

SOUND VIBRATIONS AND WAVE PROPERTIES OF SOUND

Kadirova Nazokat Turayevna

Institute of Pharmaceutical Education and Development,
Tashkent City, Republic of Uzbekistan, email: nazokat@mail.ru,
tel: +998995181369

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15675821>

ARTICLE INFO

Received: 08th June 2025

Accepted: 15th June 2025

Online: 16th June 2025

KEYWORDS

Sound vibration,
mechanical wave,
frequency, infrasound,
ultrasound, longitudinal
wave, transverse wave,
acoustic spectrum, timbre,
pitch, loudness.

ABSTRACT

This article explores the nature of sound vibrations and their wave properties. Sound is defined as a mechanical wave generated by a vibrating object, such as a tuning fork or human vocal cords, which causes the surrounding air molecules to oscillate. These oscillations are transmitted through the medium, eventually reaching the eardrum and converting into nerve impulses perceived by the brain. The study discusses the frequency range of sound waves audible to the human ear (approximately 20 to 20,000 Hz) and distinguishes between audible sound, infrasound (below 20 Hz), and ultrasound (above 20,000 Hz), which are inaudible to humans. It also examines the propagation characteristics of sound in different media: longitudinal waves in gases and liquids, and both longitudinal and transverse waves in solids. Furthermore, the paper addresses the subjective perception of sound (pitch, timbre, and loudness) and their corresponding physical parameters. It is noted that any real sound consists of a combination of harmonic oscillations with a specific frequency spectrum, referred to as the acoustic spectrum.

TOVUSH TEBRANISHLARI VA TOVUSHNING TO'LQIN XOSSALARI

Nazokat To'rayevna Qodirova

Farmatsevtika ta'lim va tadqiqot instituti, Toshkent sh.,
O'zbekiston Respublikasi, email: nazokat@mail.ru, tel: +998995181369
<https://doi.org/10.5281/zenodo.15675821>

ARTICLE INFO

Received: 08th June 2025

Accepted: 15th June 2025

Online: 16th June 2025

KEYWORDS

Tovush tebranishi, mexanik
to'lqin, chastota,
infratovush, ultratovush,
bo'ylama to'lqin,
ko'ndalang to'lqin, akustik

ABSTRACT

Mazkur maqolada tovush tebranishlari va uning to'lqin xossalari o'rganiladi. Tovush – bu tebranayotgan jism tomonidan hosil qilinadigan mexanik to'lqin bo'lib, u havoda yoki boshqa muhitlarda tarqaladi va inson qulog'i orqali qabul qilinadi. Tadqiqotda tovushning chastota diapazoni, uni inson eshitish sezgisi bilan bog'liqligi, shuningdek infratovush va ultratovush tushunchalari yoritilgan. Tovush to'lqinlarining gaz, suyuqlik va qattiq jismlarda tarqalish xususiyatlari, tovushning sub'ektiv xususiyatlari (balandlik,



spektr, tembr, balandlik, qattqlik.

tembr, qattqlik) va ularning fizikaviy asoslari haqida ma'lumot berilgan. Real tovushlarning garmonik tebranishlar yig'indisidan iboratligi va akustik spektr tushunchasi ham ko'rib chiqilgan.

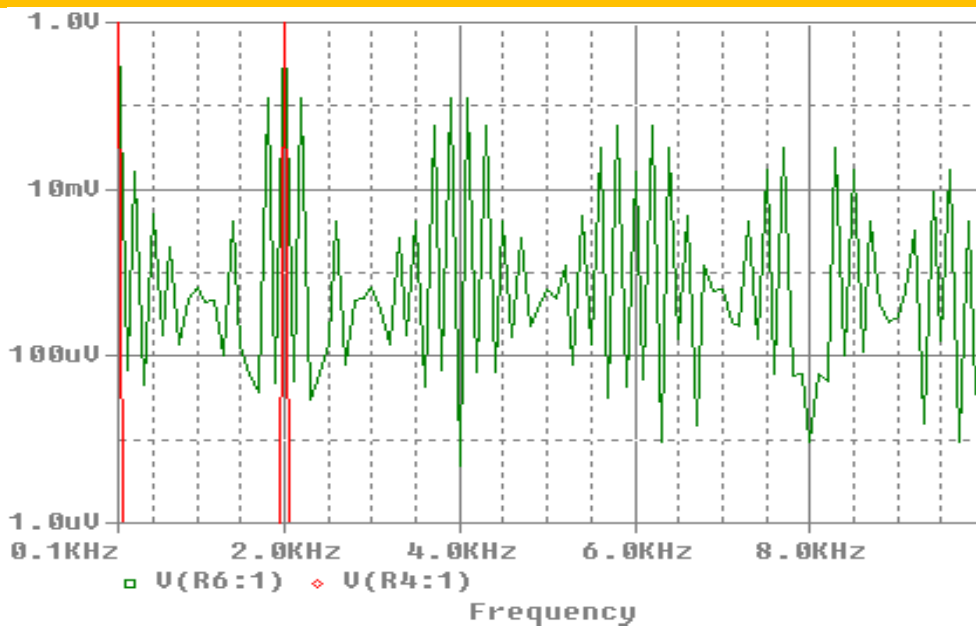
Tadqiqot maqsadi: Tovush vibratsiya bo'layotgan jism tomonidan chiqariladigan mexanik to'lqindir. Masalan, kamerton yoki inson tovush paylari tebranma harakat qilsa, ularning atrofidagi havo molekulalari harakatlanib, tebranayotgan jism harakatiga monand ravishda o'zgaradi. Tebranayotgan molekulalar o'z navbatida harakatini qo'shni molekulalarga uzatadi. Havo tebranishlari quloqqa yetib borganida ular nog'ora pardaning vibratsiyasiga sababchi bo'ladi. Bu esa o'z navbatida bosh miyasi tomonidan qabul qilinuvchi nerv impulslarini keltirib chiqaradi.

