

## Zvučni udari

---

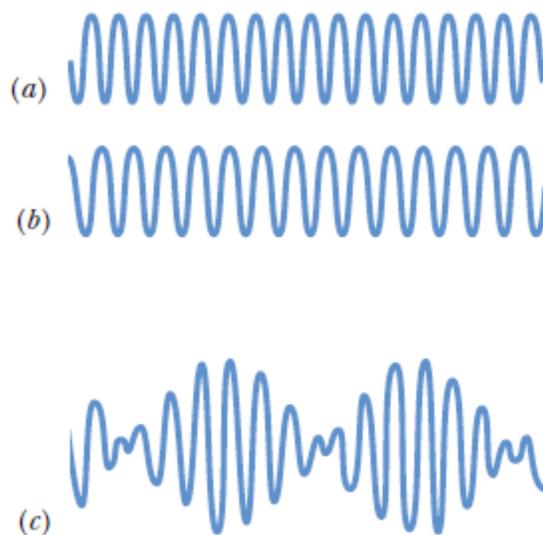
### Cilj vježbe

*Analiza para bliskih frekvencija.*

---

### Teorijski dio

Promotrite prikaz pomaka vala u ovisnosti o vremenu (slika 1); Pod a) i b) ilustrirana su dva vala bliskih frekvencija, na primjer, 510 i 520 Hz. Ukoliko bi svaki od dva vala čuli zasebno, ne bismo percipirali razliku jer je ona svega 10 Hz. Međutim, ukoliko bi ta dva vala istovremeno stigla do naših ušiju, čuli bismo zvuk frekvencije koja je srednja vrijednost zasebnih frekvencija valova  $a$  i  $b$ , dakle 515 Hz. Također, registrirali bismo i varijacije u intenzitetu zvuka, koji je nastao superpozicijom valova  $a$  i  $b$ . Intenzitet bi se periodično povećavao i smanjivao, a period bi mu bio  $1/10$  s, gdje je 10 Hz razlika frekvencija vala  $a$  i vala  $b$ . Ta varijacija u intenzitetu zvuka naziva se zvučni udar, a prikazan je slikom 1c).



**Slika 1.** a), b) Dva vala bliskih frekvencija prikazana onako kako bi ih registriralo uho da do njega stignu zasebno c) Rezultantni val kojeg bi registriralo uho ako bi gornja dva vala do njega stigli istovremeno<sup>1</sup>

Neka su valovi pod a) i b) jednakih amplituda  $A$  i neka su opisani jednadžbama

---

<sup>1</sup> Young, H. D., Freedman, R. A., & Ford, L. (2008). *University Physics with Modern Physics 13th Edition*. Pearson Education.

$$s_a = A \cos(\omega_a t) \quad \text{i} \quad s_b = A \cos(\omega_b t). \quad (1)$$

Val pod c), koji nastaje superpozicijom tada je opisan jednadžbom

$$S = s_a + s_b = [2A \cos(\frac{1}{2}(s_a - s_b) t)] \cos(\frac{1}{2}(s_a + s_b)), \quad (2)$$

a njegova je frekvencija

$$f = f_a - f_b. \quad (3)$$

## Eksperimentalni dio

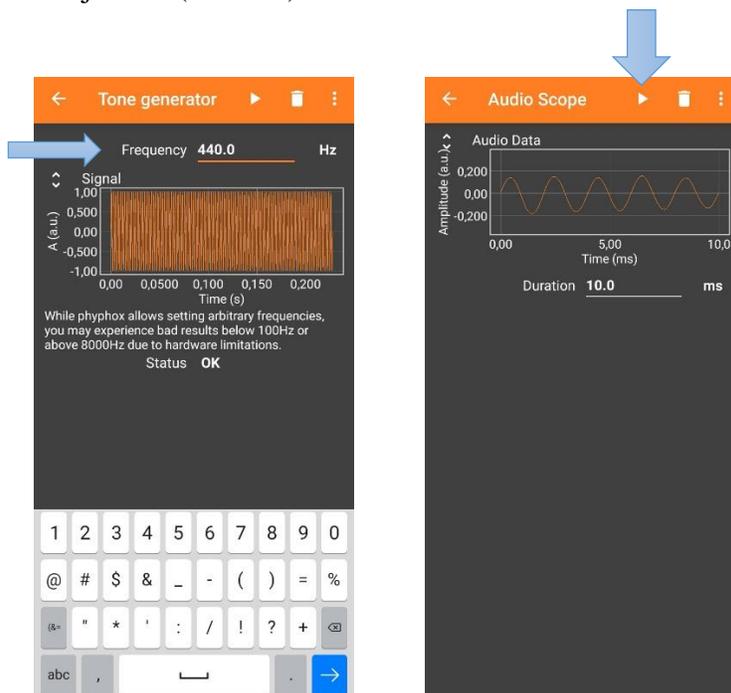
Na vaš pametni telefon preuzmite besplatnu aplikaciju Phypox: <https://phyphox.org/>

Za vježbu vam trebaju 3 pametna telefona (na svaki je potrebno preuzeti Phypox) ili 1 pametni telefon, slušalice i *Online Tone Generator tool* koji se nalazi na: <http://onlinetonegenerator.com/binauralbeats.html>

### Upute za 3 pametna telefona

Na početnom sučelju aplikacije odaberite alat *Tone Generator* u rubrici *Acoustics*. Sučelje ovog alata treba vam biti otvoreno na dva pametna telefona. Alat će generirati zvuk zadane proizvoljne frekvencije, a njezinu vrijednost unosite tipkovnicom kako je prikazano slikom 2a. Dva telefona su potrebna da bi generirali dva tona bliskih frekvencija  $f_a, f_b$ , s time da je  $f_a > f_b$ .

