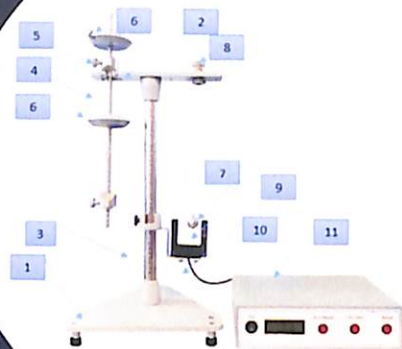


# MEXANIKA FANIDAN PRAKTIKUM

F.B. TO'RAXONOV, SH.S. ZAMONOVA,  
SH.T. TURSUNOV



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA'LIM,  
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**DENOV TADBIRKORLIK VA PEDAGOGIKA INSTITUTI**

**UMUMIY FIZIKA VA QURILISH MUHANDISLIGI  
KAFEDRASI**

**F.B. TO'RAXONOV, SH.S. ZAMONOVA, SH.T. TURSUNOV**

# **MEXANIKA FANIDAN PRAKTIKUM**

**(Uslubiy ko'rsatma)**

**TOSHKENT – 2025**

№ 50711

UO'K: 531(075.8)

KBK 22.2ya7

T 97

F.B. To'rxonov, Sh.S. Zamonova, Sh.T. Tursunov. Mexanika fanidan praktikum. (Uslubiy ko'rsatma). – T.: «Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi», 2025, 112 bet.

ISBN: 978-9910-01-490-1

Ushbu uslubiy ko'rsatma 60530900 – Fizika ta'lim yo'nalishi talabalari uchun umumiy fizika kursining mexanika bo'limiga doir 10 ta laboratoriya mashqlari berilgan bo'lib, bu mashqlar 10 ta laboratoriya ishi sistemasiga jamlangan.

UO'K: 531(075.8)

KBK 22.2ya7

**Taqrizchilar:**

M. Kurbanov – O'zMU "Umumiy fizika" kafedrasida professori;  
Sh. Boymirov – "Umumiy fizika va qurilish muhandisligi" kafedrasida v.b. dotsenti, (PhD).

*Uslubiy ko'rsatma Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti o'quv-uslubiy Kengashining 2025-yil 28-yanvarda bo'lib o'tgan 6-sonli yig'ilishida ko'rib chiqildi va chop etishga tavsiya etildi.*

ISBN: 978-9910-01-490-1

© «Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi», 2025.

## MUQADDIMA

Fan ma'lumotlari hamma vaqt praktikada, tajribada tekshirib kelingan va praktikada asoslangan. Fizika fani esa moddiy dunyodagi hodisalar haqidagi ma'lumotlarni tajriba orqali ifodalab beradi. Shuning uchun nazariy ma'lumotlarni tajribada tekshirib ko'rishning eng samarali yo'li laboratoriya mashg'ulotidir.

Oliy maktab xodimlari xalq maorifi uchun yuqori malakali fizik mutaxassislar tayyorlar ekanlar, eng avvalo, ularga nazariy bilimlarni mustahkamlash bazasi bo'lmish fizika laboratoriyalari to'g'risida g'amxo'rlik qilishlari lozim. O'quv laboratoriyasi zamonaviy asboblardan bilan o'quv programmasi talabiga javob beradigan darajada ta'minlangan bo'lishi lozim. O'quv laboratoriyasining doimo talabga javob beradigan darajada saqlanishini yuqori malakali laborantsiz tasavvur qilib bo'lmaydi.

Umumiy fizika kursidan praktikum o'tkazishda quyidagi maqsadlar ko'zda tutiladi. 1) bo'lajak fizika o'qituvchilariga asosiy fizik qonunlarni va hodisalarni to'laroq o'zlashtirishlariga yordamlashish; 2) ilmiy tekshirish ishlariga ijodiy yondashishni fizik kattaliklarning qiymatlarini o'lchashga va ularni formulalar yordamida tekshirishga o'rgatish; 3) o'lchash natijalarini zamonaviy matematik metodlar bilan ishlab chiqishni tanishtirish.

Bu umumiy maqsad har bir konkret holda talabalarning bilim darajasiga va praktikumning asbob va uskunalar bilan ta'minlanganlik darajasiga qarab turlicha yo'llar bilan amalga oshiriladi. Qo'llanmada masalani bajarish uchun talabaga fizik kattalikni o'lchashning eng maqbul metodi va o'lchash asboblari kompleks ko'rsatib beriladi.

Praktikumning asosiy maqsadlaridan biri ma'lum o'lchash metodini va o'lchash natijalarini to'g'ri tahlil qilishga o'rgatishdir. Bu esa tajriba xatoliklarini hisoblash orqali amalga oshiriladi. Xatolikni hisoblashning qator usullari ichidan konkret tajribaning fizik mohiyatini to'g'ri ochib beradiganini tanlab olish muhim masala bo'lib, bu talabdan ma'lum eksperimental sinchkovlikni, mantiqiy tahlil malakasini talab

qiladi. Shuning uchun qo'llanmada xatoliklarni hisoblashning ba'zi metodlari keltirilgan.

Fizikadan laboratoriya darsini namunali tashkil etishda mumkin qadar asboblarni fan va texnika taraqqiyotining hozirgi darajasiga muvofiqlashtirishga, ularning to'xtovsiz takomillashib borishiga, mavjud asboblardan ilmiy tekshirish ishlarini bajarishda ko'proq foydalanishga erishish zarurdir. Laboratoriya praktikumining tematikasi nazariy kursning maqsad va vazifalari bilan mos kelishi, uning umumiy hajmi semestr uchun ajratilgan soatlar uchun yetarli bo'lishi kerak. Laboratoriya praktikumining har bir ishi alohida mazmunli va sifatli qo'llanma bilan ta'minlangan bo'lishi hamda bu ish uchun kerakli qo'shimcha asboblari (termometr, sekundomer va boshqalar), konstantalar jadvallari, grafiklar yaqqol ko'rinadigan joylarga ilib qo'yilgan bo'lishi lozim.

## O'LCHASH XATOLIKLARI VA ULARNI HISOBLASH

### 1. O'lchashlar va o'lchash xatoliklari

Fizika fani tajribaviy (eksperimental) fandir. Buning ma'nosi deyarli barcha fizik qonun va qonuniyatlar tajriba natijalarini umumlash-tirish asosida o'rnatiladi. Shuning uchun praktikumning maqsadi kichik bir maket yoki qurilmada fizik hodisani tashkil qilish va o'rganishdan iborat.

Fizika fani miqdoriy tavsiflanadigan (xarakterlanadigan) fandir. Fizik tajribaning natijasi qandaydir sonlar to'plamidan iborat bo'lib, ular tekshirishlar asosida o'rnatilgan fizik qonuniyatlarni shu sonlarni bir-biriga bog'lanishini xarakterlaydigan matematik ifodalar orqali tavsiflanadi.

Fizik praktikumning asosiy mohiyati maket yoki qurilmalarda fizik hodisa va qonuniyatlarni o'rgangan holda, ularning xarakterlaydigan fizik kattaliklarni to'g'ri o'lchash va ularning qonuniyatlarini tavsiflaydigan formulalar asosida hisoblash hamda taqqoslashdir.

Jumladan talabalar fizika praktikumida:

- 1) asboblari bilan ishlash, ularda ishlash malakasini (ko'nikmasini) hosil qilish;
- 2) tajribalarni uslubiy to'g'ri bajarish va fizik kattaliklarni o'lchash ko'nikmalarini hosil qilish;
- 3) o'lchash natijalarini va xatoliklarini hisoblash texnikasini egallash hamda EHM dan foydalangan holda o'lchash hamda o'lchash natijalarini qayta ishlash kabi malakalarini egallashlari;
- 4) jarayonni tashkil qilish, uni o'tkazish, o'lchash jarayonini va tajriba natijalarini avtomatlashtirilgan kompyuter texnikasidan foydalanilgan holda amalga oshirish malaka va ko'nikmasini egallashlari zarur.

Fizika praktikumida asosiy jarayonlardan biri – bu shu fizik hodisa yoki qonuni tavsiflaydigan fizik kattalikni o'lchashdir.

Biror fizik kattalikni o'lchash uni o'lchov birligi sifatida qabul qilingan kattalikdan necha marta katta-kichikligini bilishdan iborat.

O'lchash aniqligi hech qachon «absolyut» aniq bo'lishi mumkin emas. U qandaydir biror xatolikka ega bo'ladi. Bunga quyidagi sabablarning mavjudligidir: **birinchidan**, o'lchov asbobining fizik kattalikni ma'lum bir aniqlikda o'lchash bo'lsa, **ikkinchidan**, shu asbob bilan tajriba o'tkazib, fizik kattalikni o'lchayotgan shaxsning ham har xil e'tibor bilan ishlashi hamdir.

O'lchash sifati o'lchash aniqligi kattalikning haqiqiy qiymati  $a$  dan farq qiladi. Xatolik deb tajribada topilgan qiymat bilan haqiqiy qiymat orasidagi farq tushuniladi:

$$\Delta x_i = x_i - a \text{ yoki } x_{o'lch} - x_{haq} = \Delta x_i$$

Ko'pincha bu kattalik o'lchashning absolyut xatoligi deb yuritiladi. Ammo bu qiymatdan foydalanish har doim qulay emas. Masalan, stol uzunligi 100 sm va silindr diametri 10 sm bo'lsin, ikkalasi ham  $\Delta x = 0,1$  sm xatolik bilan o'lchangan bo'lsin. U holda ayta olamizki, stol silindrga qaraganda katta aniqlikda o'lchangan. Bu kriteriyini esa nisbiy xatolik deb, absolyut xatolikni shu kattalikning o'rtacha qiymatiga nisbatini foizlardan ifodalangan qiymatiga aytiladi, ya'ni

$$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Stol uchun bu xatolik  $\varepsilon_s = \frac{0,1}{100} \cdot 100\% = 0,1\%$  va silindr uchun  $\varepsilon_{si} = \frac{0,1}{10} \cdot 100\% = 1\%$  ni tashkil qiladi.

## 2. O'lchash xatoliklarining turlari

O'lchashlar paytida izlanayotgan fizik kattalikning haqiqiy qiymati (a) topilmasdan, balki qandaydir xatoliklar bilan uning aniqlangan qiymati topiladi. Bu o'lchashlardagi xatoliklar fikran uch turga ajratilishi mumkin: 1) sistematik xatolik; 2) tasodifiy xatolik; 3) qo'pol xatolik.

**Sistematik xatolik** bir xil o'lchash usuli va bir xil asbobda barcha o'lchashlarda qiymati va ishorasi bir xil bo'ladigan xatolikdir. Shuning uchun hamma vaqt mavjud bo'ladigan xatoliklar ham deb yuritiladi. Xatolik asbob bo'limining noto'g'riligi yoki asbob nolini siljib qolganligi

bilan vujudga kelishi mumkin. Shuningdek asbobning o'lchash aniqligi bilan bo'lgan – asbobning o'lchash xatoligi ham shu jumladandir.

**Tasodifiy xatolik** bir xil o'lchash usulida qiymati va ishorasi turlicha bo'lib, uning qanday bo'lishini oldindan aytib bo'lmaydi. Tasodifiy xatolik ko'pgina faktorlarga bog'liq bo'lib, asbob strelkasining ishqalanishi, asbobda luft bo'lishi, o'lchash qurilmasining tebranishi, o'lchayanayotgan jism kesimining yoki qalinlik birday emasligi natijasida yuzaga kelishi mumkin. Bunday xatolikni oldindan hisobga olish qiyin bo'lgan va tasodifiy sabablarga bog'liq bo'lgan xatolik ham deyiladi. Shuning uchun tasodifiy xatolikni kamaytirish maqsadida o'lchashlar qayta-qayta bajariladi. Faraz qilaylik, tasodifiy xatoliklar mavjud bo'lsin. Tajribadan so'ng bir-biridan farqlanuvchi

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$$

qiymatli natijalarni olamiz va bu qiymatlarning o'rtacha arifmetik qiymati

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

ni hosil qilamiz. Xatolikni kamaytirib, haqiqiy qiymati «a» ga yaqin qiymatni topish maqsadida matematikadagi ehtimollik nazariyasidan foydalaniladi.

**Qo'pol xatolik.** Qo'pol xatolikka tajriba olib boruvchining e'tiborsizligi va tajribasizligi natijasida yo'l qo'yiladi. Masalan: 585 o'rniga 5335 yoki 685 ni yozadi (ko'pincha 5 ni 6 ga 3 ni 8 ga almashtirib yozib yuboradi). Lekin tajriba sharoitini yoki bu natijani bilmaydigan boshqa tajribachi o'lchashi natijasida qo'pol xatolik oson aniqlanishi mumkin.

## 3. O'lchashlarning absolyut va nisbiy xatoliklari

Faraz qilaylik, sistematik xatoliklar yo'q va biror fizik kattalikni  $n$  marta o'lchash natijasida quyidagi qiymatlarni topgan bo'laylik:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , u vaqtda ushbu

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

ifodaga (kattalikka) o'lashlarning o'rtacha arifmetik qiymati deyiladi va u topilgan qiymatlar ichida izlanayotgan haqiqiy qiymatga eng yaqin bo'ladi.

O'lhash vaqtida topilgan qiymatlar bir-biridan farqli bo'lib ularning o'rtacha qiymatdan farqi

$$\Delta x_i = |x_i - \bar{x}| \text{ yoki } \Delta x_i = |\bar{x} - x_i|$$

ayrim o'lhashlarning absolyut xatoligi deyiladi.

