

ALIJANOV D.A. ZAXIDOV I.O.

**UMUMIY O'RTA TA'LIM MAKTABLARIDA
TOVUSH HODISALARINI O'QITISH**



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

D.A. ALIJANOV I.O. ZAXIDOV

**UMUMIY O‘RTA TA‘LIM MAKTABLARIDA
TOVUSH HODISALARINI O‘QITISH**

(O‘QUV-USLUBIY QO‘LLANMA)

NAMANGAN-2021

Mualliflar: D.A.Alijanov, I.O.Zaxidov.

Taqrizchilar: Namangan davlat universiteti biologiya kafedrası professori, b.f.n. Sh.Tojiboyev, fizika kafedrası dotsenti, f-m.f.n. O.Ismanova, Namangan muxandislik texnologiya instituti fizika kafedrası dotsenti, f-m.f.n. M.Nuriddinova.

Namangan davlat universiteti o'quv-uslubiy kengashida muhokama qilingan va nashr etishga ruxsat berilgan.

Bayonnoma №3

20-oktabr 2021-yil.

ANNOTASIYA

Ushbu qo'llanma umumiy o'rta ta'lim maktablari fizika kursining «Tovush hodisalari» bo'limini o'qitishga mo'ljallangan bo'lib, bunda fizikani o'rganish bilan o'quvchilarni tovush haqidagi bilimlarni atroflicha egallashlariga e'tibor qaratilgan.

Qo'llanma umumiy o'rta ta'lim maktablari, kasb-hunar kollejlari va akademik litseylarning fizika o'qituvchilari, oliy o'quv yurtlarining fizika yo'nalishi magistrleri va talabalariga mo'ljallangan bo'lib, shu sohaga qiziquvchilar hamda musiqa o'qituvchilari uchun ham foydalidir.

SO‘Z BOSHI

Biz turli xil tovushlar qurshovi olamida yashaymiz. Tovushlar sezgi organimiz (quloq) orqali qabul qilinadi. Kishi so‘zlaganda, qushlar sayraganda yoki tovush chiqarilganda ular havoga urilib tebranadi va quloqqa chalinadi.

Uyda gurunglashib televizorda berilayotgan kino yoki sport eshittirishini tomosha qilishni, ko‘chada ketayotib, radiodan maroqli musiqa eshitishni, uzoqdagi yaqin kishisi bilan telefon orqali gaplashishni kim istamaydi, deysiz? Bu ham maroqli, ham vaqtixushlik keltiradi kishiga.

Nima uchun telefonda so‘zlashganimizda kelayotgan ovozni tanish yoki notanishligini bilib olamiz? Nima uchun musiqa asboblardan chiqayotgan ovozlarni yoqimli yoki yoqimsizligini bilamiz? Nima uchun ba‘zi tovushlar (shovqinlar) bizga yoqmaydi? Shunga o‘xshash bir qator savollarni o‘zimizga berishimiz mumkin. Bunday savollarga to‘g‘ri javob berish uchun fizika kursidan tovush hodisalarini yaxshi bilishimiz talab etiladi. Qolaversa hozirgi kunda akustika fani juda yaxshi rivojlandiki, uning yutuqlari suv osti olamini o‘rganishda, yangi musiqalar yaratilishida, aloqa tizimini rivojlanishida, elektromagnit to‘lqinlarni tarqatish va qabul qilishda, atrof-muhit obodonchiligida, yo‘l va uy-joylar qurilishida, avtotransportlar ishlab chiqarilishida keng ko‘lamda qo‘llanilmoqda.

Tovush - keng ma’noda - gazsimon, suyuq yoki qattiq muhitda to‘lqin shaklida tarqaladigan elastik muhit zarralarining tebranma harakati. Tor ma’noda - odam va hayvonlarning maxsus sezgi organlari orqali qabul qilish eshitish hodisasi. Inson qulog‘i eshita oladigan va eshita olmaydigan tovush bor. Chastotasi 16 Hz - 20 kHz gacha bo‘lgan to‘lqinlar inson qulog‘ida tovush sezgisini uyg‘otadi. Chastotasi 16 Hz dan kichik bo‘lgan elastik to‘lqinlar infratovush deb ataladi. Chastotasi 20 kHz dan 1 GHz gacha bo‘lgan to‘lqinlar ultratovush va chastotasi 1GHz dan yuqori bo‘lgan to‘lqinlar gipertovush deyiladi. Infra, ultra va gipertovushlarni inson qulog‘i eshitmaydi. Gaz va suyuqliklardagi tovush to‘lqini faqat bo‘ylama to‘lqin, qattiq jismlarda tarqaladigan to‘lqinlar esa ham bo‘ylama, ham ko‘ndalang bo‘lishi mumkin. Tovush tezligi quruq havoda 15° haroratrada 0,34 km/s, suyuqlikda 1,52 km/s, qattiq jismda 506 km/s (olmosda 18 km/s) bo‘ladi.

Insonlar qabul qilgan Tovushlarni ularning balandligi, tembri va qattiqligiga qarab bir-biridan farq qiladi. Ana shu har bir subyektiv bahoga tovush to‘lqinining aniq fizik 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 deb ataladi. Agar tovushda ma’lum intervaldagi barcha chastotaga ega bo‘lgan tebranishlar ishtirok etsa, u holda spektr tutash spektr deyiladi. Agar tovush bir-biridan chekli intervallar bilan ajralib turuvchi diskret chastotali tebranishlardan tashkil topgan bo‘lsa, spektr chiziqli spektr deyiladi. Daraxtlarning shamolda shitirlashi tutash spektrga, cholg‘u asboblari tovushlari esa chiziqli spektrga ega bo‘ladi.

Yuza birligi orqali vaqt birligida tovush to‘lqini olib o‘tayotgan energiya tovush intensivligi deb ataladi. Elastik muhit bo‘ylab tovush tarqalganda u tarqalmagan paytdagiga nisbatan ortiqcha bosim hosil bo‘ladi, uni tovush bosimi deyiladi. Tovush intensivligi tovush bosimining amplitudasiga hamda muhit xossasiga va to‘lqin shakliga bog‘liq. Tovush intensivligi Xalqaro birliklar tizimida Vt/m^2 larda o‘lchanadi. Tovush intensivligi va chastotasiga bog‘liq bo‘lgan tovush qattiqligi xarakteristikasi ham mavjud. Odam qulog‘i 1 - 5 kHz chastota sohasida juda sezgir bo‘ladi. Bu sohada eshitish bo‘sag‘asi, ya’ni eng kuchsiz eshitiluvchi tovushlarning intensivligi $10\sim 12 Vt/m^2$, unga mos tovush bosimi $10\sim 5 Vt/m^2$ kattalikka teng. Odam qulog‘i eshitadigan tovushning eng yuqori intensivligi $1 Vt/m^2$ ga teng. Ultratovush texnikasida bundan ham yuqori ($104 k Vt/m^2$ gacha) intensivlikka erishilgan. Ultratovushning bu xususiyatidan texnika, biologiya va tibbiyotda keng foydalaniladi.

Umumiy o‘rta ta’lim maktablarida tovush hodisalari 6-sinf fizika kursidan boshlab o‘rganiladi. Umuman olganda fizika o‘qitishda tovush hodisalarini o‘rganishda o‘quvchilarga qulaylik yaratish maqsadida ushbu qo‘llanma yaratildiki, bunda umumiy o‘rta ta’lim maktablari fizika kursi materiallari, akustika bo‘limi, lug‘at ma’lumotlari, masala echish namunalari va masalalar, laboratoriya ishi,

qo‘shimcha o‘qish uchun materiallar keltirildiki, zero bu bilan “tovushga” bog‘liq ma‘lumotlarning bir butun jamlanmasi tayyorlandi.

Mualliflar qo‘llanmani yaratilishida o‘zlarining qimmatli fikrlarini berganligi uchun marhum ustozlar Nizomiy nomidagi Toshkent davlat pedagogika universiteti professori, f-m.f.n A. Boydedayev va Namangan davlat universiteti dotsenti A.Mamadaliyevlarga o‘z minnatdorchiligini bildiradi, shuningdek qo‘llanma ayrim kamchiliklardan holi bo‘lmasligi mumkin. Bu borada mualliflar Siz aziz o‘quvchilarning fikr va mulohazalaringizni kutib qoladi.

Manzil: 716019 Namangan shahri, Uychi ko‘chasi 316 uy,
Namangan davlat universiteti, Fizika o‘qitish metodikasi kafedras.

Mualliflar.

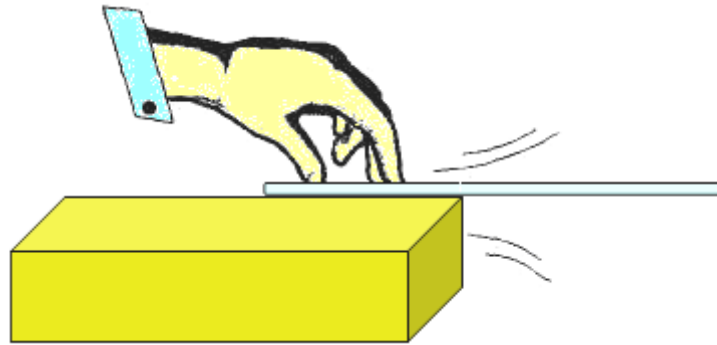
UMUMIY O`RTA TA`LIM MAKTABLARINING FIZIKA KURSI 6-SINFI
DARSLIGIDAGI TOVUSH HODISALARI UCHUN BERILGAN
MATERIALLAR
KIRISH SUHBATI

Har kuni biz turli tovushlar ta`sirida bo`lamiz: gaplashayotgan odamlar, mashinalarning ovozi, televizor va radiopriyomnikdan taraluvchi musiqalar, suvning shaldirab oqishi va h.k. Ulardan ayrimlari bizga yoqadi, ayrim tovushlar esa yoqmaydi. Shunga ko`ra kayfiyatimiz yaxshi bo`lib, unumli ishlaymiz, o`qiymiz yoki aksincha bo`ladi. Tovush orqali insonlar bir-biri bilan muloqotda bo`ladi. Shu muloqot tufayli jamiyatda rivojlanish bo`ladi. Inson tovushlardan foydalanishni allaqachon o`rganib olgan. Tovushga tegishli qonuniyatlarni o`rganib, turli xil musiqa asboblari yaratgan. Tovushni sun`iy ravishda hosil qiladigan elektr musiqa asboblari o`ylab topgan. Buni siz to`ylarda, kontsert zallarida bir necha o`n musiqachi o`rniga, bittagina «ionik» deb nom qo`yib olishgan elektr musiqa asbobidan foydalanib, xohlagan kuyni chiqarayotgan boshqaruvchi misolida ko`rgansiz. «Ultratovush» deb ataluvchi tovush turidan tibbiyotda ayrim kasalliklarni aniqlashda va davolashda foydalaniladi. Tovushning shu turidan ilmiy-tadqiqot ishlarida, tayyor mahsulotlarning sifatini aniqlashda, dengiz va okeanlarda masofalarni o`lchashda va hokazoda foydalanilmoqda. Katta quvvatli tovushlardan ba`zi kimyoviy jarayonlarni tezlashtirishda, mashina va mexanizmlarning mayda, nozik qismlarini tozalashda ham qo`llanilmoqda.

1.1-§. TOVUSH MANBALARI VA UNI QABUL QILGICHLAR

Tovush qanday hosil qilinishini o`rganish uchun quyidagi tajribani o`tkazaylik (1.1-rasm). Chizg`ichni olib, parta chetiga uchini uzun qilib chiqargan holda qo`yaylik. Qolgan qismini rasmda ko`rsatilganidek qo`l bilan bosib ushlaylik. Uzun

uchidan bosib qo'yib yuborsak, chizg'ich uchi tebrana boshlaganini ko'ramiz. Bunda tovush chiqadimi? Chizg'ich uchini parta ustiga surib tajribani takrorlaymiz.



1.1-rasm.

Bunda tovush eshitiladi. Chizg'ichning tebranuvchi qismini kamaytirib borsak, tovush aniqroq eshitila boshlaydi. Demak, tovush chiqaruvchi barcha manbalarda nimadir tebranar ekan. Haqiqatdan ham, radiokarnayni 1.2-rasmda ko'rsatilganidek qo'yib, ustiga kichik engil po'kak parchalarini yoki o'yinchoq to'p'ponchanning plastmassa sharcha-o'qlarini qo'ysak, tovush chiqayotganda sakrab turganligini ko'ramiz.



1.2-rasm.

Nima sababdan uzun chizg'ich tebranib turganda biz uning tovushini eshitmadik? Buni tushuntirish uchun tebranishni xarakterlaydigan tushuncha va kattaliklarni kiritaylik.

Har qanday takrorlanuvchi harakatga *tebranma harakat* deyiladi.

1 sekund vaqt davomidagi tebranishlar soniga **tebranishlar chastotasi** deyiladi. Chastotani ν harfi bilan belgilanadi. Agar jism 1 sekundda 1 marta tebransa, uning chastotasi 1 Gers (Hz) deb qabul qilingan. $1\text{Hz} = 1/\text{s}$

Inson qulog`i 16 Hz dan 20 000 Hz gacha bo`lgan tovushlarni seza oladi. 16 Hz dan kichik tovushlarni **infratovush** va 20 000 Hz dan kattalarini **ultratovush** deyiladi.

Aniq bir chastotali tovush chiqaradigan asbobga **kamerton** deyiladi. Kamertonni 1711-yilda ingliz musiqachisi J. Shorom ixtiro qilgan bo`lib, musiqa asboblarini sozlashda foydalangan. Kamerton ikki shoxli metall sterjendan iborat bo`lib, o`rtasida tutqichi bor (1.3-rasm). Rezina tayoqcha bilan kamertonning bir shoxchasiga urilsa, ma`lum bir tovush eshitiladi. Kamertonning tebranishiga ishonch hosil qilish uchun ipga birorta yengil sharchani osib, uni kamertonning ikkinchi shoxchasiga tegizib qo`yamiz. Kamertondan ovoz chiqqanda sharcha ham tebranib turganligini ko`rish mumkin. Kamertondan chiqadigan ovozni kuchaytirish uchun u yog`ochdan yasalgan qutiga o`rnatiladi. Bu qutini **rezonator** deyiladi. Shu maqsadda rubob, tor, dutor, tanbur kabi asboblarda tebranuvchi sim ostiga yupqa parda qo`yiladi. Odamning ham tovush chiqaruvchi og`zi kamertonga o`xshaydi. Til tebranuvchi jism bo`lsa og`iz bo`shlig`i va tomog`i rezonator vazifasini bajaradi.



1.3-rasm.

Tovush qabul qilgichlarga birinchi navbatda inson qulog`ini kiritamiz. Quloq ichida maxsus parda bo`lib, unga tovush tushganda tebranadi va undan signallar miyaga uzatiladi. Odamlarning quloqlarining sezgirliigi turlicha bo`ladi. O`quvchi yoshlar bilan qariyalarning qulog`i birday eshitmaydi. Xuddi shunday, hayvonlarning ham tovushni eshitish chastota diapazoni boshqacha. Kapalaklar, kuchuk va mushuklar, ko`rshapalaklar ultratovushlarni ham qabul qila oladi. Delfin 200 kHz gacha bo`lgan ultratovushlarni qabul qiladi.

Tovushni qabul qilish uchun maxsus *mikrofonlar* yaratilgan. «Mikrofon» so`zi yunoncha ikki so`zdan: *mikros* - kichik va *phone* - tovush so`zlaridan olingan. Mikrofondagi tovush tebranishlari elektr tebranishlariga aylantiriladi, so`ngra maxsus kuchaytirgichlarda kuchaytiriladi.

Karnay va surnaylarda ovoz qanday hosil qilinishi haqida o`ylab ko`ring.

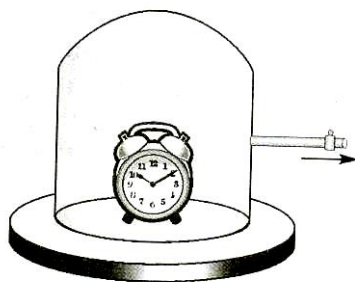
Nima sababdan musiqani doim baland ovozda eshitadigan yoki uzluksiz «audio pleer» eshitib yuradiganlarning qulog`i sezgirliigi kamayib ketadi?

Tabiatda qanday hodisalar tovush chiqarish bilan birga ro`y beradi?

Chastotasi 7-9 Hz bo`lgan infratovush insonlarga yomon ta`sir ko`rsatadi. U bosh aylanishni, qayt qilishni vujudga keltiradi. Ko`proq muddat ta`sir etsa, o`limga olib kelishi ham mumkin. Shunday voqea kuzatilgan. Mamlakat poytaxtlarining biridagi teatrda tragediya ko`rsatilgan. Tomosha paytida «Organ» deb ataluvchi musiqasi asbobi chalinishi kerak edi. Sahnadagi fojining tomoshabinlarga ta`sirini kuchaytirish maqsadida teatrning musiqaviy mexanigi organ trubalarini biroz o`zgartiradi. Tomosha boshlanib, musiqachi organ klavishlarini bosa boshlaganda zaldagi odamlarda qandaydir qo`rquv hissi uyg`ona boshlagan. Natijada odamlar dastlab birin-ketin, keyin yoppasiga teatrdan qochib qolgan. Tekshirilganda organdan infratovush chiqadigan bo`lib qolgan ekan. Hozirgi kunda infratovushining inson salomatligiga ta`siri o`rganilgan va shovqinlar manbai bo`lgan joylarda infratovushlar bor yoki yo`qligi aniqlanadi.

1.2-§. TOVUSHNING TURLI MUHITLARDA TARQALISHI

Tovushning tarqalishini o'rganish uchun 1660-yilda *Robert Boyle* shunday tajriba o'tkazgan. Shisha qalpoq ostiga soatni qo'ygan. Bunda soatning chiqillab yurgan ovozi bemalol eshitilib turgan (1.4-rasm).



1.4-rasm.

Shundan so'ng qalpoq ichidagi havoni so'rib ola boshlagan. Soatning chiqillagan ovozi pasayib, oxirida butunlay eshitilmay qolgan. Demak, tovush tarqalishi uchun muhit kerak ekan. Vakuumdagi tebranishni tarqatuvchi hech narsa yo'q. Umuman, tovush qanday tarqaladi? Kamerton shoxchasi tebranganda uning yonidagi havoda siqilishlar va kengayishlar hosil bo'ladi. So'ngra siqilish va kengayish havo zarrachalari orqali atrofga tarqaladi.

1. Gazlarda tovushning tarqalishi. Stadionlarda o'tkazilgan katta tadbirlarda turli uzoqlikda joylashgan radiokarnaylardan chiqqan bir xil ovozlarning bir vaqtda emas, balki oldinma-кетин eshitilganligiga e'tibor bergan bo'lsangiz kerak. Osmonga otilgan mushaklarning oldin charaqlagani, keyin uning portlagan ovozini ham eshitgansiz. Momaqaldiraq vaqtida, chaqmoq chaqqanidan ancha keyin uning guldiragan ovozi keladi. Demak, tovushning havoda tarqalish tezligi yorug'likning tarqalish tezligidan ancha kichik ekan. Tovushning havoda tarqalish tezligini birinchi marta 1636-yilda fransuz olimi M. Mersen o'lchagan. Tovushning 20°C dagi tezligi 343 m/s yoki 1235 km/soat ga teng. Bu miltiq o'qining tezligidan taxminan ikki barobar kam. Tovushning tezligi havo temperaturasi ko'tarilishi bilan ortadi. Tovush tezligi 10°C da 337,3 m/s, 0°C da 331,5 m/s, 30°C da 348,9 m/s va

50°C da 360,3 m/s ga teng. Turli gazlar, suyuqliklar va qattiq jismlar uchun 0°C dagi tovush tezligi *1.1- jadvalda* keltirilgan.

2. Suyuqliklarda tovushning tarqalishi. Suyuqlikda zarrachalar gazlarga nisbatan zichroq joylashganligi tufayli ularda tovushning tarqalish tezligi kattaroq bo'ladi. Tovushning suvdagi tezligini birinchi marta 1826-yilda J. Kolladon va YA.Shturm Shvetsariyadagi Jeneva ko'lida o'lchashgan. 8°C li suvda o'lchangan tezlik 1440 m/s ni tashkil etgan. Anhorlarda cho'milganda suv tagida ikkita toshni urib ko'rib, uning ovozini eshitgan o'quvchilar bo'lsa kerak. Tashqarida turib suv ichida hosil qilingan ovozlarni nega eshitmaymiz? Shunga qarab baliqlar ovoz chiqarmaydi, degan xulosaga ham borganmiz. «Baliqdek soqov» degan ibora shundan qolgan. Aslida baliqlar ham, boshqa suv hayvonlari - kitlar, delfinlar ham ovoz chiqarib, bir-biri bilan muloqotda bo'ladi. Faqat suvda hosil qilingan ovozning 99,9% suv sathidan orqaga qaytib ketadi. Xuddi shunday, havoda hosil qilingan ovoz ham suv ichiga o'tmaydi.

3. Qattiq jismlarda tovush tarqalishi. Buni o'rganish uchun o'yinchoq telefon yasaymiz. Yog'ochdan yasalgan ikkita gugurt qutisini olib, uning donalarini chiqarib qo'yamiz. Har birida bittadan cho'pni qoldirib, belidan bitta ipning ikkita uchini gugurtga teshib kiritib cho'plarga bog'laymiz. qutilarni yopib ipni tarang qilib tortamiz. Telefon tayyor! O'rtog'ingizga birini berib, qulog'iga tutishini so'rang. O'zingizdagi qutini tortib, ipni taranglashtirib qutiga gapirsangiz, o'rtog'ingiz bemalol eshitadi. Bunda tovush ip orqali uzatiladi. Poyezd yo'li relslariga quloq tutgan odam, poezdni ko'rmasada, uning kelayotganini eshitadi. Ba'zi fil'mlarda «hindu»larning erga yotib otliqlar yoki hayvonlar to'dasi yaqinlashayotganini bilib olganligini ko'rgan bo'lsangiz kerak. Qattiq jismlarda tovushning tarqalish tezligi eng katta ekanligi jadvaldan ko'rinib turibdi.

1. 1-jadval.

Gazlar	ν , m/s 0°Cda	Suyuqliklar	ν , m/s 20°Cda	Qattiq jismlar	ν , m/s
Azot	333,6	Dengiz suvi	1490	Alyuminiy	6260
Kislorod	316	Aseton	1192	Temir	5850
Uglerod(II) oksid	338	Glitserin	1923	Oltin	3240
Argon	319	Simob	1451	Mis	4700
Xlor	206	Etil spirti	1188	Kumush	3620

Amaliy topshiriq

Suvni isishidan boshlab, qaynagunga qadar chiqadigan ovozlarni yaxshilab eshiting. Sababini guruhda muhokama qiling.

Imkoniyatingiz bo'lsa, ovozingizni magnitafonga yozib, eshitib ko'ring. Ovozingizni tanidingizmi?

Nima sababdan ko'zi yaxshi ko'rmaydigan odamlarning qulog'i sezgir bo'ladi?

Ovoz qaysi paytda uzoqqa boradi: issiq kundami yoki sovuq kundami? Sababini tushuntirishga harakat qiling.

1.3-§. TOVUSH KATTALIKLARI

Tovushlar yo'g'on va ingichka, baland va past, yoqimli va yoqimsiz bo'ladi. Ular bir-biridan qanday kattaligi bilan farq qiladi? Buning uchun maxsus kattaliklar kiritilgan.

1.Tovushning qattiqligi. 1.3-rasmdagi kamertonning sharcha tegmagan shoxchasiga sekingina rezina bolg'a bilan uraylik. Shunda kamerton tebranish tufayli sharcha ma'lum uzoqlikka borib keladi. Bolg'a bilan qattiqroq uraylik. SHarcha oldingidan uzoqroqqa borib keladi. Kamertonning tebranishi davrida eng katta

chetlashishiga tebranishlar amplitudasi deyiladi. Kamerton qanchalik katta amplituda bilan tebransa, undan chiqadigan tovushning qattiqligi shuncha katta bo‘ladi. Tovush energiyaga ega. Agar tovush energiyasi ma`lum kattalikdan kichik bo‘lsa, inson unday tovushlarni eshitmaydi. Bu quyi chegara 1 m^2 yuzaga to‘g‘ri kelgan tovush quvvati $0,000001 \text{ mkW}$ deb belgilangan. Birlik yuzaga to‘g‘ri kelgan tovush quvvati 1 W/m^2 ga borganda, inson qulog‘ida og‘riq sezadi va tebranishlarni tovush sifatida qabul qilmaydi. Tovushning qattiqligi 1858-yilda nemis fiziklari *V. Veter* va *G Fexner* tomonidan tavsiya qilingan qonun asosida aniqlanadi. Inson sezadigan tovush qattiqligining quyi chegarasi **Bell** deb belgilangan. Bu birlik telefonni ixtiro qilgan G. Bell sharafiga qo‘yilgan. Og‘riq sezish bo‘sag‘asini 130 dB deb qabul qilingan ($1 \text{ detsibel} = 1 \text{ dB} = 0,1 \text{ V}$). Shunga ko‘ra sekin suhbatniki 40 dB, shovqinniki 80 dB, samolyotniki 110-120 dB ga teng. Tovushning balandligini mexanik va elektr qurilmalar yordamida kuchaytirish mumkin. Masalan: karnaydan chiqayotgan ovozni bir tomonga yo‘naltirib, tarqalish yuzasi kichiklashtiriladi.



1.5-rasm.

«Rupor» (1.5-rasm) ham shunday tovushni yo‘naltirib beradi. Qadimda tovushni kuchaytirib beruvchi asboblari bo‘lmaganida, «qulog‘i og‘ir» odamlar ruporni qulog‘iga qo‘yib eshitganlar.

2. Tovushning balandligi. Bu kattalik tovush chastotasi bilan belgilanadi. Ma`lumki, inson gapirganda yoki ashula aytganda bir xil chastotali tebranishlar

chiqarmasdan, ko'p xil chastotali tebranishlar hosil qiladi. erkak kishi gapirganda uning tovushida 100 dan 7000 Hz gacha, ayol tovushida 200 dan 9000 Hz gacha bo'lgan tebranishlar uchraydi. Nog'oradan chiqadigan tovushlar 90 dan 14 000 Hz gacha bo'ladi.

3. Tovush tembri. Unga qarab kim gapirayotganini, kim kuylayotganini yoki qanday cholg'u asbobi chalinayotganini aniqlash mumkin. Tovush ichidagi ko'p chastotali tebranishlardan eng kichik chastotasi ν_0 ni *asosiy ton* deyilib, $2\nu_0$, $3\nu_0$ va h.k. chastotali tebranishlarni **obertonlar** deyiladi. Mana shu obertonlar soni va obertonlar kuchi hamda tovush balandligiga qarab, tovush manbalari turli xil tembrga ega bo'ladi.

Erkaklar chiqaradigan asosiy tonga qarab, ovozi «*Bas*» (80-350 Hz), «*Bariton*» (110-400 Hz), «*Tenor*» (230-520 Hz) kabilarga, ayollarnikini «*Soprano*» (260-1050 Hz), «*Kontralto*» (170-780 Hz), «*Messo-soprano*» (200-900 Hz) va «*Koloratur soprano*» (260-1400 Hz) larga bo'linadi.

Amaliy topshiriq

Kamertonni avval rezina tayoqcha bilan, so'ngra bolg'acha dastasi bilan urib, kamertonning tovush chiqarishida qanday farq bo'lishini aniqlang. Uyda qadahlar bilan bajarish mumkin.

Qattiq baqirgan va chiyillagan ovozlar nimalari bilan farqlanadi?

Rubobni sozlashda uning torini tarangroq tortiladi. SHunda chiqayotgan tovushning qaysi parametri o'zgaradi?

Chelakni vodoprovod jo'mragi yordamida to'ldirilmoqda. Nima uchun idish to'lgan sari uning tovushi balandroq eshitiladi?

Yorug'lik spektrini yetti rangga ajratishganidek, tovush tonlarini ham yettitaga ajratishgan: do-re-mi-fa-sol-lya-si... Ranglarning yorqinligini ham, tovushlarning kattaliklarini ham inson ko'zi va qulog'ining sezgirligi bilan baholashadi. Tovushlarni tonlarga ilmiy ravishda ajratishni Pifagorga tegishli deyishadi. Uning shogirdlari kedr yog'ochidan, bitta tor tortilgan «monoxora» deb ataluvchi asbobni

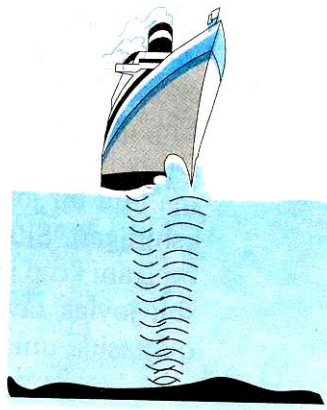
yasashgan. Tor chertilsa, bitta tonga ega bo'lgan ovoz chiqargan. Tor uzunligini ikki qismga ajratilsa (o'rtasini bosib), yuqoriroq tonda ovoz chiqargan. Shunday qilib musiqiy tonlarni tor uzunligi bilan belgilaydigan qonuniyatlarni topishgan.

Hayvonlar ichida filning qulog'i eng katta. Bunga ko'ra uning eshitish qobiliyati juda yuqori bo'lsa kerak deb o'ylashadi. Aslida fil quloqlari temperaturasini o'zgartirmay ushlab turishi uchun xizmat qiladi. Quloqlardan o'tgan qon soviydi. Shunga ko'ra issiq kunlarda fil quloqlarini tinmay qimirlatib turadi.

1.4-§. TOVUSHNING QAYTISHI. AKS-SADO

Yorug'likning bir muhitdan ikkinchisiga o'tishida qisman qaytib, qisman ikkinchi muhitga o'tishini ko'rdik. Tovush ham bir muhitdan ikkinchi muhitga tushganda, tushish yuzasidan qaytadi. Bunga ichi bo'sh bochka yoki truba ichiga gapirib ko'rib ishonch hosil qilish mumkin. Ko'pchilik yangi qurilgan uy yoki hech kim yo'q sport zaliga kirib qolganda o'zaro gaplashgan so'zlarning baland eshitilganini sezgan. Televideniye va radioeshittirishlarni berk sport inshootlaridan olib borilganda ham ovozlar jaranglab eshitilganligiga e'tibor bergan bo'lsangiz kerak. Bularga sabab tovushning tekis devorlardan qaytishidir. Agar devorning uzoqligi 20 m dan ko'proq bo'lsa, qaytgan tovush manbadan chiqqan tovushga nisbatan biroz kechikib eshitiladi. Bu qaytgan tovushni **aks-sado** deyiladi. Agar parallel joylashgan devorlar yoki tor tog` darasi oralig`ida ovoz chiqarilsa, aks-sado ko'p marta qaytariladi. Aks-sado faqat qattiq jismlardan qaytgandagina hosil bo'lmaydi. Masalan, chaqmoq chaqnaganda bitta yashin hosil bo'lganini ko'rsak ham, momaqaldiraq ovozi bir necha marta takrorlanganligini kuzatganmiz. Bunda birinchi eshitilgani baland, keyingilari esa pastlashib boradi. Bunga sabab, momaqaldiraq ovozi tog`lar, o'rmonlar, binolar va bulutlardan ko'p marta qaytib bizga eshitilishidir.

Tovushning qaytishidan turmush va texnikada ko'p foydalaniladi. Masalan: dengiz va okeanlarda chuqurlikni o'lchash hamda suv osti kemalarini aniqlash uchun ultratovushlardan foydalaniladi (1.6-rasm).



1.6-rasm.

Buning uchun dengiz tubiga ultratovush yuboriladi va urilib qaytgan tovush qabul qilinadi. Tovushning borishi va qaytishi uchun ketgan vaqt t o'lganib, dengiz chuqurligi h aniqlanadi. Bunda tovush $2h$ masofani o'tganligi uchun $2h = v_t t$ bo'ladi.

Bundan $h = \frac{v_t \cdot t}{2}$ aniqlanadi. v_t - tovushning suvda tarqalish tezligi. Bunday asbob **exolot** deb ataladi.

Tovushning qaytishidan metall quymalar orasida havo bo'shliqlari yoki chet moddalar kirib qolganligi ham aniqlanadi. Quymaga bevosita tekkizilib qo'yilgan tovush manbai va qabul qilgich quyma bo'ylab yurgiziladi. Agar quyma ichi bir xil zichlikda va tutash bo'lsa, qaytgan tovush bir xilda bo'ladi. Chet modda va bo'shliq bo'lsa, qaytgan tovush buziladi. Tibbiyotda ham buyrak kasalliklarini, homila holatini zararsiz holda o'rganish ultratovushlar vositasida amalga oshiriladi.

Masala yechish namunasi

Chaqqoq chaqqanidan 3 sekund o'tgach, momaqaldiroq ovozi eshitildi. Chaqqoq hosil bo'lgan bulut Sizdan taxminan qancha uzoqlikda?

Berilgan:	Formulasi:	Echilishi:
$t = 3s$	$l = v_1 \cdot t$	$l = 340m/s \cdot 3s =$ $1020m \approx 1km.$
$v_{tovush} = 340m/s$	Yorug'lik tezligi juda katta bo'lganligidan, uning yetib kelish vaqtini hisobga olmaymiz.	Javob: $l = 1km$
Topish kerak		
$l = ?$		

1. Nima uchun ovozni hovliga nisbatan xonada eshitish osonroq?
2. Suv ostida bo'lgan ikkita suvosti kemasi bir-biri bilan qanday aloqa qilishi mumkin ?
3. Aks-sado zararli bo'lgan hollarni uchratganmisiz?
4. Insonga nega ikkita quloq kerak?

