni ga zapisuju u za to predviđeno mjesto na nastavnom listiću.

- Kako bismo pomoću ravnala mogli napraviti val na vodi u posudi? Možemo ravnalom dotaknuti površinu vode.

Učitelj upućuje učenike da zapišu svoje pretpostavke o tome kako će izgledati val kojeg stvara ravnalo koje dotiče vodu u za to predviđen dio na nastavnom listiću.

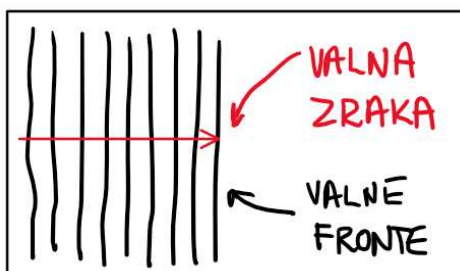
Učitelj zamoli jednog učenika da pristupi njegovom stolu i pokuša proizvesti val na vodi koristeći ravnalo, dok ostali učenici promatraju što se događa i skiciraju ono što vide.



Slika 10. Trenutak prije i nakon uranjanja ravnala u vodu

- Što ste primijetili da se dogodilo na vodi? *Stvorili su se valovi.*
- Šire li se ti valovi ili miruju? *Valovi se šire.*
- U kojem smjeru se valovi šire? Možete li otkriti u kojem smjeru se pruža valna zraka? *Valovi se šire od mjesta gdje smo ravnalom dotaknuli vodu.*

Učitelj zamoli jednog učenika da dođe na ploču i na skici pokusa nacрта valnu zraku.



Slika 11. Skica širenja ravnog vala

- Kojeg su oblika ovi valovi, a kakvog valna zraka? *Ovi valovi su ravni, a valna zraka okomita je na valne fronte ovog vala.*

Učenici sada zapisuju naslov pokusa „Ravni valovi na vodi“ u za to predviđeno mjesto na nastavnom listiću.

- Kakav izgled imaju ravni valovi na vodi? Razlikuje li se njihov poprečni presjek od poprečnog presjeka kružnih valova? *Ne, ponovno imamo brjegove i dolove i opet imamo isti izgled vala kao kod kružnih valova na vodi i kod valova na užetu.*

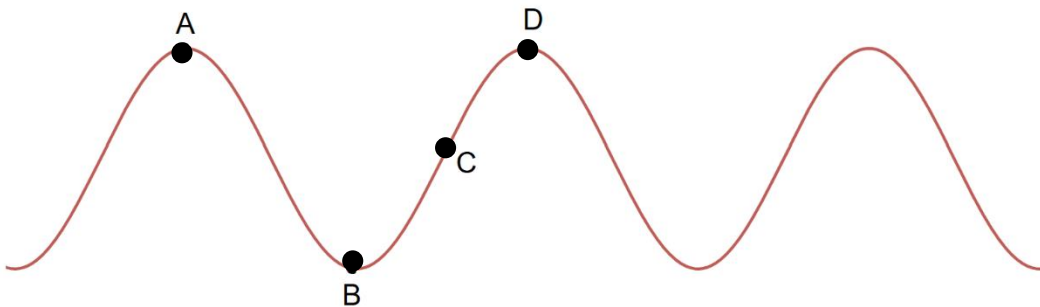
Učitelj proziva jednog učenika da svojim riječima kaže koji bismo zaključak mogli izvesti iz ovog pokusa. Nakon što se zajedničkom diskusijom cijelog razreda s učiteljem dode do formalnog zaključka, učitelj ga sporo diktira kako bi ga svi učenici zapisali u bilježnice.

**Zaključak:** na temelju ova dva provedena pokusa zaključujemo da valovi na vodi mogu biti kružni ili ravni. To ovisi o tijelu koje je izvor vala, na primjer kamen koji bacimo u vodu stvara kružne valove, dok ravnalo koje titramo u vodi stvara ravne valove.

### 3) Završni dio (konceptualna pitanja i/ili eventualni aplikacijski pokus i/ili zadaci)

Nakon provedenih pokusa, slijede zadaci na kojima će učenici primijeniti naučeno.

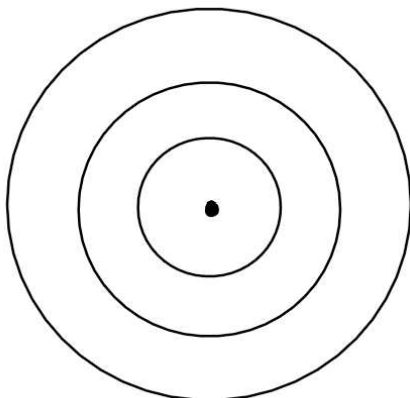
1. Udaljenost između kojih točaka predstavlja valnu duljinu nacrtanog vala:



- A) A i B
- B) A i D**
- C) B i D
- D) B i C
- E) A i C

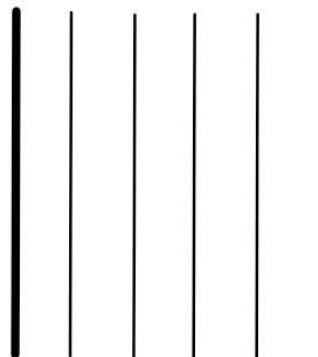
2. Odredite valnu duljinu valova čije su valne fronte prikazane na sljedećim slikama:

a)



Rješenje: **0.5 cm**

b)



**0.4 cm**

NASTAVNI LISTIĆ 1

# VALOVI NA VODI

## **Pokus 1.**

Pribor:

Moja pretpostavka:

Skica pokusa:

Poprečni presjek vala:

Određivanje valne duljine vala:

## **Pokus 2.**

Pribor:

Moja pretpostavka:

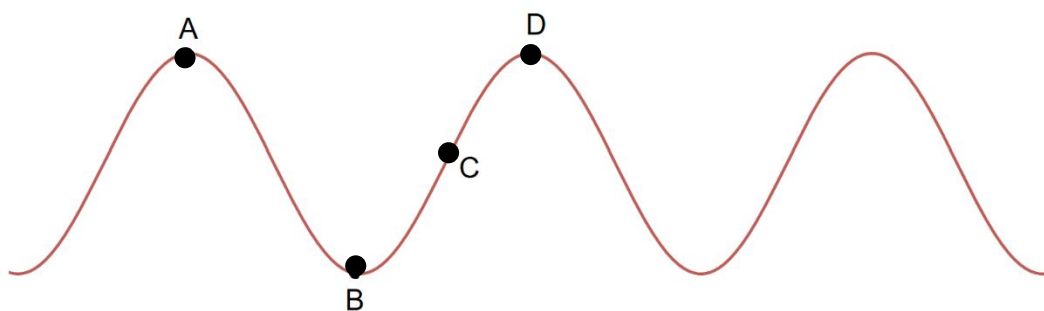
Skica pokusa:

Zaključak:



## NASTAVNI LISTIĆ 2

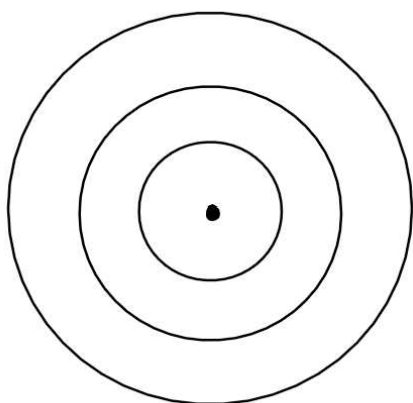
Zadatak 1. Udaljenost između kojih točaka predstavlja valnu duljinu nacrtanog vala. Obrazložite!



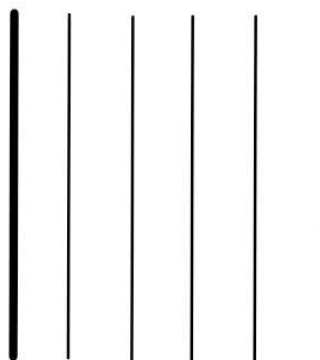
- A) A i B
- B) A i D
- C) B i D
- D) B i C
- E) A i C

Zadatak 2. Odredite valnu duljinu valova čije su valne fronte prikazane na sljedećim slikama:

a)



b)



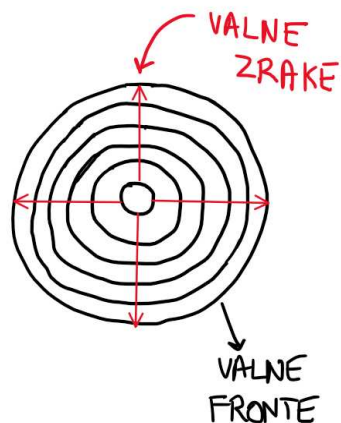
## VALOVI NA VODI

### Pokus 1. KRUŽNI VALOVI NA VODI

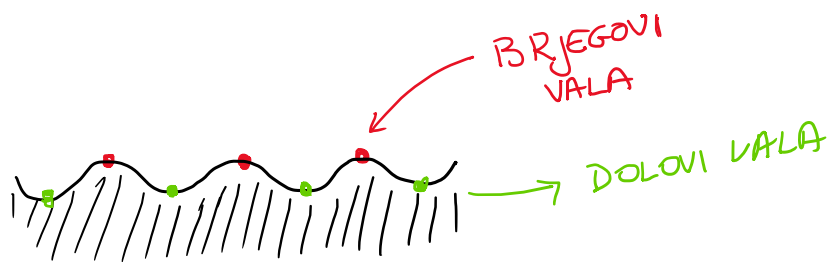
Pribor: kamen, posuda s vodom (rijeka ili jezero)

Moja pretpostavka: kada bacimo kamen u vodu voda će prskati i stvorit će se valovi

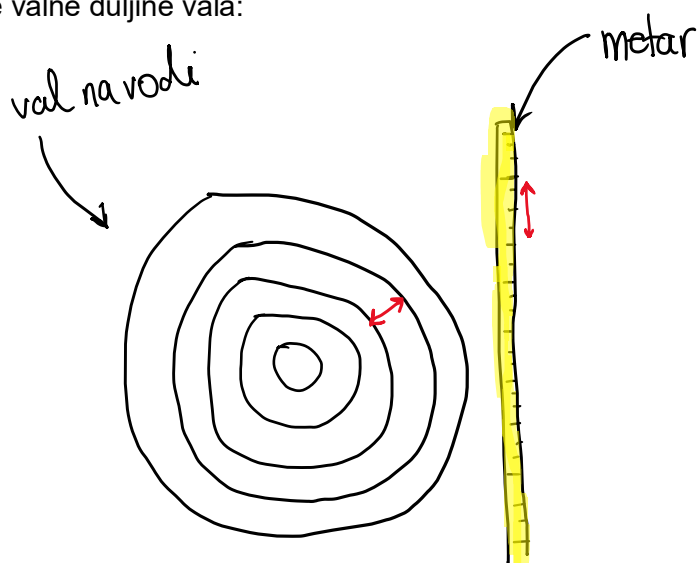
Skica pokusa:



Poprečni presjek vala:



Određivanje valne duljine vala:



Valna duljina vala iznosila je 7,5 cm.