Agar har bir o'lhash natijalari  $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$  xatoliklar bilan bajarilgan bo'lsa, o'lhashlarning o'rtacha absolyut xatoligi (yoki o'rtacha xatolik) ayrim xatoliklarni absolyut qiymatlarning o'rtacha qiymatiga tengdir:

$$\bar{\Delta x} = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta x_i|}{n} \quad (2)$$

Tabiiyki, boshqa turdagi xatoliklar bo'lmaganda fizikaviy kattaliklar haqiqiy qiymati quyidagi intervalda yotadi:

$$\bar{x} - \Delta \bar{x} \leq x \leq \bar{x} + \Delta \bar{x}$$

Shu sababli oxirgi natija quyidagi ko'rinishlarda yoziladi:

$$\bar{x} = \bar{x} \pm \Delta \bar{x} \quad (3)$$

Odatda xatoliklarni bu yo'sinda hisobga olish, xatoliklarni taxminiy qo'polroq baholash, o'lhash natijalariga uncha katta aniqlik talab qilinmaydigan hollarda va dastlabki o'lhash natijalarini baholashda qo'llaniladi.

O'lhash natijalarining sifati yoki qilinayotgan xatolikning katta yoki kichikligi haqida absolyut qiymatiga qarab biror-bir narsa deyish qiyin. Natijaning sifati haqida o'lchanayotgan kattalik qiymatini va yo'l qo'yilayotgan xatolik qiymatini o'zaro taqqoslashga imkon beruvchi, foizlarda ifodalangan nisbiy xatolik qiymati orqali biron-bir xulosa chiqarish mumkin:

$$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (4)$$

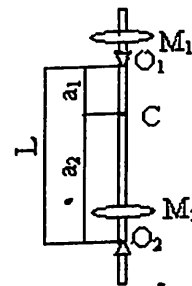
## 1-LABORATORIYA ISHI. UNIVERSAL (FIZIK VA MATEMATIK) MAYATNIK YORDAMIDA OG'IRLIK KUCHI TEZLANISHINI ANIQLASH

### Qisqacha nazariy ma'lumotlar

Gravitatsion tezlanish  $g$  ni, masalan, fizik mayatnikning tebranish davrini bilish orqali aniqlash mumkin.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mga}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1)$$

Bu yerda  $J$  – mayatnikning burilish o'qiga nisbatan inersiya momenti (to'xtatib turish nuqtasi),  $m$  – uning massasi va  $a$  – osma nuqtadan og'irlik markazigacha bo'lgan masofa,  $L = \frac{J}{ma^2}$ , bu yerda  $L$  – fizik mayatnikning qisqargan uzunligi. Davrni, massani va masofani katta aniqlik bilan o'lchash mumkin, ammo inersiya momentini aniq o'lchash mumkin emas. Bu kamchilik teskari mayatnik usulidan mahrum, bu esa  $g$  uchun hisoblash formulasidan inersiya momentini chiqarib tashlash imkonini beradi.



1.1-rasm.

Aylanuvchi mayatnik – bu o'zaro bog'liqlik shartini qondiradigan ikkita osma nuqtasiga ega bo'lgan fizik mayatnik (Kirishga qarang). Aylanuvchi mayatnik usuli osma nuqtasi va burilish markazining qaytariluvchanlik xususiyatiga asoslanadi: osma nuqtasi tebranish markaziga

o'tkazilganda, osma nuqtasi yangi burilish markaziga aylanadi, ya'ni mayatnikning qisqargan uzunligi va tebranish davri bir xil bo'lib qoladi.

Ushbu xususiyatdan foydalanib, tebranish markazining o'rnini empirik tarzda topish mumkin. O'zaro tebranish o'qlari orasidagi masofa mayatnikning qisqargan uzunligini beradi.  $L$  – bu uzunlik va  $T_1$  davrini bilish.

Bu ishda qo'llaniladigan aylanuvchi mayatnik po'lat sterjendan iborat bo'lib, unga og'irlik markazining qarama-qarshi tomonlariga  $o_1$  va  $o_2$  ikkita tayanch prizmalari mahkamlangan (C nuqta).  $M_1$  va  $M_2$  harakatlanuvchi og'irliklar yordamida massani qayta taqsimlash orqali mayatnikning qisqargan uzunligini va demak, tebranish davrini o'zgartirish mumkin.

Faraz qilaylik, biz og'irliklarning shunday pozitsiyasini topa oldik, unda  $T_1$  va  $T_2$  mayatnikning  $o_1$  va  $o_2$  prizmalari atrofidagi tebranish davrlari to'g'ri keladi, ya'ni:

$$T_1 = T_2 = T = 2\pi \sqrt{\frac{J_1}{mga_1}} = \sqrt{\frac{J_2}{mga_2}} \quad (2)$$

Tasodif sharti – qisqartirilgan uzunliklarning tengligi, ya'ni miqdorlar  $> \frac{J_1}{ma_1}$  va  $\frac{J_2}{ma_2}$ . Gyuygens-Shtayner teoremasiga ko'ra:

$$J_1 = J_0 + ma_1^2, J_2 = J_0 + ma_2^2 \quad (3)$$

Bu yerda  $J_0$  – mayatnikning og'irlik markazidan o'tuvchi va tebranish o'qiga parallel bo'lgan o'qqa nisbatan inersiya momenti. (2) (3)  $m$  dan tashqari,  $g$  ni aniqlash uchun formulani olamiz:

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} (a_1 + a_2) = 4\pi^2 \frac{L}{T} \quad (4)$$

Bu yerda  $L = a_1 + a_2 - o_1$  va  $o_2$  prizmalari orasidagi masofa, uni katta aniqlik bilan osongina o'lchash mumkin. E'tibor bering, formula (4) faqat  $a_1 > a_2$  bo'lsa, (2) va (3) formulalardan kelib chiqadi. Formula (4)

olinganda biz  $T_1 = T_2$  deb faraz qildik. Darhaqiqat, davrlarning aniq tengligiga erishish, albatta, mumkin emas. Keyin:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + ma_1^2}{mga_1}}, T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + ma_2^2}{mga_2}} \quad (5)$$

Ushbu tenglamalardan biz:

$$T_1^2 ga_1 - T_2^2 ga_2 = 4\pi^2 (a_1^2 - a_2^2), \quad (6)$$

Bu yerda

$$g = 4\pi^2 \frac{a_1^2 - a_2^2}{a_1 T_1^2 - a_2 T_2^2} \quad (7)$$

Ushbu formula juda oddiy va yuqori aniqlik bilan shart ostida tezlanishning kattaligini aniqlash imkonini beradi.

$$T_1 > \approx T_2 \text{ va } \frac{a_2}{a_1} \approx 2$$

### Uskunaning tavsifi

Laboratoriya qurilmasi uchta asosiy qismdan iborat – mexanik blok, unda fizik va matematik mayatniklar, foto datchikli stendlar va o'lchash moduli mavjud.

Mexanik blokning asosi metall taglik (1) bo'lib, uning ustiga po'lat bar (3) o'rnatiladi. Fizikaviy  $\mathbb{H}$  va matematik mayatniklarni to'xtatib turish uchun bar (2) shtrixning yuqori qismida o'rnatiladi.

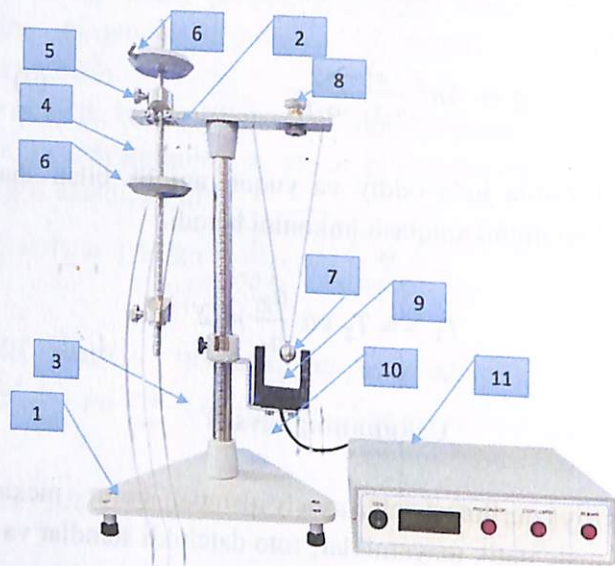
Jismoniy mayatnikning konstruksiyasi po'lat tayoq (4) bo'lib, uning bo'ylab ikkita tayanch prizmasi (5) va og'ir yuklar (6) harakatlanishi va turli pozitsiyalarda o'rnatilishi mumkin. Prizma va og'irliklar mayatnikka shunday o'rnatiladiki, mayatnikning har ikkala prizmaga nisbatan tebranish davri taxminan bir xil bo'ladi. Bunday holda, qo'llab-quvvatlovchi prizmalar orasidagi masofa, qisqartirilgan uzunlik  $L$  ga teng, 29

sm. O'lchovlar paytida, belgilangan yuqori taxtaga (2) mahkamlangan po'lat rullarga o'rnatiladi.

Fotoelement siqish vinti bilan har qanday holatda o'rnatilishi mumkin.

Matematik mayatnik (7) ustki novda (2) bifilyar suspenziyaga o'rnatilgan. Matematik mayatnikning uzunligi tugmacha (8) yordamida sozlanishi mumkin.

Fotoelementdan keladigan elektr signal, yorug'lik oqimi mayatnik bilan kesishganda, o'lchash moduliga (11) kiradi.



**1.2-rasm. Laboratoriya qurilmasi ko'rinishi:**

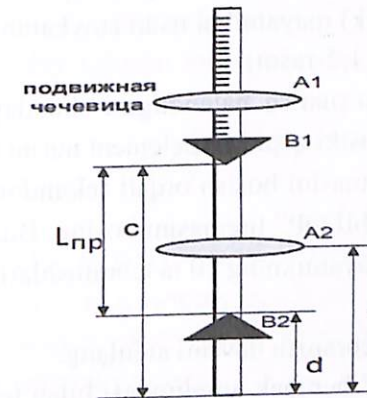
1-tayanch; 2-yuqori bar; 3-stoyka; 4-po'lat stoyka, 5-sozlash vinti bilan tayanch prizmasi (2 dona); 6-krankli yuk (2 dona); 7-ip ustidagi metall shar (matematik mayatnik); 8-matematik mayatnikning dastasi; 9-optik sensor (fotosel); 10-tarmoq kabeli; 11-o'lchash moduli.

O'lchov modulining old panelida quyidagi boshqaruv elementlari, almashtirish, ko'rsatkichlar mavjud (1.3-rasm):



**1.3-rasm. O'lchov moduli:**

1-kalit quvvat yoqish tugmasi "СЕТЬ"; 2-mayatniklarning tebranish vaqti/sonining raqamli ko'rsatkichi; 3-rejimni tanlash va hisoblashni boshlash tugmasi "ПУСК \ ВЫБОР" 4-o'lchovni to'xtatish va "СТОП \ СБРОС" ko'rsatkichini tiklash tugmasi; 5-sekundomerning ish rejimini tanlash tugmasi "РЕЖИМ". Fizik mayatnikni dastlabki sozlash.



**1.4-rasm. Fizik mayatnikni o'rnatish sxemasi.**

O'rnatishni quyidagi o'lchamlarga ko'ra sozlash tavsiya etiladi:  
 $d=60$  mm,  $e=190$  mm,  $c=340$  mm,  $L_{pr}=280$  mm (qulaylik uchun po'lat novda ustida choklar qo'llaniladi, qo'shni chuqurliklar orasidagi masofa 10 ga teng).

Matematik mayatnik uzunligini o'lchashda balkaga qo'llaniladigan belgilarning tizimli xatosini hisobga olish kerak, bu +45 mm. Shuning uchun, matematik mayatnik uzunligini hisoblash formulasini qo'shish kerak:  $L=L_{rods}-l+45$ mm, bu yerda  $L_{rods}$  – belgilangan maydonning uzunligi, l-balandlik (tayoqdagi belgilar bo'yicha) metall sharning markazida joylashgan.

## Ishni bajarish tartibi

1. Aylanuvchi mayatnik yordamida  $g$  gravitatsiya tezlanishini aniqlash.
2. O'lchovlar uchun sozlashni tayyorlang:
  - a) fotosensorni o'lchash-modulining orqa panelida joylashgan ulagichga ulang;
  - b) tarmoq kabelidan foydalanib, o'lchash modulini 220 V 50 Hz AC tarmog'iga ulang;
  - c) quvvat kalitini "СЕТЬ" holatiga o'tkazing "I – Включено"; bir vaqtning o'zida "РЕЖИМ" tarmoq kuchlanishining mavjudligi indikatorini yonadi; fotosel indikatorini ham yonadi;
  - e) aylanuvchi (fizik) mayatnikni ustki stoykaning po'lat rolklariga osib qo'ying (1.1-rasm, 1.2-rasm);
  - f) fotoelementni o'rnatish balandligini shunday sozlash kerakki, mayatnik tayog'ining pastki qismi fotoelement nurini kesib o'tsin.
  - d) "РЕЖИМ" tugmasini bosish orqali sekundomerni "Rejim 5"ga o'tkazing va "ПУСК/ВЫБОР" tugmasini bosing. Bunday holda, tajriba o'tkazishda indikator mayatnikning 10 ta tebranishlari sonini va ularning vaqtini ko'rsatadi.
3. Mayatnikning tebranish davrini aniqlang:
  - a) mayatnikni 4-5° burchak amplitudasi bilan tebranish harakatiga keltiring;
  - b) hisoblagich N-1 tebranishlarni hisoblagandan so'ng, raqamli indikatorida mayatnikning to'liq tebranishlari soni ko'rsatiladi; vaqtni ko'rish uchun;
  - d)  $t_1$  vaqtini o'lchash natijalari va  $N = 10$  ta to'liq tebranishlar soni jadvalda qayd etilgan.Tajribani 2 marta takrorlang, o'rtacha vaqtni  $(t_1)^{-}$  hisoblang va  $T_1 = t_1/N$  formulasidan foydalanib, mayatnikning birinchi B1 prizmasida bitta to'liq tebranish davrini aniqlang.
4. Mayatnikni yuqori chiziqdan olib tashlang, uni ag'daring va ikkinchi B2 prizmasiga osib qo'ying.

5. 2-banddagi amallarni takrorlang va yangi o'lchovlar natijalarini  $t_2$  1.1-jadvalga kiriting.

