

1. Havoda tovushning tarqalish tezligini turq'un to'lqinlar usuli bilan aniqlash

2.

Ishdan maqsad. Talaba laboratoriya ishini bajarishi natijasida quyidagilarni bilishi kerak: to'lqin jarayonlari nazariyasini va ularning asosiy tavsiflarini; tovush to'lqini nima ekanligini; to'lqinlar superpozitsiyasi nazariyasini; turq'un to'lqinlar tavsifini; o'lchash va natijalarni tahlil qilishni.

Kerakli asboblari va uskunalari: tovush to'lqinlari generatori; tovush to'lqini tarqaladigan va ichiga qo'zq'luvchi porshen o'rnatilgan metal trubka; mashtabli chizq'ich; tovushni eshitish uchun rezina naychasi.

Qisqacha nazariy ma'lumotlar

Muhitning davriy deformatsiyalanishi natijasida hosil bo'lgan to'lqinsimon harakatga tovush to'lqinlari yoki qisqacha tovush deyiladi. Tovush to'lqinlari faqat elastik muhitlarda hosil bo'ladi va tarqaladi.

Muhit zarrachalarining tebranish chastotalari 1 sekundda taxminan 20 tebranishdan 20000 tebranishgacha bo'lgan intervaldagilari bizning eshitish a'zoimiz – quloq'imizga yetgach, maxsus tovush sezgisini hosil qiladi. Bu ishda tovushni havoda tarqalishini ko'rib chiqamiz.

Nazariyada tovush manbalari va tovush tarqalayotgan elastik muhit zarrachalarining tebranishi garmonik deb hisoblanadi. Shuning uchun tovush manbai tebranishini ushbu tenglama yordamida ifoda etamiz.

$$S = A_0 \sin \omega t, \quad (1)$$

bunda S – tovush manbaining istalgan nuqtasining muvozanat holatdan siljishi, A_0 – tebranishni boshlanq'ich amplitudasi, ω - tebranishning siklik chastotasi va t – vaqt oraliq'i. (1) formulada biz boshlanq'ich vaqt oraliq'ida ($t=0$), tebranuvchi nuqta muvozanat holatda deb olsak ($S=0$), bunday tebranishning boshlanq'ich fazasi nolga teng bo'ladi. Muhitning biror nuqtasidagi tebranishi qo'shni nuqtaga biroz vaqt o'tgandan so'ng yetib keladi. Faraz qilaylik, tovush manбайдan x - oraliq'idagi nuqtaga tovush to'lqin $\tau = \frac{x}{v}$ vaqt o'tgandan so'ng yetib kelsin (bunda v - tovush to'lqinning tarqalish tezligi). Natijada muhitning nuqtadagi tebranishi τ vaqtga kechikiadi, lekin nuqtaning tebranish chastotasi, manbaining chastotasi kabi bo'ladi. Muhit nuqtasining siljishi esa $S = A_0 \sin \omega t'$ ga teng bo'ladi. Bunda $t' = t - \tau$ ga teng. t' ni va τ -ning qiymatlarini hisobga olib muhit nuqtasining siljish formulasini quydagicha yozamiz:

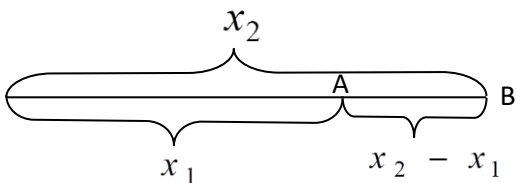
$$s = A_0 \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) . \quad (2)$$

(2) tenglama monoxromatik chopar to‘lqin tenglamasi deyiladi. Bu tenglama yordamida, tovush manбайдan istalgan aniq masofadagi muhit zarrachasining muvozanat holatdan siljishini topish mumkin.

