

# Mobilni uređaji kao laboratoriji

---

**Golubić, Mateja**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*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:217:957202>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-05**



*Repository / Repozitorij:*

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



# Mobilni uređaji kao laboratoriji

---

**Golubić, Mateja**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*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:217:957202>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-06-18**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
MATEMATIČKI ODSJEK

Mateja Golubić

MOBILNI UREĐAJ KAO LABORATORIJ

Diplomski rad

Voditelj rada:

Doc. Dr. sc. Dalibor Paar

Zagreb, 2020

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

1. \_\_\_\_\_, **predsjednik**

2. \_\_\_\_\_, **član**

3. \_\_\_\_\_, **član**

4. \_\_\_\_\_, **član**

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

Potpisi članova povjerenstva:

1. \_\_\_\_\_

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

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

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

*Uz ovaj rad naučila sam i više od njegove teme. Naučila sam ne posustati, dovršiti započeto, ne odustati.*

*Shvatila sam važnost poniznosti, prihvaćanja osobnih granica, priznavanja vlastitih grešaka.*

*Neminovno je, dakle, da uz ovaj rad naučim i zahvaljivati: Bogu na daru života i sposobnostima koje tek otkrivam, roditeljima i obitelji na bezrezervnoj podršci i ljubavi koje su baš takve - bezrezervne – točno u onim trenucima kad mi se čini da sam ih izgubila.*

*Hvala i mojim prijateljima – oni koji su bili, onima koji jesu i onima koje tek naslućujem. Svi ste obogatili moj život i moje srce.*

*Na kraju, ali ne manje važno, hvala mentoru, hvala svim mojim profesorima i profesoricama koji su me oblikovali u osobu kakvom tek trebam (p)ostati i uz čiju pomoć i mudrost zatvaram ovo važno poglavlje moga života.*

## SADRŽAJ

1. Uvod.....	5
2. M - učenje .....	6
2.1 Mobilni uređaj kao laboratorij.....	7
<b>Aplikacije kao pomoćnici pri učenju</b> .....	7
<b>Korištenje mobilnog uređaja kao instrumenta za mjerenje pri izvođenju pokusa</b> .....	9
3. Primjena mobilnih uređaja u proučavanju valova .....	14
<b>Valovi na vodi</b> .....	14
<b>Valovi zvuka</b> .....	18
<b>Helmloltzov rezonator</b> .....	21
4. Priprema nastavnog sata .....	24
<b>Vrsta nastave</b> .....	24
<b>Oprema</b> .....	24
<b>Motivacija</b> .....	24
<b>Istraživanje</b> .....	24
<b>Završni dio sata</b> .....	25
<b>Obrazovni ishodi</b> .....	25
<b>Odgojni ishodi</b> .....	26
5. Zaključak.....	27
6. Literatura.....	28
Sažetak .....	29
Summary .....	29
Životopis.....	30

# 1. Uvod

Tema ovog rada usko je vezana s tendencijom informatizacije cjelokupnog načina života pa tako i održavanja nastave. Teško je zamisliti da se danas nastava održava na isti način kao i prije 50-tak godina. Najvećim dijelom za to je zaslužan tehnički napredak društva. Pojavom i širokom dostupnosti pametnih telefona došlo je do potpunog zaokreta u mnogim područjima ljudskog djelovanja pa tako i u sferi školovanja. Činjenica da danas djeca sve više vremena provode na mobitelima otvara brojne diskusije od toga da li mobitele uopće dopustiti u školama do toga da se djecu usmjeri na za njih korisnije načine korištenja mobitela.

Konkretno ovaj rad fokusira se na upotrebu pametnih telefona u sklopu nastave fizike, kako kroz pomoć pri učenju, tako i kroz korištenje mobitela kao mjernog instrumenta. U početku rada bit će riječi općenito o korištenju pametnih telefona kao pomoćnika pri učenju te će biti prezentirane aplikacije koje se mogu koristiti u tu svrhu. Nakon toga ćemo kao konkretan primjer predstaviti aplikaciju Sound Analyzer koja služi za obradu zvuka. Cilj je pokazati kako na suvremen način uvesti tu aplikaciju u temu iz nastave fizike o zvuku i njegovim značajkama. Upotreba mobitela u nastavi omogućava istraživačko-interaktivni pristup koji omogućava učenicima da budu potpuno uključeni u rad i sami dolaze do rezultata što posljedično utječe na veću zainteresiranost. Izvođenje pokusa uz pomoć njihovih pametnih telefona potiče ih na proaktivnost i dovodi do kvalitetnijeg razumijevanja teorije. Sve promjene i napredak u informatizaciji pozitivno utječu na održavanje nastave, a posebice one nastave u kojoj se do spoznaja dolazi pokusima. Iznesenu tezu potvrđuje uspješni nastavni sat s upotrebom mobitela te pozitivna povratna informacija učenika koji su u satu sudjelovali.

## 2. M - učenje

M – učenje (M-learning ili mobilno učenje) moglo bi se najbolje usporediti učenjem na daljinu. Razlikovna značajka je u tome što se za učenje, umjesto računala, koriste mobilni uređaji. M - učenje se počinje kao istraživački projekt razvijati u 90-tim godinama na fakultetima i u znanstvenim laboratorijima. Ubrzo se počelo koristiti u školama, na radnim mjestima, itd. Do velikog zaokreta dolazi u zadnjih 10-tak godina kada su mobilni uređaji postali široko dostupni za sve, te kada se prelazi s učenja na računalima pa na učenje preko interneta sve do danas kada se učenje odvija preko pametnih telefona (Gonzalez i sur., 2014). Mobilni uređaji postaju izvor informacija i zamjenjuju nekadašnje odlaske u knjižnice u svrhu traženja literature. Osim toga što se koriste kao baze podataka i pomoć pri različitim nastavnim aktivnostima, mogu se zahvaljujući nizu ugrađenih senzora koristiti kao mjerni instrumenti, odnosno za izvođenje jednostavnih i jeftinijih pokusa.

Ovaj način učenja, za razliku od tradicionalnog načina, omogućava visoku samostalnost i proaktivnost učenika prilikom savladavanja gradiva. Kako je aktivnost na strani onih koje uče, preduvjet za stjecanje znanja, mobilni uređaji mogu ovdje odigrati značajnu ulogu kako bi učenici sami konstruirali značenje proučavanih pojava. Za susret učenika s novim pojavama općenito vrijedi da prvo valja demonstrativno ukazati na tu pojavu, a tek onda analitički tražiti rješenje problema. Za takav način učenja mobilni uređaji mogu biti vrlo značajni jer ih učenici mogu koristiti kao alate za izvođenje pokusa, koji ih navode na razumijevanje određenih pojava, na kvalitativnoj ili kvantitativnoj razini. Na bolje savladavanje sasvim sigurno utječe i zainteresiranost učenika. Možda i najbitnija karakteristika ovakvog načina učenja je interaktivnost kojom se omogućuje brza i jednostavna komunikacija s profesorom, a i s drugim učenicima. Pošto učenici mobilne uređaje koriste svakodnevno i vrlo su dobro upoznati s načinom na koji funkcioniraju te ne dolazi do suočavanja učenika s njima nepoznatom opremom i sredstvima. Zbog navedenih prednosti m-učenja ono se sve više počinje uvoditi i kao pedagoško sredstvo radi olakšavanja učenja.