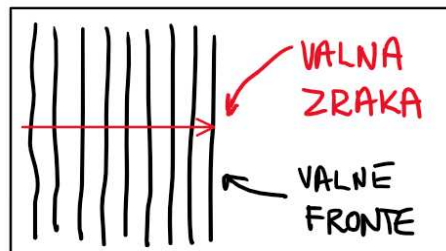
$$\lambda = 7,5 \text{ cm}$$

## Pokus 2. RAVNI VALOVI NA VODI

Pribor: posuda s vodom, ravnalo, voda

Moja pretpostavka: pošto je ravnalo ravn, mislim da valovi neće biti kružni kao u prošlom pokusu nego će biti ravni

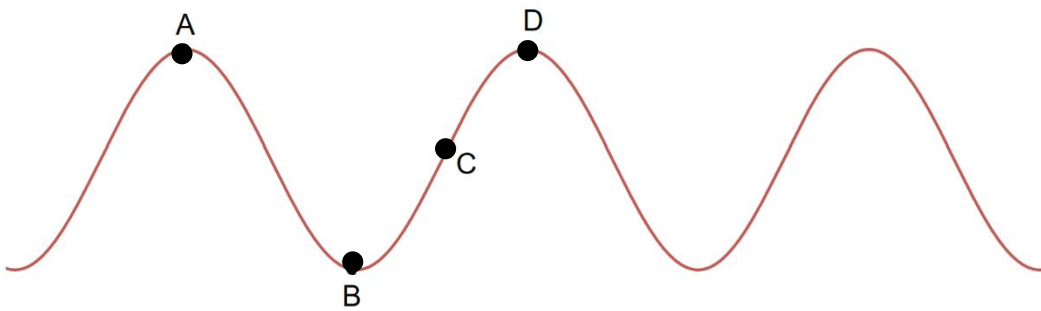
Skica pokusa:



Zaključak: razlikujemo dvije vrste valova na vodi, a to su kružni i ravni valovi

## PRIMJER RIJEŠENOG NASTAVNOG LISTIĆA 2

Zadatak 1. Udaljenost između kojih točaka predstavlja valnu duljinu nacrtanog vala. Obrazložite!

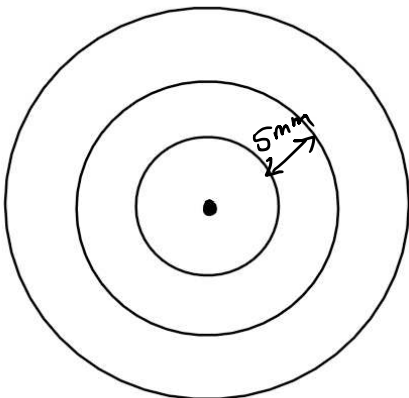


- A) A i B
- B) A i D
- C) B i D
- D) B i C
- E) A i C

Valna duljina je udaljenost između 2 susjedna  
brijega ili dola vala.

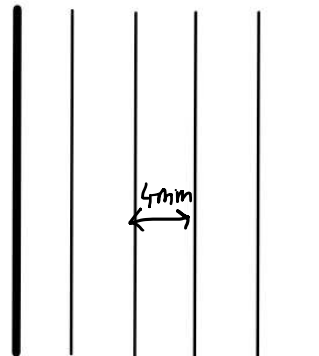
Zadatak 2. Odredite valnu duljinu valova čije su valne fronte prikazane na sljedećim slikama:

a)



$$\lambda = 5 \text{ mm}$$

b)



$$\lambda = 4 \text{ mm}$$

## Nastavna priprema iz fizike (8. razred)

Nastavna jedinica:

**Energija i interferencija mehaničkog vala**

Predviđeni broj sati:

1

Predmetni ishodi (osnovna škola):

- FIZ OŠ D.7.6. Povezuje rad s energijom tijela i analizira pretvorbe energije.
- FIZ OŠ C.8.7. Povezuje pojavu titranja i prijenos energije valom.
- FIZ OŠ A.8.10. Istražuje fizičke pojave.

Predmetni ishodi (srednja škola):

- FIZ SŠ C.3.5. Objašnjava nastanak vala i analizira valna svojstva.

Ishodi iz kurikuluma nastave fizike za srednje škole navedeni su zbog direktnog nadovezivanja na ishode iz osnovne škole.

Nastavne metode:

- metoda dijaloga
- metoda eksperimenta
- metoda demonstracije

Oblici rada:

- diferencirana nastava u obliku rada u skupinama i individualnog rada
- frontalna nastava

Nastavna pomagala i sredstva:

- posuda s vodom (alternativno za izvođenje terenske nastave: jezero ili mirni tok rijeke), kamen, papirnati brodić
- nastavni listić za svakog učenika (nastavni listić 1B, nastavni listić s konceptualnim pitanjima)

### TIJEK NASTAVNOG SATA

1) Uvodni dio (uvodni problem, opservacijski pokus/i, opis nove pojave ili koncepta, naziv)

Sat započinjemo diskusijom s učenicima.

- Kažemo da val prenosi energiju. Od kud valu ta energija?

Ukoliko učenici ne znaju odmah doći do odgovora, možemo ih navoditi. Prisjetimo se pokusa s bacanjem kamena u vodu.

- Dok držimo kamen u ruci na nekoj visini, kakvu vrstu energije ima taj kamen? *Gravitacijsku potencijalnu energiju.*
- Kada se spušta prema površini vode, što se događa s gravitacijskom potencijalnom energijom kamena? *Ona se smanjuje jer je kamen na sve manjoj visini.*
- Može li ta energija negdje nestati ili se potrošiti? *Ne može, može se samo pretvoriti u druge oblike energije.*
- Možete li sada zaključiti od kuda potječe energija koju ima val? *Da, val dobiva energiju od kamena koji pada na površinu vode.*

Upravo tako, kamen udaranjem o površinu vode, predaje energiju koja se širi dalje kroz vodu u obliku vala.

- Zamislite da stojite u plićaku i do vas dolazi veliki val, bi li vas on mogao srušiti? *Mogao bi.*
- Kako to da vas je val mogao srušiti? *Val posjeduje energiju pa nam tokom sudara može prenijeti dio energije i nekad čak i srušiti.*

Provedimo sada pokus u kojem ćemo se uvjeriti u to da val prenosi energiju.

### **Pokus 1. Prijenos energije valom**

Pribor: posuda s vodom (alternativno u slučaju terenske nastave: jezero ili mirni tok rijeke), voda, papirnati brodić, kamen ili neki drugi teži predmet



*Slika 12. Pribor (kamen, papirnati brodić, posuda s vodom)*

#### Ekperimentalni postav i opis:

Napunite posudu vodom dovoljno da brodić može slobodno plivati. Stavite papirnati brodić na jedan kraj kade ili posude (alternativno u slučaju terenske nastave: na površinu jezera/rijeke stavite papirnati brodić). Ispustite kamen ili neki drugi teži predmet na drugom kraju kade s neke visine (otprilike 10-15 cm od površine vode). Promatrajte što se događa s brodićem nakon što predmet padne u vodu.



*Slika 13. Skica pokusa*

### Konceptualna pitanja i razredna diskusija:

Prije izvođenja pokusa, učenike upoznamo s priborom kojeg ćemo koristiti, a oni ga zapisuju u za to predviđeno mjesto na nastavnom listiću (nastavni listić 3).

- Što se dogodi kada kamen bacimo u vodu? *Nakon što kamen padne u vodu, stvaraju se valovi koji zaljuljaju ili čak pomaknu brodić od papira.*



*Slika 14. Pokus bacanja kamena neposredno pokraj papirnatog brodića (snimljeno na rijeci Dobri)*

- Zašto se to dogodilo ?

Učenici neće odmah znati odgovor na postavljeno pitanje, stoga ih diskusijom navodimo do točnog objašnjenja pojave.

- Koja se pretvorba energije događa u slučaju valova na vodi?

Kamen koji se nalazi na određenoj visini ima gravitacijsku potencijalnu energiju koju prenosi površini vode kada padne na nju. Učenici mogu zaključiti da se energija koja je stvorena padom kamena prenosi na vodu, stvarajući valove koji se šire kroz nju.

Učenici će vidjeti kako ti valovi dolaze u kontakt s brodićem i uzrokuju da se on počne ljuljati ili pomicati. Razlog tome je energija koju je val predao brodiću sudarajući se s njim.

- U koju se vrstu pretvorila energija koju je val predao brodiću od papira? *Gravitacijsku potencijalnu energiju i kinetičku energiju.*

Na prvoj slici u nizu slike 14. možemo vidjeti trenutak kada je kamen pao u vodu i krenuo stvarati val. Druga slika prikazuje trenutak kada se brodić nalazi na brijegu vala i tada je dosegao maksimalnu visinu. Na posljednjoj se slici vidi kako je prva valna fronta prošla brodić i on se vraća u prvobitni položaj.

