

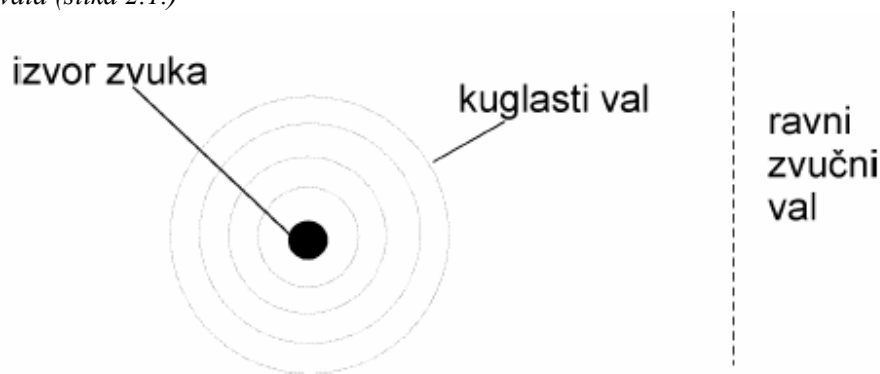
2. VRSTE INFORMACIJA I NJIHOVA PRETVORBA

2.1. Zvuk

2.1.1. Osnovni pojmovi o zvuku

Zvuk nastaje titranjem čestica zraka oko ravnotežnog položaja, uslijed čega dolazi do promjene (oscilacija) tlaka zraka p oko vrijednosti atmosferskog tlaka p_0 . Frekvencije tih titraja zamjećuje ljudsko uho i one se nalaze u području od 16 Hz do 16 kHz. Zvuk se ne širi sam po sebi već se titranje prenosi sa čestice na česticu. Iz toga proizlazi da u vakuumu nije moguće rasprostiranje zvučnih valova.

Zvučni val u blizini izvora zvuka je kuglastog oblika, a na većoj udaljenosti, ima izgled ravnog vala (slika 2.1.)



Slika 2.1. Širenje zvuka u obliku vala

Osnovne karakteristike zvuka:

Širenje zvuka

Zvučni val se širi na dva moguća načina:

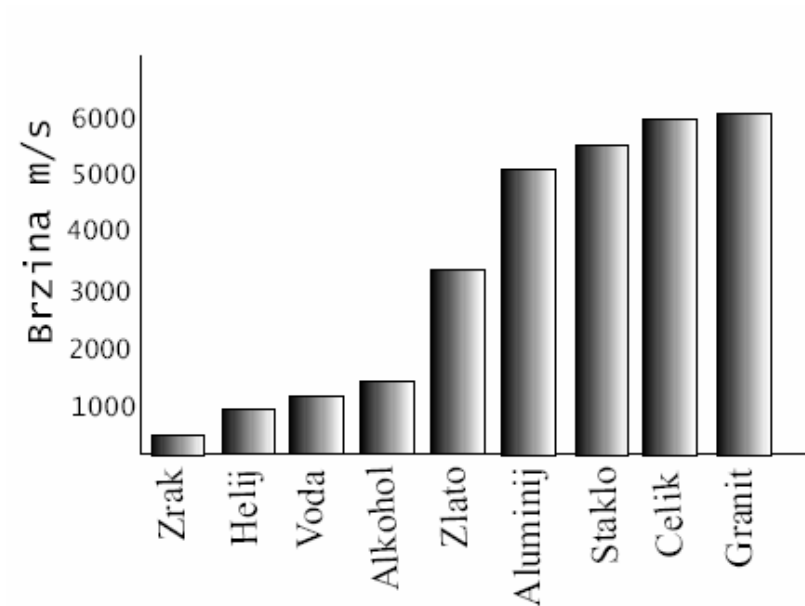
Kao longitudinalni val, gdje čestice titraju u smjeru širenja vala, što je slučaj u zraku, plinovima i u vodi.

Kao transverzalni val, gdje čestice materije titraju okomito na smjer širenja vala, što je slučaj kod čvrstih tvari.

Brzina zvuka c

To je brzina kojom se određena točka vala pomiće kroz prostor. Ovisi o karakteristikama sredine (medija) kroz koji se zvuk širi, pa je tako za zrak brzina širenja zvuka oko 330 m/s.

Na slici 2.2. dane su brzine zvuka u nekim sredstvima.



Slika 2.3. Brzina zvuka u pojedinim materijalima

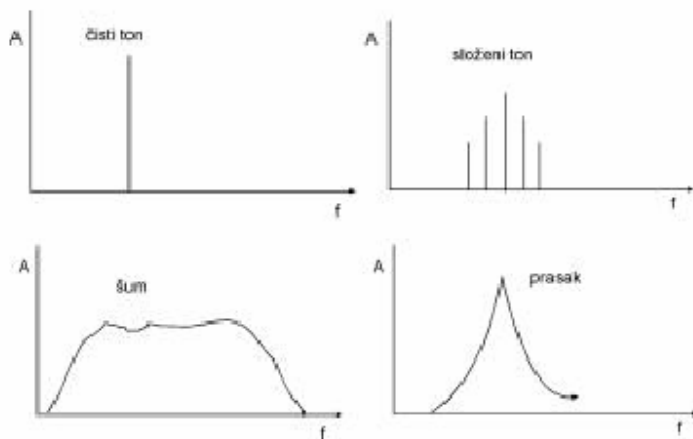
Vrste zvuka:

Čisti ton je sinusoidalna oscilacija samo jedne frekvencije

Složeni ton se sastoji od osnovnog čistog tona i harmonika tj. niza tonova višestruko više i niže frekvencije od osnovnog tona.

Šum je nepravilno neperiodičko titranje, čija amplituda i frekvencija poprimaju slučajne iznose.

Prasak je kratkotrajni zvučni impuls velike snage.