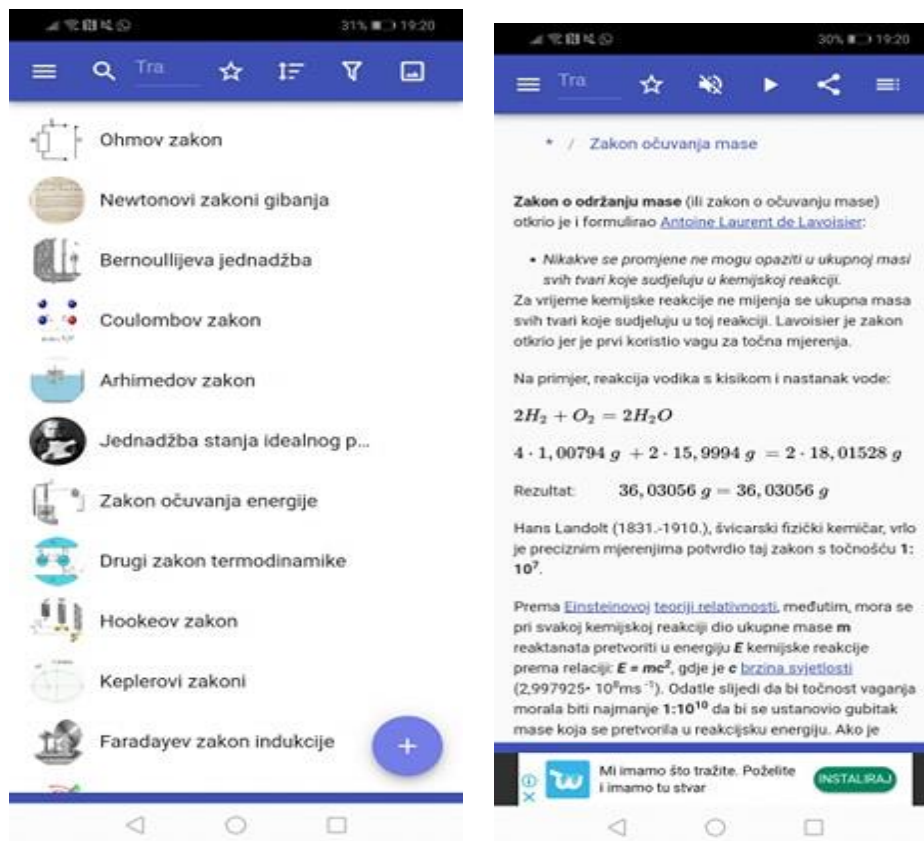
## 2.1 Mobilni uređaj kao laboratorij

### **Aplikacije kao pomoćnici pri učenju**

Mobilni uređaji u nastavi mogu se koristiti na nekoliko načina. U ovom radu izdvojit ćemo njihovo korištenje kao mjernog instrumenta te kao pomoćnika u usvajanju teorije. Aplikacije koje služe kao pomoć pri učenju omogućuju uvid u teorijske osnove pojedinih fizikalnih pojava. Iste su se pokazale kao vrlo korisne prilikom savladavanja nastavnih cjelina. Ne treba ni naglašavati koliko je praktično kada se sve zakonitosti nalaze na jednom mjestu te su udaljene od nas za samo 'jedan klik'. Osim što su izvrsne za uštedu vremena, aplikacije su vrlo jednostavne za korištenje. Na slici 1 na primjeru aplikacije Fizikalni zakoni<sup>1</sup> prikazana je njezina jednostavnost i praktičnost. Dakle u izborniku sa svim zakonima postoji opcija tražilice u koju se jednostavno upiše željeni pojam te nas klik na taj pojam 'odvede' do teoretskog opisa zakona i praktičnih primjera. Na taj način učenici se mogu ne samo dodatno upoznati s novim temama u fizici, već i redovito ponavljati teme koje su prije prošli kada im ta znanja trebaju za razumijevanje novih tema.

---

1 [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.do\\_apps.catalog\\_617&hl=en\\_SG](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.do_apps.catalog_617&hl=en_SG)



Slika 1 Aplikacija Physics Laws

Bitno je naglasiti da ovo nije jedina takva aplikacija, postoji niz drugih koje obrađuju specifične ili pak općenite teme iz fizike. Primjer za to je aplikacija Pocket Physics<sup>2</sup> koja zapravo sadrži skraćenu materiju koju predmet izučava. Ovakve aplikacije korisne su za učenike, jer im pomažu da se usredotoče na manji dio gradiva i tako ga lakše savladaju u komponentama. Osim toga učenje mogu prilagoditi svojim potrebama i željama. Sve navedeno rezultira učenjem koje je prilagođeno učeniku i koje je moguće zaustaviti u bilo kojem trenutku ukoliko se pojave neke nepoznanice. Također je moguće, a zapravo i poželjno lekciju početi ispočetka. Učenici često zaboravljaju pojedine fizikalne zakonitosti koje su učili, ako ih se dovoljno ne ponavlja i praktično primjenjuje. Ovakve aplikacije omogućavaju učeniku da se u svakom trenutku može prisjetiti onoga što je prethodno učio. To vodi boljem povezivanju i razumijevanju fizikalnih koncepata (Gonzalez i sur., 2015).

<sup>2</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=Gecko.Droid.PhysicsHelper&hl=hr>

## **Korištenje mobilnog uređaja kao instrumenta za mjerenje pri izvođenju pokusa**

Mobilni uređaji uz kameru i mikrofoni imaju i niz drugih senzora kojima se može izvoditi interakcija s okolinom. Uz odgovarajuće aplikacije, moguće je izvesti mjerenja različitih fizikalnih varijabli. To otvara mogućnosti široke primjene u nastavi fizike kao i svih drugih prirodnih znanosti gdje se do spoznaja dolazi pokusima. U mnogim područjima u nastavi fizike uz upotrebu mobilnog uređaja i priručnog materijala učenici mogu izvoditi pokuse u školi i kod kuće.

Kao primjer možemo izdvojiti aplikaciju Phyphox<sup>3</sup>. Ona nam daje mogućnosti korištenja žiroskopa, akcelerometra, magnetometra i mnoge druge. Osim toga što možemo samostalno izvoditi pokuse koristeći značajku aplikacije kao instrumenta za mjerenje. Na web stranici s koje se aplikacija može besplatno preuzeti postoje video prikazi nekih pokusa koji mogu služiti kao ideje za izvođenje kod kuće. Izbornik aplikacije podijeljen je u nekoliko sekcija. Prva nam daje popis senzora koji se mogu koristiti unutar aplikacije, a već su prethodno navedeni. Druga je vezana uz zvuk, mjeri amplitude, može se promatrati spektar zvuka, itd. Treća sekcija se odnosi na svakodnevni život tako što nam daje mogućnost mjerenja pljeska ili određivanje brzine dizala. Zatim dolazimo do mehanike kod koje se mogu promatrati elastični i neelastični sudari te centripetalno ubrzanje. Sljedeće mogućnosti sastoje se u različitim štopericama kao što su akustična, optička ili pak štoperica za pokret. I zadnje mogućnosti koje nam daje su alati, npr., magnetsko ravnalo.