6. mayatnikning og'irlik markazini aniqlang:

a) mayatnikni ustki stoykadan chiqarib oling, uni o'tkir chetiga novda bilan gorizontol qo'ying va uni qo'lingiz bilan yengil ushlab, muvozanatlang;

b) yuz ustida joylashgan mayatnikning og'irlik markazi nuqtasidan  $O_1$  va  $O_2$  etalon prizmalarigacha bo'lgan  $a_1$  va  $a_2$  masofalarini o'lchang. Ularning o'lchovlari millimetrgacha bo'lgan aniqlikdagi o'lchov o'lchagich yordamida amalga oshiriladi. O'qish qulayligi uchun har 10 mm da mayatnik tayoqchasida halqali chuqurchalar qilingan.

7. O'lchovlar natijalariga ko'ra, (7) formuladan foydalanib, tortishishning  $g$  tezlanish qiymatini hisoblang.

8. Natijaning nisbiy xatosini formuladan foydalanib hisoblang:

$$\frac{\Delta g}{g} \approx \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + 4\left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2}$$

Bu yerda to'g'ridan to'g'ri o'lchovlar natijalaridagi xatolar sifatida  $Dt = 0,005$  s va  $DL = 10^{-3}$  m instrumental xatolarni oling.

9. Natijaning mutlaq xatosini formuladan foydalanib toping:

$\Delta g = \bar{g} \cdot \frac{\Delta g}{g}$  va yakuniy natijani yozing:

$$g = (\bar{g} \pm \Delta g), \text{ M/S}^2.$$

Natijani  $g$  jadvalining jadval qiymati bilan solishtiring.  $g = 9,8157$  m/c<sup>2</sup> va xulosa chiqaring.

10. Fizik va matematik mayatniklarning tebranish davrlarini solishtirish.

11. Dastak yordamida (1.4-rasm) matematik mayatnik uzunligini shunday o'rnatil:  $L = a_1 + a_2 = 29$  sm bo'lsin.

12. Metall sharning yon tomonidagi fotosensorli stendni o'rnatil.

13. Matematik mayatnikning tebranish davrini aniqlang:

a) mayatnikni burchak amplitudasi bilan harakatga keltiring  $\sim 15^\circ$ ;

b) hisoblagich  $N - 1$  tebranishlarni hisoblagandan so'ng, indikator  $t$  vaqtini va to'liq  $N$  tebranishlar sonini yozadi;

d)  $t$  vaqtini va  $N = 10$  ta to'liq tebranishlar sonini o'lchash natijalari 1.1-jadvalda yozing; tajribani 2 marta takrorlang, o'rtacha vaqt  $\bar{t}$  va formula bo'yicha hisoblang:

$$T_m = \frac{\bar{t}''}{N}$$

$T_m$  natijasini teskari mayatnik  $T$  davri bilan solishtiring va ikkala mayatnikning izoxronizmi haqida xulosa chiqaring.

1.1-jadval

Tajriba raqami	t, s	T, s	g, M/S <sup>2</sup>	l, m
Fizik (aylanuvchi) mayatnik				
1				
2				
Matematik mayatnik				
3				
4				

**Nazorat uchun savollar:**

1. Fizik mayatnik deb nimaga aytiladi? Matematikchi?
2. Fizik va matematik mayatniklarning davrlari formulalarini yozing.
3. Fizik mayatnikning qisqargan uzunligi nimaga teng? (Kichik uzunlik formulasini yozing).
4. Fizik mayatnikning burilish markazi nima? U qayerda joylashgan? Mayatnikning diqqatga sazovor joylari va tebranish markazi qanday?
5. O'qlari birlashgan aylanuvchi mayatnikning ikkita davri bir-biriga teng ekanligini isbotlang  $T_1 = T_2$ .
6. Nima uchun ishda foydalanilgan mayatnikda etalon prizmalar og'irlik markazi nuqtasiga nisbatan assimetrik joylashgan?

**2-LABORATORIYA ISHI.**  
**GORIZONTGA NISBATAN BURCHAK OSTIDA OTILGAN**  
**JISM HARAKATINI O'RGANISH**

**Nazariy qism**

Horizontol yuzaga turli burchaklar ostida otish paytida snaryadning masofasi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$l = \frac{2v_0 \cos \alpha \sin \alpha}{g} \quad (1)$$

Ushbu formuladan kelib chiqadiki, snaryadning uchish burchagi  $0^\circ$  dan  $90^\circ$  gacha o'zgarganda,  $\sin \alpha * \cos \alpha$  ko'paytmasi eng katta bo'lganda, uning tushish diapazoni maksimal bo'ladi. Ushbu tajribani bajarish uchun ballistik to'pponchadan foydalanishimiz kerak.  $45^\circ$  burchak ostida otish paytida maksimal masofa bo'ladi va  $90^\circ$  ga teng bo'lganda ikkita burchak uchun parvoz masofasi bir xil bo'ladi.

Agar biz ushbu qiymatlardan birini eksperimental ravishda aniqlaydigan bo'lsak, unda formula bizga ikkinchi qiymatni hisoblash imkonini beradi. Bu boshlang'ich tezlikni aniqlashning mumkin bo'lgan usullaridan biridir. Boshqa tomondan, agar o'q vertikal yo'nalishda otilgan bo'lsa, u holda snaryad  $H$  balandligini o'lchab, dastlabki tezlikni quyidagi munosabatdan aniqlash mumkin:

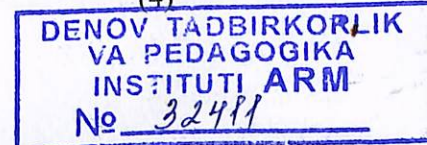
$$v_0 = \sqrt{2gH} \quad (2)$$

Shuni tushunish kerakki, boshlang'ich tezligi faqat to'pponcha barrelining elastikligiga, to'pning massasiga va asbobning boshqa parametrlariga bog'liq. Harakatning turli burchaklarida faqat tezlikning yo'nalishi o'zgaradi, lekin uning qiymat kattaligi emas.

Agar snaryadning boshlang'ich tezligining qiymati ma'lum bo'lsa, olingan natijalarning to'g'riligini tekshirish mumkin bo'ladi. Snaryadning harakati quyidagi munosabatlar tavsiflanadi:

$$h = v_0 \sin \alpha * t - \frac{gt^2}{2} \quad (3)$$

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \quad (4)$$



Bu yerda  $t$  – snaryadning tepaga parvoz qilish vaqti (tushish vaqti ikki barobar uzunroq).

Oxirgi ifodani balandlik formulasiga almashtirib, quyidagicha yozamiz:

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad (5)$$

**Snaryadning uchish masofasining to'pponcha barrelining egilish burchagiga va o'qning massasiga bog'liqligini o'rganish**

1. O'lchov va hisob-kitoblar natijalarini yozish uchun daftaringizga jadvallar tayyorlang: 2.1-jadval – pastroq boshlang'ich tezlik uchun, tortishish holati 1; 2.2-jadval – yuqori boshlang'ich tezlik uchun, tortishish holati 2; 2.3-jadval – maksimal boshlang'ich tezlik uchun, tortishish holati 3.

2.1-jadval

Sharni ishga tushirish burchagi, gradus	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°
Metall sharning o'rtacha parvoz masofasi, m							

2.2-jadval

Sharni ishga tushirish burchagi, gradus	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°
Metall sharning o'rtacha parvoz masofasi, m							

2.3-jadval

Sharni ishga tushirish burchagi, gradus	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°
Metall sharning o'rtacha parvoz masofasi, m							

1. Bolti 1-holatga qo'ying, ballistik to'pponchaga metall sharni o'rnatib.

2. To'pponchani 20°, 30°, 40°, 45° burchaklariga o'rnatib, har bir burchak uchun bir nechta o'q uzing. Rulo qog'ozdagi yiqilish belgilarini qalam bilan aylantiring va uning yonidagi burchaklarni belgilang. Jadvaldagi har bir burchak uchun o'rtacha masofani yozing.

3. Rulo qog'ozni biroz yon tomonga siljiting va qurolni 50°, 60°, 70° burchak ostida o'rnatib, harakatlaringizni takrorlang.

**Snaryadning boshlang'ich tezligini aniqlash**

Dastlabki uchish tezligini aniqlash uchun ikkita mumkin bo'lgan usullardan biri turli tortishish holatlarida ishlatilishi mumkin.

**1-usul.** 1-formuladan foydalanib, o'qning masofasini eksperimental ravishda aniqlang yoki oldingi ish natijalaridan foydalanib, boshlang'ich tezlikni hisoblang va hisoblangan qiymatni 2.4-jadvalning tegishli katagiga yozing:

2.4-jadval

Sharni ishga tushirish burchagi, gradus	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°
Sharning boshlang'ich tezligi, m/s							

Har bir burchakdagi boshlang'ich tezlikning qiymatlarini bir nechta urinishlarning arifmetik o'rtacha qiymati sifatida toping. Shu bilan birga, elektron hisoblagich tomonidan ko'rsatilgan tezlikni mos keladigan katakning maxrajiga yozing.

**2-usul.** Qurolni tik qo'yib o'rnatib. Qurol yonida, o'lchagichni vertikal holda ushlab turing, shunda mos yozuvlar nuqtasi qurolning chiqish teshigi darajasiga to'g'ri keladi.

Har bir snaryad bilan bir necha marta o'q uzing, to'pning balandligini yozib oling va pastga qarab harakatlanayotganda to'pni qo'lingiz bilan ushlang.



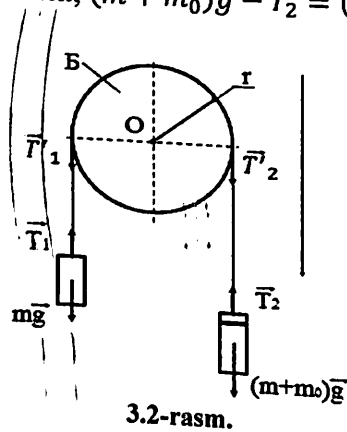
Halqali platforma  $C_1$  va qattiq platforma  $C_2$  K shkalasi bilan vertikal ustun bo'ylab harakatlanishi mumkin. Atvud mashinasi A va B shaklidagi qo'shimcha yuklar to'plami bilan harakatga keltiriladi.

Kichik qalinlikdagi A shaklidagi ortiqcha yuklar ishqalanish kuchlarini qoplash uchun xizmat qiladi (1-topshiriqqa qarang), ularning massasi, qoida tariqasida, ko'rsatilmaydi. Jismlar tizimining tezlashtirilgan harakatini yaratish uchun kattaroq qalinlikdagi A shaklidagi qo'shimcha yuklar kerak (2-topshiriqqa qarang).

### Ishning mazmuni

To'g'ri yukka  $m_0$  massali qo'shimcha yuklar kiritilsin. Yuklarni harakatga keltirganda, ularga og'irlik kuchi  $mg$  va  $(m + m_0)g$ , ipning  $T_1$  va  $T_2$  taranglik kuchlari ta'sir qiladi (3.2-rasmga qarang). Nyutonning 2-qonuniga asoslanib, jismlarning harakat dinamikasi tenglamalari quyidagi shaklga ega:

$$mg - T_1 = -ma, (m + m_0)g - T_2 = (m + m_0)a \quad (1)$$



3.2-rasm.

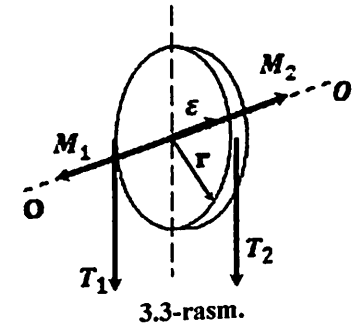
Bu yerda  $g$  – tortishish ta'sirida tezlanish. (1) ifoda yuqoridagi kuchlar va tezlanishlarning vertikal o'qdagi proyeksiyalarini o'z ichiga oladi.

Atvud mashina blokining aylanish harakati dinamikasi uchun tenglama quyidagi shaklga ega:

$$(T_2 - T_1)r = J\varepsilon \quad (2)$$

Bu yerda  $r$  – Atvud mashina blokining radiusi,  $J$  – blokning inersiya momenti.

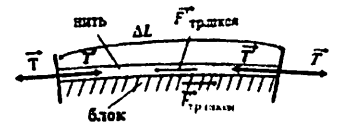
Ifoda (2)  $OO'$  aylanish o'qi bo'yicha kuchlar momentlari va burchak tezlanishi proyeksiyalarini o'z ichiga oladi (3.2- va 3.3-rasmga qarang). (2) tenglamaning chap tomonida  $T_1$  va  $T_2$  taranglik kuchlari momentlarining proyeksiyalari yig'indisi ko'rsatilgan:  $M_2 = T_2 \cdot r$ ,  $M_1 = T_1 \cdot r$ .



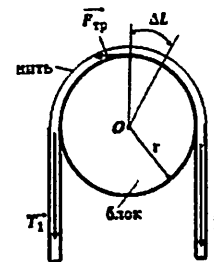
3.3-rasm.

Olingan kuchlar momentining proyeksiyasi teng  $M_2 - M_1$ .

E'tibor bering, blok yuzasiga blok yuzasi bilan aloqada bo'lgan va bu sirtga nisbatan harakatsiz bo'lgan deformatsiyalangan ingichka ip tomondan statik ishqalanish kuchlari bevosita ta'sir qiladi (3.4- va 3.5-rasmlarga qarang).



3.4-rasm.



3.5-rasm.

Blok yuzasi bilan aloqa qiladigan ipning massasi juda kichik va shuning uchun  $J_1$  ipning ko'rsatilgan qismining inersiya momenti nolga

teng (aniqrog'i  $J_1 \ll J$ ).  $M_T$  statik ishqalanish kuchlarining hosil bo'lgan momenti uning burchak tezlanishi  $\varepsilon$  ni hosil qiladi:

$$M_T = J\varepsilon, \quad (3)$$

va ip taranglik kuchlarining hosil bo'lgan momentiga teng bo'lib chiqadi:

$$M_T = M_2 - M_1. \quad (4)$$

Blok bilan aloqada bo'lgan ipni moddiy nuqtalar tizimi deb hisoblash mumkin, ularning har biri uzunligi  $\Delta l$  ( $\Delta l \ll r$ ) bo'lgan ipning kichik bir qismidir. Ipnning qo'shni bo'limlari orasidagi o'zaro ta'sirni tavsiflovchi kuchlanish kuchlari ichkidir. Shuning uchun bu kuchlar momentlarining vektor yig'indisi nolga teng.

