

**ZVUK I EFEKAT BUKE**

**THE SOUND AND THE EFFECT OF NOISE**

**Autori:**

**NIKOLIĆ MAJA**, učenica 2. razreda Gimnazije „Stevan Jakovljević“, Vlasotince, član fondacije darovitih „Hristifor Crnilović-Kica“  
**STANOJEVIĆ JELICA**, učenica 2. razreda Gimnazije „Stevan Jakovljević“, Vlasotince, član fondacije darovitih „Hristifor Crnilović-Kica“

**Mentor**

**VELJKOVIĆ MAJA**, profesor fizike

Vlasotince 2013.

## **ZVUK I EFEKAT BUKE**

### **THE SOUND AND THE EFFECT OF NOISE**

#### **Autori:**

**NIKOLIĆ MAJA**, učenica 2. razreda Gimnazije „Stevan Jakovljević“, Vlasotince, član fondacije darovitih „Hristifor Crnilović-Kica“  
**STANOJEVIĆ JELICA**, učenica 2. razreda Gimnazije „Stevan Jakovljević“, Vlasotince, član fondacije darovitih „Hristifor Crnilović-Kica“

#### **Mentor**

**VELJKOVIĆ MAJA**, profesor fizike

#### **REZIME**

Zvuk je mehanički talas koji predstavlja oscilaciju pritiska koja se prenosi kroz čvrsta tela, tečnosti ili vazduh, koji se sastoji od frekvencija u opsegu sluha. Zvuk se takođe prenosi kroz plazmatična tela.

#### **KLJUČNE REČI:**

Zvuk, brzina zvuka, jačina zvuka, prag čujnosti, buka, efekat buke,

#### **SUMMARY**

Sound is a mechanical wave that is an oscillation of pressure transmitted through a solid, liquid, or gas, composed of frequencies within the range of hearing. Sound also travels through plasma.

#### **KEY WORDS:**

Sound, speed of sound, the force of sound, range of hearing, noise, effect of noise,

## UVOD

Zvuk u obliku govora predstavlja osnovno sredstvo međuljudske komunikacije. Veoma često zvuk svojim delovanjem može uznemiravati i ugrožavati čoveka i njegovo zdravlje. U takvim slučajevima zvuk se tretira kao buka. Oblast fizike koja se bavi zvukom naziva se akustika i pokriva sve oblasti generisanja, rasprostiranja i percepcije zvuka, bez obzira na prirodu njegovog izvora i prijemnika. Ovom prilikom ćemo se baviti upravo akustikom i razmatraćemo karakteristike zvuka.

## LISTA SIMBOLA

$c$ -brzina zvuka

$p_a$ -atmosferski pritisak,

$\rho$ -gustina vazduha

$I$ -jačina zvuka

$E$ -energija

$t$ -vreme

$S$ -površina

$P$ -snaga

## ŠTA JE ZVUK?

Zvuk je fizička pojava. Nastaje u elastičnoj sredini i rasprostire se od mesta nastajanja (izvora) određenom brzinom u vidu zvučnih talasa. Rasprostiranje zvučnih talasa (talasni front) vezano je za kretanje, odnosno, oscilovanje molekula elastične sredine. Da bi nastao zvuk trebaju da budu ispunjena dva uslova:

- da postoji zvučni izvor
- da se zvučni izvor nalazi u elastičnoj sredini.

Pojava nastaje kao rezultat mehaničkih oscilacija nekog tela i pojava je sasvim slična talasima na vodi koji bi se dobili kada bi se u vodu bacio kamen.

Oblast fizike koja se bavi zvukom naziva se akustika i pokriva sve oblasti generisanja, rasprostiranja i percepcije zvuka, bez obzira na prirodu njegovog izvora i prijemnika. U fizičkom tumačenju podleže svim fizičkim zakonima. Zvuk je predmet interesovanja mnogih naučnih disciplina – od inženjerskih do medicinskih i socioloških. U oblasti inženjerskih disciplina dominiraju tri aspekta interesovanja za zvuk kao fizičku pojavu:

- Zvuk kao sredstvo komunikacije
- Zvuk kao alat
- Zvuk kao buka

-Zvuk u obliku govora predstavlja osnovno sredstvo međuljudske komunikacije. Govor nastaje kao rezultat kontrolisanog generisanja zvuka iz čovekovog vokalnog trakta. Drugi oblik komunikacije zvukom je muzika kao oblik umetničkog izražavanja čoveka. Zvuk se takođe koristi u oblasti komunikacija kao nosač informacija u obliku npr. znakova upozorenja kao što su zvonjava telefona, zvuk automobilske sirene ili sirene za uzbunu. U vodenoj sredini zvuk kao nosilac informacija je nezamenljiv, s obzirom na činjenicu da se kroz vodenu sredinu ne prostiru elektromagnetni talasi.