Material va usullari: Agar havoda tarqalayotgan elastik to'lqinlarning chastotasi taxminan 20 dan 20000 Hz oralig'ida bo'lsa, u holda ular inson qulog'ida tovush sezgisini uyg'otadi. Shuning uchun chastotasi ana shu ko'rsatilgan chegarada yotgan istalgan muhitdagi elastik to'lqinlar tovush to'lqinlari yoki to'g'ridan - to'g'ri tovush deb ataladi. Chastotasi 20 Hz dan kichik bo'lgan elastik to'lqinlar *infratovush* deb ataladi: chastotasi 20000 Hz dan katta bo'lgan to'lqinlar *ultratovush* deyiladi. Infratovush va ultratovushni inson qulog'i eshitmaydi.

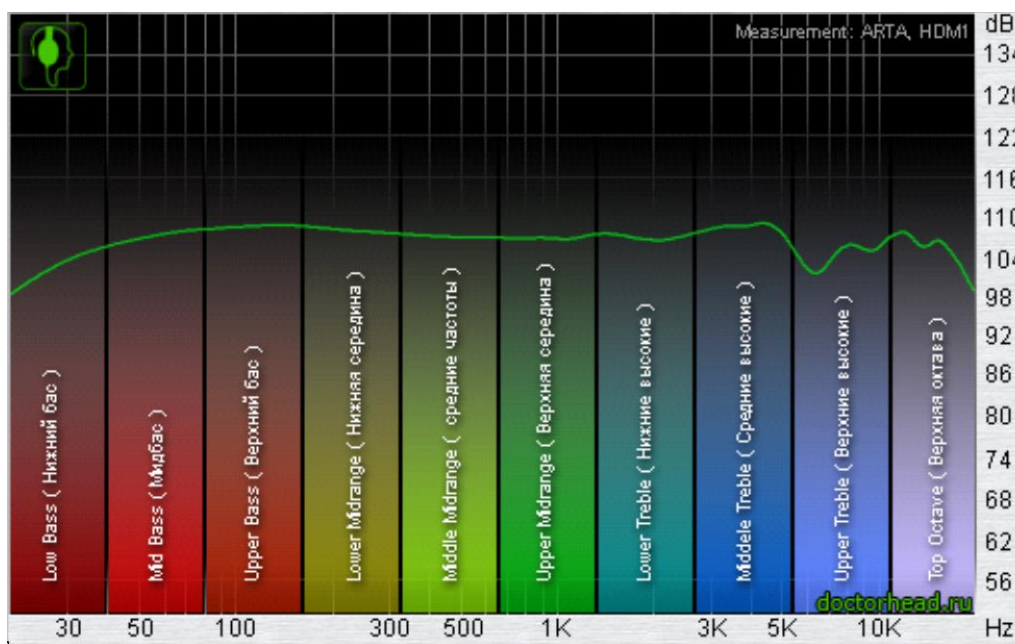
Gaz va suyuqliklarda tovush to'lqini faqat bo'ylama to'lqin bo'lishi mumkin va galma-gal keluvchi siqilish va siyraklashishlardan iborat bo'ladi. Qattiq jismlarda tarqalayotgan to'lqinlar ham bo'ylama, ham ko'ndalang bo'lishi mumkin.

Odamlar qabul qilgan tovushlarni balandligi, tembri va qattqligiga qarab bir-biridan farq qiladi. Ana shu har bir sub'ektiv bahoga tovush to'lqinining aniq fizikaviy xarakteristikasi mos keladi.

