



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA FIZIKU



OBRADA NASTAVNE JEDINICE „ZVUK“ ZA DRUGI RAZRED GIMNAZIJE

ZAVRŠNI RAD

MENTOR:

prof. dr Dušanka Obadović

KANDIDAT:

Saša Babić

NOVI SAD, 2012. GODINE

Zahvaljujem se mentoru prof. dr Dušanki Obadović na ukazanom povjerenju i svesrdnoj pomoći prilikom izrade ovog rada.

Sadržaj

1. Uvod	4
2. Osnovne karakteristike zvuka	6
2.1 Vrste zvuka	6
2.2 Izvori zvuka	9
2.3 Parametri zvučnih talasa	11
3. Odbijanje zvučnih talasa	14
3.1 Odjek	14
3.2 Reverberacija	15
4. Prelamanje zvučnih talasa	17
5. Interferencija, difrakcija i rezonancija zvučnog talasa	18
6. Ultrazvuk	19
6.1 Primjena ultrazvučnih talasa	21
7. Određivanje talasne dužine zvučnog talasa pomoću rezonancije	22
7.1 Zvučni talas u poluotvorenom vazdušnom stubu	23
7.2 Zvučni talas u otvorenom vazdušnom stubu	24
7.3 Talasna dužina stojećih talasa na zategnutoj žici	25
8. Pedagoški eksperiment	26
8.1 Proces izvođenja pedagoškog eksperimenta	27
9. Jednostavni ogledi	28
9.1 Telefonske čaše	28
9.2 Duvanje i lapanje u flašu	29
9.3 Zvuk u cijevi	31
9.4 Gumica za tegle kao muzički instrument	32
9.5 Odakle dolazi zvuk	33
10. Test	34
11. Analiza rezultata pedagoškog eksperimenta	36
12. Zaključak	39
13. Literatura	40

1. Uvod

Prirodne nauke, a među njima naravno i fizika, su izuzetno bitne za razvoj djece, jer utiču na njihov intelektualni razvoj. Sadržaji fizike i drugih prirodnih nauka direktno i pozitivno utiču na razvoj formalno-logičkog, hipotetičko-deduktivnog mišljenja. Djeca već sa 11 ili 12 godina počinju ozbiljno da proučavaju osnovne pojmove prirodnih nauka. U tom uzrastu djeca su spremna da se uhvate u koštac sa mišljenjem formalnog karaktera. Ključ razvoja eksperimentalnog mišljenja, koje spada u formalno mišljenje, leži u sadržajima prirodnih nauka. Ovo mišljenje se javlja prilikom izvođenja eksperimenta. Provodeći vrijeme u izvođenju eksperimenta učenici se upoznaju sa činjenicama koji mogu da mogu biti presudni za neku pojavu, a mijenjanjem tih činjenica utvrđuju šta je to presudno što dovodi do te pojave.

Specifično za sadržaje prirodnih nauka je da se mogu predstaviti u obliku opštih ideja koje se zatim svode na veliki broj informacija. Na primjer, razumijevanje odnosa između kretanja molekula i prenosa energije omogućava objašnjenje fizičkih pojava, ali se ta znanja takođe mogu primijeniti i na hemijske, kao i na biološke promjene na nivou ćelija. Zato se u svim naučnim literaturama ističe potreba za identifikacijom opštih ideja, te njihovo terminološko objašnjenje.

Uticaj okruženja i socijalnih interakcija je takođe neophodan za razvoj djeteta i bez njih se viši mentalni procesi ne bi razvili. Za dobar i pravilan razvoj formalnog mišljenja potrebno je okruženje u kome bi interakcija nastavnika i učenika bila ključna. U ovim uslovima sučeljavaju se pojmovi djeteta koji su nastali na osnovu njegovog životnog iskustva i sistem kompleksnih naučnih pojmove određene discipline. Spoznajni ili kognitivni razvoj djeteta kroz školsko učenje predstavlja sučeljavanje ličnog i individualnog znanja sa sistemom znanja koji je organizovanog tipa i koji omogućava unapređenje razvoja učenika u mentalnom smislu, i koji se javlja samo u slučajevima kontakta učenika sa određenim naučnim predmetom. Što opet predstavlja određenu specifičnost za svakog učenika posebno.

Većina se slaže da su sadržaji fizike teški za učenike, te da se zbog složenosti ove nauke to prenosi na učenje, ali i na nastavu. Navode se brojni razlozi:

- sadržaji fizike obuhvataju apstraktne pojmove, od kojih su neki potpuno nepoznati učenicima,
- sadržaj sa veoma velikim brojem varijabli,
- komplikovana terminologija, naročito za početnike, jer riječi imaju različita značenja u naučnoj svakodnevničkoj i praktičnom životu,
- razlika u strukturi discipline i kognitivnoj strukturi učenika.

Veliki značaj prilikom podučavanja, odnosno izvođenja nastave fizike ima **strukturisanje sadržaja, upotreba metoda i oblik rada**. Rezultati istraživanja ukazuju da se

nastavne teme i sadržaji izlažu kao nepovezane činjenice koje se pamte na pamet. Na ovaj način nemoguće je formiranje povezanog niza naučnih pojmove koje bi omogućile njihovo dalje razvijanje po svim aspektima.

U svijetu se učenje prirodnih nauka, pa tako i fizike, zasniva na istraživačkom pristupu, a uloga nastavnika promjeni iz uloge predavača u ulogu usmjerivača u procesu saznavanja.

Suština u učenju fizike jeste **usvajanje znanja i umijeća u svrhu primjene jednostavnih eksperimenata u školskim uslovima**. Izvođenje naučnog eksperimenta veoma je složeno umijeće koje obuhvata čitav niz faza i jednostavnijih znanja i umijeća. Ovaj rad jeste na neki način prijedlog jednostavnijem načinu izvođenja nastave fizike. To znači u samom startu da se uloga učenika mijenja iz pasivnog u veoma aktivnog učenika, tako što mu se omogućava da sam istražuje. Da bi mogli da izvedu jednostavno istraživanje, učenici bi trebalo da:

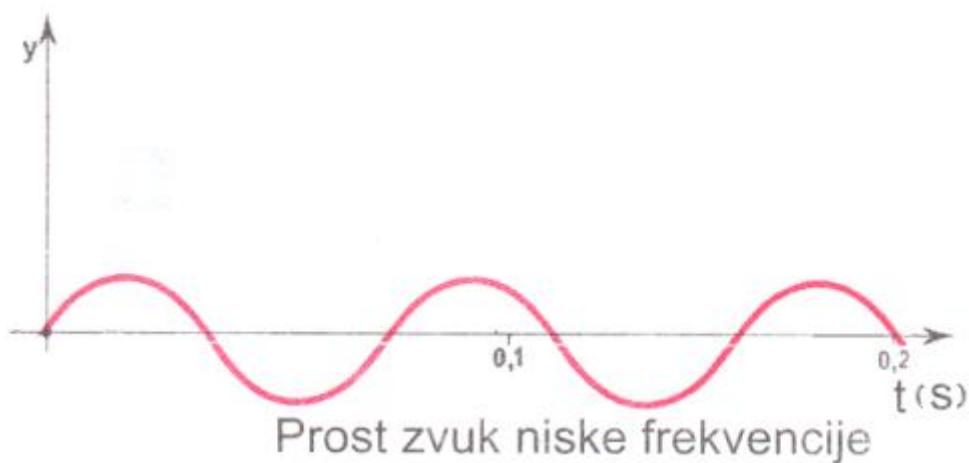
- lako koriste naučni jezik (termini, mjere);
- uoče i ili formulisu pitanje ili problem;
- postave hipotezu ili pređvidanje;
- planiraju istraživanje;
- prepoznaju ili osmisle adekvatnu proceduru za istraživanje;
- prepoznaju ili osmisle odgovarajuće instrumente (aparate) i materijale (uzorke, supstance) koji su im potrebni za konkretno istraživanje. Ovo uključuje i evaluaciju predviđenih procedura i instrumenata;
- izvedu istraživanje;
- da ga vremenski i prostorno isplaniraju, da u izvođenju prate neophodnu logiku koraka
- pravilno sakupe podatke;
- izvrše njihovu selekciju i organizuju ih;
- dobijene podatke sumiraju i analiziraju,
- da prezentuju dobijene rezultate i naučne informacije uopšte, da u toj prezentaciji umiju da izdvoje važno od manje važnog i da umiju da izlaganje prilagode ciljnoj grupi kojoj je ta informacija namijenjena.

2. Osnovne karakteristike zvuka

Oblast fizike koja proučava zvuk i pojave i procese koji se vezuju za zvuk naziva se akustika. Zvuk nastaje kao posljedica brzog oscilovanja čvrstih tijela, ali i oscilovanja tečnosti i gasova. To je longitudinalni mehanički talas koji se prostire kroz mehaničku sredinu, stiže do čovjekovog uha, te u svijesti izaziva osjećaj čujnosti. Opseg frekvencija koje čovjek može da čuje je 16Hz-20kHz. Sva svojstva zvuka zavise od elastičnosti tijela koja osciluju, ali i gustine sredine kroz koju se zvuk prostire. Nastajanje zvuka je nemoguće ukoliko ne postoji zvučni izvor i materijalna sredina koja prenosi zvučni talas. Zvučni izvor će proizvesti zvuk samo ako je pobuđen dejstvom neke spoljašnje sile. Na primjer udarcem čekića o zvono ili zvučnu viljušku, te otpuštanjem zategnute žice, dobijaju se periodične oscilacije, koje se prenose kroz mehaničku sredinu, odnosno nastaje zvuk.

2.1 Vrste zvuka

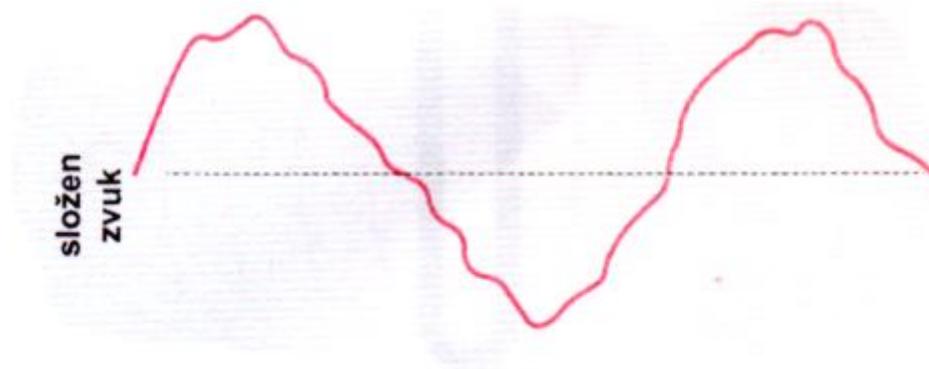
Osnovna podjela zvuka jeste na: *prost zvuk (ton)* i *složen zvuk*. **Prost zvuk** nastaje oscilovanjem tijela, čije se oscilacije mogu predstaviti funkcijom sinusnog oblika. Prost zvuk se ne može dalje razlagati, već se od njega grade složeni oblici zvuka, slika 2.1.



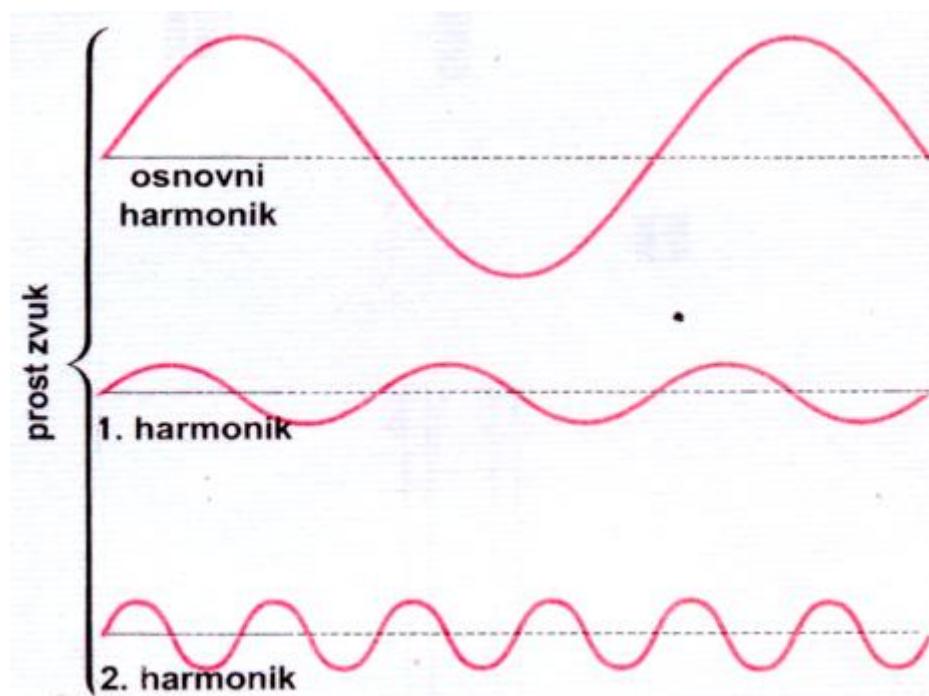
Slika 2. 1 Prost zvuk

Složen zvuk jeste kombinacija više prostih zvukova, pa je njegov oblik izobličena sinusoida, slika 2.2. Kada se složeni zvuk analizira, odnosno razloži na proste zvukove, tada zvuk sa najmanjom frekvencijom nosi naziv *osnovni ton* ili *osnovni harmonik*, dok su svi ostali

prosti zvukovi *viši harmonici*. Svaki naredni viši harmonik od osnovnog dobija svoj redni broj harmonika koji je ujedno i njegov identifikacioni broj u složenom zvuku, slika 2.3.

