

Zvučni val

Cilj vježbe

Odrediti brzinu zvuka u zraku.

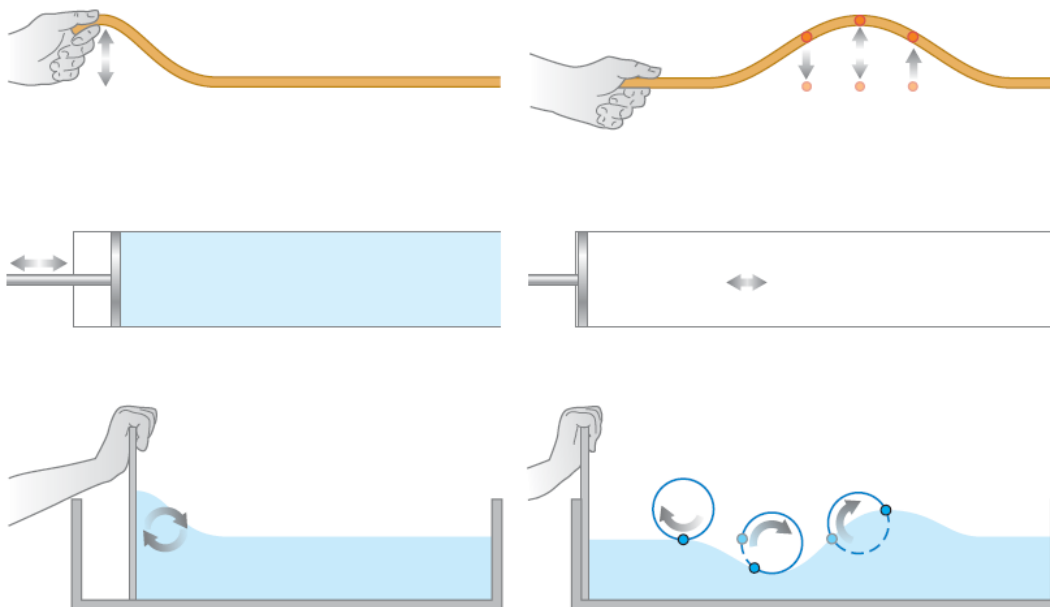
Teorijski dio

Mehanički val je poremećaj koji se širi nekim materijalom ili tvari, koju nazivamo medijem ili sredstvom širenja vala. Kako val „putuje“ medijem, čestice koje tvore medij čine različite pomake, ovisno o vrsti vala.

Na slici 1. prikazane su tri vrste mehaničkih valova. Ako se jedan kraj žice trzne, trzaj putuje duljinom žice. Dijelovi žice činit će isto gibanje kao i kraj kojeg smo trznuli, ali u kasnijim trenutcima. Budući da su pomaci medija okomiti, odnosno transverzalni na smjer širenja vala u mediju, ovakav val naziva se transverzalni val.

Na slici 1.b medij je tekućina (ili plin) u cijevi sa jednim pomičnim krajem. Ako klipom napravimo kratki pomak naprijed-nazad, fluktuacije u tlaku putovat će cijelim medijem. Sada su pomaci čestica istog smjera kao i širenje vala i val je longitudinalni.

Slika 1.c prikazuje valove na vodi koji su kombinacija transverzalnih i longitudinalnih.



Slika 1. a) Transverzalni val na žici b) Longitudinalni val u cijevi c) Valovi na vodi¹

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

Ovi primjeri imaju tri zajednička svojstva. Prvo, u svim slučajevima poremećaj se širi nekom konačnom brzinom kroz medij koju nazivamo brzinom vala, v . Iznos brzine vala određen je mehaničkim svojstvima medija. Drugo, djelići volumena medija, "čestice" medija, titraju ili okomito ili paralelno na smjer širenja vala. Kada kažemo da val putuje, podrazumijevamo da putuje poremećaj u mediju. Zadnje, da bismo prouzročili bilo koji od ovih valova, moramo uložiti energiju čineći mehanički rad na sustavu. Valno gibanje prenosi tu energiju s jednog mjesta na drugo mjesto medija. Dakle, putujući val prenosi energiju, a ne materiju.

Zvučni val

Zvuk je bilo koji longitudinalni val koji se širi medijem u bilo kojem agregatnom stanju. Zvuk u užem smislu je longitudinalni val frekvencija 20 do 20 000 Hz, koje nazivamo interval čujnosti.