-Zvuk se u mnogim situacijama koristi kao aktivni ili pasivan alat. Zvuk kao aktivan alat podrazumeva korišćenje energije zvuka za izvršavanje neke specifične operacije. Primenjuje se kod ultrazvučnih koda za čišćenje, u uređajima za ultrazvučno zavarivanje, pri osmatranju dna ispod broda generisanjem zvuka i praćenjem prostiranja direktne i reflektovane komponente, u ultrazvučnim dijagnostičkim metodama u medicini.

-Veoma često zvuk svojim delovanjem može uznemiravati i ugrožavati čoveka i njegovo zdravlje. U takvim slučajevima zvuk se tretirao kao buka. Tehnološki razvoj društva rezultira u povećanju nivoa energije zvuka koju generišu mašine, fabrike, saobraćaj i sl. tako da su mnogi događaji u čovekovom okruženju praćeni generisanjem zvukova koji su neželjeni i neprijatni za okruženje i kao takvi predstavljaju buku.

Nivo smetnji koji izaziva zvuk zavisi od karakteristika samog zvučnog signala ali i od stava primaoca zvuka prema njemu. Tako, muzika i govor koji su korisni zvuci za one koji ih žele slušati mogu za neke druge izgledati kao buka, posebno ako su glasni i ako se javljaju u vreme spavanja ili vođenja komunikacije, kako direktne tako i indirektne, korišćenjem različitih pomoćnih sredstava. Ovo daje subjektivnu dimenziju doživljaja zvuka u obliku buke, tako da zvuk ne mora da bude glasan da bi predstavljao smetnju i da bi ga čovek ocenio kao buku. Npr. škripa poda, izgrebane ploče ili isprekidani zvuk kapanja vode iz slavine može biti ometajući kao i glasna grmljavina. Ocena stepena smetnji koje izaziva buku u velikoj meri zavisi i od perioda dana – veći nivoi buke su tolerantniji u toku dnevnog nego noćnog perioda s obzirom na aktivnosti koje se odvijaju u tim periodima dana. Pored negativnih efekata ometanja i ugrožavanja, buka može da ima i razorno dejstvo koje se ogleda u uništavanju materijalnih dobara i povređivanju osetljivog organa sluha. Npr. buka koja nastaje pri nastajanju zvučnog udara može slomiti prozore i obiti malter sa zidova. Ali, sigurno je najteži slučaj kada buka ošteti mehanizam koji je namenjen za percepciju zvuka – ljudsko uho.

## **BRZINA ZVUKA**

Brzina zvuka zavisi od karakteristika fluida i može se izračunati po relaciji:

$$c = \sqrt{\frac{p_a \chi}{\rho}}$$

gde je:

- $p_a$  - atmosferski pritisak,
- $\rho$  - gustina vazduha i
- $\chi = 1,4$ .

Zvuk se u vazduhu prostire kao longitudinalni talas brzinom od  $c = 344$  m/s na temperaturi od  $20^\circ\text{C}$  pri normalnim atmosferskim uslovima. Brzina zvuka u vazduhu zavisi od temperature vazduha i može se iskazati relacijom:

$$c = c_0 + 0,6\Theta$$

gde je:

$c$  – brzina zvuka na temperaturi  $\Theta$  u [m/s],

$c^0 = 330$  m/s – brzina zvuka na  $\Theta = 0^\circ\text{C}$  i

$\Theta$  – temperatura vazduha u [ $^\circ\text{C}$ ].

Brzine zvuka u nekim drugim sredinama date su tablici:

Materijal	$v$ [m/s] [dB]
Guma	50
Voda	1480
Slana voda ( $21^\circ\text{C}$ , salinitet 3,5 %)	1520
Pleksiglas	1800
Drvo (meko)	3350
Drvo (jela)	3800
Armirani beton	3400
Čelik	5050
Aluminijum	5150
Staklo	5200
Gipsana ploča	6800

*Tabela 1, Brzina zvuka u različitim sredinama*

*Table 1, The speed of sound in different environments*

## JAČINA ZVUKA

Jačina ili intenzitet zvuka je jedna od veličina koja ga karakteriše. Jačina zvuka može biti subjektivna i objektivna.