Tashqi korpus (blok) tomonidan ipning qismlariga qo'llaniladigan statik ishqalanish kuchlari va ipning qolgan qismidan ko'rib chiqilayotgan moddiy nuqtalar tizimiga ta'sirini tavsiflovchi  $T_1$  va  $T_2$  ipning taranglik kuchlari.

Aylanish dinamikasi qonuni asosida quyidagicha keltiriladi:

$$J_1 \approx 0, M_2 - M_1 - M'_T = J_1 \cdot \varepsilon_1 \approx 0, \quad (5)$$

Bu yerda  $(M'_T)$  - aylanma harakatda ishtirok etuvchi va blok yuzasi bilan aloqada bo'lgan ipga qo'llaniladigan statik ishqalanish kuchlarining hosil bo'lgan momentining proyeksiyasi,  $J_1$ ,  $\varepsilon_1$  - mos ravishda inersiya momenti va burchak tezlanishining proyeksiyasi. Ko'rsatilgan ip blokning yuzasiga nisbatan harakatsiz, va u quyidagicha bo'ladi  $\varepsilon_1 = \varepsilon$ .

Nyutonning 3-qonuniga ko'ra, ipning kesimlariga qo'llaniladigan statik ishqalanish kuchlari va blok yuzasiga qo'llaniladigan statik ishqalanish kuchlari (3.4-rasm) teng va qarama-qarshi yo'naltirilgan.

Shunday qilib, blokning aylanish o'qiga to'g'ri keladigan ushbu kuchlarning momentlarining koordinata o'qi bo'yicha proyeksiyalari yig'indisi nolga teng:

$$M_T + M'_T = 0.$$

Oxirgi tenglik va (5) ifodani hisobga olib, (4) munosabatni olamiz. (3) va (4) tengliklardan (2) ifodaning haqiqiyliki kelib chiqadi. Yuklarning ilgarilanma harakatining tezlashishi  $a$ , ip o'ralgan blok yuzasidagi har qanday nuqtaning  $a_T$  tezlanishining tangensial komponentiga son jihatdan teng.

Oxirgi ifodani hisobga olgan holda:

$$\varepsilon = \frac{a_T}{r} = \frac{a}{r}. \quad (6)$$

(1), (2) va (6) tenglamalarning birgalikdagi yechimi yuklarning tezlanishini topishga imkon beradi:

$$a = \frac{m_0 g}{2m + m_0 + \frac{J}{r^2}} \quad (7)$$

Blokning inersiya momenti kichik bo'lsa, ya'ni:

$$\frac{J}{r^2} \ll 2m, \quad (8)$$

u holda (7) formuladagi maxrajdagi oxirgi hadni e'tiborsiz qoldirish mumkin. Keyin:

$$a = \frac{m_0 g}{2m + m_0}. \quad (9)$$

(7) va (9) tenglamalardan kelib chiqadiki, yuklarning ilgarilanma harakati tezlanishining kattaligi doimiydir, shuning uchun yuklar bir xil tezlanish bilan harakatlanadi.

### Ishni bajarish tartibi

O'lchovlar uchun sozlashni tayyorlang:

- foto datchiklar va magnitni o'lchash modulining orqa panelida joylashgan ulagichlarga ulang;
- tarmoq kabelidan foydalanib, o'lchash modulini 220 V 50 Hz AC tarmog'iga ulang;
- quvvat kalitini "BKJI" holatiga o'tkazing "I - Включено"; bir vaqtning o'zida "CETB" tarmoq kuchlanishining mavjudligi indikatorini yonadi; fotosel indikatorini ham yonadi.

### 1-vazifa. Tizimdagi ishqalanish kompensatsiyasi

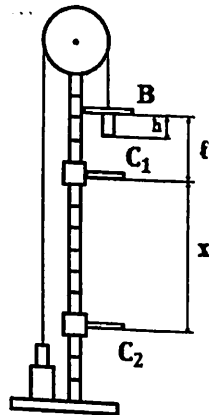
Ishqalanish kompensatsiyasi quyidagicha amalga oshiriladi:

- B shaklidagi ortiqcha yuk o'ng yuk ustiga qo'yiladi, uning ta'siri ostida yuklar harakatga keladi.

2. Chap og'irlik pastda bo'lishi va elektromagnit tomonidan ushlab turilishi uchun tizimni boshlang'ich holatiga o'tkazing (3.6-rasm).

3.  $C_1$  halqa platformasi o'ng og'irlik ostida, o'ng og'irlikning pastki bazasidan  $\ell$  ga teng masofada o'rnatiladi (3.6-rasm).

4. "Режим" tugmasini bosib, sekundomerni "Режим 9" ga o'tkazing va "ВЫБОР/ПУСК" tugmasini bosib, elektromagnit esa og'irliklarning o'rmini o'rnatadi.



3.6-rasm.

4. "ВЫБОР/ПУСК" tugmasini bosish orqali elektromagnit zanjirni oching va  $C_1$  halqa platformasi tomonidan B shaklidagi ortiqcha yuk olib tashlangan paytdan boshlab yuklar harakatlanayotganda to'g'ri og'irlik  $C_2$  qattiq platformaga tegishigacha bo'lgan vaqtni  $t$  o'lchang.

5. Qo'shimcha yukni olib tashlaganingizdan so'ng o'ng qo'l yuki bosib o'tgan yo'lni o'lchang B. Yo'l S halqa va qattiq platformalar orasidagi X masofaga teng, b'ng yukning balandligi h.

6. Qattiq platformani siljiting, uni yangi joyga o'rnatib va ushbu vazifaning 3-5-bandlarida ko'rsatilgan o'lchovlarni takrorlang.

Hammasi bo'lib tajriba 3-5 marta takrorlanadi, keyin nisbatlar topiladi:

$$\frac{s_1}{t_1}, \frac{s_2}{t_2}, \frac{s_3}{t_3}$$

Agar ishqalanish kompensatsiyalangan bo'lsa, B shaklini halqali platforma bilan qayta yuklagandan so'ng, yuklar bir tekis harakatlanadi va quyidagi tengliklar bajariladi:

$$\frac{s_1}{t_1} = \frac{s_2}{t_2} = \frac{s_3}{t_3} = v = const. \quad (10)$$

Nisbatlar kattaligidagi farqlarga (10) 10% gacha ruxsat beriladi.

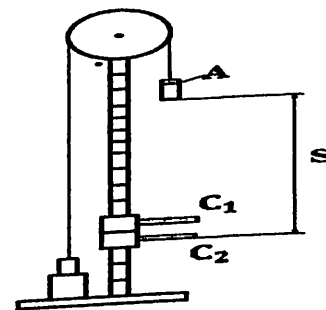
Agar tengliklar bajarilmasa, to'g'ri yukka (yoki to'g'ri yukdan olib tashlash) B shaklidagi bir yoki bir nechta yengil qo'shimcha yuklarni qo'yish orqali tajriba boshidan takrorlanadi.

### 2-vazifa. Yo'l qonunini tekshirish va jismlar tizimining tezlanishini aniqlash

1. "Режим" tugmasini bosib, sekundomerni "Режим 1" ga o'tkazing va "ВЫБОР/ПУСК" tugmasini bosib, elektromagnit esa og'irliklarning o'rmini o'rnatadi.

2. m massali yukdan ishqalanish kompensatsiya qiluvchi  $m_0$  massali qo'shimcha yuklarni olib tashlamasdan, A shaklidagi qo'shimcha yuklarni qo'ying. Qo'shimcha yuk massasini 3.1-jadvalga kiriting. Qo'shimcha yuk massasi uning tashqi yuzasida ko'rsatilgan.

2. Stoykaning pastki qismida qattiq platforma  $C_2$  ni o'rnatib.  $C_1$  halqa platformasining ichki teshigidan to'g'ri og'irlik erkin o'tishi uchun halqa platformasini qattiq platformaga yaqin joyda joylashtiring. S yo'lini o'lchang.



3.7-rasm.

3. Qo'shimcha yukning tezlanuvchan harakat vaqtini  $t$  harakat boshidan uning qattiq platformaga kelgunicha bo'lgan vaqtini o'lchang.

4. Natijalarni 3.1-jadvalga yozing.

5. Qo'shimcha yuk harakatining tezlanishini quyidagi formula bo'yicha hisoblang:

$$a = \frac{2S}{t^2} \quad (11)$$

6. Qattiq platformaning o'rnini o'zgartirib,  $S$  yo'lni o'zgartiring. 3-5-bandlarda tasvirlangan o'lchovlarni takrorlang.  $S$  ning qiymati 3-5 marta o'zgartirib natija oling.

7. Tezlanishning o'rtacha qiymati  $\langle a \rangle$  ni hisoblang.

3.1-jadval

№ o'lchovlar	$S, m$	$t, s$	$m_0 =$				Nisbiy xatolik
			$a, m/s^2$	$\bar{a}, m/s^2$	$\Delta a, m/s^2$	$\overline{\Delta a}, m/s^2$	
1.							
2.							
3.							
...							
$\langle a \rangle$							

8. 2-topshiriqning 1-7-bandlarida ko'rsatilgan o'lchovlar va hisob-kitoblarni boshqa  $m_0$  massali A shaklidagi qo'shimcha yuk bilan takrorlang ( $m_0$  qo'shimcha yuk massalarining qiymatlari qiymat jihatidan sezilarli farq qilishi kerak). Natijalarni 3.1-jadvalga o'xshash jadvalga yozing.

### 3-vazifa. Qo'shimcha yukni tezlanishini va eksperimental qiymatlarini taqqoslash

1. 2-topshiriqda o'tkazilgan tajriba natijalarini 3.2-jadvalga o'tkazing.

2. (7) va (9) formulalardan foydalanib, ipga mahkamlangan yukning massasi 11 g ekanligini hisobga olib, umumiy yuk tezlashishining nazariy qiymatlarini hisoblang.

3. Hisoblash natijalarini eksperimental ravishda olingan tezlanish qiymatlari bilan solishtiring. Xulosa qiling.

3.2-jadval

Qo'shimcha yuk, $m_0$ (g)	Eksperimental tezlash-tirish qiymatlari, $\langle a \rangle \pm \Delta a$ ( $m/s^2$ )	A ( $m/s^2$ ) ning hisoblangan qiymatlari quyidagilardan kelib chiqadi:	
		formulalar (7)	formulalar (9)

### 4-vazifa. Yukning tezlanishini o'lchashda maksimal xatolikni hisoblash

(11) formuladan foydalanib, nisbiy va absolyut maksimal xatolik ifodasini tuzing. Tajriba tezlashuvining absolyut xatosining son qiymatini aniqlang. Absolyut maksimal xatolarning olingan qiymatlarini 3.2-jadvalga yozing.

#### Nazorat uchun savollar:

1. Moddiy nuqta sistemasi aylanish harakati dinamikasi qonunining ta'rifini bering.
2. Kuch momentining vektorini aniqlang.
3. Aylanma harakatda burchak siljishi, burchak tezligi, burchak tezlanishi vektori qanday yo'nalishlarga ega?
4. Aylanma va ilgariylanma harakatlarning qiyosiy tavsifi, ularning asosiy kinematik va dinamik xususiyatlari, shuningdek, tenglamalar va ularni yechish usullarini tushuntirib bering.

5. Jismlar sistemasining mexanik energiyasining saqlanish qonunidan foydalanib, (7) formulani oling.

6. Blokning qarama-qarshi tomonlaridagi ipning taranglik kuchlarini qanday sharoitda bir xil deb hisoblash mumkin?

7. Qanday sharoitda tizim jismlarining tezlanishini hisoblashda katta xatoga yo'l qo'ymasdan, Atvud mashinasi blokining inersiya momentini e'tiborsiz qoldirish mumkin?

8. Atvud mashinasi blokiga qanday kuch momenti qo'llaniladi?

9. Yuklarning bir tekis tezlashtirilgan harakati bilan blokning burchak momenti vaqt o'tishi bilan qanday o'zgaradi?

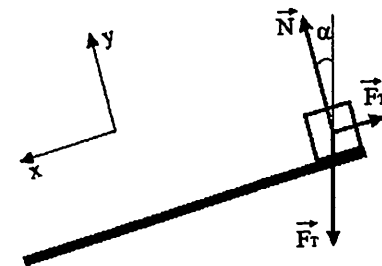
#### 4-LABORATORIYA ISHI. ISHQALANISH KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH

##### Sirpanish ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash

**Kerakli jihozlar:** "Mexanika-2" maxsus laboratoriya jihozlari to'plami: mexanik blokli qiya tekislik, elektron sekundomer, yuklar to'plami.

##### Qisqacha nazariy ma'lumotlar

Brusok qiya tekislikdan siljiganida, unga bir nechta kuchlar ta'sir qiladi: tortishish kuchi  $m\vec{g}$ , normal tayanch reaksiya kuchi  $N^{\rightarrow}$  va sirpanish ishqalanish kuchi  $F_{s.ish}^{\rightarrow}$ .



4.1-rasm.

Koordinata o'qi X ning tekislik bo'ylab pastga yo'nalishini, Y koordinata o'qining yo'nalishini esa tekislikka perpendikulyar yuqoriga tanlaymiz. Ushbu o'qlarga proyeksiyalarda brusokning bosqichma-bosqich harakat dinamikasi tenglamasini yozamiz:

$$OX: m|\ddot{a}| = m|\vec{g}| \sin \alpha - |F_{tr}|; \quad (1)$$

$$OY: 0 = |N^{\rightarrow}| - m|\vec{g}| \cos \alpha. \quad (2)$$

Biz sirpanish ishqalanish kuchi teng ekanligini hisobga olamiz:

$$|\vec{F}_{\text{sp}}| = \mu |N|$$

(3) bu yerda  $\mu$  – sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti.