Ako učenici rade s različitim predmetima koji miruju na površini vode, mogu izvesti zaključak da različiti predmeti reagiraju na valove na različite načine, ovisno o svojim svojstvima. Na primjer, lakši predmeti se mogu jače zaljuljati, dok teži možda neće uopće reagirati na podražaj valova. Također, ovisno o veličini predmeta koji bacamo u vodu, možemo stvoriti valove različitih amplituda i time postići veće oscilacije predmeta koji mirno stoji na površini vode. Učenici možda mogu primijetiti da se zaljuljani brodić ponaša slično valovima na vodi oscilirajući gore dolje na površini vode.

Nakon provedenog pokusa i svih zaključaka do kojih učenici trebaju doći, diskutiramo s učenicima da smo u ovom pokusu otkrili još jedno bitno svojstvo valova, a to je djelovanje na daljinu. Kako se valovi šire kroz neki medij, možemo djelovati na neki predmet koji se nalazi u tom istom mediju bez ostvarivanja fizičkog kontakta s tim predmetom. Tako bismo dakle mogli pomaknuti neki predmet bez da ga dodirujemo. To bi učenicima mogla biti dobra motivacija za razumijevanje daljinskog upravljanja i nevidljivih elektromagnetskih valova kojima danas pokrećemo mnoge uređaje.

Učitelj proziva jednog učenika da svojim riječima kaže koji bismo zaključak mogli izvesti iz ovog pokusa. Nakon što se zajedničkom diskusijom cijelog razreda s učiteljem dode do formalnog zaključka, učitelj ga sporo diktira kako bi ga svi učenici zapisali u bilježnice.

**Zaključak:** ovaj pokus će potaknuti učenike da razmišljaju o fizikalnim konceptima poput energije, gibanja i interakcije između predmeta i valova. Uočiti će da valovi prenose energiju i da pomoću njih možemo djelovati na predmet (pomaknuti ga ili zatitrati) koji se nalazi na nekoj udaljenosti bez direktnog fizičkog kontakta s tim predmetom. Također će ih potaknuti na razmišljanje o tome kako se ovi principi primjenjuju u svakodnevnom životu.

## 2) Središnji dio (istraživačko pitanje, istraživački pokus/i, matematički opis)

Do sada smo promatrali pokuse u kojima je samo jedan izvor koji je stvarao valove na vodi.

- Možemo li istodobno stvoriti dva izvora koji će stvarati valove?
- Kako bismo to mogli postići? *Na primjer, možemo baciti dva kamena u vodu.*
- Što mislite kako će se ponašati dva vala na vodi? Što kada se susretnu? Hoće li se sudariti?

Učenici imaju razne pretpostavke o ishodu međudjelovanja valova jer im je to sasvim nova pojava i nemaju intuitivnu pretpostavku što bi se moglo dogoditi, neki misle da mogu, neki da se ne mogu sudarati kao tijela.

- Kako bismo to mogli provjeriti? *Možemo stvoriti više valova pomoću više izvora i promatrati što se dogodi kada dođu jedan do drugoga.*

### **Pokus 2. Interferencija valova**

**Pribor:** veći bazen ili mirna vodena površina (jezero, ribnjak, mirni tok rijeke, itd.)

**Eksperimentalni postav i opis:**

Učitelj na početku kapljicama vode s ruke stvara više valova koji tvore interferencijski uzorak na površini vode. Nakon diskusije o uočenim pojavama, učitelj stvara dva vala titranjem ruku ispod površine vode na kojem učenici još bolje mogu uočiti pojavu interferencije.



Konceptualna pitanja i razredna diskusija: odaberemo prikladno mjesto na mirnoj vodenoj površini. Učenici bi trebali stajati uz rub vodene površine i imati pristup promatranju pojava. Tokom izvođenja pokusa, učenici crtaju svoje opažanje i uzorke valova u bilježnicu. Učitelj rukom stvara kapljice vode od kojih svaka kapljica predstavlja jedan izvor vala i stvara se složeni uzorak.



Slika 15 Interferencijski uzorak više valova (snimljeno na rijeci Dobri)

- Što uočavate, sudaraju li se valovi? *Ne, čini se kao da prolaze jedan kroz drugog.*

Upravo tako, za valove ne kažemo da se sudaraju ili odbijaju kao tijela nego da interferiraju. Pojavu međudjelovanja valova nazivamo interferencija valova.

Nakon uočenog, učitelj stvara valove titranjem ruku u vodi, učenici crtaju što su opazili.



Slika 16. Interferencija valova na vodi (snimljeno na rijeci Dobri)

Učenici će primijetiti da valovi, kada se susretnu, stvaraju uzorke koji se isprepliću i tvore jedinstven uzorak na površini vode, što je tipičan primjer interferencije valova. Također, mogu uočiti da se amplituda valova mijenja na mjestima gdje se sudaraju, ponekad je ta amplituda veća od pojedinačnih amplituda, a ponekad manja. To bi mogli intuitivno opisati na način da se dva vala koja su nastala titranjem dva izvora na različitim mjestima nekad ponište, a nekada „zbrajaju“.

Učitelj proziva jednog učenika da svojim riječima kaže koji bismo zaključak mogli izvesti iz ovog pokusa. Nakon što se zajedničkom diskusijom cijelog razreda s učiteljem dođe do formalnog zaključka, učitelj ga sporo diktira kako bi ga svi učenici zapisali u bilježnice.

Zaključak: ovaj pokus omogućava učenicima da praktično iskuse, bez navođenja konkretnih fizikalnih pojmova, kako se valovi ponašaju kada se susretnu u istoj točki prostora. Sve formalne pojmove učenici će otkriti i pobliže opisati u srednjoj školi, no ovdje je fokus isključivo na vizualizaciji interferencijskog uzroka pa nećemo ulaziti u detaljno opisivanje uvjeta potrebnih za konstruktivnu i destruktivnu interferenciju, već samo spomenuti učenicima da se pojava međudjelovanja dvaju ili više valova koji u isto vrijeme prolaze nekom točkom u prostoru naziva interferencija.

### 3) Završni dio (konceptualna pitanja i/ili eventualni aplikacijski pokus i/ili zadaci)

Kao utvrđivanje naučenog gradiva učenici podizanjem kartica sa slovima odgovaraju na postavljena konceptualna pitanja. Učenici dobivaju nastavni listić s tekstom pitanja, a pitanja čita učitelj. Nakon što svi učenici razmisle o odgovoru i podizanjem ruke daju do znanja da su spremni dati odgovor, na učiteljev znak svi učenici okreću svoje kartice sa slovima ispred točnog odgovora. Bez obzira jesu li učenici suglasni u odabiru točnog odgovora ili ne, prozovemo par učenika da iznesu svoje mišljenje i argumente zašto su se odlučili za određeni odgovor.

1. Kada do mirne barke u luci stigne val kojeg stvara brod koji plovi, barka tada:

a) ostaje mirovati

**b) počne se gibati u smjeru širenja vala**

c) počne se gibati u smjeru suprotnom od širenja vala

2. Brod stoji mirno na površini vode i ne kreće se. Do njega u nekom trenutku dolazi val te ga zanjše i pogura. Zašto je val zanjšao i pogurao brod?

a) Zato što val prenosi čestice medija (vode) kojim se širi.

**b) Zato što val prenosi energiju.**

c) Zato što je brod prethodno mirovao.

## ENERGIJA I INTERFERENCIJA MEHANIČKIH VALOVA

### **Pokus 1.**

Pribor:

Moja pretpostavka:

Skica pokusa:

Zaključak:

### **Pokus 2.**

Pribor:

Moja pretpostavka:

Skica pokusa:

Zaključak:

### **Pitanja za utvrđivanje gradiva – energija mehaničkih valova**

1. Kada do mirne barke u luci stigne val kojeg stvaraju brod koji plovi, barka tada:

- a) ostaje mirovati
- b) počne se gibati u smjeru širenja vala
- c) počne se gibati u smjeru suprotnom od širenja vala

2. Brod stoji mirno na površini vode i ne kreće se. Do njega u nekom trenutku dolazi val te ga zanjise i pogura. Zašto je val zanjihao i pogurao brod?

- a) Zato što val prenosi čestice medija (vode) kojim se širi.
- b) Zato što val prenosi energiju.
- c) Zato što je brod prethodno mirovao.

---

### **Pitanja za utvrđivanje gradiva – energija mehaničkih valova**

1. Kada do mirne barke u luci stigne val kojeg stvaraju brod koji plovi, barka tada:

- a) ostaje mirovati
- b) počne se gibati u smjeru širenja vala
- c) počne se gibati u smjeru suprotnom od širenja vala

2. Brod stoji mirno na površini vode i ne kreće se. Do njega u nekom trenutku dolazi val te ga zanjise i pogura. Zašto je val zanjihao i pogurao brod?

- a) Zato što val prenosi čestice medija (vode) kojim se širi.
- b) Zato što val prenosi energiju.
- c) Zato što je brod prethodno mirovao.

### **Pitanja za utvrđivanje gradiva – energija mehaničkih valova**

1. Kada do mirne barke u luci stigne val kojeg stvaraju brod koji plovi, barka tada:

- a) ostaje mirovati
- b) počne se gibati u smjeru širenja vala
- c) počne se gibati u smjeru suprotnom od širenja vala

2. Brod stoji mirno na površini vode i ne kreće se. Do njega u nekom trenutku dolazi val te ga zanjise i pogura. Zašto je val zanjihao i pogurao brod?

- a) Zato što val prenosi čestice medija (vode) kojim se širi.
- b) Zato što val prenosi energiju.
- c) Zato što je brod prethodno mirovao.