---

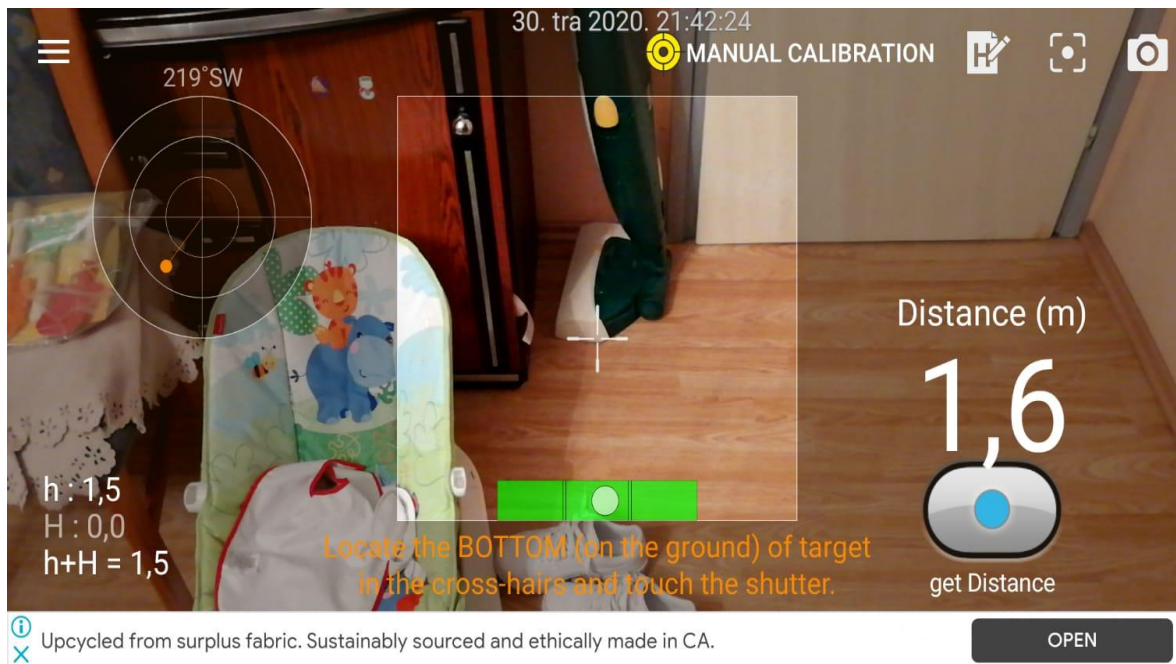
3 [https://play.google.com/store/apps/details?id=de.rwth\\_aachen.phyphox&hl=hr](https://play.google.com/store/apps/details?id=de.rwth_aachen.phyphox&hl=hr)



Slika 2 Izbornik aplikacije Phyphox

Kao idući zanimljiv primjer možemo izdvojiti aplikaciju Smart Measure<sup>4</sup>. Ona omogućava mjerenje udaljenosti i visine odabranih objekata uz pomoć trigonometrije. Jednostavnim pozicioniranjem oznake za mjerenje na dno objekta alat, izmjerit će se udaljenost, ako se oznaka pozicionira na vrh objekta alat će izmjeriti visinu. Alat može biti koristan za nastavnike fizike koji žele na drugačiji način pokazati učenicima udaljenost, visine i njihovo mjerenje.

<sup>4</sup> [https://play.google.com/store/apps/details?id=kr.sira.measure&hl=en\\_US](https://play.google.com/store/apps/details?id=kr.sira.measure&hl=en_US)

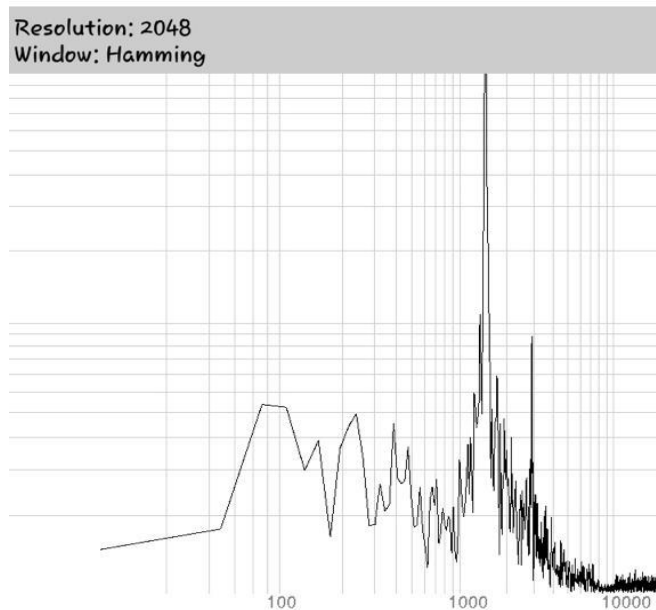
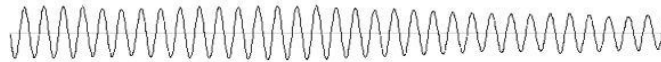
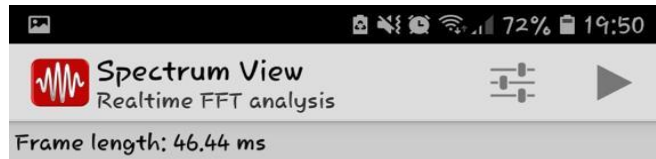


Slika 3 Prikaz rezultata dobivenih mjerenjem u aplikaciji Smart Measurer

Aplikacija Spectrum view<sup>5</sup> (Android) omogućava snimanje i analizu audio spektra. U aplikaciji imamo dva prozora, u gornjem je na x-osi vrijeme (na vrhu piše kolika je skala, te se radi o vremenu od lijevog do desnog ruba ekrana). U donjem prozoru je ovisnost o frekvenciji u Hz, s tim da su izdvojeni pojedini maksimumi. Gore desno možemo snimiti ekran i nakon toga ga analizirati.

U oba grafa na y-osima su amplitude signala. One ovdje nemaju mjernu jedinicu pa ih možemo promatrati bezdimenzionalno za relativnu usporedbu više signala. Jednostavnim snimanjem zaslona (mogućnost koju imaju mobiteli u svom operativnom sustavu) možemo pohraniti pojedine rezultate mjerenja i ubaciti ih u rad. Isto se može zadati djeci da snime pojedine rezultate kako bi ih kasnije analizirali i uspoređivali. Testirajući aplikaciju s fućkanjem izdvaja se jedna frekvencija, a u vremenskom grafu je lijepa sinusoida. Djeca mogu uspoređivati frekvencije svojeg fućkanja što može biti vrlo zanimljivo.

<sup>5</sup> [https://play.google.com/store/apps/details?id=net.galmiza.android.spectrumview&hl=en\\_US](https://play.google.com/store/apps/details?id=net.galmiza.android.spectrumview&hl=en_US)