(1), (2) va (3) biz tenglamalar tizimini yechish orqali quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\mu = \frac{|\vec{g}| \sin \alpha - |\vec{a}|}{|\vec{g}| \cos \alpha} = \text{tg} \alpha - \frac{|\vec{a}|}{|\vec{g}| \cos \alpha} \quad (4)$$

Tezlanish miqdori  $|\vec{a}|$  blok bosib o'tgan masofani  $S$  va tegishli vaqtni  $t$  o'lchash yo'li bilan topish mumkin:

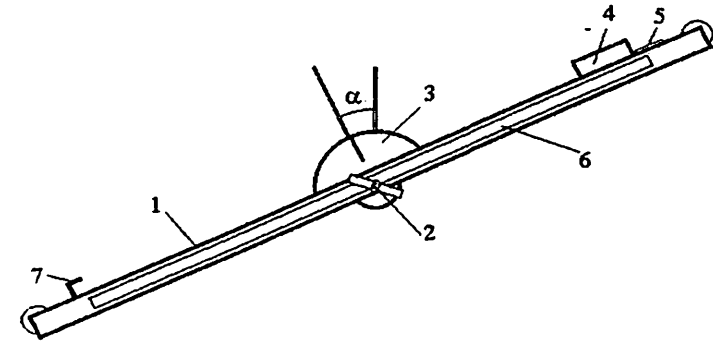
$$a = \frac{2S}{t^2} \quad (5)$$

Formula tajriba shartlariga mos keladigan dastlabki tezlikning nol qiymatida olingan. (5) ni (4) ga almashtirib, biz sirpanish ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash uchun ishchi formulani olamiz:

$$\mu = \text{tg} \alpha - \frac{2S}{gt^2 \cos \alpha} \quad (6)$$

**Ekspirimental qurilma**

“Qiya tekislik” vint yordamida gorizontga  $\alpha$  turli burchaklarga o'rnatish mumkin (4.2-rasm). Burchak  $\alpha$  3-shkala bo'yicha o'lchanadi. Qiya tekislikka 4-massali  $m$  blokni qo'yish mumkin. Turli og'irlikdagi uchta brusoklardan foydalanish rejalashtirilgan. Brusoklar SEU-1 elektron sekundomer tomonidan boshqariladigan elektromagnit 5-yordamida qiyalik tekislikning yuqori qismida o'rnatiladi. Brusokning bosib o'tgan masofasi tekislik bo'ylab o'rnatilgan o'lchagich 6 bilan o'lchanadi. Brusokning sirpanish vaqti 7-sensor yordamida avtomatik ravishda o'lchanadi, u brusok tugatish nuqtasiga tegib turgan paytida sekundomerni o'chiradi.



4.2-rasm.

### Ishni bajarish tartibi

1. Vintni (2) bo'shating (4.2-rasm), tekislikni gorizontga  $25^\circ$  burchak ostida o'rnatib, elektromagnit esa tekislikning yuqori qismida bo'lishi kerak. Busokning bu holatda vint 2 bilan mahkamlang.
2. Sekundomerdan “РЕЖИМ 1” ga qo'ying.
3. Sinov blokini qiya holatda o'rnatib, brusokning uchini elektromagnitga bosib. Brusokning bu holatda ushlab turilishiga ishonch hosil qiling.
4. Sekundomerning CTAPT tugmasini bosib. Bunday holda, elektromagnit bir vaqtning o'zida o'chiriladi va soniya hisoblagichi yoqiladi. Brusok tugatish datchigiga urilganda sekundomer avtomatik ravishda o'chadi.
5. Brusokning sirpanish vaqtini  $t$ , chiziq bosib o'tgan yo'lni  $S$ , tekislikning qiyalik burchagini  $\alpha$  yozing. (6) formuladan foydalanib, sirpanish ishqalanish koeffitsiyentini  $\mu$  hisoblang.
6. Tajribani besh marta takrorlang. Natijalarni matematik hisob-kitob qiling.
7. Brusokni o'zgartirish orqali 3–6-bandlarni takrorlang.
8. Boshqa burchaklar uchun 3–7-bandlarni takrorlang.
9. Ikkinchi brusok uchun 3–8-bandlarni takrorlang.
10. Sirpanib ishqalanish koeffitsiyentlarining olingan tajriba qiymatlarini jadval qiymatlari bilan solishtiring.

### Tinchlikdagi ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash

**Ishning maqsadi:** Statik ishqalanish koeffitsiyentini o'lchash usullaridan biri bilan tanishish.

**Kerakli jihozlar:** "Mexanika-2" maxsus laboratoriya jihozlari to'plami: mexanik blokli qiya tekislik, elektron sekundomer, yuklar to'plami.

#### Qisqacha nazariy ma'lumotlar

Ishqalanish kuchi – bu ikki jismning sirtlari orasida paydo bo'ladi va ularning o'zaro harakatiga to'sqinlik qiladigan kuch. U jismlarga ularning ta'sir yuzasi bo'ylab qo'llaniladi va har doim harakatning nisbiy tezligiga qarama-qarshi yo'naltiriladi.

Agar ishqalanish yuzaga keltirgan jismlar bir-biriga nisbatan harakatsiz bo'lsa, unda ular statik ishqalanish orqali harakatlanadi. Bunday holda sirpanish ishqalanish yuzaga keladi. Agar jismlardan biri ikkinchisining yuzasida sirpanmasdan dumalasa, u holda dumalab ishqalanish yuzaga keladi.

Statik ishqalanish kuchi yagona aniqlangan miqdor emas. Qo'llaniladigan tortish kuchi  $F$  ga qarab, statik ishqalanish kuchining qiymati brusok harakatlana boshlagandagi kuchning qiymati 0 dan – gacha o'zgaradi. Shuning uchun  $F_{\text{tp}} \leq F_{\text{tp max nox}} = F_{\text{min}}$

Odatda, statik ishqalanish kuchi statik ishqalanishning maksimal kuchi deb ataladi. Statik ishqalanish kuchi jismlarning ishqalanish yuzasiga bog'liq emas va normal bosim kuchiga (va shuning uchun unga teng) mutanosibdir:

$$F_{\text{tinch}} = \mu_{\text{tinch}} \cdot N \quad (1)$$

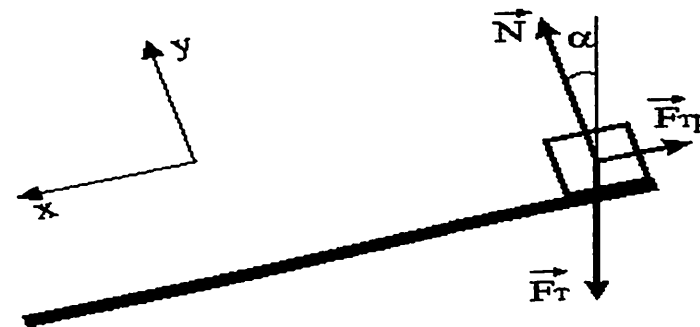
Bu qiymat statik ishqalanish koeffitsiyenti deb ataladi. Statik ishqalanish koeffitsiyenti ishqalanish materiallariga va sirtini qanday g'adir-budurligiga bog'liq.

Statik ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash uchun qiya tekislikdan foydalanish qulay.

4.3-rasm. Qiyaligining burchagi sekin oshishi bilan shunday burchakni topish mumkin, bunda brusok keskin o'z joyidan siljiydi va tekisliklik bo'ylab siljiy boshlaydi.

Bunday holda, brusokka uchta kuch ta'sir qiladi: tortishish kuchi  $F_t$ , tayanch reaksiya kuchi  $N$  va ishqalanish kuchi  $F_{\text{ish}}$ .

Koordinata o'qi  $X$  ning tekislik bo'ylab pastga yo'nalishini,  $Y$  koordinata o'qining yo'nalishini esa tekislikka perpendikulyar yuqoriga tanlaymiz.



4.3-rasm.

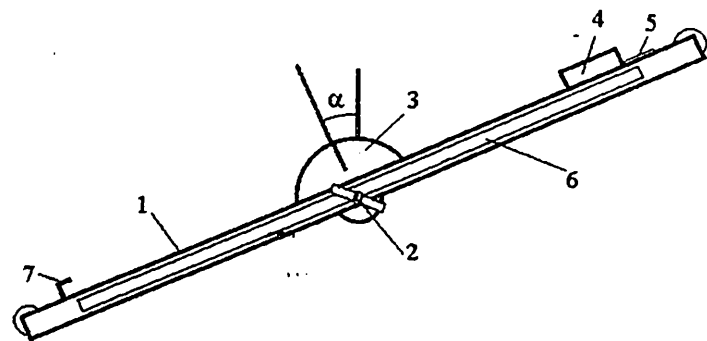
Tezlanish bo'lmasa, barcha uch kuchning natijasi nolga teng. Nyutonning ikkinchi qonuniga asoslangan tenglamalar tizimini yozamiz:

$$\begin{aligned} -|F_{\text{tinch ish}}| + |F_{\text{tp}}| \sin \alpha &= 0 \\ |N| - |F_{\text{tp}}| \cos \alpha &= 0 \end{aligned}$$

$F = N \operatorname{tg} \alpha$  tenglamalar tizimidan kelib chiqadi. (1) ifodaga asoslanib, olish mumkin:

$$\mu_{\text{tinch}} = \operatorname{tg} \alpha. \quad (2)$$

Eksperimental texnika statik ishqalanish koeffitsiyentini "Mexanika-2" o'quv-laboratoriya jihozlari majmuasiga kiruvchi "Qiya tekislik" qurilmasi yordamida aniqlash mumkin. O'rnatish qiya tekislik 1 bo'lib, uni vint 2 yordamida gorizontga  $\alpha$  turli burchaklarga o'rnatish mumkin (4.4-rasm). Burchak  $\alpha$  3-shkala bo'yicha o'lchanadi. Qiyalikga 4 m massali blokni qo'yish mumkin. Uch brusokdan foydalanish rejalashtirilgan.



4.4-rasm.

Tekislikning qiyalik burchagini o'zgartirib, shunday burchakni topish mumkin, bunda brusok keskin o'z joyidan siljiydi va tekislik bo'ylab siljiy boshlaydi. Formula (2) dan foydalanib, brusokning statik ishqalanish koeffitsiyentini  $\mu_{\text{tinch}}$  hisoblash mumkin.

#### Ishni bajarish tartibi

1. Vint 2 ni bo'shating (4.4-rasm), tekislikni gorizontga  $25^\circ$  burchak ostida o'rnatib, 4-blokni (po'lat-yog'och) qiya tekislikka pastga qaragan holatda joylashtiring.
2. Tekislikning qiyalik burchagini sekin o'zgartiring, shunday burchakni topingki, bunda brusokda o'z joyidan keskin siljiydi va tekislik bo'ylab siljiy boshlaydi. Tekislikning qiyalik burchagini yozing  $a$  (2) formula bo'yicha statik ishqalanish koeffitsiyenti  $\mu$  ni hisoblang.
3. Tajribani besh marta takrorlang. Natijalarni matematik hisob-kitob qiling.
4. 1-3-bandlarni takrorlang, pastga qarab brusokni holatiga aylantiring.
5. Ikkinchi brusok uchun 1-4-bandlarni takrorlang.
6. Statik ishqalanish koeffitsiyentlarining olingan eksperimental qiymatlarini jadval ko'rsatkichlari bilan va sirpanish ishqalanish koeffitsiyentini o'lchash natijalari bilan solishtiring.

## Dinamika qonunlarini bosqichma-bosqich tekshirish

**Ishning maqsadi:** tarjima harakatining asosiy qonunining haqiqiylikni tekshirish.

**Kerakli jihozlar:** "Mexanika-2" maxsus laboratoriya jihozlari to'plami: mexanik blokli qiya tekislik, elektron sekundomer, yuklar to'plami.

### Qisqacha nazariy ma'lumotlar

Dinamikaning asosiy qonuni (yoki Nyutonning ikkinchi qonuni) kuch  $F$  va o'zaro ta'sir qiluvchi jismlarning tezligining o'zgarishi (tezlanishi  $a$ ) o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi:

$$F = ma \quad (1)$$

Bu yerda  $m$  – jism massasi.

Dinamikaning asosiy qonunidan foydalanib, jismga ta'sir qiluvchi kuchlarni yoki berilgan kuchlarga ko'ra harakat (tezlanish) xarakterini aniqlash mumkin. Harakat tenglamasini tuzishda quyidagi algoritmdan foydalanish kerak:

- avval berilgan moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi barcha kuchlarni (shu jumladan reaksiya kuchlarini) toping;
- keyin bu kuchlarning natijasini toping;
- dinamikaning asosiy qonunini qo'llash va noma'lum miqdor uchun tenglamani yeching.

Ushbu laboratoriya ishida massasi  $m_1$  bo'lgan brusokning qiya tekislik bo'ylab harakatlanishi misolida dinamikaning asosiy qonunini ko'rib chiqish taklif etiladi (4.5-rasm).  $F_1$  tortish kuchini hosil qilish uchun massasi  $m$  bo'lgan og'irlik kam ishqalanish bilan aylanadigan vaznsiz blok ustiga tashlangan, vaznsiz, cho'zilmaydigan ipga osilgan.  $F_{T2}$  tortishish kuchi ta'siri ostidagi yuk pastga tushadi, ipni tortadi va brusok qiya tekislik yuzasi bo'ylab bir xil tezlanish bilan yuqoriga siljiydi. Brusokka quyidagilar ta'sir qiladi: tortishish kuchi  $F_{T1} = m_1g$ ,

tortish kuchi  $F_1$ , ishqalanish kuchi  $F_{t,ish}$ , tayanch reaksiya kuchi  $N$ . Yukka ipning taranglik kuchi  $F_2$  va tortishish kuchi ta'sir qiladi:

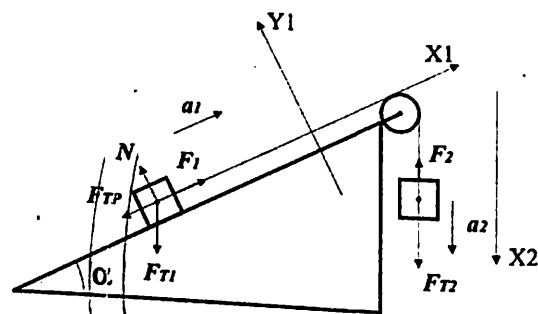
$$F_{T2} = m_2g.$$

Brusokning harakatini tasvirlash uchun biz inersial sanoq sistemasini,  $X_1$  o'qini kiritamiz, biz uni  $a_1$  tezlanish bilan yo'naltiramiz va  $Y_1$  o'qini qiya tekislikka perpendikulyar qilamiz.  $X_2$  o'qi  $a_2$  tezlanish yo'nalishi bo'yicha yo'naltiriladigan mos yozuvlar tizimiga nisbatan yukning harakatini ko'rib chiqamiz.

