

8-mavzu: Garmonik tebranishlar. Prujinali va matematik mayatniklar

Reja:

- 1. Tebranishlar haqida tushunchalar.*
- 2. Garmonik tebranishlar haqida tushunchalar*
- 3. Prujinali va matematik mayatniklar haqida tushunchalar.*
- 4. Majburiy tebranishlar. Texnikada rezonans. Mexanik to'liqlarning muhitlarda tarqalishi. Ultra va infratovushlardan turmush va texnikada foydalanish.*

Tabiatda va texnikada juda ko'p tarqalgan takrorlanuvchi protsess asosida u yoki bu darajada tebranishlar va ularning hosil qilgan to'liqlari mavjud. Bunday protsesslarga soat mayatnigining tebranishi zanjirdagi o'zgaruvchan tok, elektromagnit tebranishlar, tovush va shu kabilar misol bo'la oladi.

Tebranma harakat yoki tebranish deb, davriy ravishda takrorlanadigan harakatga aytiladi.

Muhit zarralari orasida bog'lanish mavjudligi sababli elastik muhitining biror qismida mavjud bo'lgan tebranishlar shu muhitning barcha tomoniga to'liq ko'rinishda tarqaladi. Texnika va tabiatda uchraydigan turli ko'rinishdagi tebranish va to'liqlar bir xil qonuniyatlarga bo'ysunadi.

Hozirgi zamon fizikasida tebranishlar fizikasi maxsus soxa sifatida ajralib chiqqan bo'lib, unda turli xil tebranish yagona nuqtai nazardan qaralib chiqiladi. Tebranishlar fizikasining xulosalari mexanik tebranishlar, o'zgaruvchan tok elektrotexnika radiotexnikaning naziriy asosini tashkil qiladi.

Tebranma harakatning asosiy belgilaridan biri uning davriyligidir. Har qanday davriy ravishda takrorlanuvchi harakat T davr ϑ chastota bilan xarakterlanadi.

Tebranish davri deb, bir marta to'la tebranish uchun ketgan vaqtga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi.

Tebranish chastotasi deb, vaqt birligi ichida to‘la tebranishlar soniga teng bo‘lgan fizik kattalikka aytiladi.

Agar tebranayotgan moddiy nuqta t vaqt ichida N marta to‘la tebransa, uning T davri va ν chastotasi quyidagicha yoziladi:

$$T = \frac{1}{\nu} \text{ yoki } \nu = \frac{1}{T} \quad (8.1)$$

Demak, davr bilan chastota bir-biri bilan teskari munosabatda bo‘ladi. Tebranish chastotasining birligi qilib Gers (Hz) qabul qilingan.

Tebranishning maksimal siljishini harakterlaydigan kattalik tebranish amplitudasi deb ataladi.

Amplitudasi A ning vaqt bo‘yicha o‘zgarishiga qarab tebranishlar ikki xil: so‘nmas va so‘nuvchi tebranishlarga bo‘linadi.

Vaqt o‘tishi bilan amplitudasining moduli o‘zgarmay qoladigan tebranishga so‘nmas tebranish deyiladi, vaqt o‘tishi bilan kamayib boruvchi tebranishga esa so‘nuvchi tebranish deyiladi.

Shunday qilib, turli xil tebranishlar bir-biridan farq qilish uchun davr, amplituda va chastotadan iborat bo‘lgan parametrlardan foydalaniladi.

Garmonik tebranishlar. Tebranma jarayonlarning fizik tabiati va murakkablik darajasi turli tuman bo‘lishiga qaramay, ularning hammasi ba’zi umumiy qonuniyatlar asosida ro‘y beradi va ularni garmonik tebranishlar deb, ataluvchi eng sodda davriy tebranishlar to‘plamiga keltirish mumkin. Shuning uchun, garmonik tebranish qonuniyatlarini o‘rganish katta nazariy va amaliy ahamiyatga ega. Garmonik tebranishning asosiy qonuniyatlari va xarakteristikalarini moddiy nuqtaning aylana bo‘ylab tekis harakati misolida qarab chiqish qulay.

Faraz qilaylik, M moddiy nuqta A radiusli aylana bo‘lib soat strelkasining yo‘nalishiga teskari yo‘nalishda o‘zgarmas ω burchakli tezlik bilan harakatlanayotgan bo‘lsin. U vaqtda bu nuqtaning vertikal N o‘qi bo‘lib proektsiyasi O muvozanat holati atrofidagi davriy tebranishni ifodalaydi. ($x=ON$) $+A$ dan $-A$

gacha o'zgaradi. U holda chizmaga asosan tebranishning t paytidagi siljishi quyidagicha bo'ladi:

$$x = A \cdot \sin \varphi \quad (8.2)$$

Bu yerda φ –fazoviy burchak yoki tebranishning fazasi deyiladi. Fazaviy burchak tebranayotgan nuqtaning holatini va tebranish paytidagi yo'nalishini harakterlaydi. M moddiy nuqta aylana bo'lib tekis ω burchak tezlik bilan harakat qilayotganligini hisobga olsak, fazoviy burchak quyidagicha ifodalanadi:

$$\varphi = \omega t = \frac{2\pi}{T} t = 2\pi \nu t, \quad (8.3)$$

(8.2) formulani quyidagi ko'rinishga olib kelamiz:

$$x = A \cdot \sin \omega t.$$

Ma'lumki, burchak tezlik ω aylanish davri T , aylanish chastotasi bilan ν bilan quyidagicha bog'langan:

$$\omega = 2\pi / T = 2\pi \nu \quad (8.4)$$

(8.3) va (8.4) larni (8.2) ga qo'yib quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$x = A \sin \omega t = A \sin 2\pi \nu t \quad (8.5)$$

Bu M nuqtaning vertikal o'qdagi proeksiyasi, agar gorizontaal o'qdagi proeksiyasini olsak (8.5) tenglama kosinus funksiya orqali ifodalanadi, ya'ni:

$$x = A \cos \omega t = A \cos 2\pi \nu t \quad (8.6)$$

Shunday qilib, garmonik tebranma harakat deb, sinus yoki kosinus funksiyalari bilan ifodalanadigan eng sodda tebranishlarga aytilar ekan.

Umumiy holda garmonik tebranma harakat tenglamasini quyidagicha ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$X = A \sin(\omega t + \varphi_0);$$

Garmonik tebranma harakatning tezligi va tezlanishi. Garmonik tebranma harakat qilayotgan jism oniy tezlik va oniy tezlanishga ega bo'ladi. Garmonik tebranayotgan nuqtaning ϑ oniy tezligi x siljishning vaqt bo'yicha o'zgarishini xarakterlaydi.

$$g = \frac{dx}{dt} = g_M \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (8.7)$$

Yoki

$$\vec{v} = X' = -\omega A \cos(\omega t + \varphi_0); \quad \vec{v} = X' = \omega A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

ko'rinishda ham yozish mumkin.

Yuqoridagi ifodadagi $\mathcal{G}_M = A\omega$ tezlik amplitudasi hisoblanadi. Garmonik tebranayotgan nuqtaning a oniy tezlanishi ϑ tezlikning vaqt bo'yicha o'zgarishiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$A = \frac{d\mathcal{G}}{dt} = a_M \sin(\omega t + \varphi_0) = \omega^2 x \quad (8.8)$$

Bu yerda $a_M = a\omega^2$ tezlanishning amplituda ifodasi. Garmonik tebranyotgan nuqtaning tezligi va tezlanishi ham garmonik ravishda o'zgarar ekan.

Garmonik tebranayotgan m massali moddiy nuqta \mathcal{G} tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa o'nga $F = 2kx$ (bunda $k = m\omega^2$ kvazielastik kuch koeffitsienti) kuch ta'sir qiladi shuning uchun u W_k kinetik va W_n potensial energiyalarga ega bo'ladi:

$$W_k = \frac{m\mathcal{G}^2}{2} = \frac{mA\omega^2}{2} \cos^2(\omega t + \varphi_0) \quad (8.9)$$

$$W_n = \frac{kx^2}{2} = \frac{mA\omega^2}{2} \sin^2(\omega t + \varphi_0) \quad (8.10)$$

Garmonik tebranayotgan moddiy nuqtaning to'liq energiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$W_T = W_k + W_n = \frac{mA\omega^2}{2} \quad (8.11)$$

Shunday qilib, garmonik tebranayotgan moddiy nuqtaning energiyasi - massa va amplitudaning kvadratiga proporsional bo'ladi.

Energiyaning saqlanish qonuniga binoan garmonik tebradigan moddiy nuqtaning to'liq energiyasi o'zgarmas bo'lib, kinetik energiya potensial energiyaga va aksincha aylanib turadi, ya'ni:

$$W_T = W_k + W_p = const \quad (8.12)$$

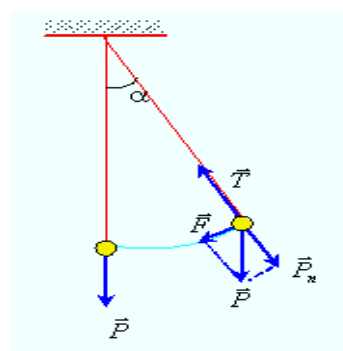
Mayatniklar va ularning tebranish davrlari. Garmonik tebranishga misol qilib kichik burchak ostida tebaranayotgan matematik mayatnikning tebranishini olish mumkin.

Mayatnik deb, og'irlik markazidan o'tmagan ixtiyoriy o'q atrofida tebrana oladigan har qanday qattiq jismga aytiladi.