## ENERGIJA I INTERFERENCIJA MEHANIČKIH VALOVA

### Pokus 1. PRIJENOS ENERGIJE VALOM

Pribor: posuda s vodom (rijeka ili jezero), papirnati brodić, kamen

Moja pretpostavka: kada bacimo kamen u vodu brodić će se pomaknuti

Skica pokusa:



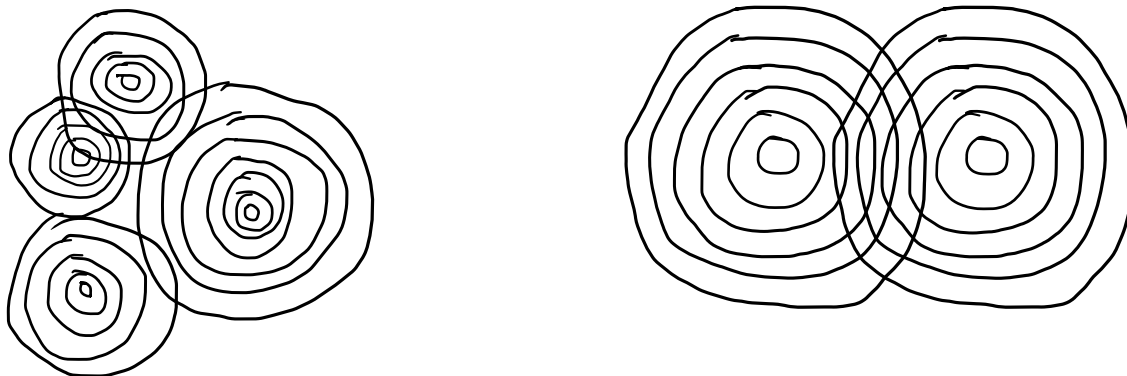
Zaključak: val prenosi energiju

### Pokus 2. INTERFERENCIJA VALOVA

Pribor: jezero ili rijeka

Moja pretpostavka: mislim da će se valovi sudaraju kao tijela. Kada se valovi susretnu oni se odbijaju.

Skica pokusa:



Zaključak: valovi se ne sudaraju nego prolaze jedan kroz drugog međudjelovanje valova nazivamo interferencija

### Pitanja za utvrđivanje gradiva – energija mehaničkih valova

1. Kada do mirne barke u luci stigne val kojeg stvaraju brod koji plovi, barka tada:

- a) ostaje mirovati
- b) počne se gibati u smjeru širenja vala
- c) počne se gibati u smjeru suprotnom od širenja vala

2. Brod stoji mirno na površini vode i ne kreće se. Do njega u nekom trenutku dolazi val te ga zaniše i pogura. Zašto je val zanihao i pogurao brod?

- a) Zato što val prenosi čestice medija (vode) kojim se širi.
- b) Zato što val prenosi energiju.
- c) Zato što je brod prethodno mirovao.

---

### Pitanja za utvrđivanje gradiva – energija mehaničkih valova

1. Kada do mirne barke u luci stigne val kojeg stvaraju brod koji plovi, barka tada:

- a) ostaje mirovati
- b) počne se gibati u smjeru širenja vala
- c) počne se gibati u smjeru suprotnom od širenja vala

2. Brod stoji mirno na površini vode i ne kreće se. Do njega u nekom trenutku dolazi val te ga zaniše i pogura. Zašto je val zanihao i pogurao brod?

- a) Zato što val prenosi čestice medija (vode) kojim se širi.
- b) Zato što val prenosi energiju.
- c) Zato što je brod prethodno mirovao.

---

### Pitanja za utvrđivanje gradiva – energija mehaničkih valova

1. Kada do mirne barke u luci stigne val kojeg stvaraju brod koji plovi, barka tada:

- a) ostaje mirovati
- b) počne se gibati u smjeru širenja vala
- c) počne se gibati u smjeru suprotnom od širenja vala

2. Brod stoji mirno na površini vode i ne kreće se. Do njega u nekom trenutku dolazi val te ga zaniše i pogura. Zašto je val zanihao i pogurao brod?

- a) Zato što val prenosi čestice medija (vode) kojim se širi.
- b) Zato što val prenosi energiju.
- c) Zato što je brod prethodno mirovao.

Nastavljamo s istraživanjem karakteristika i načina širenja mehaničkih valova kroz pokuse, pri čemu nam preostaju zvučni valovi kao sljedeća etapa istraživanja.

### **Pokus. Širenje zvučnih valova - žičani telefon**

Pribor: dvije plastične (papirnate) čaše, oštra olovka ili igla, uže (npr. uže za zmaja, ribolovni najlon i slično)



Slika 3.4: Pribor (igla, plastične čaše, najlonsko uže)

Eksperimentalni postav i opis: izrežite dulji komad užeta, duljine mogu biti razne, a najbolje odrezati na duljinu od 2-3 metra. Olovkom ili iglom probijte malenu rupicu na dnu svake čaše. Provucite uže kroz svaku rupicu i s unutrašnje strane čaše zavežite čvor kako uže ne bi ispadalo. S učenikom iz klupe pronađite slobodno mjesto u učionici na kojem ćete se moći udaljiti tako da uže bude ravno i blago zategnuto. Pritom pazite da uže ne dodiruje neki komad namještaja ili bilo što drugo u vašoj okolini. Jedan učenik neka govori u čašu, dok drugi stavi svoju čašu na uho i sluša. Hoće li osoba koja sluša čuti što prijatelj govori?



Slika 3.5: Skica jednostavnog žičanog telefona

Konceptualna pitanja i razredna diskusija: s učenicima se prvo prisjetimo zastarjelih žičanih telefona koji su prethodili modernim bežičnim uređajima za komunikaciju i uputimo ih kako da sami naprave jednostavni žičani telefon. Učenici će raditi u paru i izmjenjivati uloge slušatelja i učenika koji govori. Nakon izvedenog pokusa, parovi učenika uglavnom uspijevaju čuti zvuk koje proizvode drugi učenici.



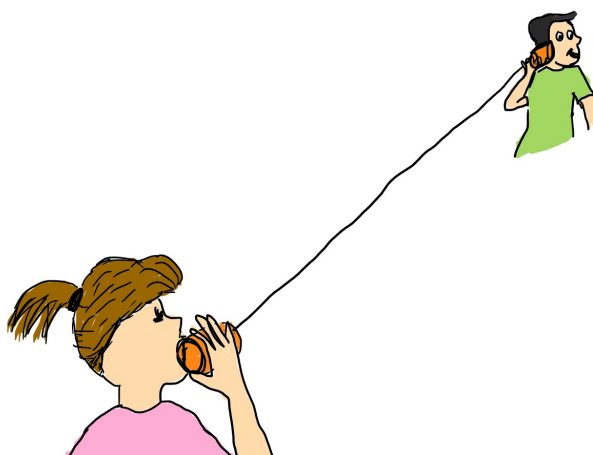
Slika 3.6: Jednostavni žičani telefon

Generalizacijom i analogijom s prethodnim pokusima, učenici mogu zaključiti da zvučni valovi koje proizvodi jedan učenik putuju najlonskim užetom do drugog učenika. Ovdje je učenicima bitno naglasiti da se govoreći u papirnatu čašu stvaraju zvučni valovi koji se pretvaraju u vibracije na dnu čaše. Vibracije zatim putuju užetom i dolaskom do druge čaše pretvaraju se natrag u zvučne valove. Tako osoba s jedne strane može čuti ono što je rekla osoba na drugom kraju žice na udaljenosti od par metara.

Zvuk putuje kroz zrak i to znamo iz svakodnevne komunikacije s ukućanima i prijateljima na različitim udaljenostima. No zvuk putuje i kroz čvrste tvari poput čaše i užeta koje djeluju kao medij koji prenosi vibracije i na taj način nam omogućava da zvuk prenosimo na još veće udaljenosti.

Pojam vibracije može biti nejasan učenicima. Najbolje da imamo za primjer jednu kuglicu obješenu na oprugu. Ako pomaknemo kuglicu iz ravnoteže ona će početi titrati. Vibracija je zapravo malo titranje kuglice oko ravnotežnog položaja (u ovom slučaju početnog položaja kada je mirovala). Kuglica predstavlja elemente od kojih je građena čvrsta tvar, čaša ili užje. Najmanji elementi od kojih se oni sastoje su atomi odnosno molekule. Svaka tvar se sastoji od njih. Ako imamo dvije kuglice, svaku na svojoj opruzi, možemo demonstrirati prijenos vibracije





Slika 3.7: Komunikacija žičanim telefonom

(energije) s jedne kuglice na drugu. Objesimo obje kuglice na isti horizontalni štap i kuglice direktno povežimo elastičnom niti ili oprugom. Kada zatitramo jednu kuglicu, titranje će se prenijeti na drugu. Na sličnom principu se energija širi čvrstom tvari.

U pokusu s žičanim telefonom, eksperimentirajući s udaljenostima na kojima se nalaze, učenici će shvatiti da udaljenost i napetost užeta utječu na kvalitetu prenesenog zvuka. Prevelika udaljenost ili prevelika napetost užeta mogu rezultirati slabijom jasnoćom zvuka.

Pitanjima za refleksivno mišljenje možemo navesti učenike da se zapitaju kako bi se mogla poboljšati kvaliteta komunikacije putem ovog sustava. Mogli bi predložiti različite promjene u materijalima, duljini užeta ili načinu na koji drže čaše kako bi poboljšali prenošenje zvuka. Vođenom diskusijom možemo učenike podsjetiti gdje se oko njih nalaze primjeri u kojima se koristi princip vibracija i prenošenja zvuka putem medija kao što su užad ili konci. Učenici dolaze do raznih primjera poput telefonskih kablova, glazbenih instrumenata i drugih komunikacijskih uređaja.

Neki će učenici nakon provedenog pokusa s izradom žičanog telefona, samoinicijativno postaviti pitanje kako funkcioniraju suvremeni uređaji za komunikaciju poput mobitela koje oni posjeduju. U tom ćemo slučaju vođenim dijalogom pokušati navesti učenike da analogijom, na temelju do sada naučenog, zaključite da mobiteli također koriste neke vrste valova koji prenose informacije. Ti su valovi evidentno nevidljivi i to je učenicima intuitivno jasno, ali ih još treba osvijestiti da ta vrsta valova ne treba zrak, vodu ili bilo koji čvrsti medij za širenje, već se

mogu širiti i u praznom prostoru, vakuumu. Također jedno vrlo bitno, do sada neopaženo svojstvo da se s uređajima koji koriste tu vrstu valova možemo služiti za komunikaciju na vrlo velikim udaljenostima. Od onih kao što su poziv roditelja s radnog mjesta djetetu koje je kod kuće ili poziv prijatelja iz Zagreba prijatelju u Dubrovnik, do komunikacije brodova iz luke u Veneciji sa brodovima u luci u Singapuru.