Brusok va yukning harakat tenglamalarini vektor shaklida yozamiz:

$$m_1a_1 = m_1g + F_1 + F_{TP} + N; \quad (2)$$

$$m_2a_2 = m_2g + F_2$$



4.5-rasm.

Olingan tenglamalar tizimini yechish uchun ishqalanish kuchi modulini aniqlash formulasiga kiritilgan  $m$  ishqalanish koeffitsiyentini bilish kerak  $F_{TR} = \mu N$ . Ushbu koeffitsiyentni topish uchun qiya tekislikni  $0^\circ$  burchak ostida joylashtirish qulayroqdir. Ushbu holatda:

$$F_1 = m_1(a_1 + \mu g);$$

$$F_2 = m_2(g - a_2).$$

Agar blok vaznsiz va blok o'qida ishqalanish yo'q deb hisoblasak, bu kuchlar mutlaq qiymatda teng bo'lishi kerak. Ip cho'zilmasi bo'lgani uchun tezlanishlar  $a_1 = a_2 = a$ . Tezlanish modulini  $a$  jism bosib o'tgan yo'lining  $L$  uzunligini va uning harakatlanish vaqtini bilish orqali topish mumkin:

$$a = \frac{2L}{t^2} \quad (4)$$

Shunday qilib, (3) tenglamalarni yechish orqali biz sirpanish ishqalanish koeffitsiyentini topish uchun quyidagi ifodalarni olishimiz mumkin:

$$\mu = \frac{m_2g - a(m_1 + m_2)}{m_1g} \quad (5)$$

$a \neq 0$  bo'lgan umumiy holatni ko'rib chiqsak. (2) tenglamalar sistemasini skalyar ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$m_1a_1 = F_1 - m_1g \sin \alpha - \mu m_1 \cos \alpha \quad (6)$$

$$m_2a_2 = m_2g - F_2$$

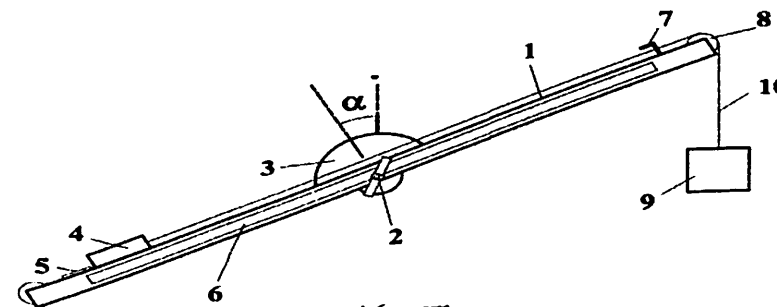
Agar  $F_1 = F_2 = F$  va  $a_1 = a_2 = a$  shartlari bajarilsa, u holda

$$a = \frac{g(m_1 - m_2(\sin \alpha + \mu \cos \alpha))}{m_1 + m_2} \quad (7)$$

### Ekspirimental texnika

"Mexanika-2" o'quv-laboratoriya asbob-uskunalarini majmuasiga kiruvchi "Qiya tekislik" tutgich va SEU-1 sekundomer yordamida brusokning qiya tekislik bo'ylab harakatini o'rganish mumkin.

O'rnatish qiya tekislik 1 bo'lib, uni vint 2 yordamida gorizontga  $\alpha$  turli burchaklarga o'rnatish mumkin (4.6-rasm). Burchak  $\alpha$  shkalasi 3 yordamida o'lchanadi. Qiya tekislikka brusok 4 qo'yish mumkin. Brusokni ushlab turish uchun elektromagnit 5 qo'llaniladi. Brusok bosib o'tgan masofani chizg'ich 6 yordamida o'lchash mumkin. Yuk 9 osilgan. blok 8 orqali tashlangan ip 10.



4.6-rasm.

“Qiya tekislik” qurilmasi to‘plami ikkita brusok va turli og‘irlikdagi yuklar to‘plamini o‘z ichiga oladi. Har bir brusok turli xil materiallardan tayyorlangan ikkita qismdan iborat: yog‘och-duralumin va yog‘och-po‘lat.

### Ishni bajarish tartibi

1. Vint 2 ni bo‘shating (4.6-rasm), tekislikni  $0^\circ$  burchak ostida o‘rnatib. 4-blokni (alyuminiy-yog‘och) qiya tekislikka jism pastga qaragan holatda joylashtiring.

2. Elektron sekundomerni yoqing, sekundomerni “Rejim №1”ga o‘tkazing.

3. Sekundomerning START tugmasini bosib. Yukni tushish vaqtini o‘lchang.

4. Tajribani besh marta takrorlang. Natijalarni matematik hisob-kitob qiling.

5. (4) formuladan foydalanib, brusokning tezlanishini va (5) formuladan foydalanib, ishqalanish koeffitsiyentini hisoblang. Tajribada olingan natijani sirpanish ishqalanish koeffitsiyentining jadval qiymati bilan yoki uni ishda o‘lchash natijalari bilan solishtiring.

6. Tekislikning qiyalik burchagini o‘zgartirib, (4) formuladan foydalanib, chiziqning tezlanishini aniqlang, ( $\alpha$ ) bilan bog‘liqligini tuzing. Olingan natijani (7) formula bo‘yicha topilgan nazariy natija bilan solishtiring.

7. Blokni alyuminiy holatiga o‘zgartirib, 1–7-bandlarni takrorlang.

## 5-LABORATORIYA ISHI.

### SILJISH MODULI VA YUNG MODULINI ANIQLASH

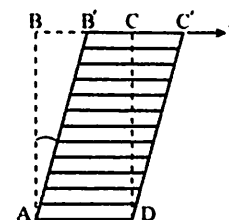
Ishning maqsadi: prujina materialining siljish modulini aniqlash.

#### Nazariy ma’lumotlar

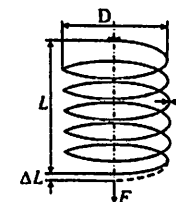
Siljish – ma’lum bir tekislikka (siljish tekisligiga) parallel bo‘lgan qattiq jismning barcha tekis qatlamlari bir-biriga parallel ravishda siljishi deformatsiyasidir (5.1-rasm). Kesish BC siljish tekisligiga parallel qo‘llaniladigan F kuch ta’sirida sodir bo‘ladi. Deformatsiyaning o‘lchovi – siljish burchagi  $\theta$  (nisbiy kesish). Guk qonuniga ko‘ra, nisbiy siljish kuchlanishiga proporsionaldir:

$$\sigma_\tau = \frac{F}{S} G \theta \quad (1)$$

Bu yerda S – BC yuzining maydoni, G – birga teng nisbiy kesishni keltirib chiqaradigan siljish kuchlanishiga son jihatdan teng bo‘lgan kesish moduli tushuniladi.



5.1-rasm. Deformatsiya.



5.2-rasm. Prujina geometriyasi.

Bu ishda spiral prujina yasaladigan materialning siljish moduli aniqlanadi (5.2-rasm). Prujinaning asosiy geometrik parametrlari sim diametri d, prujina g‘altakning diametri D va g‘altaklar soni N. Tortish kuchi F ta’sirida L prujinaning uzunligi Guk qonuniga ko‘ra qiymatga ortadi.

$$\Delta L = F/k \quad (2)$$

“Qiya tekislik” qurilmasi to‘plami ikkita brusok va turli og‘irlikdagi yuklar to‘plamini o‘z ichiga oladi. Har bir brusok turli xil materiallardan tayyorlangan ikkita qismdan iborat: yog‘och-duralumin va yog‘och-po‘lat.

### Ishni bajarish tartibi

1. Vint 2 ni bo‘shating (4.6-rasm), tekislikni  $0^\circ$  burchak ostida o‘rnatib. 4-blokni (alyuminiy-yog‘och) qiya tekislikka jism pastga qaragan holatda joylashtiring.
2. Elektron sekundomerni yoqing, sekundomerni “Rejim №1”ga o‘tkazing.
3. Sekundomerning START tugmasini bosib. Yukni tushish vaqtini o‘lchang.
4. Tajribani besh marta takrorlang. Natijalarni matematik hisob-kitob qiling.
5. (4) formuladan foydalanib, brusokning tezlanishini va (5) formuladan foydalanib, ishqalanish koeffitsiyentini hisoblang. Tajribada olingan natijani sirpanish ishqalanish koeffitsiyentining jadval qiymati bilan yoki uni ishda o‘lchash natijalari bilan solishtiring.
6. Tekislikning qiyalik burchagini o‘zgartirib, (4) formuladan foydalanib, chiziqning tezlanishini aniqlang, ( $\alpha$ ) bilan bog‘liqligini tuzing. Olingan natijani (7) formula bo‘yicha topilgan nazariy natija bilan solishtiring.
7. Blokni alyuminiy holatiga o‘zgartirib, 1–7-bandlarni takrorlang.

## 5-LABORATORIYA ISHI. SILJISH MODULI VA YUNG MODULINI ANIQLASH

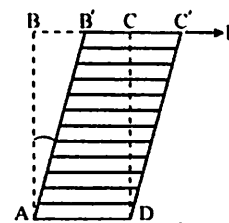
Ishning maqsadi: prujina materialining siljish modulini aniqlash.

### Nazariy ma’lumotlar

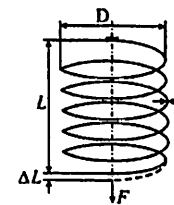
Siljish – ma’lum bir tekislikka (siljish tekisligiga) parallel bo‘lgan qattiq jismning barcha tekis qatlamlari bir-biriga parallel ravishda siljishi deformatsiyasidir (5.1-rasm). Kesish BC siljish tekisligiga parallel qo‘llaniladigan F kuch ta’sirida sodir bo‘ladi. Deformatsiyaning o‘lchovi – siljish burchagi  $\theta$  (nisbiy kesish). Guk qonuniga ko‘ra, nisbiy siljish kuchlanishiga proporsionaldir:

$$\sigma_\tau = \frac{F}{S} G \theta \quad (1)$$

Bu yerda S – BC yuzining maydoni, G – birga teng nisbiy kesishni keltirib chiqaradigan siljish kuchlanishiga son jihatdan teng bo‘lgan kesish moduli tushuniladi.



5.1-rasm. Deformatsiya.



5.2-rasm. Prujina geometriyasi.

Bu ishda spiral prujina yasaladigan materialning siljish moduli aniqlanadi (5.2-rasm). Prujining asosiy geometrik parametrlari sim diametri d, prujina g‘altakning diametri D va g‘altaklar soni N. Tortish kuchi F ta’sirida L prujining uzunligi Guk qonuniga ko‘ra qiymatga ortadi.

$$\Delta L = F/k \quad (2)$$

2. Fotosurat sensorini o'lchash modulining orqa panelida joylashgan ulagichga ulang.

3. Tarmoq kabelidan foydalanib, o'lchash modulini 220 V 50 Hz AC tarmog'iga ulang.

4. "ВКЛ" quvvat tugmachasini "I – Вкл" holatiga o'tkazing; bir vaqtning o'zida "СЕТЬ" tarmoq kuchlanishining mavjudligi indikator yonadi; fotosel indikator ham yonadi.

5. "РЕЖИМ" tugmasini bosib, sekundomerni "Режим 5" ga o'rnatib va "ПУСК\ВЫБОР" tugmasini bosib. Bunday holda, tajriba o'tkazishda indikator mayatnikning 10 ta tebranishlari sonini va ularning vaqtini ko'rsatadi.

6. Bo'shatish uchun yukni ko'taring. Bunday holda, yuk prujina tebranishni boshlaydi. Mayatnikning  $n=10$  ta to'liq tebranishlari uchun  $t$  vaqtini o'lchang. Sekundomerni ishga tushirish va to'xtatish fotoelektr sensori tomonidan amalga oshiriladi.

7.  $T=t/n$  tebranish davrini toping. Tajribani 4-5 marta takrorlang.

8. 5-6-bandlarning topshirig'ini takrorlang, yukning massasini oshiring. Hammasi bo'lib,  $m$  ning 3-4 qiymati uchun o'lchovlarni bajaring.

9.  $D, d, N$  prujina parametrlarini o'lchang.

10.  $m$  ning har bir qiymati uchun (5) formula yordamida siljish moduli  $G(t)$  ni hisoblang.  $G$  ning o'rtacha qiymatini toping.

11. 5.1-jadvalga o'lchov va hisob-kitoblar ma'lumotlarini kiriting.

5.1-jadval

№	$m, \text{kg}$	$D, \text{m}$	$d, \text{m}$	$N$	$n$	$t_1, \text{s}$	$t_2, \text{s}$	$t_3, \text{s}$	$t_{\text{ort}}, \text{s}$	$T, \text{s}$	$G, \text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$	$G_{\text{ort}}, \text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$

12. Mutlaq va nisbiy o'lchov xatolarini hisoblang. Tajriba natijalarini jadval qiymati bilan solishtiring.

**2-vazifa. Prujinali taranglik usuli bilan siljish modulini aniqlash.**

1. Fotosurat sensori bilan qisqichni olib tashlang. Prujinaga  $m_1$  massali yukni osib qo'ying. O'lchagich yordamida yukning pastki tekisligining joylashishini o'lchang  $y_1$ .