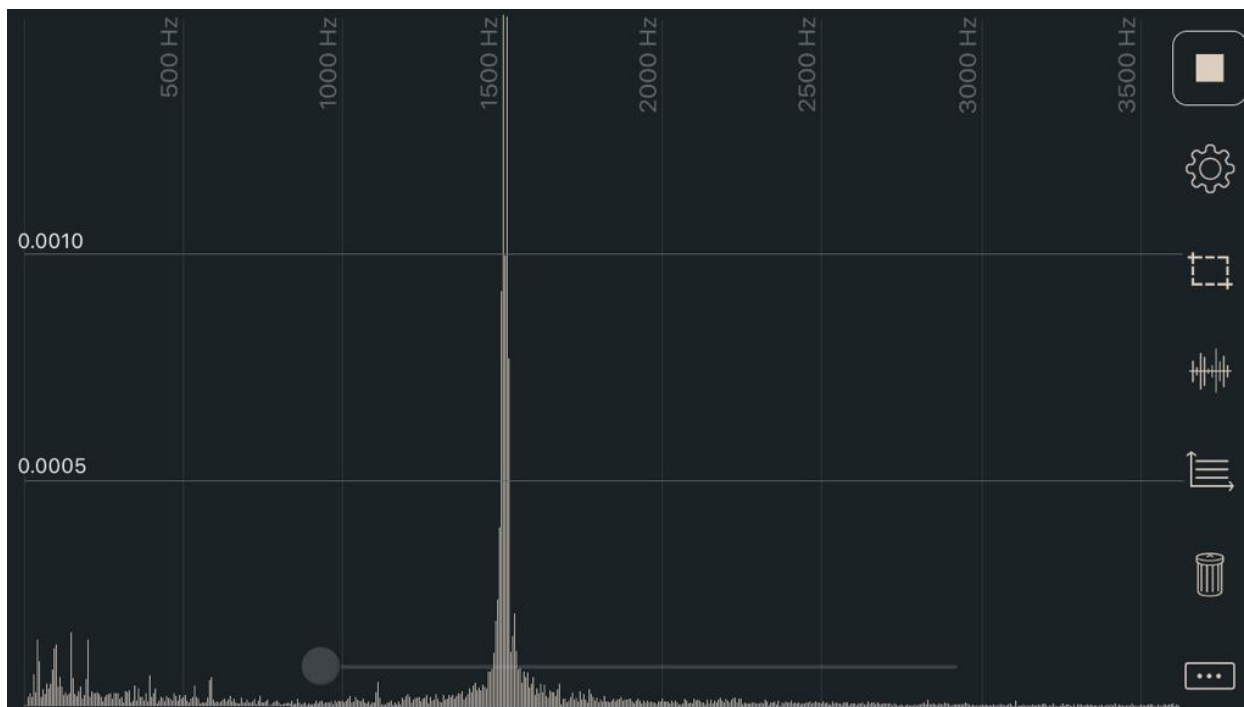
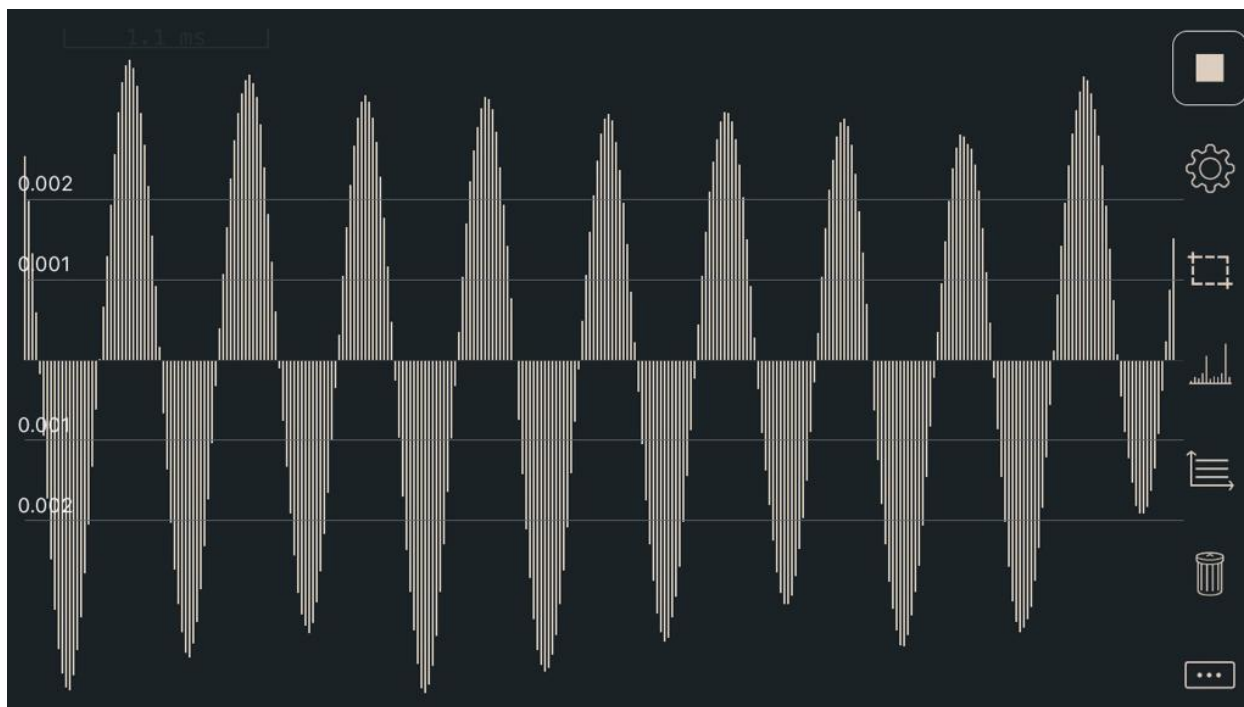
Slika 4 Prikaz rezultata dobivenih u aplikaciji Spectrum view

Na slici 4 se vidi sinusoidalni val zvuka fućkanja. Zvuk je mehanički val kojeg mi detektiramo i analiziramo osjetilom sluha.

Aplikacija Sound spectrum analysis<sup>6</sup> omogućava korisnicima Apple mobitela slične mogućnosti kao prethodna aplikacija.

---

<sup>6</sup> <https://apps.apple.com/us/app/sound-spectrum-analysis/id1434975523>



Slika 5 Mjerenje fućkanja aplikacijom Sound spectrum analysis.

### 3. Primjena mobilnih uređaja u proučavanju valova

U ovom poglavlju ćemo obraditi konkretan primjer upotrebe mobilnih uređaja u nastavi. Pri tome ćemo koristiti neke od prethodno prikazanih aplikacija. Fenomeni koji su opisani titranjima i valovima obuhvaćaju neke od najljepših stvari koje možemo doživjeti u fizici. Možemo li zamisliti svijet bez svjetlosti i zvuka? Tada ćemo shvatiti kako su važne oscilacije i valovi za naše živote, za našu civilizaciju. Oscilacije i valovi su stoga centralni dio kurikuluma fizike. (Vistens, 2018).

#### **Valovi na vodi**

Ideja uvođenja digitalne tehnologije u nastavu fizike nije u tome da ona zamjenjuje ili potpuno upravlja pokusima. Tako ćemo učenike prvo uvesti u tematiku uz pomoć demonstracijskih i interaktivnih pokusa. Za uvod u tematiku valova posebno su pogodni pokusi na vodi. Jednostavnim pitanjem što se događa s ping-pong lopticom ukoliko ju stavimo na vodu te površinu vode nedaleko od loptice dotaknemo vrhom olovke. Ono što učenici trebaju zamisliti je kako se giba loptica. Svi su upoznati s pojmom valova na vodi, te time možemo započeti pokus i objasniti postanak istih. Što je potrebno da val uopće nastane? Potrebno je izazvati poremećaj (vodi predati energiju). Vrhom olovke udarimo o mirnu površinu vode, vidimo da se 'voda' širi u obliku koncentričnih krugova. Ako stavimo ping-pong lopticu na površinu te iste vode, vidimo kako se ona giba gore-dolje, no ne i u smjeru širenja vala (koncentričnih krugova). Na valu koji se širi od izvora (vrha olovke koja je dotaknula vodu) uočavamo brijeg i dol (uzvišenje i udubljenje). Naša loptica i dalje se giba gore-dolje. Na taj način učenike smo na praktični način upoznali s konceptom valova.

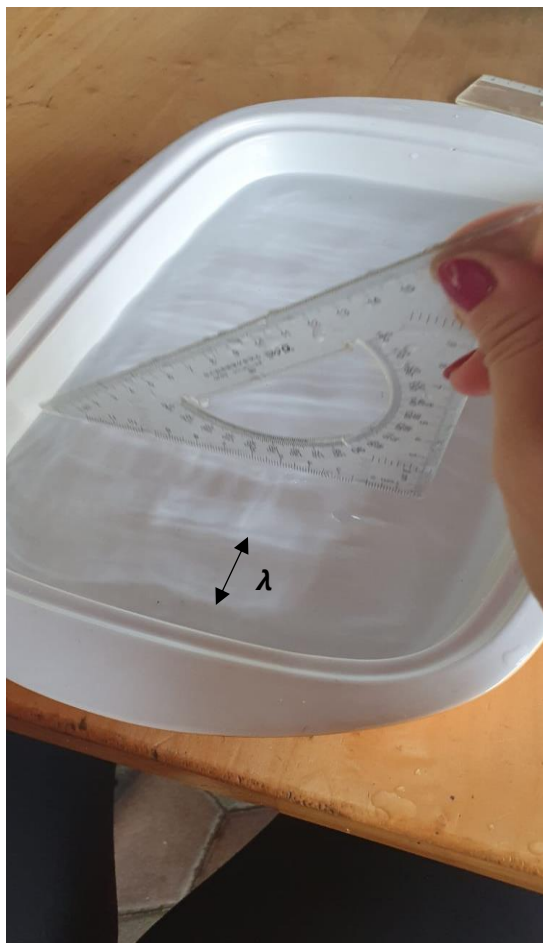




Slika 6 Kružni valovi na vodi

Sada je jasno da nam je za stvaranje (mehaničkog) vala potrebno neko sredstvo i poremećaj. Iz navedenog pokusa zaključujemo da čestice izvora vala titraju jer im je tijelo koje stvara poremećaj predalo energiju; one energiju predaju susjednim česticama, ove narednim, tako se energija s izvora vala prenosi sredstvom. Valno gibanje je pojava prijenosa energije titranjem čestica elastičnog sredstva.