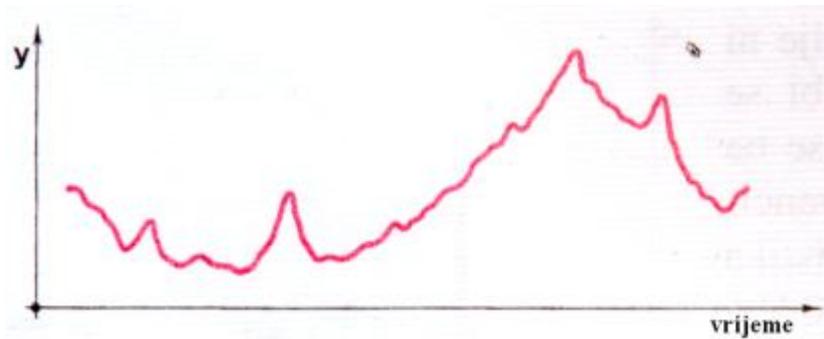


Slika 2. 2 Složen zvuk

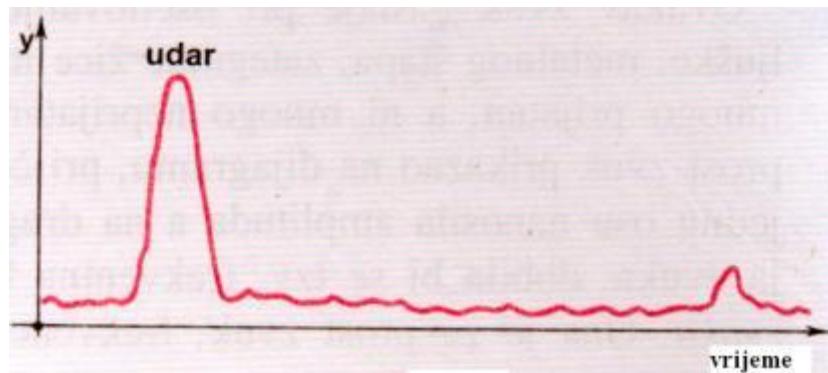


Slika 2. 3 Složen zvuk

Postoji nešto što nije ugodno uhu, ali se podvodi pod zvukom, a to su *buka i udar*. Osnovna svojstva buke (slika 2.4) i udara (slika 2.5) su njihovi dijagrami koji su izrazito neperiodične funkcije, što bi moglo značilo da sadrže veliki broj harmonika.

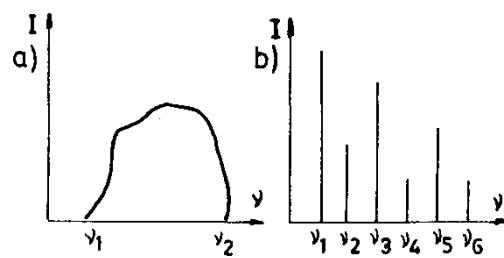


Slika 2. 4 Buka



Slika 2. 5 Udar

Akustički spektar zvuka, koji predstavlja skup frekvencija jednog zvuka $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \dots$, može biti kontinualan i diskretan. Kontinualan akustički spektar izaziva neprijatan osjećaj i naziva se *šum*, slika 2.6a. Diskretan akustički spektar je, suprotno od kontinualnog, prijatan za uho i naziva se *ton*, slika 2.6b.

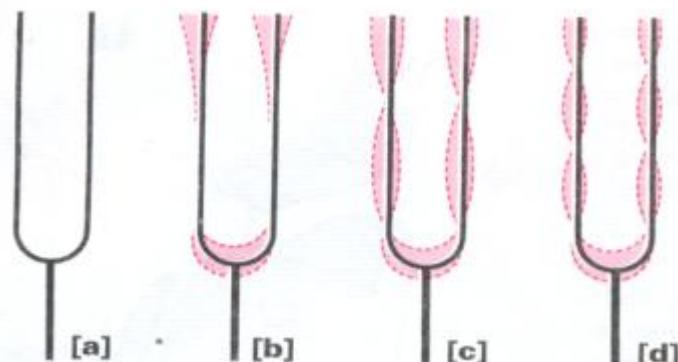


Slika 2. 6 Akustički spektar: a) kontinualan akustički spektar-*šum*,
b) diskretan akustički spektar-*ton*

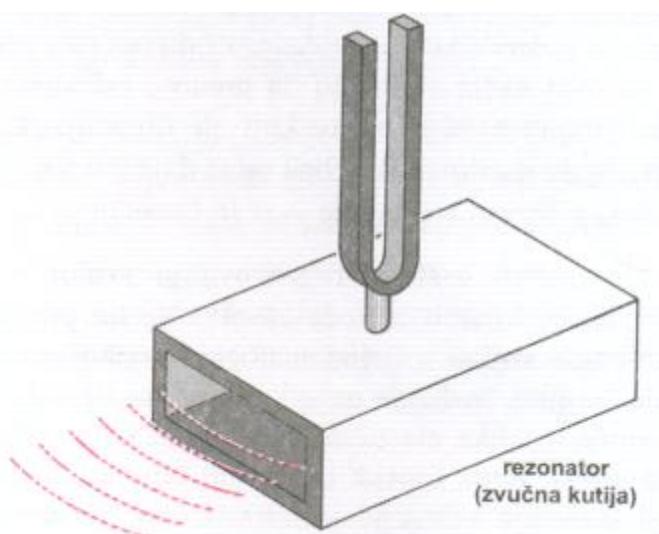
2.2 Izvori zvuka

Zvučne izvore možemo shvatiti kao mjesto na kome nastaje zvuk. Uopšteno gledano to može biti bilo koje tijelo u prirodi. Kao izvore zvuka možemo navesti sljedeće predmete:

Zvučna viljuška (slika 2.7) je predmet koji se koristi u laboratorijama kao izvor prostog zvuka a frekvencija mu je od 300 - 400 Hz. Izrađuje se od čeličnih traka savijenih u vidu latiničnog slova U. Kada se jedan krak zvučne viljuške udari gumenim čekicem, oba njena kraka počnu da osciluju, proizvodeći zvuk koji se širi u okolni prostor. Zvučna viljuška proizvodi relativno slab zvuk, pa se pri korišćenju zvučne viljuške ona obično postavlja na svoju drvenu kutiju – **rezonator** (slika 2.8), koja je na jednoj strani otvorena. Ova kutija znatno pojačava zvuk, tako da se on čuje jasnije i dalje.

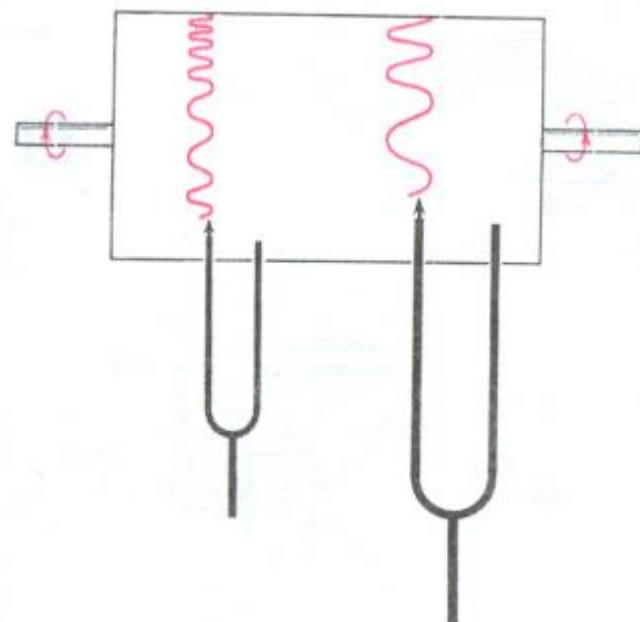


Slika 2. 7 Zvučna viljuška: a)izgled zvučne viljuške kad ne osciluje, b)zvučna viljuška osciluje frekvencijom osnovnog harmonika, c)zvučna viljuška osciluje frekvencijom prvog harmonika, d)zvučna viljuška osciluje frekvencijom drugog harmonika



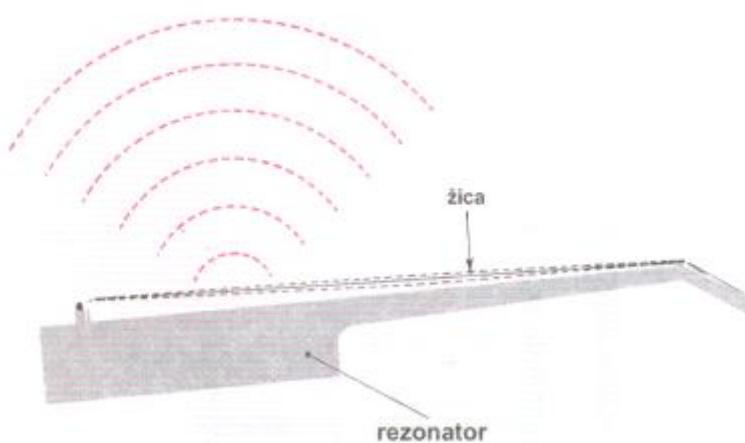
Slika 2. 8 Zvučna viljuška sa rezonatorom

Krakovi zvučne viljuške osciluju prosto periodično, sa frekvencijom koja zavisi od elastičnih svojstava materijala od koga je viljuška napravljena, kao i njenih dimenzija. Ona je najčešće označena na svakoj viljušci. Grafikon oscilacije krakova viljuške može se dobiti na taj način što se na jedan njen krak pričvrsti igla koja se u toku oscilovanja viljuške nasloni na doboš koji rotira, a koji je premazan grafitnim pahom. Igra pri ovome stvara vidljivi trag u obliku sinusoide, što je dokaz da krakovi viljuške osciluju prosto periodično, slika 2.9.



Slika 2. 9 Grafički prikaz oscilovanja zvučne viljuške

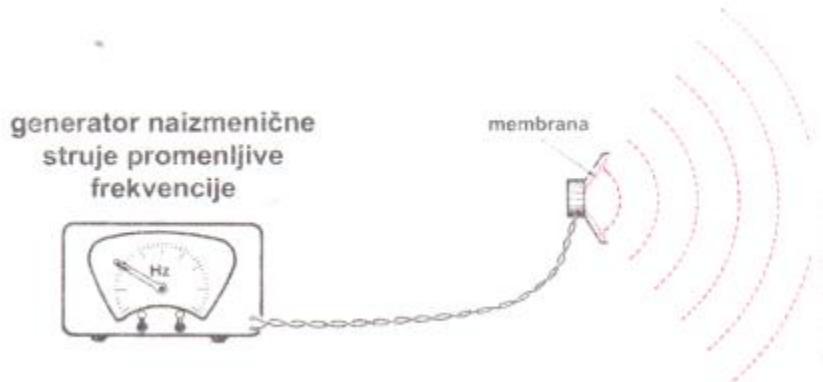
Muzički instrumenti se u fizičkorn smislu dijele na: udaračke, gudačke, duvačke itd. Zajedničko im je da mogu da proizvode zvuk ne jedne, već više frekvencija. Ovo se postiže primjenom tijela različitih elastičnih svojstava i dimenzija (klavir, gitara, ksilofon i dr.). Zbog toga ovakvi instrumenti imaju rezonatore takvih dimenzija i oblika da pojačavaju zvuk svih frekvenciija koje proizvodi određeni instrument. Takav je npr. rezonator kod gitare, slika 2.10.



Slika 2.10 Rezonator gitare

Zvučnici su sastavni dijelovi elektronskih akustičnih uređaja za reprodukciju. Oni se grade tako da vjerno reprodukuju zvukove svih frekvencija koje čovjek čuje. Kao izvor zvuka

kod zvučnika služi elastična membrana, lijevkastog oblika, koja svojim oscilovanjem proizvodi zvučne talase. Oni se emituju pretežno u prostor ispred lijevka. Poprečni presjek ovih membrana je kružni ili elipsoidan, a dimenzije im zavise od amplitude zvučnih talasa koje prozivode. Za dobijanje jačeg zvuka koriste se zvučnici većih membrana, i obratno, slika 2.11.



Slika 2.11 Električni zvučnik

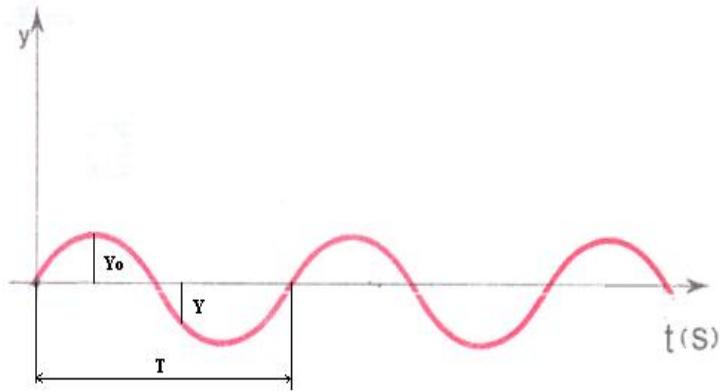
2.3 Parametri zvučnih talasa

Zvučni talasi u gasovima i tečnostima su longitudinalni talasi, dok su u čvrstim tijelima transverzalni. Oni se različito prostiru kroz različite supstancije, ali svi oni zajedno okarakterisani su slijedećim parametrima:

- amplituda talasa
- period oscilovanja (frekvencije),
- talasna dužina,
- brzina prostiranja i
- jačina zvuka.