Slika 2.4. Spektar pojedinih vrsta zvuka

Kao i svaki val, tako i zvuk ima svoje karakteristične veličine, a to su:

T- perioda, vrijeme jednog titraja (s)

f – frekvencija, broj titraja u sekundi (Hz)

λ – valna dužina ili prostorni razmak između dva zvučna vala (m), pri čemu je:

v – titrajna brzina - brzina gibanja čestica, za zrak v = 0,05 m/s

Odnos periode titraja i frekvencije je:

$$f = \frac{1}{T} \text{ (Hz)}$$

Odnos frekvencije i valne dužine zadan je formulom:

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ (m)}$$

Zvučna snaga je energija koja u jedinici vremena prođe kroz plohu jedinične površine. Snaga nekih izvora zvuka je data tablicom 2.1.

Tablica 2: Zvučna snaga nekih izvora zvuka

Zvučni izvor	Zvučna snaga (W)
Normalan govor	$7 \cdot 10^{-6}$
klavir	0,2
orkestar	70
mlazni avion	10^5

Zvučni se val ponaša kao i svaka druga valna pojava. Stoga imamo slijedeće manifestacije širenja zvuka u prostoru:

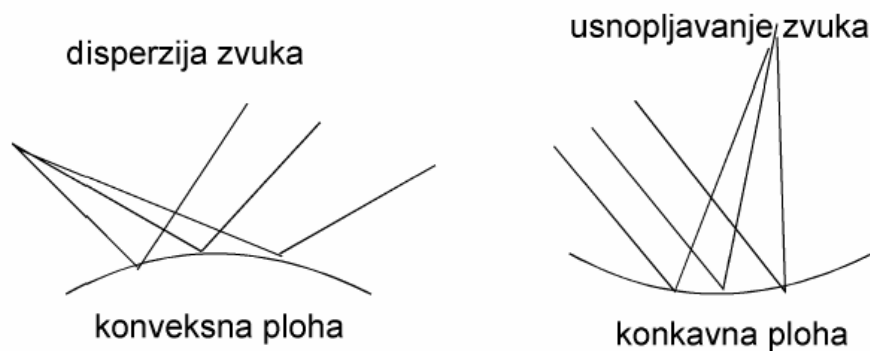
Refleksija

To je pojava odbijanja zvuka od zapreke

Zvuk se odbija od ravne čvrste plohe. Ako je ploha konveksna, zvuk se disperzira (raspršuje).

Refleksija zvuka je bolja, ako je površina plohe glatkija i veće gustoće.

Ako je površina konkavna, dolazi do usnopljanja zvuka (slika 2.5.)



Slika 2.5. Refleksija zvuka od zakrivljenih površina

Zbog refleksije može doći do pojačanja zvuka, ako je vrijeme refleksije malo, pa se dolazni i reflektirani val zbrajaju.

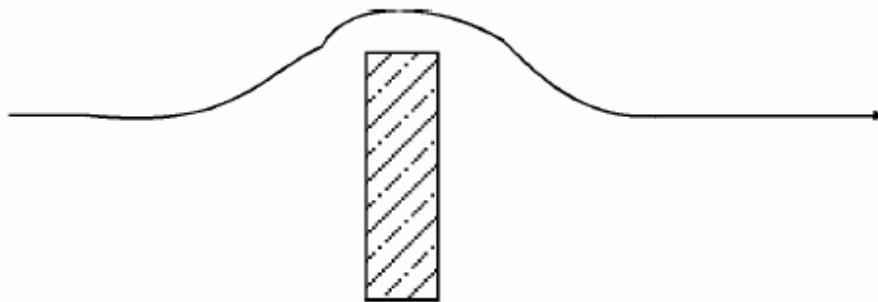
Refleksija dovodi i do manjeg produljenja trajanja zvuka, što se naziva odjek.

Jeka je veće produljenje trajanja zvuka, a javlja se ako je površina od koje se zvuk reflektira udaljena više od 17 m.

Difrakcija

To je pojava savijanja ili ogiba zvuka. Zvuk se jednim dijelom odbija od zapreke, ali je može i zaobići (slika 2.6.)

Difrakcija je obrnuto srazmjerna s visinom tona (frekvencijom zvučnog vala), pa će biti više izražena kod nižih frekvencija.



Slika 2.6. Difrakcija zvuka

Refrakcija

To je pojava loma zvučnog vala odnosno promjene smjera zvuka, a događa se uslijed promjene medija kojim se zvuk kreće (temperatura, tlak zraka i sl.). Tipični primjer je skretanje zvuka pod utjecajem vjetra.

Apsorpcija

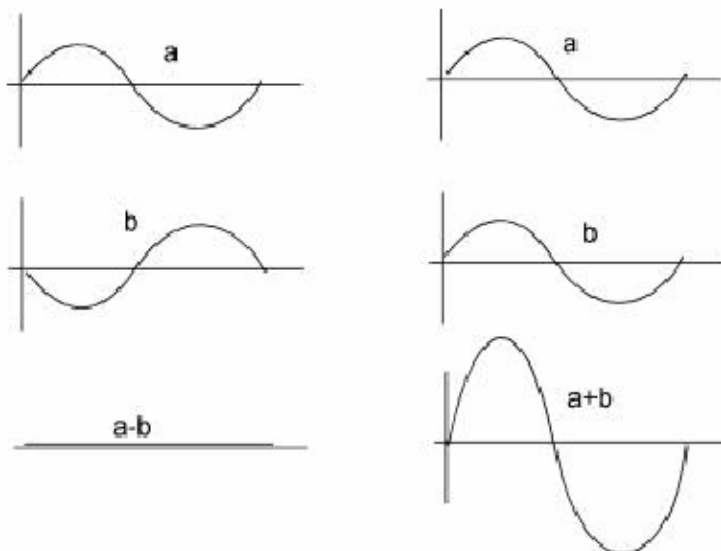
To je pojava upijanja zvuka koja se javlja prilikom refleksije. Tom prilikom jedan dio zvučne energije bude predan materiji od koje se zvuk reflektira.

Dopplerov efekt

To je pojava koja se očituje u promjeni visine tona zbog kretanja zvučnog izvora. Ako nam se izvor zvuka približava zvučni se valovi zgušnjavaju tj. povećava im se frekvencija, a ako se izvor zvuka udaljava, valovi se prorijeđuju, a zvuk dobiva sve manju frekvenciju.