- Aks-sado eng ko'p marta qaytariladigan joylar: Angliyadagi Vudstok qasrida 17 marta, Galbershtad yaqinidagi Derenburg qasri xarobalarida 27 marta, Adersbax (oldingi Chexoslovakiya) yaqinida 7 marta, Milan yaqinidagi qasrda 40-50 marta. Aks-sadoning hosil bo'lishi tovushga ham bog'liq. Bolalar va ayollarning yuqori tondagi ovozi, erkaklar ovozigacha nisbatan ko'proq aks-sado hosil qilishi mumkin. Eng qulayi qo'lda qarsak chiqarish.
- Dunyoning ko'pgina joylarida shunday imoratlar qurilganki, unda ma'lum bir joyda shivirlab so'zlashish undan ancha uzoqda baralla eshitilgan. Sitsiliya orolida qurilgan Jirgenti soborida shu xususiyat bo'lgani ko'p janjalga olib kelgan. Chunki tasodifan soborning aynan shu joyiga tavba-tazarru eshituvchi joylashgan. Soborning boshqa nuqtasida uni boshqalar ham eshitishgan.

1.5-§. MUSIQIY TOVUSHLAR VA SHOVQINLAR. TOVUSH VA SALOMATLIK. ME`MORCHILIKDA TOVUSH

Yuqorida aytganimizdek, biz tovushlar olamida yashaymiz. Bu tovushlar yoqimli bo'lsa, musiqiy ta'sir qildi deymiz. Yoqmasa, buncha shovqin deymiz. Yig'layotgan chaqaloqning ovozi onasiga yoqimli bo'lsa, begona kishiga shovqin bo'lib tuyuladi. Kingadir nog'oraning ovozi musiqiy tuyulsa, kimdir uni shovqin sifatida qabul qiladi. Shu sababli ularni qat'iy chegaralash qiyin. Latifani eslaylik. «Nasriddin bir kuni musiqachi tanishinikiga mehmon bo'lib boribdi. Tanishi unga turli xil musiqa asboblarini uzoq vaqt davomida chalib ko'rsatibdida, so'rabdi: «Mulla Nasriddin, shu musiqa asboblaridan qaysi birining ovozi sizga yoqadi» - desa, Nasriddin qorni ochib

ketganligidan: «Menimcha eng yaxshi ovoz, kapgirning qozonga urilishidan chiqqan ovoz», - degan ekan. Shunga ko'ra odamlarga turli tovushlar turlicha ta'sir ko'rsatadi. Umuman olganda ko'pchilikka musiqiy tovushlar yoqadi. Musiqa asboblariida tovushlar quyidagicha hosil qilinadi: havo ustuni tebranishi (karnay, surnay, klarnet, fleyta, saksafon va h.k.), tor tebranishi (rubob, tor, dutor, tanbur, skripka, violonchel, g'ijjak va h.k.), tarang tortilgan teri yoki membrana tebranishi (doira, baraban, nog'ora va h.k.) va elektron asboblardagi tebranishlar tufayli.

Ular chiqaradigan tovushlarning chastotasi, balandligi, tembri turlicha bo'ladi. Masalan, skripka chiqaradigan tovush chastotasi 260-15000 Hz, klarnetniki 150-8000 Hz, nog'oraniki 90-14000 Hz atrofida bo'ladi. Musiqiy tovushlarning parrandalarga, uy hayvonlariga ta'siri borligi ham o'rganilgan. Har qanday yoqimli kuy yoki ashulani ham juda baland ovozda qo'yilsa, u shovqinga aylanadi. Shovqin inson asabiga va salomatligiga ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli shovqindan asrash uchun tovush yutuvchi vositalardan foydalaniladi. Narsa va vositalarning tovushni yutish xossasini belgilash uchun tovush yutish koeffitsienti (α) deb ataluvchi kattalik kiritiladi. α - yutilgan tovush energiyasining tushgan tovush energiyasiga nisbati bilan o'lchanadi. Quyidagi jadvalda α kattalikning turli materiallar uchun qiymati keltirilgan (tovush chastotasi 500 Hz).

1.2-jadval.

Materiallar	α
G'ishtdan qurilgan suvalmagan devor	0,03
Beton devor	0,02
Linoleum (0,5 sm qalinlikda)	0,03
Devorga qoqilgan faner	0,06
Deraza oynasi	0,03
Devorga osilgan gilam	0,21
Shishadan yasalgan paxta qatlami (9 sm)	0,51

Shovqinlarning inson salomatligiga salbiy ta'siri bo'lganligidan, ularni kamaytirish choralari ko'rilmoqda. Masalan: Yevropa mamlakatlari shovqinni ma'lum chegaradan oshadigan samolyotlarni mamlakat hududida uchish, aeroportlariga qo'nishini taqiqlab qo'ydi.

Binolarni loyihalashda ham tovush tarqalishiga e`tibor beriladi. Shu sohani o`rganadigan fan bo`limi me`morchilik akustikasi deb ataladi. Yaxshi loyihalangan teatr zallarida, sahnada pichirlab aytilgan tovush zalning istalgan joyida eshitiladi. Bu binoning shipiga qaralsa, uning shakli ichi bo`sh tuxum po`chog`iga o`xshab qurilgan bo`ladi. Shunda sahnadan chiqqan tovush unga urilib, zalning istalgan joyiga bir xil masofani o`tib boradi. Bunday zallarning tomoshabin o`tiradigan, yuradigan hamma joylariga ular tomonidan chiqadigan shovqinlarni yutuvchi materiallar qoplanadi.

Amaliy topshiriq

1.2-mavzuda keltirilgan «telefon»ni gugurt qutisi va cho`plaridan foydalanib yasang. Ipnning qanday uzunligida aloqa yetarli bo`lishini aniqlang. Ovoz sifatining ip tarangligiga, bog`liqligiga e`tibor bering.

Ko`pgina eshiklarni ochganimizda skripka ovoziga o`xshash tovush eshitiladi. Buni qanday tushuntirish mumkin ?

Ko`p qavatli uyda yashaganda gilamni qaysi tomondagi devorga osish foydali?

Ishlab turgan mashina dvigatelining ovozini eshitib, uning mexanizmlarining faoliyati to`g`risida ma`lumot olish mumkinmi?

1-mashq.

1. Qoya ro`parasida turgan bola ovozining aks-sadosini 2 s dan so`ng eshitdi. Boladan qoyagacha bo`lgan masofa qanchaga teng? (*Javob: 340 m*).

2. 1.2-mavzudagi jadvaldan foydalanib, teplovoz tovushining temir yo`l relslari bo`ylab tarqalish tezligi, havoda tarqalish tezligidan necha marta katta bo`lishini aniqlang.

3. Yugurish yo`lkasining finishida turgan hakam qaysi paytda sekundomerni ishga tushirishi kerak: start to`pponchasining ovozini eshitgandami yoki og`zidan chiqqan uchqinni ko`rgandami?

4. Dengizning 1,5 km chuqurligiga yuborilgan ultratovush 2 s dan soʻng qabul qilindi. Ultratovushning dengiz suvidagi tarqalish tezligi nechaga teng? (*Javob:* 1500 m/s).

Nazorat savollari

1. “Har qanday takrorlanuvchi harakatga ... deyiladi”. Nuqtalar oʻrniga mos soʻzni topib qoʻying.

A) ... tovush ... B) ... tebranma harakat... C) ... tebranishlar chastotasi... D) ... rezonator... E) ... kamerton... .

2. Normal sharoitda gazlarda tovushning tarqalish tezligi intervali qaysi javobda toʻgʻri berilgan?

A) 1000-2000 m/s; B) 3000-4000 m/s; C) 300-400 m/s; D) 500-1000 m/s; E) 100-200 m/s.

3. “Kamerton” qanday asbob?

A) aniq bir chastotali ovoz chiqaradigan asbob; B) puflab chalinadigan musiqa asbobi; C) tovushni kuchaytiradigan asbob; D) tovushni qabul qiladigan asbob; E) tovush qattiqligini oʻlchaydigan asbob.

4. Tovush qattiqligining oʻlchov birligini koʻrsating.

A) dB; B) V/m²; C) Hz; D) V; E) J.

5. Tovush balandligi nimaga bogʻliq?

A) amplitudasiga; B) asosiy toniga; C) oberton soniga; D) chastotasiga; E) yuqoridagilarning barchasiga.

6. Qaysi qatorla erkaklar chiqaradigan ovoz nomlari keltirilgan?

A) bas, bariton, tenor; B) bas, soprano, tenor; C) soprano, messo-soprano, bariton; D) koloratur soprano, messo-soprano, kontralto; E) kontralto, koloratur soprano.

7. Dengiz tubiga yuborilgan ultratovushni 2,5 sekunddan soʻng qaytib qabul qilindi. Dengiz chuqurligi nechaga teng? Tovushning tarqalish tezligini 1500 m/s deb oling.

A) 1775 m; B) 2550 m; C) 3550 m; D) 3000 m; E) 2500 m.

8. “1 sekund vaqt davomidagi tebranishlar soniga ... deyiladi”. Nuqtalar o‘rniga mos so‘zni topib qo‘ying.

- A) ... tebranishlar amplitudasi... B) ... tovush yuksakligi... C) ... tovush tembri...
E) ... chastota

9. Tovush tembri nimalarga bog‘liq?

- A) obertonlar soniga; B) obertonlar kuchiga; C) tovush balandligiga;
D) tovush chastotasiga; E) yuqoridagilarning barchasiga.

10. Inson qulog‘ining og‘riq sezish bo‘lag‘asi qanchaga teng?

- A) 100-110 dB; B) 130 dB; C) 150 dB; D) 180 dB; E) 90 dB.

11. Qaysi javobda infratovushlarning chastota intervali to‘g‘ri ko‘rsatilgan?

- A) 16 Hz dan kichik; B) 20000 Hz dan yuqori; C) 20-20000 Hz; D) 100-2000 Hz; E) ularda aniq bir chastota intervali belgilanmagan.

12. Tovushlarning materiallar tomonidan yutilishini aniqlash uchun yutilgan tovush energiyasini tushgan tovush energiyasi... kerak.

- A) ...ga qo‘shish... B) ...ga bo‘lish... C) ...dan ayirish... D) ...ga ko‘paytirish...
E) ...ga bo‘lib, 100% ga ko‘paytirish.

13. Shipga o‘rnatilgan parrak sekundiga 10 marta aylanmoqda. Parrak o‘rnatilgan qurilmadan qaysi diapazondagi tovushlar chiqadi?

- A) musiqiy tovushlar; B) ultratovush; C) infratovush; D) shovqin;
E) yuqoridagilarning barchasi.

14. Kamertonga o‘rnatilgan rezona-tor nima vazifani bajaradi?

- A) ovoz hosil qilish; B) ovozni kuchaytirish; C) ovozni qabul qilish;
D) tonni o‘zgartirish; E) taglik.

15. Radiokarnaydan ovoz chiqish vaqtida g‘arbdan sharqqa tomon 25 m/s tezlikda shamol esdi. Tovushning shu yo‘nalishdagi tarqalish tezligini aniqlang. Tinch holatda tovushning havoda tarqalish tezligini 330 m/s deb oling.

- A) 330 m/s; B) 355 m/s; C) 305 m/s; D) 300 m/s; E) aniqlab bo‘lmaydi.

AKUSTIKA

2.1- §. TOVUSH FIZIK HODISADIR.

TOVUSHNING TARQALISHI

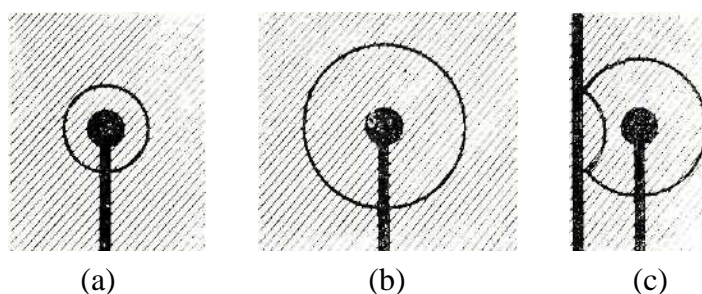
Biz tovush sifatida qabul qiladigan o'ziga xos sezgi elastik muhit- havo, suv, qattiq jism tebranma harakatining odam eshitish a'zosiga ta'siri natijasidir. Muhitning tebranishi tovush manbai tomonidan qo'zg'atiladi va muhitda tarqala borib, qabul qilish a'zosi - bizning qulog'imizgacha yetib keladi. SHunday qilib, biz eshitadigan turli-tuman tovushlar bir-biridan chastota va amplitudalari bilan farq qiladigan tebranma jarayonlar tomonidan yuzaga keltiriladi. Bir hodisaning ikki tomonini chalkashtirib yuborish yaramaydi: tovush fizik jarayon sifatida tebranma harakatning xususiy bir holdan iboratdir; psixofiziologik hodisa sifatida esa tovush, o'ziga xos bo'lib, uning paydo bo'lish mexanizmi hozirgi vaqtda yetarli darajada mukammal o'rganilgan.

Hodisaning fizik tomoni haqida gapirganda, biz tovushni uning intensivligi (kuchi) bilan, u bilan bog'liq bo'lgan tebranma jarayonlarning tarkibi va chastotasi bilan xarakterlaymiz; tovush sezgilarini nazarda tutsak, u holda biz tovushning qattiqligi, tembri, balandligi haqida gapiramiz.

Qattiq jismlarda tovush bo'ylama tebranish holida ham, ko'ndalang tebranish holida ham tarqaladi. Suyuqlik va gazlar siljish elastikligiga ega bo'lmagani sababli, gzsimon va suyuq muhitda tovush faqat bo'ylama tebranish holida tarqalishi mumkin. Gazlarda va suyuqliklarda tovush to'lqinlari muhitning almashinib keluvchi zichlanish va siyraklanishlaridan iborat bo'lib, tovush manбайдan har qaysi muhit uchun xos bo'lgan ma'lum tezlik bilan uzoqlashadi. Tovush to'lqinlarining sirti tebranish fazasi bir xil bo'lgan muhit zarrachalarining geometrik o'rnidan iboratdir. Tovush to'lqinlarining sirtini, masalan, qo'shni to'lqinlarning sirtlari orasida bitta zichlanish qatlami va bitta siyraklanish qatlami joylashadigan qilib o'tkazish mumkin. To'lqin sirtiga perpendikulyar bo'lgan yo'nalish *nur* deyiladi.

Gzsimon muhitdagi tovush to'lqinlarining fotorasmini olish mumkin. Buning uchun tovush manbai orqasiga fotoplastinka, ro'parasiga esa elektr uchquni

joylashtirilib, uchqundan chiqadigan nurlar shunday yoʻnaltiriladiki, uchqun bir onga chaqnagan vaqtida chiqqan yorugʻlik dastasi tovush manbai atrofidagi havo orqali oʻtib fotoplastinkaga tushadi. 2.1, 2.2, 2.3-rasmlarda tovush toʻlqinlarining koʻrsatilgan usul bilan olingan fotorasmlari keltirilgan. Tovush manbai fotoplastinkadan taglikka oʻrnatilgan kichkina ekran bilan ajratilgan.



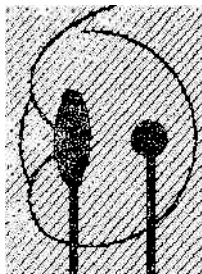
2.1- rasm. Tovush toʻlqinlarining vaqtning ikki momentidagi fotorasmi (a va b).
Tovush toʻlqinining qaytishi (c).

2.1 a- rasmda tovush toʻlqini endi ekran orqasidan chiqqani koʻrinib turibdi. 2.1 b- rasmda shu toʻlqinning oʻzi sekundning mingdan bir necha ulushlari oʻtgandan keyin ikkinchi marta rasmga olingan. Bu holda toʻlqin sirti sferadan iborat. Fotorasmda toʻlqinning tasviri radiusi vaqt oʻtishi bilan ortib boruvchi aylana koʻrinishida aks etgan.

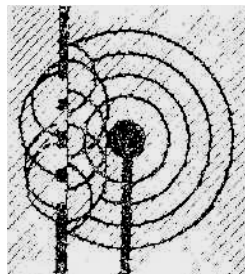
2.1 c-rasmda yassi devordan *qaytgan* sferik tovush toʻlqinining fotorasmi keltirilgan. Bu erda shunga eʼtibor berish kerakki, toʻlqinning qaytgan qismi goʻyo tovush manbai qaytaruvchi sirtidan qanday masofada turgan boʻlsa, qaytaruvchi sirt orqasida xuddi shunday masofada turgan nuqtadan kelib chiqayotganday boʻlib tuyuladi. Hammaga maʼlumki, *exo* tovush toʻlqinlarining qaytish hodisasi bilan tushuntiriladi.

2.2 - rasmda tovush toʻlqinlari vodorod bilan toʻldirilgan linzasimon xaltacha orqali oʻtgan vaqtda toʻlqin sirti qanday oʻzgarishi koʻrsatilgan. Tovush toʻlqini sirtining bunday oʻzgarishi tovush nurlarining sinishi (difraksiyasi) natijasida yuz beradi: toʻlqinlarning tezligi har xil boʻlgan ikki muhitni ajratib turuvchi sirtida toʻlqinning yoʻnalishi oʻzgaradi.

2.3- rasmda yo‘liga to‘rtta tirqishli ekran qo‘yilgan tovush to‘lqinlarining fotorasmi tasvirlangan. To‘lqinlar tirqishlar orqali o‘tar ekan, ekranni aylanib o‘tadi. To‘lqinlarning uchragan to‘siqlarni bunday aylanib o‘tish hodisasi *difraksiya* deb ataladi.

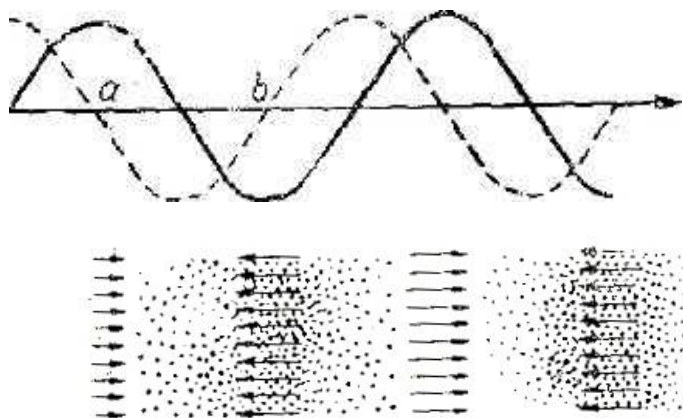


2.2-rasm. Tovush to‘lqinlarining sinishi.



2.3-rasm. Tovush to‘lqinlarining difraksiyasi.

Tovush to‘lqinlarining tarqalish, qaytish, sinish va difraksiya qonunlarini *Gyugens prinsipidan* keltirib chiqarish mumkin. Gyugens prinsipiga binoan muhitning tebranma harakatga keltirilgan har bir zarrachasini to‘lqinlarning yangi markazi (manbai) deb qarash mumkin; ana shu to‘lqinlarning hammasining interferensiyasi aslida kuzatiladigan to‘lqinni yuzaga keltiradi.



2.4-rasm. O‘tayotgan tovush to‘lqinining zichlanishlarida zarrachalar ilgariqarab harakat qiladi.

¹2.4-rasmda tasvirlangan siljish sinusoidasi muhitning *a*- zarrachasiga qo‘shni bo‘lib, undan chapda yotgan zarrachalari o‘ngga, *a* dan o‘ngda yotganlari esa – chapga, ya‘ni bir-biriga qarama-qarshi siljiganligini ko‘rsatadi. Muhitning *b* , zarrachasi bilan qo‘shni bo‘lib, undan chapda yotgan zarrachalari chapga siljiydi, *b* dan o‘ngda yotganlari esa o‘ngga siljigan, ya‘ni bu erda zarrachalar siljish natijasida bir-biridan uzoqlashgan.

Tovush to‘lqinlari o‘zlarida harakat miqdorini olib yuradi va shuning natijasida ular uchragan to‘siqqa bosim ko‘rsatadi.

Bu hodisani tushuntirish uchun 2.4-rasmga murojaat qilamiz. Rasmda uzoq-uzoq chiziq bilan bo‘ylama to‘lqinlar muhitda tarqalayotganda muhit zarrachalarining vaqtning qandaydir momentidagi siljish sinusoidasi tasvirlangan. Vaqtning kuzatilayotgan momentida bu zarrachalarning tezligi kosinusoida bilan yoki, shuning o‘zi, siljish sinusoidasidan chorak davrga ilgari yuradigan sinusoida bilan tasvirlanadi (2.4- rasmda uzluksiz chiziq). Muhitning zichlanishlari berilgan momentda zarrachalarning siljishi nolga teng yoki nolga yaqin bo‘lgan joylarda va tezlik to‘lqin tarqalayotgan¹ tomonga qarab yo‘nalgan joyda kuzatilishini tushunib olish qiyin emas. Aksincha, muhitning siyraklanishlari zarrachalarning siljishi nol yoki nolga yaqin bo‘lgan, lekin zarrachalarning tezligi to‘lqinning tarqalishiga qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan joylarda kuzatiladi. Demak, zichlanishlarda zarrachalar oldinga, siyraklanishlarda - orqaga qarab harakat qilar ekan. Lekin zichlashgan qatlamlarda siyraklashgan qatlamlardagiga qaraganda zarrachalar soni ko‘proq bo‘ladi. Shunday qilib, vaqtning istalgan momentida chopar bo‘ylama tovush to‘lqinlarida oldinga qarab harakatlanadigan zarrachalar soni orqaga qarab harakatlanadigan zarrachalar sonidan birmuncha ortiq bo‘lar ekan. Shu sababli tovush to‘lqini o‘zi bilan qandaydir harakat miqdorini olib yuradi va bu tovush to‘lqinlarining uchragan to‘siqlarga ko‘rsatadigan bosimida namoyon bo‘ladi.

Tovush bosimini tajribada Reley va Lebedev tekshirgan.

Nazariy yo‘l bilan *tovush tezligi* Laplas formulasi $u_{//} = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$ yordami bilan aniqlanadi:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}, \quad (2.1)$$

bu erda K - (siqilish vaqtida issiqlik qabul qilinmasa va uzatilmasa) har tomonlama elastiklik moduli, ρ -zichlik.

Gazlar (kamroq siqilgan gazlar) uchun har tomonlama elastiklikning izotermik moduli to‘g‘ridan-to‘g‘ri gazning bosimi (r) ga teng. Agar gazning temperaturasini

o'zgartirmasdan uni n marta siqsak (uning zichligini orttirsak), u holda gazning bosimi ham n marta ortadi. Demak, Laplas formulasiga binoan gazda tovush tezligi gazning zichligiga bog'liq emas, degan xulosa kelib chiqadi.

Gaz qonunlari va Laplas formulasidan gazlarda tovushning tezligi gaz absolyut temperaturasining kvadrat ildiziga proporsional ekanligini quyidagi formuladan keltirib chiqarish mumkin:

$$c = \sqrt{g\lambda RT}, \quad (2.2)$$

bunda g -og'irlik kuchining tezlanishi, λ - issiqlik sig'imlarining nisbati $\left(\lambda = \frac{C_p}{C_v}\right)$ va R - universal gaz doimiysi.

$0^\circ C$ da tovushning quruq havodagi tezligi $c_0 = 332 m/s$, o'rtacha temperatura va o'rtacha namliklarda havoda tovush tezligi $340 m/s$ ga teng deb hisoblanadi. Vodorodda $0^\circ C$ temperaturada tovush tezligi $1280 m/s$ ga teng.

Suvda tovush tezligi $1450 m/s$ ga, shishada $5600 m/s$ ga, temirda $5170 m/s$ ga teng.

O'q otish va portlash vaqtlarida hosil bo'ladigan zarbali tovush to'lqinlari yo'lining boshida, berilgan muhitdagi normal tovush tezligidan ancha katta tezlikka ega bo'ladi. Havodagi kuchli portlash keltirib chiqargan zarbali tovush to'lqini tovush manbai yaqinida tovushning havodagi normal tezligidan bir necha marta kattaroq tezlikka ega bo'lishi mumkin, lekin portlash joyidan o'nlarcha metr naridayoq to'lqinning tarqalish tezligi normal darajaga tushib qoladi.

Turli uzunlikdagi tovush to'lqinlari amalda bir xil tezlikka ega bo'ladi. Lekin berilgan muhit uchun chastotalarning shunday sohalari mavjudki, bu sohalarda elastik to'lqinlar tezda so'nib qoladi va tovush to'lqinlarining tezligi bir xil bo'lmaydi. Odatda bu chastotalar eshitish chegarasidan uzoqda yotadi (atmosfera bosimida gazlar uchun bu chastotalar taxminan sekundiga 100 000 tebranishga tengdir). Nazariy analiz tovush to'lqinlarining dispersiyasi va yutilishi molekulalarning ilgarilanma va tebranma harakatlari o'rtasida energiya qayta taqsimlanishi uchun oz bo'lsa-da qandaydir vaqt talab qilinishi bilan bog'liq ekanligini ko'rsatadi. Bu ahvol

uzun to‘lqinlar (tovush diapazonidagi to‘lqinlar) juda qisqa “eshitilmas” to‘lqinlarga qaraganda birmuncha sekinroq harakatlanishiga sababchi bo‘ladi. Masalan, 0°C temperatura va atmosfera bosimidagi karbonat angidrid bug‘larida tovush 268 m/s tezlik bilan tarqalsa, juda qisqa “eshitilmas” to‘lqinlarning tarqalish tezligi esa 280 m/s ga teng bo‘ladi.

Tovush to‘lqini muhitda tarqalar ekan, tovush manbaining shakli va o‘lchamlariga qarab turli shakllarga ega bo‘lishi mumkin. Texnika nuqtai nazaridan eng ahamiyatli bo‘lgan hollarda tovush manbai (tovush tarqatgich) qandaydir tebranuvchi sirtidan iborat bo‘ladi, masalan, telefon membranasi yoki radiokarnay ana shundaylardandir. Bunday tovush manbai ochiq fazoga tovush to‘lqinlari tarqatganda, to‘lqinning shakli asosan tarqatgichning nisbiy o‘lchamlariga bog‘liq bo‘ladi. O‘lchamlari tovush to‘lqinining uzunligiga nisbatan katta bo‘lgan tarqatgich tovush energiyasini faqat bir yo‘nalishda - o‘zining tebranma harakati yo‘nalishida tarqatadi. Aksincha, o‘lchamlari to‘lqin uzunligiga nisbatan kichik bo‘lgan tarqatgich tovush energiyasini hamma tomonga birdek tarqatadi. To‘lqin frontining shakli bu ikki holda turlicha bo‘ladi.

Avval birinchi holni ko‘rib chiqaylik. O‘lchamlari yetarlicha (to‘lqin uzunligiga nisbatan) katta bo‘lgan va o‘ziga tushirilgan normal yo‘nalishida tebranma harakat qilayotgan qattiq yassi sirtni tasavvur qilaylik. Bunday sirt ilgoriga qarab harakat qilar ekan, o‘zining oldida quyۇqlanishni yuzaga chiqaradi va bu quyۇqlanish muhitning elastikligi tufayli tarqatgich ko‘chayotgan tomonga qarab tarqaladi. Tarqatgich orqaga qarab harakatlenganda esa o‘zining orqasida boshlang‘ich zichlanish ketidan ko‘chuvchi siyraklanishni yuzaga chiqaradi. Tarqatgich uzoq vaqt davomida tebranib turganda, biz uning ikki tomonida tovush to‘lqinini kuzatamiz; bu to‘lqin shu bilan xarakterliki, muhitning tarqatuvchi sirtidan baravar masofada (bu masofa sirtga o‘tkazilgan normal bo‘ylab hisoblanadi) yotgan barcha zarrachalari bir xil amplituda bilan bir xil fazada tebranadi. Bunday to‘lqinni biz *yassi* to‘lqin deb ataymiz. Yassi to‘lqinning sodda tenglamasi bizga to‘lqin haqidagi bilimlarimizdan ma‘lum bo‘lib, bu yerda uni quyidagicha ko‘rinishda yozamiz:

$$\xi = a \sin \omega \left(t - \frac{x}{s} \right). \quad (2.3)$$

Bu tenglamada quyidagi belgilar kiritilgan: ξ - muhit zarrachalarining siljishi, a —zarrachalarning tebranish amplitudasi, ω - tebranishlarning burchak chastotasi, ya'ni 2π sekunddagi tebranishlar soni, t - vaqt, x - tarqatuvchi sirtidan (unga o'tkazilgan normal yo'nalishi bo'ylab o'lchangan) zarrachagacha bo'lgan masofa, s - tovush tezligi.

Hisoblashlar ortiqcha bosim amplitudasi p_0 zarrachalar tezligining amplitudasi (ωa), muhitning o'rtacha zichligi ρ va tovush tezligi s larning ko'paytmasiga teng ekanligini ko'rsatadi:

$$p_0 = s\rho \cdot \omega a. \quad (2.4)$$

Muhit o'rtacha zichligining tovush tezligi (s) ga ko'paytmasi $s\rho$ muhitning akustik qarshiligi deb ataladi.

Akustik qarshiliklar, $c\rho$ 20°S da

2.1-jadval.

Material	$s,$ m/s	$\rho,$ kg/m^3	$s\rho,$ $kg/m^2 \cdot s$
Temir	5170	7,800	40000000
Beton	2200	2,200	48000000
Yog'och	5000	500	25000000
Suv	1440	1,000	14400000
Po'kak	430	300	1300000
Rezina	60	1,000	600000
Havo	340	0,13	4400

Endi *sferik* to'lqinlarni tekshiraylik. Tarqatuvchi sirtning o'lchamlari to'lqin uzunligiga nisbatan kichiklashib borganda to'lqin fronti sezilarli darajada egrilashadi. Bunga sabab shuki, tebranish energiyasi tarqatuvchidan hamma tomonga qarab tarqaladi.

Hodisani quyidagi sodda misoldan yaxshiroq tushunib olish mumkin. Suv yuziga uzun yog'och tushib ketdi, deb faraz qilaylik. Buning natijasida paydo bo'lgan to'lqinlar yog'ochning ikki tomoniga parallel qatorlar holida tarqaladi. Suvga kichkina tosh tashlanganda esa ahvol boshqacharoq bo'lib, bunda to'lqinlar

konsentrik doiralar koʻrinishida tarqaladi. Yogʻoch, suv sirtidagi toʻlqin uzunligiga qaraganda kattadir; undan uzoqlashayotgan toʻlqinlarning parallel qatorlari yassi toʻlqinlarning koʻrgazmali modelidan iborat boʻladi. Toshning oʻlchamlari esa kichik; u tushgan joydan tarqaladigan doiralar bizga sferik toʻlqinlarning modelini beradi. Sferik toʻlqinlar tarqalayotgan vaqtda toʻlqin frontining sirti uning radiusi kvadratiga proporsional ravishda ortib boradi. Tovush manbaining quvvati oʻzgarmaganda r radiusli sferik sirtning har bir sm^2 yuzasi orqali oqib oʻtuvchi energiya r^2 ga teskari proporsionaldir. Tebranish energiyasi amplitudaning kvadratiga proporsional boʻlganligi uchun, ravshanki, sferik toʻlqinda tebranish amplitudasi tovush manbaidan oʻlchangan masofaning birinchi darajasiga teskari proporsional ravishda kamayishi kerak. Demak, sferik toʻlqinning tenglamasi quyidagi koʻrinishga ega boʻladi:

$$\xi = \frac{a}{r} \sin \omega \left(t - \frac{r}{s} \right) \quad (2.5)$$

2.2- §. TOVUSH INTENSIVLIGI

Oʻtkinchi (yaʼni tik emas) toʻlqindagi tovushning kuchi yoki intensivligi deb, *toʻlqinning tarqalish, yoʻnalishiga perpendikulyar boʻlgan 1sm^2 yuzasi orqali har bir sekunda oʻtuvchi energiya miqdoriga aytiladi.*

Hisoblashlar koʻrsatadiki, tovushning intensivligi I ortiqcha bosim amplitudasi kvadratining ikkilangan muhit akustik qarshiligi nisbatiga teng:

$$I = \frac{p_0^2}{2s\rho} \quad (2.6)$$

Bu tenglik yassi toʻlqinlar uchun ham, sferik toʻlqinlar uchun ham oʻrinlidir. Yassi toʻlqinlarda agar ichki ishqalishlar bilan bogʻliq boʻlgan yoʻqotishlar hisobga olinmasa, tovush kuchi masofaga qarab oʻzgarmasligi kerak. Sferik toʻlqinlarda esa siljish amplitudalari, zarrachalar va ortiqcha bosim tezliklari tovush manbaidan oʻlchangan masofaning birinchi darajasiga teskari proporsional ravishda kamayadi.

Demak, sferik toʻlqinlarda tovush kuchi tovush manбайдan oʻlchangan masofaning kvadratiga teskari proporsional ravishda kamayadi.