Objektivna se definiše kao energija koja se pomoću zvučnog talasa prenosi u jediničnom vremenskom intervalu kroz jedinicu površine.

$$I = \frac{\Delta E}{tS}$$

Pošto je snaga definisana kao rad u jediničnom vremenu objektivna jačina se može izraziti preko snage na sledeći način:

$$I = \frac{P}{S}$$

Merna jedinica je:  $\frac{W}{m^2}$  (vat po metru kvadratnom).

Jačina zvuka koja se opaža čulom sluha je subjektivna jačina. Između nje i objektivne jačine postoji sledeća veza:

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Pritom je  $I_0$  objektivna jačina zvuka na pragu čujnosti.

Pri frekvenciji od 1 kHz njena vrednost je  $10^{-12} \frac{W}{m^2}$

Merna jedinica za subjektivnu jačinu je decibel dB.

## PRAG ČUJNOSTI

Prag čujnosti predstavlja najniži zvučni pritisak (intenzitet zvuka) koji ljudsko uvo može da registruje. Prag čujnosti zavisi od frekvencije i predstavlja se krivom praga čujnosti. Prag čujnosti na 1000Hz ima vrednosti:

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} = 20 \mu\text{Pa}$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Prag čujnosti na 20 Hz za zdravo ljudsko uvo iznosi oko 75 dB, a osoba s oštećenim sluhom ove frekvencije gotovo uopšte ne može primiti auditivnim putem. Ako bi npr. gubitak sluha iznosio 50 dB, takvoj bi osobi frekvenciju od 20 Hz morali pojačati na 125 dB, a to bi izazvalo osećaj bola. U području infrazvuka, na frekvenciji od 10 Hz, prag čujnosti je oko 100 dB za zdravo uho.

## PRAG BOLA

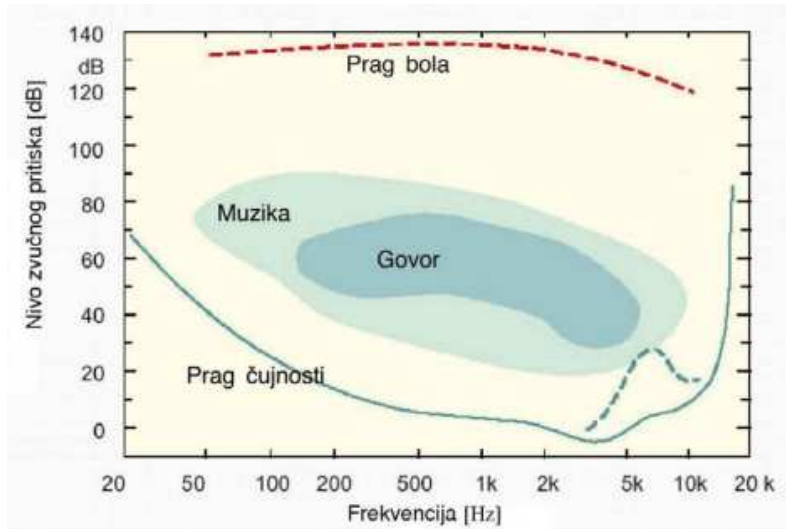
Prag bola predstavlja najviši zvučni pritisak (intenzitet zvuka) koji ljudsko uvo može da registruje a da ne dođe do oštećenja organa sluha i neprijatnog osećaja bola. Prag bola zavisi od frekvencije i predstavlja se krivom praga bola.

Prag bola na 1000Hz ima vrednost za zvučni pritisak koja je za  $10^6$  puta (za intenzitet zvuka  $10^{12}$ ) veća od praga čujnosti:

$$p = 20 \text{ Pa}$$

$$I = 1 \text{ W/m}^2$$





*Slika 2, Kriva praga bola*

*Picture 2, Curve of range of pain*

## ŠTA JE BUKA?

Buka je, prema najčešće korišćenoj definiciji, svaki neželjeni i neprijatni zvuk. Buka, pored toga što ima iste fizičke karakteristike kao i zvuk, razlikuje se od zvuka po tome što izaziva i različite psihofiziološke senzacije ( smeta, uznemirava, ugrožava) i štetna dejstva na zdravlje čoveka.

