

ОДРЕЂИВАЊЕ БРЗИНЕ ЗВУКА У ВАЗДУХУ ДИРЕКТНОМ МЕТОДОМ

1. ПОДАЦИ О ЧАСУ

Дефинисање часа

Физика, лабораторијска вјежба за други разред гимназије

Увођење новине

Савремен начин експерименталног одређивања брзине звука у ваздуху.

Мотивација

Коришћење рачунара за веома прецизно мјерење времена у реалном физичком експерименту. Ученици ће на прикладан начин бити упознати на који начин могу помоћу рачунара и слушалица за уши да одреде брзину звука у ваздуху са високом тачношћу.

2. ПЛАНИРАЊЕ И ОРГАНИЗАЦИЈА ЧАСА

Очекивани исходи

Ученици су у стању да

- примјењују стечена знања о простирању звука;
- користе апликацију *Audacity* за снимање звука и мјерење времена;
- одреде брзину звука на основу измјерених вриједности;
- израчунају аритметичку средину мјерене величине;
- израчунају очекивану вриједност за брзину звука на датој температури и упореде је са измјереном вриједношћу;
- израчунају релативну грешку мјерења.

Методе и облици рада

Методе: експерименталне, метода усменог излагања, демонстрација

Облици рада: фронтални, у паровима, индивидуални рад.

Усаглашеност са наставним планом и програмом

Вјежба је дио програма предмета.

Средства и помагала потребна за извођење часа

Рачунар, дигитални пројектор, два микрофона, адаптер кућне израде, слушалице за уши.

Потребно вријеме: школски час (45 мин).

Опис експеримента

Звучна карта рачунара омогућава снимање звука са два одвојена микрофона ако су прикључени на *line-in* конектор звучне карте. Програм за обраду звука може да визуелно прикаже сигнале које је снимила звучна карта у лијевом каналу (сигнал који је произвео први микрофон) и у десном каналу каналу (сигнал који је произвео други микрофон). Звучна карта снима звук дигитално. Долазећи сигнал (промјенљиви напон који стиже од микрофона) звучна карта семплије (узоркује) фреквенцијом 44100 Hz. То значи да звучна карта мјери јачину долазног сигнала сваких

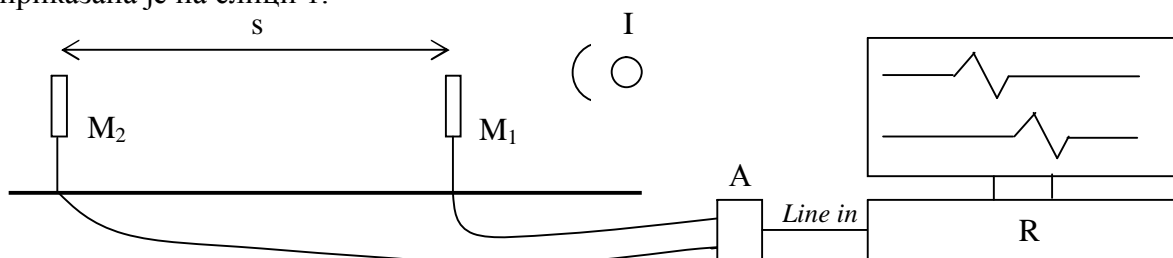
$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{44100 \text{ Hz}} = 0,023 \text{ ms}.$$
 Овако висока фреквенција семпловања омогућава рачунару да

потпуно реконструише долазни аналогни сигнал са микрофона (који се мијења непрекидно). Осим тога јачини сигнала се додјељује ограничен број вриједности које јачина може да има. Практично,

интервал који јачина звука узима издијељен је на велики (коначан) број малих интервала а сваком малом интервалу је додијељена једна бројна вриједност. Приликом семпловања сигнала сваких 0,023 ms јачини сигнала се додјељује један број из унапријед дефинисаног скупа вриједности, већ према јачини сигнала. Пошто се сваки број у бинарном систему може приказати као комбинација јединица и нула - резултат је дигитални запис звука.