Interferencija

Ta pojava nastaje uzajamnim djelovanjem dva vala koji se susreću. Ako im se faze poklope dolazi do zbrajanja po amplitudi, a ako su protufazni, njihove se amplitude oduzimaju (slika 2.7.)



Slika 2.7 Interferencija valova

Stojni val

To je pojava koja nastaje kada interferiraju dolazeći i reflektirani val pri čemu nastaje mjestimično poništavanje (nule) i pojačavanje (maksimumi) zvuka. Pojava se očituje kao potpuna

odsutnost zvuka u nekim dijelovima prostora. Izbjegava se tako da se zidovi prostorije ne postavljaju paralelno.

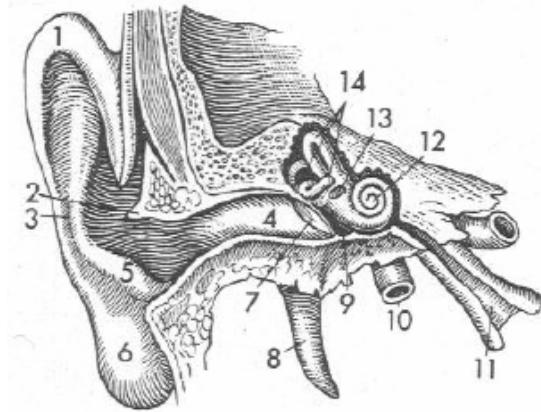
2.1.2. Slušni proces

Ljudsko uho prima zvučne podražaje i «obrađuje» ih u tri svoja glavna dijela (slika 2.8.).

Vanjsko uho - čini *ušna školjka* (1) i *zvukovod* (4). Uloga im je dvostruka: služe za prilagodbu impedancije bubnjića sa impedancijom zraka i lokalizaciju smjera dolaska zvuka.

Srednje uho – čine *bubnjić* (7) i *slušne košćice* (13). Bubnjić pod utjecajem zvuka vibrira, a slušne košćice predstavljaju polugu nejednakih krakova, čime se zvučni pritisak povećava 10 – 20 puta.

Unutrašnje uho – čine polukružni kanali (14), pužnica (12), slušni živac i Eustahijeva cijev (11). Tu se vrši analiza zvuka i njegovo pretvaranje u slijed nervnih impulsa. U ovom dijelu nalazi se i organ za održavanje ravnoteže, dok Eustahijeva truba služi za izjednačavanje tlaka zraka sa obje strane bubnjića kako ne bi došlo do njegovog oštećenja.



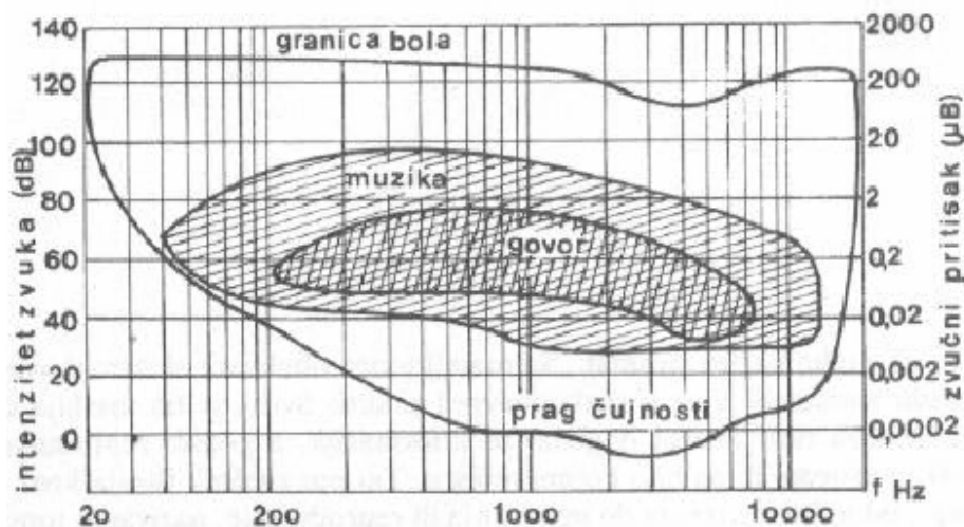
Slika 2.8. Građa uha

Ljudsko uho ne prima jednako dobro zvuk svake frekvencije. Kod nižih frekvencija i kod jako visokih frekvencija potrebno je da zvuk ima jači intenzitet kako bi u ljudskom uhu proizveo jednak podražaj.

Dijagram koji opisuje ovo svojstvo uha zove se dinamička karakteristika uha (slika 2.9.).

Ona opisuje koliki je intenzitet zvuka, odnosno zvučni pritisak potreban da bi se kod pojedinih frekvencija proizveo isti podražaj. Vidljivo je da je ljudsko uho najosjetljivije na frekvencije oko 1000 Hz, dok na 20 Hz i preko 10000 Hz osjetljivost uha bitno opada.

Napomena: $10\mu\text{B} = 1\text{Pa}$



Slika 2.9. Dinamička karakteristika uha

Osnovne karakteristike zvuka s obzirom na doživljaj koji zvuk proizvodi su:

Glasnoća – Određena je veličinom pritiska zraka kojeg zvučni valovi vrše na bubnjić.

Visina tona – Određena je osnovnom frekvencijom zvučnog vala.

Boja tona – Određena je brojem viših harmonika koji se pored osnovne frekvencije nalaze u zvučnom valu. Ujedno boja tona određuje karakter zvuka, odnosno njegovu prepoznatljivost.

Na prethodnoj karakteristici je na osi y kao jedinica mjere označeno «dB». Ova kratica čita se kao «decibel». Može se u svakodnevnom govoru čuti da neki glasni zvukovi imaju «puno decibela». Pomoću decibela označava se logaritamski odnos dviju veličina.

U ovom slučaju to je odnos intenziteta zvuka koji dolazi do našeg uha I i intenziteta zvuka koje nazivamo prag čujnosti I_0 .