Tovush kuchini oʻlchash uchun odatda mikrofonlardan foydalaniladi. Tovush kuchini oʻlchash uchun shuningdek *Reley diski* - ingichka ipga osilgan 2 - 5 mm diametrli kichkina yupqa (qalinligi yuzdan 2-3 millimetr atrofidagi slyuda plastinkadan tayyorlangan) disk - ham ishlatiladi. Tovush toʻlqinlari maydonida diskka momenti tovush kuchiga proporsional va tovushning chastotasiga bogʻliq boʻlmagan aylantiruvchi juft kuch taʼsir qiladi. Bu aylantiruvchi juft kuch diskni uning tekisligi tovush toʻlqinlari tarqalayotgan yoʻnalishga perpendikulyar turadigan qilib burishga intiladi. Odatda tovush maydonida toʻlqin tarqalayotgan yoʻnalishga 45° burchak ostida osilgan Reley diskining burilish burchagini oʻlchash orqali tovush kuchi aniqlanadi.

Tovush kuchini aniqlash uchun shuningdek tovush toʻlqinlari qattiq devorga koʻrsatadigan bosim (r) ni oʻlchasa ham boʻladi. Bu bosim tovush kuchiga proporsionaldir:

$$p = \frac{\chi + 1}{2s} I$$

bu erda χ - muhitning oʻzgarmas bosimdagi issiqlik sigʻimini oʻzgarmas hajmdagi issiqlik sigʻimiga nisbatidir, s tovush tezligi.

Keltirilgan formulani (2.6) formula bilan solishtirsak, tovush toʻlqinlari qattiq devorga koʻrsatadigan bosim ortiqcha bosim kvadratiga proporsional va muhitning zichligiga teskari proporsional ekanligini koʻramiz.

Shy paragrafning boshida tovush intensivligiga berilgan taʼrif *tik toʻlqinlar* uchun oʻz maʼnosini yoʻqotadi. Haqiqatdan ham, agar toʻgʻri va qaytgan toʻlqinlarda bosim amplitudalari oʻzaro teng boʻlsa, u holda toʻlqin oʻqiga perpendikulyar joylashgan yuza orqali qarama-qarshi yoʻnalishlarda teng miqdorda energiya oqib oʻtadi. Shuning uchun energiyaning yuza orqali oʻtayotgan natijaviy oqimi nolga teng boʻladi. Bunday hollarda tovush intensivligi *tovush energiyasining zichligi*, yaʼni $10^{-6} m^3$ tovush maydonidagi energiya bilan xarakterlanadi.

O‘tkinchi yassi to‘lqin maydonidagi tovush energiyasining zichligini hisoblash uchun kesimi $10^{-4}m^2$ va uzunligi kattalik jihatdan tovush tezligi (s) ga teng bo‘lgan silindrik hajmni tasavvur qilaylik; silindrning o‘qi to‘lqin tarqalayotgan yo‘nalish bilan ustma-ust tushsin. Ravshanki, silindr ichidagi energiyaning umumiy miqdori son jihatdan tovush intensivligi (I) ga teng. Ikkinchi tomondan, ko‘ndalang kesimi $10^{-4}m^2$ bo‘lganda silindrning hajmi son jihatdan s ga teng; shunday qilib, tovush energiyasining zichligi

$$E = \frac{I}{s} \quad (2.7)$$

ga teng ekan.

Energiyaning harakati haqidagi tasavvur va muhitning biror nuqtasidagi energiyaning zichligi va energiyaning harakat tezligi haqidagi hozirgi zamonda muhim bo‘lgan tushunchalar fanga 1874 yilda N. A. Umov tomonidan kiritilgan. U (2.7) tenglamani aniq isbotlagan. Bundan o‘n yillarcha keyin ingliz fizigi Poynting Umovning ana shu fikrini elektromagnit to‘lqinlarga tadbiq qilib rivojlantirdi.

Qaytgan va singan tovush to‘lqinlarida tovush intensivligi qanday hisoblanishini tushuntiraylik.

Tovush to‘lqinlarining qaytish va sinish qonunlari yorug‘likning qaytish va sinish qonunlariga o‘xshaydi. Tovush to‘lqini qaytganda qaytaruvchi sirtga tushirilgan normal bilan to‘lqinning yo‘nalishi hosil qilgan burchak (tushish burchagi), qaytgan to‘lqinning shu normal bilan hosil qilgan burchagiga (qaytish burchagiga) teng.

Tovush to‘lqini bir muhitdan ikkinchi muhitga o‘tganda tushish burchagi θ_1 bilan sinish burchagi θ_2 o‘zaro quyidagicha munosabatda bo‘ladi:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{c_1}{c_2}$$

bunda c_1 va c_2 -tovushning birinchi va ikkinchi muhitlardagi tezliklari.

Agar I_1 tovushning birinchi muhitdagi intensivligi bo‘lsa, u holda to‘lqinlar chegara sirtga normal tushganda ikkinchi muhitdagi tovush intensivligi

$$I_2 = \beta I_1$$

bo‘ladi, bunda *tovushning kirish koeffitsienti* β Reley isbotlaganiga muvofiq quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\beta = 4 \frac{\frac{s_1 \rho_1}{s_2 \rho_2}}{\left(\frac{s_1 \rho_1}{s_2 \rho_2} + 1 \right)^2}.$$

Ravshanki, *qaytish koeffitsienti* $(1 - \beta)$ ga teng.

Biz Reley formulasidan ko‘rib turibmizki, muhitlarning akustik qarshiliklari $(s_1 \rho_1)$ va $(s_2 \rho_2)$ qanchalik ko‘p farq qilsa, muhitlarning chegara sirti orqali tovush energiyasining shuncha kamroq ulushi o‘tadi. SHuni tushunib olish qiyin emaski, ikkinchi muhitning akustik qarshiligi birinchi muhitning akustik qarshiligiga nisbatan juda katta bo‘lganda

$$\beta \approx 4 \frac{s_1 \rho_1}{s_2 \rho_2}.$$

Bunday ahvol tovush havodan suvga yoki betonga, yog‘ochga o‘tayotganda kuzatiladi. Bu muhitlarning akustik qarshiliklari havoning akustik qarshiligidan bir necha ming marta ortiqdir. Demak, tovush havodan suvga, betonga, yog‘ochga normal tushganda tovush intensivligining mingdan bir necha ulushlarigina bu muhitlar ichiga o‘ta olar ekan. Shunday bo‘lsada, yupqa beton yoki yog‘och devor, tovushni juda yaxshi o‘tkazishi mumkin. Bunday hollarda devor katta membrana kabi elastik tebranishlarni qabul qiladi va uzatadi. Yuqorida keltirilgan formulani bunday hol uchun qo‘llab bo‘lmaydi.

Atmosfera havosidagi ayrim qatlamlarning temperaturalari turlicha bo‘lganligi sababli ularning akustik qarshiliklari ham turlicha bo‘lishi mumkin Bunday havo qatlamlarining chegara sirtidan tovush qaytadi. Tovushlarning atmosferada eshitilish uzoqligining anchagina tebranib turishi ham xuddi shu bilan tushuntiriladi. eshitilish uzoqligi havoning bir jinslilik darajasiga qarab 10 va undan ham ortiqroq marta o‘zgarishi mumkin. Ob-havo (yomg‘ir, qor, tuman) havoning tovush o‘tkazuvchanligiga ta‘sir ko‘rsatmaydi. Havo ochiq bo‘lganda ham, quyuuq tuman

vaqtida ham eshutilish uzoqligi bir xil bo'lishi mumkin va aksincha, ob-havo bir xil bo'lib ko'ringan kunlarda, agar havo qatlamlarining bir jinslilik darajasi turlicha bo'lsa, havoning tovush o'tkazuvchanligi keng chegarada o'zgarishi mumkin.

Akustikaning muhim masalalaridan biri, akustik tarqatgichlar tovushning intensivligiga ta'sir ko'rsatuvchi sharoitlarni aniqlashdan iboratdir. Tebranuvchi jism - tovush tarqatgich tashqi muhitga tovush energiyasini berayotganda, bu jism *tovush maydonining reaksiyasiga* qarshi, ya'ni nurlangan to'lqindagi ortiqcha bosim ta'sirida yuzaga chiqadigan va tarqatgichning tebranma harakatini tormozlaydigan kuchga qarshi ish bajaradi.

Hisoblashlar ko'rsatadiki, tarqatgichning o'lchamlari to'lqin uzunligiga nisbatan katta bo'lgan hollarda u yassi to'lqin chiqaradi, bunda tovush to'lqinining quvvati tarqatgich tebranma harakatining tezlik amplitudasi $\xi = \frac{d\varepsilon}{dt}$ ning tarqatgich yuzasi (S)ga va muhitning akustik qarshiligi ko'paytmasining yarmiga teng:

$$N = \frac{1}{2} \xi \cdot s \rho_0 S .$$

Agar tarqatgich to'lqin uzunligiga nisbatan kichik bo'lsa, u sferik to'lqin tarqatadi va bu holda nurlanishning quvvati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$N = \frac{1}{2} \xi \frac{\rho_0}{2\pi s} \omega^2 S^2 .$$

Berilgan o'lchamli birorta tarqatgich (masalan, S yuzali tebranuvchi disk) uchun yuqorida keltirilgan ikkita quvvat formulalarining birinchisi yuqori chastota, (qisqa to'lqinli) nurlanishning quvvatini, ikkinchisi esa past chastotali (uzun to'lqinli) nurlanishning quvvatini aniqlaydi.

Ko'pincha tarqatgich yuqori, o'rta va past chastota sohalarida bir xil quvvatga ega bo'lishi talab qilinadi (radio karnaylarning diffuzorlari ana shunday sifatga ega bo'lishi kerak). Lekin kichik o'lchamli tarqatgichlar tebranma harakatining ma'lum amplitudasida yuksak tovushlarni qanoatlantirarli quvvat bilan tarqatsa-da, past tovushlarga juda kam quvvat beradi. Bu ahvol ularni musiqa nuqtai nazaridan sifatini pasaytirib yuboradi.

Yuqorida aytilganlardan kichik o'lchamli tarqatgichlarning kamchiligi ravshan ko'rinadi. Katta o'lchamli tarqatgichlarning muhim kamchiligi shundaki, ularning massasi ancha katta bo'lganligi sababli kerak amplituda bilan tebrantirish uchun juda katta kuch talab qilinadi. Shuning uchun texnika nuqtai nazaridan kichik tarqatgichlardan eng qulay akustik rejimda foydalanish maqsadga muvofiq.

Bu masalani tarqatgichni ochiq fazo bilan tutashtiruvchi maxsus moslama, ya'ni *karnay* yordami bilan yechish mumkin. Kapnay tobora kengayib boruvchi trubadan iborat bo'lib, uning tor uchida (tomog`ida) tovush tarqatgich tebranadi. Karnayning qattiq devorlari tovush to'liqining atrofga "sochilib" ketishiga yo'l bermaydi. Shunday qilib, to'liq fronti deyarli yassi shaklini saqlaydi va bu nurlanish quvvati uchun yuqorida keltirilgan formulalarning birinchisini yuqori chastotalar bilan bir qatorda past chas-totalar sohasi uchun ham qo'llashga imkon beradi.

Odatda tovush intensivligini yopiq binolar uchun tekshirishga to'g'ri keladi. Yopiq binolarda tovushni tekshirish auditoriyalarni, teatrlarni, kontsert zallari va boshqa shu kabi binolarni loyihalashda hamda avvaldan akustika hisobga olinmay qurilgan imoratlarning akustik nuqsonlarini (defektlarini) tuzatish uchun muhim ahamiyatga ega. Texnikaning ana shu masalalar bilan shug'ullanuvchi tarmog`i *arxitektura akustikasi* nomi bilan yuritiladi.

Yopiq binolardagi akustik jarayonlarning asosiy xususiyati tovushning atrofda sirtlardan (devorlardan, shiplardan) ko'p marta qaytishidir. O'rtacha o'lchamli binolarda tovush to'liqini uning energiyasi eshitilish chegarasigacha kamayguncha bir necha yuz marta qaytadi. Katta binolarda kuchli tovush manbai uzib qo'yilgandan keyin ham barcha yo'nalishlar bo'ylab harakatlanuvchi qaytgan to'liqlar hisobiga bir necha o'n sekund davomida eshitilib turishi mumkin. Mutlaqo ravshanki, tovushning bundan sekin-asta so'nishi bir tomondan foydali, chunki tovush qaytgan to'liqlarning energiyasi hisobiga kuchayadi. Biroq, ikkinchi tomondan, ortiqcha sekin so'nish bir-biriga bog'liq kontekstning har bir yangi qismi (masalan, nutqning har bir yangi bo'g'ini) so'nib bo'lmagan avvalgisi bilan aralashib ketishi natijasida bir-biriga ulashib ketuvchi ovozlarni (nutqni, musiqani) eshitishni

juda yomonlashtirib yuborishi mumkin. Shu yuzaki mulohazalarning o‘zidanoq tushunarliki, ovoz yaxshi eshitalishi uchun auditoriyada aks-sado vaqti ma`lum bir optimal qiymatga ega bo‘lishi kerak.

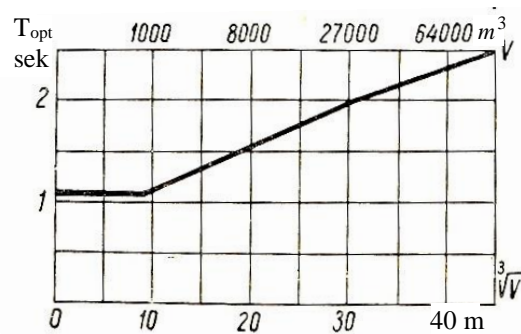
Tovush har qaytganda yutilish natijasida energiyasining bir qismini yo‘qotadi. Tovushning yutilgan energiyasining sirtga tushayotgan energiyasiga nisbatan tovushning *yutilish koeffitsienti* deb ataladi. Qator hollar uchun uning qiymatlarini keltiramiz:

2.2-jadval.

Ochiq deraza	1,00
Suvalgan g`isht devor	0,0025
Oddiy qalinlikdagi shisha	0,027
Yog`och panjaraga suvalgan ohak	0,034
Linoleum	0,12
Gilam	0,20
Kigiz (devordan 8 sm masofada osilgan), qalinligi 25 sm	0,78
Parquet	0,06
Beton	0,015

Ravshanki, birorta bino uchun xarakterli bo‘lgan tovushning yutilish koeffitsienti qancha katta bo‘lsa va shu binoning o‘lchamlari qancha kichik bo‘lsa aks-sado vaqti shuncha qisqa bo‘ladi.

Tovush intensivligi eshitalish chegarasiga qadar kamayishi uchun zarur bo‘lgan aks-sado vaqti, faqat binoning xossalrigagina bog‘liq bo‘lmay, tovushning boshlang`ich kuchiga ham bog‘liqdir. Auditoriyalarning akustik xossalari hisoblashga aniqlik kiritish maqsadida *tovush energiyasining zichligi boshlang`ich qiymatining milliondan bir ulushiga qadar kamayadigan vaqtni* hisobga olish qabul qilingan. Bu vaqt standart reverberatsiya vaqti yoki soddaroq qilib *reverberatsiya* deyiladi.

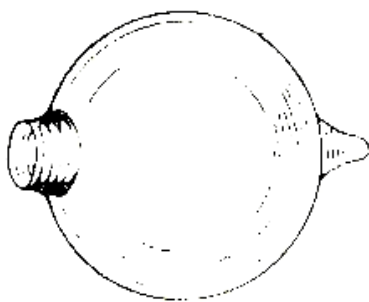


2.5-rasm. Turli hajmli imoratlar uchun optimal reverberatsiya.

Eshitilish eng yaqin deb hisoblasa bo‘ladigan vaqtdagi reverberatsiyaning optimal qiymati ko‘p martalab tajribada aniqlangan. Kichik (hajmi $350 m^3$ dan ortiq bo‘lmagan) binolarda optimal reverberatsiya 1,06 sekundga teng. Hajmi bundan keyin ortganda optimal reverberatsiya, 5- rasmda ko‘rsatilganidek, $\sqrt[3]{V}$ ga proporsional ortib boradi. Akustik xossalari yomon (ortiqcha “jaranglaydigan”) bo‘lgan binolarda reverberatsiya optimal 1-2 sekund o‘rniga 3-5 sekundni tashkil qiladi.

2.3-§. TOVUSHLARNING CHASTOTASI VA TARKIBI

Muhitning tovush tebranishlari garmonik bo‘lgan hollarda tovush *yuksakligini* sezishimiz ob`ektiv ravishda tebranishning *chastotasiga* mos keladi. Agar muhitning tovush tebranishlari garmonik bo‘lmasa, u holda Fur’e teoremasidan foydalanib, bu tebranishlarni chastotalari karrali bo‘lgan garmonik tebranishlarning yig`indisi sifatida tasavvur qilish mumkin. Bu holda garmonik tebranishlarning eng kichik ν chastota bilan xarakterlanadigan tashkil etuvchisi *asosiy ton*, boshqalari esa *obertonlar* deb ataladi (birinchi oberton 2ν chastotaga, ikkinchisi 3ν chastotaga ega va hokazo).

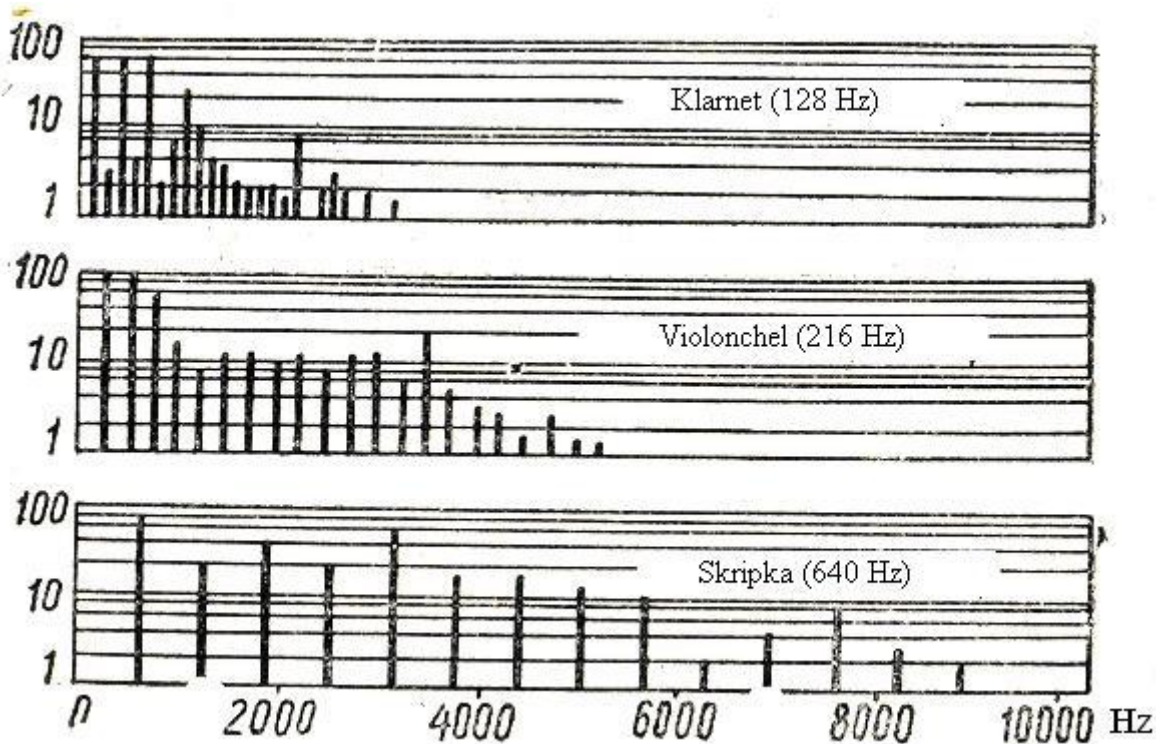


2.6-rasm. Gelmgols rezonatori.

Akustik rezonans hodisasi murakkab shakldagi nogarmonik tovush tebranishlarini tajriba yoʻli bilan analiz qilish, yaʼni asosiy tonning chastotasini va obertonlarning nisbiy kuchini aniqlashga imkon beradi. Tovushlarni bunday analiz qilish uchun shisha yoki jezdan tayyorlangan ichi kovak sharlardan iborat Gelmgols rezonatorlari (2.6- rasm) toʻplami xizmat qilishi mumkin. Rezonatorning biri tor va biri keng ikkita teshigi boʻlib, keng teshigi orqali havo tebranishlari shar ichiga kiradi, ikkinchi tor teshikka esa tajriba oʻtkazuvchi qulogʻini tutadi. Istalgan shakldagi tovush Gelmgols rezonatorida chastotasi rezonator ichidagi havoning hajmi bilan belgilanuvchi havoning xususiy tebranishlarini uygʻotadi. Lekin havoning bu xususiy tebranishlari faqat ularning chastotasi ularni uygʻotgan ovoz asosiy tonining chastotasiga yoki kuchli obertoni chastotasiga yaqin boʻlgandagina katta amplitudaga ega boʻladi va kuchli tovush holida seziladi. Shunday qilib, biror tovushni eshitar ekanmiz, xususiy chastotalari maʼlum boʻlgan har xil Gelmgols rezonatorlarini ketma-ket quloqqa tutib, tekshirilayotgan tovushning asosiy ton chastotasini va eng katta amplitudaga ega boʻlgan obertonlarning chastotalarini osonlik bilan aniqlashimiz mumkin. Tovushlarni yana ham aniqroq taxlil qilish uchun elektroakustik asboblardan qoʻllaniladi. Bu asboblarda tovush tebranishlari oʻshanday shakldagi elektr tebranishlarga aylantirilib, keyingilari oʻz navbatida garmonik tashkil etuvchilarga ajratiladi.

Tovushni taxlil qilish vaqtida olingan natijalar koʻpincha grafika holida *akustik spektr* koʻrinishida ifodalanadi: absissa oʻqiga chastotalar, ordinata oʻqiga esa garmonik tashkil etuvchilarning (asosiy ton va obertonlarniki) eng intensiv tashkil etuvchining kuchiga nisbatan foizlarda ifodalangan nisbiy kuchlari qoʻyiladi; odatda

ordinata uchun logarifmik masshtabdan foydalaniladi. 2.7- rasmda cholg`u asboblari chiqaradigan tovushlarning akustik spektrlari tasvirlangan (taxlil qilinayotgan tovush asosiy tonining chastotasi har bir spektrda asbob nomining yonida qavs ichiga yozib ko`rsatilgan).



2.7-rasm. Akustik spektrlar.

Vertikal shtrixlarning holati tekshirilayotgan tovush garmonik tashkil etuvchilarining chastotalarini ko`rsatadi, bu shtrixlarning balandligi esa bu tashkil etuvchilarning nisbiy kuchini ifodalaydi. Keltirilgan spektrlardan cholg`u asboblari chiqaradigan har bir tovush naqadar murakkab ekanligi ko`rinib turibdi.

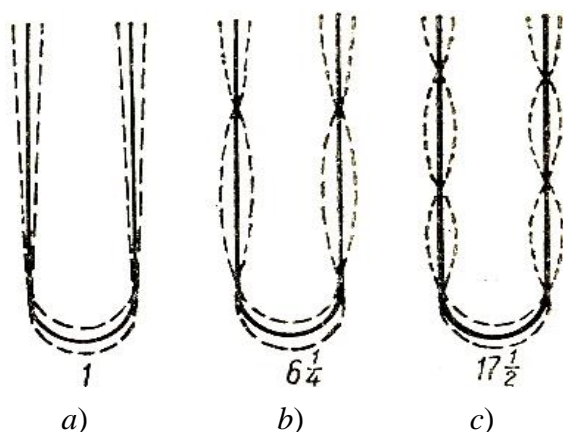
Bunday murakkab tovushning asosiy toni chastotasini biz tovush yuksakligi sifatida sezamiz; obertonlarning kuchi va soni hamda tovushning o`sbib borish xarakteri tovushning *tembrini* aniqlaydi.

Juda ham “tiniq” (ya`ni obertonlari kam va zaif) tovushni kamerton yordamida, kamerton tarmoqlarining erkin uchi bo`ylab skripka kamonchasini ohista yuritib hosil qilish mumkin. Bu tovush aniqroq eshitalishi uchun kamerton bir tomoni ochiq

bo‘lgan rezonator qutichasi ustiga qo‘yiladi (bu qutichaning uzunligi kamerton asosiy tonining havodagi to‘lqin uzunligining choragiga teng bo‘lishi kerak).

Kamertonning tarmoqlari shunday tebranadiki, bunda 2.8 a-rasmda ko‘rsatilganidek *tik to‘lqin* hosil bo‘ladi. Asosiy tonga mos keluvchi bu tebranishga qo‘shimcha tonlar vujudga keltiruvchi tebranishlar qo‘shiladi. Bunda chastotalari asosiy tonining chastotasidan $6\frac{1}{4}$ va $17\frac{1}{2}$ marta katta bo‘lgan garmonik tebranishlar yaqqol ajralib turadi.

Agar skripka kamonchasini kamerton tarmog‘ining o‘rta qismidan pastrog‘iga ishqasak, u holda asosan 2.8 b- rasmda tasvirlangan tebranish yuzaga keladi. Bu holda kamerton chastotasi asosiy tonning chastotasidan $6\frac{1}{4}$ marta katta bo‘lgan juda “tiniq” birinchi qo‘shimcha ton chiqaradi.



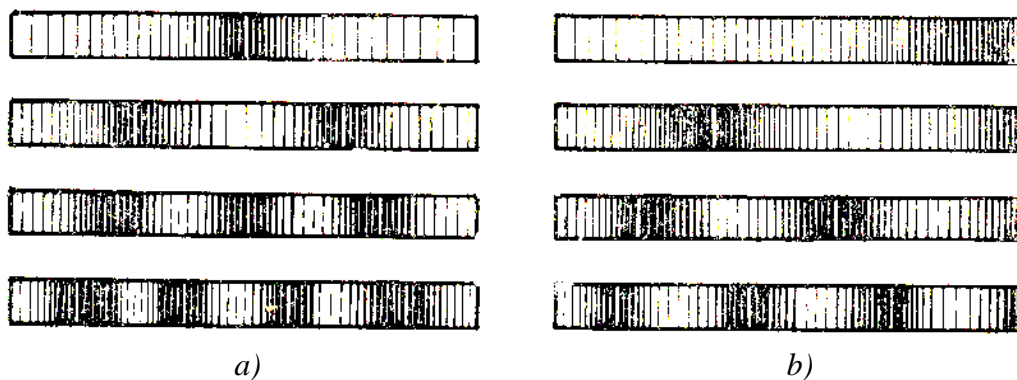
2.8-rasm. Kamertonning asosiy va qo‘shimcha tonlari.

Cholg‘u trubasi (masalan, fleyta, klarnet, fagot va boshqalar) chiqaradigan asosiy tovush tonining chastotasi rezonans tebranishlari truba ichida uyg‘otilgan tovushni kuchaytiradigan havo ustunining uzunligiga bog‘liq. Bu havo ustunida tik tovush to‘lqinlari paydo bo‘ladi; agar bunda trubaning ikki tomoni ochiq bo‘lsa, u holda trubaning uchlariga tik to‘lqinning do‘ngliklari to‘g‘ri keladi; agarda trubaning faqat bir tomoni ochiq bo‘lsa, u holda ochiq uchida do‘nglik, yotiq uchida esa tugun joylashadi. Har qanday turg‘un to‘lqinda do‘ngliklar orasidagi masofa doim to‘lqin uzunligining yarmiga teng, shuning uchun ham ikki tomoni o c h i q truba rezonans ravishda kuchaytiriladigan tovush asosiy tonining to‘lqin uzunligi trubaning ikkilangan uzunligiga teng bo‘ladi. Ikkala tomoni ochiq truba ichida bu asosiy

tebranish bilan bir vaqtda barcha mumkin boʻlgan karrali chastotalar bilan ham tebranishlar yuz berishi mumkin (2.9- rasm).

Agar trubaning bir tomoni bekik boʻlsa, u holda truba rezonans ravishda kuchaytiradigan tovush asosiy tonining toʻlqin uzunligi truba *uzunligidan toʻrt marta katta* boʻladi (bu holda, aytib oʻtilganidek, trubaning ochiq uchida doʻnglik, yopiq uchida esa tugun joylashadi; doʻnglik bilan tugun orasidagi masofa chorak toʻlqin uzunligiga teng boʻladi).

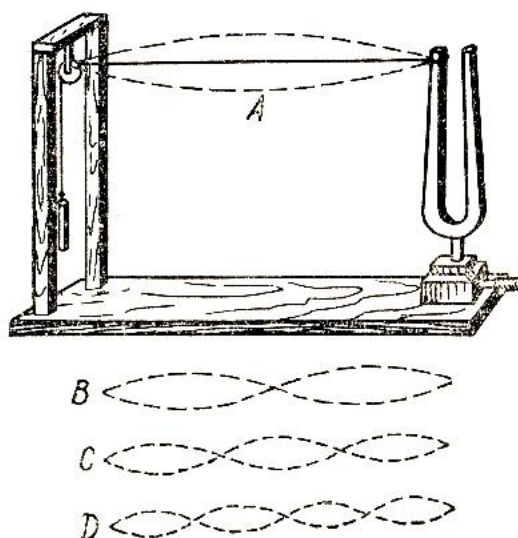
2.9 a- va b rasmlarni taqqoslab koʻrib, bir tomoni berk trubalar uchun asosiy ton va obertonlarning tebranishlar soni 1:3:5:7 va hokazo nisbatda boʻlishini, yaʼni *juft obertonlar yoʻqligini* payqab olish qiyin emas (haqiqatdan ham, agar biz 2.9 a- rasmni oʻrtasidan vertikal yoʻnalishda kesib, trubaning oʻrtasida tugun emas, doʻnglik joylashgan shakllarni tashlab yuborsak, u holda bir tomoni berk truba ichida yuzaga chiqishi mumkin boʻlgan hamma tik toʻlqinlarning tasvirini olamiz, yaʼni 2.9 b- rasmni olamiz).



2.9 a-rasm. ikkata uchi ochiq (a) va bir uchi ochiq (b) truba ichidagi tovush tebranishlari.

Tor chiqaradigan tovushning chastota tarkibi torning uzunligiga, massasiga va tarangligiga, shuningdek tor tebranishlarini uygʻotish usuliga bogʻliq. Tor chiqarayotgan tovushning asosiy toni va obertonlari torning koʻndalang tebranishlarining turgʻun toʻlqinlariga mos keladi. Torlarda turgʻun toʻlqinlarni Melde (1860-y.) tekshirgan boʻlib, u oʻtkazgan tajribaning sxemasi 2.10- rasmda tasvirlangan.

Melde tor tebranishlarini uygʻotish uchun torning bir uchini kamertonning bir tarmogʻiga bogʻlab, tosh ilingan ikkinchi uchini blok orqali oʻtkazib osiltirib qoʻygan. Tebranishlarni bunday qoʻzgʻatish usuli shu jihatdan qiziqarliki, bunda torga kamerton tomonidan beriladigan boʻylama impulslar torning koʻndalang tebranishlarini vujudga keltiradi. Bu odatda, tebranishlarni *parametrik uygʻotishning* oʻzginasidir (“parametr” - kattalik soʻzidan olingan boʻlib, bunda tebranayotgan kamertonning torga taʼsiri torning tarangligini davriy ravishda oʻzgartirib turishidan iboratdir).



2.10-rasm. Melde tajribasi.

Melde tajribasida kamerton tebranishlari soni bilan tor koʻndalang tebranishlarining xususiy chastotasi orasidagi nisbat maʼlum bir qiymatga ega boʻlganda tor tebranishlarining tik toʻlqinlari yuzaga keladi va ular yaqqol koʻrinib turadi. Bu hodisa *parametrik rezonans* deb ataladi; u tashqi taʼsir chastotasi (kamertonning chastotasi) sistemaning (torning) xususiy tebranish chastotasidan butun son marta katta boʻlgan hollarda kuzatiladi. Torning koʻndalang tebranishlari xususiy chastotasi tor tarangligining kvadrat ildiziga proporsionaldir. Melde tajribasining takrorlash yoʻli bilan torni tortib turuvchi toshni torning xususiy tebranish chastotasi kamertonning tebranish chastotasidan ikki marta kichik boʻladigan qilib tanlab olish qiyin emas; u vaqtda 2.10- A rasmda koʻrsatilgan tik toʻlqin hosil boʻladi. Toshning ogʻirligi yuqoridagidan toʻrt marta kam boʻlganda

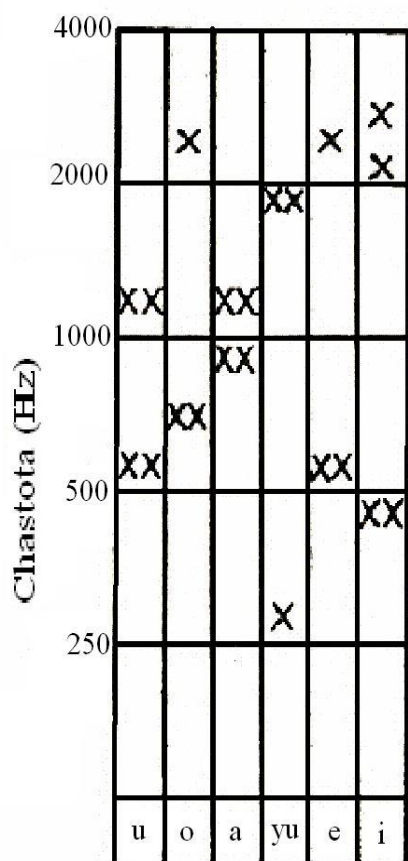
tugun torning o'rtasiga to'g'ri keladi (2.10- B rasm); agar toshning og'irligini 9, 16, 25 va h. k. marta kamaytirsak, u holda tugunlar soni har gal bittaga ortadi.