Mayatniklarga mixga osilgan gardishni, shipga osilgan qandilni, tarozini shayinini va shu kabilarni misol qilib ko'rsatish mumkin.

Mayatniklar matematik mayatnik, fizik mayatnik va prujinali mayatniklarga bulinadi.

Matematik mayatnik. Matematik mayatnik deb, vaznsiz ingichka cho'zilmaydigan ipga osilgan, ma'lum massali moddiy nuqtadan iborat ideallashtirilgan sistemaga aytiladi.



Juda kichik shar osilgan ingichka ipdan tashkil topgan mayatnik amalda matematik mayatnik bo'la oladi.

Matematik mayatnikning tebranish davri formulasini keltirib chiqaraylik.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{va} \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (8.13)$$

ekanligini hisobga olsak, matematik mayatnikning tebranish davri quyidagicha bo'ladi:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (8.14)$$

Shunday qilib, matematik mayatnikning tebranish davri uning uzunligi l ga bog'liq bo'lar ekan.

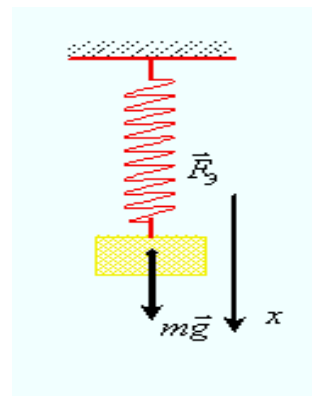
Fizik mayatnik. *Fizik mayatnik - deb inersiya markazidan o'tmaydigan qo'zg'almas aylanish o'qi atrofida og'irlik kuchi ta'sirida harakatlana oladigan qattiq jism tushuniladi.*

Fizik mayatnikning tebranish davri quyidagicha bo'ladi:

$$T_f = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgh}} \quad (8.15)$$

Bu yerda J – inertsiya momenti, m – jism massasi, h – fizik mayatnikning osilish o‘qidan inertsiya markazigacha bo‘lgan masofa, g – erkin tushish tezlanishi.

Prujinali mayatnik. Bir uchi maxkamlangan prujina va unga osilgan m massali yukdan iborat sistemani prujinali mayatnik deyiladi.



Uning tebranish davri ifodasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$T_n = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (8.16)$$

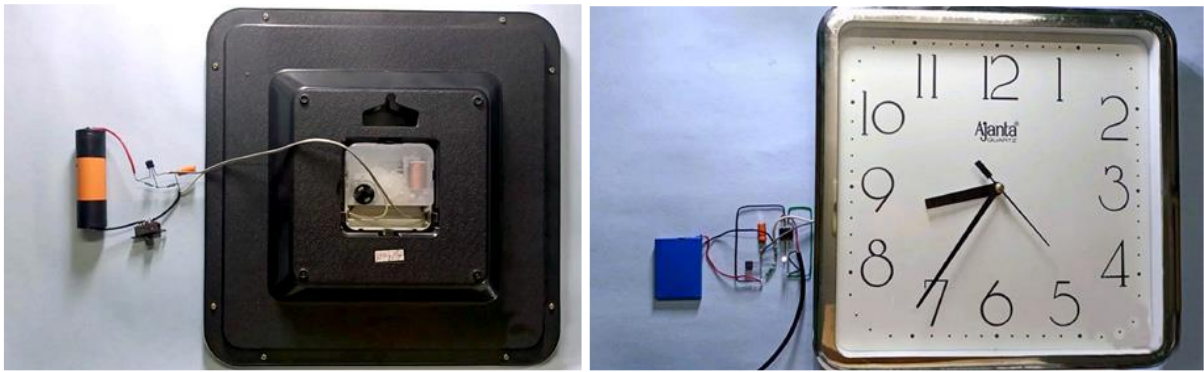
Bu yerda k – prujina materialining bikrligi, m – yukning massasi.

Mayatniklar uchun umumiy xossa shundan iboratki, mayatniklarning kichik tebranishlarida, ya’ni garmonik tebranishlarda tebranish davri amplitudaga bog‘liq emas. Mayatniklarning bu xossasi izoxronlik deyiladi. Izoxronlik xossasi mayatniklardan vaqtni ulchagich soatlar sifatida foydalanishga asos bo‘ladi.

Avtotebranishlar. So‘nmaydigan majburiy tebranishlar doimiy tebranib turishi uchun tashqi davriy kuch ta’sir etib turishi kerak. Lekin sistemadagi tebranishlar tashqi davriy kuch ta’sirisiz ham so‘nmaydigan bo‘lishi mumkin. Agar erkin tebrana oladigan sistemaning ichida energiya manbai bo‘lsa va bu manbadan tebranuvchi jismga yo‘qotgan energiyasi o‘rnini qoplash uchun zarur energiyaning kelib turishini sistemaning o‘zi rostlab tura olsa, bunday sistemada so‘nmaydigan tebranishlar yuzaga keladi.