Različite osobe imaju različiti stav prema željenom i neželjenom zvuku, tako da neki zvuk može biti buka za neku osobu, a veoma prijatan događaj za druge. Prema tome, buka je samo subjektivna kategorija, dok je zvuk fizička kategorija. Osnovna pretpostavka da se zvuk tretira kao buka je da postoji subjekt ( čovek ili životinja) koji opaža zvuk i kome taj zvuk smeta. Npr., saobraćaj u suštini ne generiše buku ( neželjeni zvuk) ako u neposrednoj okolini saobraćajnice ne postoje stambeni objekti ili staništa životinja. Tako da se veoma često postavlja dilema kada treba koristiti termin zvuk, a kada buka. U svakodnevnom govoru i literaturi koja obrađuje probleme zvuka i buke, uobičajena je praksa da se koristi termin buka

za zvuk koji se u opštem slučaju tretira kao neželjeni. Npr., zvuk koji generišu pneumatici u kontaktu sa podlogom mogu za pojedince da budu prijatan zvuk ( gledaoci trka formule 1) ali je za većinu to ipak neželjeni zvuk – odnosno buka.

Izvori zvuka	Nivo intenziteta dB	Intenzitet W/m <sup>2</sup>	Amplituda promjene pritiska N/m <sup>2</sup>
Prag čujnosti	0	10 <sup>-12</sup>	2·10 <sup>-5</sup>
Tihi razgovor	40	10 <sup>-8</sup>	2·10 <sup>-3</sup>
Glasni razgovor	60	10 <sup>-6</sup>	2·10 <sup>-2</sup>
Gust ulični saobraćaj	80	10 <sup>-4</sup>	2·10 <sup>-1</sup>
Zakivanje	100	10 <sup>-2</sup>	2
Granica bola	120	1	20

*Tabela 1, Inenzitet zvuka*

*Table 1, The force of the sound*

## **IZVORI BUKE U ŽIVOTNOJ SREDINI, STANJE NIVOVA BUKE U KOMUNALNOJ SREDINI**

Buka u životnoj sredini ili kako se veoma često zove – komunalna buka, definiše se kao buka koju stvaraju svi izvori buke koji se javljaju u čovekovom okruženju, isključujući buku koja nastaje na samom radnom mestu u industrijskim pogonima. I u starom Rimu postojala su pravila vezana za buku gvozdениh točkova dvokolica pri kratanju po kamenoj podlozi, čiji je cilj bio sprečavanje remećenja sna i uznemiravanja Rimljana. U srednjevekovnoj Evropi bilo je zabranjeno koristiti konjske kočije u noćnim satima da bi se obezbedio miran san građana.

Danas je problem veoma izraženiji. Ogroman broj vozila se kreće po saobraćajnicama. Avioni i vozovi daju svoj doprinos u povećanju ukupne buke.

U poređenju sa drugim faktorima životne sredine, za kontrolu komunalne buke veoma često nema razumevanja, pre svega zbog nedovoljnog poznavanja „skrivenih“ efekata koje buka može da izazove kod čoveka. Takođe se zaboravlja na kumulativni efekat koji buka ima kada izlaganje buci traje duži vremenski period.

Za potrebe izračunavanja karakteristika barijere koristi se normalizovani spektar saobraćajne buke:

<i>f</i> [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 k	1,25 k	1,6 k	2 k	2,5 k	3,15 k	4 k	5 k
<i>L<sub>i</sub></i> [dB]	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18

*Tabela 2, Normalizovani spektar saobraćajne buke*

*Table 2, Normalized traffic noise spectrum*

## ZAKLJUČAK

Pod uticajem zvuka nadraži se više nervnih završetaka pa čovek može da oseti odvojeno komponente složenog zvuka. Zahvaljujući tome što imamo dva uha, u stanju smo da odredimo iz kog pravca dolazi zvuk. Ako je izvor zvuka tačno ispred nas, tada zvuk istovremeno dospeva u oba uha; ako je, pak, izvor pomeren bočno, tada zvuk u jedno uho stiže ranije nego u drugo. To zakašnjenje uslovljava faznu razliku oscilacija koja se registruju u moždanim centrima. Na osnovu toga se procenjuje pravac dolaska zvuka do naših ušiju.

## LITERATURA

- [1.] M. Raspopović, *Fizika za 3. razred gimnazije prirodno-matematičkog smera*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd
- [2.] S. Božin, *Akustika*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd
- [3.] *Mladi fizičar*, list za učenike srednjih škola, Beograd

[www.ekopo.co.rs](http://www.ekopo.co.rs)

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)