Torlarning tebranish qonunlarini Mersen (1636-y.) kashf etdi. Bu qonunlar Teylor (1713-y.) nazariy yo'l bilan chiqargan formulada umumlashtirilgan:

$$v_i = \frac{1+n_i}{2L} \sqrt{\frac{T}{m}}, \quad (2.8)$$

Bu erda $n_i = 0$ bo'lganda v_0 tor chiqaradigan asosiy tonning chastotasini ifodalaydi, $n_i = 1, 2, 3, 4$ va h. k. bo'lganda v_i mos obertonlarning chastotalarini ifodalaydi, L - torning uzunligi, T - torning tarangligi, m - tor birlik uzunligining massasi.

Obertonlarning nisbiy kuchi tor tebranishlarini uyg'otish usuliga bog'liqdir. Masalan, agar kamonchani torning birinchi oberton turg'un to'lqinining turg'un joylashgan o'rta nuqtasiga ehtiyotlik bilan ishqasak, u holda deyarli birinchi obertoni bo'lmagan tovush uyg'onadi.



Nutq tovushlari tebranishlari juda murakkab xarakterga ega bo'lgan tovush pardalari tomonidan chiqariladi. Tomoq bo'shlig'ining, ayniqsa og'iz bo'shlig'ining rezonans xossasi tufayli pardalar chiqaradigan tovushning xarakteri keskin o'zgaradi: chastotalari rezonans bo'shliqlarining xususiy chastotalariga yaqin bo'lgan ayrim komponentlari kuchayadi va chiqarilayotgan tovushning asosiy energiyasi ana shu komponentlarda to'planadi. Bo'shliqning xususiy chastotasi uning o'lchamlari va shakliga bog'liq bo'lganligi uchun, ravshanki maksimal kuchaytiriladigan komponentlarning holati u yoki bu nutq tovushini chiqarayotgan vaqtda og'iz

bo'shlig'iga berilgan shakl bilan aniqlanadi.

2.11-rasm. Unli tovushlar uchun xarakterli chastotalar sohasi (unli tovushlarning formantlari).

Biz kundalik tajribamizdan bilamizki, nutqning har bir tovushiga ogʻiz boʻshligʻining til va labning vaziyati bilan aniqlanuvchi maʼlum bir shakli mos keladi; demak, *nutqning har bir tovushiga rezonanslovchi boʻshliqlarning xususiy chastotalari yaqinida yotuvchi bir yoki bir nechta xarakteristik chastotalar sohasi* mos keladi. Tovush energiyasining maʼlum chastotalar (unli tovushlar uchun juda tor) sohalarida ana shunday toʻplanishi bizga nutq tovushlarini bir-biridan ajratishga imkon beradi. Har bir nutq tovushi uchun xarakterli boʻlgan bunday chastotalar sohalari *formantlar* deb ataladi. Ayrim unli tovushlar formantlarining holati 2.11-rasmda koʻrsatilgan. Qoʻsh xoj bilan asosiy (bosh) formantlar, bir xoj bilan esa asosan tembrning faqat oʻziga xos xususiyatlarini xarakterlaydigan ikkinchi darajali formantlar belgilangan.

Oʻzlarining tabiatiga koʻra shovqinlarga yaqinroq turuvchi undosh tovushlar ham formantlar bilan xarakterlanadi. Biroq bu tovushlarda unlilardagiga nisbatan formant sohalari kengroq boʻlib, ular chastotalarining anchagina keng diapazonini oʻz ichiga oladi. Ayrim undosh tovushlarni uygʻotish jarayonida faqat tovush pardalari ishtirok etibgina qolmay, rezonans boʻshliqlarining oʻzlari ham ishtirok etishini qayd qilib oʻtish kerak. Masalan, undosh “s” ni talaffuz etish vaqtida havo oqimlari til bilan tish orasidan puflab chiqariladi, uning shovullash xarakteri shu bilan belgilanadi. Ayrim undoshlar uchun formantlar juda yuqori chastotalar sohasida yotadi (masalan. “s” undoshning spektri 13000 Hz gacha choʻziladi).

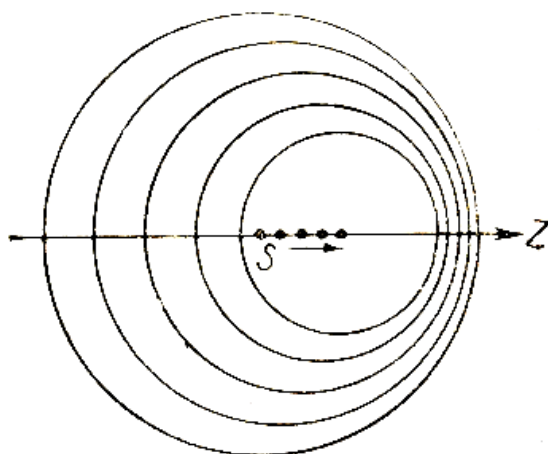
Tarkibida doim garmonik tebranishlar toʻplamini topish mumkin boʻlgan musiqa tovushlaridan farqli ravishda *shovqinlar* chastota va amplitudalari vaqt oʻtishi bilan oʻzgarib boruvchi jarayonlar tomonidan yuzaga chiqariladigan tovushlardan iboratdir. Yuqorida tushuntirib oʻtilganidek, musiqa tovushlarning spektri chiziqli xarakterga ega boʻladi. Shovqinda, agar uni garmonik tebranishlarga ajratmoqchi boʻlsak, istalgan chastotali (to juda yuksak 13000—14000 Hz chastotalargacha) tebranishlarni topishimiz mumkin.

2.4- §. DOPPLER HODISASI

Biz yonidan poezd tez o‘tib ketayotgan temir yo‘l bekatining platformasida turganimizda, parovoz bergan gudok tovushining yuksakligi keskin kamayishini osongina sezishimiz mumkin. Bu tovush chastotasi kamayganligidan darak beradi.

Tonning o‘zgarishi parovoz kuzatuvchi bilan tenglashib, undan uzoqlasha boshlagan vaqtda kuzatiladi. Doppler hodisasi deb ataluvchi bu hodisaning sababi shundan iboratki, qandaydir to‘lqin manbalari, kuzatuvchiga yaqinlashayotgan paytda vaqt birligida kuzatuvchiga tebranish manbai uzoqlashayotgandagiga qaraganda ko‘proq to‘lqin kelib tushadi. Shu sababli kuzatuvchi har sekundda manba unga yaqinlashayotganda ko‘proq, uzoqlashayotganda esa ozroq tebranishlar sonini qabul qiladi.

S tovush manbai (2.12- rasm) kuzatuvchiga qarab v m/s tezlik bilan harakatlanayotgan bo‘lsin. Tovush manbai ν chastotali tovush tebranishlarini tarqatmoqda deylik.



2.12-rasm. Harakatlanayotgan tovush manbaining to‘lqinlari.

Demak, S manba $\frac{1}{\nu}$ sekund ichida qandaydir s tezlik bilan tarqaluvchi bitta to‘lqin yuboradi. $\frac{1}{\nu}$ vaqtda S manba kuzatuvchiga qarab $v \cdot \frac{1}{\nu}$ m masofaga yaqinlashadi. Demak, fazoda manbadan $\frac{1}{\nu}$ sekund keyinroq chiqadigan navbatdagi

to‘lqinning oxirgi uchi bilan oldingi to‘lqinning oxirgi uchi orasidagi masofa manba qo‘zg‘almas bo‘lgandagidek $\lambda = \frac{s}{\nu}$ ga (to‘lqin uzunligiga) emas, balki undan kichikroq:

$$\lambda' = \frac{s}{\nu} - \frac{v}{\nu} = \frac{s - v}{\nu}$$

ga teng bo‘ladi.

Shunday qilib, kuzatuvchi to‘lqin uzunligi kichikroq λ' bo‘lgan tovushni qabul qiladi. Ana shu ovozga mos chastota

$$\nu' = \frac{s}{\lambda'} = \frac{\nu}{1 - \frac{v}{s}}$$

(2.9)

bo‘ladi.

Xuddi shunga o‘xshash usul bilan tovush manbai v tezlik bilan uzoqlashayotganda kuzatuvchi qabul qiladigan chastota

$$\nu' = \frac{\nu}{1 + \frac{v}{s}} \quad (2.9')$$

ga teng bo‘lishini osongina ko‘rsatish mumkin.

Agar *kuzatuvchining* tovush manbai tomoniga qarab yo‘nalgan *harakatini* tekshirsak, u holda to‘lqinning qirralari bilan ko‘proq “uchrashish” natijasida qabul qilinadigan tebranishlarning chastotasi ortishini ko‘ramiz.

Kuzatuvchi tovush manbai tomonga qarab v m/s tezlik bilan harakat qilayotgan bo‘lsin. U holda tovushning kuzatuvchiga nisbatan tezligi $s+v$ ga teng bo‘ladi va vaqt birligi ichida kuzatuvchi yonidan ν' dona to‘lqin o‘tadi, shu bilan birga, odatdagidek:

$$\nu' = \frac{s + v}{\lambda}$$

bo'lad; ikkinchi tomondan

$$v = \frac{s}{\lambda};$$

shunday qilib,

$$v' = v \left(1 + \frac{v}{s} \right) \quad (2.10)$$

Kuzatuvchi manbadan uzoqlashayotgan bo'lsa, mos ravishda

$$v' = v \left(1 - \frac{v}{s} \right) \quad (2.10')$$

bo'lad.

Yuqorida ko'rilgan hollarga tegishli hamma formulalar tezlik kichik bo'lganda, bir-biriga o'xshash formulalarga aylanadi:

$$v' = v \left(1 \pm \frac{v}{s} \right) \quad (2.11)$$

bunda minus ishora kuzatuvchi manbadan v tezlik bilan uzoqlashayotgan hol uchun, plus ishora esa - yaqinlashayotgan hol uchun tegishlidir.

2.5- §. TOVUSH - PSIXOFIZIOLOGIK HODISADIR.

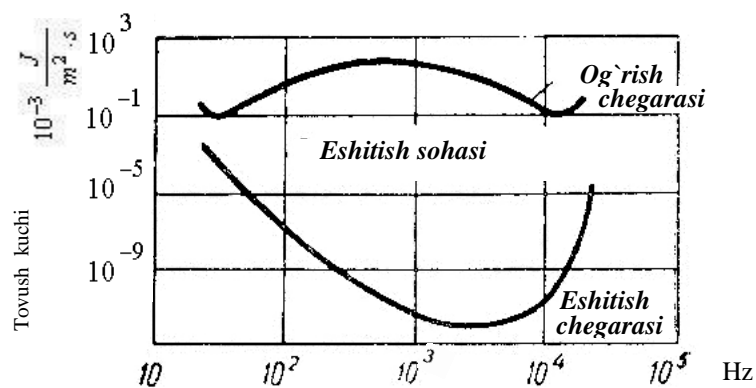
TOVUSHNI SEZISH MEXANIZMI

Tovushni sub'yektiv sezish masalasiga murojaat qilaylik. Bu erda eng avval shuni eslatib o'tish kerakki, quloqqa yetib kelgan tebranma jarayonlarning hammasi ham tovush tuyg'usini uyg'ota olmaydi: buning uchun jarayonning chastotasi va tovushning kuchi ma'lum (to'g'ri, ancha keng) chegara ichida bo'lishi zarur. Chastotaning quyi chegarasi sekundiga 20 tebranish (20 Hz) bo'lib, yuqori chegarasi esa 16000 va 20000 Hz orasida yotadi. Bu chegaralarning holati hamma odamlar uchun bir xil bo'lavermasdan, ayrim shaxslarga xos ravishda (ba'zi hollarda esa ancha keng chegarada) tebranib turadi. Ana shu ko'rsatilgan chegaralar ichida

yotuvchi chastota odatda *tovush chastotasi* deb ataladi. Quloq seza oladigan tovushlarning kuchi uchun ham xuddi shunday chegaralar mavjuddir. Tovush chastotasidagi to'liq tovush sezgisi hosil qilishi uchun tovush kuchi *eshitilish chegarasi* deb ataladigan ma'lum minimal qiymatdan kam bo'lmasligi kerak. Kuchi eshitilish chegarasidan kichik bo'lgan tovushni quloq sezmaydi, chunki u juda zaifdir. Ikkinchi tomondan juda katta kuchdagi (taxminan $10^{-3} \frac{J}{m^2 \cdot s}$ atrofida) tovushlar ham tovush sifatida sezilmasdan, faqat quloqda og'riq va bosim sezgisini uyg'otadi. Tovushning hali og'riq sezgisini uyg'otmaydigan maksimal kuchi (agar tovush kuchi bundan ortib ketsa og'riq paydobo'ladi) *og'riq sezish ostonasi* deyiladi.

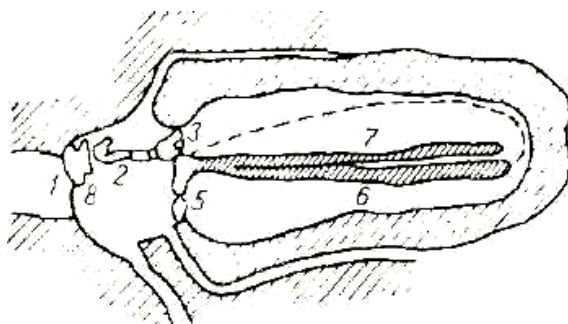
Eshitilish va og'riq chegaralarining qiymatlari turli chastotalar sohaslarida turlichadir. Quloq o'rta chastotalar sohasida (1000-3000 Hz) eng yaxshi sezadi: bu sohada eshitilish chegarasi $10^{-11} \frac{J}{m^2 \cdot s}$. Tovush bunday kuchga ega bo'lganda havo zarrachalarining tebranish amplitudasi atiga $10^{-12}m$ atrofida, ya'ni molekulalarning diametridan yuzlab marta kichik bo'ladi. Past va yuksak chastotalar sohasida eshitilish chegarasi ancha yuqorida yotadi, ya'ni quloq past va yuksak tovushlarni ancha zaifroq sezadi. Og'riq sezish ostonasi o'rta chastotalar sohasida eng yuqori bo'lib, chastota kamayganda ham, ortganda ham bir oz pasayadi.

2.13-rasmda har ikkala chegaralarning chastotaga bog'lanishini ko'rsatuvchi egri chiziqlar tasvirlangan. Yuqoridagi egri chiziq og'riq chegarasiga, pastdagisi - eshitilish chegarasiga tegishlidir. Ravshanki, ikkala egri chiziq orasida yotgan soha quloq qabul qila oladigan barcha tovushlarning chastotalari va kuchlari diapazonini aniqlaydi. Shuning uchun bu soha eshitilish sohasi deb ataladi.



2.13-rasm. eshilitish sohasi.

Quloq haddan tashqari keng chastotalar va amplitudalar diapozonida ishlaydigan tovush qabul qiluvchi a`zodir. Eshitilish sohasining juda kengligi (2.13-rasmda koordinata o`qi joyni tejash maqsadida logarifmik masshtabcha chizilganligini unutmaslik kerak) eshitish a`zosining ancha murakkab tuzilganligi bilan bog`liqdir. Bu yerda biz juda soddalashtirilgan sxemani (2.14-rasm) ta`riflash bilan chegaralanamiz.



2.14- rasm. Eshitish a`zosining sxemasi.

Tovush to`lqini quloq suprasiga yetib borib, oxirida *quloq pardasi* (8) joylashgan tashqi eshitish yo`li (1) ga kiradi. Tovush to`lqinidagi davriy o`zgarib turuvchi bosim ta`siri ostida quloq pardasi qabul qilinayotgan tovush chastotasiga teng chastota bilan majburiy tebranadi. Quloq pardasining tebranishlari richag singari harakatlanadigan bo`g`in-bo`g`in bo`lib birlashgan suyakchalar sistemasi (2) - bolg`acha, sandon va uzangicha vositasi bilan quloq labirintining (ichki quloqning) ichki bo`shlig`ini berkitib turuvchi tuxumsimon teshikcha (3) ga uzatiladi. Ichki quloqning mexanik ta`sirlarga sezgir bo`lgan eshitish nervining oxiri yotgan qismi deyarli qisilmas suyuqlik - *endolimfa* bilan to`lgan, endolimfa tuxumsimon teshikchaning tebranishlarini aylana teshikcha (5) ga uzatadi, shu bilan birga u asosiy *membrana* (6) ning ma`lum qismlarini tebranishga majbur etadi. Asosiy membrana eshitish organining bosh va juda ajoyib qismidir, u har xil uzunlikdagi (umumiy soni bir necha mingta) qator tolalardan iborat bo`lib, bu tolalarning har biri qandaydir ma`lum tonga sozlangandir. Bunga royalning tortilgan

torlari sistemasi bir oz o'xshab ketadi: har bir tor o'zining xususiy tebranish chastotasiga ega bo'lib, agar torga ta'sir qilayotgan tovush to'liqida xuddi o'shanday chastotali tebranish bor bo'lsa, u holda tegishli tor tebrana boshlaydi (rezonans hodisasi yuz beradi). Xuddi shuningdek endolimfaning harakatlari ham asosiy membrananing qabul qilinayotgan tovush to'liqida bor bo'lgan chastotalarga sozlangan tolalarining tebranishlariga sababchi bo'ladi. Bunda (sochli hujayralar deb ataluvchi) nerv uchlari o'zlariga parallel joylashgan *tektorial membrana* (7) ga tegib, o'ziga xos nerv qo'zg'alishini yuzaga keltiradi.

Tovushni sezish mexanizmining bu erda bayon qilingan manzarasini (eshitishning rezonans nazariyasi) Gelmgols tomonidan ishlab chiqilgan. Gelmgols nazariyasiga qator e'tirozlar bildirilgan bo'lib, ularni bartaraf etish maqsadida bir necha marta boshqa eshitish nazariyalari taklif qilindi. Biroq ba'zi muhim qiyinchiliklarga qaramasdan keyingi vaqtlargacha rezonans nazariyasi o'zining hozirgi zamondagi shaklida eshitish a'zosining anatomiya va fiziologiyasi tomonidan olingan natijalar bilan boshqa nazariyalarga qaraganda yaxshiroq mos keladi deb hisoblab kelganlar. Tovushni sezishning yuqorida ta'riflangan mexanizmiga asosan quloq murakkab tovushning (masalan, akkordning) ayrim komponentalarini ajratish qobiliyatiga ega ekanligi tushunarli bo'lib qoladi. Ko'rish organizmi ko'z - bir vaqtda sodir bo'layotgan turli chastotali tebranishlarni (masalan, murakkab rangni) sezayotganda quloqdek spektral asbob bo'la olmaydi va u murakkab tebranishlarni oddiy tashkil etuvchilarga ajratmaydi. Eshitish organi esa, aksincha, tebranish jarayonlarini oddiy garmonik tebranishlarga yoyib tahlil qiladi, shunday qilib, fizika nuqtai nazaridan quloq yaqqol tanlash xossasiga ega bo'lgan rezonatorlar to'plamidan iboratdir.

Bu rezonatorlarning tabiatiga kelganda, Golmgols nazariyasidan chuqur farq qiladigan farazlarni aytish mumkin ekanligini ta'kidlab o'tish kerak. 1948 yilda Ya. I. Frenkel eshitishning yangi, relaksatsion nazariyasini taklif qildi. Frenkel yozgan edi: „Fiziklarga avvaldan ma'lumki, uyg'otuvchi tebranishlar (“tashqi kuchning”) chastotasining ularni sezuvchi sistemaning xususiy (yoki erkin) tebranishlari chastotasi bilan mos kelishi natijasida yuzaga keluvchi rezonans hodisasi bilan bir

qatorida ma`lum darajada o`xshash hodisa bor bo`lib, u qachonki tegishli sistema butunlay elastiklikka ega bo`lmagan, ya`ni uning xususiy tebranishlari chastotasi nolga teng bo`lgan, lekin harakat vaqtida unga tezlikka to`g`ri proporsional bo`lgan ishqalanish kuchi ta`sir qilgan hollarda yuzaga chiqadi. Bu ishqalanish kuchini birorta *relaksatsiya vaqti* τ , ya`ni uyg`otuvchi tashqi kuch olingandan keyin sistema normal (qo`zg`almas) vaziyatiga qaytishi uchun zarur bo`lgan vaqt bilan xarakterlash mumkin”. Bunday (elastiklikka ega bo`lmagan va tezlikka proporsional bo`lgan ishqalanish bilan xarakterlanuvchi) sistemalar uchun majburiy tebranishlarning burchak chastotasi relaksatsiya vaqtining teskari qiymatiga teng $\omega_{\max} = \frac{1}{\tau}$ bo`lganda chetdan berilayotgan tebranma harakat energiyasi maksimal yutilar ekan. Bu xuddi rezonans hodisasiga o`xshaydi. Ya. I. Frenkelning fikricha, „hamma biologik sistemalar (turli to`qimalar, chunonchi, asab va mushak to`qimasi ham) agar elastik erkin tebranish qobiliyati butunlay yo`q bo`lmasada, har holda minimal bo`lgan (tashqi kuchlarning tebranish chastotasiga nisbatan juda kichik bo`lgan xususiy tebranish chastotasi bilan tebranuvchi) sistemalar turiga kiradi. Masalan, uy temperaturasida oddiy rezinaning relaksatsiya vaqti $\tau = 10^{-7}$ sekund atrofida, holbuki kichkina rezina bo`lagining erkin tebranishlari davri esa $\frac{1}{50}$ sekunddan katta emas. Bu prinsipni odamning va taraqqiy qilgan hayvonlarning eshitish a`zolariga tatbiq qilib, biz eshitish nervining quloqning tovush qabul qiladigan markazi joylashgan qismidagi taroqsimon tarmoqlangan uchlari xususiy tebranish chastotalarning turli qiymatlari bilan emas (bu chastotalarning hammasini aslida nolga teng deb hisoblasa bo`ladi), balki relaksatsiya vaqtining turli qiymatlari bilan xarakterlanadi degan gipotezani aytishimiz mumkin. Relaksatsiya vaqtining turlicha bo`lishi nerv tolachalarining uzunligiga oddiy bog`langan bo`lishi ehtimol, chunonchi: tola qancha uzun bo`lsa, uning ichki quloq ichidagi yopishqoq suyuqlikka botirilgan holatdagi xossalari xarakterlovchi relaksatsiya vaqti ham shuncha kattaroq bo`ladi.

Tovushning sezilgan *qattiqligi* uning intensivligiga mos keladi. Ma`lumki, tovushning intensivligi bilan qattiqligi teng kuchli tushunchalar emasdir. Tovush intensivligi, tovush eshituvchi tomonidan seziladimi yoki yo`qmi, undan qat`iy nazar,

fizik jarayonni ob`yektiv xarakterlaydi; qattqlik esa tovushning sof sub`yektiv sifatidir; shuning uchun, qat`iy aytganda, unga nisbatan miqdoriy masshtabni tatbiq etib bo`lmaydi. Biroq, agar biz birorta tovushni olib, uning qattqliklarini tovush kuchi ortib boradigan qilib qator joylashtirsak va (tovush kuchi uzluksiz ortib borayotgan sharoitda) qattqlikning o`sinh pog`onalarini qulog`imizning sezishiga amal qilgan holda baholasak u holda qattqlik tovush kuchiga qaraganda ancha sekin o`sinhini aniqlaymiz. Mashhur Veber-Fexner psixofizik qonuniga asosan quloq, qolgan barcha sezgi a`zolarimiz kabi, tashqi ta`sirning intensivligini logarifmik masshtabda baholaydi: *sezgi kuchining o`sishi ikkita taqqoslanayotgan ta`sirlar energiyalari nisbatining logarifmiga proporsionaldir.*

Qattqliklar shkalasini tanlash vaqtida bu logarifmik qonun hisobga olinishi kerak. eshitilish chegarasida qattqlik nolga teng deb hisoblashga shartlashamiz va Veber-Fexner qonuniga binoan biror tovushning qattqligi uning kuchi (I) ning shu tovushning eshitish chegarasidagi kuchi (I_0) ga nisbatining logarifmiga proporsionaldir

$$L = k \log \frac{I}{I_0} . \quad (2.12)$$

Bu tenglikda L kuchi I ga teng bo`lgan tovushning qattqligini xarakterlovchi qandaydir ismsiz kattalikni ifodalaydi k - proporsionallik koeffisienti. Kattalik L odatda *tovushning balandligi*, deb ataladi.

Proporsionallik koeffisienti k , umuman aytganda, mutlaqo ixtiyoriy yo`l bilan tanlanadi. Agar uni birga teng desak, u holda tovush balandligi *bel* deb atalgan birliklarda ifodalanadi:

$$L = \log \frac{I}{I_0} \text{ bel.}$$

Amalda bu birlikdan 10 marta kichik birliklardan foydalanish ancha qulayroq ekan, bu birliklarga detsibel degan nom berildi. Bu holda ravshanki, (2.12) formuladagi koeffisient k , 10 ga teng bo`ladi.

Detsibel to`g`risida yana ham aniqroq tasavvur hosil qilish uchun qattqlikning odam qulog`i seza oladigan minimal o`sishi taxminan 1 detsibelga teng ekanligini

eslatib o‘tish kerak. Quyida keltirilgan jadvalda har xil tovushlarning qattqlik darajasining kattaliklari haqida tasavvur hosil qilishga imkon beradi.

Har xil tovushlarning balandliklari

2.3-jadval.

Tovush	Balandligi, detsibellarda	Tovush kuchi ¹ , $\frac{J}{m^2 \cdot s}$ larda	Effektiv bosim ¹ , $\frac{N}{m^2}$ larda
Soatlarning chiqqillashi	20	10^{-7}	$6,4 \cdot 10^{-3}$
Sekin suhbat	40	10^{-5}	$6,4 \cdot 10^{-2}$
O‘rtacha qattqlikdagi nutq	60	10^{-3}	$6,4 \cdot 10^{-1}$
Shovqin	80	10^{-1}	6,4
Katta orkestr fortissimosi	100	10	64
Og‘riq sezish	120	10^3	640

S. N. Rjevkin va boshqalarning o‘tkazgan tekshirishlari Veber-Fexner qonuni qattqlikning tovush intensivligiga qarab o‘shini qoniqarsiz ifodalanishini ko‘rsatdi. Eshitilish chegarasi yaqinida bu qonun umuman o‘z kuchini yo‘qotadi, shuning uchun juda kuchsiz tovushlarning qattqlik darajasi ularning sub`ektiv qattqligi haqida miqdoriy tushuncha bermaydi.

Tovushning (yuqori chastotali) o‘ng va chap quloq sezgan qattqliklarining farqiga qarab miyaning eshitish markazida tovush to‘lqinlari kelayotgan yo‘nalish haqida tasavvur paydo bo‘ladi (bu *binaural effekt* deb yuritiladi). Tovushlarning chastotalari past bo‘lgan hollarda binaural effekt o‘ng va chap quloqlar eshitayotgan tovushlarning fazalar farqini sezish hisobiga yuzaga chiqadi. Agar bitta quloqqa tovush ikkinchi quloqqa nisbatan $3 \cdot 10^{-5}$ sekund ilgariroq yoki keyinroq kelsa, bu sezilarli bo‘ladi va biz tovush manbai kuzatuvchining “ro‘parasidagi” to‘g‘ri chiziqdan taxminan 3^0 ga chetlashgan deb baholaymiz.

¹ “Tovush kuchi” va “bosimi” kataklaridagi sonlar chastotalari o‘rtacha sohadagi (1000 Hz atrofida) tovushlar uchun hisoblangan bo‘lib, taxminiy xarakterga egadir.

2.6- §. TOVUSHNING YUKSAKLIGI VA TEMBRI

Yuqorida eslatib o‘tilganidek, sinusoidal tovush tebranishlarining chastotasiga tovush yuksakligini sezish mos keladi. Murakkab sinusoidal bo‘lmagan tebranishlarda quloq tovush yuksakligini asosiy tonning (asosiy tonning davri taxlil qilinayotgan tovushning davriga mos keladi) yuksakligiga qarab baholaydi. Obertonlar, hatto ularning nisbiy kuchi katta bo‘lsa ham, tovush yuksakligining sezilishiga kam ta‘sir ko‘rsatadi.

Musiqada eng ko‘p qo‘llaniladigan tovushlarning yuksakligi haqida tasavvur hosil qilish uchun royalda eng past tovush tonning sekundiga 27 tebranishiga, eng yuksak tovush esa - 4184 tebranishga mos keladi.

Tebranishlarining soni ikki marta farq qiladigan, ya‘ni oktavani tashkil qiluvchi tovushlar qatori yuksakliklari bo‘yicha bir-biridan teng uzoqlashgan tovushlar kabi seziladi. SHunday qilib, tovushlar chastotalarining geometrik progressiyasi tovushlarning yuksakligini sub`ektiv baholashdagi arifmetik progressiyaga mos keladi.

Musiqada tovushlari sakkiz oktavani tashkil qiladi: subkontroktava (16-32 Hz), kontroktava (32 - 65,5 Hz), katta oktava (65,5 - 131 Hz), kichik oktava (131 - 262 Hz), birinchi oktava (262 - 523 Hz fizikada bu oktavani uchinchi oktava kabi belgilash qabul qilingan), ikkinchi (523 - 1046 Hz), uchinchi (1046 -2092 Hz) va to‘rtinchi (2092 – 4184 Hz) oktavalar.

Ashulachilarning ovozlari quyidagi chastotalar va ularga mos asosiy tonlar to‘lqin uzunliklarning diapazonlari bilan xarakterlanadi:

2.4-jadval.

	Chastota, Hz larda	Havoda to‘lqin uzunligi, $15^0 C$ da, m larda
Bas	90-340	3,80-1,00
Bariton	110-440	3,10-0,77
Tenor	130-520	2,60-0,65
Kontral’to	200-780	1,70-0,44
Metstse-soprano	220-880	1,30-0,32
Soprano	260-1050	1,55-0,39
Koloratur soprano	-1390	-0,25

Agar tovushning jaranglash davomiyligi 1/20 sekunddan kam bo'lsa, quloq uning yuksakligini baholay olmaydi. Biz seza oladigan eng zaif tovushlardagi tovush balandligini baholash uchun zarur bo'lgan (yuqorida ko'rsatilgan) vaqt ichida bir-ikki tebranish, eng yuksak tovushlarda esa - 1000 gacha tebranish sodir bo'ladi.

Chastotalari yaqin bo'lgan ikki ton bir vaqtda jaranglaganda, agar bu tovushlar chastotalarining nisbiy farqi 2 - 3% dan ortiq, ya'ni

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} \approx 0,02$$

bo'lsa, ularning yuksakligi ayrim-ayrim qabul qilinadi.

Chastotalar farqi kichikroq bo'lganda esa o'rtacha yuksaklikdagi bitta tutash tovush eshitiladi.

Bir-biriga yaqin bo'lgan tonlar bir vaqtda jaranglaganda *tepishlar* (tovushning ketma-ket tez so'nib va kuchayib turishi) yuzaga chiqadi. Agar tepishlar soni 1 sekunda 33 ga yetsa, quloqda ayniqsa yoqimsiz sezgi uyg'otadi.

Tovush kuchi katta bo'lgan ikkita ton bir vaqtda jaranglaganda (umuman jism siljish va ta'sir etuvchi kuchlar orasidagi proporsionallik buzilgan sharoitda katta amplitudali ikki davriy kuch ta'siri ostida tebranma harakat qilgandagidek) tebranishlarning odatdagi qo'shish qonunlari murakkablashadi. Bu holda, Gelmgols ko'rsatganidek, ν_1 va ν_2 chastotali majbur etuvchi ikki davriy kuchning birgalikda ta'siri shunday shakldagi natijaviy tebranish beradiki, uni chastotalari ν_1 , ν_2 , $\nu_1 - \nu_2$ va $\nu_1 + \nu_2$ bo'lgan to'rtta garmonik tebranishlardan tashkil topgan deb hisoblasa bo'ladi. Keyingi ikki tebranishlar ayirma va yig'indining *kombinatsion tebranishlari* deyiladi. Kombinatsion tebranishlar bizning eshitish a'zolarimizda ham (uzangichalarning siljishi bilan to'qimalarning elastik kuchlari orasidagi proporsionallik buzilishi natijasida) paydo bo'lishi mumkin. Odatda ayirmaning kombinatsion tonlari aniq eshitiladi, yig'indining kombinatsion tonlari esa arang seziladi.

Musiqqa maqsadlari uchun tovushlarning absolyut yuksakligi emas, balki *nisbiy yuksakligi* muhimroqdir. Tovushlarning musiqali ketma-ketligini qurishda - *kuy*

qurishda, shuningdek tovushlarni bir vaqtda musiqali biriktirishda - tovushlar

garmoniyasida - ko‘pincha tovushlarning chastotalar nisbati $\frac{V_1}{V_2}$, $\frac{V_2}{V_3}$ va boshqalar

$\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{5}{6}$ va hokazo kasrlar bilan ifoda qilinadigan chastotalar intervalidan foydalaniladi. Tovushlarning chastotalari nisbati bilan aniqlanadigan har bir shunday *musiqali intervalga* maxsus nom berilgan:

2.5-jadval.

