

Ovaj dokument nastao je u sklopu Erasmus+ -projekta “Developing Digital Physics Laboratory Work for Distance Learning” (DigiPhysLab).

Više informacija: www.jyu.fi/digiphyslab

Pokusi iz akustike

Verzija za nastavnike

6.2.2023



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Ovo djelo licencirano je pod [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Pokusi iz akustike-Verzija za nastavnike

Pregled vježbe

- Tema: Akustika, interferencija, frekvencijski spektar, Dopplerov efekt
- Ciljna skupina: Studenti nastavničkog smjera fizike i studenti kojima fizika nije glavno područje studija npr. medicina.
- Vremenski okvir: 2,5 h za izvršavanje vježbe i pisanje izvještaja.
- Preporučuje se rad u parovima

Cilj ove vježbe je upoznati studente s nekoliko pojava iz područja akustike i dati im neke ideje kako se one koriste u praktičnim primjenama. Vježba je podijeljena na tri dijela. U prvom dijelu će studenti proučavati interferenciju zvuka, u drugom frekvencijski spektar različitih zvukova, a u trećem Dopplerov efekt.

Potrebna oprema

- Dva pametna telefona s instaliranim *PhyPhoxom* (dostupan i za *Android* i za *Apple* uređaje)
- Računalo s Excelom ili nekim drugim softverom za analizu podataka
- Elastična opruga male konstante elastičnosti
- Stalak na koji student mogu objesiti oprugu i mobitel

Elastična opruga treba biti dovoljne duljine da mobitel na njoj može titrati s nekoliko različitih amplituda titranja. Ne preporuča se korištenje opruga velike konstante elastičnosti jer može doći do oštećenja mobitela. Provjerite jesu li studenti dovoljno dobro učvrstili mobitel na oprugu prije nego započnu izvođenje eksperimenta. U našem laboratoriju je dio studenata koristio otvor za punjač na maskici mobitela, a dio studenata je konopom zavezao mobitel na oprugu.

Vježba se može prilagoditi za rad u kućnim uvjetima. Studenti umjesto opruge mogu koristiti neku vrstu elastične vrpce (npr. više povezanih elastičnih gumica).

Priprema za vježbu

Preporuča se da studenti prije dolaska na vježbu instaliraju *PhyPhox* aplikaciju na svoj mobitel i pomoću nje snime nekoliko različitih zvukova. Aplikacija je jednostavna za korištenje, ali je korisno da studenti malo prouče koje sve podatke o snimljenom zvuku mogu dobiti pomoću aplikacije.

Prvi dio – interferencija zvuka

Studenti mogu tražiti minimume interferencije pomoću svog sluha ili pomoću *PhyPhox* aplikacije. Preporučamo da studenti svojim sluhom traže minimume interferencije, a ukoliko žele svoja opažanja mogu usporediti sa podacima iz aplikacije.

U toku provođenja vježbe studentima možete dati smjernice u obliku sljedećih pitanja:

1. Čime ste se vodili kada ste određivali uvjete (položaj izvora, glasnoća zvuka, frekvencija zvuka) u kojima ćete provoditi eksperiment?
2. U kojim uvjetima, od onih koje ste isprobali, Vam je bilo najlakše uočiti interferencijske minimume? Pokušajte objasniti zašto.

Ukoliko se radi o studentima nastavničkog smjera fizike možete ih pitati kako bi oni proveli ovaj eksperiment sa svojim učenicima u učionici.

Iz našeg laboratorija

Studenti su postavili izvore zvuka na visinu ušiju i generirali 2 jednaka tona. Lakše im je bilo uočiti minimume kod zvukove viših frekvencija (preko 2 000 Hz). Pronašli smo objašnjenje da je ljudsko uho najosjetljivije za raspon od oko 2 000 Hz – 5 000 Hz. Diskutirali smo kako za eksperiment s učenicima ne bi izabrali tonove jako visoke frekvencije jer nisu ugodne za slušanje.