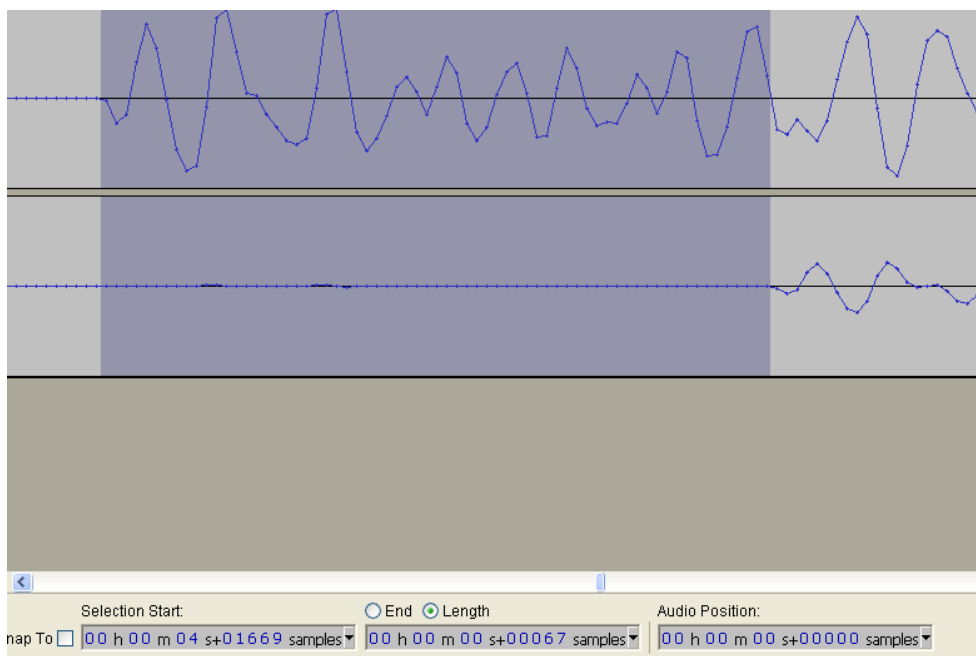
У експерименту је за снимање звука кориштен бесплатни програм за обраду звука *Audacity* преузет са интернета, (нпр са <http://audacity.en.softonic.com/>).

Шема експеримента за одређивање брзине звука у ваздуху помоћу рачунара и два микрофона приказана је на слици 1.



Слика 1. Шема експеримента за одређивање брзине звука у ваздуху помоћу два микрофона

Два микрофона M_1 и M_2 су постављена на неком растојању s , и преко адаптера кућне израде A су прикључени на рачунар R (*line-in* улаз звучне карте). Извор звука је постављен на правцу који спаја врхове микрофона. Покрене се програм за обраду звука и покрене снимање звука. Звук се произведе нпр. кратким ударцем лаганог металног предмета у стаклену флашу (извор звука I). Настали звучни талас прво стиже до микрофона M_1 а тренутак касније до микрофона M_2 . Програм ће забиљежити таласни облик приспјелог звука одвојено за први и други микрофон. Након што се заустави снимање звука и добијена слика увећа зумирањем на екрану рачунара, јасно се уочава да постоји временска разлика у приспјећу звука до првог и другог микрофона (слика 2).



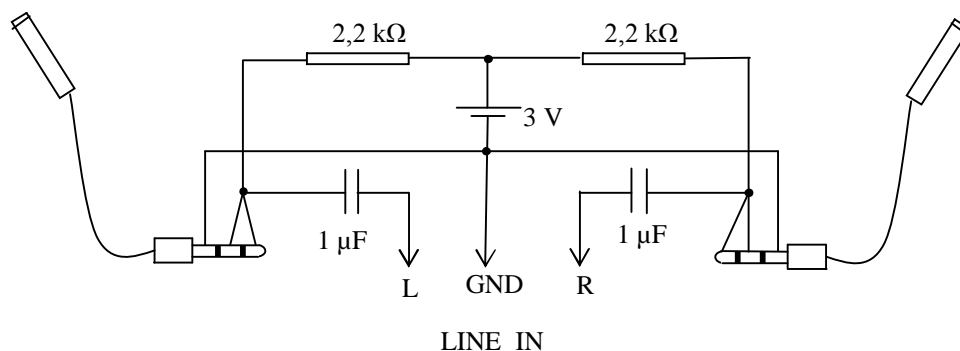
Слика 2. Горњи таласни облик је забиљежио микрофон ближи извору звука а доњи облик микрофон који је био више удаљен од извора. На слици је селектован временски интервал за који звук пређе растојање између два микрофона. Такође се са слике јасно види да је интензитет звука који стиже до другог микрофона много мањи у односу на интензитет звука који долази до првог микрофона, сагласно закону да јачина звука опада са квадратом растојања од извора.

Ту временску разлику лако је одредити ако се селекује временски интервал који представља кашњење звука, програм приказује дужину тог интервала преко броја семплова. Број семплова помножи се са $0,023 \text{ ms}$ и добија се вријеме за које је звук прешао растојање између два микрофона изражено у милисекундама. Растојање између два микрофона се измјери метром а брзина звука се израчунава као $v = s/t$.