Tashqi davriy kuch ta’sirisiz ichki manba energiyasi hisobiga yuzaga keladigan so‘nmas tebranishlar avtotebranishlar deyiladi.

Masalan, elektr energiyasi bilan ishlaydigan soatni, elektr qo‘ng‘iroqni, insonning yuragi va o‘pkasini ham avtotebranishli sistema deb qarash mumkin (45-rasm).



45-rasm.

Rezonans hodisasi. Tebranayotgan sistemaga ta'sir qiluvchi tashqi kuchning chastotasi, sistemaning xususiy tebranish chastotasiga tenglashganda majburiy tebranish amplitudasining keskin ortib ketish hodisasiga *rezonans* deyiladi.

Majburiy tebranishlar foydali va ba'zida zararli oqibatlarga ham olib kelishi mumkin. Bunda zararli va foydali oqibatlar nimalardan iborat bo'ladi?

Rezonans hodisasining zararli oqibati. *AQSHning Vashington shtatida joylashgan Takoma ko'prigi 1940-yil 7-noyabrda shamol tezligi 65 km/h ga yetganda rezonans hodisasi sababli qulab tushgan.* Rezonans hodisasi texnikada va turmushda katta amaliy ahamiyatga ega. Rezonans hodidasidan faqat mexanik hodisalardagina emas, hatto elektrotexnikada, optikada va yadro fizikasida ham foydalaniladi. Masalan radiopriyomnik, televizor va hokazolarning ishlashi rezonans hodisasiga asoslangan. Rezonans hodisasi ko'pincha zararli oqibatlarga ham olib keladi. Masalan, ma'lum tovush chastotalarida ba'zan radiopriyomnik korpusi titraydi, doimiy ravishda ishlaydigan korxonada dastgohlari qismlarining aylanishi natijasida rezonans hodisasi ro'y berishi, natijada fundamentlar parchalanishi va buzilishi mumkin.

Tagi teshik idishga qum to‘ldirib, ipga osib, tebratamiz. Idishning ostiga karton qog‘oz qo‘yib, bir tekis tortsak, to‘kilgan qumning qog‘ozdagi izi biror qonun bo‘yicha tebranayotganini kuzatishimiz mumkin. Bu tajribadan quyidagi xulosa kelib chiqadi. Tebranayotgan idishning siljishi vaqt o‘tishi bilan sinus yoki kosinus qonuni bo‘yicha o‘zgaradi (46-rasm).

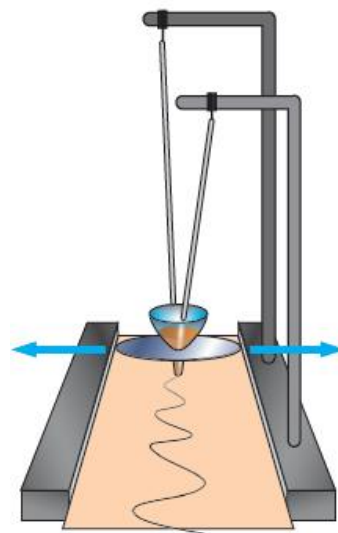
Parametrlari sinus yoki kosinus qonuniyati bo‘yicha o‘zgaruvchi tebranma harakat garmonik tebranishlar deyiladi.

Garmonik tebranishlar eng sodda tebranishlardir. Garmonik tebranma harakat qilayotgan jismning siljishi quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

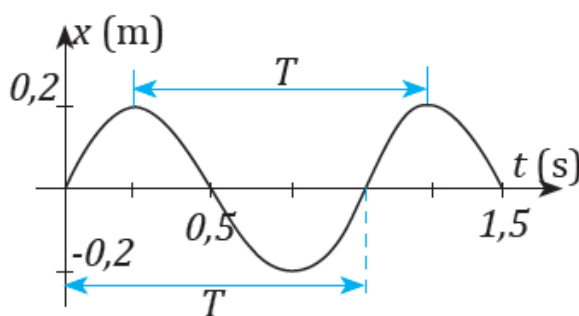
$$x = A\sin(\omega t + \varphi_0) \text{ yoki } x = A\cos(\omega t + \varphi_0) \quad (8.17)$$

Bunda: A – tebranish amplitudasi, ω – siklik chastota, t – vaqt, φ_0 – boshlang‘ich faza.

Garmonik tebranma harakatda (8.17) formulaga asosan siljishni vaqt bo‘yicha o‘zgarish grafigi sinusoida (sinus qonuni bo‘yicha ifodalanadigan) grafigidan iborat bo‘ladi. Grafikning ikki qo‘shni do‘ngliklari orasidagi vaqt *tebranish davriga* teng bo‘ladi (47-rasm).