Drugi dio – frekvencijski spektar različitih zvukova

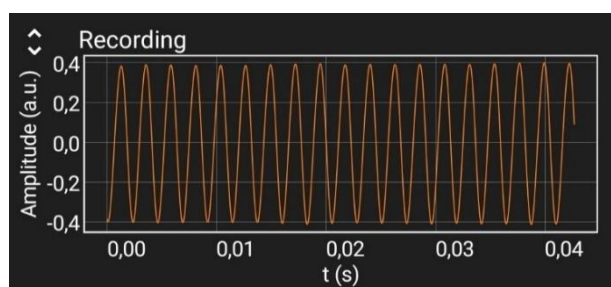
U ovom djelu vježbe studenti trebaju snimiti zvuk glazbene viljuške, zvuk nekog glazbenog instrumenta koji svira određenu notu, zatim zvuk drugog glazbenog instrumenta koji svira tu istu notu i na kraju zvuk gužvanja papira. S obzirom da studenti većinom neće imati glazbene instrumente na raspolaganju može ih se uputiti da odsvirane note pronađu na YouTube – u. Snimljene zvukove studenti analiziraju pomoću PhyPhoxa i Excela (ili drugog softvera za analizu podataka).

U toku provođenja vježbe studentima možete dati smjernice u obliku sljedećih pitanja:

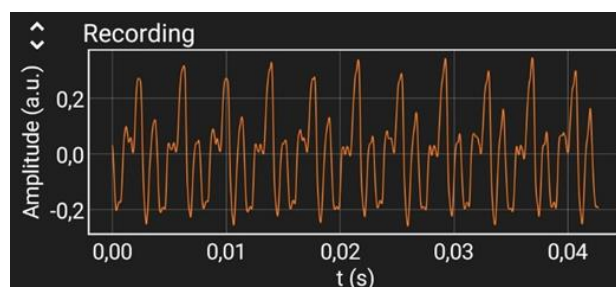
1. Po čemu su slični, a po čemu se razlikuju grafovi amplitude u vremenu za različite zvukove koje ste snimili?
2. Koji dio frekvencijskog spektra ćete koristiti u svojoj analizi?
3. Za koje zvukove ste uspjeli odrediti fundamentalnu frekvenciju i više harmonike?
4. Kako ste pronašli vezu između fundamentalne frekvencije i viših harmonika?
5. Koje sličnosti i razlike ste uočili između istih nota odsviranih na različitim instrumentima?
6. Biste li znali objasniti zašto ista nota odsvirana na različitim instrumentima ne zvuči jednako?

Prikupljanje i analiza podataka

PhyPhox aplikacija u načinu rada Audio Spectrum prikupit će sve podatke koji su studentima potrebni za izvršavanje ovog dijela vježbe. Grafove amplitude u vremenu za različite zvukove studenti analiziraju direktno iz aplikacije.