У примјеру приказаном на слици 2 растојање између микрофона је 53 cm . Временски интервал за који звук прелази то растојање је на слици селекуван и износи 67 семплова или $t = 67 \cdot 23 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 1,541 \text{ ms}$. Брзина звука у ваздуху на основу ових података

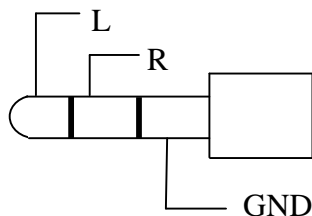
$$v = \frac{s}{t} = \frac{0,53 \text{ m}}{1,541 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 344 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

За рад микрофона је потребан напон, који он уобичајено добија преко микрофонског улаза звучне карте (*Mic*). Пошто се у експерименту користи *line-in* улаз звучне карте који не даје никакав напон, него очекује неки промјенљиви напон (сигнал) од неког спољашњег уређаја као што је касетофон или музичка линија, потребно је направити адаптер који ће микрофоне да снабдјева потребним напonom и њихове сигнале да преко стерео кабла пренесе до *line-in* улаза у звучну карту. Шема адаптера који се користи у експерименту је дата на слици 2.



Слика 3. Шема адаптера који сигнал са сваког микрофона преноси преко стерео кабла на стерео улаз звучне карте

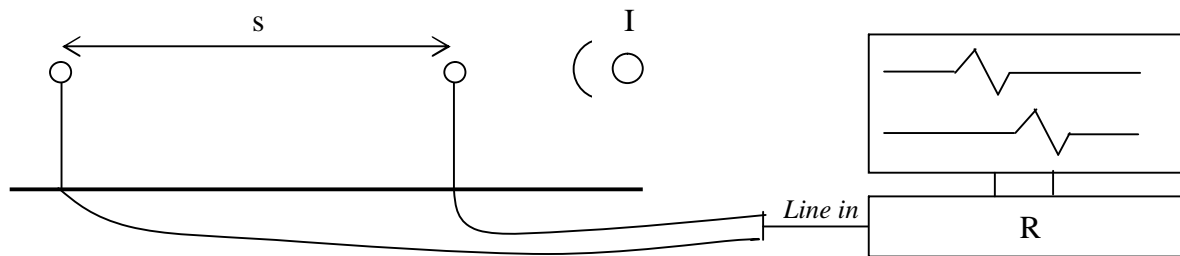
Улаз у адаптер чине два микрофона а излаз је стерео кабл који одводи сигнале са микрофона у *line-in* прикључак звучне карте. Стерео кабл је у суштини трожиљни кабл који се завршава са $3,5 \text{ mm}$ мушким конекторима (истим као што их има и микрофон). За градњу адаптера су дакле потребна три женска $3,5 \text{ mm}$ конектора (два за прикључке микрофона и један за стерео кабл). На слици 4 је приказан распоред проводника на конектору стерео кабла.



Слика 4. Распоред проводника на конектору стерео кабла

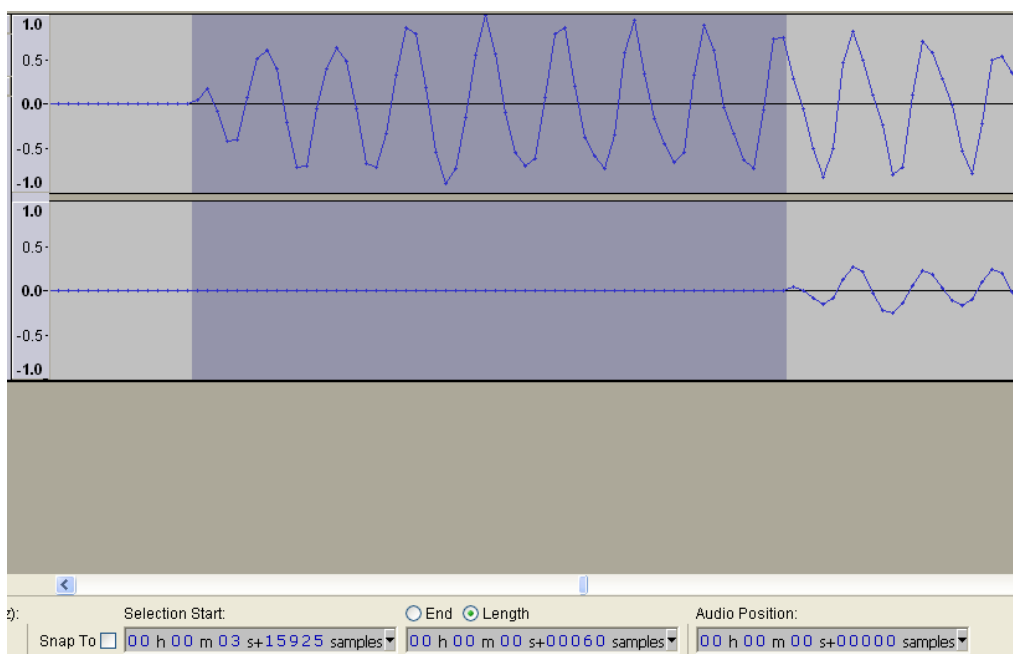
Одређивање брзине звука у ваздуху помоћу слушалица