2. Prujinaga  $m_2$  massali yukni osib qo'ying. Shtangensirkul yordamida yukning pastki tekisligining joylashishini o'lchang  $y_2$ .

3.  $y=y_2-y_1$  formulasi yordamida prujinaning uzayishini aniqlang.

4. Siljish modulini quyidagi formula yordamida aniqlang:

$$G = \frac{64FRN}{yd^4}$$

bu yerda  $F=mg$  – prujinaning tortish kuchi,  $m=m_1-m_2$ ;

$R=D/2$  – prujinaning o'rtacha radiusi.

5. O'lchov va hisob-kitoblar natijalarini 5.2-jadvalga yozing.

5.2-jadval

№	$R, \text{m}$	$d, \text{m}$	$m, \text{s}$	$m_1, \text{s}$	$m_2, \text{s}$	$y_1, \text{m}$	$y_2, \text{m}$	$y, \text{m}$	$G, \text{kr}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$	$G_{\text{ort}}, \text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$

Boshqa og'irliklar va  $m_1$  va  $m_2$  uchun o'lchovlarni oling.

6. Mutlaq va nisbiy o'lchov xatolarini hisoblang. Tajriba natijalarini jadval qiymati bilan solishtiring.

**Nazorat uchun savollar:**

1. Deformatsiya hodisasini tushuntirib bering. Misollar keltiring.

2. Qanday deformatsiyalar mavjud? Ular bir-biridan qanday farq qiladi?

3. Har xil turdagi deformatsiyalar uchun deformatsiyaning mutlaq qiymati va nisbiy deformatsiya deb nimaga aytiladi?
4. Puasson nisbati deb nimaga aytiladi? Uning fizik ma'nosi?
5. Guk qonunini yozing. Qanday fizik miqdorlar o'zaro bog'liq? Elastiklik koeffitsiyenti va elastiklik modulining fizik ma'nosi?
6. Qanday deformatsiyalar elastik deb ataladi? Proporsionallik chegarasi va taranglik kuchi deb nimaga aytiladi?
7. Buralish o'qi nima deb ataladi? Yung modulidan tashqari materialning bu xususiyatini bilish nima uchun muhim?
8. Elastik deformatsiyalangan jismlarning potensial energiyasini hisoblash formulasini chiqaring.

## YUNG MODULINI ANIQLASH

**Ishning maqsadi:** Yung modulini aniqlash.

### Nazariy ma'lumotlar

Har qanday qattiq jism kuch ta'sirida o'zining shakli va hajmini o'zgartiradi (deformatsiyalanadi). Kuch tugatilgandan so'ng, agar kuch unchalik katta bo'lmagan bo'lsa ("elastik chegara" oshib ketmagan bo'lsa), jism o'zining avvalgi shakli va o'lchamlarini oladi. Elastik deformatsiyalar juda xilma-xil bo'lishi mumkin: bo'ylama cho'zilish, ko'ndalang siqilish, egilish, kesish, buralish va boshqalar. Agar deformatsiyani keltirib chiqaruvchi kuch unchalik katta bo'lmasa, u holda Guk qonuni bajariladi: Elastiklik chegarasidagi nisbiy deformatsiya uni keltirib chiqaruvchi kuchga proporsionaldir. Har bir deformatsiya turi o'zining koeffitsiyenti yoki moduli (koeffitsiyentning o'zaro nisbati) bilan tavsiflanadi. Deformatsiyaning ko'p turlari bo'lishi mumkinligi sababli, koeffitsiyentlar va modullarning soni bir xil bo'ladi. Biroq egiluvchanlik nazariyasida turli koeffitsiyentlar (modullar) ma'lum munosabatlar bilan o'zaro bog'langanligi ko'rsatilgan. Munosabatlar soni koeffitsiyentlar sonidan ikki baravar kam. Bu shuni anglatadiki, har qanday jism doimo uning elastik xususiyatlarini tavsiflovchi ikkita mustaqil koeffitsiyentga ega. Jismoniy jihatdan bu quyidagicha izohlanadi: har qanday deformatsiya jismning molekulalarining siljishi bo'lib, har qanday harakatni ilgarilanma va aylanma harakatiga qisqartirish mumkin. Bu ikki harakat mustaqil bo'lganligi sababli, ular bilan bog'liq bo'lgan deformatsiyalar, masalan, cho'zilish va buralishlar mustaqil bo'ladi. Boshqa barcha deformatsiyalar bu ikkiga kamaytirilishi mumkin.

**Egilish deformatsiyasi** jismning turli qismlarida cho'zilish va siqilishgacha kamayadi. Agar tekis elastik plastinka ikkala uchi bilan qattiq tayanchlarga erkin joylashtirilsa va o'rtasiga  $P = mg$  ( $g=9,8 \text{ m/s}^2$ ) og'irlikdagi yuk yuklangan bo'lsa, u holda stoykada o'rtasi tushadi, ya'ni plastinka egilib qoladi. Stoykaning yuqori qatlamlari egilish vaqtida

siqiladi, pastki qismi cho'ziladi va neytral qatlam deb ataladigan ba'zi o'rta qatlamlar uzunligini saqlab qoladi va faqat egrilikdan o'tadi. Stoykaning o'rtasi qabul qiladigan siljish  $d$  burilish o'qi deb ataladi. Egilish qanchalik katta bo'lsa, yuk shunchalik katta bo'ladi va qo'shimcha ravishda u stoykada shakli va o'lchamiga va uning elastiklik moduliga (Yang moduli) bog'liq bo'lishi kerak.

Burilish o'qi bilan elastik stoykaning xarakteristiklari o'rtasidagi bog'liqlikni topamiz. Ushbu ishda  $l$  (uzunlik),  $h$  (balandlik),  $b$  (kenglik) o'lchamlari bo'lgan to'rtburchak plastinkalar qo'llaniladi, u o'tkir yuqori yuzlar orasidagi masofa  $L$  bo'lgan ikkita qo'zg'almas prizmagacha o'rnatiladi. Tashqi kuch ta'sirida plastinka egilib, uning shaklini  $y(x)$  funksiya bilan tasvirlash mumkin. Plastinada paydo bo'ladigan elastik kuchlar plastinkaning egriligiga, ya'ni ikkinchi tartibli hosila  $y''(x)$  ga proporsionaldir. Muvozanat sharti quyidagi shaklga ega:

$$EIy''(x) = M(x)$$

Bu yerda  $E$  - Yung moduli;  $I = \frac{bh^3}{12}$  - qo'shimcha geometriyasi bilan aniqlangan koeffitsiyent;

$$M(x) = \frac{P}{2}x - \text{egilish momenti.}$$

Shunday qilib, plastinka shakli uchun differensial tenglamani olamiz:

$$y''(x) = \frac{P}{2EI}x$$

Integratsiyalashgan holda biz quyidagilarni topamiz:

$$y(x) = \frac{P}{12EI}x^3 - \frac{PL^2}{16EI}x$$

Bu yerda  $L$  - to'xtash joylari orasidagi masofa. Burilish o'qi  $d$  modul bo'yicha plastinka o'rtasining siljishiga teng:

$$d = -y(L/2) = \frac{PL^3}{4Eh^3b}$$

Yung moduli:

$$E = \frac{PL^3}{4dbh^3}$$

## Laboratoriya ishini bajarish tartibi

1. Prizmatik tayanchlar (1) orasidagi masofani  $L$  o'lchang. Shtangensirkul yordamida tadqiq qilingan plitasining parametrlarini o'lchang:  $h$  (qalinligi),  $b$  (kenglik).

2. Tadqiq qilingan plitasini prizmatik tayanchlarga (1) qo'ying va uning uchi plastinkaga biroz tegib turadigan qilib terish indikatorini sozlang. Plitaning o'rtasiga maxsus ilgak (10) o'rnatish va terish ko'rsatkichiga nol holatini o'rnatish.

3. Yukni ilgak (10) ga osib qo'ying va o'lchagich (2) ko'rsatkichlari bo'yicha burilish  $d$  ni o'lchang.

4. Birlashtirilgan yukning og'irligini oshiring va 3-bandda ko'rsatilgan o'lchovlarni takrorlang.

5. 4-bosqichni turli og'irliklar bilan takrorlang. Barcha o'lchovlarni 5.3-jadvalga kiriting.

6. Yung modulini formula bo'yicha aniqlang:

$$E = \frac{PL^3}{4dbh^3}$$

7.1 Plastinkani almashtiring va 1-6-bosqichlarni takrorlang.

5.3-jadval

No	Qo'shimcha yuk	$d, m$	$E, N/m^2$	$\Delta E, N/m^2$

### Nazorat uchun savollar:

1. Guk qonunini tuzing. Qanday deformatsiya elastik deb ataladi?
2. Guk qonuni qachon amal qiladi?
3. Yung moduli namuna materialining tabiatiga qanday bog'liq?
4. Yung modulining fizik ma'nosi nima?

## 6-LABORATORIYA ISHI. TORNING TABIIY TEBRANISHLARINI O'RGANISH

**Ishning maqsadi:** torning tabiiy tebranishlarini o'rganish, torning tabiiy chastotalarining taranglik kuchiga bog'liqligini tajriba yo'li bilan aniqlash.

### Nazariy qism

Doimiy to'lqinlar interferensiyaning alohida holatidir. To'lqin interferensiyasi – bu kogerent to'lqinlarning superpozitsiyasi hodisasi bo'lib, bu to'lqinlarning fazalari orasidagi nisbatga qarab, ularning o'zaro kuchayishi, vaqt bo'yicha barqaror, fazoning ba'zi nuqtalarida va boshqalarida susayishi sodir bo'ladi.

Doimiy to'lqinlar ikkita harakatlanuvchi tekislik to'lqinlari bir xil chastotalar va amplitudalar bilan bir-biriga qarab tarqalganda paydo bo'ladi.

Agar muhitda bir vaqtning o'zida bir nechta to'lqinlar tarqaladigan bo'lsa, u holda muhit zarralarining tebranishlari to'lqinlarning har birining alohida tarqalishi paytida zarralar amalga oshiradigan tebranishlarning geometrik yig'indisi bo'lib chiqadi. Shunday qilib, to'lqinlar bir-biriga xalaqit qilmasdan ustma-ust tushadi. Tajribadan kelib chiqadigan bu xulosa to'lqinlarning superpozitsiyasi (superpozitsiyasi) prinsipi deb ataladi. Amalda turgan to'lqinlar to'siqlardan aks etganda paydo bo'ladi. To'siqqa tushayotgan to'lqin va unga qarab bir-birining ustiga qo'yilgan, aks ettirilgan to'lqin doimiy to'lqin deb ataladi.

Qarama-qarshi yo'nalishda x o'qi bo'ylab tarqaladigan ikkita tekis to'lqin uchun tenglamalar:

$$y_1 = A \cos(\omega t - kx), \quad y_2 = A \cos(\omega t + kx), \quad (1)$$

Bu yerda  $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{vT} = \frac{\omega}{v}$  – to'lqin soni

Ushbu tenglamalarni qo'shib, natijani kosinuslar yig'indisi formulasiga aylantirib, biz doimiy to'lqin tenglamasini olamiz:

$$y = y_1 + y_2 = 2A \cos(kx) \cos \omega t = 2A \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \cos \omega t \quad (2)$$

yoki

$$y = \left(2A \cos \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \cos \omega t'$$

Bu yerda  $\left(2A \cos \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$  – turg'un to'lqin amplitudasi.

Koordinatalari  $\frac{2\pi x}{\lambda} = \pm n\pi$  ( $n=0,1,2,\dots$ ) shartni qanoatlantiradigan nuqtalarda tebranish amplitudasi maksimal qiymatiga yetadi. Bu nuqtalar turg'un to'lqinning antinodlari deb ataladi:

$$x_{\text{antinod}} = \pm n \frac{\lambda}{2} \quad \text{bu yerda} \quad n=0,1,2 \quad (3)$$

Koordinatalari  $\frac{2\pi x}{\lambda} = \pm \left(n + \frac{1}{2}\right) \pi$  ( $n=0,1,2,\dots$ ) shartni qanoatlantiradigan nuqtalarda tebranish amplitudasi yo'qoladi. Bu nuqtalar turg'un to'lqinning tugunlari deb ataladi. Tugunlarda joylashgan muhit nuqtalari tebranmaydi. Tugun koordinatalari materiya:

$$x_{\text{tug}} = \pm \left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2} \quad (4)$$

Tugun, xuddi antinod kabi bitta nuqta emas, balki nuqtalari (4) formula bilan aniqlangan x koordinata qiymatiga ega bo'lgan tekislikdir.

### Torning tebranishi

Ikkala uchida cho'zilgan torda, ko'ndalang tebranishlar qo'zg'al-ganda, tik turgan to'lqinlar o'rnatiladi va torning mahkamlangan joyla-rida tugunlar joylashgan bo'lishi kerak. Shuning uchun faqat shunday tebranishlar torda sezilarli intensivlik bilan qo'zg'atiladi, berilgan to'lqin uzunligining yarmi tor uzunligiga butun son marta to'g'ri keladi (6.1-rasm).