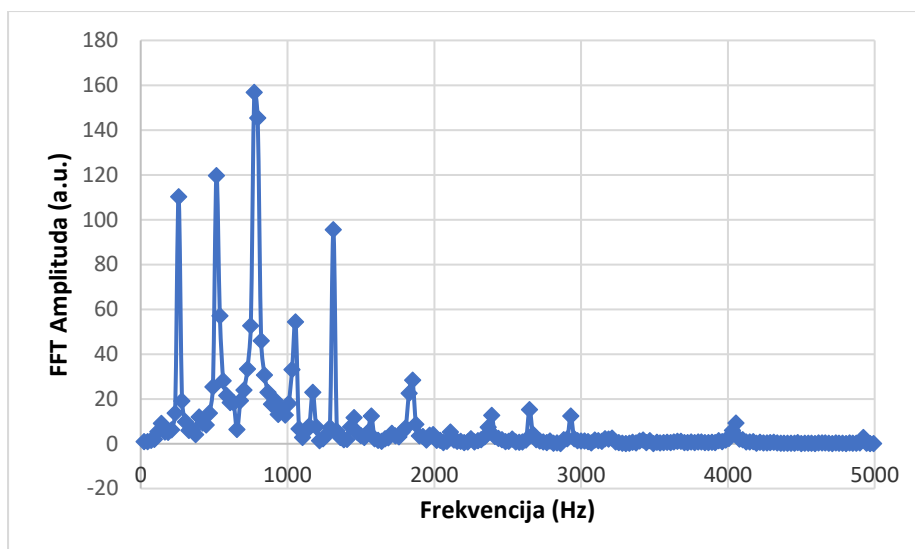


Slika 1. A – t graf; glazbena viljuška – sinusoidna funkcija

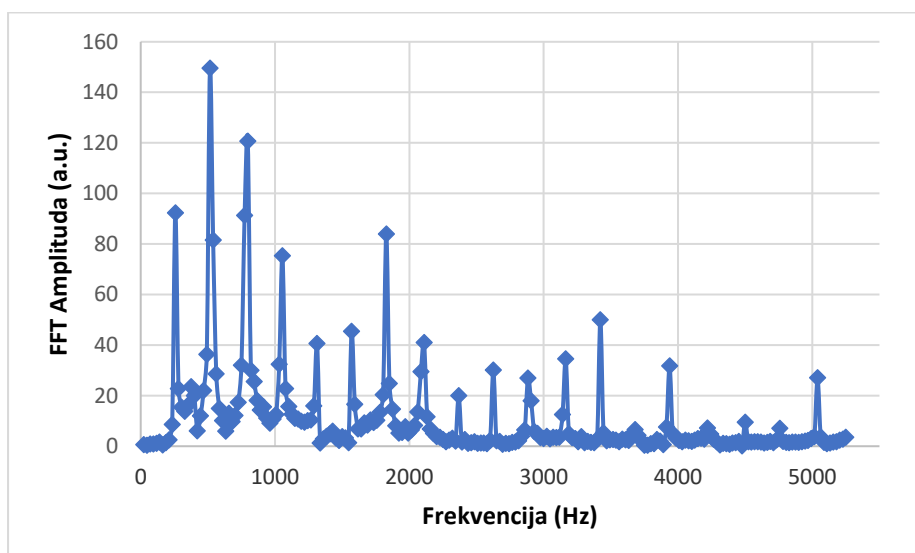


Slika 2. A-t graf; gitara C4 nota – periodična funkcija

Podatke o frekvencijskom spektru studenti trebaju prebaciti na računalo i analizirati u Excelu (ili drugom softveru za analizu podataka) jer je kvantitativna analiza nemoguća u aplikaciji. Prema uputama iz vježbe studenti crtaju frekvencijske spektre različitih zvukova.



Slika 3. Frekvencijski spektar C4 note odsvirane na klaviru.



Slika 4. Frekvencijski spektar C4 note odsvirane na gitari.

Iz našeg laboratorija

Studenti su se međusobno dogovarali kada će tko snimati zvukove kako ne bi ometali jedni druge. Bilo bi dobro da studenti u ovom djelu vježbe sami pripaze na pozadinsku buku, ali ako ima potrebe Vi ih na to upozorite.

Jedan dio studenata je imao problema s određivanjem dijela spektra kojeg smiju izbaciti iz analize. Ukoliko se na grafu prikazuje cijeli spektar frekvencija vizualizacija rezultata eksperimenta je loša, pa su studenti potaknuti da izbacе dio spektra koji nije relevantan za analizu eksperimenta. Međutim određeni broj studenata izbacio je i dio spektra u kojem se pojavljuju viši harmonici. Diskutirajte sa studentima kako su odredili koji dio spektra mogu ukloniti iz svoje analize. U evaluaciji vježbe velik broj studenata je istaknuo kako nisu znali zašto iste note odsvirane na različitim instrumentima različito zvuče te da im je ta analiza bila posebno zanimljiva. Jedan dio studenata je imao problema s procjenom nepouzdanosti osnovne frekvencije. Iako je u uputama vježbe detaljno objašnjen postupak procjene nepouzdanosti nekoliko studenata nepouzdanost su procijenili kao polovicu visine maksimuma umjesto polovicu širine maksimuma.

Studentima je bio zabavan zadatak u kojem su snimali sebe i kolegu/icu kako izgovaraju 2 različita samoglasnika. U tom zadatku se može spomenuti da logopedi ponekad koriste vizualizaciju zvučnih valova ljudskog govora kako bi pomogli ljudima da vizualiziraju svoj napredak u izgovoru.