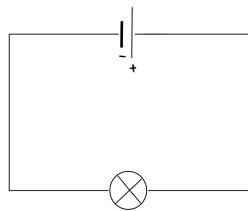
Zaključak: ovaj pokus će učenicima pomoći da dublje razumiju osnovne koncepte zvuka i komunikacije te kako se ti koncepti primjenjuju u praktičnim situacijama, ali i motivirati uvođenje pojma radio valova i komunikacije na vrlo velike udaljenosti.

## Poglavlje 4

# Elektromagnetski valovi

### **Pokus. Svjetlost kao elektromagnetski val**

Pribor: baterija, vodiči, žaruljica

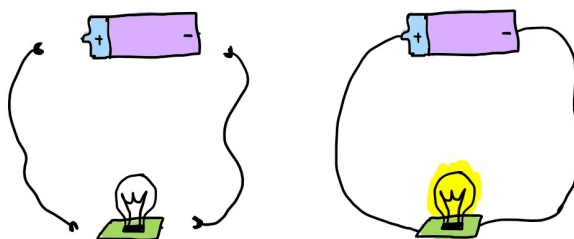


Slika 4.1: Shematski prikaz jednostavnog strujnog kruga

Eksperimentalni postav i opis: spojite u strujni krug bateriju i žaruljicu. Što uočavate?

Konceptualna pitanja i razredna diskusija: učenicima je jasno da kada pravilno spojimo jednostavni strujni krug da će žaruljica svijetliti. Unutar žaruljice nalazi žarna nit - žica od određenog materijala, npr volframa. Kada struja teče kroz žarnu nit, ona postaje jako vruća i počinje sjajiti te na taj način stvara svjetlost.

Kako bismo postepeno došli do pojma elektromagnetskog vala, diskusiju s učenicima započnimo na mikro razini. Izvedimo misaoni pokus rezanja jabuke. Jabuku prvo raspolovimo nožem, zatim jednu od polovica opet prepolovimo. Postupak nastavljamo u sve dok ne dobijemo djelić jabuke koji je toliko mali da ga više nismo u mogućnosti prepoloviti.



Slika 4.2: Skica pribora (lijevo) i skica strujnog kruga (desno)

- Postoji li način kako da ipak prepolovimo taj mali komadić jabuke?

Ukoliko se nitko od učenika samostalno ne sjeti, uputimo ih da bismo mogli koristiti neki precizniji nož i gledajući taj komad jabuke pod mikroskopom, opet ga uspješno prepoloviti. Preciznost instrumenata koju koristimo za promatranje i rezanje sitnih komadića jabuke vrlo je ograničena i kad tad ćemo doći do komadića koji više ne možemo prepoloviti. Takve, nedjeljive čestice oko nas nazivamo atomi prema grčkoj riječi *atomos* što znači nedjeljiv.

Sve što nas okružuje, uključujući nas same, građeno je od atoma, temeljnih gradivnih blokova materije. Unutar atoma razlikujemo jezgru i elektrone, jezgra se nalazi u središtu atoma i sastoji se od protona, koji imaju pozitivan naboj i neutrona, koji nemaju naboja. U prostoru oko jezgre nalaze se elektroni, koji imaju negativni naboj. Elektroni se neprestano gibaju, no ne napuštaju atom zahvaljujući privlačnoj sili koju osjećaju zbog suprotno nabijene pozitivne jezgre.

U metalnim žicama u strujnom krugu atomi su vezani na takav način da se neki od njihovih elektrona mogu kretati izvan atoma duž žice ako im damo dovoljnu energiju. Tu energiju im daje baterija spojena na žicu u strujni krug. U istom krugu nalazi se i žaruljica kojoj elektroni prenose dio te energije, odnosno zagrijavaju žarnu nit koja onda emitira svjetlost. Dakle energija koju elektroni dobivaju iz baterije (električna energija) se pretvara u toplinsku energiju i energiju koju svjetlost prenosi dalje iz žaruljice. Istraživači u 19. stoljeću su utvrdili da je svjetlost val koji prenosi energiju. Razlika je samo u mehanizmu kako taj val funkcionira. Taj mehanizam koji je nazvan elektromagnetski val je teorijski potpuno opisao škotski fizičar James Clerk Maxwell 1865. godine. Jedan od važnih rezultata tih istraživanja je da svi elektromagnetski valovi putuju brzinom svjetlosti u prostoru gdje nema drugih atoma ili molekula (vakuumu).

## Usporedba elektromagnetskih i mehaničkih valova

Sumirajmo na kraju najbitnije razlike mehaničkih i elektromagnetskih valova.

- Mehaničke valove možete vidjeti ili čuti (zvuk) u svakodnevnom životu, a upoznali smo njihova svojstva izvodeći razne pokuse. To su npr. valovi na vodi, zvuk koji se širi zrakom i seizmički valovi (valovi koji se šire kroz Zemlju nakon potresa ili nekih drugih geoloških poremećaja).
- Elektromagnetski valovi imaju neka slična valna svojstva kao mehanički valovi, ali su bazirani na potpuno drugom fizikalnom mehanizmu. Ovisno o valnoj duljini, oni se dijele na vidljivu svjetlost, radio valove, mikrovalove, infracrveno zračenje, ultraljubičasto zračenje, rendgenske zrake i gama zračenje.
- Mehanički valovi trebaju medij za širenje, poput zvuka koji se prenosi kroz zrak ili vodu i ne mogu se širiti kroz vakuum. Tijekom širenja gube energiju pa im je doseg vrlo ograničen. S druge strane, elektromagnetski valovi su sposobni širiti se čak i kroz vakuum što im omogućuje putovanje kroz svemir. U vakuumu njihov doseg je neograničen.
- Mehanički valovi prenose energiju titranjem čestica u mediju, dok elektromagnetski valovi prenose energiju pomoću određenih pojava vezanih uz područja fizike koja se zovu elektricitet i magnetizam (električnog i magnetnog polja) a koje nastaju gibanje nabijenih čestica (npr. elektrona). Ova razlika rezultira različitim svojstvima, kao što su brzina širenja i sposobnost prolaženja kroz materijale.
- Elektromagnetski valovi putuju brzinom svjetlosti (u zraku nešto manjom brzinom) koja je puno veća od brzina mehaničkih valova.

## Poglavlje 5

# Daljinsko upravljanje

Zamislite da sjedite za kontrolnim stolom, ruku držite na upravljaču i šaljete naredbe koje putuju do udaljenog uređaja. Ovo poglavlje će nam omogućiti da zavirimo dublje u unutarnje mehanizme koji stoje iza daljinskog upravljanja. Uputit će nas na istraživanje kako je i sam Nikola Tesla uspješno prevladao izazove i pomoći će nam da bolje razumijemo važnost tehnologije i inovacija u tom procesu. Uz to, zaronit ćemo u svijet radio valova koji su odgovorni za povezivanje kontrolnih centara s uređajima koji se nalaze na velikim međusobnim udaljenostima. Razrađujući teoriju daljinskog upravljanja i istražujući radio valove i sami ćemo se okusiti u uzbudljivoj praksi daljinskog upravljanja. Naša avantura uključuje upravljanje malom podmornicom koja je konceptualno slična onoj koju je Nikola Tesla predstavio svijetu davne 1898. godine.

### Koncept daljinskog upravljanja u nastavi

S učenicima možemo pokrenuti diskusiju o upravljanju uređajima na daljinu, čuti njihove intuitivne pretpostavke i ideje, te ih usmjeriti da preoblikuju svoje ideje i dopune ih konkretnim objašnjenjima fizikalnih pojava kako bi u glavi stvorili cjelovitu teoriju o tom složenom konceptu.

Zamislite da imate poseban čarobni štapić koji možete koristiti da bi se neka vaša igračka kretala prema vašim željama, čak i kad niste blizu nje. Iako pravi čarobni štapić ne postoji, postoji nešto slično što se zove daljinski upravljač. Sigurno ste nekada imali priliku vidjeti neki daljinski upravljač. Gdje ga možete pronaći kod kuće?

Učenici daju razne prijedloge, npr. daljinski upravljač kojim upravljaju televizorom, uključuju klimu, roditelji otključavaju auto.

Daljinski upravljač je poseban uređaj koji koristimo kako bismo mogli kon-

trolirati stvari poput igračaka, dronova, televizija pa čak i automobila, a da ne moramo biti u njihovoj neposrednoj blizini. On koristi elektromagnetske valove o kojima smo ranije pričali.

Kada pritisnemo tipku na daljinskom upravljaču, ona šalje poruku u obliku vala koji putuje prema uređaju koji želimo kontrolirati. Uređaj kojim želimo upravljati, ima posebno 'uho' - prijemnik, koje može uhvatiti te nevidljive valove. Kada uređaj 'čuje' te valove, on zna da je to poruka s daljinskog upravljača i tada radi ono što smo mu naredili. Neko vozilo može se kretati unaprijed, unatrag, ulijevo, udesno, gore ili dolje, sve prema našim naredbama koje prenose valovi.

Zamislite da ste kapetan daljinskog upravljača za model podmornice. Držite daljinski upravljač i pritisnete gumb za naredbu 'gore'. Daljinski upravljač šalje signal u obliku radio valova podmornici i upućuje ju da se treba kretati prema gore. Podmornica 'čuje' taj signal i počinje se dizati prema gore. Dakle, daljinski upravljači koriste radio valove kako bi 'razgovarali' s uređajima i uputili ih što trebaju raditi. Zahvaljujući tim signalima, možemo kontrolirati stvari izdaleka što uvelike olakšava ljudima posao.