Amplituda zvučnog talasa (y_0) predstavlja najveću udaljenost čestice sredine od ravnotežnog položaja prilikom prenošenja talasa. Obilježava se sa y_0 , a može biti pozitivna i negativna, slika 2.12.

Period oscilovanja zvučnog talasa (T) predstavlja vrijeme za koje zvučni izvor ili talas izvrši jednu oscilaciju. Kao što znamo, recipročna vrijednost perioda T predstavlja frekvenciju talasa v .

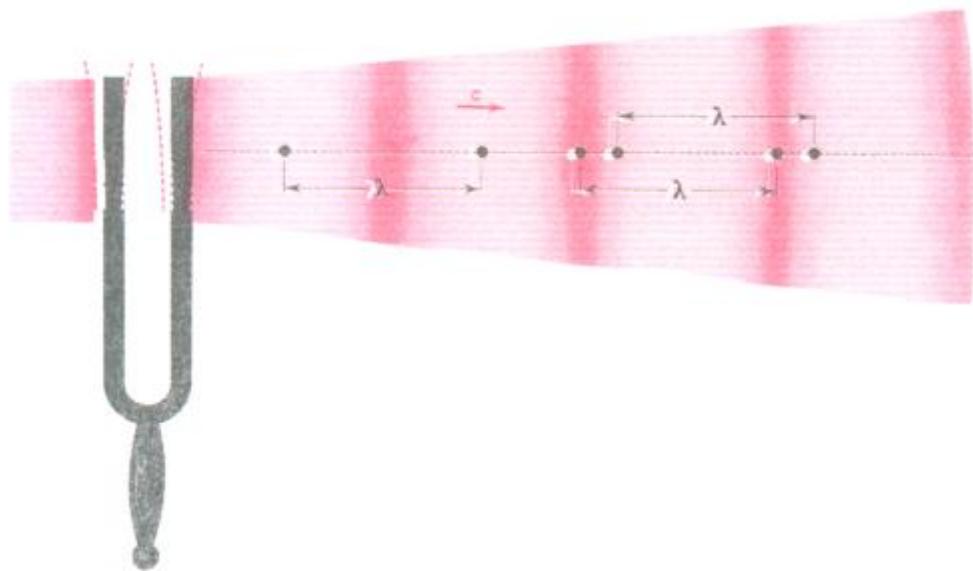


Slika 2. 10 Amplituda i period zvučnog talasa

Talasna dužina zvučnog talasa (λ) predstavlja rastojanje između dvije susjedne tačke sa najvećim zgušnjenjem ili razređenjem. Talasna dužina se može definisati i kao rastojanje do kojeg dospije zvučni talas za vrijeme dok izvor talasa izvrši jednu oscilaciju, slika 2.13.

Veza između talasne dužine zvučnog talasa λ , brzine njegovog prostiranja c i frekven-cije oscilovanja izvora talasa v je data obrascem (1)

$$\lambda = \frac{c}{v} \quad (1)$$



Slika 2. 11 Prostiranje zvuka kroz prostor

Brzina prostiranja zvučnog talasa (c) predstavlja količnik puta x , koji talas pređe i vremena prostiranja talasa (t), odnosno $c = (x / t)$. Ono što je specifično je to što ova brzina nije ona brzina koju ima čestica neke sredine pri svom oscilovanju.

Brzina zvuka u gasovima se predstavlja relacijom (2)

$$c = \sqrt{\frac{p\chi}{\rho}} \quad (2)$$

p – pritisak gasa, χ – gasna konstanta, ρ – gustina gase. Relacija za brzinu zvuka u tečnostima i čvrstim tijelima ima oblik obrazca (3)

$$c = \sqrt{\frac{E_y}{\rho}} \quad (3)$$

E_y – Jungov modul elastičnosti kod čvrstih tijela ili zapreminski modul elastičnosti E_v za tečnosti, ρ – gustina sredine (supstancije).

Brzina zvuka zavisi i od vrijednosti temperature. Ovo važi kako za gasove tako i za tečnosti i čvrsta tijela, tako da je odnos brzina zvuka jednaka drugom korijenu iz apsolutne temperature gase, obrazac (4)

$$\frac{c_1}{c_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \quad (4)$$

Jačina zvuka je takođe jedna od parametara zvučnog talasa, koja se dijeli na *objektivnu* i *subjektivnu* jačinu zvuka. Objektivna jačina zvuka je predstavlja energiju zvučnog talasa emitovanu kroz jediničnu normalnu poršinu u jediničnom vremenu, obrazac (5)

$$I = \frac{E}{St} \quad (5)$$

Međutim, ako zvučni izvor posmatramo kao tačkasti izvor, tada on emituje zvučne talase koji imaju sferni oblik. Kako je $E/t = P$, a $S = 4\pi r^2$, onda gornja relacija ima oblik, obrazac (6)

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (6)$$

Sa druge strane, subjektivna jačina zvuka jeste ona koju čovjek osjeća. Bilo koju promjenu objektivne jačine zvuka, čovjek osjeća u logaritamskom odnosu. Zbog toga se definiše veličina, obrazac (7), koja se naziva nivo intenziteta zvuka:

$$L = \log \frac{I}{I_0} \quad (7)$$

gde je I – intenzitet zvuka a I_0 - objektivna jačina zvuka koja odgovara pragu čujnosti. Jedinica za nivo čujnosti je bel, odnosno **dB = 10 bel**. Intenzitet zvuka koje čovjekovo uho može da registruje, na frekvenciji od 1kHz, kreće se između dvije granične vrijednosti:

- *praga čujnosti* koji predstavlja zvuk najnižeg intenziteta koji se može registrovati i iznosi 0 dB ili 10^{-12} W/m^2 i
- *praga bola* koji predstavlja najveći intenzitet koji čovjekovo uho može podnijeti i iznosi 120 dB ili 1 W/m^2 .

3.Odbijanje zvučnih talasa

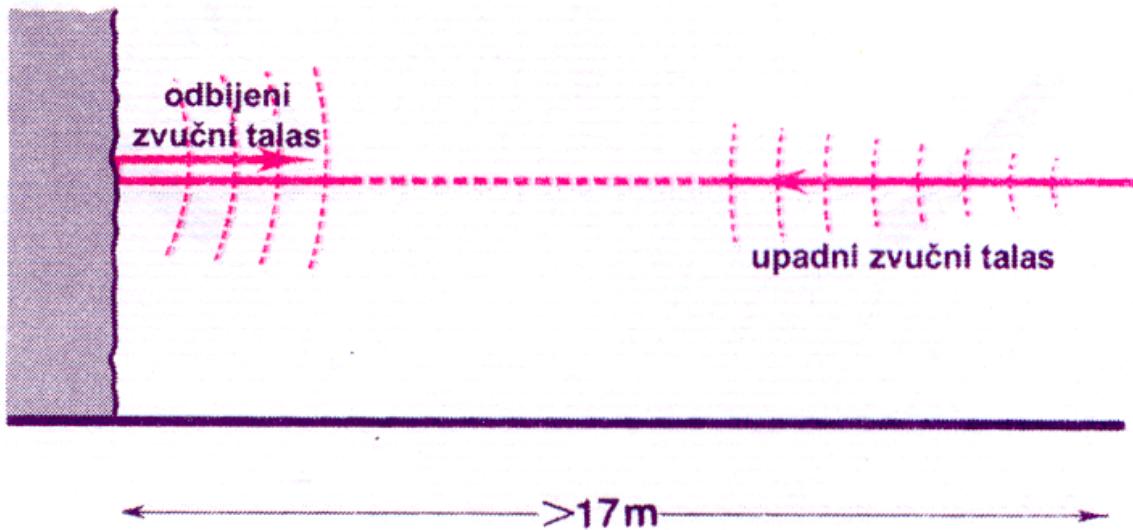
Zvučni talas ima svojstva kao i drugi oblici talasa. To znači da neke fizičke pojave koje se dešavaju kod elektromagnetskih ili mehaničkih talasa, kojima zvuk pripada, javljaju se i kod prostiranja zvuka. Jedna od tih osobina je odbijanje talasa. Pod odbijanjem talasa podrazumjevamo pojave kao što su odjek ili echo kako se još naziva i reverberacija.

3.1. Odjek

Kada zvučni talas nađe na graničnu površinu između dvije sredine različitih gustina, nastaje pojava koja se naziva **odbijanje**, ili **refleksija zvuka**, slika 3.1. Najbolji dokaz odbijanja zvuka je pojava *odjeka*. Uopšte, odjek (ili echo) nastaje pri odbijanju zvuka od neke prepreke (na primjer, zida brda, stijene, sume, oblaka) koja se nalazi na rastojanju većem od **17 m** od zvučnog izvora. Ako se posmatrač nalazi ispred prepreke, i to na udaljenosti većoj od 17 m i izgovori neki glas, čuće jasno i odvojeno reflektovani zvuk, pa se kaže da je to odjek izgovorenog zvuka. Pošto zvučni osjećaj u našoj svijesti traje $1/10$ s od trenutka kada objektivno prestane da postoji, toliko vremena je potrebno da bi osjećaj izgovorenog zvuka isčezao i da bi drugi osjećaj mogao da bude primljen. Zbog toga prepreka treba da bude udaljena najmanje 17 m, jer zvuk treba za to vrijeme da dođe do prepreke i da se vrati. To znači da za vrijeme od $1/10$ s treba da pređe put od 34 m, jer je

$$s = ct = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}} \frac{1}{10} \text{s} = 34\text{m} \quad (8)$$

Ako je prepreka udaljena manje od 17 m, prije će se čuti odbijeni zvučni talas nego što je osjećaj izgovorenog zvuka isčezao. Zbog toga nastaje miješanje zvuka koji se čuje. Ta pojava se naziva **jeka**. U mnogim slučajevima zvuk se odbija od više prepreka, koje se nalaže na podesnim rastojanjima, pa je moguće umjesto jednog zvuka čuti više uzastopnih zvukova. Ova pojava naziva se **višestruki echo**.



Slika 3. 1 Odbijanje zvučnih talasa

3.2 Reverberacija

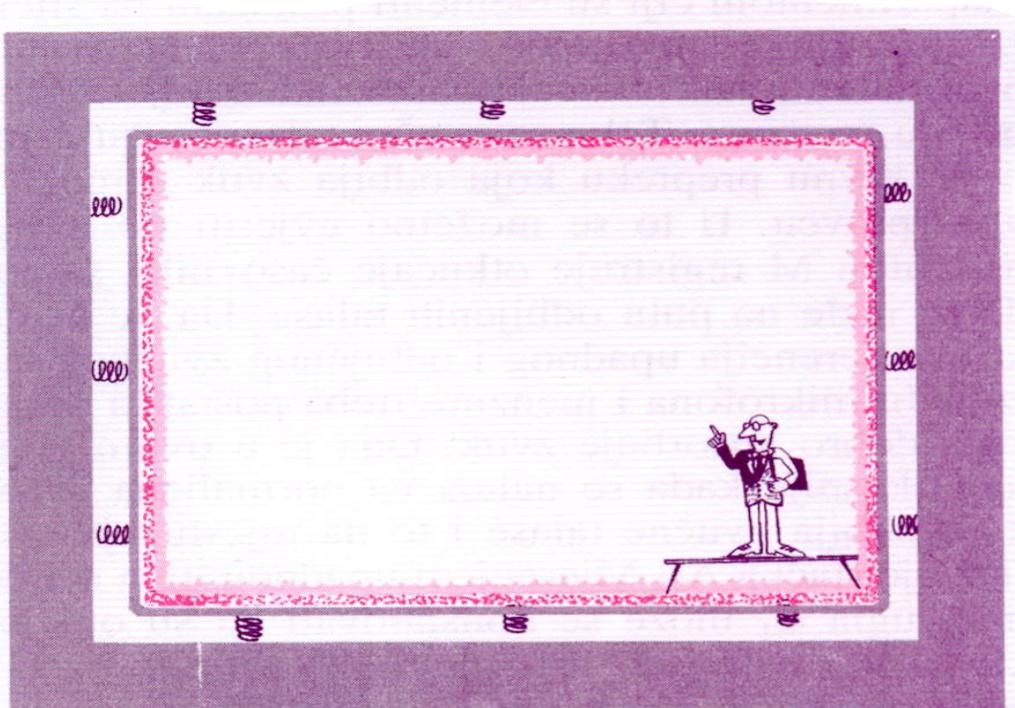
Nekada se u dugačkim hodnicima zgrada, ispraznjenim sobama i slično, može čuti zvuk i poslije prestanka emisije zvučnog izvora. To se rnože zapaziti i pri govoru u ovakvim prostorijama, prvenstveno stoga što nam izgovorene riječi zvuče neobično, a često postaju nerazumljive za slušaoca na malo većem rastojanju. Ova pojava naziva se reverberacija (reverberatio preostalo zvučanje). Reverberaciju neke prostorije karakteriše vrijeme reverberacije, slika 3.2.