46-rasm.



47-rasm.

Soat mayatnigining harakati mexanik tebranish, elektr toki yo‘nalishining o‘zgarishi esa elektromagnit tebranishdir.

Ko‘ndalang va bo‘ylama to‘lqinlar. Okeanlar, daryolar va dengizlarning suv sirtida do‘nglik hosil bo‘lishi odatda *to‘lqin* deyiladi. To‘lqinlar qanday hosil

bo‘ladi? Tebranma harakat biror muhitda sodir bo‘lsa, bunda tebranma harakat muhit zarralari bo‘ylab tarqaladi.

Mexanik tebranishlarning muhitda tarqalishi *mexanik to‘lqin* deyiladi.

To‘lqinlar tarqalganda muhit zarralari ko‘chmaydi, balki zarralar muvozanat vaziyati atrofida tebranadi. Zarradan zarraga tebranma harakat va to‘lqin energiyasi uzatiladi. Shuning uchun ham moddaning emas, balki energiyaning ko‘chishi barcha to‘lqinlarga xos xususiyatdir.

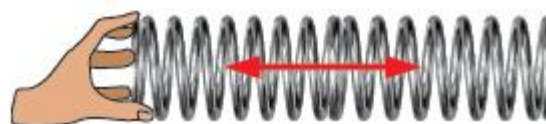
Mexanik to‘lqinlar ikki turga bo‘linadi:

1. Bo‘ylama.
2. Ko‘ndalang.

Bo‘ylama to‘lqinlarda muhit zarralari to‘lqin tarqalish yo‘nalishida tebranadi (48-rasm). Bo‘ylama to‘lqinlarga barcha tovush to‘lqinlari, ultratovushlar, suyuqlik ichida tarqaluvchi mexanik to‘lqinlar kiradi.

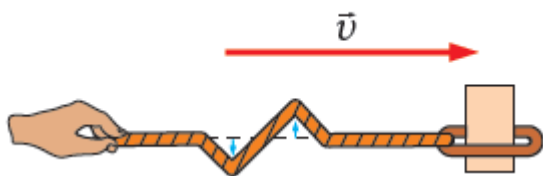
Ko‘ndalang to‘lqinlarda esa muhit zarralari to‘lqinning tarqalish yo‘nalishiga tik yo‘nalishda tebranadi (49-rasm). Ko‘ndalang to‘lqinlarga suv yuzasidagi to‘lqinlar, tebranayotgan ipda tarqalayotgan to‘lqinlar, elektromagnit to‘lqinlar kiradi.

Gazlarda faqat bo‘ylama to‘lqinlar tarqaladi. Suyuqlik sirtida ko‘ndalang to‘lqin, suyuqlik ichida esa bo‘ylama to‘lqin tarqaladi. Qattiq jismlarda ham bo‘ylama to‘lqinlar, ham ko‘ndalang to‘lqinlar tarqaladi.

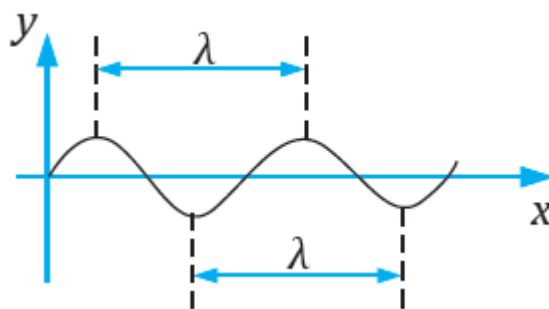


48-rasm.

To‘lqin tavsiflari. Mexanik to‘lqinlar to‘lqin chastotasi, to‘lqin uzunligi, tarqalish tezligi kabi kattaliklar bilan tavsiflanadi.



49-rasm.



50-rasm.

To‘lqin chastotasi muhit zarralarining tebranish chastotasi bilan tushuntiriladi.

To‘lqindagi **tebranishlar davri** to‘lqin chastotasiga teskari bo‘lgan kattalikdir:

$$T = \frac{1}{\nu}$$

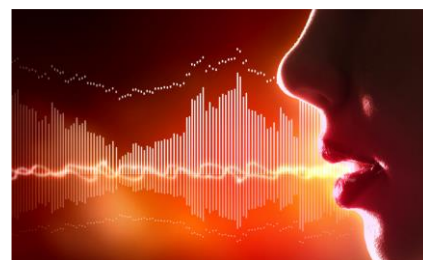
Bir marta to‘la tebranish davri davomida to‘lqin tarqaladigan masofaga **to‘lqin uzunligi** deb ataladi. To‘lqin uzunligi λ (lambda) harfi bilan belgilanadi, birligi uchun metr (m) qabul qilingan.

$$\lambda = \nu T$$

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

bu yerda ν – to‘lqinning tarqalish tezligi, ν – chastota, T – davr (50- rasm).