Prvi upravljači bili su s uređajem kojim su upravljali povezani žicom i to je uvelike smanjivalo mogućnost pokretljivosti. Nakon što su žičani daljinski upravljači zamijenjeni bežičnima, koristila se vidljiva svjetlost koja se morala usmjeriti u točno jedan od nekoliko senzora koje su uređaji imali na sebi, kako bi se pokrenula određena radnja. Svaki je senzor bio određen isključivo za jednu radnju. U kontekstu prvih televizora to su, na primjer, bili pojačavanje i snižavanje glasnoće, biranje televizijskog kanala ili paljenje i gašenje televizora.

Daljinski upravljač koji koristio Nikola Tesla za upravljanje svojom podmornicom koristio je radio valove umjesto vidljive svjetlosti jer se na taj način skup senzora mogao zamijeniti jednim koji bi mogao primiti više različitih signala. Danas upravljači koriste i mikrovalove, infracrvene valove pa i vidljivu svjetlost. Osim vidljive svjetlosti sve ostale vrste elektromagnetskih valova nisu vidljive okom. Podmornica je pak, na sebi imala prijarnike koji su mogli primiti informacije u obliku radio valova. Prijarnici imaju sposobnost razlikovanja različitih informacija prema kojima izvode različite radnje zahvaljujući drugačijim frekvencijama koje su stizale s daljinskog upravljača.

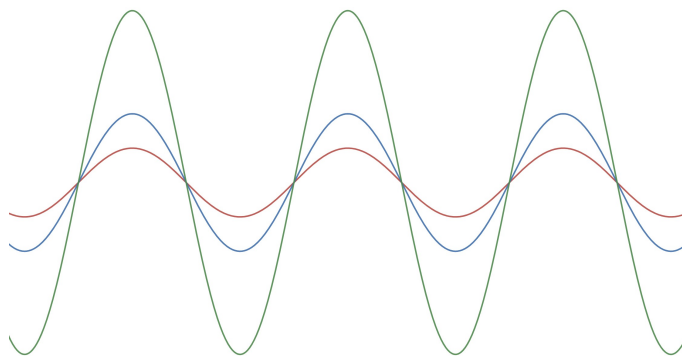
Naredbe s daljinskog upravljača pretvaraju se u digitalni signal koji se može lako prenijeti putem radio valova. Digitalni signal je niz električnih impulsa koji predstavljaju nizove nula (0) i jedinica (1). Da bi se digitalni signal prenio putem radio valova, koristi se proces modulacije. To možemo opisati kao 'pakiranje' informacija digitalnog signala u radio valove. Zapravo, radio valovi nose informaciju o tome kad treba biti nula, a kad treba biti jedinica. Na uređaju koji prima signale (npr. podmornica koju kontroliramo daljinskim upravljačem), primljeni

radio valovi se 'otpakiravaju' i prepoznaju kao nizovi nula i jedinica. Ovaj proces naziva se demodulacija.

Kada uređaj dekodira primljene nule i jedinice, on razumije naredbe koje mu je poslao daljinski upravljač jer je prepoznao točno određenu kombinaciju nula i jedinica koju poznaje kao naredbu za određenu radnju. Na primjer, ako je naredba bila 'kretanje unaprijed', uređaj će aktivirati svoje motore i kretati se u željenom smjeru. Ovaj proces temelji se na binarnom kodiranju, jer su digitalni uređaji najbolji u prepoznavanju i obradi binarnih signala (nula i jedinica). Korištenje binarnog koda čini cijeli sustav efikasnim, pouzdanim i otpornim na smetnje jer uređaj točno zna kada je signal 0, a kada 1. Kako bismo razumjeli cjeloviti koncept prijenosa informacija, preostaje nam još povezati valove sa binarnim kodom koji se sastoji od niza nula i jedinica. Prisjetimo se prvo dva osnovna elementa vala, a to su amplituda i frekvencija. Amplitudu smo definirali kao najveću udaljenost od ravnotežnog položaja, a frekvenciju kao broj titraja vala u jednoj sekundi. U žargonu možemo reći da je amplituda visina vala, a frekvencija opisuje koliko su valovi blizu jedan drugom.

U kontekstu prenošenja informacija, razlikujemo dva uobičajena načina kojima informacije pretvaramo u radio valove. Oznake za ta dva načina mogli ste uočiti ako ste proučavali starije radio prijarnike. Radi se o oznakama AM i FM.

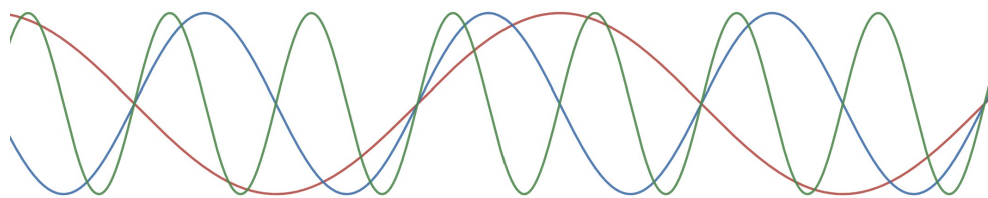
Važno je znati da radio valovi imaju vrlo pravilne obrasce širenja. Amplituda i/ili frekvencija jednog vala ostaje nepromijenjena tokom njegovog širenja kroz prostor.



Slika 5.1: Prikaz valova različitih amplituda i istih frekvencija

Na slici 5.1 prikazani su valovi različitih amplituda. Val crvene boje ima najmanju, dok val zelene boje ima najveću amplitudu.



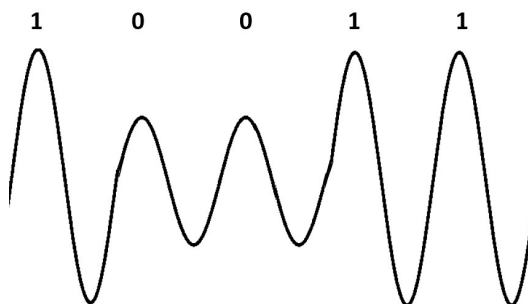


Slika 5.2: Prikaz valova različitih frekvencija i istih amplituda

Na slici 5.2 valovi se razlikuju prema frekvenciji, crveni val ima najmanju, a zeleni najveću frekvenciju.

Odašiljanje radio valova koji se razlikuju prema amplitudi ili prema frekvenciji, prevodit će informacije u radio valove.

Amplitudna modulacija u oznaci AM informaciju prevodi u radio val mijenjanjem amplitude. Na primjer, ako želimo poslati 1 i 0, mogli bismo imati samo dvije različite razine amplitude koje odgovaraju ovim brojevima, 1 je visoka amplituda vala, a 0 je niska.

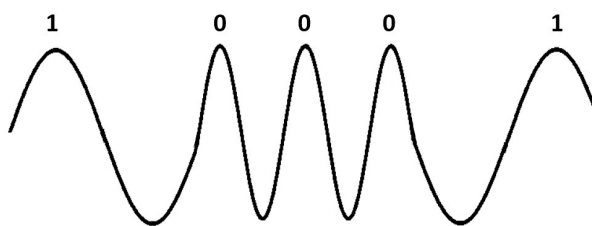


Slika 5.3: Primjer informacije kodirane amplitudnom modulacijom

1

FM označava frekvenzijsku modulaciju i to je proces u kojem se amplituda održava konstantnom, a frekvencija se mijenja.

Uređaji na daljinsko upravljanje imaju popis kodova koje razumiju i prepoznaju kao točno određenu radnju. Kodovi se sastoje od niza nula i jedinica, a posao daljinskog upravljača je proizvesti valove točno određenih frekvencija ili amplituda kako bi se aktivirao točno određeni kod za neku radnju.

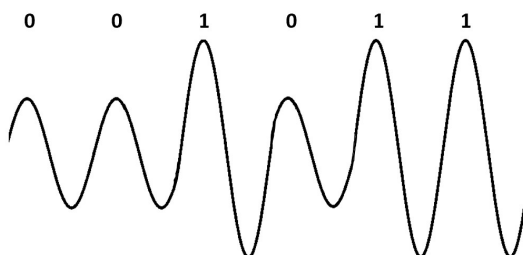


Slika 5.4: Primjer informacije kodirane frekvencijskom modulacijom

2

Na primjer, ako je kod za radnju 'kretanje unaprijed' zadan dan sljedećim nizom nula i jedinica: 001011 (pritom kodovi ne moraju nužno sadržavati 6 znamenaka, ovo je samo ilustrativni primjer), onda trebamo proizvesti val koji će u pravilnom nizu izmjenjivanja nula i jedinica 'pogoditi' točno taj redoslijed, 0-0-1-0-1-1.

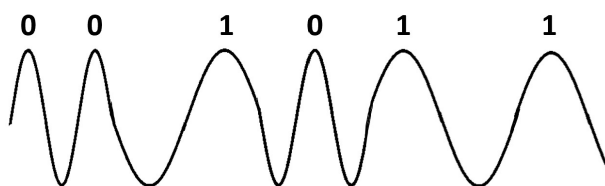
Na sljedećim slikama prikazani su valovi koji će aktivirati taj kod i pokrenuti izvođenje radnje "kretanje unaprijed".



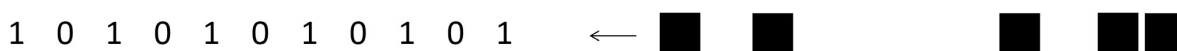
Slika 5.5: Primjer koda za naredbu 'kretanje unaprijed' u AM

Želimo li val koji će 'pogoditi' točno navedeni kod, ostale znamenke nula i jedinica u nizu ne smiju biti 'pogođene'. To možemo vizualizirati na sljedeći način:

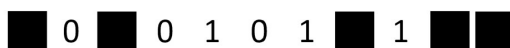
Kako bismo povezali do sada opisanu teoriju sa praktičnom primjenom navedenih fizikalnih koncepata, promotrimo demonstracijski pokus koji je moguće izvesti u nastavi fizike. U tom će se pokusu učenici naći u ulozi u kojoj se i davno našao Tesla, upravljat će malenom podmornicom na daljinu pomoću daljinskog upravljača.