Slika 3. 2 Grafički prikaz nastajanja reverberacije

Vrijeme reverberacije prostorije je ono vrijeme za koje jačina zvuka stalne jačine opadne na milioniti dio (oko 60dB), odnosno opadne na takvu veličinu da se više ne čuje. Vrijeme reverberacija zavisi od dimenzija i oblika prostorije, kao i od stepena apsorpcije zvuka zidova i predmeta u prostoriji. Naime, veće vrijeme reverberacije ima ona prostorija koja ima veću zapreminu, a manju apsorpciju zvuka.

Reverberacija ne postoji jedino u otvorenom prostoru ili u "gluvim sobama", čiji su zidovi obloženi vatom ili sličnim materijalom koji potpuno apsorbuje zvuk, slika 3.3. Ovakvi akustični uslovi postaju psihički neizdržljivi poslije relativno kratkog vremena.



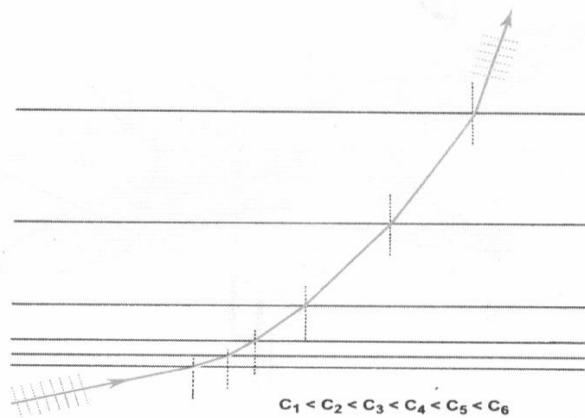
Slika 3. 3 Prikaz „gluve sobe“

Za čovjeka je najpogodnije vrijeme reverberacije koje odgovara reverberaciji u namještenim sobama. Ona za govor iznosi oko 0,7 s, a za muziku 1,3 s. Vrijeme reverberacije se reguliše oblaganjem zidova materijalima koji dobro apsorbuju zvuk. To su zavjese, tepisi, predmeti od drveta i sl. Kada se iz sobe iznesu dijelovi namještaja koji su dobro apsorbovali zvuk, reverberacija se poveća, te za čovjeka stvara neuobičajene akustične utiske.

U velikim dvoranama, velika reverberacija izaziva nerazumljivost govora, lošu reprodukciju muzike, itd. Ona se smanjuje presvlačenjem stolica plišom, zidova rupičastim drvenim ili sličnim pločarnama. Zbog potrebe za uobičajenom reverberacijom, generalne operske i koncertne probe izvode se redovno pred punom dvoranom. Jedino se tako rnože ocijeniti da li je muzička proba postigla određeni kvalitet.

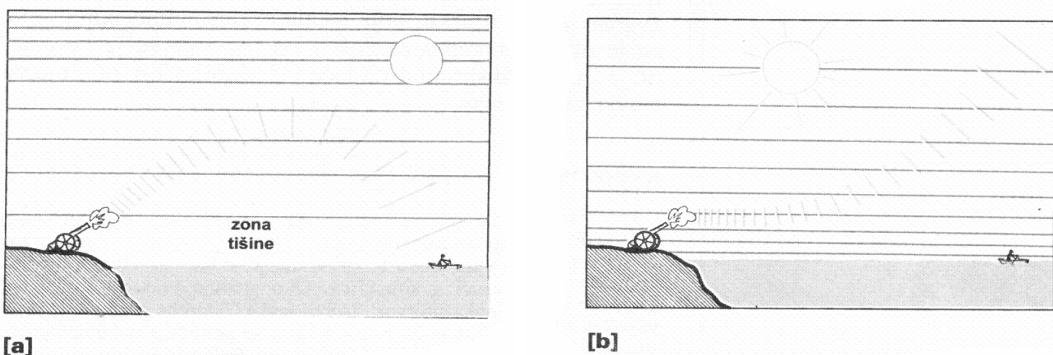
4. Prelamanje zvučnih talasa

Pošto su zvučni talasi mehanički talasi, za prelamanje ili refleksiju zvučnih talasa važi zakon prelamanja mehaničkih talasa. Ipak, prelamanje zvuka ima neke specifičnosti, o kojima će ovde biti riječi. Naime, zvuk najčešće srećemo i izučavarno u vazduhu, gdje ne postoje jasne, precizno određene granične površine različitih gustina ili drugih akustičkih svojstava, na kojima se prelamaju zvučni talasi. Takvi su, na primjer slojevi vazduha koji postepeno mijenjaju akustička svojstva, najčešće uslijed različite temperature. Takav slučaj se javlja ljeti, u toku dana, kada prizemni slojevi vazduha imaju nižu temperaturu od viših slojeva, u kojima se zvuk brže prostire. Na ovakvim graničnim površinama dolazi do prelamanja zvučnih talasa. Kako su ovi slojevi kod vazduha poredani jedan do drugog poput slojeva pri prelamanju zvuka na njima, ima se utisak kao da se zvučni talasi savijaju. Dakle, od pravolinijskog prostiranja prelaze u krivolinijsko, slika 4.1.



Slika 4.1 Mijenjanje brzine zvuka u različitim sredinama

Ovakvim prelamanjem zvučnih talasa objašnjavaju se neke karakteristične pojave u prirodi, kao što je na primjer *zona tišine*, slika 4.2.

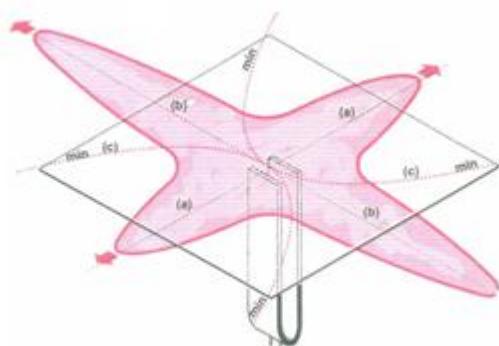


Slika 4.2 Zona tišine noću (a) i u toku dana (b)

Ova pojava se sastoji u tome što se u nekoj prstenastoj zoni oko zvučnog izvora zvuk ne čuje, slika 4.2 a. Zona tišine se javlja u prostoru oko zvučnih izvora izuzetno velike jačine. Ovakvi zvučni izvori su, na primjer, pucanj topa ili eksplozija granate. Ovako jaki zvučni talasi dopiru do gomjih toplih slojeva atmosfere. Ovakvi slojevi (različite temperature) obrazuju se u toku noći. Najviša temperatura je na visini od 40 - 60 km i postepeno opada sa smanjenjem visine. Reflektovani zvučni talasi padaju na zemlju na udaljenosti od 150 - 250 km, stvarajući na taj način zonu tišine oko zvučnog izvora. Ovim se objašnjava i pojava da se zvuk može čuti noću sa velike udaljenosti i preko visoke planine. Dakle, zvuk se pod ovakvim uslovima čuje neposredno pored izvora zvuka i na mjestima koja su na velikim udaljenostima, a u koja padaju reflektovani zvučni talasi. Suprotna pojava se dešava preko dana, slika 4.2 b.

5. Interferencija, difrakcija i rezonancija zvučnih talasa

Interferencija je karakteristična pojava kod svih vrsta talasnog kretanja, pa i kod zvuka. **Interferencija talasa predstavlja slaganje dva ili više talasa u jedan, što dovodi do nastajanja novog talasa.** Interferencija zvuka može se najjednostavnije pokazati zvučnom viljuškom koja osciluje, slika 5.1. Zvučno polje ove viljuške je karakteristično po tome što ono nema istu jačinu u svim pravcima. Osa *b-b* predstavlja pravac najveće jačine zvuka. Karakteristično je da je u tačkama koje leže na krivoj liniji (C) jačina zvuka jednaka nuli, odnosno najmanja. Ovo je posljedica interferencije zvučnih talasa, koje posebno emituju krakovi zvučne viljuške. Oni osciluju u protivfazi, pošto se uvijek kreću u suprotnim smjerovima. Zbog toga oni emituju zvučne talase koji su u protivfazi. Iz tog se razloga ovi talasi na simetričnim krivama (c) poništavaju.

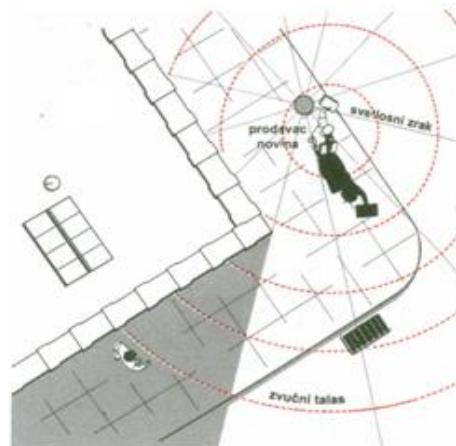


Slika 5. 1 Prikaz zvučnih talasa na foliji

U pravcu ose *a-a* jačina zvuka je nešto manja nego na pravcu *b-b*. U ovaku konfiguraciju zvučnog polja oko zvučne viljuške možemo se lako uvjeriti ako zvučnu viljušku, koja osciluje, postavimo pored uha, pa je okrenemo za 360° . Pri tome će se jasno osjetiti 4 maksimuma (2 jaca i 2 slabija) i 4 minimuma jačine zvuka.

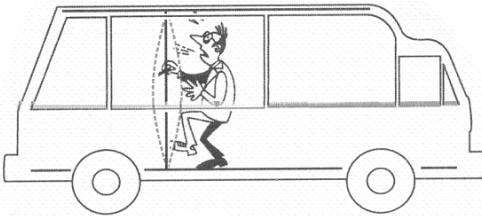
Kada je riječ o **difrakciji**, uočljivo je da je ona značajna već kod dimenzija otvora ili prepreka, koje su reda veličine talasne dužine talasa, i da je difrakcija veća ako su ove dimenzije manje. Isti je slučaj i sa zvučnim talasima. *Difrakcija predstavlja pojavu prividnog odstupanja talasa od pravolinijskog prostiranja (formiranje novih pravaca prostiranja) pri njegovom nailasku na ivice otvora ili na prepreku, čije su dimenzije reda veličine talasne dužine talasa koji na nju nailazi.* Čovjek čuje zvuk frekvencije od oko 16 Hz do 20 kHz, što odgovara opsegu talasnih dužina od oko 2cm do oko 20m. Zvuk koji čovjek najčešće sluša (govor i muzika) ima talasnu dužinu od oko 30 cm do 3 m. Ovo znači da će, zbog difrakcije, ovi zvučni talasi zaobilaziti nesmetano otvore ili prepreke ovolikih i još manjih dimenzija. To je razlog što predmeti oko nas, čije su dimenzije ovog reda veličine, ne stvaraju zvučne sjenke, te ne remete normalno sporazumjevanje u svakodnevnom životu (u školi, u stanu, na ulici i slično).

Zbog difrakcije zvuka čujemo prodavca novina iza ugla mada ga ne vidimo (jer se difrakcija svjetlosti ne desava u ovom slučaju) , slika 5.2. Naime, zvučni talas koji se prostire pravolinijski od izvora nailazi na čošak zgrade kao prepreku, tada se pravac prostiranja zvučnog talasa mijenja i zakreće prema slušaocu. Ovakvih primjera iz svakodnevnog života ima mnogo, što ukazuje na veliki značaj difrakcije zvuka za čovjekov život.

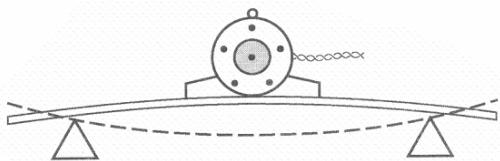


Slika 5. 2 Prikaz difrakcije zvučnog talasa

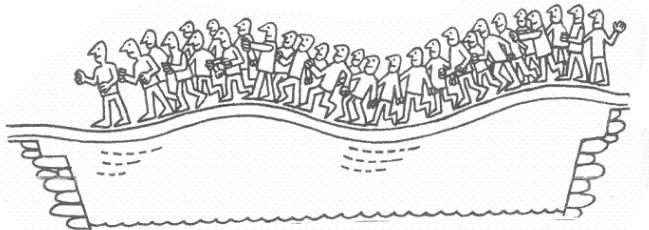
Rezonancija je još jedna karakteristična pojava vezana za zvuk. **Rezonancija je pojava u kojoj se frekvencija prinudnih sile izjednačava sa frekvencijom oscilatora, što za posljedicu ima povećanje amplitude oscilovanja.** U ovom slučaju prinudne sile nazivamo **ekscitatorom**, a oscilator nazivamo **rezonatorom**. Veza je u tome što ekscitator predaje energiju rezonatoru, što na neki način predstavlja pojavu koja se javlja kod upotrebe muzičkih instrumenata. Neki od primjera rezonancije možemo vidjeti u svakodnevnom životu, šipka rukohvata u autobusu osciluje frekvencijom koju ima motor autobrašuna dok stoji, slika 5.3. Elektromotor koji je na elastičnoj drvenoj dasci koja osciluje frekvencijom iste vrijednosti kao i broj obrtaja rotora u jednoj sekundi, slika 5.4. Ukoliko veća grupa ljudi koja prelazi preko mosta ujednači svoje korake (koračnica ili marš), period tih koraka mogao bi da se izjednači sa periodom oscilovanja mosta, što povećava amplitudu njegovog oscilovanja i može dovesti u opasnost sve prisutne na mostu od rušenja mosta, slika 5.5.