To‘lqin bir vaqtda yetib kelgan nuqtalarning geometrik o‘rni tekislikdan iborat bo‘lsa, to‘lqin yassi deyiladi. Yassi to‘lqin tarqalishida energiya yo‘qolmasa, muhit zarrachasining tebranishi amplitudasi A , manbaning tebranish amplitudasi A_0 – ga teng deb olinadi. Doiraviy yoki siklik chastota odatdagi chastota bilan shunday boq‘langandir:

$$\omega = 2\pi\nu. \quad (3)$$

Odatdagi chastota ν , tebranish davri T bilan ham boq‘liq:



$$\nu = \frac{1}{T}. \quad (4)$$

1-rasm

(2) formuladan ko‘rinadiki, tovush manbai 0 dan x_1 va x_2 oraliqda joylashgan va masofalar ayirmasi $x_2 - x_1 = 2k\lambda/2$ ga teng bo‘lgan nuqtalar (1-rasm) birday fazada

tebranadilar. Ularning muvozanat holatga nisbatan siljishlari ham birday bo‘ladi. Haqiqatan ham A – nuqtaning t – vaqt oraliq‘idagi siljishi:

$$S_A = A \sin \omega \left(t - \frac{x_1}{\nu} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{\nu} x_1 \right),$$

bo‘lsa, shu vaqt oraliq‘idagi B –nuqtaning siljishi

$$S_B = A \sin \omega \left(t - \frac{x_2}{\nu} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{\nu} x_2 \right),$$

lekin

$$x_2 = x_1 + \frac{2\pi\nu}{\omega}$$

bo‘lganidan

$$S_B = A \sin \omega \left(t - \frac{x_1}{\nu} - \frac{2\pi}{\omega} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{\nu} x_1 - 2\pi \right)$$

bo‘ladi, chunki sinus, davri 2π li davriy funksiyadir. Bir xil fazada tebranuvchi ikki nuqta orasidagi eng yarin masofaga to‘lqin uzunligi deyiladi va λ - bilan belgilanadi.

Isbotlanganga asosan $\lambda = \frac{2\pi\nu}{\omega}$ ga teng. λ - ning qiymatini formula (3) ga qo‘yib:

$$\lambda = \frac{2\pi\nu}{2\pi\nu} = \frac{\nu}{\nu} = \nu T \quad (5)$$

ni hosil qilamiz. Demak, to‘lqin uzunligi, to‘lqinni bir tebranish davri T ga teng vaqt oraliq‘ida bosib o‘tgan masofasiga teng ekan.

Agar muhit zarrachalarining siljishi to‘lqinning tarqalish yo‘nalishi bo‘yicha bo‘lsa, to‘lqin bo‘ylama deyiladi. Agar muhit zarrachalarining siljishi to‘lqinning tarqalish yo‘nalishiga perpendikular bo‘lsa, to‘lqin ko‘ndalang deyiladi. Havodagi tovush to‘lqinlari ko‘ndalang to‘lqinlardir.

Tovush to‘lqinlari biror to‘siqni uchratsa, qisman qaytib, qisman ikkinchi muhitga o‘tib, unda tarqalishni davom ettiradi. Natijada muhitning har bir nuqtasi manbadan kelgan va to‘siqdan qaytuvchi tebranishlarda ishtirok qiladi. Manbadan ixtiyoriy nuqtaga kelgan to‘lqinni hosil qilgan tebranishning siljishi- (2) formulaga asosan

$$S_1 = A \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{v} x \right),$$

ga teng, to‘siqdan qaytgan to‘lqinning shu nuqtada hosil qilgan siljishi

$$S_2 = A \sin \omega \left(t - \frac{x + 2\ell}{v} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega(x + 2\ell)}{v} \right) \quad (6)$$

bo‘ladi. Manbadan tarqalayotgan chopar to‘lqinga qaraganda qaytgan to‘lqin (teskari to‘lqin) 2ℓ masofani ortiq o‘tadi (2-rasm) va siljishga ega tebranishlarning qo‘shilishi natijasida ushbu ifoda hosil bo‘ladi:

$$S = S_1 + S_2 = 2A \cos \omega \frac{\omega \ell}{v} \cdot \sin \omega \left(t - \frac{x + \ell}{v} \right). \quad (7)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \quad \text{ekanini eslab,}$$

$$S = 2A \cos \omega \frac{2\pi \ell}{\lambda} \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{\pi} - \frac{x + \ell}{v} \right) \quad (7a)$$