Slika 5.6: Primjer koda za naredbu 'kretanje unaprijed' u FM



Slika 5.7: Prikaz vala koji putuje prema binarnom nizu



Slika 5.8: Val pogađa točan binarni kod

### Pokus. Daljinsko upravljanje podmornicom

Pribor: podmornica na daljinsko upravljanje, kontrolna kutija, antena, kabel za punjenje i posuda s vodom ili neka voda u prirodi

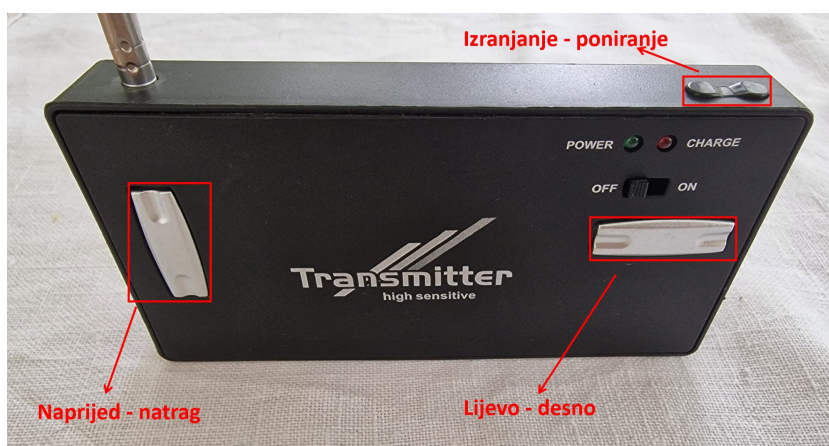
Eksperimentalni postav i opis: podmornicu stavite u vodu i pokrenite je pomoću daljinskog upravljača s tipkama za navigaciju.

Slijedi detaljna uputa pokretanja podmornice i manevriranja: podmornicu je prije upotrebe potrebno napuniti. Punjenje obično traje oko 25 minuta i to je dovoljno za 10 minuta manevriranja podmornicom. Nakon što se podmornica napunila, na kontrolnu kutiju pričvrstite antenu na za to predviđeno mjesto i produljite do maksimalne duljine. Podmornicu stavite u vodu, a ona će to prepoznati paljenjem plavih svjetala na vrhu. Napomena: najveća dozvoljena dubina na kojoj podmornica može raditi je 0.8 m ispod razine vode. Nakon što postavite podmornicu u vodu, upalite daljinski upravljač pomakom tipke sa strane na kojoj piše 'off' na stranu gdje piše 'on'. Indikator da je upravljač spreman za upotrebu je paljenje zelene lampice pokraj oznake 'power'. Na daljinskom upravljaču se nalaze tri para kontrolnih tipki za navigaciju čije su funkcije navedene na slici 5.10.

Na podmornici su sa stražnje strane smješteni elementi odgovorni za kretanje

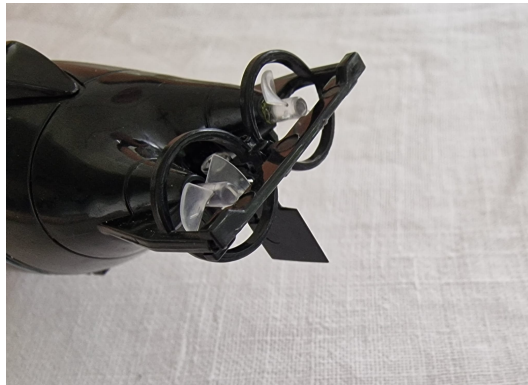


Slika 5.9: Pribor (podmornica, kontrolna kutija, antena i kabel za punjenje)



Slika 5.10: Kontrolne tipke za navigaciju

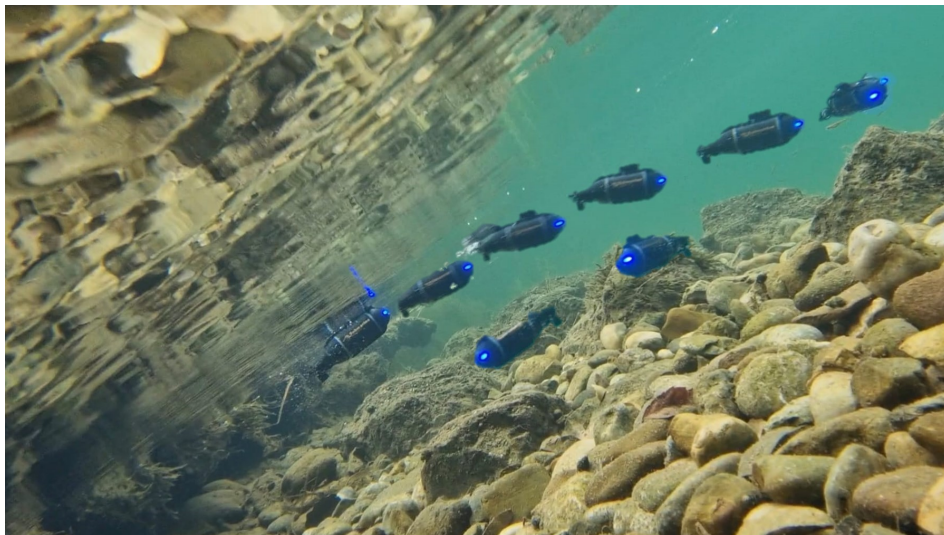
podmornice pod vodom. To su dva propelera i kormilo koji su prikazani na slici 5.11.



Slika 5.11: Propeleri i kormilo podmornice

Konceptualna pitanja i razredna diskusija: s učenicima prvo provedemo diskusiju o osnovnim principima koji se koriste u ovom pokusu. Detaljna teorijska razrada upravljanja na daljinu pomoću radio valova prethodi ovom pokusu.

Učenike zatim upoznamo s podmornicom i daljinskim upravljačem koje ćemo koristiti u ovom pokusu. Podmornica i upravljač također koriste radio valove kao sredstvo komunikacije. Objasnimo im osnovne funkcije upravljača i smjerove kojima se podmornica može kretati ovisno o naredbama koje on šalje.



Slika 5.12: Prikaz kretanja podmornice u vodi (snimljeno na rijeci Dobri)

Nakon toga krećemo s izvedbom pokusa. Stavimo podmornicu u posudu s vodom (ili u neku vodu u prirodi ako se pokus izvodi u sklopu terenske nastave) i demonstriramo kako se podmornica može kretati u vodi. Interes za samostalnim upravljanjem podmornicom kod učenika bit će vrlo velik, pa dajte priliku učenicima da i sami isprobaju upravljanje podmornicom. Mogu se izmjenjivati kako bi svatko imao priliku iskusiti kako se podmornica ponaša kada oni njome upravljaju. Nakon što su svi učenici koji su to željeli imali priliku upravljati podmornicom, potaknimo ih na diskusiju o tome što su vidjeli i kako to povezati s fizikalnim konceptima i principima o kojima smo pričali.

Primjeri pitanja za refleksivno mišljenje ili za promišljanje kod kuće:

- Što ste naučili o daljinskom upravljanju? Kako se međusobno razlikuju različite naredbe poput kretanja unaprijed i kretanja ulijevo?
- Kako podmornica prima signale? Kako zna što treba napraviti i u kojem se smjeru kretati nakon što osoba na upravljaču zada neku naredbu? Koja tehnologija omogućuje komunikaciju između daljinskog upravljača i podmornice?
- Kako pritisak vode utječe na podmornicu kako se kreće dublje? Kako se podmornica prilagođava tim promjenama?
- Kako podmornica stvara pokret? Koji su osnovni dijelovi podmornice koji joj omogućuju da se kreće unutar vode?
- Može li neki drugi uređaj ili objekt ometati signal između daljinskog upravljača i podmornice? Ako da, kako?
- Kako bi mogli preoblikovati ili unaprijediti podmornicu kako bi poboljšali njezine performanse ili dodali neke nove funkcije?
- Kako se tehnologija daljinskog upravljanja promijenila od Teslinih dana do danas? Koriste li daljinski upravljači koje imate kod kuće (npr. upravljači za televizore, klima uređaje, dronove ili razne strojeve) također radio valove kao i Teslina podmornica?

Uključivanjem učenika u ovakvu vrstu pokusa u nastavi i postavljanjem ovakvih i sličnih istraživačkih pitanja, omogućavamo učenicima dublje razumijevanje o principima funkcioniranja tehnologija te o tome kako se principi fizike mogu primijeniti u stvarnom svijetu.

## Poglavlje 6

### Zaključak

Kroz ovaj smo rad uočili da tradicionalni pristup nastavi fizike, iako bitan, često nije dovoljan da zadrži pažnju i potakne istraživački duh učenika. Učenici su vrlo znatiželjni i entuzijastični kada je u pitanju suvremena tehnologija koju i sami koriste. Stoga je uvođenje interaktivnih elemenata poput eksperimenata i primjera iz svakodnevnog života vezanih uz valove i upravljanje na daljinu, ključno za pobuđivanje interesa kod učenika. Takvi primjeri ne samo da omogućavaju učenicima da primijene svoje teorijsko znanje na stvarne situacije, već ih potiču da postavljaju pitanja, istražuju i razmišljaju o rješenjima problema iz stvarnog života koje će samostalno osmisliti.

Učenici najbolje uče na vlastitim greškama i ponovljenim eksperimentima koje prilagođavaju kako bi postigli bolje rezultate. Uređaji na daljinsko upravljanje, u tom su smislu, savršen alat za razvijanje timskog rada, rješavanja problema i individualne kreativnosti učenika. Povezivanje teorijskih principa sa znamenitim osobama iz povijesti poput Nikole Tesle čini učenje fizike mnogo životopisnijim i učenici imaju prilike uočiti direktnu praktičnu vrijednost onoga o čemu uče. Kroz dobro osmišljene primjere, čak i u ranim fazama obrazovanja, učenici mogu razviti osjećaj za primjenu fizikalnih koncepata i izvan učionice. Velika raširenost primjene koncepta valova u prirodi i tehnologiji čini ih izvrsnim alatom za povezivanje apstraktnih teorijskih koncepata s realnim svijetom. Iako učenici možda ne razumiju sve koncepte koji stoje iza daljinskog upravljanja i prijenosa informacija pomoću valova, rano izlaganje tim idejama može izgraditi čvrsti temelj za bolje razumijevanje istih koncepata u kasnijem obrazovanju. Kroz učenje o valovima, učenici ne samo da razumiju kako se svjetlost širi ili kako se zvuk prenosi, već stvaraju osnovu za razumijevanje raznih uređaja i tehnologija kojima su okruženi.