Slika 5. 3 Rezonancija u autobusu



Slika 5. 4 Rezonancija elektromotora



Slika 5. 5 Rezonancija mosta

6. Ultrazvuk

Već je istaknuto da čovjek može da čuje samo zvuk sarno određenih frekvencija. Donja granicna frekvencija je 16 Hz, dok gornja nije precizno određena i kreće se od 16 - 20 kHz. Što uglavnom zavisi od uzrasta osobe. Mlađe osobe mogu da čuju zvuk i veće frekvencije od 20 kHz, dok neke starije osobe ne mogu čuti ni zvuk frekvencije 10 kHz. Frekventna karakteristika zvuka koji ove osobe čuju ide dakle od 16Hz do 10kHz. Ovakav zvuk je osiromašen visokim frekvencijama, koje utiču na razumljivost govora. Zbog toga starije osobe često čuju govor, a ne razumiju ga. Usvojeno je da se zvuk frekvencije ispod 16 Hz naziva infravez, a iznad 20 kHz ultrazvuk. Dakle, zvuk se po frekvenciji dijeli na

- infravez,
- zvuk koji čujemo i
- ultrazvuk.

Treba istaći da infravez i ultrazvuk čovjek ne čuje.

Svojstva ultrazvuka sasvim su različita od svojstava zvuka koji čujemo. Ultrazvuk se može proizvesti na više načina. Jedan od ovih načina je mehanički. On se sastoji u pobuđivanju metalnog štapa da osciluje na ovako visokim frekvencijama.

Ultrazvuk može da se proizvede i sirenama specijalnog tipa. Savremeni izvori ultrazvuka rade na sasvim drugom principu i jedino će o njima biti govora.

Ultrazvučni talasi prenose energiju koja je mnogo veća od energije zvučnih tijela koju čujemo. To je lako zaključiti iz već poznate činjenice da je energija zvuka srazmjerna kvadratu frekvencije. Zbog toga ultrazvuk raspolaže velikom energijom. Ona se u praksi koristi u različite svrhe.

Najrasprostranjeniji generator ultrazvuka je kvarcni generator, koji je zasnovan na *piezoelektričnom efektu* (Πίεσω - pritisak). Poznato je da kvarc spregnut između dviju metalnih pločica može da nanelektriše pločice suprotnim nanelektrisanjem, ukoliko se vrši mehanička deformacija kristala kvarca. Ovu pojavu nazivamo *piezoelektricitetom*. Međutim, ukoliko te dvije pločice priključimo na izvor naizmjeničnog napona određene frekvencije doći će do *elektrostrikcije*, odnosno periodične promene dimenzija pločice. Pod dejstvom promjenljivog električnog polja kvarc se deformiše, a frekvencija tih deformacija ista je kao i frekvencija promjene električnog polja, što dovodi do obrazovanja ultrazvučnih talasa.

6.1 Primjena ultrazvučnog talasa

Znamo da ultrazvučni talasi posjeduju vrlo veliku energiju zbog njihove visoke frekvencije, zbog toga pri prolasku ovih talasa kroz razna tijela u njima mogu nastati vrlo velike razlike pritiska (od nekoliko atmosfera), što može da izazove trajne deformacije tijela. Ovo se objašnjava velikim ubrzanjem čestica sredine, koje je nekoliko puta veće od ubrzanja Zemljine teže. Usljed toga su i inercijalne sile ($F = ma$) toliko velike da mogu da izazovu trajnu deformaciju tijela. Ako je riječ o tečnostima, može doći do "raskidanja" tečnosti, što dovodi do pojave šupljina u njoj, odnosno pojave *kavitacija*. U ove šupljine ulaze gasovi velikom brzinom, zbog čega se u tečnostima javlja naročiti efekat izazvan dejstvom ultrazvuka. Tečnosti i istpoljeni metali mogu se ovim načinom osloboditi gasova. Na isti način se mogu obrazovati fine emulzije tečnosti koje se ne miješaju, kao sto su ulje i voda ili živa i voda.

Ultrazvukom se tečnosti mogu raspršiti u sitne kapljice i na taj način oformiti magla.

Obratno, od djelića koji lebde u vazduhu (na primjer dima ili magle) nastaje u polju ultrazvuka jako zgušnjavanje ili *koagulacija* djelića, pa se oni na taj način lako odstranjuju.

Ultrazvuk ima i fiziološko dejstvo. On djeluje na male životinje (ribe i žabe) i ubija ih ili paralizuje. Uticaj na bakterije ili virusne vrlo je različit i još nedovoljno ispitani. Stvaranje finih emulzija pomoću ultrazvuka ima veliki značaj u kolorfotografiji. Miješanje pojedinih supstancija pomoću ultrazvuka ima sve veći značaj u industriji boja, lijekova i u prehrambenoj industriji. Ultrazvuk djeluje i na vino, ubrzavajući proces "sazrijevanja" i "starenja". Vino pod dejstvom ultrazvuka dobija ukus kao da je godinama stajalo. U mišićima ljudskog tijela energija ultrazvuka pretvara se u toplotnu energiju pa je ovo iskorišćeno za jedan nov način

liječenja bolesnika ultrazvukom poznat kao *dijatermija*. Do sada se to činilo pomoću struje visoke frekvencije.

Utvrđeno je da dejstvo ultrazvuka na sjeme nekih biljaka (na primjer krompira, graška i dr.) skraćuje njihov vegetacioni period i povećava prinos.

Slijepi miševi se orijentisu u prostoru zahvaljujući sposobnosti što čuju i emituju ultrazvuke. Čovjek može djelimično da čuje zvuk kao prodorni krik. Ovi krivi su ultrazvučni impulsi koje slijepi miš šalje prema prepreci ispred, kako bi odredio njenu daljinu. Ovo on čini na osnovu vremena koje je potrebno da impuls ode do prepreka i vrati se natrag. Zato se kaze da slijepi miš ima prirodni akustični **lokator**, na osnovu kojeg određuje mjesto (lokacije) pojedinih predmeta.

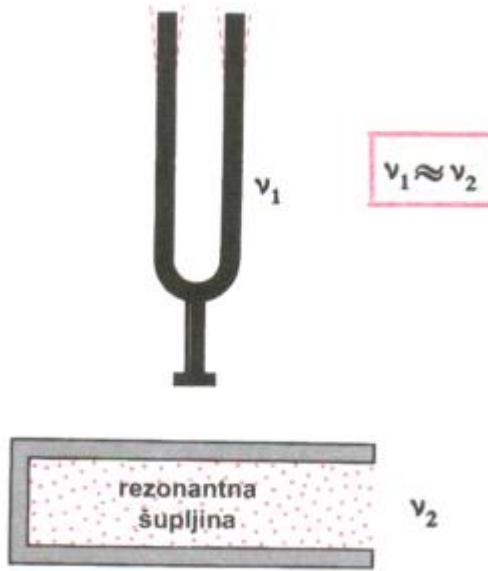
Istaknuto je da se ultrazvuk malo apsorbuje u vodi, pa se on uspjesno koristi u pomorstvu, u otkrivanju predmeta u vodi, uključujući tu i mjerjenje dubine mora. Ova primjena ultrazvuka naziva se hidrolokacija, a uređaji *hidrolokatori*. Hidrolokaciju je prvi otkrio francuski naučnik *Laniven* za vrijeme prvog svjetskog rata.

7. Određivanje talasne dužine zvučnog talasa pomoću rezonancije

Rezonancija je karakteristična pojava kod svih mehaničkih oscilacija, a naročito kod zvuka. Istaknuto je da su zvučni izvori mehanički oscilatori, koji se najčešće pobuđuju periodičnim prinudnim silama. Ovakve sile izazivaju prinudne oscilacije zvučnih izvora. Sve što je do sada rečeno o prinudnim oscilacijama i rezonanciji, važi i za zvuk. S obzirom na veliki značaj rezonancije kod zvuka, razmotriće se još neke pojave u vezi sa njom.

Rezonancija kod zvuka može da se eksperimentalno pokaže pomoću zvučne viljuške i odgovarajuće rezonatorske kutije – **rezonatora**, slika 7.1. Ova zvučna viljuška i rezonatorska kutija treba da imaju jednake ili bliske sopstvene frekvencije.

Kada se zvučna viljuška skine sa svoje rezonatorske kutije i pobudi na oscilovanje, njen zvuk neće biti toliko jak da bi se čuo sa veće udaljenosti. Međutim, kada se ona postavi na svoju rezonatorsku kutiju, zvuk će se znatno pojačati. Ovako pojačan zvuk ne emituje zvučna viljuška, već vazdušni stub u rezonatorskoj kutiji (rezonantna šupljina), koji pri ovome stupa u rezonanciju. Zvuk se emituje najviše kroz otvor na rezonatorskoj kutiji.



Slika 7.1 Zvučna viljuška i rezonatorska kutija

7.1 Zvučni talas u poluotvorenom vazdušnom stubu

Najprostiji način određivanja talasne dužine zvučnog talasa jeste pomoću cijevi zatvorene sa jedne strane. Na slici 7.2 prikazana su tri slučaja na kojima će se desiti rezonancije. Usljed te pojave kao popratni efekat jeste formiranje stojećeg talasa. Kod svih stojećih talasa sa slike karakteristično je da je na početku otvora cijevi trbuš , a na kraju zatvorene cijevi čvor stojećeg talasa.

Razmak između trbuha i prvog čvora iznosi $\lambda/4$, a između dva susjedna čvora ili trbuha $\lambda/2$. Iz ovoga slijedi da je dužina zatvorenog vazdušnog stuba pri rezonanciji jednaka je neparnom broju četvrtine talasne dužine zvuka, obrazac (9)

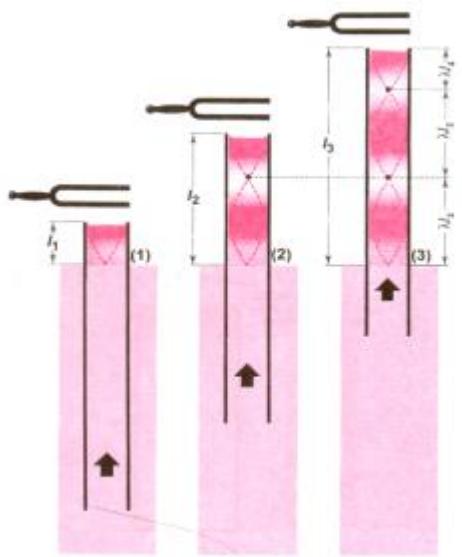
$$l = (2k + 1) \frac{\lambda}{4}, \text{ za } k = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (9)$$

λ – talasna dužina zvučnog stojećeg talasa, l – dužina vazdušnog stuba

Kako frekvencija zvuka i njena talasna dužina imaju vezu preko brzime prostiranja zvučnog talasa, tada se može formirati i sledeća relacija (10)

$$\nu = (2k + 1) \frac{c}{4l} \quad (10)$$

v – frekvencija zvuka, c – brzina zvuka u vazduhu, l - dužina vazdušnog stuba.



Slika 7.2 Stojeći talas u poluotvorenoj cijevi

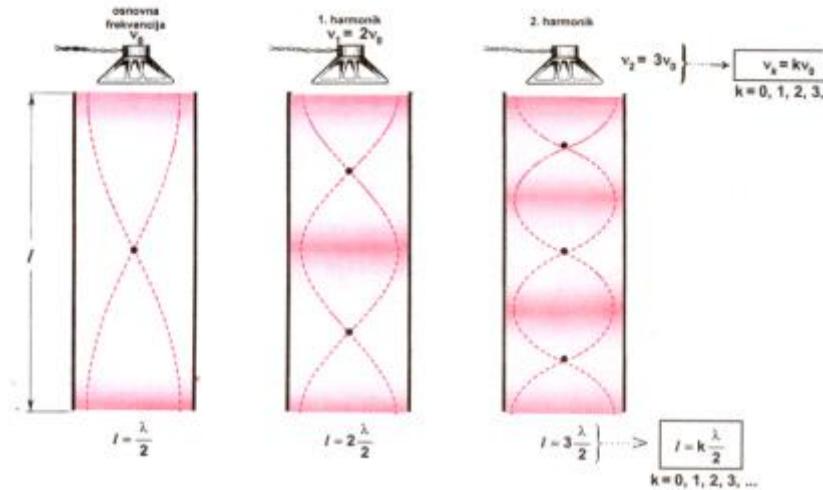
7.2 Zvučni talas u otvorenom vazdušnom stubu

Slika 7.3 prikazuje izgled rezonatora čiji je stojeći talas, koji se formira unutar potpuno otvorene cijevi sa obe strane, sa obe strane omeđen trbusima. To ima za posljedicu da je ukupna dužina vazdušnog stuba pri prvoj rezonanciji jednaka $\lambda/2$. Prema tome, relacija (11) opisuje ovu pojavu pri svakoj narednoj rezonanciji

$$l = k \frac{\lambda}{2}, \text{ za } k = 1, 2, 3, \dots \quad (11)$$

a opet iz relacije (11) slijedi relacija (12)

$$\nu = k \frac{c}{2l}, \text{ za } k = 1, 2, 3, \dots \quad (12)$$



Slika 7.3 Stojeći talas u otvorenoj cijevi

7.3 Talasna dužina stojećih talasa na zategnutoj žici

Oblici transverzalnih stojećih talasa kod zategnute žice prikazani su na slici 7.4 . U prvom slučaju to se postiže dejstvom transverzalne sile, npr. kratkim udarom o žicu. U drugom slučaju potrebno je privremeno učvrstiti žicu u tački A, a na jednoj od polovina žice izazvati opisanu transverzalnu deformaciju. Posle ovoga se obrazuje stojeći talas kao na slici 7.4, i to bez obzira na to da li je žica u čvoru A dole učvršćena ili nije. Slično je i sa ostalim slučajevima,