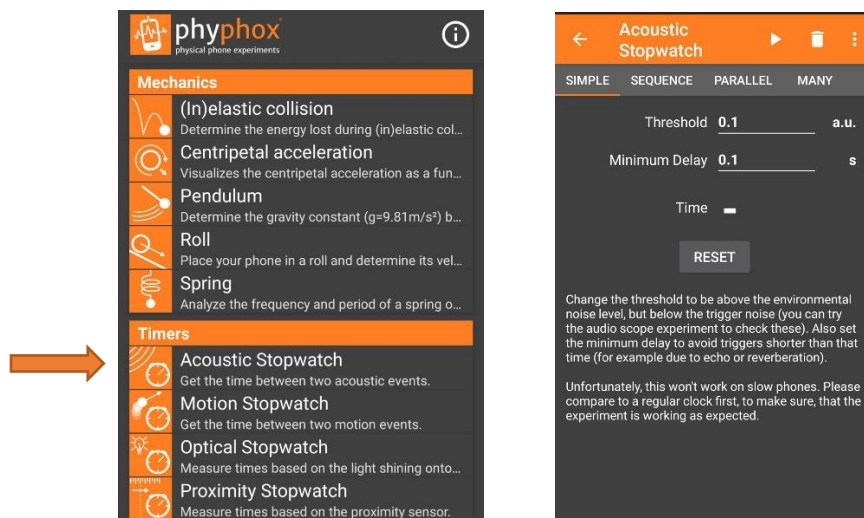
Ekperimentalni dio

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

Na početnom sučelju aplikacije odaberite alat *Acoustic Stopwatch* u rubrici *Timers*, kako je naznačeno na slici 2a. Ovaj alat, čije je sučelje prikazano na slici 2b, koristi mikrofon pametnog telefona koji pokreće štopericu kada detektira zvuk.

Za eksperiment su potrebna dva uređaja. Osoba s prvim uređajem pljeskom ruku pokrenut će štopericu na oba uređaja. Drugi uređaj detektirat će zvuk nakon vremena potrebnog da se val proširi od izvora (pljesak ruku) do mikrofona drugog uređaja. Kada uoči da se štoperica na drugom uređaju pokrenula, osoba će pljeskom ruku zaustaviti obje štoperice, no opet će se štoperica na primarnom uređaju zaustaviti s vremenskom razlikom s obzirom na drugi uređaj. Poznavajući udaljenost između uređaja te vremenske razlike detekcije zvuka mikrofonom, moguće je odrediti brzinu zvuka iz poznate relacije:

$$v = \frac{s}{t} \quad (1)$$



Slika 2. a) Početno sučelje aplikacije Phypox b) Sučelje alata Acoustic Stopwatch

Skica eksperimenta na slici 3 prikazuje dvije osobe A i B. Osoba A intenzivnim pljeskom ruku, što je izvor zvučnog vala, pokreće štoperice na oba uređaja koja su udaljena za d . Zvuk će se od izvora proširiti do uređaja osobe B nakon vremena Δt . U trenutku kada osoba B zapazi pokretanje štoperice na svom uređaju pljeskom ruku, što je izvor novog zvučnog vala, zaustavlja štoperice na oba uređaja. Štoperica na uređaju osobe A zaustavit će se nakon vremena Δt potrebnog da se novi zvučni val proširi do njezinog uređaja. Ako su vremena zabilježena na uređajima t_A i t_B (mora biti da je $t_A > t_B$), onda se brzinu zvuka određuje pomoću relacije:

$$v = \frac{d}{t_A - t_B} \quad (2)$$



Slika 3. Skica eksperimenta

Postupak mjerenja

Potreban pribor: 2 pametna telefona, mjerna vrpca

1. Opciju *Threshold* ostavite na početnoj postavci 0,1 ako se nalazite u prostoriji bez izrazitih zvukova okoline; u suprotnom postavite *Threshold* na 0,3.
2. Opciju *Minimum delay* ostavite na početnoj postavci 0,1.
3. Postavite uređaje na međusobnoj udaljenosti 2 m na ravnoj plohi (najbolje je postaviti na pod).
4. Pritisnite gumb *Play* u gornjem desnom uglu na oba uređaja što postavlja vrijeme na 0,000 s.
5. Osoba A pokreće štoperice pljeskom ruku.
6. Osoba B zaustavlja štoperice pljeskom ruku kada uočiti da se štoperica na njezinom uređaju pokrenula.
7. Ponovite prethodne korake za 10 različitih udaljenosti, povećavajući udaljenost u koracima po 10 cm.

Napomena: Udaljenost mjerite od mikrofona prvog uređaja do mikrofona drugog uređaja!

Ime i prezime:

Rad u laboratoriju

Zadatak 1:

a) Prateći korake u postupku mjerenja ispunite tablicu 1. podacima.

Tablica 1. Rezultati mjerenja

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d [m]	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90
t_A [s]										
t_B [s]										
v [m/s]										

b) Pomoću relacije (2) izračunajte brzinu zvučnog vala. Prikažite jedan račun!

c) Koje su sve veličine određene ovim eksperimentom?

d) Što mislite, što je sve razlog pogreške u dobivenom rezultatu?