Har qanday real tovush oddiy garmonik tebranish emas, balki ma'lum chastotalar to'plamiga ega bo'lgan garmonik tebranishlarning yig'indisidan iborat. Berilgan tovushda ishtirok etuvchi tebranishlar chastotalari to'plami tovushning akustik spektri (1-rasm) deb ataladi.

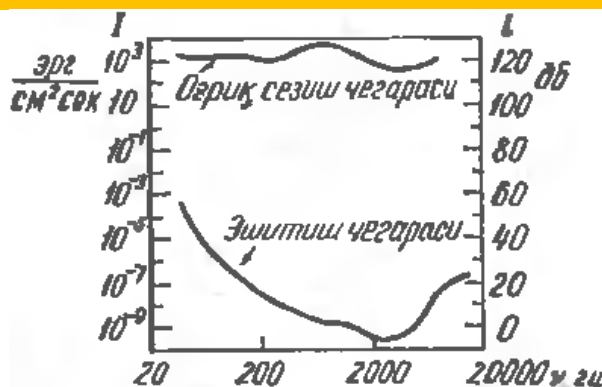


1-rasm



2-rasm. Amplituda-chastotaviy bog'lanishning spektral ko'rinishi

Tovush to'liqlarining intensivligi deb, to'liq o'zi bilan olib yurgan energiya oqimi zichligining o'rtacha qiymatiga aytiladi. To'liq tovush sezgisini uyg'otish uchun eshitish chegarasi deb ataluvchi biror minimal intensivlikka ega bo'lishi kerak. Eshitish chegarasi hammada har xil bo'lib, tovushning chastotasiga bog'liq. Odam qulog'i 1000-4000 Hz orasidagi chastotali tovushlarga juda sezgir bo'ladi. Chastotaning bu sohasida eshitish chegarasi taxminan 10^{-9} erg/sm² sek ga teng. Boshqa chastotalarda eshitish chegarasi yuqoriroq bo'ladi.



3-rasm. Odam qulog'i eshitish va og'riq bo'sag'alari

Intensivlik taxminan 10^3 - 10^4 erg/sm² sek atrofida bo'lganda to'lqin tovush sifatida sezilmay qoladi va quloqda faqat og'riq hamda bosim sezgisini uyg'otadi. Intensivlikning ana shunday sezgi uyg'otadigan qiymati og'riq sezish chegerasi deb ataladi.

Tovush tebranishlari va to'lqinlari-mexanik tebranish va to'lqinlarning xususiy xolidir. Biroq eshituv orqali sezishni baxolashda akustik tushunchalarni muximligini shu bilan birga uning tibbiyotdagi tadbirlarini nazarda tutib, ayrim masalalarni maxsus ko'rib chiqish maqsadga muvofiqdir. Quyidagi tovushlarni bir-biridan farqlash qabul qilingan: 1) tonlar yoki musiqiy tovushlar; 2) shovqinlar;

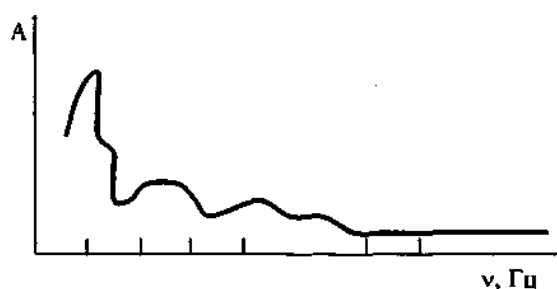
3) tovush zarbalari.

Davriy jarayondan iborat bo'lgan tovush ton deb aytiladi. Agar bu jarayon garmonik bo'lsa, unda ton oddiy yoki sof deb aytiladi. Sof tonning asosiy fizik harakteristikasi uning chastotasidir. Garmonik tebranishlarga murakkab ton mos keladi. Sodda tonli tovushni, masalan, kamerton chiqaradi, murakkab tonli tovushni musiqa asboblari, nutq apparati (unli tovushlar) va xakazo hosil qiladi.

Murakkab ton oddiy tonlarga ajratilishi mumkin. Ajratilgan tonlarning eng kichik U_0 chastotasi asosiy tonga mos keladi, qolgan garmonikalari (obertonlar), $2\nu_0$, $3\nu_0$ va hakazo chastotalarga ega bo'ladi.

Vaqt o'tishi bilan takrorlanmaydigan, o'zining murakkabligi bilan farq qiluvchi tovushga shovqin deb aytiladi.

Mashinalarning vibratsiyasi, qarsaklar, gorelka alangasini shovqini, sharpa, g'ichillash, so'zlaganda chiqadigan undosh tovushlar va hakazolar shovqinga ta'luqlidir.