Ohangdosh tovushlarning nomi	Chastotalari nisbati	Ohangdosh tovushlarning nomi	Chastotalari nisbati
Unison (prima)	1:1	Katta tertsiya	4:5
Oktava	1:2	Kichik tertsiya	5:6
Kvinta	2:3	Duodetsima	1:3
Kvarta	3:4	Katta seksta	3:5

Aytib o‘tilgan eng ohangdor intervallar *konsonanslar*¹ degan umumiy nom bilan yuritiladi. Kamroq ohangdor intervallar - *dissonanslar*² ham qo‘llaniladi:

2. 6-jadval.

Ohangdosh tovushlarning nomi	Chastotalari nisbati	Ohangdosh tovushlarning nomi	Chastotalari nisbati
Katta sekunda (katta ton)	8:9	Kichik septima	5:9
Kichik sekunda (kichik ton)	9:10	Katta yarim ton	15:16
Katta septima	8:15	Kichik yarim ton	24:25

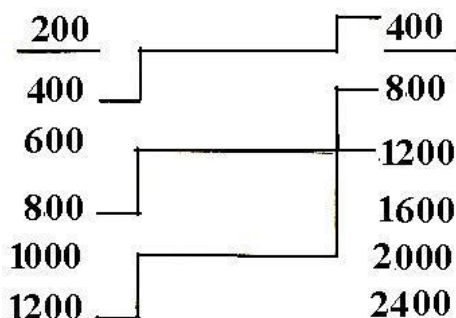
Kichik yarim tondan kichikroq bo‘lgan har qanday interval *komma* deyiladi, lekin odatda komma deganda 80:81 interval tushuniladi.

Musiqada 7 soni ishtirok etgan kasrlar bilan aniqlanadigan integrallar qo‘llanilmaslik fakti o‘ziga diqqatni jalb qiladi. Bu son go‘yo konsonanslarni

dissonanslardan ajratuvchi bo‘lib qoladi (konsonanslarni aniqlovchi kasrlarning surat va maxrajida 7 dan kichik sonlar bor).

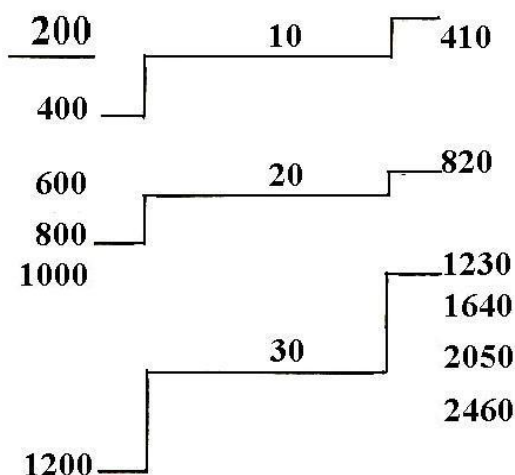
Konsonansning mukammalligi, ikkala tovushda ham umumiy bo‘lgan tonlarning soni bilan bog‘liqligidir.

Masalan, oktavani tashkil etuvchi chastotalari 200 va 400 Hz bo‘lgan ikkita tovushni olib, ularning beshta pastki obertonlarini yozaylik:



Biz ko‘rib turibmizki, oktavani tashkil etuvchi ikkita tovushda beshta pastki obertonning ikkitasi umumiydir va undan tashqari, yuksak tovushning asosiy toni past tovushning birinchi obertoniga mos keladi.

Tovushlarning obertonlari va kombinatsion tonlari birikishidan qanchalik ko‘p tepish (chastotalarining tartibi 10 - 50 Hz bo‘lgan) yuzaga kelsa, dissonansning ohangdorligi shuncha yomonroq taassurot qoldiradi. Masalan, sozligi bir oz “buzilgan” oktavani: chastotalari 200 va 400 Hz bo‘lgan ikkita tovushni olaylik:



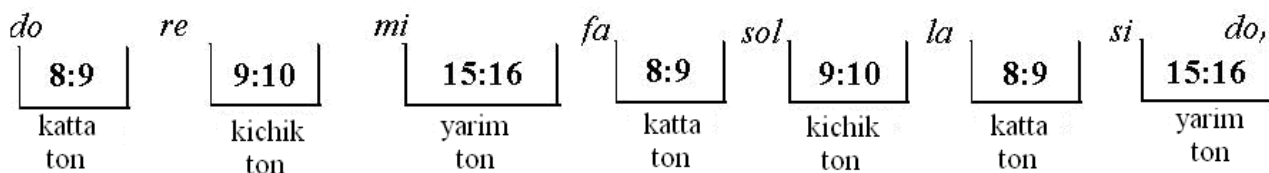
¹ Lotincha consonare – mos kelmoq demakdir.

² Lotincha dissonare – mos kelmaslik demakdir.

Biz ko‘rib turibmizki, bu holda chastotalari 10, 20 va 30 Hz bo‘lgan tepishlar paydo bo‘ladi. Undan tashqari ko‘rsatilgan tovushlarning asosiy tonlari chastotasi 210 Hz bo‘lgan ayirmali kombinatsion ton beradi va ularning past tovushning asosiy toni bilan birikishi natijasida ham chastotasi 10 Hz bo‘lgan tepish yuzaga chiqadi.

S. N. Rjevkin ikkita tovushni har xil quloqlar bilan ayrim - ayrim eshitgan vaqtda konsonans va dissonanslar butunlay sezilmasligini aniqladi, demak, konsonans va dissonanslar markaziy nerv sistemasida emas, balki sirtqi eshitish aʼzolarida sezilar ekan.

Uch yoki undan ortiq tovushlar birikmasi *akkord* deb ataladi. eng ohangdor akkord - *major jarangdorlik* - asosiy tonlarning chastotalari 4: 5 : 6 nisbatni qanoatlantirgan vaqtda hosil bo‘ladi. Bu akkordni takrorlash acosida *natural major gammasi* tuzilgan:



Haqiqatan ham tovushlar chastotalarining ko‘rsatilgan intervallarida: do – mi - sol, shuningdek, sol - si - re va fa – la - do larning o‘zaro nisbati 4:5:6 sonlar nisbati

kabi bo‘lishini ko‘rish qiyin emas $\left(\text{masalan } \frac{v_{do}}{v_{mi}} = \frac{8}{9} \cdot \frac{9}{10} = \frac{8}{10} = \frac{4}{5} \right)$.

Major jarangdorlik tovushning o‘zi qandaydir v chastotali) bilan uning

katta tertsiyasi $\left(\frac{5}{4}v \right)$ va kvintasidan $\left(\frac{3}{2}v \right)$ tashkil topgandir; bu

chastotalarning $1 : \frac{5}{4} : \frac{3}{2} = 4 : 5 : 6$ nisbatiga mos keladi. Shuningdek *minor*

jarangdorlik ham juda ohangdordir. U tovushning o‘zi (qandaydir V chastotali)

bilan yning kichik tertsiyasi $\left(\frac{6}{5}v\right)$ va kvintasidan $\left(\frac{3}{2}v\right)$ tashkil topgandır. Bu

birikma chastotalarning $1:\frac{6}{5}:\frac{3}{2}=10:12:15$ nisbatiga mos keladi. Minor

ohangdoshlikni takrorlashga asoslanib *natural minor gammasi* tuzilgan:

<i>do</i>	<i>re</i>	<i>mi^b</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la^b</i>	<i>si^b</i>	<i>do₁</i>
8:9	15:16	9:10	8:9	15:16	8:9	9:10	
katta ton	yarim ton	kichik ton	katta ton	yarim ton	katta ton	kichik ton	

b belgi *bemol'* nomi bilan yuritilib, tovush yuksakligi yarim tonga, ya'ni $\frac{16}{15}$ ga pasayganligini bildiradi. Tovushning yarim tonga ko'tarilishi # belgi - *diez*

bilan belgilanadi. Ko'rsatilgan intervallarda gamma tovushlari orasida minor jarangdorlik hosil bo'ladi: *do - mi^b - sol*, shuningdek, *sol - si^b - re₁* va *fa - la^b - do₁*

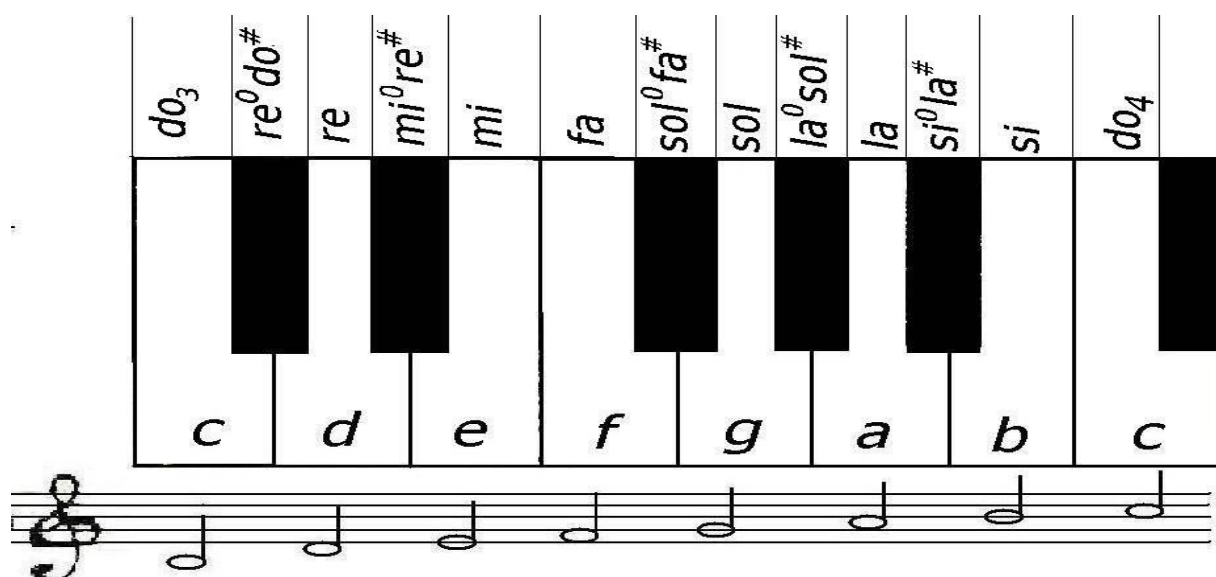
$\left(\text{masalan, } \frac{v_{do}}{v_{mi^b}} = \frac{8}{9} \cdot \frac{15}{16} = \frac{10}{12}\right)$. Musiqada kuylar yaratish vaqtida "pasayuvchi"

gamma sifatida ishlatiladigan ana shu minor gamma bilan bir qatorda major gammasidan faqat *mi* tovushni *mi^b*ga almashtirish bilan farq qiladigan "ko'tariluvchi" minor gammadan ham foydalaniladi. Garmoniyada major gammasidan tovushlar: *mi* ni *mi^b*ga va *la* ni *la^b*ga o'zgartirilganligi bilan farq qiluvchi minor gamma qo'llaniladi (lekin *si* bemolsiz olinadi).

Major va minor gammalarining yuqorida keltirilgan sxemalaridan bu natural gammalarda qo'shni tovushlar orasidagi intervallar bir xil emasligi ko'rinib turibdi. Bu muhim noqulaylikka olib keladiki, bundan qutilish maqsadida absolyut musiqali soflikdan kechib bo'lsa - da, oktavada o'zaro teng 12 intervalni o'z ichiga oladigan *temperlangan gamma* deb nom olgan gammadan foydalanishga kelishilgan. Bu gammada har bir qo'shni tovushning chastotasi oldingi tovushning chastotasidan $\sqrt[12]{2} = 1,05946$ marta katta bo'ladi. Temperlangan gammaning sxemasi 2.15- rasmda

tasvirlangan. Temperlangan gammada muhim konsonanslar deyarli buzilmaydi: ravshanki, unison va oktava o'zgarishsiz qoladi; temperlangan gammada kvarta va kvinta birning

$2^{\frac{5}{12}} = 1,3348$ va $2^{\frac{7}{12}} = 1,4983$ larga nisbatlari bilan ifodalanadi, holbuki natural gammalarda esa kvarta va kvintalar $\frac{4}{3} = 1,3333$ va $\frac{3}{2} = 1,5000$ nisbatlar bilan ifodalanadi.



2.15-rasm. Royaldagi gamma notalarning belgilari.

Xalqaro kelishuvga muvofiq (1936-y.) la_3 tovushning (skripkaning ikkinchi toridagi la ning) chastotasi 440 gers ga teng deb qabul qilingan. Quyidagi jadvalda temperlangan gammadagi boshqa tovushlarning chastotalari keltirilgan.

2.7-jadval.

Tovushning belgisi (notalarning nomi)	Temperlangan gammadagi chastota	To'lqin uzunligi (sm). Havoda 15°C da ($s \approx 340$ m/s)
do_3	251,6	130
re_3	293,7	115,7
mi_3	329,6	103,2
fa_3	349,2	97,4
sol_3	392	86,7

la_3	440	77,3
si_3	493,9	68,8
do_4	523,2	65,0

Yuqorida (2.3-§) aytilganidek, tovush tembri obertonlarning soni va nisbiy kuchiga bog`liq bo`ladi. Bitta cholg`u asbobi obertonlarining nisbiy kuchi tovushni uyg`otish usuliga bog`liqdir. Masalan, tordan chiqadigan tovushning tembrini u yoki bu obertonlarni ajratish orqali keng chegarada o`zgartirish mumkin (buning uchun tovush uyg`otayotganda berilgai oberton tik to`lqinlarining do`ngligi qaerda bo`lsa, kamonni shu erga ishqash kerak).

U yoki bu obertonlar rezonansli ajralganligi tufayli torli asboblarning tovush tembri ularning turli (masalan, yog`och) qismlarining tuzilishi va sifatiga juda bog`liq bo`ladi.

Tovush tembri faqat obertonlarning soni va nisbiy kuchigagina bog`liq bo`lmasdan, tovushning o`sib borishidagi xarakterli jarayonlarga va uning o`zgaruvchanligiga ham bog`liq bo`ladi. Shtumf (1926-y.) va boshqa tadqiqotchilar o`tkazgan tajribalarda aniqlanganki, agar tovushning boshlang`ich turg`unlashish davri hisobga olinmasa (biror tovushni uning jaranglashi statsionarlashgandan keyin eshita boshlasak), u holda tovushning tembri boshqacharoq bo`lib tuyuladi. SHu bilan birga bu holda turli cholg`u asboblari chiqarayotgan tovushlar tembr jihatdan shu qadar o`xshash bo`lib eshitaladiki, ko`pchilik hollarda hatto tajribali cholg`uvchilar ham asbobni undan chiqayotgan tovushning tembriga qarab aniqlashda xatoga yo`l qo`yadilar.

Kamonli asboblarda chiqayotgan har bir tovushning o`sib borishi taxminan 1/10 sek davom etadi. Jaranglashning bu boshlang`ich davri davomida tovush faqat amplituda jihatdangina nostatsionar bo`lmaydi, balki tovush chastotasining tarkibi ham xarakterli o`zgarishga uchraydi. Tovush o`sib borayotgan dastlabki paytda yuksak (3000 dan 5000 gerts gacha) chastotali obertonlar ko`p bo`ladi va faqat ana shu tovushning o`sib borish bosqichining oxiriga kelib nisbiy kuchi jihatidan obertonlar asosiy tonga nisbatan kuchsizlashib qoladi. Biz tovushning o`sib borish jarayonini keyingi statsionar jaranglash bilan qo`shib sezamiz va boshlang`ich

bosqichda yuzaga kelgan taassurotni tovushning qandaydir bir turi sifatida saqlaymiz xolos. Yaxshi asboblarda tovushning o'sib borish bosqichi yoqimli tembr sezgisini beradi ya'ni boshlang'ich o'sib borish bosqichisiz eshitilgan qat'iy statsionar tovush monoton taassurot hosil qiladi va yoqimsizroq bo'ladi. Royaldan chiqadigan tovushlarning tembrni klavishni qo'yib yuborish tezligiga (bu ma'lum darajada urilish kuchiga bog'liqdir) qarab sezilarli o'zgarib turadi.

Puflab chalinadigan asboblarning ko'pchiligida tovushning o'sib borish bosqichi tovushning tembriga torli asboblardagiga nisbatan kamroq ta'sir ko'rsatadi. Bu qisman puflab chalinadigan asboblarda tovushning o'sib borish bosqichi juda qisqaligi bilan tushuntiriladi: goboyda $\frac{1}{100}$ sekund, klarnetda $\frac{1}{20}$ sekund. Biroq fleytada tovushning o'sib borish jarayoni nisbata davomliroq $\left(\frac{2}{10} \div \frac{3}{10} \text{sekund}\right)$ bo'lib, bu fleyta tovushlarining tembrini sezilarli boyitadi.

Ovozning musiqa sifatini baholashda, shubhasiz, uning yaxshi tembrining ahamiyati ovoz kuchiga qaraganda, kam emas. Yaxshi ashulachi ovozining tovushi statsionar bo'lmaydi, birin-ketin tez keluvchi vaqt momentlarida (taxminan sekundiga olti marta yaqin) akustik spektr shunday o'zgaradiki, avvalo bir obertonlar, keyin boshqalari alohida kuch bilan jaranglaydi. Yaxshi ashulachilarda tembrni boyituvchi bu vibratsiya tovush qattiqligiga kam ta'sir ko'rsatadi. SHuning uchun tovush qattiqligi birdek qolaveradi.

2.7-§. ULTRATOVUHLAR

Bir necha o'n va yuz minglab gers, hatto yuz millionlab gerts atrofidagi chastotalarga ega bo'lgan (quloq seza olmaydigan) tovush tebranishlari bilan to'liqlari ultratovush tebranishlari va to'liqlari deb ataladi.

Nisbatan kichik chastotali ultratovushlarni havo oqimlarini puflash yo'li bilan chalinadigan mitti paychadan iborat *Galton hushtagi* yordamida hosil qilish mumkin. Porshen' yordamida tovush chiqaruvchi havo ustunining uzunligini kamaytira borib shunga erishish mumkinki, hushtakning tovushi sekin asta ortib, nihoyat eshitilmay

qoladi, hushtakdan chiqayotgan to'liq ultratovush chastotalari sohasiga o'tadi. Biroq, Galton hushtagi va shu kabi boshqa qurilmalar yordami bilan ancha-muncha intensiv ultratovushlar hosil qilib bo'lmaydi. Bu erda bunday tarqatgichlarning quvvati kichik bo'lishi bilan birga yana yuqori chastotali tebranishlarning havoda juda tez so'nishi ham muhim rol' o'ynaydi.

Pyezoelektrik hodisalar kashf qilinishi va qudratli yuksak chastotali elektr tebranishlari generatorlari ishlab chiqilishi bilan intensivligi juda katta bo'lgan ultratovush tebranishlarini olish imkoniyati tug'ildi.

Agar kvarts (SiO_2) kristalidan kristall qirrasining biror ma'lum yo'nalishi bo'ylab kesib olingan plastinkaning keng tomonlariga metall qoplamalar vositasi bilan o'zgaruvchan elektr kuchlanishi bersak, u holda plastinkani tebranishga majbur qilishimiz mumkin. Bu tebranish kvarts plastinkaning qarama-qarshi yotgan tomonlariga qarama-qarshi ishorali elektr zaryadlari berilganda plastinka siqilishi yoki kengayishi (*pyezoelektrik effekt*) sababli yuzaga keladi. Metall qoplamalar orasiga qisilgan kvarts plastinkaning tebranishi unga qo'yilgan o'zgaruvchan kuchlanishning chastotasi plastinkaning xususiy tebranish chastotasiga mos kelgan vaqtlarda ayniqsa intensivlashadi (rezonans tebranishlar yuzaga keladi). Metall qoplamali kvarts plastinkasi moy ichiga botirilib, keyin qoplamalariga o'zgaruvchan elektr kuchlanishi berish orqali tebranishga majbur etiladi. Bunda moy ichida qudratli ultratovush to'liqlar tarqaladi.

Moy bilan suvning akustik qarshiligi (ρu) havoning akustik qarshiligidan taxminan 3000 marta ortiq. Shuning uchun, agar xuddi o'sha kvarts plastinkasini o'shanday siljish amplituda va chastotasi bilan havoda tebranishga majbur qilsak, u holda nurlanuvchi energiya 3000 marta kam bo'ladi.

Pyezokvarts ultratovush generatorlari yordami bilan bir necha o'n ming gersdan bir necha o'n million gersgacha chastotali tebranishlar olinadi. Kvarts o'rniga turmalin plastinkasidan foydalanib (turmalin ham pyezoelektrik xossaga ega) va plastinkani uning xususiy tebranishlarining asosiy chastotasi bilan emas, balki obertonlari chastotasi bilan tebranishga majbur etib, 300 mln. Hz atrofidagi chastotali ultratovushlarni uyg'otish mumkin.

Quadratli pyezokvarts generatorlari chiqaradigan ultratovush toʻlqinlarining energiyasi juda katta. Moyda yoki suvda ultratovush energiyasi oqimining intensivligi 10^5 W/m^2 ga etishi mumkin. Bu maksimal jaranglayotgan katta orkestrning havodagi tovush kuchi (10 W/m^2) dan 10000 marta katta.

Shuni qayd qilib oʻtish kerakki, ultratovushning intensivligi yuqoridagidek haddan tashqari katta (10^5 W/m^2 atrofida) boʻlganda zarrachalarning siljish amplitudalari va ularning tezliklar amplitudasi nisbatan kichik, lekin tezlanishlari amplitudasi haddan tashqari katta boʻladi. Tezlanishlar amplitudasi ogʻirlik kuchining tezlanishidan oʻn ming va yuz ming marta ortiq boʻlishi, bosimlar amplitudasi bir necha atmosferaga teng boʻlishi mumkin.

Ultratovush toʻlqinlari ajoyib fizik va fiziologik hodisalar bilan xarakterlanadi. Masalan, qoʻshilmaydigan suyuqliklarning aralashmalari yuqori chastotali ultratovush taʼsirida bir necha minut ichida emulsiyaga aylanadi. Suyuqliklarni bunday emulsiyaga aylantirish usuli S. N. Rjevkin (1935-yilda) va boshqalar tomonidan ishlab chiqilgan. Simob bilan suv quyilgan probirkani ultratovush toʻlqinlari tarqalayotgan moy ichiga botirib, simobning mayda tomchilarga parchalanib aralashishi natijasida suv sekin-asta qorayayotganligini kuzatish mumkin. Moyga botirilgan termometrqa qoʻl tegizish yaramaydi: termometr past temperaturani koʻrsatayotgan boʻlsada, shishaning ultratovush tebranishlari taʼsirida qoʻl kuyadi. Tirik jonivorlar (baliqlar, baqalar) intensiv ultratovush bilan nurlantirilganda bir necha minut ichida oʻlib qoladi. Ultratovushlar qoʻzgʻatilayotgan moyning oʻzi kvarts plastinka ustida fontan kabi sochilib xuddi qaynayotganday koʻrinadi.

Koʻrshapalaklar qorongʻida uchgan vaqtda yoʻl topish uchun ultratovushlardan foydalanishi ajablanarlidir. Koʻrshapalaklarni qorongʻida yoʻl topish qobiliyati doim tabiatshunoslarni hayratda qoldirar edi. 1945-yilda koʻrshapalaklar qorongʻida yoʻl topish uchun radiolokatsiyaga oʻxshash usuldan foydalanishlari aniqlandi. Uni *ultratovush lokatsiyasi* deb atasa ham boʻladi, masalan: koʻrshapalaklar uchayotganda yuzdan bir sekund ichida chastotasi 35-70 kHz ga teng ultratovushlar impulslari chiqaradi. Koʻrshapalaklarning quloqlari chastotasi 100 kHz gacha boʻlgan ultratovushlarni qabul qiladi (“eshitadi”). Koʻrshapalak ultratovush “shovqini”

chiqargan paytdan to to'siqdan qaytgan "shovqin", ya'ni uning aks sadosi kelguncha o'tgan vaqt orqali to'siqqacha bo'lgan masofani xatosiz aniqlaydi.

Hozirgi zamonda ultratovushlar turli-tuman sohalarda qo'llaniladi.

1918-yildayoq P. Lanjeven ultratovushdan dengiz chuqurligini akustik o'lchash uchun (*exolot*) foydalangan. Bu suv osti *akustik signalizatsiyasi va ultratovush gidrolokatsiyasi* uchun juda ko'p aniq asboblari yaratishga asos bo'ldi. Bunday maqsadlar uchun ultratovushlardan foydalanishning qulaylik tomoni shundan iboratki, to'lqin uzunliklari juda qisqa bo'lganda energiyani ingichka dasta holida ma'lum yo'nalish bo'ylab chiqarish mumkin. Keyinroq radiolokatsiyada qo'llanilgan qisqa va ultraqisqa elektromagnit to'lqinlaridan amalda shu maqsadlar uchun foydalanish mumkin emas, chunki bu to'lqinlar dengiz suvida intensiv yutiladi.

Suv osti signalizatsiyasi uchun qo'llaniladigan ultratovushlar suvdagiga qaraganda havoda 1000 marta kuchliroq yutiladi.

Har xil chastotali ultratovushlar uchun gazlarning "tiniqligi" juda ham har xil bo'lishi aniqlangan. Berilgan gaz tomonidan ma'lum chastotalar sohasida ultratovushlarning yutilishi, ba'zida shu gaz tomonidan boshqa chastotali ultratovushlarning yutilishidan yuzlab marta ortiq bo'ladi. Bu erda ultratovush davrini ayrim molekulalararo jarayonlarning sodir bo'lish (juda kichik) vaqti bilan mos kelib qolishi sabab bo'ladi. Bu jarayonlarni o'rganishda akustikaning alohida *kvant akustiksi* nomli bo'limi maydonga keldi.

Ultratovushning tarqalish tezligini va yutilish koeffitsientini o'lchash suyuqlik, bug' va gazlarning muhim molekulyar xossalari o'rganish uchun xizmat qiladi.

Intensivligi katta bo'lgan ultratovushlar jismlarning kristallanish xarakteriga sezilarli ta'sir ko'rsatishi va ba'zi kimyoviy reaksiyalarni tezlatishi aniqlangan.

Ultratovushlar keltirib chiqaradigan biologik hodisalar orasida urug'i ultratovush bilan nurlantirilgan ba'zi o'simliklar hosildorligining ortishi diqqatga sazovordir.

Ultratovushlarning intensiv oqimi ta'sirida ko'pgina bir hujayrali organizmlar stafilokokklar, qizil qon tanachalari aftidan, mexanik yemirilish tufayli, halok

bo‘ladi. Oziq-ovqat va suvni ultratovush bilan sterilizatsiya qilish ana shu hodisaga asoslangandir.

Hozirgi vaqtda amaliyotda sulfidin tipidagi dorivor moddalarni *ultratovush bilan emulsiyalash* keng qo‘llaniladi, Yurak kasallarini davolashda katta rol o‘ynaydigan kamfara suvda erimaydi, shuning uchun uni to‘g‘ridan-to‘g‘ri bemorning qon tomirlariga yuborish mumkin emas.

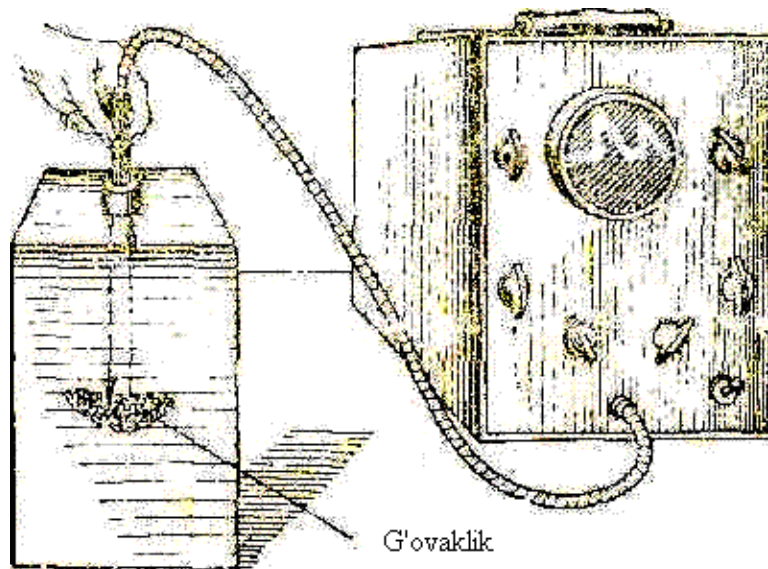
Biroq, bu olimlarni ishlab chiqqan kamfarani ultratovush bilan nozik emulsiyalash usuli tufayli mumkin bo‘lib qoldi. Kamfarani mayda emul’siya holida bemorning terisi ostiga emas, balki to‘g‘ridan-to‘g‘ri qoniga yuborish mumkin bo‘lib, natijada u yurakka tezroq etib boradi, bu esa ba`zi hollarda bemorniig hayotini saqlab qolishi mumkin.

To‘qimachilik sanoatida ultratovushlar (1927-yildan boshlab) gazlamalarning mustahkamligini orttirish va bo‘yoqni chuqurroq shimdirish uchun qo‘llaniladi.

Prof. S. Ya. Sokolov metall buyumlarning nuqsonlarini (kemtik va tuzilishi bir jinsli bo‘lmagan joylarni) topish uchun ultratovushlarni qo‘llash usulini ishlab chiqdi. Agar metall buyumni ustini yog` qatlami bilan qoplab va uni ultratovush to‘lqinlarning yo‘liga qo‘ysak, u holda metall ichidagi shikastlangan va yoriq joylar ultratovush to‘lqinlarining qisman qaytishiga va sochilishiga sababchi bo‘ladi. Buni metall sirtini qoplagan yog` qatlamining o‘zgarish darajasiga qarab aniqlash mumkin. Bu usul *ultratovush defektoskopiyasida* ishlatiladigan sodda asboblarda qo‘llaniladi.

S. Ya. Sokolovning yana ham qulayroq impulsli defektoskoplarida tekshirilayotgan buyum (birdan bir necha megagerts chastotali) ultratovush bilan “yoritib ko‘riladi”, buda (yoriq va nuqsonlardan) qaytgan ultratovush impulslari qabul qiluvchi plastinkaga kelib tushadi va kuchaytirilib katodli ossillograf tomonidan qayd qilinadi (2.16-rasm).

S. Ya. Sokolov tomonidan qurilgan asboblarning birida (*ultratovush mikroskopida*) “yoritib ko‘rilayotgan” suyuqlik ichiga joylashtirilgan kichik buyumdan qaytgan ultratovush nurlari pleksiglasdan yasalgan akustik linza yordamida pyezokvarts plastinkaga to‘planadi. Bu esa zaryadlarning ma`lum taqsimlanishi ko‘rinishida buyumning yashirin tasvirini yaratadi.



2.16-rasm. S.Y.Sokolovning ultratovush defektoskopi.

Bu yashirin tasvirni koʻzga koʻrinadigan qilish uchun televideniye usuliga oʻxshash usullar qoʻllanilgan (eslatib oʻtilgan kvarts plastinkasi ketma-ket elektron dastasi bilan nurlantiriladi, bu elektronlar urib chiqargan ikkilamchi elektronlarning soni plastinkaning berilgan joyidagi zaryadga qarab har xil boʻladi; ikkilamchi elektronlar tomonidan yuzaga keltirilgan tok impulslarining oʻzgarishlari kuchaytirilib, televizorning elektron-nur trubkasiga uzatiladi). Yetarlicha qudratli ultratovush suyuqlik ichida tarqalganda toʻlqin boʻylab suyuqlik zichligining oʻzgarishi shu qadar sezilarli boʻladiki, u suyuqlikning optik xossalariga taʼsir koʻrsatadi. Natijada ultratovush toʻlqinlarining tarqalishiga perpendikulyar yoʻnalishda suyuqlikdan oʻtuvchi yorugʻlik dastasi uchun suyuqlik bir jinsli boʻlmay qoladi. Oʻtgan asrning 30-yillarida Debay va Sirs tomonidan kashf etilgan bu hodisani G. S. Landsberg bilan L. I. Mandelshtam juda ajoyib va foydali asboblari: *yorugʻlikning ultratovush modulyatorlarini* - yorugʻlik relelarini qurish uchun tatbiq qildilar.

TOVUSH HODISALARINI O‘QITISHDA EKOLOGIYA BILIMLARIDAN FOYDALANISH UCHUN TAVSIYA ETILAYOTGAN MA`LUMOTLAR

Yuqorida berilayotgan bilimlar bilan birgalikda bizningcha o‘quvchilarga shovqin ekologiya omili ekanligini aytib, bu borada quyidagi shovqin haqidagi ekologiya bilimlarini berish ham foydalidir.

Kishilar salomatligining yomonlashishida shovqinning ortib borishi ham ta`sir etmoqda. Shu sababli shovqinga qarshi kurashish bu tabiatni muhofaza qilishning ajralmas bir qismi bo‘lib hisoblanadi.

Shovqin bu musiqaviy xususiyatga ega bo‘lmagan yoqimsiz tovushdir. Shuning uchun u kishilarning ishlashiga, dam olishiga halaqit beradi. Mehnat unumdorligini va ish qobiliyatini pasaytiradi, asabni taranglashtiradi, yurak qon tomirlarining faoliyatini zo‘riqtiradi, bosh og`rig`iga, uyqusizlikka duchor qiladi, yurak urishini tezlashtiradi, inson organizmida salbiy fiziologiya o‘zgarishlarini vujudga keltiradi.

Shovqin aholi yashaydigan joylarda aviatransport, temir yo‘l transporti, avtotransport, sa`noat korxonalari, qurilish texnikalari, maishiy xizmat korxonalari, radio, televizor ovozlari qattiq qilib qo‘yish tufayli vujudga keladi.