Описани експеримент за одређивање брзине звука у ваздуху помоћу два микрофона могуће је извести на једноставнији начин. Умјесто микрофона користе се обичне слушалице за уши какве користе МР3 плејери и многи музички уређаји. Слушалице се директно прикључују на *line-in* улаз звучне карте. Иако је првенствена наміјена слушалица да промјенљиви напон који добијају од музичког уређаја претворе у звук, оне могу да раде и у обрнутом режиму тј. да звук претворе у промјенљиви напон (као микрофон) али са много мањом ефикасношћу.



Слика 1. Шема експеримента за одређивање брзине звука у ваздуху помоћу слушалица

На слици 5 су приказани таласни облици које су забиљежиле слушалице које се стављају у уши (лијева и десна).



Слика 5. Таласни облици забиљежени апликацијом Audacity уз помоћу слушалица за уши. У зависности од квалитета звучне карте снимљени таласни облик ће можда, прије зумирања, бити потребно појачати командом Effect/Amplify...

Растојање између лијеве и десне слушалице у експерименту са слике $s = 0,463 \text{ m}$, а вријеме за које звук пређе то растојање је као што се види са слике је 60 семплова или $t = 60 \cdot 23 \mu\text{s} = 1,380 \cdot 10^{-3} \text{ s}$.

$$\text{Брзина звука } v = \frac{s}{t} = \frac{0,463 \text{ m}}{1,380 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 335 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$\text{Средња вриједност ова два мјерења } v_{sr} = \frac{344 \text{ m/s} + 335 \text{ m/s}}{2} \approx 340 \text{ m/s},$$

Температура ваздуха у просторији је износила 27°C , и на тој температури брзина звука у ваздуху износи $v = v_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}} = 348 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, гдје је $v_0 = 331,5 \text{ m/s}$, брзина звука на температури $T_0 = 273 \text{ K}$.

$$\text{а релативна грешка мјерења } \delta v = \frac{348 \text{ m/s} - 340 \text{ m/s}}{348 \text{ m/s}} \cdot 100 \approx 2\%$$

Организација часа (ток часа)

планирани садржај рада	активност наставника	активност ученика	планирано вријеме у min	методе и облик рада	начин праћења рада ученика	очекивани исходи
Упознати ученике са директном методом за мјерење брзине звука, коју су користили још Хумболт и Араго.	Укратко објашњава метод. Поставља питања и прати одговоре	Одговарају на питања	5	Питања и одговори, фронтални	Праћењем одговора	Разумију описани метод.
Представљање улоге звучне карте рачунара при снимању звука.	Упознаје ученике са улогом звучне карте при дигиталном снимању звука	Прате излагање наставника	10	Усмено излагање фронтални,	Праћењем активности ученика	Ученици упознати са улогом звучне карте при снимању звука.
Одређивање брзине звука помоћу два микрофона	Изводи експеримент.	Посматрају начин рада. Резултате мјерења записују у табелу. Врше израчунавања.	5	Експеримент, фронтални	Посматрањем активности ученика	Ученици упознати са начином извођења експеримента.
Одређивање брзине звука помоћу слушалица	Изводи експеримент.	Прате извођење експеримента.	5	Експеримент, фронтални	Постављањем питања.	Ученици упознати са начином извођења експеримента. Самостално врше израчунавања.
Ученици у паровима одређују брзину звука у ваздуху помоћу слушалица	Прати рад ученика при извођењу вјежбе, по потреби даје упутства.	Изводе вјежбу, врше израчунавања.	15	Експеримент, рад у пару	Посматрањем активности ученика	Изводе вјежбу, самостално или уз мању помоћ наставника.
Одређивање средње вриједности свих мјерења, очекиване брзине звука за дату температуру и релативне грешке.	Даје упутства ученицима	Врше израчунавања	5	индивидуални	Провјером добијених резултата	Самостално израчунавају тражене вриједности.