Na trećem pametnom telefonu, na početnom sučelju aplikacije odaberite alat *Audio Scope* u rubrici *Acoustics*. Ovaj alat registrirat će superponirane tonove koje ste generirali pomoću alata *Tone Generator*. Prvo pokrenete *Audio Scope* klikom na *Play*, u gornjem desnom dijelu zaslona. Zatim, istovremeno generirajte dva tona u *Tone Generatoru*, također klikom na *Play*. Kada ste dobili sliku na *Audio Scopeu*, pauzirajte alat (slika 2b).



Slika 2. a) Unesite zadanu frekvenciju na označeno mjesto na 2 pametna telefona b) Snimite rezultatni zvuk pomoću trećeg telefona pritiskom na *Play/Pause*

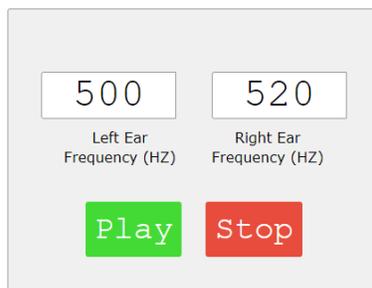
## Upute za 1 pametni telefon

Na pametnom telefonu, na početnom sučelju aplikacije odaberite alat *Audio Scope* u rubrici *Acoustics*. Ovaj alat registrirat će superponirane tonove koje ste generirali pomoću *online* alata *Tone Generator*.

Na *online* sučelju *Tone Generatora* možete upisati proizvoljne frekvencije. U slučaju kada na računalo nisu priključene slušalice: pritiskom na *Play* prvi puta, čut ćete ton frekvencije upisane u lijevi okvir, pritiskom na *Play* drugi puta, čut ćete ton frekvencije upisane u desni okvir. Kada su na računalo priključene slušalice, čujete zvučne udare, a uši registriraju superponirani ton.

Upišite vrijednosti proizvoljnih bliskih frekvencija  $f_a, f_b$ , s time da je  $f_a > f_b$ . Testirajte sučelje klikom na *Play*, bez priključenih slušalica, a zatim ih priključite i testirajte. Nakon testa, zaustavite *Tone Generator* klikom na *Stop*.

Pokrenete *Audio Scope* klikom na *Play*, u gornjem desnom dijelu zaslona telefona. Zatim, pojačajte jakost zvuka na vašem računalo na najveću moguću. Slušalice trebaju već biti priključene na računalo. Prislonite slušalice mikrofONU vašeg telefona (mikrofONU koji koristi zvuk kao *input*, dakle na mjesto gdje govorite „u telefon“) i pokrenite *online Tone Generator*. Kada ste dobili sliku na *Audio Scopeu*, pauzirajte alat (slika 2b).



Slika 3. *Online Tone Generator Tool*

### Postupak mjerenja

Potreban pribor: 3 pametna telefona ili 1 pametni telefon, *Online Tone Generator Tool*, slušalice

1. Aplikacije na mobitelu koristite sa zadanim postavkama
2. Mjerite 3 para bliskih frekvencija kako vas navodi tablica u Radu u laboratoriju, gdje vam je frekvencija jednog tona u paru već zadana, a drugi odabirete sami
3. Napravite sliku zaslona pametnog telefona na kojem se vidi rezultatni val na sučelju alata *Audio Scope* za svako od 3 mjerenja

**Napomena: Neka vam razlika u frekvencijama u jednom paru ne bude veća od 30 Hz!**

Ime i prezime:

---

## Rad u laboratoriju

### Zadatak 1:

a) Prateći upute opisane u prethodnom dijelu predloška, ispunite tablicu 1. podacima.

Tablica 1. Rezultati mjerenja u (Hz)

Prvi par		Drugi par		Treći par	
$f_a$	$f_b$	$f_a$	$f_b$	$f_a$	$f_b$
410		500		580	
$\bar{f}$		$\bar{f}$		$\bar{f}$	
$f_a - f_b$		$f_a - f_b$		$f_a - f_b$	

b) Umetnite sliku zaslona pametnog telefona na kojem se vidi rezultatni val na sučelju alata *Audio Scope* za svako od 3 mjerenja. Smanjite sliku tako da sve tri stanu u donji prostor, jedna pored druge, počevši sa prvim mjerenjem.

Ime i prezime:

---

## Analiza i rasprava rezultata mjerenja

### Zadatak 2:

Broj udara u 1. mjerenju \_\_\_\_\_, 2. mjerenju \_\_\_\_\_, 3. mjerenju \_\_\_\_\_.

Je li vremenska skala jednaka u sva tri mjerenja? (DA/NE) \_\_\_\_\_.

Objasnite kako promjena vremenske skale utječe na broj udara.

### Zadatak 3:

Period izražen u (s) u 1. mjerenju \_\_\_\_\_, 2. mjerenju \_\_\_\_\_, 3. mjerenju \_\_\_\_\_.

Je li vremenska skala jednaka u sva tri mjerenja? (DA/NE) \_\_\_\_\_.

Objasnite kako promjena vremenske skale utječe na period.

### Zadatak 3:

Što je veličina  $\bar{f}$  u tablici mjernih podataka?

### Zadatak 4:

Možete li odrediti amplitudu zvučnog udara? Objasnite.

Ukoliko možete:

Amplituda u 1. mjerenju \_\_\_\_\_, 2. mjerenju \_\_\_\_\_, 3. mjerenju \_\_\_\_\_.

**Zadatak 5:**

Kako glazbenici koriste zvučne udare za uštímanje instrumenata?