Tovush nima. Olam turli-tuman tovushlarga to‘la: soatning chiqillashi, mashina motorlarining guvillashi, barglarning shitirlashi, qushlarning sayrashi, shamolning guvillashi va hokazo. Aslida tovush nima va u qanday yuzaga keladi? Tovush qanday tarqaladi?



Inson eshita oladigan mexanik to‘lqinlarga tovush to‘lqinlari deyiladi.

Tovushning tarqalishi to‘g‘risida qadimgi odamlar tovushlar havoda titrayotgan jismlardan chiqayotganini sezganlar.

Tovush elastik muhitda tarqaladi, vakuumda tarqala olmaydi. Inson qulog‘i sezadigan tovush to‘lqinlarining chastotasi 17–20000 Hz oralig‘ida bo‘ladi. Tovush

to'liqlari odam qulog'iga yetib borganda quloq pardasini majburiy tebrantiradi va odam tovushni eshitadi.

Gazlarda tovushning tarqalishi. Stadionlarda turli uzoqlikda joylashgan radiokarnaylardan yoki ikkita qo'shni uydagi televizordan chiqayotgan bir xil ovozning bir vaqtda emas, balki birin-ketin eshitilganligiga e'tibor berganmisiz? Osmonga otilgan mushaklarning oldin chaqnashi, keyin uning portlagan ovozi kelishiga-chi?

Tovush – gaz, suyuq yoki qattiq muhitda tarqaladigan elastik muhit zarralarining tebranma harakatidir.

Momaqaldiroq vaqtda, chaqmoq chaqnagandan so'ng, ularning ovozi ancha keyin eshitiladi. Demak, havoda tovushning tarqalish tezligi yorug'likning tarqalish tezligidan ancha kichik ekan. Havo temperaturasi 0°C bo'lganda tovushning tarqalish tezligi taxminan $v = 330 \text{ m/s}$ ga teng. Tovush to'liqlarining tarqalish tezligi muhit turiga, muhitning holatiga va temperaturasiga bog'liq bo'ladi. Tovushning havodagi tarqalish tezligini birinchi bo'lib 1636-yilda fransuz olimi M. Mersen o'lchagan. Havo temperaturasi 20°C bo'lganda tovushning tarqalish tezligi 343 m/s ga teng bo'lgan. Tovushning tezligi havo temperaturasi ko'tarilishi bilan ortadi.

Suyuqliklarda tovushning tarqalishi. Tovush to'liqlari gazlarda tarqalgani kabi suyuqliklarda ham tarqaladi. Lekin har xil muhitlarda tovushning tarqalish tezligi har xil bo'ladi. Bunga sabab muhit zarralarining siyrak yoki zichroq joylashishidir. Suyuqliklar zichligi gazlarnikidan katta bo'lganligi uchun tovush suyuqliklarda kattaroq tezlikda tarqaladi. Bundan tashqari, tovushning suyuqlikdagi tezligi suyuqlik tarkibiga ham bog'liq. Tovushning suvdagi tezligini birinchi marta 1826-yilda J.D.Kolladon va Sh.Shturmlar Shveysariyadagi Jeneva ko'lida o'lchagan. Bunda suv temperaturasi 8°C hamda tovush tezligi 1440 m/s ga teng bo'lgan.

Qattiq jismlarda tovushning tarqalishi. Qattiq holatdagi moddalarning zichligi gaz yoki suyuqlik zichligiga nisbatan katta bo'lganligi sababli qattiq

jismlarda tovush yana ham kattaroq tezlikda tarqaladi. Masalan, temirda temperatura 20 °C bo'lganda tovushning tarqalish tezligi 5850 m/s ga teng bo'ladi.

Gaz va suyuqliklardan farqli ravishda qattiq jismlarda ham bo'ylama, ham ko'ndalang to'lqinlar tarqaladi. Tovushning bo'ylama to'lqin tezligi:

$$v_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Ko'ndalang to'lqin tarqalish tezligi:

$$v_k = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

formula bilan hisoblanadi.

Bu yerda E – muhit uchun Yung moduli, G – siljish moduli.

Qattiq jismlarda bo'ylama to'lqinlarning tarqalish tezligi ko'ndalang to'lqinlarning tarqalish tezligidan deyarli ikki marta katta, chunki $E > G$.

Tovush to'lqinlari qanday muhitda tarqalishidan qat'i nazar, bo'ylama to'lqin hisoblanadi.

Aniq bir chastotali tovush chiqaradigan asbob *kamerton* deyiladi. Kamertonni 1711-yilda ingliz musiqachisi J.Shorom ixtiro qilgan va musiqa asboblarini sozlashda foydalangan. Kamerton ikki shoxli metall sterjendan iborat bo'lib, o'rtasida tutqichi bor.

