

FIZIKA GLAZBENIH INSTRUMENATA

Glazba je umjetnost čiji je medij zvuk organiziran u vremenu. Glazba je jedna od najstarijih i u današnjem životu najvažnijih umjetnosti, te tako ima mnoge svrhe: religijske, estetičke, ceremonijske, zabavljачke, komunikacijske i druge. Ako kao glavne izvore zvukova uzmemo glazbene instrumente, proučavajući zvuk u fizikalnom smislu možemo produbiti razumijevanje i znanje o glazbi. Zvukom nazivamo longitudinalne mehaničke valove koje registriramo uhom. Stojne longitudinalne valove možemo dobiti u štapovima, staklenim cijevima, sviralama itd. Ton koji ćemo dobiti nekim sviralom ovisi o frekvenciji, geometrijskoj konstrukciji i materijalu od kojega je svirala načinjena. Svaki određeni ton ima točno određenu frekvenciju.

Izrada svirale poznate kao „Flašofon“

Da bismo od boce načinili sviralu te zasvirali određeni ton potrebno je izmjeriti i odrediti nekoliko parametara. Upotrijebit ćemo i tablet (računalo) i besplatni program za snimanje i obradu zvuka Audacity. (instaliran na tabletu)



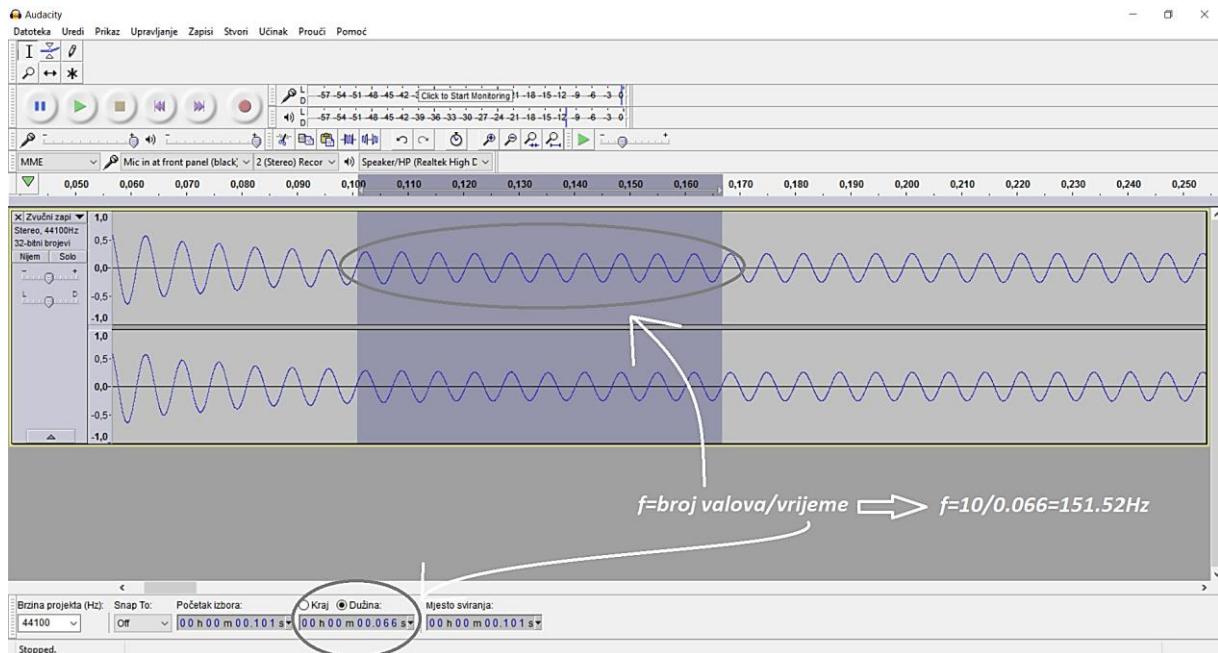
Krenimo u istraživanje!