Oblici transverzalnih stojećih talasa kod zategnute žice analogni su po obliku longitudinalnim stojećim talasima kod vazdusnog stuba zatvorenog na oba kraja. Prema tome, frekvencija zvuka proizvedenog zategnutom žicom predstavljena je obrascem (13)

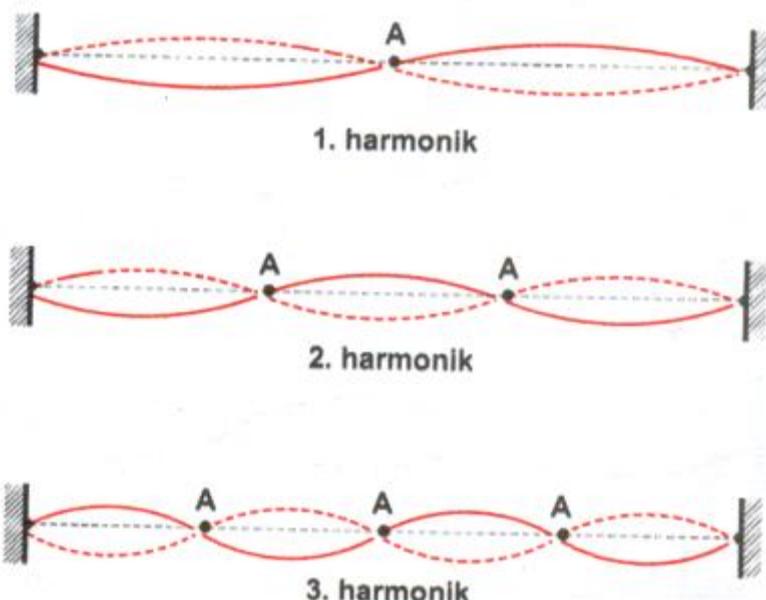
$$v = k \frac{c}{2l}, \quad \text{ili} \quad v = k\nu_0 \quad \text{za } k = 1, 2, 3, \dots \quad (13)$$

Međutim, kako je $c = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$, F je sila zatezanja žice, a μ je poduzna masa žice, onda će biti

$$v = \frac{k}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \quad \mu = \frac{m}{l} = \rho\pi r^2 \quad (14)$$

ρ je gustina supstancije od koje je žica napravljena, r je poluprečnik žice, a l je dužina žice. Konačno spajajući sve prethodne formule (14) dobija se relacija (15)

$$v = \frac{k}{2rl} \sqrt{\frac{F}{\rho\pi}} \quad (15)$$



Slika 4.4 Stojeci talas na zategnutoj žici

8. Pedagoški eksperiment

Nastavna jedinica koja je izabrana za pedagoški eksperiment jeste **Zvuk**. Nastavna tema **Akustika** obrađuje se u drugom polugodištu drugog razreda gimnazije kroz osam školskih časova. Dok se u okviru ove nastavne teme nastavna jedinica Zvuk obrađuje pet školskih časova. Kako se radi o pojavi koja nas prati u svakodnevnom životu, učenicima neće biti teško da prošire vidike na ovu temu, te da ju identifikuju sa svojom okolinom. Pojmovi koji se vezuju za ovu temu su:

- talasna dužina,
- frekvencija,
- period oscilovanja,
- brzina zvuka u različitim supstancama,
- oblik kretanja talasa
- rezonancija

Od učenika se očekuje da kao ishod svog učenja povežu gore navedene pojmove, te da shvate njihov međusobni odnos. Odnosno, da pronađu odgovor na pitanja: od čega zavisi brzina zvuka u supstancama, kako se to odražava na frekvenciju, talasnu dužinu i period zvuka? Kakav je oblik kretanja zvuka kao talasa u različitim supstancijama? Dakle, ciljevi su postavljeni pa se može preći na sledeći korak pedagoškog eksperimenta.

Ideja eksperimenta je sledeća: dva odjeljenja drugog razreda gimnazije imaju različite pristupe pri obradi ove nastavne teme. Jedno odjeljenje će imati tradicionalan pristup nastavi, što podrazumejava frontalni oblik rada, dijaloška nastavna metoda i uglavnom učionica kao lokacija rada. Drugo odjeljenje će raditi u grupama, gdje će svaka grupa raditi jednostavne oglede na datu nastavnu temu, a ponekad će se ogledi odvijati van učionice. Očigledno je da

će prvo odjeljenje imati dominaciju interakcije učenik-nastavnik, a drugo odjeljenje je upućeno na saradnju učenika u grupi ili tzv. kooperativno učenje.

Efektivnost jednog ili drugog pristupa u procesu učenja daće rezultati pedagoškog eksperimenta koji će se izvesti u dva odjeljenja u kome se nalaze po 22 učenika, drugog razreda gimnazije, školske 2011/2012 godine, u trajanju od pet školskih časova.

8.1 Proces izvođenja pedagoškog eksperimenta

Nastavna tema **ZVUK** simultano se izvodila u dva paralelna odjeljenja, sa posebnom napomenom da se u jednom odjeljenju nastava odvija frontalno uz nastavnikovo vođenje kroz sve časove, a u drugom učenici uz malu asistenciju nastavnika u grupnom radu sami dolaze do određenih zaključaka izvodeći proste oglede. Oba odjeljenja imaju djelimično istu strukturu po broju muških i ženskih učenika. U prvom odjeljenju je 13 muških i 9 ženskih učenika, dok je u drugom odjeljenju 10 muških i 12 ženskih učenika. Srednja ocjena opšteg uspjeha na polugodištu prvog odjeljenja je 3,54, dok je srednja ocjena iz predmeta fizike 3,10, a srednja ocjena opšteg uspjeha drugog odjeljenja je 3,78, ali je srednja ocjena iz fizike 3,17. Upravo ta približna vrijednost srednjih ocjena iz predmeta fizike pomoglo je u odabiru ova dva odjeljenja za pedagoški eksperiment. Ove informacije su korisne sa stanovišta da je testiranje učenika kontrolne i eksperimentalne grupe sa sličnim predznanjem iz datog predmeta upravo ono što je potrebno za kvalitetan rezultat testa. Na ovaj način se može smanjiti početni uticaj na konačni rezultat samog pedagoškog eksperimenta.

Učenici u eksperimentalnoj grupi će imati priliku da izvedu pet jednostavnih ogleda, koji će naknadno biti opisani u ovom radu. Za sve oglede materijal je pripremljen od strane učenika, jer se u suštini ne radi o velikoj materijalnoj investiciji (plastične čaše, konac, staklene flaše, plastične cijevi, gumice, itd.), a ujedno ih više uključuje u sam proces učenja putem ogleda. U odjeljenju je formirano pet grupa, od kojih su dvije sa pet učenika, a ostale tri sa četiri učenika. Svaka grupa je radila po jedan ogled svakog školskog časa, tako da je svih pet grupa u pet školskih časova radilo svih pet ogleda. Svaka grupa prije oglednog časa ima zadatak da prikupi što više podataka o ogledu koji treba da izvedu. U završnom dijelu časa svaka grupa je iznosila svoje zaključke u vezi ogleda. Dodatnim pitanjima i povezivanjem sa određenim teorijskim formulama, nastavnik je nastojao da upotpuni ili proširi razumjevanje učenika u analizi ogleda.

Učenici koji su bili obuhvaćeni frontalnim oblikom nastave obrade nastavne teme, aktivno su diskutovali i učestvovali u analizi i izvođenju svih aproksimacija. Naravno, zaključivanje kod ovakvog oblika obrade nastavne teme ne može proći bez konkretnih primjera u obliku računskih zadataka.

Nakon pet školskih časova obrade nastavne teme, učenici su testirani, a rezultati će biti analizirani u ovom radu.

9. Jednostavni ogledi

Ponekad i najkomplikovane stvari postaju tako jednostavne kada se osmisli jednostavan način kako ih dočarati. Neku pojavu iz prirode, pojam koji znači nešto, predmet koji služi nečemu, zahtijeva ideju koja ne komplikuje njihovo objašnjenje, koja ne dovodi sebe u poziciju da je potrebno „objašnjenje objašnjenja“. Kada se dođe do takve ideje onda to znači da se nekakva pojava može pokazati, objasniti tako da onaj ko posmatra može sam doći do zaključka ili sam sebi objasniti nešto nepoznato.

Za odjeljenje koje obrađuje nastavnu temu pristupom rada u grupama, tj. učenje putem otkrića, odabранo je sledećih pet jednostavnih ogleda:

- Telefonske čaše
- Duvanje i lapanje u flašu
- Zvuk u cijevi
- Gumica za tegle kao mizički instrument
- Odakle zvuk dolazi

9.1 Telefonske čaše

Pojmovi koji se obrađuju: mehanički talas, prostiranje talasa i brzina zvuka

Potreban materijal za ogled:

- Dvije plastične čaše ,
- Konac ili kanap (5-10m),
- Dvije spajalice.

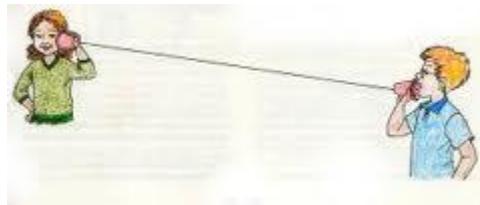


Slika 9.1 Izgled telefonskih čaša

Izvođenje ogleda:

Čaše probušimo na dnu, provučemo kanap kroz rupu i sa unutrašnje strane vežemo konopac za spajalicu. To isto ponovimo i sa drugom čašom, vezujući ga za drugi kraj kanapa, slika 9.1.

Dva učenika uzimaju po jednu čašu i odlaze nasuprot jedan drugog. Kada se konopac ispravi, tj. zategne učenika koji priča će čuti drugi učenik koji sluša. Međutim, svaki put kada bi konopac dodirnuo tlo, zid ili bilo koji drugi predmet, glas bi nestao, slika 9.2.



Slika 9.2 Komunikacija pomoću telefonskih čaša

Objašnjenje:

Razlog zbog čega će učenik koji sluša, solidno čuti glas drugog učenika u čaši, a slabije bez nje na toj istoj udaljenosti, jeste što se zvuk brže prostire kroz konopac nego vazduh. Ako konopac dodirne neki drugi predmet, tada će sve vibracije koje on prenosi, preneti na taj predmet, a ne do učenika koji sluša.

9.2 Duvanje i lupanje u flašu

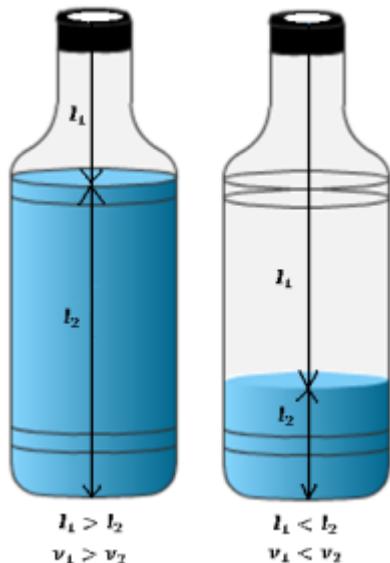
Pojmovi koji se obrađuju: talasna dužina i frekvencija zvuka

Potreban materijal za ogled:

- Staklena flaša,
- Drveni ili metalni štapić.

Izvođenje ogleda:

Flašu napuniti vodom do 2/3 njene visine. Duvajući u otvor grljka flaše čuće se zvuk. Kada se flaša udara štapićem, tagođe se čuje zvuk razlika između ova dva zvuka jeste u tome što je zvuk koji se dobija duvanjem niži, a udaranjem viši. Kada se u flašu dospe vode do $\frac{1}{2}$ visine flaše, zvuk duvanjem postaje viši od predhodnog, a udaranjem postaje niži od predhodnog, slika 9.3.



Slika 9.3 Dvije identične flaše sa različitim nivoom vode u njima

Objašnjenje:

Kada se duva u flašu tada vazdušni stub koji se nalazi iznad vode počinje da osciluje. Frekvencija zvuka koji se dobija zavisi od visine vazdušnog stuba u flaši. Ta zavisnost se dobija preko talasne dužine zvuka, obrazac (16)

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (16)$$

gdje je ν frekvencija zvuka, c brzina zvuka u vazduhu, a λ je taklasna dužina zvuka u flaši. To znači da manja visina vazdušnog stuba daje manju talasnu dužinu zvuka, a frekvencija postaje veća, pa zvuk postaje viši.

Udaranjem u flašu osciluje boca i voda u njoj. Frekvencija zvuka zavisi od visine vodenog stuba u flaši, kao i u predhodnom slučaju obrasca (16).

Dakle, analogno visini vazdušnog stuba, visina vodenog stuba kada se povećava, tada se povećava i taklasna dužina zvuka, što smanjuje njenu frekvenciju, pa zvuk sve niži.



Slika 9.4 Cijev uronjena u vodu

9.3 Zvuk u cijevi

Pojmovi koji se obrađuju: stojeći talas, frekvencija zvuka i rezonancija

Materijal potreban za ovaj ogled:

- Dvije plastične cijevi različitih prečnika,
- Zvučna viljuška,
- Marker,
- Voda.