4-rasm. Shovqin spektri

Shovqinni tartibsiz o'zgarib turuvchi murakkab tonlar birikmasidan iborat deb qarash mumkin. Agar shovqinni biror shartlilik darajasida spektrga yoyishga xarakat qilib ko'rilsa,



unda bu spektr uzluksiz bo'ladi, masalan, benzin gaz gorelkasining (4-rasm) yonishi paytida shovqindan hosil bo'ladigan spektr.

Tovush zarba – bu tovushning qisqa muddatli ta'siridir: chapak chalinganda, portlash yuz berganda va xakazalarda hosil bo'ladi.

Zarba to'liqlar bilan tovush zarbalarini bir-biri bilan chalkashtirib yuborish yaramaydi

Tovush intensivligi-tovushning energetik xarakteristikasi mexanik to'liqin kabi uning intensivligi hisoblagan. Umov vektori ko'rinishida ham ifodalanishi mumkin. Amalda tovushni baholashda uning intensivligidan emas, balki tovush to'liqini suyuqlik va gaz muxitidan o'tayotganda xosil bo'ladigan qo'shimcha tovush bosimidan foydalanish mumkin. Yassi to'liqin intensivligi, tovush to'liqini bosimi bilan quyidagi ko'rinishda bog'langan:

$$I = p^2 / (2\rho c) \quad (1.1)$$

Bu yerda ρ – muhitning zichligi; c – tovushning tezligi. Odamning normal qulog'i yetarlicha keng diapazondagi tovush intensivliklarini qabul qiladi: masalan, 1 kGs chastotada, $I_0 = 10^{-12} \text{ Wt/m}^2$ yoki $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ (eshitish bo'sag'asi) dan to $I_{\max} = 10 \text{ Wt/m}^2$ yoki $P_{\max} = 60 \text{ Pa}$ (og'riq sezish bo'sag'asi) gacha bo'lgan tovush intensivliklarini qabul qila oladi. Bu intensivliklarning nisbati 10 ga teng, shu sababli tovush intensivliklarini xarakterlashda logarifmik birliklardan va logarifmik shkalalardan foydalanish qulay hisoblanadi. Tovush intensivligi darajalarining shkalasi quyidagi ko'rinishda tuziladi. I_0 ning qiymati shkalaning boshlang'ich darajasi qilib, boshqa har qanday I intensivlikni esa uning I_0 ga nisbatining o'nli logarifmi orqali ifodalanadi:

$$L_B = \lg(I/I_0) \quad (1.2)$$

Tovush bosimi uchun esa

$$L_B = 2\lg(P/P_0) \quad (1.3)$$

Yuqoridagi ifodalarni ularga mos bo'lgan detsibellarda ifodalab, quyidagi ko'rinishda ifodalasa bo'ladi:

$$L_{DB} = 10 \lg(I/I_0) \text{ va } L_{DB} = 20 \lg(P/P_0) \quad (1.4)$$

Natija va xulosalar: Yazza birligi orqali vaqt birligida tovush to'liqini olib o'tayotgan energiya tovush intensivligi deb ataladi. Elastik muhit bo'ylab tovush tarqalganda u tarqalmagan paytdagiga nisbatan ortiqcha bosim hosil bo'ladi. U tovush bosimi deyiladi. Tovush intensivligi tovush bosimining amplitudasiga hamda muhit xossasiga va to'liqin shakliga bog'liq. Tovush intensivligi Xalqaro birliklar tizimida $\text{WtG} \cdot \text{m}^2$ larda o'lchanadi. Tovush intensivligi va chastotasiga bog'liq bo'lgan tovush qattiqligi xarakteristikasi xam mavjud. Odam qulog'i 1 — 5 kGs chastota sohasida juda sezgir bo'ladi. Bu sohada eshitish bo'sag'asi, ya'ni eng kuchsiz eshitiluvchi tovushlarning intensivligi $10 \sim 12 \text{ WtG} \cdot \text{m}^2$, unga mos tovush bosimi $10 \sim 5 \text{ NG} \cdot \text{m}^2$ kattalikka teng. Odam qulog'i eshitadigan tovushning eng yuqori intensivligi $1 \text{ WtG} \cdot \text{m}^2$ ga teng. Ultratovush texnikasida bundan ham yuqori ($104 \text{ kVtG} \cdot \text{m}^2$ gacha) intensivlikka erishilgan. Ultratovushning bu xususiyatidan texnika, biologiya va tibbiyotda keng foydalaniladi.

References:

1. A.N Remizov — Tibbiy va biologik fizika. – T. - Ibn Sino nashriyoti, 1992 y.
2. В.О. Самойлов. Медицинская биофизика. СпецЛит, 2013 г.



3. G.N. Berman. Биофизика. Учебное пособия. 1998 г.