Ime i prezime:

Analiza i rasprava rezultata mjerenja

Zadatak 2:

Izračunajte maksimalnu apsolutnu i maksimalnu relativnu pogrešku pri eksperimentalnom određivanju brzine zvuka.

Izračun:

- maksimalna apsolutna pogreška

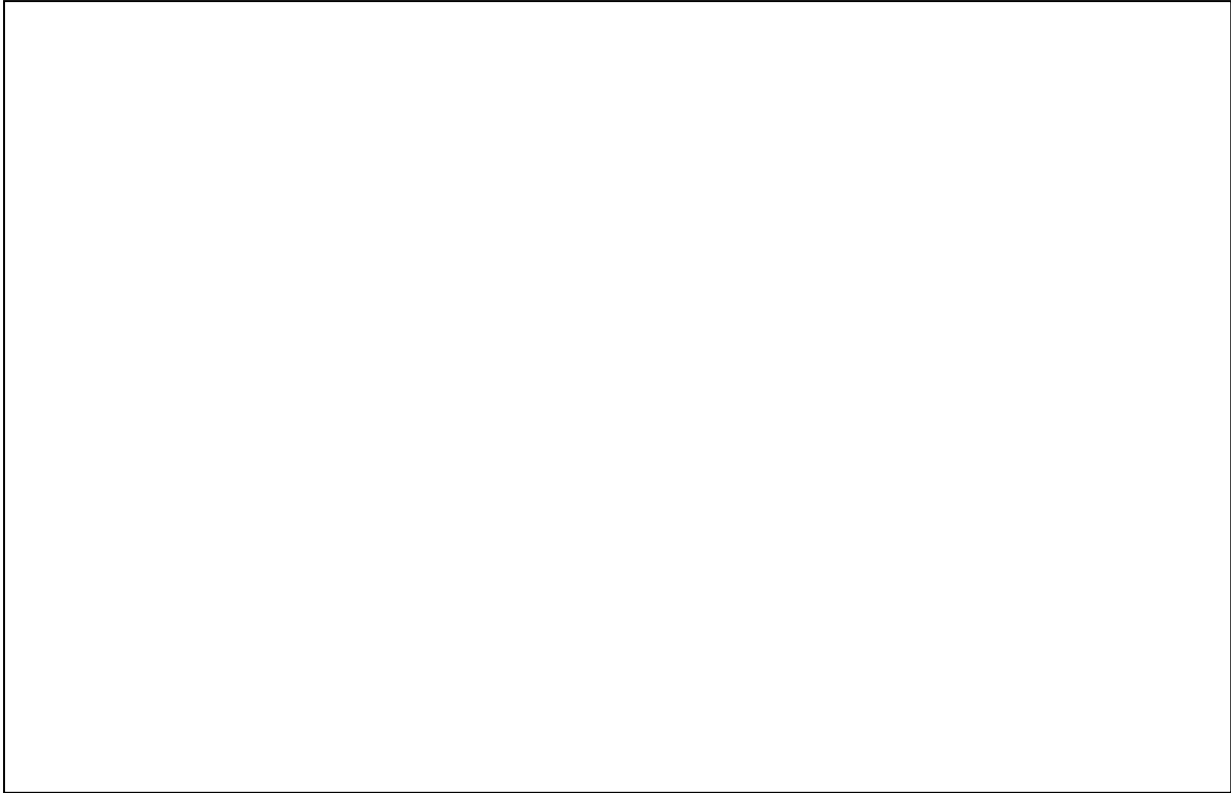
- maksimalna relativna pogreška

Tablica 2. Rezultati pogrešaka

Rezultat mjerenja izražen MAKSIMALNOM APSOLUTNOM pogreškom	Rezultat mjerenja izražen MAKSIMALNOM RELATIVNOM pogreškom

Zadatak 3:

- a) U MS Excellu prikazete ovisnost $d/t_A - t_B$. Neka vam na horizontalnoj osi bude nezavisna varijabla d . Kopirajte graf na za to predviđeno mjesto. Istaknite jednadžbu regresije na grafu. Imenujte koordinatne osi i pridružite im mjerne jedinice.



- b) Napišite jednadžbu regresijskog pravca u eksplicitnom obliku.

$$y = ax + b = \underline{\hspace{10em}}$$

- c) Koristeći jednadžbu regresijskog pravca izračunajte brzinu zvuka u zraku te postotnu pogrešku ako znate da je tablična vrijednost brzine zvuka u zraku 340 m/s.

$$v = \underline{\hspace{10em}}$$

$$p = \underline{\hspace{10em}}$$