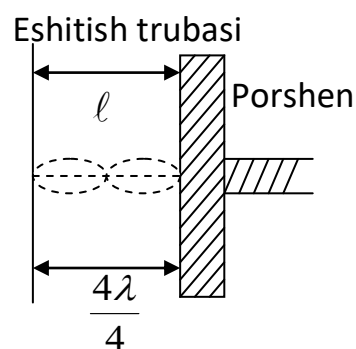
hosil qilamiz. Bu tenglamadan ko‘rinadiki:

1) Natijaviy tebranish amplitudasi $2A \cos 2\pi \ell / \lambda$, to‘siqdan to‘q‘ri qaytgan to‘lqinlar ($\ell=0$) natijaviy tebranish amplitudasi $2A$ ga teng (to‘lqin zichligi muhit zichligidan kichik to‘siqdan qaytadi deb olinganda)

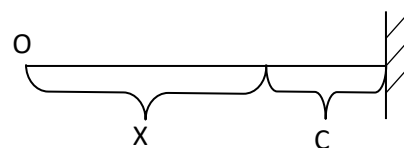
$$\frac{\lambda}{4}; \frac{3}{4}\lambda; \frac{5}{4}\lambda; \dots \text{ yoki } \ell = (2\kappa + 1) \frac{\lambda}{4}$$

masofalarda natijaviy tebranish amplitudasi nolga teng.

2) Ikki to‘lqin sirlari orasida joylashgan muhit nuqtalari birday faza bilan tebranadilar, chunki (7a)



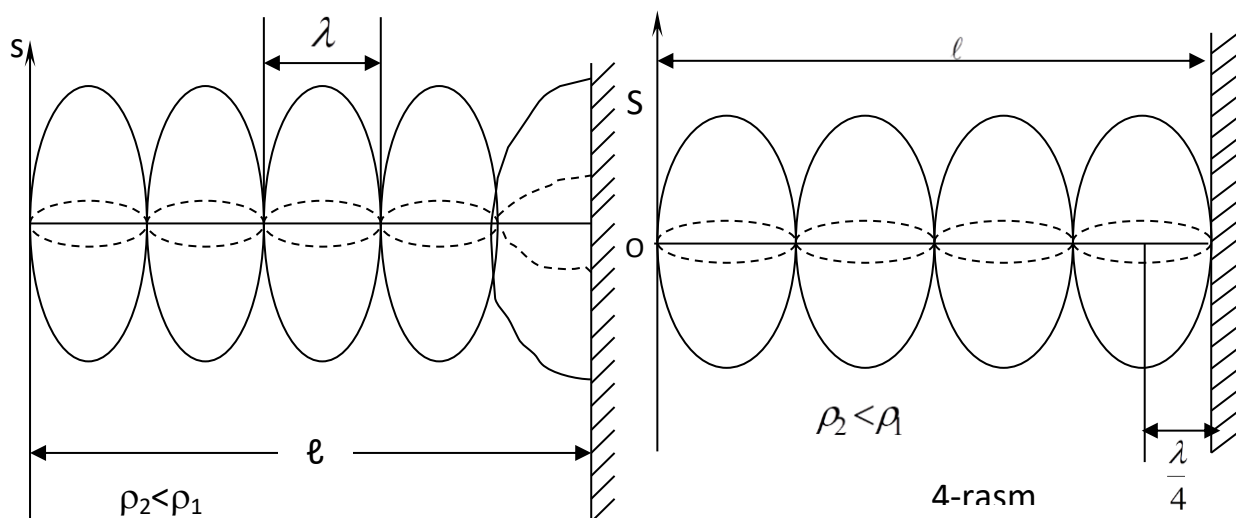
2-rasm



3-rasm

formuladagi $x + \ell$ hamma nuqtalar uchun o'zgarasdir. Faqat kosinusning ishorasi musbatdan manfiyga o'tganda o'zgaradi.