Shovqinning kuchi detsibel (dB) bilan o‘lchanadi. Bir detsibelli shovqin eng kichik hisoblanib, uni payqash qiyin. Shovqin kuchi va harakteriga ko‘ra 4 guruhga ajratiladi.

1. Shovqinning kuchi 30-60 dB bo‘lsa, normal ovoz hisoblanadi. Bunga daraxtlarning shamol ta`sirida ovoz hosil qilishi (shivirlashi), soatning chiqillashi normal musiqa ovozi hisoblanadi.

2. Shovqinning kuchi 60-90 dB bo‘lsa, yoqimsiz ovoz hisoblanib, bunga ko‘chaning shovqini, chang yutgich, kir yuvish mashinalarining ovozi kiradi.

3. Shovqinning kuchi 100-120 dB bo‘lsa, kishi salomatligiga salbiy ta`sir etadigan ovoz hisoblanadi. Bunga stanoklar, avtomobillar, mototsiklllar, tramvay, temir yo‘l transporti, qishloq ho‘jalik va qurilish mashinalaridan chiqqan ovoz va qattiq musiqa ovozi kiradi.

4. Shovqinning kuchi 130-200 dB bo'lsa, xavfli ovoz hisoblanadi. Bunga havotrevogasi signali, reaktiv samolyotning ovozi, portlash ovozi va boshqalar kiradi.

Ma'lumotlarga qaraganda shovqin kuchi 130 dBdan oshganda kishilar organizmida keskin o'zgarishlar ro'y berib kasallanib, hatto o'lim darajasiga olib borishi mumkin ekan. Olimlar shovqin kuchini har xil darajaga ko'tarib, hayvonlar, xususan kalamush va mushuklar ustida kuzatishlar olib borganlar. Shovqin kuchi 165 dBdan oshgach, tajribada ishtirok etgan hayvonlar nobud bo'lgan.

Shovqin qishloqlarga nisbatan shaharlarda kuchli bo'ladi. Asosiy sanoat korxonalari shaharlarda joylashgan. Shuningdek transport vositalarining ko'pligi shovqinni bir necha borabar orttirib yuboradi. Shu tufayli dunyoda, jumladan O'zbekistondagi yirik shaharlarda ham shovqinning kuchi, so'nggi o'n yil ichida 10-12 dBga ortganligi haqida ma'lumotlar bor.

Shaharlarning katta ko'chalarida ayniqsa shovqin darajasi ko'proq bo'ladi. Bir soat ichida o'rtacha avtotransport qatnovi 2000-3000 taga yetsa, shovqinning maksimal darajasi 90-95 dBga etadi.

Ko'chalardagi shovqin darajasi undan o'tadigan transportlarning qatnoviga, tezligiga, ko'chani kengligiga va yo'l yoqasidagi qurilishlarning zichligiga, balandligiga qolaversa ko'cha yoqalarining obodonlashtirilishiga, yashil o'simlik va daraxtlarning mavjudligiga bog'liq. Shulardan har biri shovqin darajasini 10 dBgacha pasaytiradi.

Kishilar yashayotgan hududlarda shovqin ta'sirini kamaytirishni ikkita yo'l bilan amalga oshirish tavsiya etiladi.

1. Avtotransport harakat tezligini pasaytirish, ko'chadagi qatnovni qat'ian nazorat qilish, kunning ayrim vaqtlarida yoki butunlay ba'zi bir avtotransport harakatlarini shu yo'ldan qatnovini to'xtatib qo'yish, turar joy binolarining shovqinga qarshi sifatli qilib qurish va ko'chalarni obodonlashtirish, ko'kalamzorlantirishni yaxshi yo'lga qo'yishdir.

2. Avtotransportlarning motor va harakat qismlarining iloji boricha shovqinsiz ishlashiga erishish.

Havo transporti yirik katta shaharlarda shovqinning yuqori darajada bo'lishining sababchilaridan biri hisoblanadi. Havo yo'llarida yangi yirik-yirik yo'lovchi va og'ir yuk tashiydigan reaktiv samolyotlar paydo bo'lmoqda.

Samolyotlarning shovqinini kamaytirishda asosan parraklarning aylanishi ovozini kamaytirishga va turboprovodlarning shovqinini izolyatsiya qilish yo'li bilan amalga oshiriladi. Aeroport yaqinida aholi yashaydigan uy-joylarni bunyod etmaslik shovqin muammolarining yechilishidan biridir. Aerodromlarning klasslariga qarab ular aholi yashaydigan hududdan 5 kmdan 30 kmgacha masofada bo'lishi zarur. Oraliqda sanitar himoya zonasi bo'lishi kerak.

Inson organizmiga shovqin birinchi navbatda eshitish organlari orqali ta'sir qiladi. Shovqindan eshitish analizatorlari uzluksiz kuchda bo'ladi. 70 dB darajadagi shovqin ravon so'z nutqiga halaqit beradi. Birinchi navbatda odam kuchli ovozni yomon eshitishni boshlaydi, sekin-asta past ovozni ham yomon eshitadigan bo'lib qoladi. Lekin shovqin hammaga bir xil ta'sir ko'rsatmaydi. Ba'zi bir kishilar qattiq shovqindan tezda eshitish qobiliyatini yo'qotsa, ba'zi biri esa, uzoq muddatda ham eshitish qobiliyatini saqlab qoladi. Shovqinning sekin-asta inson organizmiga ta'siri nafaqat eshitish qobiliyatining yomonlashuviga balki, bosh aylanishiga, bosh og'rig'iga, quloq shang'illashiga va tez charchashga olib keladi.

Katta yoshdagi odamlar shovqinga bo'lgan sezgirligi ko'proq bo'ladi. Masalan, 27 yoshgacha 46,3 % odamlar, 28-37 yoshgacha 57,0 %, 38-57 yoshgacha 62,4 %, 58 yosh va undan yuqorilarning 72 % i shovqinni yaxshi sezishadi.

Shovqinning ta'sir darajasi ko'proq aqliy mehnat bilan shug'ullanadigan odamlarda kuchliroq bo'lar ekan.

Shahardagi shovqin ko'proq insonning qon-tomir sistemasiga, xolesterin miqdorining ko'payishiga, yurak ishlashining yomonlashuviga ta'sir ko'rsatadi. Shuningdek, oshqozon osti bezining ishlash funksiyasining buzilishiga, miya aktivligining susayishiga olib keladi.

Yuqoridagi ma'lumotlar o'quvchilarni fizikadan olgan bilimlarini mustahkamlaydi va atrof-muhit haqidagi tasavvurlarini oshiradi deb hisoblaymiz.

TABIAT FANLARINI RIVOJLANISHIDA O`RTA ASRLARDA YASHAGAN ALLOMALARIMIZNING XISSALARI

O`rta asrlarda o`rta osiyoda yashab ijod etgan olimlardan: Muso al-Xorazmiy, Abu Nasr Farobiy, Abu Rayxon Beruniy, Abu Ali ibn Sino, Zahiriddin Muhammad Bobur va boshqalar tabiat fanlarini rivojlanishiga katta hissa qo`shganlar.



Muhammad Muso al-Xorazmiy (782-847). Buyuk alloma 847 yilda «Kitob sur`at al-arz» nomli asarini yozdi. Unda dunyo okeanlari, qit`alar, qutblar, ekvator, cho`llar, tog`lar, daryo va dengizlar, ko`llar, o`rmonlar va undagi o`simliklar hamda hayvonot dunyosi, shuningdek, boshqa tabiiy resurslar –

yerning asosiy boylklari haqida ma`lumotlar keltirilgan.

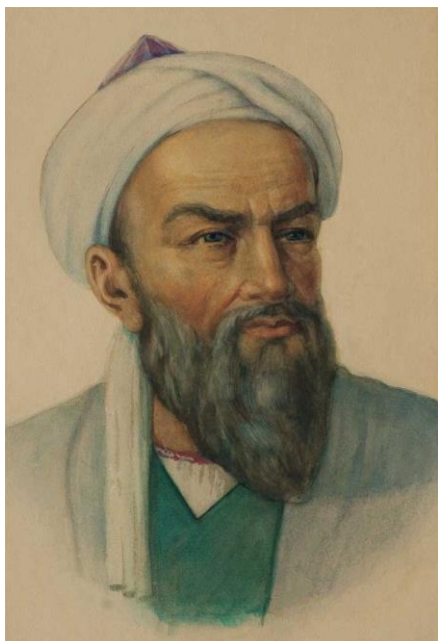


Abu Nasr Farobiy (870-910). Ushbu o`rta osiyo xalqlari ijtimoiy falsafiy fikrining eng yirik va mashhur vakilining ilmiy falsafiy merosi nihoyatda boy. Uning asarlarida tabiatshunoslik ilmi, ilmiy-amaliy faoliyat va hunarmandchilik masalalari yoritilgan.

Farobiyning «Insoniyatning boshlanishi haqida kitob», «Hayvon a`zolari to`g`risida kitob» nomli asarlarida, shuningdek, «Odam a`zolarining tuzilishi» kabi asarlarida odam va hayvonlar ayrim a`zolarining tuzilishi, xususiyatlari va vazifalari haqida, ularning o`xshashliklari va farqlari keltirilgan.

Farobiy tabiiy va inson qo`li bilan yaratiladigan narsalarni ajratgan. U tabiiy narsalar tabiat tomonidan yaratilgan degan xulosaga kelgan. Inson omilining katta

ekanligini, tabiiy va sun`iy tanlash hamda tabiatga ko`rsatiladigan boshqa ta`sirlarni atroflicha baholagan.



Abu Rayhon Beruniy (973-1048). Beruniy koinotdagi hodisalarni taraqqiyot qonunlari bilan narsa va hodisalarning o`zaro ta`siri bilan tushuntirishga urinadi. Olim yerdagi ba`zi hodisalarni quyoshning ta`siri bilan izohlaydi. Uningcha, inson tabiat qoidalariga rioya qilgan holda borliqni ilmiy ravishda to`g`ri o`rgana oldi. Beruniy fikricha, yerdagi o`simlik va hayvonlarning yashashi uchun zarur imkoniyatlar cheklangandir. Lekin, o`simlik va hayvonlar cheksiz ko`payishga intiladi va shu maqsadda kurashadi. «Ekin va nasl qoldirish

bilan dunyo to`lib boraveradi».

Garchi dunyo cheklangan bo`lsada, kunlar o`tishi bilan bu ikki o`sish natijasida ko`payish cheklanmaydi. Agar o`simliklardan yoki jonivorlardan biror xili o`sishiga sharoit bo`lmay, o`sishdan to`xtasa ham boshqalarda bu axvol bo`lmaydi. Ular birdaniga paydo bo`lib, birdaniga yo`qolib ketmaydi. Balki, ularning biri yo`qolsa ham u o`z o`xshashini qoldirib ketadi.

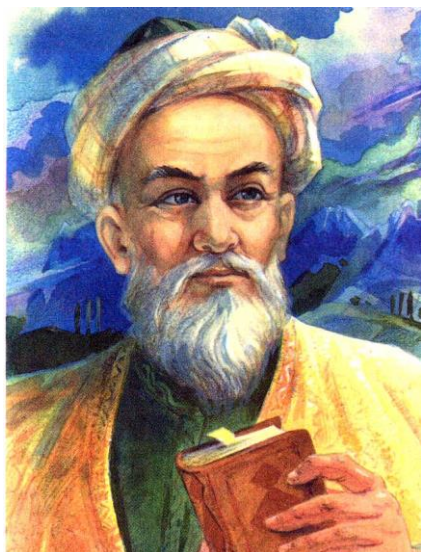
Beruniy asarlarida o`simlik va hayvonlarning biologik xususiyalari, ularning tarqalishi va xo`jalikdagi ahamiyati haqida ma`lumotlar topish mumkin. Beruniyning ilmiy qarashlari asosan uning «Saydana», «Minerologiya», «Qadimgi avlodlardan qolgan yodgorliklar» kabi asarlarida o`z aksini topgan. «Qadimgi avlodlardan qolgan yodgorliklar» asarida o`simliklar va hayvonlarning tashqi muhit bilan aloqasi, ularning xulq atvori yil fasllarining o`zgarishi bilan bog`liq ravishda o`zgarishi misollar bilan tushintirilgan.

Beruniy yer qiyofasini o`zgarishi o`simlik hayvon dunyosining o`zgarishiga, tirik organizmlarning turli hayoti yer tarixi bilan bog`liq bo`lishi kerak deb hisoblaydi. Masalan: qumni kovlab, uning orasidan chig`anoq topish mumkin deydi

alloma. Buning sababi shuki, bu qumlar qachonlardir okean tubi bo'lgan deb xulosa qiladi.

Beruniy «Saydana» nomli asarida 1116 tur dori darmonlarni tavsiflagan. Ularning 750 tasi turli o'simliklardan, 101 tasi hayvonlardan, 107 tasi esa minerallardan olinishi bayon etilgan.

Beruniy o'zining tabiiy, ilmiy kuzatishlari asosida tabiatdagi hodisalar ma'lum tabiiy qonuniyatlar asosida boshqariladi, ularni tashqaridan ta'sir etuvchi har qanday kuch o'zgartirish qobiliyatiga ega emas, degan xulosaga keladi.



Abu Ali ibn Sino (980-1037) jahon madaniyatiga yuksak hissa qo'shgan olimlardan biridir. Uning «Tib qonunlari» shoh asari tibbiyot ilmi tarqalishining oliy cho'qqisi hisoblanadi. Kishi organizmi rivojlanishida tashqi muhit ta'siri muhimligini bilgan alloma ayrim kaslliklar suv va havo orqali tarqalishi haqida fikr bayon etgan. Ya'ni kasallikning yuqishi masalasini hal etishga yaqinlashgan edi.

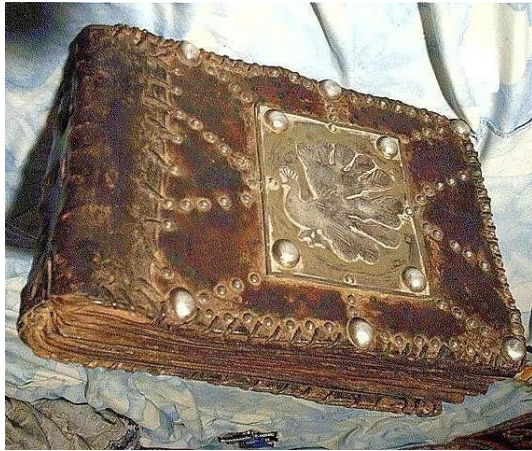
Abu Ali ibn Sinoning falsafiy va tibbiy ilmiy qarashlari uning jahonga mashxur asari «Kitob ash shifo» ya'ni «Davolash kitobi»da bayon etilgan bu asarda materiya, fazo, vaqt, shakl, harakat, borliq kabi falsafiy tushunchalar, shuningdek, matematika, kimyo, botanika, zoologiya, biologiya, astronomiya, psixologiya kabi fanlar haqida fikrlar bayon etilgan.



Zahiriddin Muhammad Bobur (1483-1530)ning nomi aytilganda ko'pchilik uni shoir deb biladi. Ammo, Bobur faqat shoirgina bo'lmay, podshoh, sarkarda, tarixchi, mashshox, ovchi, bog'bon, sayyox va tabiatshunos ham bo'lgan. «Boburnoma» Boburning eng yirik asaridir. Asarda Boburning ko'rgan kechirganlari, yurgan joylarining tabiati,

boyligi, odamlari, urf odatlari, hayvonlari, o‘simliklari va boshqalar tasvirlangan. Unda yer, suv, havo turli xil tabiiy hodisalarga tegishli xalq so‘zlari ko‘plab topiladi.

Agarda biz qadimgi manbalarga murojaat qiladigan bo‘lsak, bundan 2700 yil



ilgari yaratilgan «**Avesto**» kitobining Vendidad qismida turli mavzudagi tarixiy, falsafiy, tibbiy tafsilotlardan parchalar majmui yig‘ilgan. Ayniqsa, tabiatni xarob qilmaslik, atrof muhitni muxofaza qilish, toza tutish, turmush ozodaligi haqidagi hamon o‘z qimmatini yo‘qotmagan maslahatlar, tavsiyalar ko‘p.

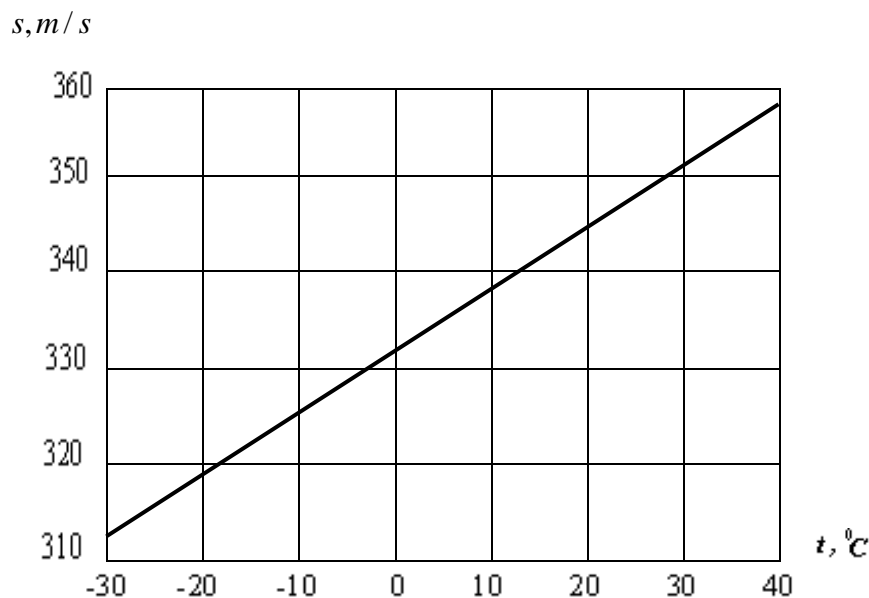
**TOVUSH HODISALARINI O'RGANISHDA, MASALALAR ECHISHDA VA
O'QUVCHILARNING FIKRLASH QOBILIYATLARINI O'STIRISH UCHUN
ZARUR BO'LGAN JADVAL MA'LUMOTLARI**

Havoda tovushning turli haroratlardagi tezligi.

5.1-jadval.

$t, ^\circ C$	s		$t, ^\circ C$	s	
	m/s	km/s		m/s	km/s
-150	216,7	780,1	30	348,9	1256,2
-100	263,7	949,2	50	360,3	1296,9
-50	299,3	1077,6	100	387,1	1393,7
-20	318,8	1147,8	200	436,0	1569,5
-10	325,1	1170,3	300	479,8	1727,4
0	331,5	1193,4	400	520,0	1872,1
10	337,3	1214,1	500	557,3	2006,4
20	343,1	1235,2	1000	715,2	2574,8

Izoh: havoda tovushning tezligi (boshqa gazlarda ham) yuqori haroratlarda ko'tarilib boradi (7-rasm). Yuqori haroratli havoda $1 ^\circ C$ tovushning tezligi $0,59 m/s$.



5.1-rasm. Havoda tovush tezligining haroratga bog'liqligi.

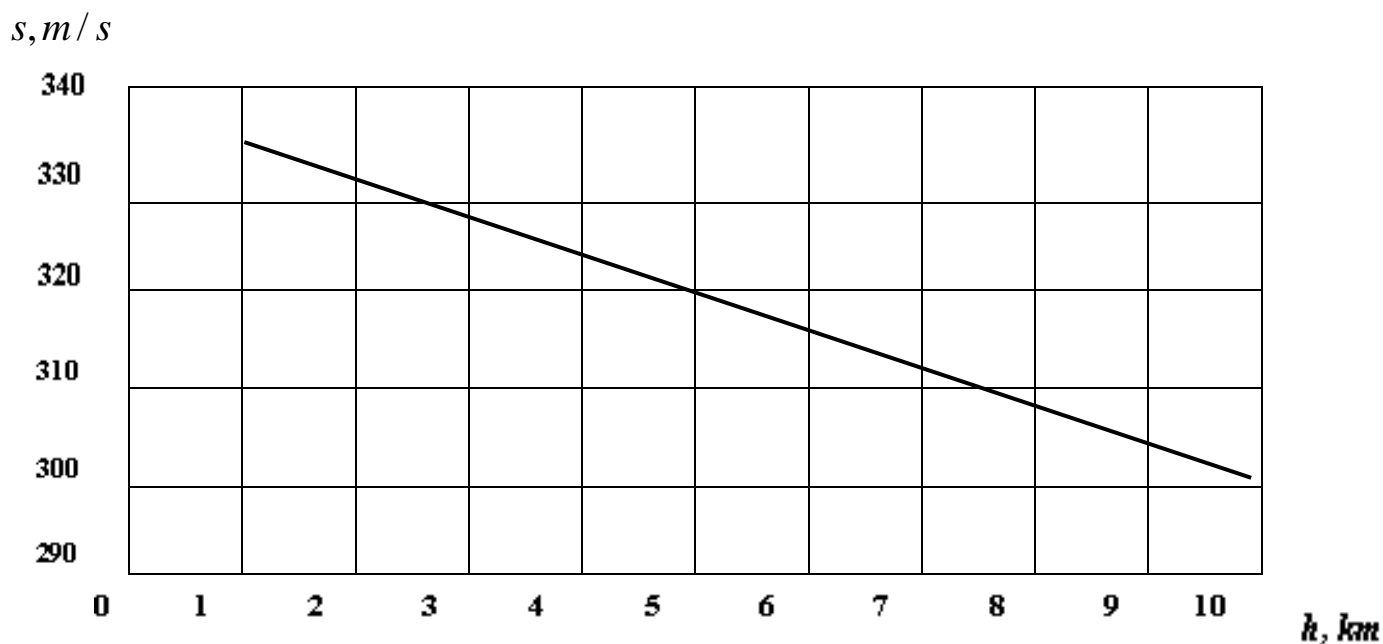
Yerdan turli balandliklarda tovushning tezligi.

5.2-jadval.

H, m	$s, m/s$	h, m	$s, m/s$	h, m	$s, m/s$
0	340,29	500	338,38	5000	320,54
50	340,10	600	337,98	10000	299,53
100	339,91	700	337,60	20000	295,07
200	339,53	800	337,21	50000	329,80
300	339,14	900	336,82	80000	282,54
400	338,76	1000	336,43		

Izoh: jadvalda ko'rsatilayotgan tovush tezliklari yer yuzasidagi havoning hararati va bosimi $15^{\circ}C$ va $101325 Pa$ (760 mm. rt. st.) bo'lgan holatiga nisbatan olingan.

Quyidagi grafikda havoda tovush tezligining balandlikka bog'liqligini
1dan 10 km. gacha masofada ko'rsatilgan.



5.2-rasm. Yer yuzasida tovush tezligining balandlikka bog'liqligi.

Turli qattiq jismlarda tovushning tezligi

5.3-jadval.

<i>Jism</i>	<i>s, m/s</i>	<i>Jism</i>	<i>s, m/s</i>
Olmos	18350	Qarag`ay	5030
Beton	4250-5250	Stearin	1380
Grafit	1470	Optik oyna:	
Dub	4115	flint	4450
Tuz bo`lagi	4400	kron	5220
G`isht	3600	Organik oyna	2550
Muz ($t=-4^{\circ}C$ da)	3980	Shifer	4510
Po`kak	430-530	Qaxrabo	2400

Quyva va metallarda tovushning tezligi ($t=20^{\circ}C$ da)

5.4-jadval.

Quyva yoki metal	<i>s, m/s</i>	Quyva yoki metal	<i>s, m/s</i>
Alyumin	6220	Platina	3960
Duralyumin	6400	Qo`rg`oshin	2160
Temir	5850	Kumush	3600
Oltin	3200	Po`lat	5000-6100
Latun	4280-4700	Rux	4170
Mis	4700	Cho`yan	≈ 3850
Qalay	3320		

Suyuqliklarda tovushning tezligi

5.5-jadval.

Suyuqlik	<i>t, $^{\circ}C$</i>	<i>s, m/s</i>	Suyuqlik	<i>t, $^{\circ}C$</i>	<i>s, m/s</i>
Suyuq azot	-199	962	Kerosin	20	2330
Benzin	17	1170	Suyuq kislerod	-182,9	912
Suv	0	1403	Qalay quyvasi	232	2270
Suv	20	1483	20 % li osh tuzi eritmasi	15	1650
Suv	30	1510	Simob	20	1450
Suv	74*	1555	Qo`rg`oshin quyvasi	330	1790

Suv	100	1543	Spirt	20	1180
Dengiz suvi	20	1490	Efir	25	985
Og`ir suv	20	1400			
Suyuq vodorod	-256	1187			
Suyuq geliy	-269	180			
Glitserin	20	1923			

Izoh: yuqori haroratlarda (suvdan tashqari) ko`pchilik suyuqliklarda tovush tezligi kamayib boradi.

* 74 °C li suvda tovush tezligi eng yuqori bo`ladi.

Bug` va gazlarda tovush tezligi

5.6-jadval.

Gaz	Harorat, °C	Tovush tezligi, m/s	Gaz yoki bug`	Harorat, °C	Tovush tezligi, m/s
Azot	0	334	Suv bug`i	0	401
Azot	300	487	Suv bug`i	100	405
Vodorod	0	1284	Spirt bug`i	0	230
Geliy	0	965	Efir bug`i	0	179
Kislrod	0	316	Xlor	0	206
Uglerod oksidi (IV)	0	260			
Uglerod oksidi (IV)	100	300			

Tovush va ultratovushning turli muhitlardagi to`lqin uzunliklarining tebranish chastotasiga bog`liqligi

5.7-jadval.

ν		λ , sm		
Hz	kHz	Havoda	suvda	po`latda
20		1700	7250	25000
50		680	2900	10000
100		340	1450	5000
200		170	725	2500
	1	34	145	500
	5	6,8	29	100
	10	3,4	14,5	50
	20	1,7	7,3	25

ν		λ , sm		
	50	0,7	2,9	10
	100	0,34	1,5	5
	300	-	0,5	1,7
	500	-	0,3	1
	1000	-	0,15	0,5

Izoh: to'liq tarqalish yo'nalishidagi to'siqning o'lchami to'liq uzunlik bilan teng yoki katta bo'lsa difraksiya yoki to'liqning qaytishi sodir bo'ladi. Bu hodisadan metallarni ultratovushli defektoskopiyasida foydalaniladi. Jadvaldan ko'rinadiki, to'liq uzunlik kichrayishi bilan metaldagi bo'sh joy o'lchamlari ham kamayadi. Masalan, chastotasi 20 kHz bo'lgan ultratovush metal quymasidagi 12,5 sm bo'lgan bo'sh joyni aniqlashga imkon beradi. Agar chastotasi 200 kHz bo'lsa 1-1,3 sm.li, 1 MHz chastotada esa ≈ 1 mm.li bo'sh joyni aniqlashga imkon beradi.

Tovushlarning eshitish diapozoni

Jadvalda ba'zi jonzotlarning eshitish organlari qabul qiladigan elastik muhitdagi mexanik tebranishlarning taxminiy diapazonlari keltirilgan

5.8-jadval.

Eshitish organi qabul qiladigan chastotalar diapozoni, Hz.	Odam	Cigirtka	Qurbaqa
	16-20000*	10-100000	50-30000

* 20000 Hz 20 yoshgacha bo'lgan inson qulog'i qabul qiladigan tebranishlar chastotasining yuqori chegarasi. Bu chegara 35 yoshda taxminan 15000, 50 yoshda 12000 Hz.ni tashkil etadi. Yosh bolalar chastotasi 22000 Hz gacha bo'lgan tovushlarni qabul qila oladilar.

Eshitish organi qabul qiladigan chastotalarning (kHz larda) yuqori chegaralari:

5.9-jadval.

chaykalar..... 8	ko'rshapalaklar..... 150
itlar..... 60	kapalaklar..... 160
mushuklar.... 100	del'finlar..... 200

Tovushning intevsivligi, Vt/m^2

Jadvalda tovush intevsivligining turli hollardagi taxminiy qiymatlari keltirilgan.

5.10-jadval.

Eshita boshlash chegarasi	10^{-12}	Kuchli momaqaldiroq ≈ 1
Qo‘l soatlarining chiqqillashi	10^{-10}	Og‘riq sezila boshlashi, reaktiv dvigatel 10-100
Past ovozda suhbatlashish	$10^{-8} - 10^{-6}$	
Baland nutq	$10^{-5} - 10^{-4}$	
Baland kuylash	10^{-2}	

Amaliyotda qo‘llaniladigan ultratovushlarning chastotalari diapozoni, kHz .

5.11-jadval.

Defektoskopiya	500-5000
Suvda masofalarni o‘lchash (exolotlar) va ob`yektlarni qayd etish (gidrolokatsiya)	18-30
Kasalliklarni davolash	800-1000
Qattiq va mo‘rt materiallarni mexanik qayta ishlash	18-30

Ultratovushning (1 MHz chastotali) metall ichiga kirib borish chuqurligi, m .

5.12-jadval.

Alyuminiy quymasi.....	3,6-4,5
yassilangani.....	6,6-7,5
Po‘lat quymasi.....	4,5-6,0
yassilangani.....	6,6-7,5
Cho‘yan quymasi.....	0,15-0,30

Hashorot va qushlar uchganida qanotlari tebranishlarining chastotalari, Hz

5.13-jadval.

Laylaklar	≈ 2	Chivinlar	300-600
Kapalaklar	9 <i>gacha</i>	Uy pashshalari	190-330
Chumchiqlar	13 <i>gacha</i>	Asal arilar	200-250
Qarg`alar	3-4	Ona asal ari	440 <i>gacha</i>
May qo`ng`izi	≈ 45	Saraton	≈ 100
Kolibri	35-50	Ninachi	38-100

Odam «fizikasi» (tovush parametrlari)

5.14-jadval.