Izvođenje ogleda:

Manju cijev postaviti u cijev većeg prečnika. Cijev većeg prečnika mora da ima dno, jer se voda sipa skoro do vrha. Zatim se iznad cijevi postavi zvučna viljuška, koja se predhodno udarcem dovede u oscilovanje. Manja cijev se zatim poka izvlači iz veće. Kada se začuje jači intenzitet zvuka, markerom se zabilježi mjeso gdje je površina vode na manjoj cijevi. Kada se nastavi sa izvlačenjem manje cijevi ponovo se pojavi novo mjesto gdje je intenzitet zvuka veći, pa se i to mjesto zabilježi markerom. Tako dalje u zavisnosti koliko su cijevi dugačke. Na osnovu ovoga može se odrediti frekvencija zvučne viljuške, slika 9.4.

Objašnjenje:

Pošto je u pitanju stojeći talas u poluzatvorenoj cijevi, talasna dužina takvog talasa, u odnosu na visinu vazdušnog stuba u cijevi, ima oblik obrasca (17)

$$\lambda = 4 \frac{l}{n} \quad (17)$$

l - je visina vazdušnog stuba, n - je redni broj obilježenog mesta na manjoj cijevi. Odavde je frekvencija zvuka, a samim tim i zvučne viljuške

$$\nu = \frac{c}{4l} n \quad (18)$$

Gdje je c - brzina zvuka u vazduhu.

9.4 Gumica za tegle kao muzički instrument

Pojmovi koji se obrađuju: rezonator, ekscitator i rezonancija

Potreban materijal:

- Obična gumica za tegle,
- Plastična čaša,
- Spajalicu.

Izvođenje ogleda:

Kada se probuši čaša na njenom dnu i provuče gumica koja se sa druge strane pričvrsti spajalicom, pri njenom zatezanju i otpuštanju proizvešće se različiti zvukovi, kao kod bilo kojeg drugog „žičanog“ instrumenta, slika 9.5.



Slika 9.5 Lijevo je potreban materijal, desno sastavljen instrument

Objašnjenje:

Kao kod stojećih talasa kod zategnute žice i ovdje se zvuk mijenja u zavisnosti od intenziteta sile zatezanja. Što je taj intenzitet veći, zatezanje gumice je veće, a zvuk postaje sve viši, jer frekvencija tog zvuka ima oblik obrasca (19)

$$v = \frac{k}{2rl} \sqrt{\frac{F}{\rho\pi}} \quad (19)$$

ρ je gustina supstancije od koje je žica napravljena, F je intenzitet sile zatezanja gumice r je poluprečnik žice, a l je dužina žice.

5.4 Odakle zvuk dolazi

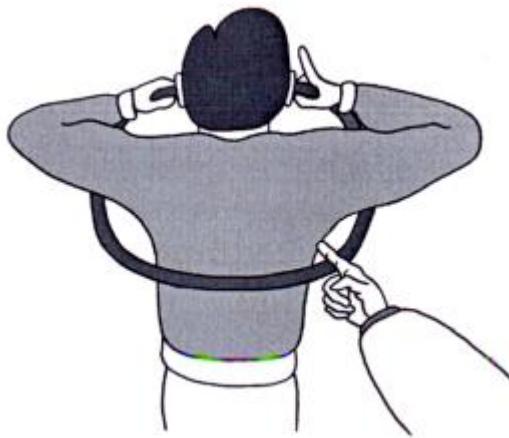
Pojmovi koji se obrađuju: prostiranje talasa i brzina zvuka

Potreban material:

- Gumeno crijevo ~ 1m

Izvođenje ogleda:

Jedan učenik zatvorenih očiju stavi oba kraja crijeva na svoje uši, tako da mu se ostatak gumenog crijeva nalazi na leđima. Drugi učenik lupka po gumenom crijevu, dok učenik koji sluša kažiprstom daje znak sa koje strane dolazi zvuk. Kada se kucka na sredini crijeva onda bi učenik trebao da podigne kažiprst na obe ruke, što znači da je zvuk sa obe strane stigao u isto vrijeme, slika 9.6.



Slika 9.6 Položaj učenika pri izvođenju ogleda

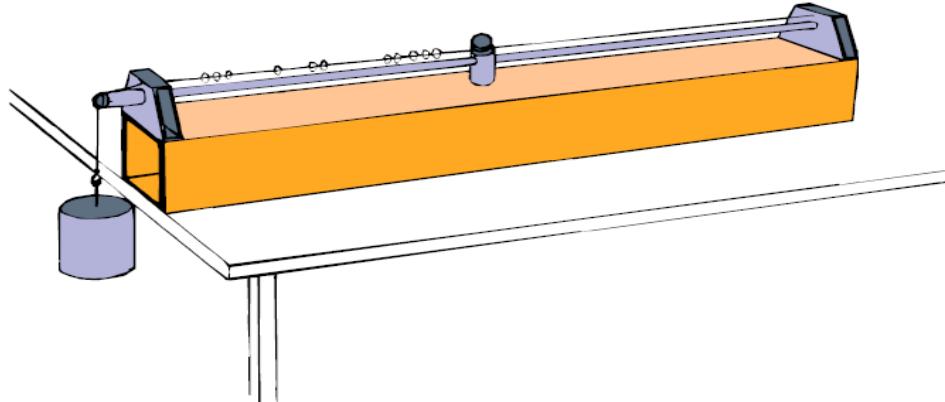
Objašnjenje:

Kukanjem po gumenom crijevu proizvodi se zvuk, ali ako se kucka na lijevoj ili desnoj strani od sredine crijeva onde će zvučni talasi sa jedne strane imati manji pređeni put do jednog uha, a drugi će imati veći put, što smanjuje, odnosno povećava vrijeme putovanja zvučnog talasa do uha. Ako je zvuk kontinualan, onda je teško utvrditi sa koje strane zvuk dolazi, jer u tom slučaju zvuk dopire do oba ušta.

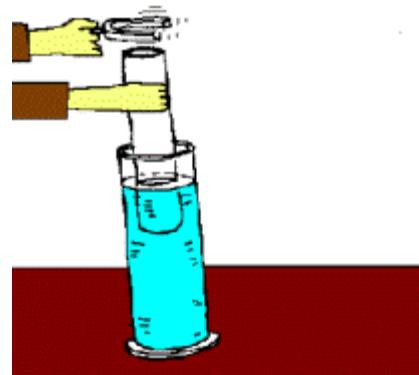
10. Test

A GRUPA

- 1) Na monokord sa slike postavljena je klavirska žica dužine $l = 0.25 \text{ m}$ i debljine $d = 0.2 \text{ mm}$. Kolika masa tega mora biti okačena za žicu da bi ona proizvela ton frekvencije $v = 435 \text{ Hz}$, ako je žica čelična gustine $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$? (30)



- 2) Čovjek može da čuje frekvencije zvučnih talasa:
 a) od 20 Hz do 20 kHz
 b) od 5 Hz do 10 Hz
 (zaokruži tačan odgovor) (10)
- 3) Plastična cijev manjeg prečnika nalazi se u većoj cijevi sa vodom. Iznad nje se postavi zvučna viljuška koja osciluje sopstvenom frekvencijom $v = 440 \text{ Hz}$. Zatim se ustanovi da manju cijev treba izvući iz velike za dužinu $l = 0,2 \text{ m}$, da bi intenzitet zvuka bio maksimalan. Kolika je brzina zvuka u prostoriji u kojoj se izvodi ogled? (20)



- 4) Tabela koja je prikazana predstavlja neka fizička svojstva navedenih supstancija. Odredi kroz koju supstanciju zvuk ima najveću brzinu?

vrsta supstancije	gustina (kg/m^3)	modul elastičnosti (GPa)
led	900	10
bakar	8900	120
staklo	2600	64

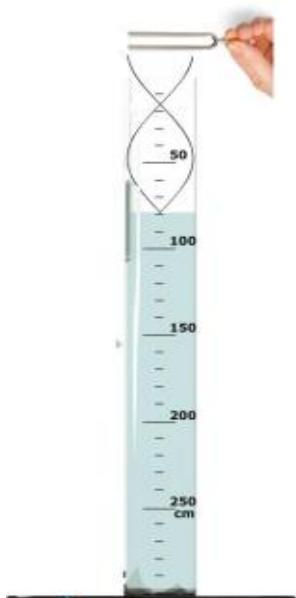
- 5) Kada se voda sipa u staklenu flašu, ako se ton proizvodi duvanjem on postaje sve viši, ukoliko je više vode u flaši. Ako se povremenim kuckanjem u flašu proizvodi ton ukoliko je više vode u flaši on je sve niži. Zašto se to dešava? (10)

B GRUPA

- 1) Dvojica gitarista štimaju svoje gitare. Prvi tri puta okrene štimer na žici E zatežući žicu, dok drugi zateže tu istu žicu i okreće štimer samo jednom. Čija je žica prije štimanja imala viši ton? (20)
a) 4 s b) 10 s c) neće čuti zvuk d) 2,3 s
(zaokruži tačan odgovor)
- 2) Dva astronauta na Mjesecu uzimaju uzorak stijene. Jedan udara čekićem odvajajući manji komad, dok je drugi 10m udanjen od njega. Nakon koliko vremena drugi astronaut čuje zvuk udara čekića, ako je brzina zvuka u vazduhu 340 m/s?
a) 4 s b) 10 s c) neće čuti zvuk d) 2,3 s (10)
- 3) U učionici je izmjerena temperatura $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, a napolju izmjerena temperatura iznosi $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ako je eksperimentom utvrđeno da je brzina zvuka u učionici 340 m/s, kolika je brzina zvuka napolju i da li će se ton zvučne viljuške razlikovati u učionici i napolju? (30)
- 4) Dva učenika se nalaze na međusobnom rastojanju 30m. Svaki u svojim rukama drži jednu plastičnu čašu koje su povezane koncem kao na slici. Ako jedan učenik glasno vikne u čašu, drugi:
a) će čuti glas prvo u čaši b) će čuti glas prvo u okolini
c) će čuti istovremeno i u čaši i u okolini d) neće čuti glas
(zaokruži tačan odgovor)



- 5) Jedan od načina da se odredi frekvencija zvučne viljuške jeste pomoću mezure kao na slici. Voda se pažljivo ispušta iz mezure do momenta kada se začuje glasan zvuk. Sa mezure se očitaju vrijednosti, pa se zatim voda dalje ispušta do nove tačke. Kolika je frekvencija zvučne viljuške prema situaciji sa slike? Brzina zvuka u vazduhu je 340 m/s. (30)



11. Analiza rezultata pedagoškog eksperimenta

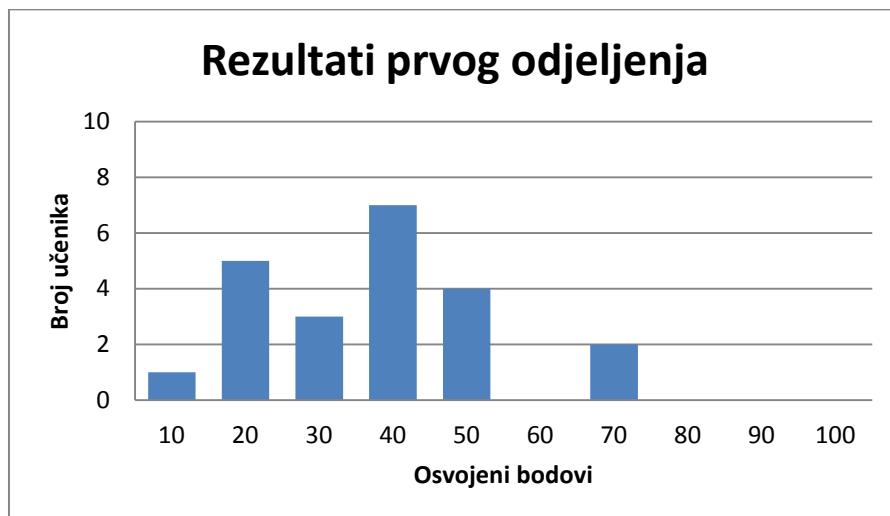
Rezultati testiranja učenika nakon izvedenog pedagoškog eksperimenta prikazani su grafički i tabelarno. Učenici svakog odjeljenja podjeljeni su u dvije grupe, koje su radile iste testove, A i B. Oba odjeljenja su imala jednak broj učenika.

Tabela 1.1 predstavlja poređenje rezultata prvog i drugog odjeljenja.