Rezina tayoqcha bilan kamertonning bir shoxchasiga urilsa, ma'lum bir tovush eshitiladi. Kamertondan chiqadigan ovozni kuchaytirish uchun u yog'ochdan yasalgan qutiga o'rnatiladi. Bu qutining vazifasi – *rezonator*, ya'ni ovoz kuchaytirgich. Odamning og'zi kamertonga o'xshaydi. Til tebranuvchi jism bo'lsa, og'iz bo'shlig'i va tomoq rezonator vazifasini bajaradi (51-rasm).



51-rasm.

Tovush kattaliklari. Tovush qattiqqligi. Tovush qattiqqligi amplituda bilan o‘lchanadi. Tovush energiyaga ega. Tovushning qattiqqligi 1858-yilda nemis fiziklari V.Veter va G.Fexner tavsiya qilgan qonuniyat bo‘yicha hisoblanib, **Bell** deb belgilangan birlikda tavsiflanadi. Bu birlik telefonni ixtiro qilgan G.Bell sharafiga qo‘yilgan bo‘lib, Bell, Detsibell (dB)larda o‘lchanadi. Inson qulog‘ining og‘riq sezish chegarasi 130 dB deb qabul qilingan ($1 \text{ dB} = 0,1 \text{ B}$). Shunga ko‘ra, sekin suhbatning tovush qattiqqligi 40 dB, shovqinniki 80 dB, samolyotniki esa 110–120 dB ga teng.

Tovush balandligi. Tovushning balandligi tovush chastotasi bilan tavsiflanadi. Erkak kishi tovushidan ayol tovushining chastotasi ancha katta bo‘ladi.

Tovush tembri. Tovush tembri tebranishlarning chastotalar bo‘yicha taqsimlanish sofligini tavsiflovchi kattalikdir. Bir xil notada ashula aytuvchi xonandalar turlicha tembrga ega bo‘ladilar.

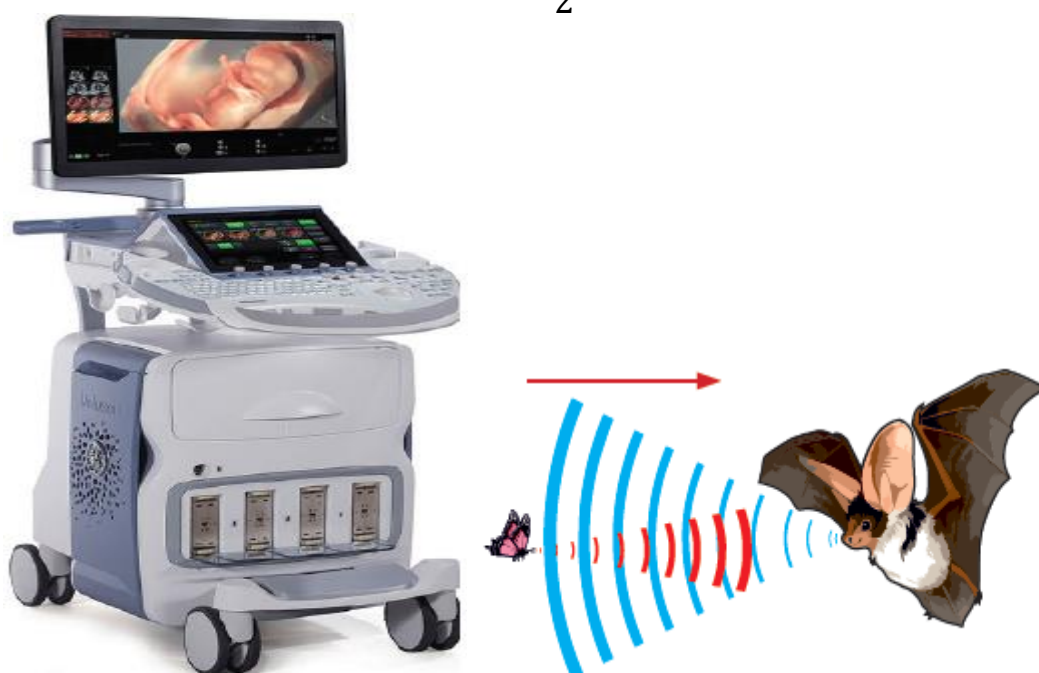
Erkaklar chiqaradigan asosiy tonga qarab ovozi “Bas” (80–350 Hz), “Bariton” (110–400 Hz), “Tenor” (230–520 Hz) kabilarga, ayollarniki “Soprano” (260–1050 Hz), “Kontralto” (170–780 Hz), “Messo-soprano” (200–900 Hz) va “Kolorator soprano” (260–1400 Hz) larga bo‘linadi.

Ultratovushlar. Chastotasi 20 000 Hz dan katta bo‘lgan tovush to‘lqinlariga *ultratovushlar* deyiladi.