Dakle:

$$L(\text{dB}) = 10 \log I/I_0,$$

a ako je riječ o zvučnom tlaku :

$$L(\text{dB}) = 20 \log p/p_0, \text{ gdje je } p \text{ zvučni tlak kojeg primamo, a } p_0 \text{ zvučni tlak koji predstavlja prag čujnosti.}$$

Stoga se u akustici decibeli koriste za izražavanje razine zvučnog tlaka ili za izražavanje razine intenziteta zvuka

Na taj način smo odnose koji se množe, pretvorili u decibele koji se zbrajaju. Više ne govorimo da je neki zvuk jači od praga čujnosti toliko i toliko puta već kažemo da je jači za toliko decibela.

Karakteristične vrijednosti koje je dobro znati su prikazane tablicom 2.2:

Tablica 2.2 Preračunati odnosi i vrijednosti u decibelima

Odnos	dB (intenzitet)	dB (tlak)
10	10	20
100	20	40
1000	30	60
10000	40	80

2.1.3. Mikrofon

Mikrofon je akustičko-električni pretvarač, koji zvučne titraje koji se šire u prostoru, prihvaća i pretvara u električne titraje. Osnovni princip mikrofona je da zvučno titranje zraka pokreće membranu pretvarajući ga u mehaničko titranje. Membrana svojim gibanjem djeluje na sustav za pretvorbu iz kojeg dobivamo proporcionalni električni napon.

2.1.3.1. Karakteristike mikrofona

Osnovne karakteristične osobine mikrofona su:

Osjetljivost S

To je odnos dobivenog napona **U** na mikrofону i zvučnog pritiska **p** koji djeluje na njegovu membranu.

$$S = \frac{U(mV)}{p(Pa)}$$

Definira se kod neopterećenog mikrofona i kod frekvencije 1 kHz, pri čemu je smjer djelovanja zvučnog tlaka okomit na membranu.

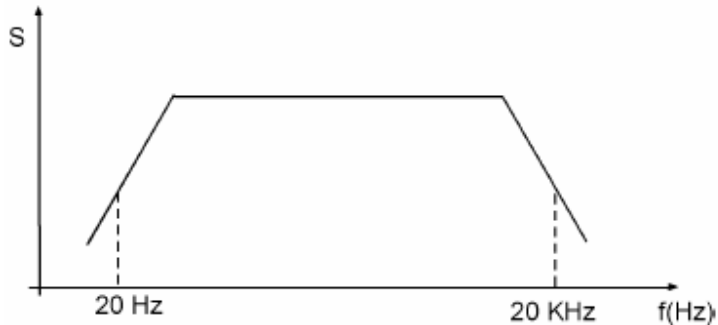
Kvalitetniji mikrofoni imaju bolju osjetljivost tako da je u nekom sustavu potrebno manje pojačanje, čime se smanjuje i šum.

Frekvencijska karakteristika

Kada mijenjamo frekvenciju zvuka kojeg mikrofon prihvaća i pri tome pratimo osjetljivost istog mikrofona, dobivamo dijagram koji opisuje frekvencijsku karakteristiku mikrofona.

Takav dijagram općenito može izgledati kao na slici 2.10.

Gornju i donju graničnu frekvenciju određuje namjena mikrofona. Ako je mikrofon namjenjen za prijenos i snimanje govora onda je donja granična frekvencija 300 Hz, a gornja 3000 Hz. Vrlo kvalitetni studijski mikrofoni imaju donju graničnu frekvenciju 20 Hz, a gornju 20 kHz. Kao referentna obično se uzima osjetljivost pri 1000 Hz. Poželjna je linearnost na čitavom području.

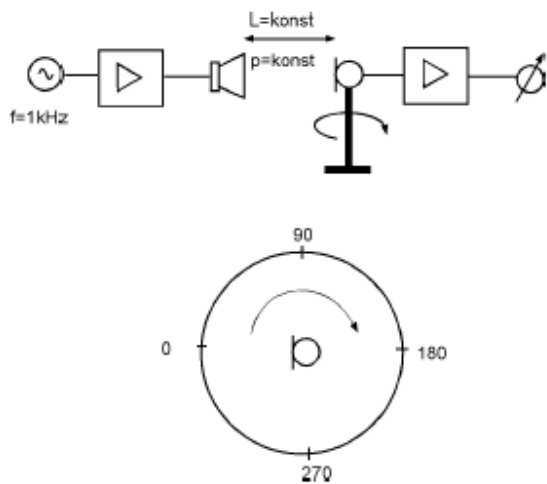


Slika 2.10. Frekvencijska karakteristika mikrofona

Karakteristika usmjerenosti

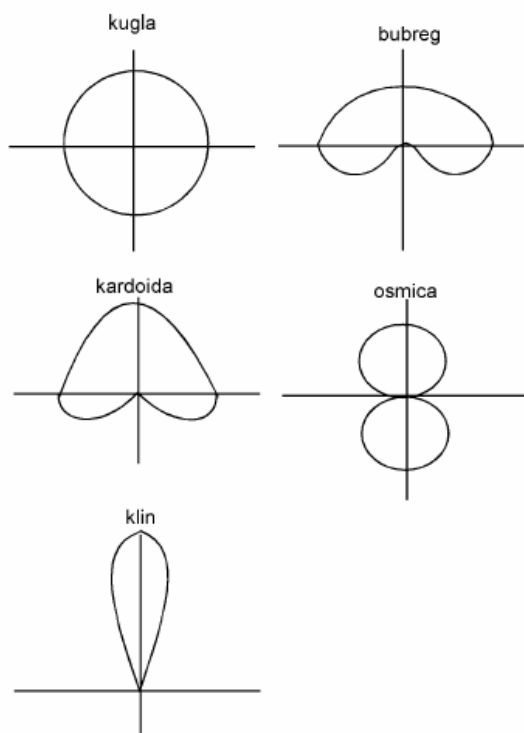
Ova karakteristika opisuje ovisnost osjetljivosti (ili izlaznog napona) mikrofona o smjeru dolaska zvuka na mikrofon, izraženo u polarnim koordinatama.

Dijagram usmjerenosti dobijemo mjerenjem, koristeći sustav prikazan na slici br. 2.11.