Ovoz quvvati, W:	
shivirlash	$\approx 10^{-9}$
odatdagi nutq, so`zlashuv.....	$\approx 7 \cdot 10^{-6}$
baland ovoz	$\approx 2 \cdot 10^{-3}$
Eshita boshlash chegarasidagi tovush intensivligi, W/m^2	10^{-12}
Og`riq sezila boshlash chegarasidagi tovush intensivligi, W/m^2	10-100
Quloq seza oladigan chastotalar, Hz	1500-4000
Oddiy suhbatlashishda chastotalar diapozoni, Hz:	
erkaklarda	85-200
ayollarda	160-340
Ashula aytish chog`ida tovush paychalarining taxminiy tebranishlari soni, Hz:	
bas	80-350
bariton	110-400
tenor	130-520
soprano	260-1050
bola ovozi	260-1050
koloratur soprano	330-1400
Xonandalar tovush paychalarining uzunligi, sm:	
bas	$\approx 2,5$
tenor	1,7-2,0
soprano	$\approx 1,5$
Ayol tovushining yuqori balandligi (qo`shiq aytayotganidagi), kHz.....	2,35
Inson tanasi to`qimalarida tovush tezligi, m/s	1530-1600

TOVUSH HODISALARINI O'RGANISHDA ZARUR BO'LGAN LUG'AT MA'LUMOTLAR

AKS-SADO – bir to'siqdan qaytib, kuzatuvchi qabul qiladigan to'lqin

AKUSTIK GOLOGRAFIYA – tovush maydonlarini yozib olish, qayta hosil qilish va o'zgartirishning interferentsiyaviy usuli

AKUSTIK ZOND – tovush bosimini o'lchaydigan qurilma

AKUSTIK IMPUL'S – bosimning keskin qisqa muddatli o'zgarishi tarzidagi tovush to'lqini (masalan, portlash, uchqun razryad hosil qilgan tovush to'lqini)

AKUSTIK YIG'UVCHI – tovush jadalligini oshirish uchun ishlatiluvchi qurilma

AKUSTIK KANAL – tovush signallarini tovush va ultratovush to'lqinlar yordamida uzatuvchi qurilmalar va fizikaviy muhitlar majmuasi

AKUSTIK LINZA – tovush to'lqinlarini fokuslash qurilmasi

AKUSTIK SOYA SOHASI – uzoqdagi qudratli manbalardan keluvchi tovush eshitilmaydigan, lekin shu vaqtning o'zida bu sohadan uzoqroq masofalarda tovush yana paydo bo'ladigan soha

AKUSTIK SPEKTROSKOPIYA – moddada tarqalayotgan turlicha takroriylikni tovush to'lqinlarining fazaviy tezligini va yutilish koeffitsientini o'lchash usullari majmui

AKUSTIK FILTR – murakkab tovushdan muayyan takroriyliklar sohasidagi tovushni ajratib olish qurilmasi

AKUSTIKA – yunoncha *akustikos* – eshitaman – fizikaning tovush hodisalarini o'rganuvchi bo'limi

GIDROAKUSTIK ANTENNA – fazaviy tanlama nurlanishni yoki tovushni suv muhitda qabul qilishni ta'minlovchi qurilma

GIDROAKUSTIKA – yunoncha *hydor* – suv va akustika – tovush to'lqinlarining suvda tarqalishini o'rganuvchi akustika bo'limi

GIPERTOVUSH – o'ta yuqori takroriylikni (10^9 Gertsdan yuqori) qayishqoq to'lqinlar

DEFEKTOSKOPIYA – lotincha *defectus* – yetishmovchilik va yunoncha *skopeo* – qarayman, kuzataman – materiallar, ashyolar va buyumlarning tuzilishidagi nuqsonlarni ularni buzmasdan aniqlashning fizikaviy usullari va vositalari majmui

BEL (B) – energiya yoki quvvatlar nisbatining logarifmi bilan o'lchanadigan birlik

DETSIBEL (dB) – belning o'ndan bir qismi

MIKROFON – yunoncha *mikros* – kichik va *phone* – tovush tebranishlarini elektrik tok yoki kuchlanish tebranishlariga aylantiruvchi, havoda tarqaluvchi to'lqinlar qabul qilgichi

MUSIQIY AKUSTIKA – musiqani eshitish va ijro qilish bilan bog`liq bo`lgan ob`ektiv fizikaviy qonuniyatlar o`rganiladigan akustika sohasi

MUHIT – jismlar yoki zarralar harakatlanadigan hamda to`lqinlar tarqaladigan fizikaviy muhitlarning umumiy nomi

TOVUSH – gazsimon, suyuq yoki qattiq muhitda elastik to`lqinlarining tarqalishi hamda shu to`lqinlarning eshitish a`zosi tomonidan fiziologik qabul qilinishi

TOVUSH BALANDLIGI – muayyan tovushni eshitish taassurotini ifodalovchi hamda uning jadalligi, takroriyligi va tebranishlari shakliga bog`liq bo`lgan kattalik

TOVUSH BALANDLIGI SATHI – o`lchanayotgan tovush kabi balandlik hissini beruvchi 1000 Hz takroriylikni sof tonning (detsibellarda) tovush bosimi sathi

TOVUSH BOSIMI – barqaror tovush maydonidagi jismga ta`sir qiluvchi vaqt bo`yicha o`rtacha bosim

TOVUSH DISPERSIYASI – sinusoidal tovush to`lqinlari fazaviy to`lqin takroriyligiga bog`liqligi

TOVUSH DIFRAKSIYASI – tovushning to`lqin tabiati tufayli uning tarqalishida geometrik akustika qonunlaridan chetlashishi

TOVUSH KAPILYAR SAMARA – suyuqliklarning ultratovushlar ta`sirida kapilyarlar va tor tirqishlarga anomal chuqur kirishi

TOVUSH KO`RISH – akustik to`lqinlar vositasida buyumlarning optik ko`rinadigan tasvirlarini o`soil qilish

TOVUSH KUCHI – akustik to`lqin uning tarqalish yo`nalishiga tik yuzachadan olib o`tadigan quvvatning shu yuzacha sathiga nisbati

TOVUSH MAYDONI – fazoning tovush to`lqinlari tarqalayotgan elastik muhit bilan to`lgan sohasi

TOVUSH REFRAKSIYASI – tovush tezligi koordinataga bog`liq bo`ladigan nobirjins muhitlarda tovush to`lqinlari yo`nalishining o`zgarishi

TOVUSH TARQATGICHLARI – gazsimon, suyuq va qattiq muhitlarda tovush to`lqinlarini uyg`otishga mo`ljallangan qurilmalar

TOVUSH TAXLILI – murakkab tovush signalini qator oddiy tashkil qiluvchilarga ajratish

TOVUSH TEZLIGI – elastik to`lqinning ko`ndalang kesim shakli o`zgarishsiz qolgan holda uning muhitda ko`chish tezligi

TOVUSH TEZLIGIGA YAQIN TEZLIKDA OQISH – gazlarning zarralari tovushning mahalliy tezligiga yaqin tezliklar bilan harakatlanib oqishi

TOVUSH TEZLIGIGACHA TEZLIKDA OQISH – qaralayotgan barcha sohada muhitning harakat tezligi tovushning shu sohadagi tarqalish tezligidan kichikligicha qoladigan oqish

TOVUSH TO‘LQINI – tutash muhitda kichik amplitudali mexanik tebranishlarning tarqalishi

TOVUSH TO‘LQINI IMPULSI – berilgan hajmdagi tovush maydoniga oid harakat miqdori

TOVUSH TO‘LQINLARINI KO‘RINADIGAN QILISH – tovush maydonini tavsiflovchi kattaliklar taqsimlanishining ko‘rinuvchi manzarasini hosil qilish usuli

TOVUSH QABUL QILGICHLAR – tovush signallarini qabul qilish hamda o‘lchash, uzatish, qayta hosil qilish, yozib olish yoki tahlil qilish maqsadlarida ularni o‘zgartirish akustik asboblari

TOVUSH QUVVATI – biror vaqt oralig‘i davomida tovushning tarqalish yo‘nalishiga tik biror sirt bo‘lagidan tovush to‘lqini olib o‘tadigan energiya

TOVUSHNI PARDALASH – tovush halaqitlari ta‘sirida tovush signalining eshutilish bo‘lagini oshirish

TOVUSHNI YUTISH – tovush to‘lqini energiyasining boshqa tur energiyalarga, xususan issiqlikka qaytmas o‘tishi hodisasi

TOVUSHNING MAHALLIY TEZLIGI – tovushning berilgan oqim kesimidagi parametrlari holida gazda tarqalish tezligi

TOVUSHNING SOCHILISHI – tovushning muhitdagi to‘siqlarda, uning bir jinshliklarida, shuningdek muhitning notekis va nobirjins chegaralarida difraksiyasi tufayli qo‘shimcha tovush maydonlarining vujudga kelishi

TOVUSHNING SO‘NISHI – tovush to‘lqini amplitudasi va, demak, jadalligi uning tarqalishi jarayonida kamaya borishi

TON – muayyan yuksaklikdagi akustik signal yoki tovush

TOR – zichligi uzunligi bo‘yicha tekis taqsimlangan ingichka, qayishqoq, tarang tortilgan ip, tola

TO‘LQIN – fizikaviy maydon xossasiga ega bo‘lgan biror fizikaviy kattalik o‘zgarishlarining fazoda tarqalishi

ULTRATOVUSH – tovush to‘lqinlarining takroriylikidan yuqori takroriylikka ega qayishqoq to‘lqinlar

FIZIKA – tabiat hodisalarining eng sodda va eng umumiy qonuniyatlarini, materiya xossalarini va tuzilishini hamda uning harakati qonunlarini o‘rganuvchi fan

FON – yunoncha *phone* - tovush- 1) tovush qattiqligi darajasi birligi; 2) qayd qiluvchi signalga hamroh bo‘luvchi halaqitlar

XABAR – signal - o‘rganilayotgan voqeaning sodir bo‘lganligini qayd qilish uchun yoki aloqa tarmog‘i orqali axborotni uzatish uchun xizmat qiluvchi biror fizikaviy kattalik, belgi

CHASTOTA – takroriylik, chastota

SHOVQIN HARORAT – radioqabul qurilmalarida issiqlik shovqinlari quvvati o‘lchovi bo‘lgan kattalik

EXOLOT – suv havzalarini chuqurligini aniqlash asbobi; zondlovchi tovush signali jo‘natilgandan keyin tubdan qaytgan aks-sado signali qabul qilgan paytgacha o‘tgan vaqtni o‘lqash orqali amalga oshiriladi

ESHITISH BO‘SAG`ASI – tovush to‘lqinining eshitish taassuroti vujudga keladigan eng kichik jadalligi

YASHIN – bulutlar yoki bulut bilan Er orasida sodir bo‘ladigan g`oyat kuchli elektrik razryad

MASALALAR

Masala yechish namunalari:

1-masala. Kamerton bilan suvda hosil qilingan to‘lqin bir qirg‘oqdan $s = 200$ m masofadagi ikkinchi qirg‘oqqa $t = 125$ s da etib kelgan. Agar suv to‘lqinining qirg‘oqqa urilish chastotasi $\nu = 0,4$ Hz bo‘lsa, uning to‘lqin uzunligi λ topilsin.

Berilgan: $s = 200$ m; $t = 125$ s; $\nu = 0,4$ Hz = $0,41/s$

Topish kerak: $\lambda = ?$

Yechilishi: To‘lqinning uzunligi λ uning tarqalish tezligi v va chastotasi bilan quyidagi bog‘lanishga ega:

$$\lambda = \frac{v}{\nu}.$$

Bunda to‘lqinning tarqalish tezligi $v = s / t$. Binobarin:

$$\lambda = v/\nu = s / \nu t = \frac{200m}{0,4 \frac{1}{c} \cdot 125c} = \frac{200m}{50} = 4 m.$$

Javob: $\lambda = 4$ m.

2-masala. Cho‘yanda tovushning tarqalish tezligini birinchi marta frantsuz olimi Bio quyidagicha aniqlagan. Cho‘yan quvurning bir uchida zang urildi, bunda quvurning ikkinchi uchidagi kuzatuvchiga ikkita tovush: dastlab cho‘yan bo‘ylab kelgan bir tovush, bir oz vaqtdan keyin havo bo‘ylab kelgan ikkinchi tovush eshitildi. Quvurning uzunligi $s = 930$ m, etib kelgan tovushlar vaqtining farqi $\Delta t = 2,5$ s bo‘lsa, tovushning cho‘yanda tarqalish tezligi v topilsin. Tovushning havoda tarqalish tezligi $v_0 = 340$ m/s.

Berilgan: $s = 930$ m; $\Delta t = 2,5$ s; $v_0 = 340$ m/s.

Topish kerak: $v = ?$

Yechilishi: Tovush bir jinsli muhitda to'g'ri chiziqli tekis tarqalganligi uchun, uning tarqalish masofasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$s = \nu t.$$

Bundan tovushning havoda tarqalish vaqti $t_0 = \frac{s}{\nu_0}$, cho'yanda tarqalish vaqti esa $t =$

$\frac{s}{\nu}$ bo'ladi. Masala shartiga ko'ra $\Delta t = t - t_0$ bo'lganligi uchun:

$$\Delta t = t_0 - t = \frac{s}{\nu_0} - \frac{s}{\nu}$$

$$\frac{s}{\nu} = \frac{s}{\nu_0} - \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{s - \nu_0 \Delta t}{\nu_0}$$

Bundan tovushning cho'yanda tarqalish tezligi ν quyidagiga teng bo'ladi:

$$\nu = \nu_0 \frac{s}{s - \nu_0 \Delta t} = 340 \text{ m/c} \frac{930 \text{ m}}{930 \text{ m} - 340 \text{ m/c} \cdot 2,5 \text{ c}} = 3952 \text{ m/c}.$$

Javob: $\nu = 3952 \text{ m/s}.$

3-masala. Tovush havodan suvga o'tganida uning to'liqin uzunligining necha o'zgarishini λ / λ_0 topilsin. Tovushning havoda tarqalish tezligi $\nu_0 = 340 \text{ m/c}$, suvda tarqalish tezligi esa $\nu = 1450 \text{ m/c}$.

Berilgan: $\nu_0 = 340 \text{ m/c}$; $\nu = 1450 \text{ m/c}$.

Topish kerak: $\lambda / \lambda_0 = ?$

Yechilishi: Ma'lumki to'liqinlar qanday muhitda tarqalishidan qat'iy nazar, ularning chastotasi ν yoki davri T o'zgarmaydi. Binobarin, to'liqinlarning har xil muhitda tarqalish tezligi ν va to'liqin uzunligi λ o'zgaradi.

To'liqinning uzunligi λ uning bir davri T ga teng vaqtda tarqalgan masofasiga teng, ya'ni:

$$\lambda_0 = \nu_0 T \quad \text{va} \quad \lambda = \nu T.$$

Bundan izlanayotgan λ / λ_0 nisbat quyidagiga teng bo'ladi:

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{v_0} = \frac{1450 \text{ m/s}}{340 \text{ m/s}} = 4,26.$$

Javob: Suvda tovush to'lqinining uzunligi havodagidan $\lambda / \lambda_0 = 4,26$ marta katta ekan

4-masala. Tenorda (baland erkak ovozida) kuylagan qo'shiqchining ovozi havoda 130 dan 520 Hz gacha chastotada tebranadi. Havoda tovush to'lqinlarining maksimal va minimal uzunligini aniqlang. Havodagi tovush tezligi 330 m/s.

Berilgan: $v_1 = 130 \text{ Hz}$, $v_2 = 520 \text{ Hz}$, $v = 330 \text{ m/s}$

Topish kerak: $\lambda_1 = ?$ $\lambda_2 = ?$

Yechilishi: Tovush to'lqinining uzunligi $\lambda = \frac{v}{\nu}$ formula orqali hisoblanishidan kelib chib maksimal va minimal to'lqin uzunliklari uchun quyidagi formulani yozamiz:

$$\lambda_1 = \frac{v}{\nu_1} \quad \lambda_2 = \frac{v}{\nu_2}$$

Ushbu formulalarga berilgan qiymatlarni qo'yib hisoblaymiz.

$$\lambda_1 = \frac{v}{\nu_1} = \frac{330}{130} \approx 2,5 \text{ m}$$

$$\lambda_2 = \frac{v}{\nu_2} = \frac{330}{520} \approx 0,6 \text{ m}$$

Javob: $\lambda_1 = 2,5 \text{ m}$ $\lambda_2 = 0,6 \text{ m}$

5-masala. Ebonitda tovush tezligi 2400 m/s, g'ishtda esa 3600 m/s. Ovoz signalining qaysi moddada tarqalishi ko'proq vaqtni oladi? Necha marta?

Berilgan: $v_1 = 2400 \text{ m/s}$, $v_2 = 3600 \text{ m/s}$

Topish kerak: $\frac{t_1}{t_2} = ?$

Yechilishi: To‘lqinning tarqalish tezligi $u = \frac{S}{t}$ ekanligidan bir xil masofani bosib o‘tish uchun sarlangan vaqtlarini nisbatini olamiz buning uchun ikkala to‘lqin uchun $S_1 = v_1 t_1$ va $S_2 = v_2 t_2$, $S_1 = S_2$ deb olganimiz uchun tengliklarni o‘ng tomonin ham tenglab olamiz: $v_1 t_1 = v_2 t_2$ ifodani nisbat ko‘rinishga o‘tkazsak

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Berilganlarni formulaga qo‘yib hisoblaymiz;

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{3600}{2400} = 1.5 \text{ marta}$$

Javob: ebonitda ko‘proq, 1,5 marta.

MUSTAQIL YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Qayerda tovushning tezligi katta: havodami yoki temirdami? Tovush vakuumda tarqalishi mumkinmi?
2. Ba`zan biz eshikni ochayotib, g`ichirlagan tovushni eshitamiz. Bu tovushning hosil bo`lishi qanday tushuntirish mumkin? eshikning roli qanday?
3. Muhitning qanday xossalari tovush tezligini aniqlaydi? Buni havo va suv misolida tushuntiring.
4. Tovushning aniq muhitda, masalan, havoda tarqalish tezligi nimaga bog`liq?
5. Nima uchun poyezd yaqinlashayotganini bilish uchun relslarga quloq tutiladi?
6. Oyga meteorit tushdi. Yerdagi sezgir asboblari qancha vaqtdan keyin portlash tovushini qayd qiladi?
7. Agar tebranayotgan kamerton oyoqchasi stol ustiga qo`yilsa, uning tovushi ancha baland eshitiladi. Nima uchun?
8. Tovush chiqarayotgan kamertonni oldin qo`lda tutib turiladi, so`ngra oyoqchasi bilan stolga suyab qo`yiladi. Qaysi holda tovush tezroq to`xtaydi va nima uchun?
9. Odam qulog`i 1,5-3 kHz diapozondagi tovushlarga juda sezgir. Agar tovushning tezligi 340 m/s bo`lsa, ushbu diapozon uchun to`lqin uzunligini aniqlang
10. Tovush havoda 0,5 kHz tebranish chastotasida 330 m/s tezlik bilan tarqaladi. Tovushning tarqalish yo`nalishida bir xil fazalarda tebranuvchi eng yaqin ikki nuqta orasidagi maofani toping.
11. Agar muhitda tovush to`lqinlari 500Hz tebranish chastotasida 340 m/s tezlik bilan tarqalsa, u holda muhitning o`zaro 17 sm masofada turgan ikki zarrasining tebranishlaridagi faza farqi nimaga teng? Zarralar to`lqin tarqalayotgan chiziqda yotibdi.
12. Agar avtoruchkaning qopqog`ini olib, uning ochiq uchi oldida puflansa, hushtak tovushini eshitamiz. Uning hosil bo`lish sababini tushuntiring.
13. Avtoruchka qopqog`ining uzunligi 5,5 sm (12-masala shartiga qarang). Hosil bo`ladigan tovushning chastotasi qanday?

14. Kamertonning tebranish chastotasi 1,38 gHz. Kamerton tebranuvchi qismining uzunligi nimaga teng? Tovushning tezligi 332 m/s.

15. Temperatura pasayganda kamerton chiqaradigan tovushning chastotasi qanday o'zgaradi?

16. Ayni bir chastotali tovush to'liqining havodagi uzunligi suvdagiga nisbatan 4,25 marta, g'ishtdagiga nisbatan 10,7 marta kam. Tovushning suvda g'ishtda tarqalish tezligini aniqlang. Tovushning havoda tarqalish tezligi 340 m/s ga teng deb oling.

17. Tovush havodan po'latga o'tayotganda chastota, tebranish davri va to'liqin uzunligi qanday o'zgaradi? Tovushning po'latdagi tezligi 5000 m/s.

18. Agar tovushning suvda tarqalish tezligi 1500 m/s, exolotdan yuborilgan javob signali esa 1,6 sekunddan keyin qabul qilingan bo'lsa, dengizning chuqurligini aniqlang.

19. Katta o'lchamdagi mahsulotlarning nuqsonlarini (defekt) aniqlash uchun ultratovushdan foydalaniladi. Agar birinchi qaytgan signal $8 \cdot 10^{-6}$ s dan keyin, ikkinchisi esa $2 \cdot 10^{-5}$ s dan keyin qabul qilingan bo'lsa, alyuminiydan yasalgan detalning nuqsoni qanday chuqurlikda aniqlangan? Detalning balandligi qanday? Tovushning alyuminiyda tarqalish tezligi 510 m/s.

20. Odam momaqaldiroq tovushini chaqmoq chaqqandan keyin 9 s o'tgach eshitdi. Razryad qanday uzoqlikda sodir bo'lgan?

21. Kuzatuvchidan 4,5 km masofada chaqmoq chaqdi. Momaqaldiroq tovushi chaqmoq chaqqandan keyin qancha vaqt o'tgach eshitaladi?

22. Okean tubining rel'efini o'rganuvchi kema 36 km/soat tezlik bilan suzmoqda. Chuqurlikni o'lchashdagi kema harakati bilan bog'liq bo'lgan xatolik qanday (foizlarda)? 3000 m chuqurlikda xatolik nimaga teng?

MASALALARNING JAVOBLARI

1. Temirda; yo‘q. 2. Ilgaklarning (oshiq-moshiqlarning) metal sirtidagi ishqalanishidan tovush hosil bo‘ladi. Eshik kattaroq sirtga ega bo‘lgani uchun tebranishlarni kuchaytiradi. 3. Elastiklik kuchlari. 4. Temperatura va bosimga bog‘liq. 5. Tovush to‘lqini rels bo‘yicha tarqalib, uning sirtidan qisman ichkariga qaytadi va shunday qilib, tovush intensivligi havodagi sferik to‘lqinga nisbatan sekinroq kamayadi. Bu erda rels tovush o‘tkazuvchi rolini bajaradi. 6. Tovush eshitilmaydi. 7. Kamerton tebranishlari o‘ziga nisbatan juda katta bo‘lgan stol sirtiga uzatiladi. 8. Stolga engashtirilgan kamertonning tebranishi tezroq so‘nadi, chunki stol sirtini tebranishga keltirish uchun kamerton energiyasi sarf bo‘ladi. 9. 22,7 sm – 11,3 sm. 10. 0,66 m. 11. $0,5\pi$ rad. 12. Qopqoqda havo ustuni tebranishlari hosil bo‘ladi. 13. 1545 Hz. 14. 6 sm. 15. Ortadi. 16. 1445 m/s; 3638 m/s. 17. ν va T o‘zgarmaydi; λ 14,7 marta ortadi. 18. 1200 m. 19. 2,04 mm; 5,1 mm. 20. 3 km. 21. 13,2 s. 22. $2 \cdot 10^{-3} \%$; 6 sm.

LABORATORIYA ISHI

HAVODA TOVUSH TO‘LQININING UZUNLIGINI VA TEZLIGINI REZONANS TRUBA YORDAMIDA ANIQLASH

Fazoda vaqtga bog‘liq holda tarqaluvchi tebranishlar *to‘lqin* deb ataladi.

Bir davr davomida tebranishlar tarqaladigan masofa *to‘lqin uzunligi* deb ataladi.

To‘lqin tarqalayotgan muhitning bir to‘lqin uzunligi joylashadigan ikki nuqtasi bir xil faza bilan tebranishiga ishonch hosil qilish mumkin. Shuning uchun bir xil faza bilan tebranuvchi nuqtalar orasidagi masofa ham to‘lqin uzunligi deb ataladi.

Bir davr davomida λ masofaga siljishi sababli, uning tezligi

$$\nu = \frac{\lambda}{T} \quad (1)$$

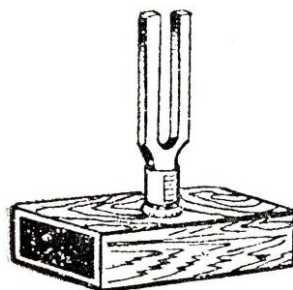
formula bilan ifodalanadi. Bu erda T – tebranishlar davri. Quyidagi

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (2)$$

Kattalik to‘lqin chastotasi deb ataladi.

Chastotasi 17-20 dan 20 000 Hz gacha bo‘lgan to‘lqinlar eshitish organlariga ta‘sir qiladi. Bunday to‘lqinlar *tovush to‘lqinlari* deb ataladi.

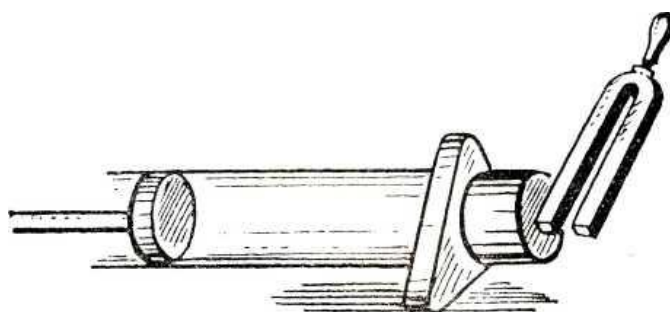
Tovush manbai sifatida kamertondan foydalanaylik (1-rasm).



1 - rasm.

Kamerton shoxchalariga rezina bolg`acha bilan ursak, ular tebranma harakatga keladi. Tebranuvchi shoxchanning bir tomoni unga yopishib turgan havo qatlamini siqadi, ayni paytda uning ikkinchi tomoni havoni siyraklantiradi. Havoning bunday zichlanishlari va siyraklanishlari vaqt o‘tishi bilan navbatlashib to‘lqin ravishda ikkala tomonga tarqaladi va eshitish organlariga yetib kelgach, unda bosimning davriy tebranishlarini yuzaga keltiradi.

Kamerton shoxchasi bir tomonida porshen bo‘lgan trubaning ochiq og`zi yaqinida tebranma harakatga keltirilgan bo‘lsin (2-rasm).



2 - rasm.

Kamertondan chiqqan tovush to‘lqinlari trubaga kirib, porshen devoridan qaytadi. Trubaga kirayotgan va porshendan qaytgan to‘lqinlar qarama-qarshi

yoʻnalishda tarqaladi. Natijada porshen ichidagi havo ustunining har bir qismida trubaga kirayotgan va porshendan qaytgan ikki toʻlqin uchrashadi.

Agar biror nuqtada fazalari bir xil boʻlgan tebranishlar qoʻshilsa, tebranishlar amplitudasi ikki marta ortadi (doʻnglik), qarama-qarshi fazali tebranishlar qoʻshilsa, bu nuqta tinch holatda qoladi (tugun). Tarqalayotgan va qaytgan toʻlqinlarning qoʻshilishi natijasida fazoda siljimaydigan toʻlqin hosil boʻladi. Bunday toʻlqinlar *turgʻun toʻlqinlar* deb ataladi. Qoʻshni tugunlar (yoki doʻngliklar) orasidagi masofa tarqalayotgan toʻlqin uzunligining yarmiga teng. Bu masofa *turgʻun toʻlqin uzunligi* deyiladi.

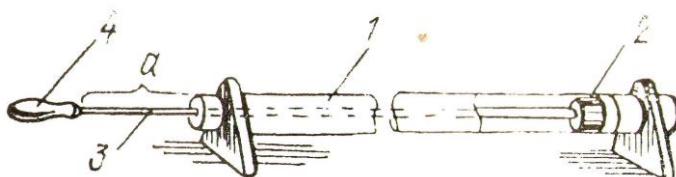
Porshenni u yoki bu tomonga surib, trubadagi havo ustunining uzunligini tanlash mumkin. Kamerton tovushi porshenning shunday holatida kuchayadiki, bunda havo ustunining uzunligi *turgʻun toʻlqin*ning toq son yarim toʻlqin uzunligiga teng boʻladi. Bu holda trubaning ochiq uchida doʻnglik hosil boʻlib, tovush kuchayadi. Porshenning tovushni kuchaytiruvchi ikki ketma-ket kelgan vaziyatida trubadagi havo ustunlarining a_1 va a_2 uzunliklari ayirmasiga bitta *turgʻun toʻlqin* toʻgʻri keladi. Tarqaluvchi toʻlqinning uzunligi esa ikkita *turgʻun toʻlqin* uzunligiga teng:

$$\lambda = 2(a_2 - a_1) \quad (3)$$

$$\lambda = a_1 + a_2. \quad (4)$$

Mazkur ishda tovush toʻlqinining uzunligi va tezligi rezonans truba porshenining vaziyatini tovushni kuchaytiradigan qilib tanlash orqali aniqlanadi.

Rezonans truba yupqa devorli bir uchi ochiq yoki karton truba *1* dan iborat boʻlib, uning diametri 40 - 50 mm, uzunligi 900 mm boʻladi (3-rasm).



Truba ichidagi sterjen 3 ga dasta 4 li porshen 2 oʻrnatilgan. Porshen yumshoq shaybaga ega boʻlib, truba devorlariga zich tegib turadi va sterjen bilan birgalikda siljiydi. Sterjen oʻlchami shunday tanlanganki, porshen trubaning ochiq uchiga borib yetganda sterjen dastasi uning qarama-qarshi tomoniga tegadi. Sterjenni siljitib va dastadan truba chetigacha boʻlgan masofani oʻlchash orqali porshendan trubaning ochiq uchigacha boʻlgan havo ustuni uzunligini aniqlash mumkin.

Ishning maqsadi: toʻlqin hodisalar, tovush toʻlqinlari, turgʻun toʻlqinlar bilan tanishish. Tovush toʻlqinining uzunligini va tezligini aniqlashni oʻrganish.

Asbob va materiallar: rezonans truba, chastotalari 400 va 600 Hz ga yaqin boʻlgan ikkita kamerton, kamertonni tebratish uchun rezina bolgʻacha, santimetrli oʻlchov lentasi, uy termometri.

Ishni bajarish tartibi

1. Daftaringizga havoning haroratini yozib qoʻying.
2. Rezonans truba porshenini u trubaning ochiq uchiga kelguncha siljiting. Rezina bolgʻacha bilan 600 Hz ga yaqin chastotali kamertonni urib tovush chiqaring.
3. Kamertonni trubaning ochiq uchi yaqiniga keltiring. Porshenni asta-sekin siljitib, birinchi maksimal tovush eshutilishiga erishing. Shu vaziyatda dastadan truba uchigacha boʻlgan a_1 masofani oʻlchov lentasi yordamida aniqlang.
4. Kamertonni rezina bolgʻacha bilan uring. Kamerton tovush chiqarishining ikkinchi maksimal holatigacha porshenni siljitishda davom ettiring. Shu vaziyatda dastadan truba uchigacha boʻlgan a_2 masofani oʻlchang.
5. (3) va (1) ifodalardan tovushning λ toʻlqin uzunligini va ν tezligini

aniqlang.

6. Tajribani 3 - 4 marta takrorlang.

7. Xatolikni hisoblang.

8. Natijalarni quyidagi jadvalga yozing:

Tajriba raqami	$a_1,$ <i>mm</i>	$a_2,$ <i>mm</i>	$\lambda,$ <i>mm</i>	$\lambda,$ <i>mm</i>	$\Delta\lambda,$ <i>mm</i>	$\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$	$\nu,$ <i>m/s</i>	$\nu,$ <i>m/s</i>	$\Delta\nu,$ <i>m/s</i>	$\Delta\nu,$ <i>m/s</i>	$\frac{\Delta\nu}{\nu}$

9. Topilgan kattaliklarni quyidagicha yozing:

$$\lambda = \lambda \pm \Delta\lambda; \quad \nu = \nu \pm \Delta\nu.$$

10. 400 Hz ga yaqin chastotali kamerton bilan tajribani takrorlang.

11. Tajribada aniqlangan tovush tezligi kattaligini tajriba o'tkazilgan xona harorati uchun jadvaldagi qiymat bilan taqqoslang.

Savol va topshiriqlar

1. Qanday to'liqlarga ko'ndalang va bo'ylama to'liqlar deyiladi?

2. To'liq uzunligi, chastotasi va uning tarqalish tezligi o'rtasidagi bog'lanishni yozing.

3. Qanday to'liqlar tovush to'liqlari deyiladi?

4. Tovushning qattiqligi nima? Tonning balandligi qanday baholonadi?

5. Kamertonning tebranish chastotasi 440 Hz. Kamertondan chiqayotgan tovush to'liqlarining havodagi va suvdagi to'liq uzunligi qanday? Havoda tovushning tarqalish tezligi 0°C haroratda 332 m/s, suvda esa 1400 m/s.

QO'SHIMCHA O'QISH UCHUN

TOVUSH VA RADIOTO'LQINLAR

Uyda gurunglashib televizorda berilayotgan kino yoki sport eshittirishini tomosha qilishni, ko'chada ketayotib, radiodan maroqli muzika eshitishni, uzoqdagi yaqin kishisi bilan telefon orqali gaplashishni kim istamaydi, deysiz? Bu ham maroqli, ham vaqtixushlik keltiradi kishiga. Xo'sh, bunda fizikaning qanday o'ri bor?

Bu hodisa aslida kishilarning o'zaro gaplashishlari, qushlarning sayrashini eshitish jarayonida vujudga kelgan. Kishi so'zlaganda, qushlar sayraganda yoki tovush chiqarilganda ular havoga urilib tebranadi va quloqqa chalinadi.

Demak, bunday aloqalar tebranish jarayonida vujudga keladi.

Tebranma jarayon radiotexnika fanida asosiy o'rinda turadi. Tebranishlar bir bir necha turga bo'linadi.

Mexanik tebranishlar	Chastota Hz	Elektr tebranishlar
Infratovushlar	10	Texnik o'zgaruvchi toklar
Eshiriladigan tovushlar	10^2	Tovush chastotali toklar
Ultratovushlar	$10^3 - 10^5$	Uzun radioto'lqinlar
	10^6	O'rta uzunlikdagi radioto'lqinlar
		Qisqa radioto'lqinlar
	10^7	Ultraqisqa to'lqinlar
	10^8	Detsimetrli va santimetrli
	$10^9 - 10^{10}$	radioto'lqinlar
Issiqlik tebranishlar		Millimetrli radioto'lqinlar
	10^{11}	
	$10^{12} - 10^{13}$	Infraqizil nurlar
Atom va molekulalardagi tebranishlar	10^{14}	
	10^{15}	Ko'zga ko'rinuvchi yorug'lik
	10^{16}	Ul'trabinafsha nurlar
	$10^{17} - 10^{18}$	Rentgen nurlari
	10^{21}	Gamma nurlar
	10^{22}	Kosmik nurlar

Radio aloqa davriy ravishda o'zgarib turuvchi elektromagnit jarayonlar tufayli amalga oshiriladi. Telefon va mikrafonlarning membranalari, dinamiklarning diffuziori esa mexanik tebranma harakat qiladi. Magnitafon kallaklaridagi oraliqlarda magnit maydoni intensivligining tebranishlari va boshqa bir qancha asbob-uskunalarda tebranma harakatlar turlicha namoyon bo'ladi. Ko'rinib turibdiki, tebranishlar olami nihoyatda keng.

Tebranishlar jonli organizmlarda ham juda yaxshi taraqqiy etgan. Ba'zi jonivorlar (masalan, ko'rshapalak) o'zlari tarqatgan ultratovush tebranishlari asosida o'z yo'llarin bexato topib harakatlanadilar.

Yuqoridagi jadvalga bir nazar tashlang.

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, tovushlar olami 10 gers chastotadan boshlanadi. Past chastotali tebranish elektr akustik va boshqa asboblarda, 50-60 gers chastotali tebranish esa, yoritish tarmoqlarida foydalaniladi.

$10^3 - 10^{11}$ gersli chastotalar asosan radioto'lqinlardir.

Molekula va atomlardagi tebranishlar eng yuksak chastotali mexanik tebranish hisoblanadi. Ular ultrabinafsha va rentgen nurlari hosil qiladi. Gamma nurlar va kosmik nurlar esa hozirda eng yuksak chastotali elektromagnit to'lqinlardir. Elektromagnit to'lqinning tarqalish tezligi yorug'likning tarqalish tezligiga teng, ya'ni 300000 km. elektromagnit to'lqinlarini hosil qilish va uni tarqatishda tebranish zanjiri hamda antennalardan foydalaniladi.