Ultratovush (lot. *ultra* – yuqori, haddan tashqari ortiqcha) larni inson qulog‘i sezmaydi. Lekin ba’zi hayvonlarning sezgi organlari ultratovush yordamida ishlaydi. Masalan, ari, delfin, ko‘rshapalak kabi hayvonlar to‘siqlarni aniqlashda yoki o‘ljasini topishda ultratovushdan foydalanadi.

Ultratovush texnikada ham keng qo‘llanadi. Masalan, moddalarning fizik xossalarini o‘rganishda, jismlarga mexanik ishlov berishda, exolokatsiyada, tibbiyot va boshqa sohalarda (52-rasm). Exolokatsiya yordamida jismlarning turgan vaziyati yoki ulargacha bo‘lgan masofa aniqlanadi. Buning uchun manbadan yuborilib, jismdan qaytib kelgan ultratovush qabul qilinadi. Ultratovushning jisimga borib-kelish vaqti (t) bo‘lsa, jisimgacha bo‘lgan masofa (s) quyidagicha aniqlanadi:

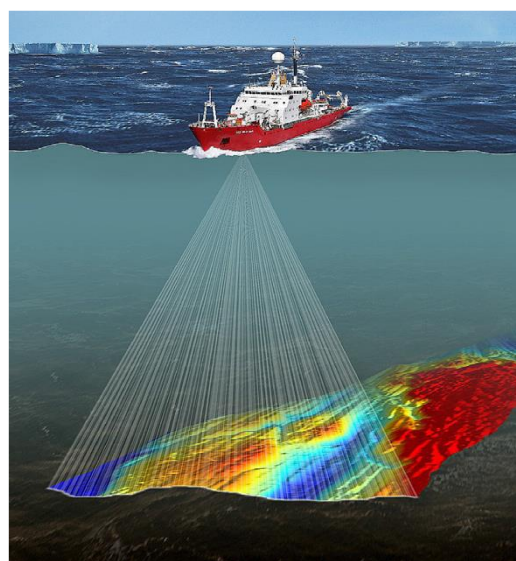
$$S = \frac{vt}{2}$$



52-rasm.

Infratovush. Chastotasi 17 Hz dan kichik bo‘lgan elastik to‘lqinlar infratovush deb ataladi.

Infratovush (*lot. infra* – quyi, past, ostida) – inson qulog‘iga eshitilmaydigan past chastotali elastik to‘lqinlardir. Infratovush muhitda juda kam yutiladi, shuning uchun u havo, suv va yer yuzida juda uzoq masofalarga tarqaladi. Infratovushning bu xususiyatlaridan atmosferaning yuqori qatlamlarini, Yer qobig‘ini tadqiq qilishda, kuchli



53-rasm.

portlashning uzoqligini va dengizlarda tarqalayotgan to‘lqin uzoqligini aniqlashda foydalaniladi (53-rasm).

Chastotasi 17 Hz dan kichik bo‘lgan elastik to‘lqinlar *infratovush* deb ataladi.

Infratovush (lot. infra – quyi, past, ostida) – inson qulog‘iga eshitilmaydigan past chastotali elastik to‘lqinlardir. Infratovush muhitda juda kam yutiladi, shuning uchun u havo, suv va yer yuzida juda uzoq masofalarga tarqaladi. Infratovushning bu xususiyatlaridan atmosferaning yuqori qatlamlarini, Yer qobig‘ini tadqiq qilishda, kuchli portlashning uzoqligini va dengizlarda tarqalayotgan to‘lqin uzoqligini aniqlashda foydalaniladi.

Nazorat savollari

1. Tebranishlar deb nimaga aytiladi.
2. Garmonik tebranishlar deb nimaga aytiladi.
3. Garmonik tebranishlar maksimal tezlik qanday topiladi.
4. Garmonik tebranishlar maksimal tezlanish qanday topiladi.
5. Prujinali mayatnik deb nimaga aytiladi.
6. Matematik mayatnik deb nimaga aytiladi.
7. Fizika mayatnik deb nimaga aytiladi.
8. Mayatniklarning izoxronlik xossasi deb niimaga aytiladi.
9. Tabiatda qanday to‘lqinlarni uchratgansiz?
10. Ko‘ndalang va bo‘ylama to‘lqinlar orasida qanday farq bor?
11. To‘lqinlar o‘zi tarqaladigan moddani tashimaydilar, unda nega qirg‘oqqa suv to‘lqini kelib uriladi?
12. Tovush qattiqligi nimaga bog‘liq?
13. Tovush balandligi nimaga bog‘liq?
14. Tovush to‘lqinlarining hosil bo‘lishini tushuntiring, ularni qan-day kattaliklar tavsiflaydi?
15. To‘lqin bilan qanday kattalik uzatiladi?