Pribor: staklena boca/e, menzura, ravnalo, pipeta, tablet

U praznu bocu ulijte nešto vode. Upuhajte zrak u bocu sve dok ne dobijete/detektirate zvonak i glasan zvuk/ton. Dolijete ili odlijete vodu iz boce te ponovno upuhajte zrak u bocu sve dok ne dobijete neki zvonak i glasan zvuk/ton. Ima li razlike u tonovima koje ste čuli? Da biste provjerili postoje li razlike u dobivenim tonovima, uključite tablet te otvorite i pokrenite program za snimanje i obradu zvuka Audacity. Razmotrite sučelje programa. Pokrenite snimanje zvuka pritiskom na  , program snima , a prekid snimanja vršimo pritiskom na ikonicu  (provjerite da li je uključen zvuk).

Pogledajte priloženi slikovni primjer na kojem je prikazan način određivanja frekvencije tona.

10. ZIMSKA ŠKOLA FIZIKE za učenike srednjih škola Osječko-baranjske županije,
 Odjel za fiziku Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku, 23. veljače 2019.



Pitanje koje se nameće i o kojem treba promisliti je:

Da li zvuk/ton koji čujemo nastaje utitravanjem stupca vode u boci ili stupca zraka?

Odgovor na postavljeno pitanje možda možemo dobiti ako se prisjetimo/ili sada pročitamo kako nastaje stojni val i koje fizikalne veličine određuju frekvenciju tona.

Stojni valovi nastaju interferencijom dva ista longitudinalna zvučna vala koji se šire u suprotnim smjerovima kroz cijev nekog presjeka i neke dužine (svirala). Svirala može biti zatvorena ili otvorena, na oba kraja ili samo na jednom kraju.

Otvorena na oba kraja

$$f_n = n \frac{v}{2L} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Viši harmonici su svi višekratnici osnovne frekvencije

Zatvorena na jednom kraju

$$f_n = (2n-1) \frac{v}{4L} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Viši harmonici su samo neparni višekratnici osnovne frekvencije

Provjerite da li gore navedeni izrazi vrijede i za vašu problemsku situaciju. Provjeru izvršite služeći se Audacity-em, snimanjem frekvencije tona proizvedenog sviralom-flašofon, te mjerenjem visina stupca vode i visine stupca zraka. Npr. uzmite da želite odsvirati ton $f(F_3) = 174,6 \text{ Hz}$.

v – brzina zvuka, L – duljina svirale

Nadamo se da niste odustali o daljnjeg istraživanja!



Naime, iako je vaša problemska situacija slična onoj „običnoj“ sa zatvorenim i otvorenim sviralom, ipak svaki instrument ima neke svoje .

Postupak određivanja frekvencije tona

Ako u običnu bocu upuhujemo zrak, kao rezultat tog djelovanja dobit ćemo zvuk koji će u određenim uvjetima biti ton. Stojni longitudinalni val nastaje utitravanjem stupca zraka.

Uporabom programa Audacity prvo se određuje tzv. rezonantna frekvencija boce koja je specifična za svaku bocu i ovisi o parametrima poput debljine stakla, obliku boce, visini grla boce.

Analizu tonova pomoću rezonancije opisao je Hermann von Helmholtz.

Helmholtzova rezonantna frekvencija

$$f_{\text{Helmholtz}} = \varepsilon \cdot \frac{v}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{a}{V \cdot l}}$$

gdje su ε - faktor oblika (tzv. form factor), v - brzina zvuka u zraku, a - površina grla koja ovisi o obliku, V - obujam zraka u boci (mjereno do vrata boce), l - visina vrata boce



a) Određivanje faktora oblika ε

Izmjerite:

$l =$

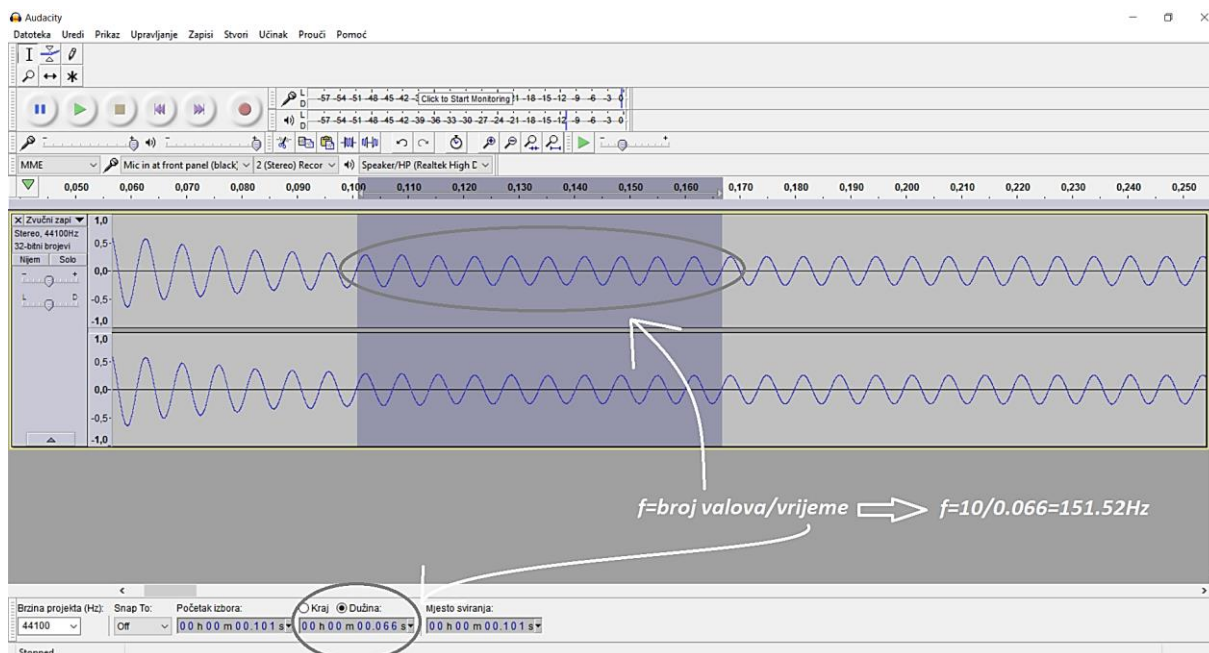
$r =$ ili $d =$

$V =$

Upute:

Da biste odredili obujam prazne boce poslužite se menzurom. Ulijevajte vodu u bocu sve do početka vrata boce. Nakon što ste ulili vodu do vrata boce, izmjerite ravnalom visinu vrata boce. Za brzinu zvuka u zraku možete uzeti 340 m/s ili možete biti i točniji te izmjeriti temperaturu zraka i na temelju izraza $v = 331 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{1 + \frac{t}{273,15}}$ izračunati v . Kod određivanja površine grla boce a potrebno je izmjeriti promjer d i izračunati a .