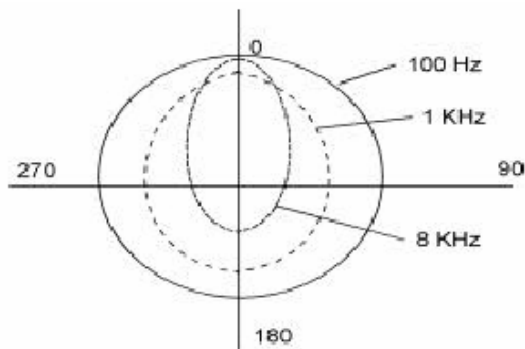
Slika 2.11. Principijelna shema određivanja dijagrama usmjerenosti

Ton frekvencije 1 kHz iz tona generatora se preko pojačala šalje na zvučnik. Na fiksnoj udaljenosti od zvučnika nalazi se mikروفон čiju karakteristiku usmjerenosti želimo odrediti. Mikروفон rotiramo u krugu od 360° i za unaprijed određene vrijednosti kuteva registriramo vrijednost napona na izlazu pojačala koje je priključeno na mikروفон.



Slika 2.12. Karakteristične krivulje usmjerenosti

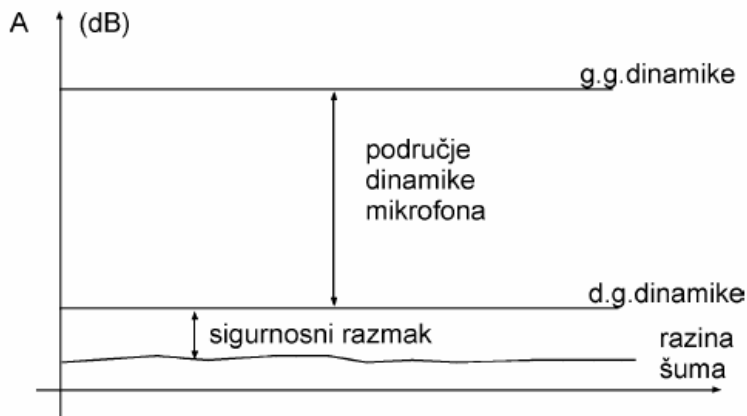
Općenito se može primjetiti da usmjerenost mikrofona raste s povećanjem frekvencije (slika 2.13.)



Slika 2.13. Ovisnost dijagrama usmjerenosti o frekvenciji zvuka

Dinamički opseg

Dinamički opseg je veličina koja nam govori o odnosu između najjačeg i najslabijeg zvučnog signala kojeg možemo prenijeti mikrofonom, a da istovremeno ne prenesemo smetnje i da ne dođe do nedopuštenog izobličenja (slika 2.14.).



g.g.dinamike = gornja granica dinamike

d.g. dinamike = donja granica dinamike

sigurnosni razmak: 15 dB

Slika 2.14. Dinamički opseg mikrofona

Unutarnji otpor

Unutarnji otpor mikrofona je njegova impedancija pri frekvenciji 1 kHz.

Razlikujemo mikrofone sa :

- niskim unutarnjim otporom (200 Ω)
- visokim unutarnjim otporom (50 K Ω)

Kod određivanja impedancije mikrofona potrebno je uzeti u obzir i dužinu priključnog kabela.

2.1.3.2. Vrste mikrofona

Postoji više vrsta mikrofona, a dijelimo ih po tri osnovna kriterija:

Prema načinu akustičko - električne pretvorbe

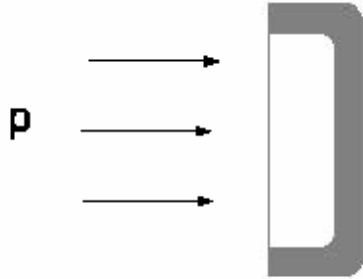
Tu razlikujemo dvije vrste mikrofona:

Brzinski, kod kojih je proizvedeni signal srazmjeran s promjenom titrajne brzine.

Amplitudni, kod kojih je proizvedeni signal proporcionalan amplitudi otklona membrane.

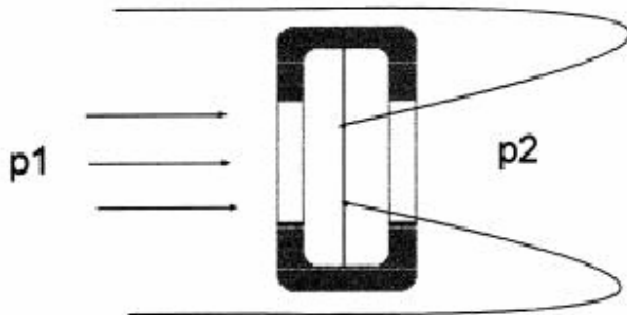
a) Akustička podjela

Mikrofoni na pritisak (slika 2.15.), kod kojih zvučni pritisak djeluje samo na jednu stranu membrane. Ovakvi mikrofoni imaju kružnu karakteristiku.



Slika 2.15. Princip rada mikrofona na pritisak

Mikrofoni na gradijent pritiska (slika 2.16.), kod kojih zvučni pritisak djeluje na obje strane membrane, tako da kao rezultat imamo razliku zvučnog pritiska, po amplitudi i po fazi.

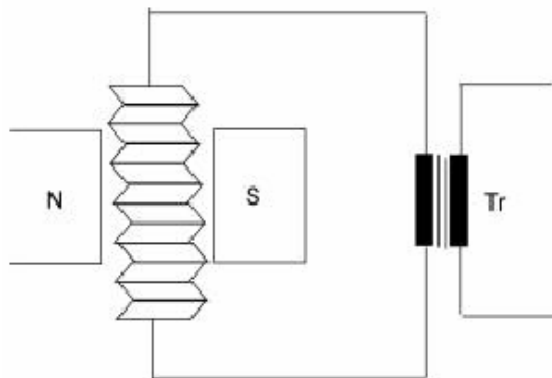


Slika 2.16. Princip rada mikrofona na gradijent pritiska

b) Električna podjela

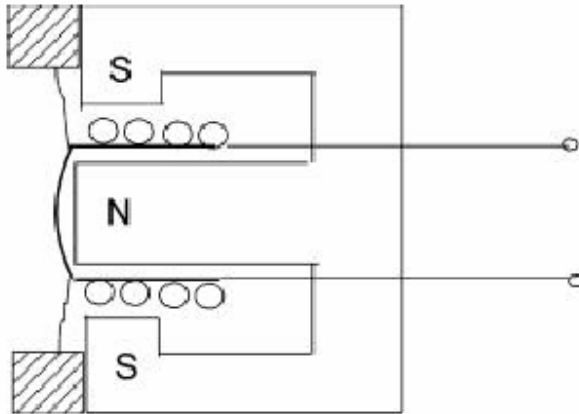
Elektrodinamički, koji rade na principu indukcije EMS u vodiču koji se giba u magnetskom polju (slika 2.17.). Postoje dvije vrste ovih mikrofona:

- **sa vrpcom**, koji se izvide kao gradijentni. Osjetljivi su na vibracije. Osjetljivost im je 1-3 mV/Pa, šum 20 dB, a gornja granica dinamike (g.g.d.) je 120 dB. Koriste se uglavnom u zatvorenom prostoru jer su osjetljivi na vjetar.



Slika 2.17. Elektrodinamički mikروفon sa vrpcom

- **sa zavojnicom**, koji se izrađuju kao tlačni i kao gradijentni. Nisu osjetljivi na vibracije i vjetar. Mehanički su čvrsti i otporni (slika 2.18.). Osjetljivost im je 1-2 mV/Pa, granica šuma 20 dB, a g.g.d. 140 dB. Mogu se koristiti i na otvorenom prostoru jer su manje osjetljivi na atmosferske utjecaje.

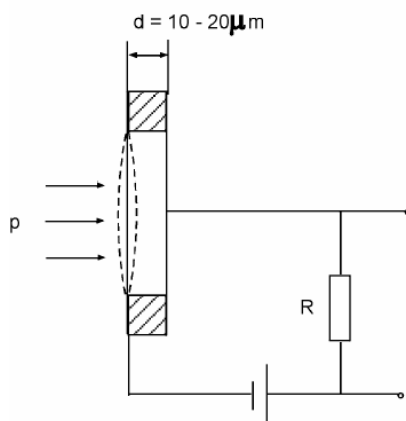


Slika 2.18. Elektrodinamički mikrofon sa zavojnicom

Kondenzatorski, kod kojih se koristi promjena kapaciteta između dviju vodljivih površina, kada se među njima mijenja udaljenost (slika 2.19.). To jest:

$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$

Promjena kapaciteta u strujnom će krugu proizvesti promjenu struje punjenja, koja je proporcionalna promjeni zvučnog pritiska. Ovo su najkvalitetniji mikrofoni. Za njihov normalan rad potrebno je napajanje (60 – 120 V). Koriste se za mjerenje i snimanje zvuka.



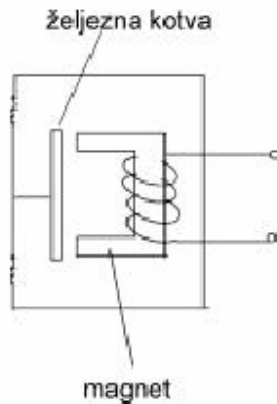
Slika 2.19. Kondenzatorski mikrofon

Kristalni, čiji se princip rada bazira na piezo-električnom efektu. To je pojava stvaranja električnog naboja na površini nekih kristala kada su podvrgnuti mehaničkom pritisku.

Osjetljivost ovakvih mikrofona doseže 60 mV/Pa. Lagani su, ali nekvalitetnih električnih karakteristika i nepouzdati. Koriste se za prijenosne uređaje i snimanje na terenu.

Elektromagnetski, rade na principu promjene jačine magnetskog toka, uslijed čega dolazi do pojave indukcije EMS (slika 2.20.). Ovi mikrofoni se koriste tamo gdje se ne traži velika kvaliteta, ali se mogu izvesti kao minijaturni. Osjetljivost im je 10 – 30 mV/Pa. Izvana su

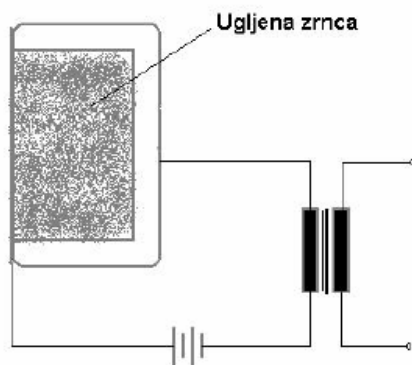
oklopljeni, kako bi se spriječio utjecaj vanjskog magnetskog polja. Koriste se kao minijaturni mikrofoni.



Slika 2.20. Elektromagnetski mikrofon

Ugljeni, čiji se rad bazira na promjeni prijelaznog otpora između ugljenih zrnaca (slika 2.21.). Titranje membrane uslijed zvučnih valova potiskivati će nejednako ugljena zrnca. Promjena prijelaznog otpora odraziti će se u strujnom krugu kao promjenjiva struja. Koristio se u ranijim izvedbama telefonskih aparata.

Za rad je potrebno napajanje električnom energijom. Osjetljivost je 100 mV/Pa. Zbog svojih karakteristika može se koristiti za prijenos govornih signala na veće udaljenosti bez upotrebe pojačala.



Slika 2.21. Ugljeni mikrofon

2.1.4. Zvučnik

Zvučnik je elektro-akustički pretvarač, koji električne titraje pretvara u čujni zvučni val. On je uglavnom zadnji element u akustičkom lancu.

2.1.4.1. Karakteristike zvučnika

Karakteristične osobine zvučnika su:

Nazivna snaga zvučnika – to je ona električna snaga kojom možemo trajno opteretiti zvučnik, a da ne dođe do njegova oštećenja ili uništenja. Pri tome treba uzeti u obzir da signal kojim se snaga zvučnika testira treba biti takav da odgovara po frekvencijskom rasponu i dinamici klasičnoj glazbi.

Nazivna snaga zvučnika uvijek treba biti veća od izlazne snage pojačala, kako bi se izbjegla oštećenja zvučnika.