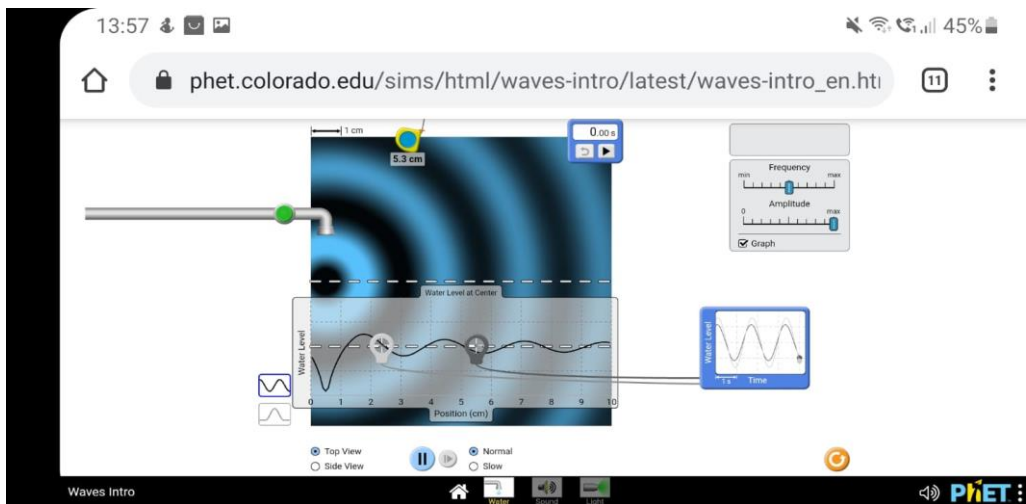
S obzirom da se loptica u prethodno opisanom pokusu kretala gore-dolje, dok se val širio lijevo-desno od izvora. Kažemo da se loptica giba okomito na smjer širenja vala, te takve valove nazivamo transverzalnim valovima. Izvadimo li ping-pong lopticu iz vode i promatramo li samo što se događa s valom, objasniti ćemo valnu duljinu kao udaljenost dva 'brijega' ili dva 'dola'.



Slika 7 Prikaz valne duljine kružnih valova na vodi

Općenito možemo reći da je valna duljina najmanja udaljenost dviju najbližih čestica sredstva koje titraju u istom smjeru i imaju jednaku amplitudu. Vidimo da brjegov i dolovi dolaze u pravilnim razmacima, te nam nije problem odrediti valnu duljinu. Na valu na vodi bez ping-pong loptice nije nam baš jasno vidljivo što je brijeg a što dol, no jasni su nam koncentrični krugovi koji se šire radijalno od izvora. Ti isti krugovi predstavljaju nam brjegove, a u prostoru između njih su dolovi. Krugove nazivamo još i valnim frontama. Valne zrake (kojima označujemo smjer širenja vala) okomite su na dobivene valne fronte. Vrijeme potrebno za prolazak vala kroz jednu valnu duljinu naziva se jedan titraj. S obzirom na početni pokus i micanje ping-pong loptice gore-dolje (koje nazivamo titranjem) vidimo da se valom nešto prenosi - to je energija. Brzina širenja vala zapravo je brzina prenošenja titranja i nazivamo je faznom brzinom. Kako frekvenciju možemo predočiti kao broj valnih brjegova koji prođu kroz neko mjesto tijekom jedne sekunde, zbrajajući valne

brjegovi tokom određenog vremena možemo izračunati upravo frekvenciju našeg izvora koji je proizveo poremećaj. Pomoću frekvencije i udaljenosti valnih duljina možemo izračunati i brzinu širenja vala:  $v = \lambda \cdot f$ . U pokusu prikazanom na slici gore možemo izmjeriti valnu duljinu proizvedenih ravnih valova, , potrebno je još ukoliko je što preciznije moguće jednakom frekvencijom udarati ravnalom o vodu. Brojeći koliko valova bi proizveli u određenom vremenu količnik ta dva broja dao bi nam frekvenciju naše ruke što je izvor vala. Množeći frekvenciju vala odnosno izvora i valnu duljinu možemo izračunati brzinu širenja vala. Na isti način osim kružnog vala možemo proizvesti i ravni val, samo nam kao izvor vala služi ravnalo. Također promatramo kako se širi val odnosno kako se prenosi energija. Lupajući ravnalom brže ili sporije o površinu vode vidimo kako se mijenja udaljenost između dva brijega odnosno dva dola. Na isti način kao i u prethodnom primjeru s kružnim valom možemo izračunati frekvenciju kod bržeg i sporijeg titranja ravnalom. Što je frekvencija vala? Često je učenicima problem prihvatiti da je frekvencija valova u stvari frekvencija izvora zbog kojeg nastaje val.



Slika 8 Simulacija valova na vodi

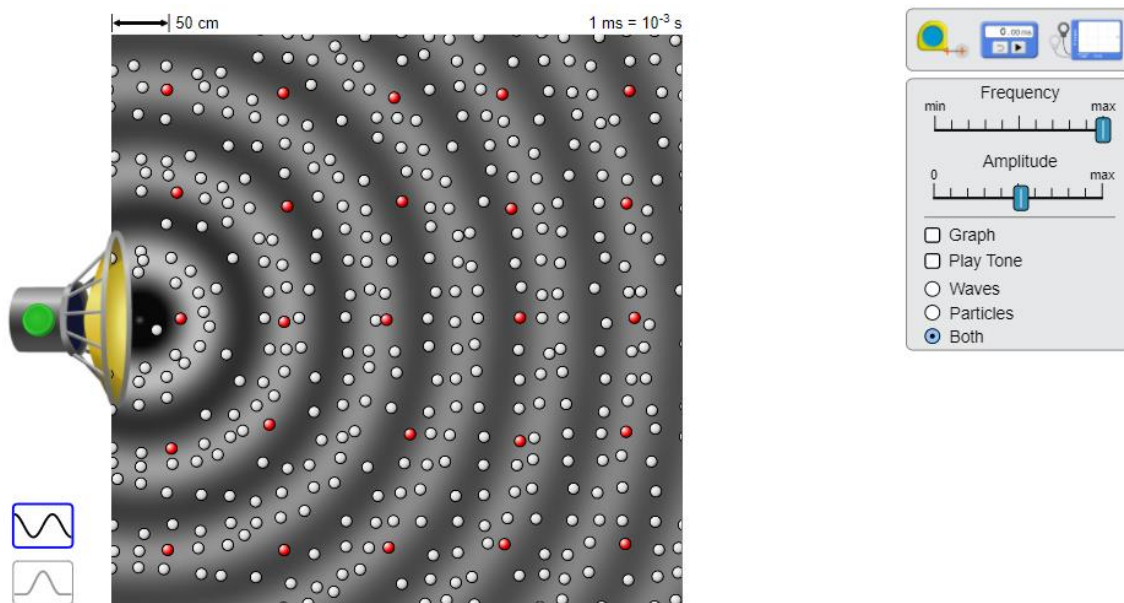
Navedeni pokus moguće je i promatrati putem PhET simulacije<sup>7</sup>. Simulacija prikazuje fenomen nastanka valova na vodi. Kad se odrede frekvencija i amplituda željenog vala moguće je grafički prikazati pokus ovisnosti amplitude vala o vremenu. Dobiveni graf naziva se sinusoida, ona prikazuje periodičko titranje, u našem slučaju ovisnost amplitude o vremenu. Maksimalna

7 [https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_en.html)

amplituda prikazuje brijeg vala, dok minimalna amplituda prikazuje dol vala. Udaljenost između dva brijega na slici je valna duljina ( $\lambda$ ).