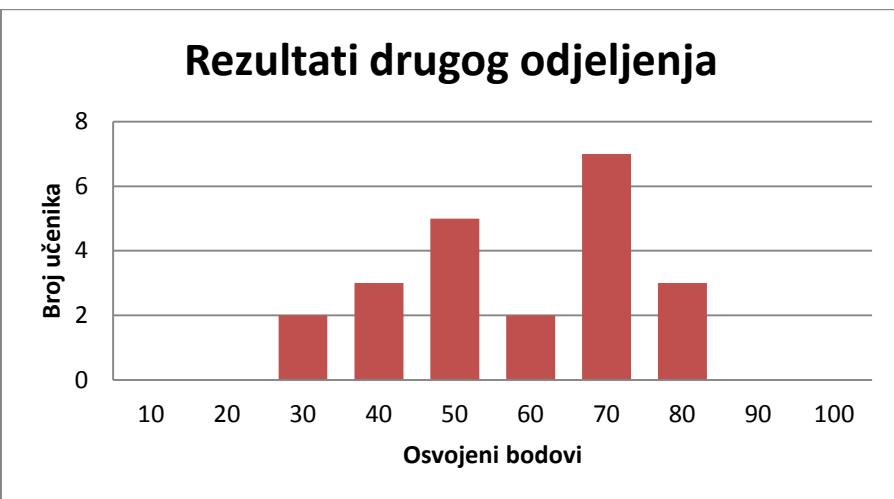
odjeljenje	prvo	drugo
broj učenika	22	22
minimalni broj bodova	10	30
maksimalni broj bodova	70	80
srednja vrijednost	37,27	58,18
razlika (prvo-drugo)		20,91

Tabela 1. 1

Na graficima 1.1 i 1.2 prikazan je broj učenika u odnosu na osvojen broj bodova za oba odjeljenja. Na osnovu analize dobijenih rezultata može se zaključiti da su učenici prvog odjeljenja, odnosno eksperimentalne grupe, pokazali bolje rezultate od učenika prvog odjeljenja, odnosno kontrolne grupe. Težište broja osvojenih bodova kod kontrolne grupe pomjereno je ka minimumu, jer se može vidjeti da postoje učenici koji su osvojili i po 10 ili 20 bodova, dok kod eksperimentalne grupe minimalan broj osvojenih bodova je 30. Isto važi i za maksimalan broj osvojenih bodova, gdje kod prve grupe čak ne postoje učenici sa osvojenih 60 bodova, a samo dvoje učenika je osvojilo 70 bodova, a kod druge grupe je najveći broj učenika sa osvojenih 70 bodova, čak dva učenika su imala 80 bodova.



Grafik 1. 1 Prikaz osvojenih bodova učenika prvog odjeljenja

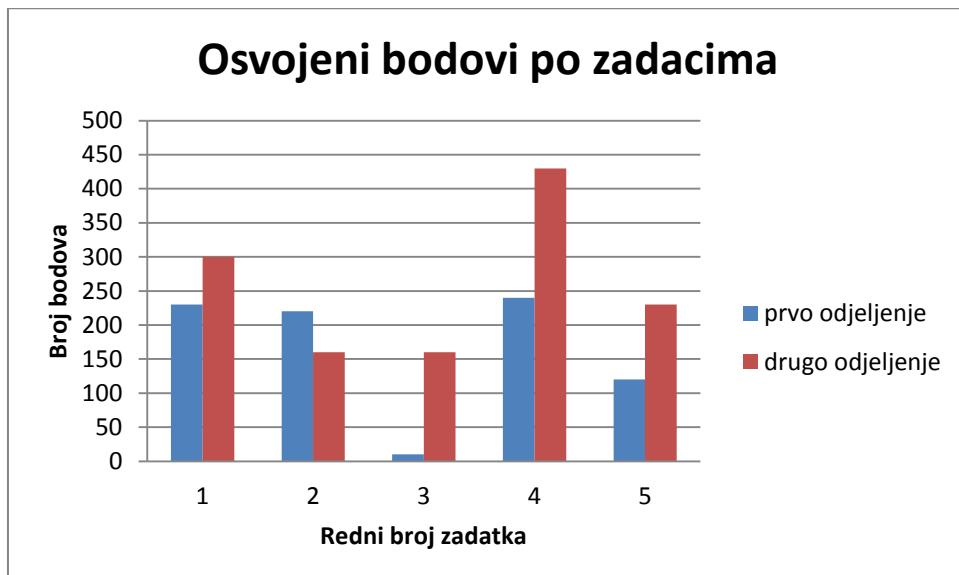


Grafik 1. 2 Prikaz osvojenih bodova učenika drugog odjeljenja

Naredna tabela 1.2 poredi brojeve bodova osvojenih po zadacima u oba odjeljenja, što je pokazano i na grafiku 1.3.

redni broj zadatka	1	2	3	4	5
prvo odjeljenje	230	220	10	240	120
drugo odjeljenje	300	160	160	430	230

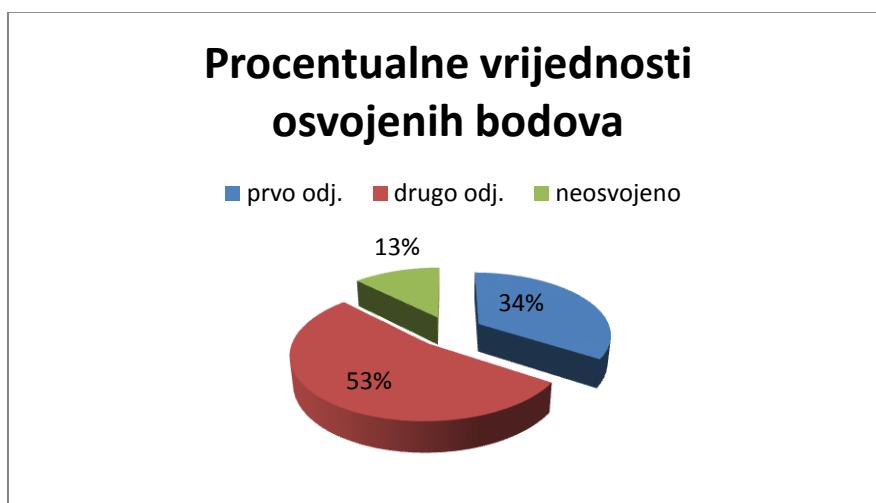
Tabela 1. 2



Grafik 1. 3 Poređenje osvojenih bodova dviju grupa po zadacima

Analiza rezultata prikazanih grafikom 1.3 pokazuje da je eksperimentalna grupa pokazala slabije rezultate na drugom pitanju, koje se odnosi na pitanje o dvojici astronauta na Mjesecu, od kontrolne. U razgovoru sa učenicima o tome zašto se to dogodilo, ispostavilo se da je u pitanju kombinacija slučajnih grešaka. Neki su jednostavno previdjeli to pitanje zaokupljeni drugim pitanjima, dok su drugi brzopleti pogrešno odgovorili, a ima i onih koji nisu imali odgovor na postavljeno pitanje. Odgovor na ovo pitanje odražava činjenično znanje, pa je moguće da je i to bio problem, ali je zato druga grupa bila uspješnija kod pitanja koja zahtjevaju shvatanje i primjenu.

Na kraju, zadnji grafik 1.4 predstavlja procentualni odnos osvojenih bodova oba odjeljenja i procenat neosvojenih bodova, od ukupno moguće osvojenih bodova.



Grafik 1. 4

Grafik 1.4 prezentuje rezultate u procentima koje su obe grupe osvojile u odnosu na procenat bodova koji nisu osvojeni. Ovdje se jasno vidi da je eksperimentalna grupa za 19% dala bolje odgovore na postavljena pitanja u testu od kontrolne

12. Zaključak

Odavno je već poznato da je efektivna koncentracija slušaoca veoma mala. U prosjeku ona iznosi jedva 20 minuta, pa opet školski čas i dalje traje 45 min. Iskreno govoreći, bilo čiji monolog od 45 minuta ne može ostaviti „budnog“ ni najistrajnije slušaoce. U toku predavanja nastavnici se snalaze na različite načine kako da održe pažnju učenika na datu temu. Predavanja iz fizike, ali i drugih predmeta prirodnih nauka, imaju veću šansu da budu zanimljivija. Ta šansa bi vjerovatno bilo kontinualno održavanje nečega što su učenici imali i prije nego su došli u školu, a to je želja da sami nešto urade svojim rukama, pa makar to bila šetnja po školi sa GM brojačem u potrazi za radioaktivnim materijalom. To kontinualno održavanje želje da se nešto uradi svojim rukama ne zahtijeva velike investicije, ali zahtijeva konačan dogovor na višem nivou kako bi se ozbiljno uzelo u razmatranje. Ovaj rad govori tome u prilog.

U radu je opisan postupak dva različita pristupa nastavi pri obradi nastavne jedinice Zvuk u dva odjeljenja istog razreda i slične strukture učenika. Nakon pet školskih časova, koliko je trajala obrada ove nastavne jedinice, izvršeno je testiranje učenika oba odjeljenja. Analiza statistički obrađenih rezultata je pokazala da je eksperimentalno odjeljenje pokazalo za 19% bolje rezultate od kontrolnog. Pokazalo se da je proces zaboravljanja za učenike koji su radili oglede i učili putem istraživanja vremenski prolongiran u odnosu na učenike odjeljenja kod kojih je primjenjen tradicionalni pristup nastavi. Analizirajući rezultate testiranja može se zaključiti da se uz jedva 1% materijalnih ulaganja mogu postići i do 20% bolji rezultati. Dakle, više nego „profitabilno“.

Primjena jednostavnih ogleda u nastavi daje rezultate koje bi sigurno trebalo uzeti kao mogući smjer reforme u nastavi fizike, ali i ostalih predmeta prirodnih nauka.

13. Literatura

1. Svetozar Božin, Milan Raspovov, Emilo Danilović, Fizika za III razred gimnazije, ZZUNS, Beograd, 1997.
2. Milan O. Raspovović, Fizika za osmi razred osnovne škole, ZZUNS, Istočno Sarajevo, 2006.
3. Gojko I. Dimić, Gojko V. Savanović, Fizika za II razred gimnazije, ZZUNS, Istočno Sarajevo, 2006.
4. Dušanka Ž. Obadović, Jednostavni eksperimenti u nastavi fizike, Novi Sad, 2007.
5. Tomislav Petrović, Nastavna sredstva fizike, Fizički fakultet, Beograd 1994
6. Tomislav Petrović, Didaktika fizike, Fizički fakultet, Beograd 1994.
7. Obadović, Pavkov-Hrvojević, Stojanović, Jednostavni ogledi u fizici, Beograd 2007.
8. Vučić, Ivanović, Fizika I, Naučna knjiga, Beograd 1986.
9. Pedagoško društvo Srbije, Nastava i vaspitanje br.4, 2006.

Kratka biografija kandidata

Saša Babić, rođen 8.12.1980. godine u Srpcu. Završio osnovnu školu „Jovan Jovanović Zmaj“ i gimnaziju „Petar Kočić“ u Srpcu. U Banja Luci 2008. godine diplomirao na prirodno-matematičkom fakultetu, fiziku nastavni smjer. Master studije na prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu upisao fiziku nastavni smjer 2011. Godine.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

TD Monografska dokumentacija

Tip zapisa:

TZ Tekstualni štampani materijal

Vrsta rada:

VR Završni rad

Autor:

AU Saša Babić

Mentor:

MN dr Dušanka Obadović, redovni prof.

Naslov rada:

NR **OBRADA NASTAVNE JEDINICE „ZVUK“ ZA
DRUGI RAZRED GIMNAZIJE**

Jezik publikacije:

JP Srpski (latinica)

Jezik izvoda:

JL Srpski/Engleski

Zemlja publikovanja:

ZP Republika Srbija

Uže geografsko područje:

UGP Vojvodina

Godina:	
GO	2012.
Izdavač:	
IZ	Autorski reprint
Mesto i adresa:	
MA	Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad
Fizički opis rada:	
FO	10/48/0/4/17/5/0
Naučna oblast:	
NO	Fizika
Naučna disciplina:	
ND	Tematski pristup nastavi fizike
Predmetna odrednica/ključne reči:	
PO	
UDK	Zvuk, jednostavni eksperimenti, pedagoški eksperiment
Čuva se:	
ČU	Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu
Važna napomena:	
VN	nema
Izvod:	
IZ	U ovom radu prikazan je doprinos primjene jednostavnih ogleda i savremenih metoda rada bržem i kvalitetnijem usvajanjem novih pojmoveva u nastavi fizike.

Datum prihvatanja teme od NN veća:

DP 5.10.2012. godine

Datum odbrane:

DO 11.10.2012. godine

Članovi komisije:

KO

Predsednik: dr Milica Pavkov Hrvojević, vanredni profesor

Član: dr Maja Stojanović, docent

Član: dr Dušanka Obadović, redovni profesor

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF SCIENCE

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

DT

Monograph publication

Type of record:

TR

Textual printed material

Content code:

CC

Final paper

Author:

AU

Saša Babić

Mentor/comentor:

MN

Ph.D. Dušanka Obadović, full prof.

Title:

TI

Treatment of the Theme "Sound" in the Second Year of
Grammar School

Language of text:

LT

Serbian (Latin)

Language of abstract:

LA

English

Country of publication:

CP

Republic of Serbia

Locality of publication:

LP	Vojvodina
Publication year:	
PY	2012
Publisher:	
PU	Author's reprint
Publication place:	
PP	Faculty of Science, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad
Physical description:	
PD	10/48/0/4/17/5/0
Scientific field:	
SF	Physics
Scientific discipline:	
SD	Thematic approach to teaching physics
Subject/ Key words:	
SKW	
UC	Sound, simple experiments, pedagogical experiment
Holding data:	
HD	Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4
Note:	
N	none
Abstract:	
AB	In this paper the effects of the application of simple experiments and contemporary teaching methods with aim faster and better adopting new concepts in physics, is presented.

Accepted by the Scientific Board:

ASB 5.10.2012.

Defended on:

DE 11.10.2012.

Thesis defend board:

DB

President: Ph.D Milica Pavkov Hrvojević, associet prof.

Member: Ph.D Maja Stojanović, assistent prof.

Member: Ph.D Dušanka Obadović, full prof.