(Kad je u pitanju snaga zvučnika onda su u upotrebi još slijedeći pojmovi: Muzička snaga, maksimalna akustička snaga, pogonska snaga i sinusna snaga, ali njih ovdje nećemo definirati).

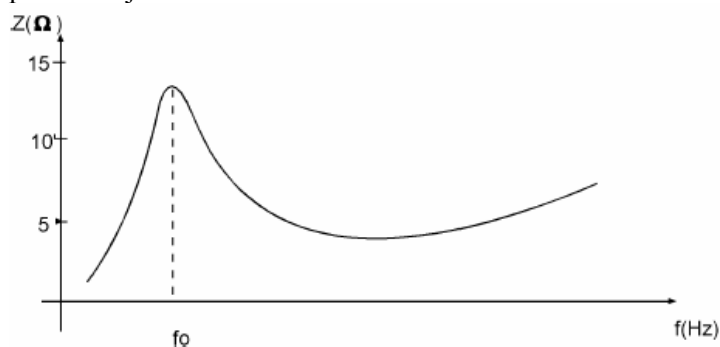
Impedancija zvučnika – to je promjenjivi otpor zvučnika ovisan o frekvenciji. U pravilu su zvučnici niskoomski sa uobičajenim vrijednostima impedancije od 2, 4, 6, 8 ili 16 Ω . Impedancija je važna zbog prilagođenja zvučnika na izlazni stupanj pojačala, čime se dobiva optimalno iskorištenje snage pojačala.

1. **Rezonantna frekvencija** je pojam koji govori na kojim frekvencijama dolazi do mehaničke rezonancije zvučnika, pri čemu su pokretni dijelovi zvučnika najviše mehanički opterećeni.

Tako razlikujemo :

- dubokotonske zvučnike za frekvencije 30 do 60 Hz
- srednjetonke zvučnike za frekvencije 60 do 90 Hz i
- visokotonske zvučnike za frekvencije od 100 Hz i više.

Rezonantnu frekvenciju moguće je izračunati, a tipična karakteristika dubokotonskog zvučnika prikazana je na slici 2.22.



Slika 2.22. Frekvencijska karakteristika dubokotonskog zvučnika

Frekvencijska karakteristika daje podatak koliki zvučni pritisak daje zvučnik kod pojedinih frekvencija, uz stalan napon na krajevima zvučnika (slika 2.23.). Gornja granična frekvencija određena je padom intenziteta zvuka za 10 dB.

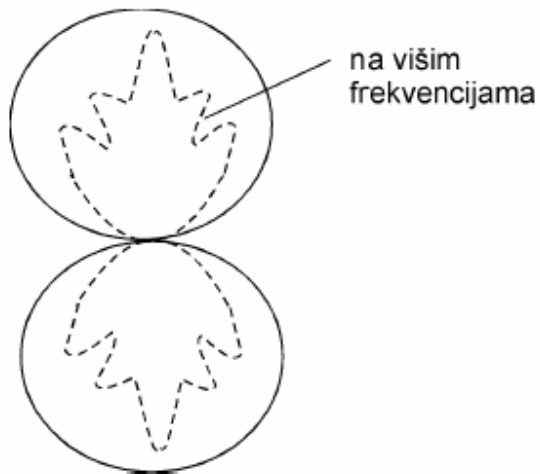


Slika 2.23. Frekvencijska karakteristika zvučnika

Stupanj djelovanja (stupanj iskorištenja) je odnos zvučne snage koju emitira zvučnik (P_a), prema električnoj snazi dovedenoj na izvode zvučnika (P_e). Najveći stupanj djelovanja je kod rezonantne frekvencije, međutim, on općenito doseže male vrijednosti čiji je iznos 1 – 5 %.

Efikasnost zvučnika je mjera pretvaranja električne energije u akustičku.

Karakteristika usmjerenosti pokazuje kolika je zvučna energija u smjeru koji je pod nekim kutem u odnosu na referentnu os, kao što prikazuje slika 2.24.

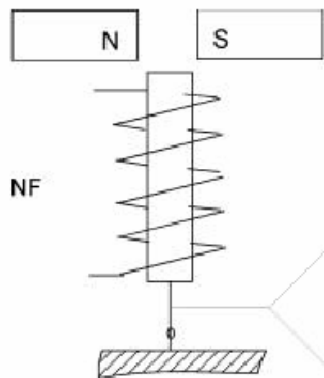


Slika 2.24. Karakteristika usmjerenosti zvučnika

2.1.4.2. Vrste zvučnika

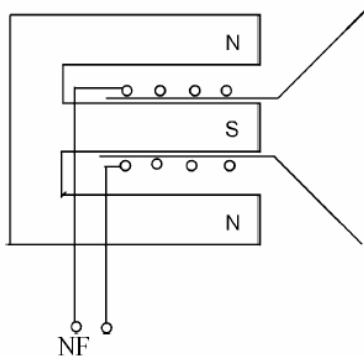
Razlikujemo više vrsta zvučnika:

Elektromagnetski zvučnik, koji radi na principu promjene jakosti magnetskog polja (slika 2.25). Promjenjivo magnetsko polje uzrokuje kretanje jezgre od mekog željeza, koja je povezana sa zvučničkom membranom. Titranje membrane proizvodi zvučne valove.



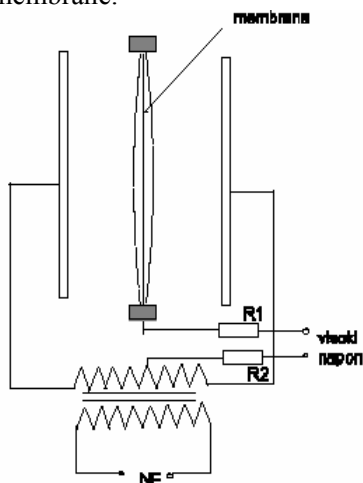
Slika 2.25. Elektromagnetski zvučnik

Elektrodinamički zvučnik, radi na istom principu kao i prethodni s tim da se u magnetskom polju permanentnog magneta nalazi zavojnica koja titra u ritmu NF signala koji se na nju dovodi (slika 2.26.). Zavojnica je mehanički povezana s membranom koja svojim titranjem proizvodi zvučne valove.