ISHLAB CHIQARISHDAGI SHOVQINGA QARSHI KURASH VA HIMOYALANISH VOSITALARI

Shovqinning inson organizmiga ta'siri. Shovqin xar hil chastota va tezlikka ega bo'lgan tovushlar yig'indisi bo'lib inson organizmiga noxush ta'sir etadi.

Sukunatni buzadigan yoki foydali tovush eshitishga halaqit beradigan har qanday tovushlar - **shovqin** deb ataladi.

Biror bir manba ta'siridan har qanday kattiq suyuq va gazli muhitdagi tebranma harakat - **tovush** deb ataladi.

Shovqin odamning ishlash qobiliyatiga salbiy ta'sir etadi. Shovqin ta'sirida diqqat-e'tiborning va reaksiya tezligining pasayishi avariyalarga olib kelishi mumkin. Inson tez charchaydi, qon bosimini oshiradi, ish qobiliyatini pasaytiribgina qolmay, qarilik hamda markaziy asab tizimini buzilishining asta sekin rivojlanishiga sabab bo'lishi mumkin.

Davomli shovqin ta'sirida insonning eshitish qobiliyati pasayib borib, hattoki kar bo'lib qolishi mumkin. Shovqin avvalo insonning markaziy asab tizimiga ta'sir etib, balki yurak - tomir tizimini va oshqozon faoliyatini buzilishi, uning ko'rish, fikrlash qobiliyatini pasaytiradi va charchashini tezlashtirib, jarohatlanishga olib keladi.

Yuqori chastotali shovqin ishlovchilarga ayniqsa yomon ta'sir qiladi. Jadallik shovqin (95-100 dB) uzoq vaqt ta'sir etganda ayrim ishchilarning boshi og'riydi yoki aylanadi, uning o'zi qattiq charchaydi, tez jahli chiqadi. Keyinchalik eshitish qobiliyati kasallanadi (quloq bitib qoladi, eshitish qobiliyati pasayadi va hokazo). Uzoq vaqt ta'sirida ishchilarni organizmi, asosan, markaziy asab tizimini faoliyati buziladi. Odam holsizlanadi, qo'llarida og'riq paydo bo'ladi (ayniqsa, dam olayotganda, tunda). Barmoqlar tomiri tortishib, uyushib qolishi, sovuqda esa qo'llar ko'karib, og'rishi mumkin.

Shovqin va tebranishning ta'sir darajasi uning kuchiga, chastotasiga, ta'sir davomliligiga va qaytalanib turishiga bog'liq.

Tovush to'lqinlari. Muhitda tebranma harakatning tarqalish jarayoni **tovush to'lqini** deyiladi. Tovush to'lqinining tarqalish tezligi (tovush tezligi) muhitning fizik xossasiga bog'liq.

Tovush to'lqinlari tarqalayotgan muhit **tovush maydoni** deb ataladi. Kundalik hayotimizda tebranma va to'lqinli harakatning turli xillarini uchratish mumkin. Masalan: suv yuzasidagi to'lqin harakati; cholg'u asbobidagi torning tebranma to'lqini; radioto'lqinlarining tarqalishi va hakazo.

Tovushning asosiy ko'rsatkichlari - tezligi, tovush bosimi, jadalligi chastota ko'rsatkichlaridir.

To'liqlik harakatning asosiy xususiyati - to'liqlik uzunligidir. Bu tovush to'liqlinining havoda 17 m dan 1,7 sm uzunligiga teng.

Tovush to'liqlinining xossaligidan biri chastotasi. O'rtacha odamning eshitish chegarasi tovush to'liqlinining chastotasi 20 dan 20000 Hz oralig'ida bo'ladi. Agar tovushning tebranish chastotasi 20 Hz dan kichik bo'lsa, infratovush deb ataladi, agar uning chastotasi 20000 Hz dan katta bo'lsa - ultratovush deyiladi. Infratovush manbalari: porshenli kompressorlar, ventilyatorlar, ichki yonuv dvigatellar. Infratovushlar katta masofaga tarqaladi va to'sish choralari unga ta'sir etmaydi.

Ultratovushni asosiy manbalariga: mexanik ishlov berish, tozalash, payvandlash, texnologik jarayonlarini jadallashtirish kiradi.

Spektor - bu tovush to'liqlinining tebranish chastotasi. Uni tovushga va shovqinni tavsiflash uchun bilishi zarur.

Tovush to'liqlinining energiyasi $I_0 = 10^{-12} \text{ Vt/m}^2$, 1000 Hz-li chastotada, tovush bosimi $R_{o.o'r} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ ga teng.

Tovushning eshitish organlarida og'riqlik paydo qilish chegarasi 140 dB

Tovushning asosiy fizik kattaliklari va birliklari. Tovush jadalligi deb birlik yuzaga tushayotgan **tovush quvvatiga** aytiladi. Tovush jadalligi vektor kattalik bo'lib, uning o'lchami Vt/m^2 dir.

Tovushning fizikaviy kuchi – tovush to'liqlinlarining energiyasi (Vt/m^2), tovushning bosimi (Pa) bilan xarakterlanadi. Inson qulog'i qabul qila oladigan eng kichkina kuchga ega bo'lgan tovushga eshitishning boshlanishi deb aytiladi. Inson qulog'i og'riqsiz qabul qila oladigan eng katta kuchga ega bo'lgan tovushga og'riqlik bilan eshitishning boshlanishi deb aytiladi va mana shu o'rtalikda eshitish chegarasi mavjuddir. Inson organizmiga shovqinning subyektiv ta'sirini baholash uchun shovqin darajasi tushunchasi kiritilgan bo'lib, u katta B-bilan belgilanib xalqaro birlik bo'lgan **Bell** da o'lchanadi. Agar eshitishning boshlanishini 0 dB deb baholasak, unda og'riqlik, bilan eshitishning boshlanishi 130-140 dB ga tengdir. Tovushning fiziologik ta'siri uning faqat kuchiga emas balki chastotasiga ham bog'liq, chunki insonning eshitish qobiliyati har xil chastotali tovushlarda birday emas.

1000-4000 Hz chastotasiga ega bo'lgan tovushlar hammadan yaxshi qabul qilinadi. Darajasi bir xil bo'lib, har xil chastotaga ega bo'lgan tovushlar bir xil qabul qilinmaydi. Shuning uchun shovqin balandligi birligiga fon qabul qilingan.

Qabul kilayotkan tovush kuchini taqqoslashtirishni osonlashtirish uchun, tovush balandligining o'lchov birligi - fon kiritilgan, shartli ravishda eshitilayotgan tovush kuchi tebranish chastotasi 1000 Hz va jadallik darajasi 1 dB qabul qilingan.

Ishlab chiqarishda turli xil spektrli va sur'at darajasi tovushlar bo'ladi. Tovush spektrlarini shartli ravishda:

past chastotali – 380 Hz gacha;

o'rtacha chastotali – 380-800 Hz

yuqori chastotali – 800 Hz dan yuqoriga ajratilgan.

Shovqinning chastotaviy tarkibi yuqori bo'lgan sari uning odam oganizmiga zararli ta'siri oshib boradi. Ko'p vaqt davomida yuqori darajadagi shovqin ostida odamning qulog'i kasallikka duchor bo'lishini ehtimoli katta.

Sanitariya meyorlarida SanPin № 0120 -01 va SanPin № 0122 -01 ga ko'ra shovqinning ruxsat etilgan miqdor darajasi aniqlangan bo'lib, u tovushning chastotasiga bog'liqdir va 8 oktavadagi chiziqlar orqali izohlanadi.

Bularga: 63,125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz li chastotalar kiradi. Misol uchun 250 Hz chastota uchun shovqin darajasi 91dB dan oshmasligi kerak. 1000 Hz bo'lganda shovqin darajasi -85db va 4000 Hz - 81dB h.k.

Tovush bosimining kattaligi, tovush kuchi va tovush manbaining tovush quvvati juda katta chegaralarda o'zgaradi. Shu sababli ularni absolyut ko'rsatkichlarining kattaligini qo'llash murakkab bo'lganligi sababli texnik akustikada ularni baholash uchun nisbiy logarifmik birlik - detsibel qabul qilingan.

Shovqinni yo'qotishda va undan saqlanishda qo'llanadigan turli tadbir-choralar, masalan, harakatlanuvchi qismlar podshipniklari holatini o'z vaqtida tekshirish, moylash, detallar tutashgan joylarda bo'shliq bo'lmasligi, zarba bilan ishlaydigan qismlarni yo'q qilish, aylanuvchi qismlarni muvofiqlashtirish, mexanizmlarning qobiqlar va to'siqlari qurilmalari mustahkam o'rnatilganligini tekshirib turish ishlab chiqarishda katta ahamiyatga ega.

Kishining eshitish organi tovush o'zgarilishini sezibgina qolmasdan, tovush jadalligi va tovush bosimining o'sishini aniqlaydi. Shuning uchun ham tovushning miqdoriga baho berilayotganda fakatgina tovush jadalligi hisobga olibgina qolmasdan, balki tovushni to'la darajasi hisobiga olinadi.

Ishchilarni shovqin ta'siridan himoyalash. Ishlab chiqarish korxonalarida ishchilarni shovqin ta'siridan himoyalashning quyidagi turlari mavjud.

- shovqinni manbaylarini kamaytirish;
- shovqinni tarqalish yo'llarini to'sish;
- shaxsiy himoya vositalaridan foydalanish;
- tashkiliy chora-tadbirlar yordamida kamaytirish.

Shovqin manбайдan kamaytirish uchun texnik tadbirlar qo'llaniladi. Misol uchun zarbali jarayonlar - zarbsiz jarayonlar bilan almashtiriladi, sharikli podshipniklar sirpanuvchi podshipniklar bilan almashtiriladi, tasmali uzatmalar - ponasimon tasmali uzatmalarga o'zgartiriladi, bundan tashqari dastgohlarni o'z vaqtida ta'mirlab turish ham zarur. Muntazam ravishda moylab turish ham o'z ta'sirini ko'rsatadi.

Shovqinni kamaytirish uchun ularni izolyatsiya, to'suvchi va yutuvchi tadbirlar o'tkaziladi. Bularga to'suvchi konstruktsiyalar, kabinetlar, qobiqlar ham kiradi.

Shovqin chiqaradigan dastgohlarni binodagi alohidagi xonalariga o'rnatib, shu xonani bir yoki ikki qavatli shisha bloklaridan devor o'rnatiladi va zichlangan eshik o'rnatiladi.

Ko'p shovqin chiqadigan mexanizmlar, qismlar, alyumin qotishmalar, shisha plastinkalardan tayyorlangan qobiqlar bilan birlashtirilishi kerak.

Qobiq va xonalarni tovushdan izolyatsiyalash maksadida tovush yutuvchi materiallar bilan qoplab chiqiladi. Shu tadbir chastotalar doirasida tovush bosimi darajasini 15- 20 dB ga pasaytiradi.

Tovush yutuvchi materiallar (qoplamalar) sifatida akustik plitalar va g'ovak to'ldiruvchi teshik - teshik (perfoliyatsiyalangan) konstruktsiyalar kiradi. Akustik plitalarni purkagich yordamida suvli buyoqlar bilan yupqa qilib, bo'yashga ruxsat etiladi.

Keyingi vaqtida shovqinni pasaytirish maksadida xonalarni shar, kub, prizma va boshqa shakldagi donali tovush yutkichlar ko'llaniladi. Ular shovqin darajasini 5-6 dB ga pasaytiradi.

Shovqinga karshi qurashni eng oddiy va tejamli vositalardan biri - ekranlar. Ular yordamida mexanika sexlarida, kompressor va boshqa jihozlardan chiqayotgan shovqindan himoyalashda foydalaniladi. Ekranlar shisha tolasi qoplangan metallardan iboratdir. Bunda asosiy sershovqin tsexlarni ishlab chiqarish maydonining chekka tomonlariga joylashtirish maqsadga muvofiqdir. Sershovqin tsexlarni boshqa tsexlardan tovush o'tkazmaydigan to'siqlar bilan himoyalash kerak. Sexlarning eshik va derazalari tovush o'tkazmaydigan yoki kamroq o'tkazadigan maxsus materiallardan tayyorlangan bo'lishi kerak.

Xizmat ko'rsatuvchi ishchilarga shovqinni ta'sirini kamaytirish maqsadida shaxsiy himoya vositalari qo'llaniladi. Ularga tashqi antifonlar (quloqchinlar), ichki antifonlar (turli vkladishlar, paxtali bo'laklar, g'ovakli probkalar va h.k.) kiradi. Quloqqa tig'iz o'rnatilgan vkladishlar va quloqchinlar yuqori chastotali shovqinni 15-30 dB ga pasaytiradi.

Ishlab chiqarishda shovqinga qarshi kurashga oid tashkiliy tadbirlarga ratsional mehnat va dam olish, davolash va sanitariya profilaktika tadbirlari, dastlabki va davriy meditsina ko'riklarini o'tkazishlar ham kiradi.

Titrashning inson organizmiga ta'siri. Shovqin - bu havo muxitining tebranishidir.

Tebranish (titrash) va chayqalish deb asbob-uskunalar, mashinalar, quvurlarning yoki jamiki qattiq materiallarning titrashiga aytiladi. Bu hodisa asbob-uskunalar notekis o'rnatilganda vujudga keladi.

Tebranish shovqinga nisbatan markaziy asab tizimiga kuchliroq ta'sir o'tkazib, yurak, qon-tomir tizimiga va shuningdek tananing muvozanat a'zolariga salbiy ta'sirini ko'rsatib, kasb kasalligi bo'lgan tebranish yoki titrash kasalligini vujudga keltiradi. Bu kasallikning belgilari quyidagicha: odamning tez charchab qolishi, boshi aylanishi va og'rishi, ko'z nurining kamayishi, qon bosimining ko'tarilishi, tana va ba'zi a'zolarining titrashi, qo'l bo'g'imidagi o'zgarishlar.

Umumiy tebranish esa asbob-uskunalarining ishlashi natijasida vujudga kelgan titrash pol, o'tirgichlar orqali insonning butun tanasiga beriladi. 6-9 Hz chastotaga ega bo'lgan umumiy tebranish ancha xavfli hisoblanadi. Sababi inson ichki organizmi chastotasi ham yuqorida ko'rsatilgan chastotaga tengdir.

Tebranishlar quyidagi parametrlar bilan xarakterlanadi: tebranish tezligi V (m/s), tebranish amplitudasining quloq kengligi A (m), tebranish chastotasi (Hz) tebranish tezlanishi (m/s^2).

Xuddi shovqin kabi tebranishning ham inson qabul qila oladigan chastota spektrlari mavjud bo'lib, ular quyidagicha aniqlanadi:

1, 2, 4, 8, 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000 Hz.

Tebranish (titrash)dan himoyalani. Tebranishga qarshi kurashishni mashina va mexanizmlar, texnologik jarayonlarni loyihalashning dastlabki bosqichlarida boshlash kerak. Korxonada bosh rejasini tuzganda, albatta titrashga qarshi ba'zi chora-tadbirlar ko'rib qo'yilgan bo'lishi kerak.

Shovqin va tebranishga qarshi kurashishda texnologik jarayonlarni to'g'ri tanlash, ya'ni jarayonda ishtirok etayotgan mashina va mexanizmlarning minimal kuch bilan ishlashini ta'minlash muhim ahamiyatga ega. Moslama va mexanizmlarni sifatli yig'ish, kuzatib borish, tuzatish ishlarini rejali bajarish shovqinning kamayishiga olib keladi. Shu maqsadda amaliy dalillar asosida tashkiliy va texnik tadbirlar ishlab chiqarilgan. Ular quyidagilardan iborat: texnologik jarayondan sershovqin va tebranish kuchli bo'lgan mashina va mexanizmlarni chiqarib tashlash, shovqin manbasi bo'lgan mashina, sexlarning ayrim xonalarga joylashtirish, sershovqin tsexlarni alohida ajratib joylashtirish, kuchli tebranishga ega bo'lgan sershovqin mexanizmlarni uzoqdan turib boshqarish tizimini qo'llash, shaxsiy muxofaza vositalaridan keng foydalanish va boshqalar.

Asosiy texnik tadbirlarga quyidagilar misol bo'la oladi: tebranuvchi mexanizmlarning poydevori asosiy konstruktsiya va kommunikatsiya tizimlaridan himoya qilinishi, tebranuvchi mexanizm va asos o'rtasiga elastik to'siq o'rnatish, asos yuzasini tebranishni yutuvchi rezina materiallar bilan qoplash, sershovqin

mashina va mexanizmlarning harakatlantiruvchi qismlari tovushini to'sadigan maxsus g'ilof bilan himoyalash va h.k.

Ish joylari, asbob-uskunalar va qurilish konsruksiyyalarini mashina mexanizmlar hosil kiladigan tebranish ta'siridan saqlashning ijobiy usullaridan biri tebranishning to'siqlash usulidir. Bu maqsadda mexanizm va asos o'rtasida elastik element o'rnatiladi. Tebranish "to'siqlari", amortizatorli po'lat prujina, rezina va boshqa elastik materiallardan tayyorlanadi. Po'lat prujinadan tayyorlangan amortizatorlar uzoq vaqt xizmat qilishi bilan birga yuqori tebranishdan himoyalaydi. Ammo uzoq tebranish energiyasining tezda yo'q qilishini ta'minlay olmaydi. Shuning uchun ham prujina ustiga o'rnatilgan mexanizmlardan tebranish tezda so'nmaydi, tebranish ma'lum vaqtgacha davom etadi. Bu ayniqsa rezonans rejimi bo'lganda seziladi. Rezinadan tayyorlangan amortizatorlar prujina amortizatorlaridan farq qilib, ichki ishqalanish koeffittsenti katta bo'lganligi sababli tebranishni tezda so'ndiradi. Shuning uchun ham ularning birga qo'shib ishlatish foydali deb hisoblanadi.

Dunyodagi barcha narsalar odam uchun yaratiladi. Shu jumladan odamlarning yaxshi madaniy dam olishi, yaxshi hordiq chiqarishi, ya'ni musiqa, teatr, kino hamda ma'ruzalarni aniq, tiniq eshitishi uchun zal tipidagi binolarda me'yoriy akustik (arxitekturaviy va qurilish akustikasi) sharoit yaratilishi lozim. Tovush odamlarga ijobiy va salbiy ta'sir etishi mumkin.

DUNYODAGI ENG SOKIN (TINCH) JOY

Yevropa olimlari "sukunat-oltin" deb aytishadi. AQShning Minnesota shtatida shunday sokin xona borki, odam bu joyda qisqagina vaqt bo'la oladi xolos. Xona tashqi tovushlarning 99,99 foizini to'sadi va bunday jimlikka hech kim 45 daqiqadan ko'proq chiday olmaydi.

Ginnesning rekordlar kitobiga kiritilgan dunyodagi eng sokin joy Janubiy Minnipolisda, Orfild laboratoriyasida (Orfield Laboratories) joylashgan. Ideal

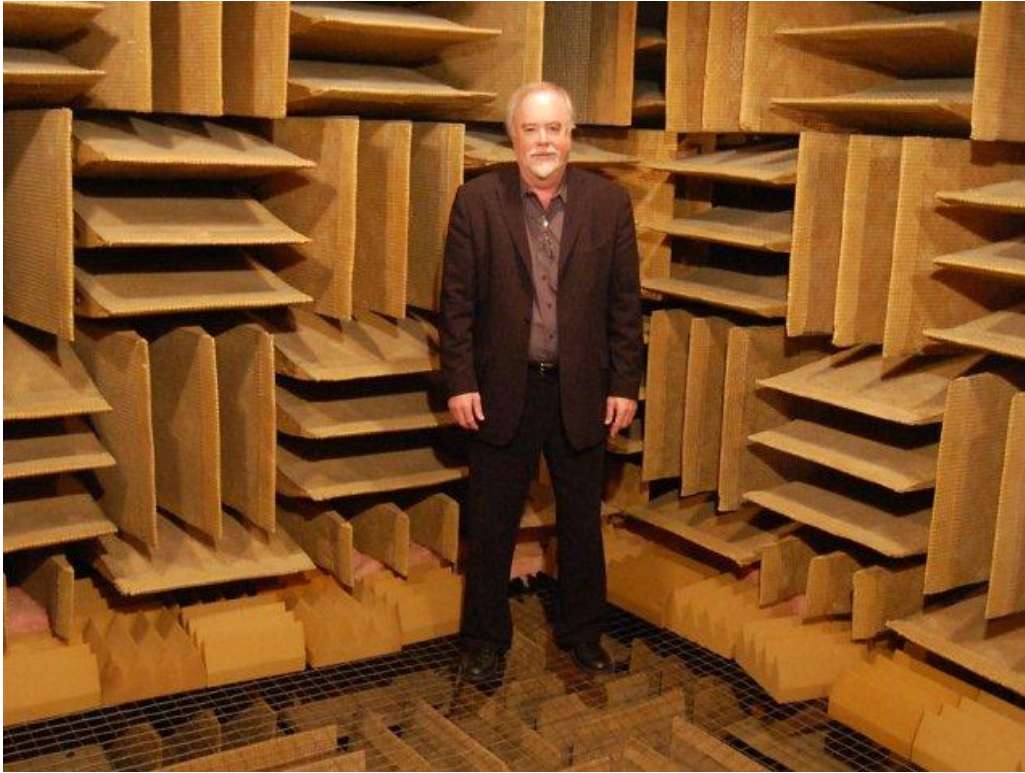
sukunatga erishish uchun xonani bir metrli shisha tolali akustik platformalar, ikki qavatli 30 sm qalinlikdagi izolyatsiyalangan po‘lat va betondan yasalgan devorlar bilan qoplangan.



"Xona qanchalik sokin bo‘lsa, shuncha ko‘p tovushlarni eshitasiz. Siz yurak urayotganini, ba’zida o‘pkangiz qimirlayotganini yoki oshqozoningiz shitirlashini eshitishni boshlaysiz. Aks-sadosiz xonada sizning o‘zingiz tovush manbaiga aylanasiz", - deya tushuntiradi kompaniya prezidendi Stiven Orfild.

Orfildning aytishicha, xonaning ideal tinchligi diqqatingizni juda chalkashtirib yuboradi va sizni bir joyda o‘tirishga majbur qiladi. Biz yurganimizda eshitadigan tovushlarga qarab harakatlarimizni nazorat qilamiz. Sokinlik kamerasida sizda muvozanat va manevr qilishga imkon beradigan hech qanday ishora (signal) yo‘q. Agar siz bu yerda yarim soatdan ko‘proq qolib ketsangiz, stulda qimirlamay o‘tirganingiz ma’qul.

Bu kamera ko‘plab ishlab chiqaruvchilar tomonidan yurak klapanlari, uyali telefon displeyi ovozi, avtomobil boshqaruv paneli kabi o‘z mahsulotlarining ovozi balandligini tekshirish, shuningdek, Ovoz sifatini aniqlash uchun foydalaniladi.



Odam uchun bunday xona og'ir sinov bo'lishi mumkin. Bir necha daqiqadan so'ng, siz tovushlarning yo'qligiga ko'nikasiz va tobora zaif tovushlarni eshita boshlaysiz. Bunday holat odamning asab tizimiga kuchli ta'sir qilishi mumkin. Shuning uchun NASA astronavtlari, suv bilan to'ldirilgan idish joylashtirilgan xonada mashq qildiriladi, sokinlikda bir muncha vaqt o'tgach, gallyutsinatsiyalar sodir bo'la boshlaydi, chunki inson tanasi o'rta darajadagi shovqinli tovushlarga moslashgan va tanamiz tovush chiqarishga harakat qiladi.

Chiroqlar o'chirilganida, odam sokinlik xonasida eng uzoq bardosh bera olgan vaqt - 45 daqiqa. Laboratoriya hodimlari atigi yarim soat chidab tura oladilar. Laboratoriya rahbarining so'zlariga ko'ra, bu yerda - odamni chalg'itadigan narsa shovqin emas, balki sukunatdir.

Qo‘shimcha o‘qish uchun tavsiya etilayotgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. Исмоилов М., Юнусов М.С. Элементар физика курси. Т.: Ўқитувчи, 1990 й. 368-377 бетлар.
2. Элементарный учебник физики. Под редакцией академика Г.С. Ландсберга. Том III, 55-66 ст. М.: Наука, 1971.
3. Демкович В.П., Демкович Л.П. Физикадан масалалар тўплами. Т.: Ўқитувчи, 1974 й. 134-140 бетлар.
4. Ёш физик энциклопедик луғати. Т.: Ўзбек энциклопедияси Бош редакцияси, 1989-й. 310-313 бетлар.
5. У ким. Бу нима. Болалар энциклопедияси. Ўзбек энциклопедияси Бош редакцияси, III том, 1988-й. 125-126 бетлар
6. <https://valenteshop.ru/uz/istochniki-zvuka-zvukovye-kolebaniya-zvuk-zvukovye-volny/>
7. <https://coppershop.ru/uz/manikyur/dinamicheskie-harakteristiki-zvuka-sa-zvukovye-volny-obshchaya-teoriya-zvuka.html>
8. <https://www.belstu.by/Portals/0/userfiles/62/LR-8-Issledovanie-urovnej-shuma-i-zvukoizoliruyuschihsvojstv-ograzhdenij.pdf>
9. https://mf.bmstu.ru/info/faculty/kf/caf/k6/learn/labs/lab_mec/lab_16.pdf
10. <http://diss.seluk.ru/m-fizika/1015452-1-kafedra-fiziki-opredelenie-skorosti-zvuka-vozduhe-metodom-stoyachih-voln-metodicheskie-ukazaniya-laboratornoy-rabote-18-razd.php>
11. <https://youtu.be/mXVGIb3bzHI>
12. <http://staff.tiame.uz/storage/users/371/presentations/GDl6thDdRgibOMzLOJ8GJRjqgpgop9AxeoyfEI32.pdf>

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Axmadjonov A., Nosirov M., Ro'qulov A. Fizika va elektronika asoslari. –Т.: “O'zbekiston davlat konservatoriyasi”, 2008
2. Абдуллаев О. Сизни физика қизиқтирса... . Т.: Ёш гвардия, 1976.
3. Битко Н.Д. Физика. 1 ва 2- қисмлар. Т.: Ўқитувчи, 1973.
4. Бударина С.А., Исроилов А.А. Физикадан лаборатория машғулоти. Т.: Ўқитувчи, 1993.
5. Ванеев А., Дубицкая Э, Ярунина Е. 10-синфда физика ўқитиш. –Т.: Ўқитувчи, 1976.
6. Гладкова Р.А., Кутиловская Н.И. Физикадан савол ва масалалар тўплами. Т.: Ўқитувчи, 1988.
7. Энохович А.С. Справочник по физике и технике. М.: Просвещение, 1989.
8. Ёш физик энциклопедик луғати. Т.: Ўзбек энциклопедияси Бош редакцияси, 1989.
9. Alijanov D.A., Zaxidov I.O. 6-sinf fizika fanida tovush hodisalarini o'qitish orqali ta'lim samaradorligini oshirish yo'llari. Scientific Journal Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences-Т.: 2021 VOLUME 1 | ISSUE 3 424-432 б.
10. Исмоилов М., Халиулин М.Г. Элементар физика масалалари. Т.: Ўқитувчи, 1993.
11. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. -М.: Наука. 1971. Т.3.
12. Махкамova D., Sangirova Z. Fizika o'quv fanidan majburiy standart nazorat ishlarini o'tkazish bo'yicha tavsiyalar. Toshkent, Respublika ta'lim markazi. 2006.
13. Путилов К.А. Физика курси. II том. Т.: Ўқитувчи, 1968.
14. Тожибоев Ш.Ж. ва бошқалар. “Экология асослари”дан амалий машғулоти (Услубий кўрсатма). Наманган, 2006.
15. Turdiyev N.Sh. Fizika. Umumta'lim maktablarining 6-sinfi uchun darslik. Т.: Niso Poligraf, 2019.

16. Turdiyev N.Sh. va boshqalar. Fizika. Umumta`lim maktablarining 10-sinfi uchun darslik. T.: Niso Poligraf, 2017.
17. Habibullayev P., Nazirov e., Otajonov Sh., Nazirov D. Fizika izohli lug`ati. T.: O`zbekiston milliy ensiklopediyasi, 2002.
18. Юсупов А. 6-синфда физика ўқитиш (Методик тавсиялар). Т.: Ўқитувчи, 2001.
19. Красилников В. А., Звуковые и ультразвуковые волны в воздухе, воде и твёрдых телах, М., 1960; Челд Г., Звук, пер. с англ., М, 1975.
20. Пиримжаров М. Архитектура физикаси. Маърузалар матни. Нукус-2006.
21. Turg'unboeva X. Akustika bo'limida tovush hodisalarini o'qitish metodikasi. ВМІ. Farg'ona-2018.
22. То'uchiev N.J. Bino va inshootlar konstruktsiyasi. –Т.: “Voriz nashriyot” MChJ 2010.
23. Кикоин А.К., Шамаш С.Я., Эвенчик Э.Е. Механик тебранишлар ва тўлқинлар. Ўқитувчи, 1988.

MUNDARIJA		
So‘zboshi		3
I.	Umumiy o‘rta ta‘lim maktablarining fizika kursi 6-sinfi darsligidagi tovush hodisalari uchun berilgan materiallar	
1.1- §.	Tovush manbalari va uni qabul qilgichlar.....	6
1.2- §.	Tovushning turli muhitlarda tarqalishi.....	10
1.3- §.	Tovush kattaliklari.....	12
1.4- §.	Tovushning qaytishi. Aks-sado.....	15
1.5- §.	Musiqiy tovushlar va shovqinlar. Tovush va salomatlik. Me‘morchilikda tovush.....	17
Nazorat savollari.....		
II.	Akustika	
2.1- §.	Tovush fizik hodisadir. Tovush to‘lqinlarining tarqalishi.....	22
2.2- §.	Tovush intensivligi.....	29
2.3- §.	Tovushlarning chastotasi va tarkibi.....	36
2.4- §.	Doppler hodisasi.....	44
2.5- §.	Tovush-psixofiziologik hodisadir. Tovushni sezish mexanizmi.....	46
2.6- §.	Tovushning yuksakligi va tembri.....	53
2.7- §.	Ultratovushlar.....	61
	Tovush hodisalarini o‘qitishda ekologiya bilimlaridan foydalanish uchun tavsiya etilayotgan ma‘lumotlar	67
	Tabiat fanlarini rivojlanishida o‘rta asrlardagi allomalarimizning xissalari	70
	Tovush hodisalarini o‘rganishda, masalalar yechishda va o‘quvchilarning fikrlash qobiliyatlarini o‘stirish uchun zarur bo‘lgan jadvalli ma‘lumotlar	74
	Tovush hodisalarini o‘rganishda zarur bo‘lgan lug‘at ma‘lumotlar	81
	Masalalar	84
	Mustaqil yechish uchun masalalar.....	88
	Masalalarning javoblari.....	90
	Laboratoriya ishi	90
	Qo‘shimcha o‘qish uchun.....	95
	Qo‘shimcha o‘qish uchun tavsiya etilayotgan adabiyotlar ro‘yxati.....	106
	Foydalanilgan adabiyotlar.....	107

АЛИЖАНОВ ДИЛМУРОД АЪЗАМЖОН УГЛИ
ЗАХИДОВ ИБРОХИМЖОН ОБИДЖОНОВИЧ

ПРЕПОДОВАНИЯ ЗВУКОВЫХ ЯВЛЕНИЙ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛАХ

(НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ)

Рецензенты: Тожибоев Ш. к.б.н., профессор-НамГУ, Исманова О. Ph.D
ф-м. ф. доцент- НамГУ, Нуриддинова М. к.ф-м.н. доцент- НамИТИ.

Методические пособие обсужден на учебно-методическом совете
Наманганского государственного университета и рекомендован к публикации.
Протокол №3 от «20» октября 2021г.

АННОТАЦИЯ

Настоящее пособие посвящено изучению раздела курса физики «Звуковые явления» в общеобразовательных школах, а также уделено особое внимание всестороннему приобретению знаний учащихся о звуке посредством изучения физики.

Пособие предназначено для учителей физики средних общеобразовательных школ, профессионально-технических коллежей и академических лицеев, магистрантов и студентов обучающихся по направлению физика в высших учебных заведениях, полезно для тех, кто интересуется данным направлением, а также для учителей музыки.

ALIZHANOV DILMUROD AZAMZHON UGLI
ZAKHIDOV IBROKHIMZHON OBIDZHONOVICH

TEACHING SOUND PHENOMENA IN GENERAL EDUCATIONAL SCHOOLS

(SCIENTIFIC-METHODOLOGICAL GUIDE)

Receptors: Tojiboev Sh. Ph.D., professor-NamSU, Ismanova O. Ph.D.
Associate Professor - NamSU, Nuriddinova M. Ph.D. Associate Professor - NamITI.

The methodological manual Namangan State University was discussed at the educational and methodological council and recommended for publication.

Protocol No.3 20th october 2021.

ABSTARCT

This manual is devoted to the study of the section of the physics course "Sound Phenomena" in general education schools, and also pays special attention to the comprehensive acquisition of students' knowledge of sound through the study of physics.

The manual is intended for physics teachers of secondary schools, vocational colleges and academic lyceums, masters and students studying physics in higher educational institutions, it is useful for those who are interested in this area, as well as for music teachers.

Chop etishga ruxsat berildi 20.10.2021 y.
Bichimi $70 \times 100^{1/16}$ Nashr bosma tabog'i 6,7 b.t. Tiraji 115 ta.
Times New Roman garniturasini. Namangan davlat universiteti
rizografida ko'paytirildi 25.10.2021 y