Bu nuqtalarda uchrashgan to'q'ri va qaytgan to'lqinlarning qo'shilishi natijasida hosil bo'lgan to'lqinga turq'un to'lqin deyiladi (3-rasm). Natijaviy tebranish amplitudasi nolga teng bo'lgan nuqtalarga turq'un to'lqinning tugunlari deyiladi. Natijaviy tebranish amplitudasi eng katta qiymatga teng nuqtalarni turq'un to'lqinning do'ngliklari deyiladi.



Ikkita tugun yoki do'nglik orasidagi masofaga turq'un to'lqin uzunligi deyiladi. U chopar to'lqin uzunligining yarmiga teng.

Agar to'lqin zichligi kattaroq muhitdan qaytsa, to'siqda tugun hosil bo'ladi, 1-chi do'nglik esa undan $\frac{\lambda}{4}$ ga teng masofada hosil bo'ladi (4-rasm).

Turq'un to'lqinlar hosil qilish usuli bilan tovush to'lqinining uzunligini va muhitda tovushning tarqalish tezligini aniqlash mumkin. (5)-formuladan ma'lumki.

$$v = \lambda \nu \quad (8)$$

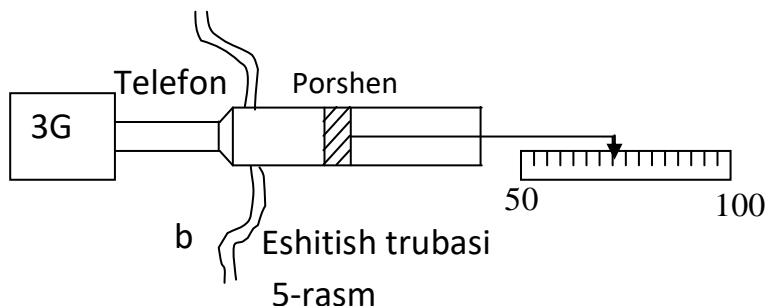
$$\text{yoki } v = 2\lambda_t \cdot \nu \quad (8a)$$

Bu formuladan ko'rinadiki, tovushning tebranish chastotasi va turq'un to'lqinning uzunligi ma'lum bo'lsa, berilgan muhitda tovushning tarqalish tezligini aniqlash mumkin.

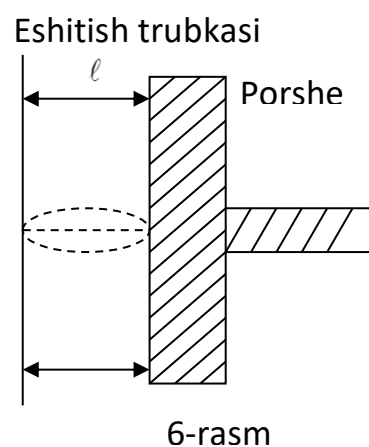
ISHNING TAVSIFI

Havoda tovushning tezligini aniqlash uchun ishlatiladigan qurilma uzunligi 0.5 metr, diametri 4 sm metal trubadan iborat (5-rasm). Trubani bir uchi qo'zq'aluvchi metal porshen bilan berkitilgan bo'lib, uning qancha masofaga qo'zq'atilganligi masshtab lineyka bilan o'lchanadi.