Istraživački zadatak za djecu: zamislite da ste na moru, ležite na luftiću i pored vas prođe gliser, kako ćete se gibati? Što se dogodilo s vama i luftićem, kako ste se gibali, što je gliser proizveo?

Gledajući nogometne utakmice sjećamo li se kako publika pokazuje oduševljenje. Ukoliko se jedan od njih diže i podiže ruke, nakon toga se spušta i to isto krene raditi drugi te tako svi redom, kako nazivamo to gibanje? Što je bilo potrebno da bi do toga došlo?



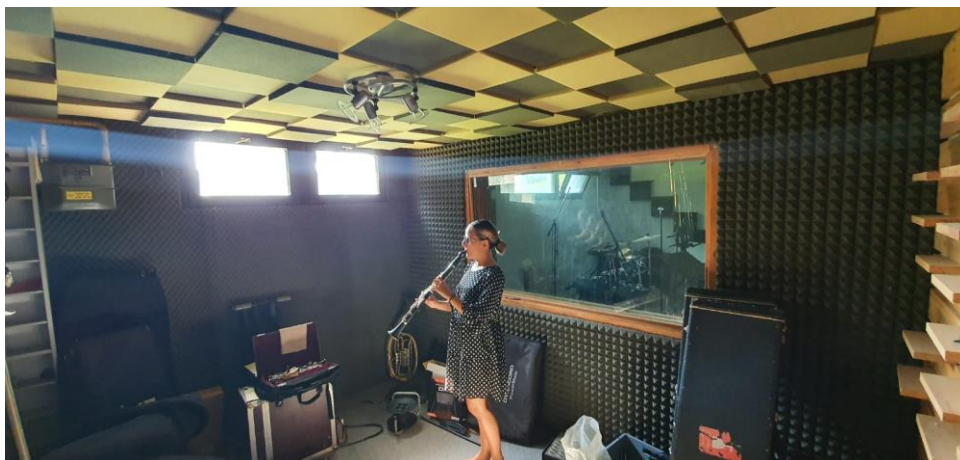
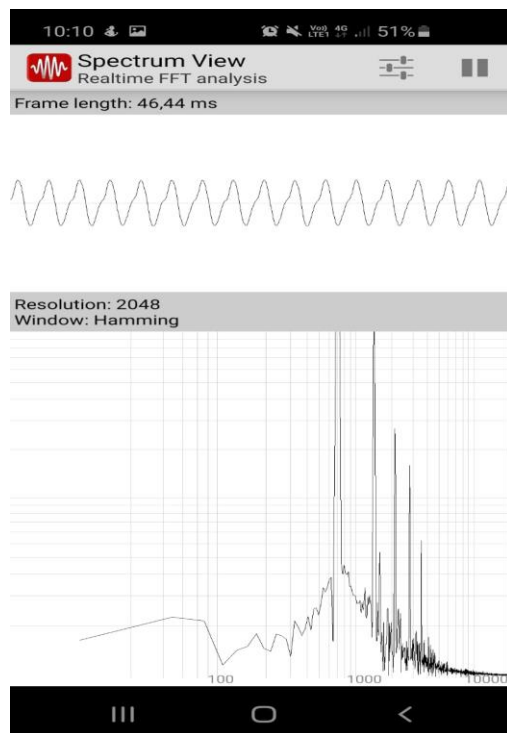
Slika 9 Simulacija zvučnog vala u PhET simulaciji. Prikazane su čestice i valovi. Učenici mogu mijenjati frekvenciju i amplitudu vala.

## Valovi zvuka

Dva jednaka bubnja postavimo na vodoravnu površinu tako da su im otvori okrenuti jedan prema drugome. Uz opnu jednog bubnja prislonimo kuglicu obješenu na nit. Udarimo li opnu drugog bubnja čuti ćemo zvuk, a kuglica će od prvog bubnja odskočiti. Dakle energija je s jednog bubnja prenesena na drugi bubanj. Čestice zraka počinju titrati gurane opnom bubnja. To se javlja kao zbijanje (zgušnjavanje) i razrjeđivanje čestica zraka. Time se u prostoru oko bubnja šalje poremećaj, odnosno val. Val se širi naizmjeničnim zgušnjavanjem i razrjeđivanjem čestica zraka.

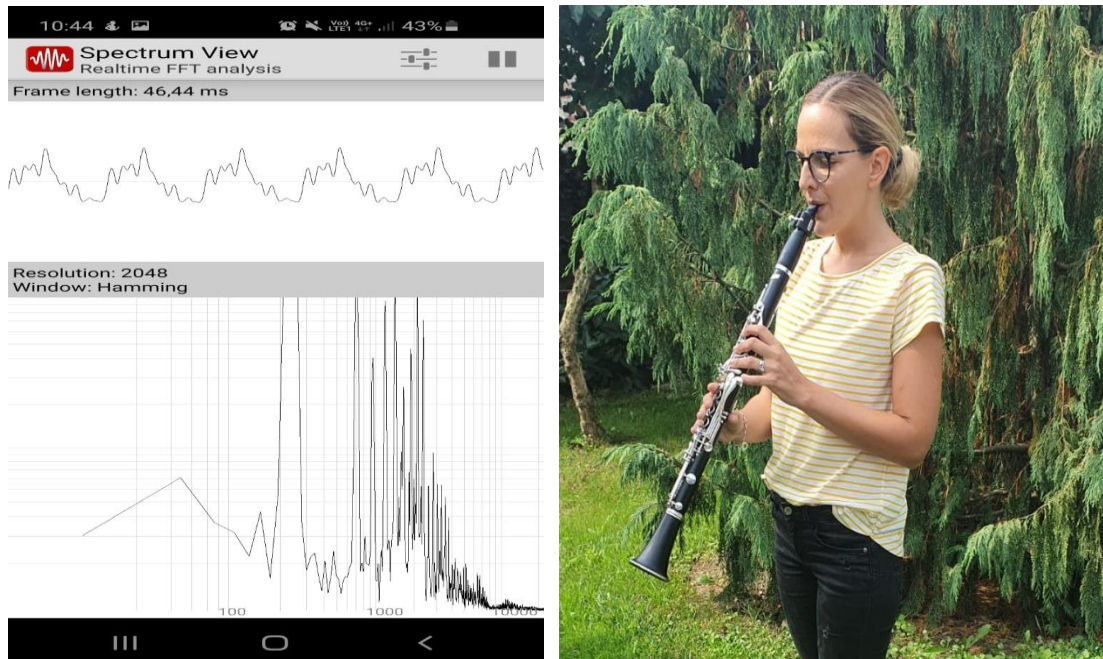
Smjer širenja vala je u smjeru titranja čestica zraka. Takav val je longitudinalni val. Mi taj val čujemo kada dođe do našeg uha. To je zvuk.

Prije opisanom aplikacijom Spectrum View možemo proučavati različite zvukove. Muzički instrumenti su učenicima zanimljiv model za proučavanje. Promotrimo spektar koji proizvodi klarinet u glazbenom studiju.



Slika 10 Proučavanje zvučnog spektra kojeg proizvodi klarinet u glazbenom studiju.

Pomoću aplikacije dalje analiziramo različite zvukove. Govor, uz buku grada i glazbu koja se pušta na mobilnom uređaju. Bitno je da uočimo da sad ukupni signal nije lijepa sinusoida, a u frekventnoj slici javlja se puno više frekvencija.



Slika 11 Sviraanjem klarineta u prirodi dobiva se složeniji spektar kao posljedica drugih zvukova koji su bili izolirani u glazbenom studiju.