Slika 2.26. Elektrodinamički zvučnik

Elektrostatski zvučnik, koji radi na principu privlačenja naboja u jakom električnom polju (slika 2.27.). Visoki istosmjerni napon dovodi se na ploče i na membranu zvučnika. Njemu se preko transformatora superponira NF signal. Elektrostatske sile su stoga promjenjive i uzrokuju gibanje membrane.



Slika 2.27. Elektrostatički zvučnik

Kristalni zvučnik, radi na principu piezoelektričnog efekta. To je pojava mehaničkog titranja kristala pod utjecajem vanjskog električnog polja. Ovi zvučnici pogodni su za visoke frekvencije i ultrazvuk.

Ostali pojmovi koji su u vezi sa zvučnicima:

Membrana – je jedan od najvažnijih dijelova zvučnika. Da bismo postigli što bolje iskorištenje zvučnika, mora membrana imati veliku površinu. Isto tako membrana mora imati što manju masu i veliku krutost što su ustvari oprečni zahtjevi.

Akustički kratki spoj – pojava koja je izražena kod dubljih tonova, a očituje se u savijanju zvučnih valova uslijed čega oni poništavaju sami sebe jer dolazi do izjednačenja tlaka sa prednje i stražnje strane membrane. S porastom frekvencije ova pojava nestaje.

Zvučne kutije – zahtijevaju pomnu konstrukciju. Volumen kutije treba biti što veći da se izbjegne rezonancija i akustički kratki spoj, a primjenjuje se i oblaganje apsorpcijskim materijalima.

Zvučničke kombinacije – kombinacije zvučnika koje se obično sastoje od zvučnika za visoke, srednje i niske tonove. Posebnim električnim skretnicama – filtrima na te se posebno konstruirane zvučnike, upućuju odgovarajuća područja tonskih frekvencija, kao bi se dobila što vjernija reprodukcija.

2.2. Slika

2.2.1. Osobine vida i osnovne svjetlosne veličine

Svjetlost je psihofizička pojava. Fizikalna priroda svjetlosti leži u činjenici da je ona elektromagnetsko zračenje čija se valna duljina nalazi u području od 400 do 700 nm. Psihološka dimenzija svjetlosti jest u tome što je registrira ljudsko oko, što znači da se kod čovjeka manifestira kao psihološki proces. Glavni dijelovi oka su (slika 2.28.):

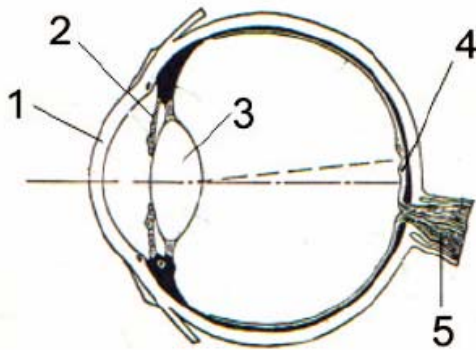
Rožnica, koja funkcionira kao leća stalne žarišne daljine.

Šarenica, mišić plave, zelene ili smeđe boje koji u većoj ili manjoj mjeri otvara zjenicu.

Zjenica je otvor u šarenici.

Leća je mekano, savitljivo i prozirno tijelo koje fokusira sliku na mrežnicu.

Mrežnica je skup od oko 130 milijuna stanica osjetljivih na svjetlost. Imaju oblik štapića – koji su osjetljivi na svjetlost ili čunjića koji su osjetljivi na boju.



Slika 2.28. Unutrašnjost oka

Tromost oka je jedna od važnih osobina oka. Kada se pojavi svjetlost, štapići tu svjetlost registriraju ali je nakon pojave potrebno neko vrijeme, da bi oko moglo primiti novu svjetlosnu informaciju pri čemu prethodno mora doći do smanjenja svjetlosti.

Osobinu tromosti oka koristimo kod prikazivanja pokretnih slika, uključujući i TV koja radi tako da svjetlosni mlaz u jednoj sekundi ispiše 25 slika na ekranu koje naše oko prihvaća kao jedinstven svjetlosni doživljaj.

Fotometrija je znanstveno područje koje se bavi mjerenjem osobina vidljivog dijela svjetlosnog spektra.

Osnovne svjetlosne veličine su:

a) **Jakost svjetlosti I [cd] (kandela)**

Definira se kao jakost svjetlosti nekog izvora u određenom pravcu.

Jedinica za jakost svjetlosti se zove kandela tj. svijeća i doista vrlo približno odgovara jačini svjetlosti svijeće, premda se točna definicija temelji na zračenju koje daje crno tijelo koje se nalazi na temperaturi stvrdnjavanja platine.

b) **Svjetlosni tok** – umnožak jakosti svjetlosti i prostornog kuta. Obilježava se slovom Φ . Jedinica je **lumen [lm]**

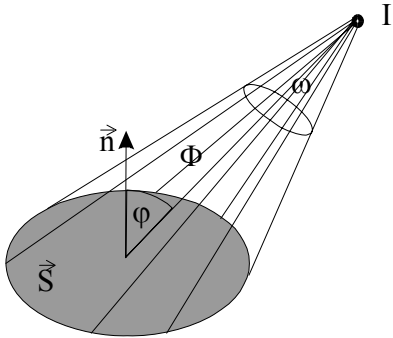
$$\Phi = I \cdot \omega$$

$$S = \omega \cdot r^2$$

$$E = \frac{\Phi \cdot \cos \varphi}{S} = \frac{I \cdot \cos \varphi}{r^2}$$

$$\Phi = I \cdot \omega = \frac{I \cdot S}{r^2} \text{ [lm]}$$

Prostorni kut ω (jed. steradian) je dio kugle zatvoren površinom S , na udaljenosti r od njenog središta (slika 2.29.)



Slika 2.29. Prostorni kut
npr. žarulja 100W - 1300 lm
fluor.cijev 40W - 3000 lm

c) **Osvjetljenost** – neka površina je bolje osvijetljena što je veći svjetlosni tok, a manja površina koju osvijetljavamo

$$E = \frac{I}{r^2} = \frac{\Phi \cdot r}{S} \text{ [lx] (luks)}$$