Treći dio – Dopplerov efekt

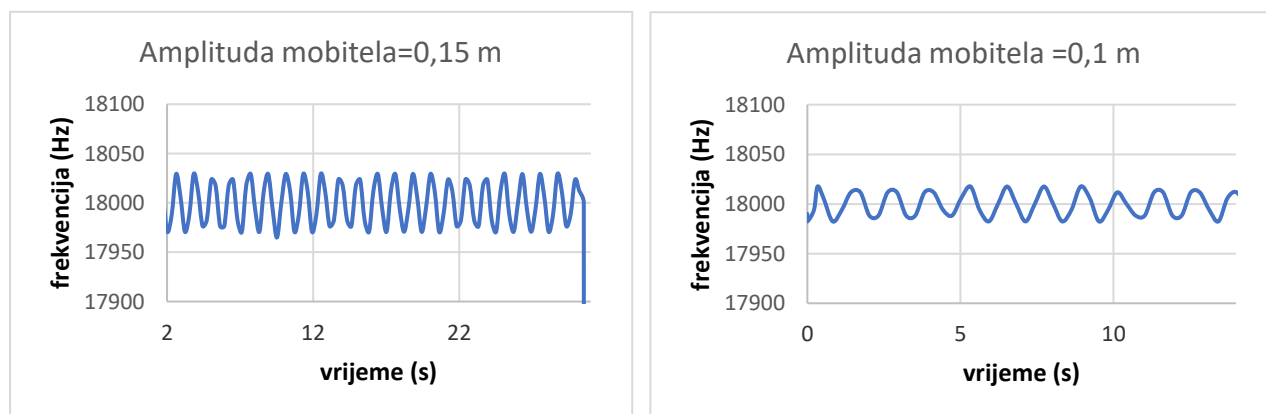
U ovom djelu vježbe studenti emitiraju ton visoke frekvencije s mobitela koji harmonijski titra, a drugim stacionarnim mobitelom prikupljaju informacije o detektiranoj frekvenciji. U eksperimentu se koristi ultrazvučna frekvencija jer je Dopplerov pomak frekvencije proporcionalan iznosu emitirane frekvencije. Za visoke emitirane frekvencije razlika između emitirane i detektirane frekvencije je uočljiva i za male brzine gibanja izvora. Osim toga studenti u toku provođenja eksperimenta neće čuti emitirane zvukove koji bi bili iritantni za slušanje, posebno ukoliko više grupa studenata provodi vježbu u isto vrijeme. S druge strane, ne preporučuje se korištenje frekvencija većih od 20 kHz jer ih mobiteli nisu u stanju adekvatno emitirati.

U toku provođenja vježbe studentima možete dati smjernice u obliku sljedećih pitanja:

1. Kako je najbolje postaviti mobitel izvor i mobitel detektor u ovom eksperimentu? Zašto?
2. Što očekujete kako će izgledati $f - t$ graf koji će zabilježiti mobitel detektor? Objasnite svoja očekivanja.
3. Kako ste odabrali raspon frekvencija kojeg ste prikazali na grafu? U kojem rasponu frekvencija očekujete da će se kretati detektirane frekvencije?
4. U kojem položaju se nalazi mobitel izvor kada je detektirana frekvencija maksimalna, a u kojem kada je minimalna? U kojem položaju se nalazi mobitel kada su detektirana i emitirana frekvencija jednake?
5. Kako pomoću Dopplerovog efekta možete odrediti brzinu mobitela u ravnotežnom položaju?
6. Ukoliko svi lokalni minimumi/maksimumi detektirane frekvencije nisu jednaki čime bi to moglo biti uzrokovano?
7. Koja su ograničenja ovog eksperimenta?