Trubaning ikkinchi uchiga tovush manbai sifatida telefon o'rnatilgan. Telefon tovush generatori $\Gamma 3-33$ ga ulangan. Mikrofonga kelayotgan o'zgaruvchan tokning



chastotasini tovush generatori yordamida 20 dan 20000 Gs gacha o'zgartirish mumkin. Tovushni generatorga "amplituda" deb yozilgan buragich yordamida o'rgartirish mumkin. Trubaga telefondan tashqari eshitish trubkasi ham o'rnatilgandir. Telefon membranasidan tarqalayotgan to'lqinlar, trubka ichidagi porshendan qaytadi va chopar to'lqin bilan qaytgan to'lqin uchrashishi natijasida trubka ichida turq'un to'lqinlar hosil bo'ladi. Turq'un to'lqin tugunlari va do'ngliklarining qayerda hosil bo'lishi porshenning holatiga boq'liq.



Agar eshitish trubkasi bilan porshen orasidagi masofa $\ell = 2k \frac{\lambda}{4}$ ga teng bo'lsa, u nuqtada (6-rasmga qarang) turq'un to'lqinni tuguni hosil bo'ladi va tovush eshitilmaydi. Agar $\ell = (2k + 1) \frac{\lambda}{4}$, ya'ni tok sondagi chorak to'lqin uzunligiga teng bo'lsa, u nuqtalarda turq'un to'lqinning do'ngliklari hosil bo'ladi, eshitish trubkasida kuchli tovush eshitiladi.

TAJRIBANI O'TKAZILISH TARTIBI

1. Trubka ichidagi porshenni eshitish trubkasiga yarim holatga keltiriladi.
2. Tovush generatori ($\Gamma 3-33$) ma'lum bir chastota (mas. 1000 s^{-1}) ga moslanadi.
3. Eshitish trubkasida max kuchli tovush eshitilguncha porshen siljiriladi va porshenning holati yozib olinadi. Porshenni yana surib, tovush maksimumi eshitilayotgan keyingi nuqta topiladi va porshenning shu holati yana yozib

olinadi va hokazo. Keyin porshen orqaga surib avvalgidek nuqtalar yozib olinadi. Porshenning ikki maximum holati bo'yicha o'rta holat topiladi.

4. Porshenning qo'shni maksimum holatlar o'rasidagi masofalar topiladi.
5. Topilgan ayirmalarning o'rta qiymati hisoblanadi. Topilgan son o'lchanayotgan to'lqin uzunligining yarmiga yoki turq'un to'lqin uzunligiga teng bo'ladi.
6. Ma'lum tebranish chastotasi ν ni va turq'un to'lqin uzunligini (8a) formulaga qo'yib, tovushning berilgan muhitda tarqalish tezligi hisoblanadi.
7. Yuqorida aytilganlar turli chastotalarda takrorlanadi.
8. Tovush tezligi o'lchanayotgan paytdagi havo temperaturasini termometrqa qarab yozib qo'yiladi.
9. Tovush tezligini o'lchashda qilingan absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi.
10. O'lchangan va hisoblangan kattaliklar jadvalga yoziladi.

i		ℓ_1^I m	ℓ_1^{II} m	$\bar{\ell}_i$ m	$\lambda_t = \frac{\lambda}{2}$	$\nu = \nu_{2\lambda}$ t m/s	Xatolikni hisoblash
1	.						
2	.						
3	.						

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. To'lqinning siljishi, amplitudasi, davri, doiraviy, oddiy chastotasi va fazasini ta'riflang.
2. To'lqin hosil bo'lish jarayonini tushuntiring. Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlarni ta'riflang va misollar keltiring. Tovush to'lqinlari deb qanday to'lqinlarga aytiladi?
3. To'lqin uzunligini ta'riflang. To'lqin uzunligi, to'lqinning tarqalish tezligi va chastotasi orasidagi boq'lanish formulasini yozing.

4. Yassi to‘lqinni ta’riflang. Yassi to‘lqin tezligini formulasini yozing.
5. To‘lqinlar interferensiyasini tushuntiring.
6. Turq‘un to‘lqin deb qanday to‘lqinlarga aytiladi. Turq‘un to‘lqinning tugunlari va do‘ngliklarining hosil bo‘lishini tushuntiring.
7. Turq‘un to‘lqin usuli bilan tovush tezligini aniqlashni bayoni.