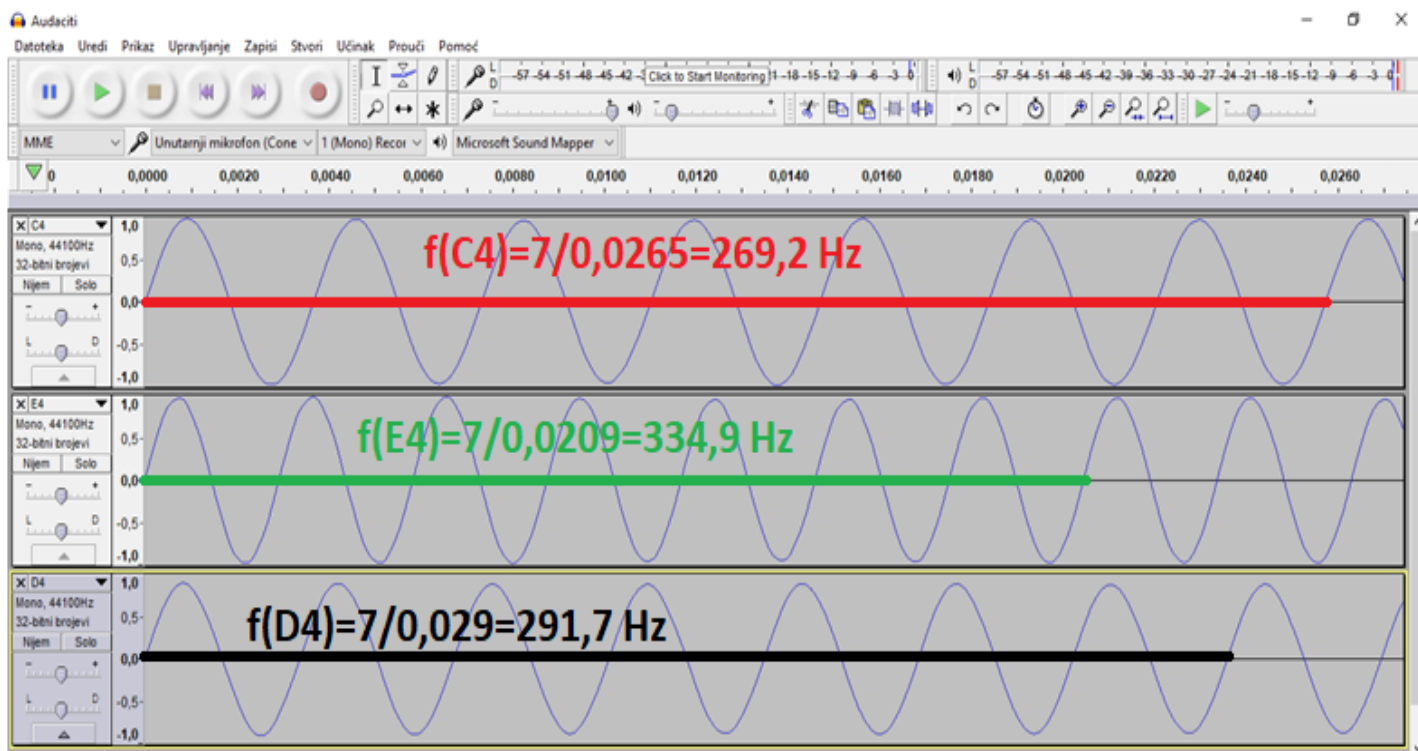
Audacity-em snimate rezonantnu frekvenciju prazne boce i odredite joj vrijednost.



Primjenom izraza $f_{\text{Helmholtz}} = \varepsilon \cdot \frac{v}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{a}{V \cdot l}}$ izračunajte parametar ε . Parametar ε poprima vrijednosti $0,5 < \varepsilon < 1$.

b) Određivanje frekvencije tona glazbene ljestvice

Kada su poznati parametri ε , a , l i v u mogućnosti ste izračunati željeni ton glazbene ljestvice. Upuhavanjem zraka u bocu trebate dobiti ton F_3 čija je frekvencija $f(F_3) = 174,6 \text{ Hz}$. Upotrijebite izraz za Helmholtzovu rezonantnu frekvenciju i izračunajte obujam zraka koji mora ostati u boci. Nakon toga izračunajte obujam vode koji je potrebno uliti u bocu i provedite postupak ulijevanja. Provedite provjeru frekvencije pomoću programa Audacity. Pokrenite snimanje zvuka, upuhajte zrak u bocu sve dok ne dobijete rezonantnu frekvenciju (program snima) te nakon toga zaustavite program. Uvećajte prikaz razvlačenjem ili odabirom alata za povećavanje. Odaberite određen broj titraja te očitavajući vrijeme koje je proteklo, izračunajte frekvenciju f (pogledajte priloženi primjer).



Frekvencija bi trebala odgovarati frekvenciji tona koji ste željeli, u ovom slučaju $f(F_3) = 174,6 \text{ Hz}$. Naravno, uz manja odstupanja.

Postupak ponavljate za svaki sljedeći željeni ton.