Prikupljanje i analiza podataka

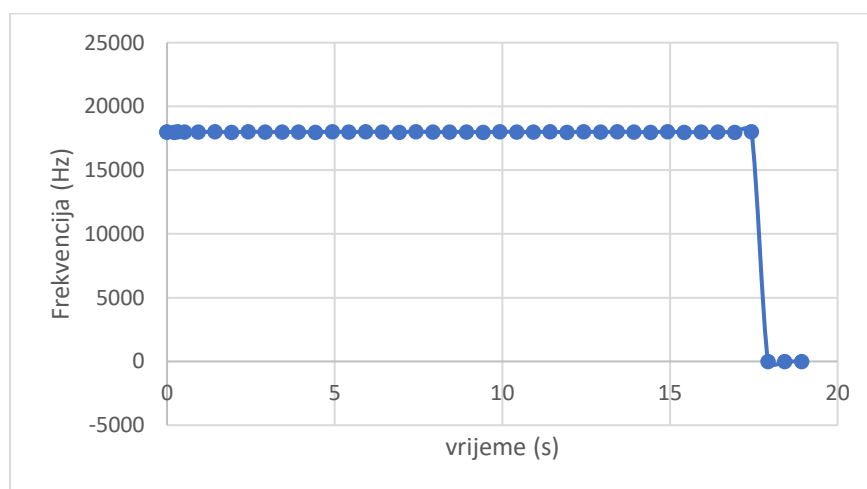
Studenti bi trebali smjestiti mobitele tako da su zvučnici i mikrofoni oba mobitela okrenuti jedni prema drugom. Titranje mobitela izvora trebalo bi biti jednodimenzionalno onoliko koliko je to moguće postići. *PhyPhox* aplikacija u načinu rada Audio Spectrum prikupit će sve podatke koji su studentima potrebni za izvršavanje ovog dijela vježbe, ali je važno da studenti prije početka mjerenja odaberu način obrade podataka u *PhyPhoxu* prema uputama iz vježbe. Upute za mjerenje detaljno su objašnjene u vježbi i važno je da ih studenti pažljivo pročitaju prije početka provođenja eksperimenta.



Slika 5. Primjer grafa detektirane frekvencije u vremenu za dvije različite amplitude titranja mobitela izvora.

Iz našeg laboratorija

Studenti su uspješno predvidjeli izgled $f - t$ grafa, ali su ponovno imali probleme s prikazivanjem prikupljenih podataka na grafu. *PhyPhox* (u načinu radi koji je opisan u uputama) u svakom trenutku prikuplja samo frekvenciju najvećeg intenziteta što bi u ovom eksperimentu trebala biti frekvencija koju emitira mobitel izvor. Međutim većina studenata je u svojim mjerenjima prikupila još poneku znatno nižu frekvenciju pozadinske buke. Kada su u takvom slučaju studenti na grafu prikazali sve prikupljene podatke dobili su graf (primjer; Slika 6.) koji je bio jako loša vizualizacija onoga što se u eksperimentu događa i studenti su iz takvog grafa zaključili ili da su potpuno krivo proveli eksperiment ili da eksperimentalni postav ne funkcionira. Prikupljanje nižih frekvencija većinom se događalo na početku ili na kraju mjerenja, ali je moguće u bilo kojem trenutku mjerenja.



Slika 6. Primjer $f - t$ grafa iz kojeg nisu uklonjene detektirane niske frekvencije pozadinske buke

Sa studentima je bilo potrebno raspraviti u kojem rasponu frekvencija je realno očekivati da se nalaze detektirane frekvencije, odakle dolaze znatno niže prikupljene frekvencije i zašto ih je potrebno ukloniti pri analizi podatka. Iako se ova poteškoća može izbjeći ako se pripazi na pozadinsku buku, smatramo da je ovdje zapravo korisnije raspraviti sa studentima kada i zašto se neki podaci smiju ukloniti iz analize podatka.

Studenti su sami diskutirali o tome kako titranje u više dimenzija može utjecati na očekivanu brzinu mobitela u ravnotežnom položaju te zaključili da zbog toga i ograničenja mobitela kao mjernog instrumenta (opisanih u vježbi) svi detektirani lokalni minimumi i maksimumi nisu jednaki.

Značajan dio studenata nije pažljivo pročitao upute za mjerenje prije provođenja eksperimenta pa su uspješno prikupili podatke tek iz drugog ili trećeg pokušaja. Upozorite studente da pažljivo čitaju upute.

Izvještaj

Studenti su svoje odgovore pisali direktno u dokument s uputama i slali word/PDF dokumente nastavniku. Studente je potrebno podsjetiti da u dokumentu prilože sve dobivene rezultate i grafove te da zapišu svoja zapažanja, objašnjenja i zaključke tamo gdje se to od njih traži.