Učitelji i nastavnici imaju značajnu ulogu u osmišljavanju i provedbi istraživački usmjerene nastave fizike, jer su oni ti koji mogu unijeti inovacije u učionicu i stvo-

riti poticajno okruženje za učenje. Uz malo truda možemo doprinijeti stvaranju generacija učenika koji ne samo da će razumjeti fiziku, već će biti inspirirani da samostalno istražuju i primjene naučeno u stvarnom životu, a ne samo u postupku rješavanja šablonskih zadataka.



# Bibliografija

- [1] Radio Academy, *Basic Radio Awareness, Modulation and Radio Building Blocks, How does modulation work?*, (2014), <https://www.taitradioacademy.com/topic/how-does-modulation-work-1-1/>, posjećena 29.08.2023.
- [2] Anonymous, *Valovi - pregled osnovnih pojmova*, (2012), <https://kabinetfizike.files.wordpress.com/2015/09/valovi-uvod-2012.pdf>, posjećena 21.08.2023.
- [3] ———, *Napravite žičani telefon sami*, (2014), <http://www.maligenijalci.com/napravite-zicani-telefon-sami/>.
- [4] ———, *How is data put on radio waves?*, (2020), <https://radio-waves.orange.com/en/using-waves-to-communicate/>, posjećena 28.08.2023.
- [5] ———, *Pužni prijenos*, (2021), [https://hr.wikipedia.org/wiki/Pu%C5%BEni\\_prijenos](https://hr.wikipedia.org/wiki/Pu%C5%BEni_prijenos), posjećena 14.08.2023.
- [6] ———, *How is data put on radio waves?*, <https://www.qrg.northwestern.edu/projects/vss/docs/communications/1-how-is-data-put-on-radio-waves.html>, posjećena 28.08.2023.
- [7] Britannica, *Know how radio works and how radio waves transfer information from a station to a receiver*, (2020), <https://www.britannica.com/video/214986/How-radio-works-overview-radio-waves-frequency-amplitude-modulation>, posjećena 29.08.2023.
- [8] D. Budimir, *Tesla's multi-frequency wireless radio controlled vessel*, (2008), [https://www.researchgate.net/publication/224347364\\_Tesla%27s\\_multi-frequency\\_wireless\\_radio\\_controlled\\_vessel](https://www.researchgate.net/publication/224347364_Tesla%27s_multi-frequency_wireless_radio_controlled_vessel), posjećena 14.05.2023.

- [9] Hrvatska enciklopedija, *Daljinsko upravljanje*, (2021), <https://enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=13776>, posjećena 14.05.2023.
- [10] D. Lang Balija M. Paar D. Tvrtković N. Erhardt, J. Lacković, *Terenska nastava u suvremenom obrazovanju - priručnik*, ZIR - zajednica i razvoj, 2021.
- [11] M. Euler, *The role of experiments in the teaching and learning of physics. Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi", Volume 156: Research on Physics*, IOS, 2004.
- [12] Lesics, *Nikola Tesla's Radio Controlled Boat — Brilliancy at its peak*, (2021), <https://www.youtube.com/watch?v=oQyaI7Bt1Ig&t=214s>, posjećena 15.05.2023.
- [13] Rouse M., *Remote control*, (2011), <https://www.techopedia.com/definition/17269/remote-control-rc>, posjećena 14.05.2023.
- [14] B. Pasarić, *Radioamaterizam za mlade, priručnik za polaganje operatorskog P-ispita*, Hrvatska zajednica tehničke kulture, Zagreb, 2008.
- [15] M. Planinić, *Skripta iz Metodike nastave fizike 1*, 2023, <https://metodika.phy.hr/-/claroline/claroline/course/index.php?cid=MET1N>.
- [16] Sachs S., *How Tesla's 1898 Patent Changed the World*, (2010), <https://teleautomaton.com/post/1373803033/how-teslas-1898-patent-changed-the-world>, posjećena 14.05.2023.
- [17] Strojarska struka Stolac, *Pužni prijenos - Autodesk Inventor Professional*, (2017), [https://www.youtube.com/watch?v=HAB1bRPJ\\_DY](https://www.youtube.com/watch?v=HAB1bRPJ_DY), posjećena 14.08.2023.
- [18] A. Svedružić, *Aspects of Nature of Science in Modern Teaching of Physics*, (2009), <https://hrcak.srce.hr/clanak/79170>, posjećena 14.05.2023.
- [19] N. Szabo, A. Bošnjak D. Furčić, *Digitalna elektronika, udžbenik za 3. razred četverogodišnjih strukovnih škola u području elektrotehnike*, Element, Zagreb, 2014.
- [20] The Telegraph, *The science behind how a remote control works*, (2016), [https://www.youtube.com/watch?v=m12ZqmC\\_aIs](https://www.youtube.com/watch?v=m12ZqmC_aIs), posjećena 28.08.2023.
- [21] J. Turi, *Tesla's toy boat: A drone before its time*, (2019), <https://www.engadget.com/2014-01-19-nikola-teslas-remote-control-boat.html?guccounter=1>, posjećena 14.05.2023.

- [22] J. Tyson, *How is data put on radio waves?*, (2021), <https://science.howstuffworks.com/rc-toy.htm>, posjećena 28.08.2023.
- [23] R.A. Young, H.D. Freedman, *University physics with modern physics - 13th edition*, 2012.
- [24] G. Šišul, *Odabrana poglavlja elektroničkih komunikacija - fizički sloj*, [https://www.fer.unizg.hr/\\_download/repository/ELEKOM\\_-\\_skripta.pdf](https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/ELEKOM_-_skripta.pdf), posjećena 29.08.2023.

## Popis slika

Slika 2.1: J. Erhardt, D.Lacković, M. Lang Balija, D. Paar, N. Tvrtković, *Terenska nastava u suvremenom obrazovanju - priručnik*, ZIR - zajednica i razvoj, Kruškovac, 2021.

Slika 2.2: J. Erhardt, D.Lacković, M. Lang Balija, D. Paar, N. Tvrtković, *Terenska nastava u suvremenom obrazovanju - priručnik*, ZIR - zajednica i razvoj, Kruškovac, 2021.

Slika 2.3: Lesics, 2021., Nikola Tesla's Radio Controlled Boat — Brilliancy at its peak. [Video], < raspoloživo na: <https://www.youtube.com/watch?v=-oQyaI7Bt1Igt=214s>>, [15.05.2023.]

Slika 2.4: Lesics, 2021., Nikola Tesla's Radio Controlled Boat — Brilliancy at its peak. [Video], < raspoloživo na: <https://www.youtube.com/watch?v=-oQyaI7Bt1Igt=214s>>, [15.05.2023.]

Slika 5.3: izrađeno prema predlošku: Anonymous, How is data put on radio waves?. [Internet], < raspoloživo na: <https://www.qrg.northwestern.edu/projects/vss/docs/communications/1-how-is-data-put-on-radio-waves.html> >, [28.08.2023.]

Slika 5.4: izrađeno prema predlošku: Anonymous, How is data put on radio waves?. [Internet], < raspoloživo na: <https://www.qrg.northwestern.edu/projects/vss/docs/communications/1-how-is-data-put-on-radio-waves.html> >, [28.08.2023.]

## Sažetak

Godine 1898. Nikola Tesla je na svjetskoj izložbi u New Yorku prezentirao prvog daljinski kontroliranog robota. I danas, kada se bežična komunikacija koristi na globalnoj razini i u svemiru, većina ljudi ne razumije način na koji ona funkcionira. U okviru ovog rada diskutirat ćemo o temeljnim fizikalnim konceptima kao što su valovi i o načinima kako koncept valova i upravljanja na daljinu približiti učenicima i prije formalnog učenja o tim temama u okviru kurikuluma fizike u srednjoj školi. Suvremena nastava fizike potiče udaljavanje od klasične predavačke nastave i okretanje prema interaktivnom pristupu u poučavanju. Cilj nastavnika nije prenijeti učenicima gotove činjenice već omogućiti radnu atmosferu u kojoj će učenici sami moći otkriti pravilnosti i zakonitosti u pojavama i složenim konceptima koji ih okružuju. U tom smislu nastavnik postaje koordinator uvjeta i sredstava potrebnih za rad, a učenici imaju zadaću u tim uvjetima otkriti njima do sada nepoznate pojave, procese i zakone. Suvremena nastava fizike posebno ističe važnost pokusa u nastavi fizike. U kontekstu pokusa u nastavi fizike upravljat ćemo Teslinom podmornicom na daljinu i razraditi metode kako približiti fizikalne osnove ove teme djeci u ranom stupnju njihovog učenja kako bi već tada stvorili temelje za razumijevanje komunikacije na daljinu.

# Summary

In 1898 Nikola Tesla presented his first remote controlled robot at the world exhibition in New York. Even today, when wireless communication is used worldwide and in space, most people don't understand the way it works. In this thesis we will discuss physical concepts like waves and the ways how to clarify the concepts of waves and remote control to students even before formal studies in the physics curriculum of elementary schools. Modern physics class programs encourage moving away from classical teaching approach and turning to the interactive teaching approach. The goal of teacher is not to transfer facts but enabling the proper work atmosphere in which the students will be able to discover regularities and laws in occurrences and complex concepts that surround them by themselves. In that sense the teacher becomes the coordinator of the terms and means required for learning, and the students are required to discover to them unknown occurrences, laws and processes. Modern physics classes put the imperative on practical experiments. In that context in physics education, we will control the Tesla's remote controlled submarine and elaborate methods of approaching the physics fundamentals to children in the early stage of their learning in order to develop the foundation of understanding the distant communication.