Zadatak za učenike:

U svojem domu snimajte zvukove u različita doba dana. Što vidite na vašim slikama? Kad je prisutno najviše različitih frekvencija? Što nam one govore? Utječu li različite frekvencije i na učenike? U koje doba dana smo najaktivniji? Možemo li pratiti nekoliko dana frekvencije i svoj rad te na temelju toga zaključiti kako buka utječe na našu produktivnost.

## Helmloltzov rezonator

Zvuk koji proizvedemo u istraživačkom pokusu možemo uz pomoć pametnih mobitela jednostavno obrađivati i analizirati u realnom vremenu. U praksi postoje mnogi primjeri upotrebe mobitela u akustici. U nekima se on koristi kao mikrofoni koji digitalizira zvuk dok se u drugima može koristiti kao izvor zvuka. Hardverske mogućnosti mobitela omogućavaju da u realnom vremenu, obradom velikog broja podataka, mogu snimiti i analizirati zvučni spektar. Dakle mobitel kao moćni mjerni instrument izvrstan je za obrazovne primjene.



Slika 12 Dimenzije boce.

Da bi učenike zainteresirali za akustiku, treba uvoditi zanimljive izvore zvuka. Zanimljiv istraživački pokus je proučavanje rezonancije zvuka u staklenoj boci. U ovom pokusu boca se koristi kao univerzalni Helmholtzov rezonator. Zvučna rezonancija je sveprisutan fenomen kojeg

je proučavao Herman Helmholtz (Monteiro i sur., 2018). U jednostavnom pokusu koristi se staklena boca s ravnomjernim cilindričnim presjekom koja kada je napunjena vodom do različitih visina imitira Helmholtzov rezonator.

Prvo ćemo odrediti volumen šupljine. Pokus počinje postavljanjem prazne boce na vagu. Boca se puni vodom sve dok se ne dobije volumen šupljine. On u ovom slučaju iznosi  $V = 570 \text{ cm}^3$ .

Punimo li bocu vodom na različitim visinama, volumen zvučne šupljine se dobiva oduzimanjem dodane vode od cjelokupnog volumena šupljine. Rezonancija se proizvodi dodirivanjem donje usne ruba bočice odnosno puhanjem iznad njega.

Frekvenciju određujemo sljedećom relacijom

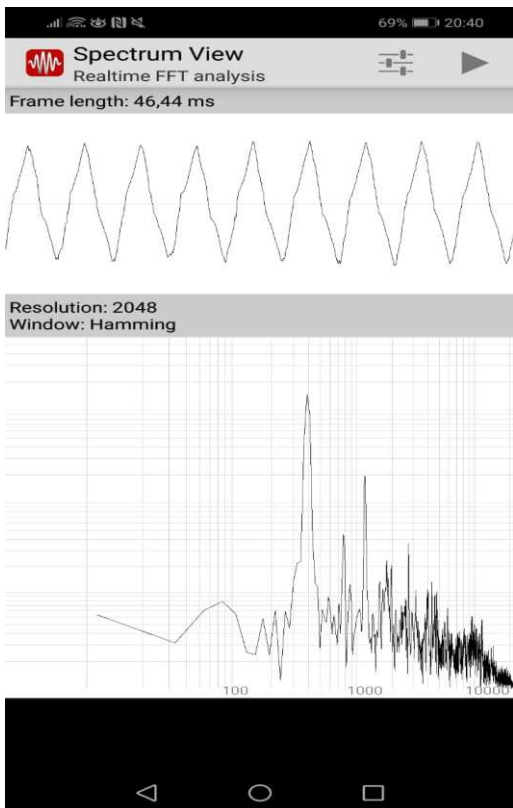
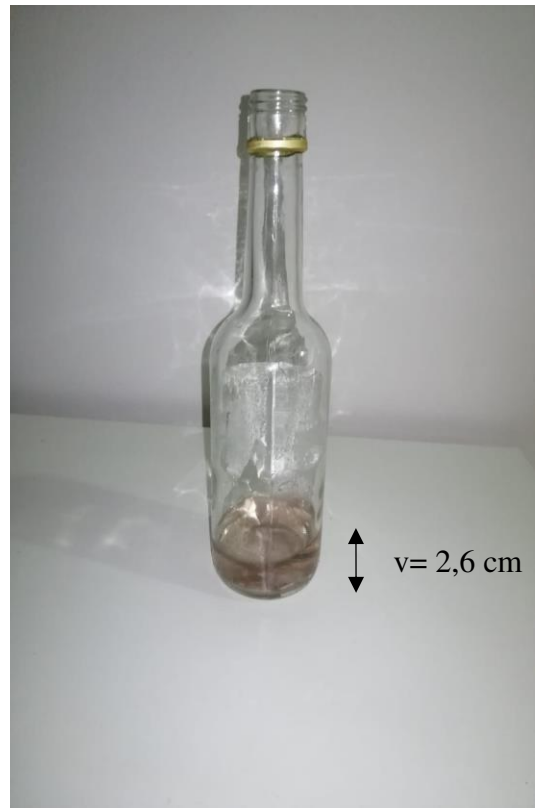
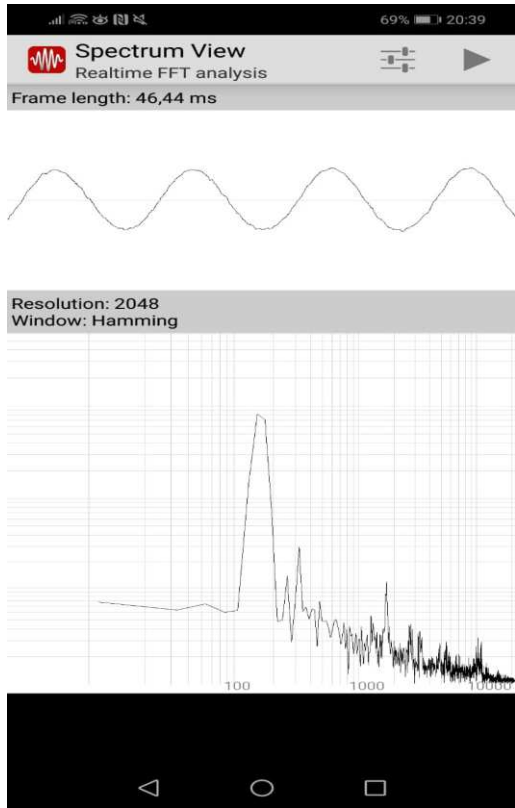
$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{VL'}}$$

gdje je dimenzija  $D$  = promjer otvora boce,  $L$  = duljina vrata,  $V$  = volumen donjeg dijela,

$A$  = površina otvora boce, a  $L' = L + 1,46 \cdot D/2$ .

Kao instrument za mjerenje ovdje koristimo Spectrum View aplikaciju koja nam pomaže da dobijemo željeni zvučni spektar u realnom vremenu. Aplikacija je praktična za obradu rezultata jer postoji gumb *Hold* koji služi da se zamrzne prikaz i zapiše frekvencija.





Slika 13 Izmjereni spektri za dvije različite visine vode u boci.

## 4. Priprema nastavnog sata

### **Vrsta nastave**

Interaktivna istraživački usmjerena nastava koja uključuje uvodnu motivaciju, postavljanje hipoteze, izvođenje pokusa i istraživanje (samostalno ili u grupama), analizu mjerenja (grafička i numerička), donošenje zaključaka te primjenu na novim problemima.

### **Oprema**

Mobiteli s aplikacijom za snimanje zvučnog spektra te različiti izvori zvuka npr. klarinet, gitara, glazbene viljuške te drugi izvori zvuka. Učenici trebaju na svoj mobilni telefon instalirati aplikaciju kojom će izvoditi mjerenja, Spectrum View (Android) ili Sound Spectrum Analysis (IOS).

### **Motivacija**

Uvodni problem: Zvuk klarineta snimljen pomoću aplikacije u svakodnevnim uvjetima (dnevna soba). Jedan visoki ( G2) i jedan niski ton (C1). Veliki broj učenika uz redovnu nastavu pohađaju i glazbenu školu pa ih takav pokus može uveliko zainteresirati.

Pitamo učenike što čuju? Učenici će odgovoriti da čuju različite tonove. Kako mi vidimo različite tonove u aplikaciji? Što za nas predstavljaju različiti tonovi? Kakvi su grafovi koje vidimo? Što je ton? Zvuk stalne frekvencije. Te se ta frekvencija zove apsolutna visina tona.

Središnji dio sata: Što je frekvencija zvuka?

### **Istraživanje**

Istraživačko pitanje

Odrediti brzinu zvuka pomoću frekvencije i valne duljine u aplikaciji.

Pokus

Glazbene viljuške u rezonantnoj kutiji različitih frekvencija u svakodnevnim uvjetima (dnevna soba)

Pomoću aplikacije također promatramo graf zvuka glazbene viljuške. Zapažamo karakterističnu frekvenciju tog tona, i određujemo valnu duljinu. Uz pomoću dobivenih frekvencija i valnih duljina izračunamo brzinu zvuka.

Što znači kod svake viljuške njezina frekvencija prema prethodno naučenom objašnjenju frekvencije (broj titraja u određenom vremenu)?

### **Završni dio sata**

- Primjena naučenog na novim situacijama
- Provjera ostvarenih obrazovnih ishoda

Pokus: Ton muzičkog instrumenta

Pokus: Fućkanje i samostalna obrada podataka

Učenici samostalno snimaju svoje fućkanje u aplikaciji te po tome obrađuju podatke. Izvlače frekvenciju i valnu duljinu iz grafa i računaju brzinu zvuka te uspoređuju s vrijednošću iz tablice.

### **Obrazovni ishodi**

Učenici će moći:

- opisati pojavu zvuka
- opisati pojavu longitudinalnog vala
- uočiti oblike longitudinalnog širenja vala (zvuka)
- samostalno interpretirati grafičke prikaze
- povezati pojavu transverznog i longitudinalnog vala
- odrediti valnu duljinu na primjerima
- uočiti svakodnevne pojave frekvencije
- opisati zvuk u različitim situacijama
- opisati nastanak i rasprostiranje zvučnog vala
- analizirati širenje zvuka u različitim sredstvima
- povezati pojavu valnog gibanja s primjerima u zvuku
- izračunati vrijednost traženih veličina za brzinu zvuka

- primijeniti izraz za brzinu u zadatcima otvorenog i zatvorenog tipa
- definirati visinu i boju tonu
- skicirati grafičke prikaze čistog i složenog tona
- objasniti kako se zvuk širi prostorom
- objasniti o čemu ovisi brzina zvuka.

## **Odgojni ishodi**

Učenici će:

- razvijati sposobnosti opažanja i iskazivanja demonstriranog u pokusima koristeći pametne mobilne uređaje
- razvijati motivaciju za učenje te sposobnost verbalnog i pismenog izražavanja
- slobodno i argumentirano izražavati vlastito mišljenje
- uvažavati tuđi način razmišljanja i zaključivanja
- poticati interes za istraživanje
- poticati interes za samostalno otkrivanje
- razvijati sposobnost učenja u okviru novih tehnoloških mogućnosti
- razvijati logično zaključivanje i apstraktno razmišljanje
- poticanje interesa za istraživanje

## 5. Zaključak

Mobilni uređaji danas postaju dostupni većini djece u školama i kao takvi predstavljaju istraživački alat čiju primjenu u obrazovnom procesu treba ozbiljno razmotriti. U kontekstu istraživački orijentirane nastave u kojoj smo učenike motivirali za istraživanje, mobitel kao dostupan i zapravo vrlo moćan instrument može imati značajnu obrazovnu ulogu. Kroz par primjera to smo pokazali u ovom radu.

Osim u okviru nastave u učionici, dobro osmišljenim problemima, djecu se može motivirati i za rad kod kuće. Napredak smo postigli i ako motiviramo djecu da dio vremena kojeg sve više provode na društvenim mrežama ili nekim sadržajima koji ne doprinose njihovom obrazovanju posvete istraživanju i samostalnom učenju i otkrivanju. Daljnji razvoj mobitela i aplikacija u budućnosti će otvarati brojne mogućnosti u tom smjeru. Obrazovanje djece nije samo ono što stječu boravkom u školi već sve čemu su izloženi tijekom dana. Upotreba mobitela kao fleksibilnog i djeci zanimljivog alata može pomoći da djeca dio vremena izvan škole posvete njima korisnim obrazovnim sadržajima i aktivnostima. Danas su brojnim školama u Hrvatskoj dostupne nadogradnje u obliku micro:bit mikroračunala kojima se mogu kontrolirati različiti senzori i uređaji. One otvaraju brojne mogućnosti upotrebe mobitela u obrazovanju, ne samo u fizici, odnosno STEM područjima, već interdisciplinarno i u društvenim područjima.

## 6. Literatura

1. Gonzalez, M., Llamas, C., Martin, M. E., Vegas, J., Martinez, O., Hernandez, C., Herquedas, M. Mobile Phones for Teaching Physics: Using Applications and Sensors. TEEM 2014 Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality. Association of Computing Machinery. pp, 349-355. New York, NY, USA (2014).  
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2669711.2669923>
2. Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., Marti, A.C. A bottle of tea as a universal Helmholtz resonator. *The Physics Teacher* 56, 644 (2018);  
<https://doi.org/10.1119/1.5080589>
3. Gonzalez, M. A., Llamas, C., Martin, E. et al. Teaching and Learning Physics with Smartphones, *Journal of Cases on Information Technology*, 17(1), 31-50, January-March (2015).
4. Krsnik, R. *Suvremene ideje u metodici nastave fizike*, Školska knjiga, (2008).
5. Vistens, A. I., *Physics of Oscillations and Waves*. Springer (2018).

## Sažetak

Mobilni uređaji danas imaju brojne hardverske i softverske mogućnosti koje omogućuju široke primjene u nastavi fizike. Mobitel kao mjerni instrument može biti središnji dio znanstvene metode kojom se proučavaju određeni procesi, izvode kvantitativna mjerenja i na temelju njih donose zaključci. U kontekstu istraživački orijentirane nastave, mobitel predstavlja mali istraživački laboratorij kojim istražujemo različite fizikalne pojave. Diskusija da li je mobitelu mjesto u školi možda nije potrebna, jer se istraživanje u konačnici ne mora izvoditi na nastavnom satu. Činjenica je da djeca sve više vremena izvan škole provode na mobitelima te usmjeravanje barem dijela tog vremena na njima korisne obrazovne sadržaje može imati širi obrazovni učinak.

## Summary

Mobile devices today have a number of hardware and software capabilities that enable numerous applications in physics teaching. A mobile phone as a measuring instrument can be a central part of a scientific method that studies certain processes, performs quantitative measurements and draws conclusions based on them. In the context of research-oriented teaching, the mobile phone is a small research laboratory with which we investigate various physical phenomena. A discussion of whether a cell phone has a place in school may not be necessary, as research ultimately does not have to be conducted in class. The fact is that children are spending more and more time outside of school on mobile phones. Directing at least part of that time to useful educational content can have a wider educational effect.

## Životopis

Rođena sam u Varaždinu, 26. studenog 1992. godine. Pohađala sam Osnovnu školu Petrijanec u Petrijancu. Nakon završene osnovne škole, upisala sam Drugu gimnaziju Varaždin, prirodoslovno matematički smjer. Ljubav prema matematici razvila se od malih nogu, te sam u srednjoj školi zavojljela i fiziku. Godine 2010. upisala sam Integrirani preddiplomski i diplomski studij matematike i fizike, nastavnički smjer na Matematičkom odjelu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Za vrijeme studiranja radila sam razne studentske poslove te unazad nekoliko godina radila sam u nekoliko osnovnih i srednjih škola u Zagrebu.