Bu shartni anglatadi  $l = n \frac{\lambda}{2}$  yoki

$$\lambda_n = \frac{2l}{n} \quad (5)$$

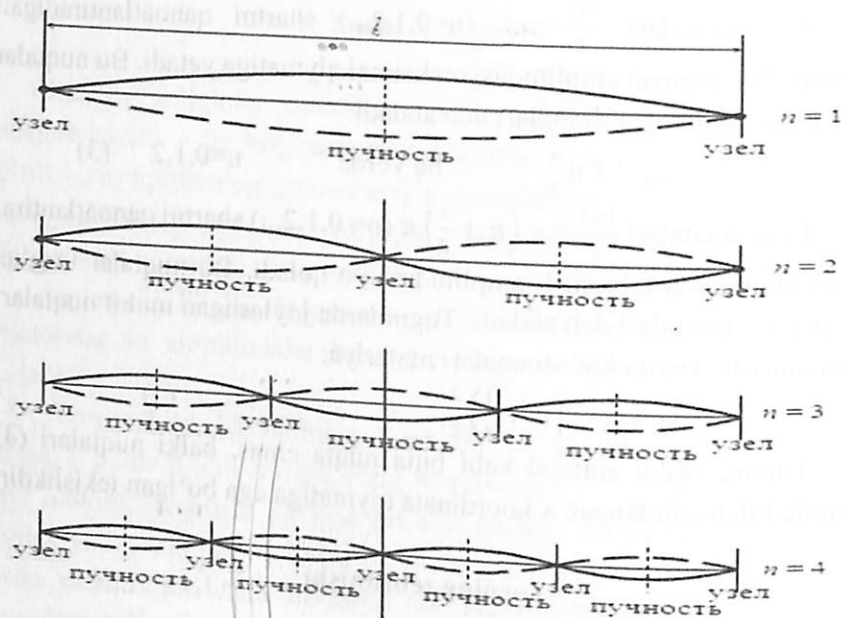
l-torning uzunligi

To'lqin uzunliklari  $\lambda_n$  chastotalarga to'g'ri keladi,  $v_n = \frac{v_f}{\lambda_n} = \frac{v_f}{2l/n}$  ( $n =$

1,2,3,4) bu yerda  $v_f$  – torning taranglik kuchi (F) va birlik uzunlikdagi massa (chiziqli zichlik  $\rho_{chiz}$ ) bilan aniqlangan faza tezligi.

$$v_f = \sqrt{\frac{F}{\rho_{chiz}}} \quad (6)$$

$\rho_{chiz} = m/l = 0,000256$  – torning chiziqli zichligi.



6.1-rasm. Torning tebranishi.

Keyin

$$v_n = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{F}{\rho_{chiz}}} \quad (7)$$

Chastotalar  $v_n$  – qatorning tabiiy chastotalari deyiladi. Tabiiy chastotalar  $n=1$  da chastotaga karrali

$$v_1 = \sqrt{\frac{F}{\rho_{chiz}}}$$

berilgan qiymatning asosiy chastotasi deyiladi.

## Tajriba qismi

O'rnatishning ishlash prinsipi simga (o'tkazgich) ta'sir qiluvchi kuchlarning paydo bo'lishiga asoslanadi.

Cho'zilgan torning tebranishlari turli yo'nalishlarda harakatlanadigan aks ettirilgan to'lqinlarni bir-birining ustiga qo'yish orqali amalga oshiriladi. Osilagrafning ma'lum chastotalarida va simning kuchlanishida rasm barqarorlashadi, torda turg'un to'lqin hosil bo'ladi. Turg'un to'lqin hosil bo'lish chastotasi quyidagilarga teng bo'ladi:

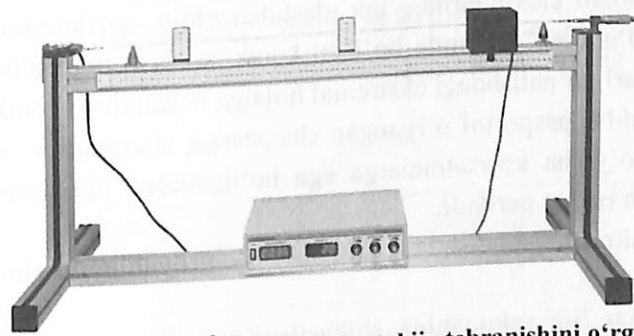
$$v_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F}{\rho}}$$

bu yerda L – torning uzunligi;

F – torning kuchlanishi;

n – yarim to'lqinlar soni;

$\rho$  – torning chiziqli zichligi (massa birligi uzunligi).



6.2-rasm. O'rnatish sxemasi: Torning tabiiy tebranishini o'rganish.

Elektron blok quyidagilarni o'z ichiga oladi: torli taranglik kuchini o'lchagich; quvvat kuchaytirgich bilan jihozlangan sinus to'lqin generatori. Old panelda quyidagi boshqaruv va ko'rsatkichlar mavjud:

- generatorning chiqish kuchlanish chastotasini o'rnatish uchun "CHASTOTA" va "CHASTOTA TOCHNO" potensiometr tugmasi;
- potensiometr tugmasi "AMPLITUDA" generatorning chiqish kuchlanishining kerakli amplitudasini o'rnatish uchun;

### Hisobot talablari

Laboratoriya hisobotida bo'lishi kerak:

- 1) laboratoriya ishining nomi, ishning maqsadi;
- 2) asboblardan va kerakli jihozlardan ro'yxati;
- 3) hisob-kitoblarni bajarish uchun qisqacha nazariya va asosiy formulalar;
- 4) o'lchovlar va hisob-kitoblarning natijalari bilan jadvallar;
- 5) grafik qog'ozda tuzilgan grafiklar;
- 6) ishlash davomidagi xulosalar.

### Nazorat uchun savollar:

1. Harakatlanuvchi to'lqin tenglamasi qanday yoziladi?
2. Qanday tebranish manbalari kogerent deb ataladi?
3. To'lqinlarning superpozitsiyasi prinsipi nima?
4. To'lqin shovqinining paydo bo'lishi uchun qanday shartlar kerak?
5. Doimiy to'lqin nima? Doimiy to'lqin tenglamasi qanday yoziladi?
6. Doimiy to'lqinning antinodlarining paydo bo'lish shartlari.
7. Doimiy to'lqin tugunlarining paydo bo'lishi shartlari.
8. Doimiy to'lqinning tugunlari va antinodlari koordinatalari qanday olinadi?
9. To'lqin uzunligi ip uzunligi bilan qanday bog'liq?
10. Doimiy to'lqinning tabiiy chastotasi qanday? Doimiy to'lqinning chastotasi to'lqin uzunligi, ip uzunligi va faza tezligi bilan qanday bog'liq?
11. Doimiy to'lqinning faza tezligi qanday fizik kattaliklarga bog'liq?

### 7-LABORATORIYA ISHI. TOVUSHNING HAVODA TARQALISHI

#### Laboratoriya ishlarini bajarish uchun ko'rsatmalar

#### DIQQAT!

Qurilmani ishlatishni boshlashdan oldin, mahsulotni yetkazib berish to'plamiga kiritilgan foydalanish hujjatlarini diqqat bilan o'rganib chiqing. O'rnatish havoda tovush to'lqinining tarqalish tezligini aniqlash imkonini beradi. Havodagi tovush tebranishlarini o'rganish uchun moslama trubaning bir uchida akustik tebranish qo'zg'atuvchisi o'rnatilgan shaffof plastik naychadan iborat. Naychanning ikkinchi uchi tiqilib, teshikka ega bo'lib, u orqali mikrofonni kichik diametrli stoyka yordamida akustik trubaning butun uzunligi bo'ylab harakatlantirish mumkin. Shaffof trubaning yuzasida trubaning yopiq uchiga nisbatan mikrofonning holatini o'lchash uchun shkala mavjud. Ovoz tebranishlari to'g'risidagi barcha chiqish ma'lumotlarini ko'rsatkichli voltmeter yordamida o'lchash va qo'shimcha ravishda noutbuk dasturiy ta'minotiga o'rnatilgan ossilloskop ekranida ko'rsatilishi mumkin. Uskunalar o'rta va oliy kasbiy ta'lim muassasalarida asosiy va malakali kasbiy ma'lumotli bo'lish uchun, o'qitish uchun ishlatilishi mumkin. Uskunalardan korxonada va tashkilotlarning elektrotexnik xodimlari, seminarlar va malaka oshirish kurslarida ham foydalanish mumkin.

**Eslatma:** Ishlab chiqaruvchi mahsulotning umumiy o'lchamlarini  $\pm 20$  mm maksimal og'ishlariga ruxsat beradi **DIQQAT!** Ishlab chiqaruvchi mahsulotning konstruktiv xususiyatlariga, shuningdek, ekspluatatsion hujjatlarda aks ettirilmagan va yetkazib beriladigan uskunalarning texnik, ekspluatatsion xarakteristikalarini va xavfsizlik parametrlarini darajasiga ta'sir qilmaydigan mahsulot komponentlari to'plamiga o'zgartirishlar kiritish huquqini o'zida saqlab qoladi.

## Qurilmani ishga tayyorlash

Ishni boshlashdan oldin jihozni ish stoliga qo'yish kerak. E'tibor bering, harakatlanuvchi poyali akustik trubkani o'rnatishda uning uchiga mikrofon o'rnatilgan 100-110 sm uzunlikdagi erkin zona, buning ichiga tik turgan to'lqinlarni o'rganishda s stoyka cho'ziladi. Bundan tashqari, o'lchov birligi va ossilloskopni bir fazali 220V, 50 Hz elektr ta'minoti tarmog'i bilan tegishli kabellar yordamida ulang. Mikrofon bilan zarbadan keladigan kabelning ulagichini o'lchash moslamasining orqa devoridagi (PRIYOMNIK zonasida) XP1 rozetkasiga ulang. Akustik trubaning karnayidan keladigan kabelning ulagichini o'lchash moslamasining orqa devoridagi XP2 rozetkasiga (IZUCHATEL zonasida) ulang. Ossilloskopning kirish kanalini 3,5 mm vilkalari bo'lgan maxsus simi yordamida noutbukning naushnik kirishiga (mikrofon + naushniklar) ulang. Odatda, noutbuk uyasi yonida shartli ravishda faqat minigarnituralar ko'rsatiladi. Kabelning birlashtiruvchi qismini "2k" uyaga (qizil sim) va umumiy simga (qora sim) ulang. O'lchov birligining quvvatini yoqishdan oldin, AMPLITUDA tugmachasini (aslida bu sinusoidal generatorning chiqish signali darajasini sozlash tugmasi) o'rta holatga o'rnatish. E'tibor bering, AMPLITUDA tugmasi faqat 300 daraja aylanadi. Chiqish signalining chastotasini aniqlaydigan boshqa ikkita tugma ko'p burilish (360 daraja burilish) bo'lib, bu chiqish signalining chastotasini juda aniq belgilash imkonini beradi – bu juda muhim, chunki ushbu laboratoriya qurilmasida biz havodagi tovushning rezonansi hodisalari bilan shug'ullanamiz. O'lchov birligining quvvatini yoqishdan oldin, shuningdek, almashtirish tugmasi "IZUCHATEL" pastki holatda ekanligiga ishonch hosil qiling. Bu quvvat yoqilganda voltmetr ignasining keskin og'ishidan qochadi. Keyinchalik, barcha kabellar ulanganda, Siz noutbukni va o'lchov birligini yoqishingiz kerak. Noutbuk ish stolida ossilloskop dasturi belgisini toping va uni ishga tushiring.

Ossilloskop ekranida tegishli katakchadagi (Y) belgini olib tashlash orqali ikkinchi kanalni (qizil signal) o'chiring. Keyinchalik, ossilloskopning kirish qismiga o'zgaruvchan kuchlanishning ma'lum amplitudasini

qo'llash va OSCILLOSCOPE dasturida bu amplitudani millivoltlarda o'rnatish orqali ossilloskopni kalibrlang.

Buning uchun CALIBER tugmasini bosing, keyin paydo bo'lgan oynada ma'lum bo'lgan ushbu qiymatni mV ga o'rnatish. OSCILLOSCOPE dasturining to'g'ri ishlashi uchun to'g'ri namuna olish chastotasini o'rnatish kerak bo'lishi mumkin (quyidagi qiymatlar dasturda 11050 kHz dan 192000 kHz gacha o'rnatilgan).

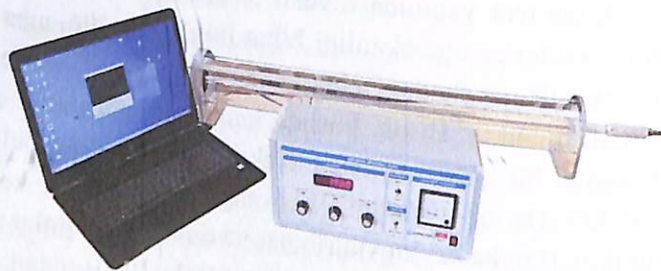
Odatda bu qiymat 48000kHz (yoki 44100kHz) ni tashkil qiladi. Kirish signalining amplitudasini o'rnatish uchun Y maydonida YUQORI-PASTGA tugmasi mavjud. Birinchi kanal uchun "1"ning qarshisida, ikkinchi kanal uchun "2" ning qarshisida. To'g'ri o'rnatish uchun X zonasida o'ng-chap tugmasi mavjud.

## Havodagi tovushni o'rganish ustida ishlash

Turli diapazonlarda ishlash uchun o'lchov birligining old panelida CHASTOTA o'tish tugmasi (past/yuqori) o'rnatilgan. PAST CHASTOTA diapazoni tanlanganda tizim 150-1200 Hz diapazonida ishlashga sozlangan. YUQORI CHASTOTA diapazoni tanlangan, tizim 350-3000 Hz diapazonida ishlash uchun tuzilgan. Dastlab, stoyka uchini (yoki mikrofonning ko'rinadigan yuzasini) nol holatiga o'rnatish kerak, ya'ni to'liq kengaytirilgan qiymatga, radiatsiya karnayiga qarama-qarshi bo'lgan devor yuzasi bilan yuvib tashlang. Ushbu sirtning kelib chiqishini tanlash akustik emitent yaqinida tovush to'lqinlari hali ham shakllanmagan jabha xarakteriga ega ekanligi bilan bog'liq bo'lib, agar biz 290 Hz qiymatida akustik naychadagi tebranishlarni o'rgansak, eksperimental ravishda ko'rish mumkin. Biroq, boshqa ketma-ket garmonik chastotalarni topish uchun bir qator tajribalar o'tkazgandan so'ng, belgilangan chastota 170-175 Hz qiymatidagi chastotaga mos kelishi kerakligini aniqlash mumkin. Barcha keyingi tajribalar va doimiy to'lqinlar tugunlari orasidagi masofani o'lchash bu taxminni tasdiqlaydi. Bundan tashqari, akustik kameraning o'zida tovush harakati yo'lidagi tovushni ham, kesimni ham ma'lum darajada o'zgartiradigan kirish tayog'i bilan bog'liq

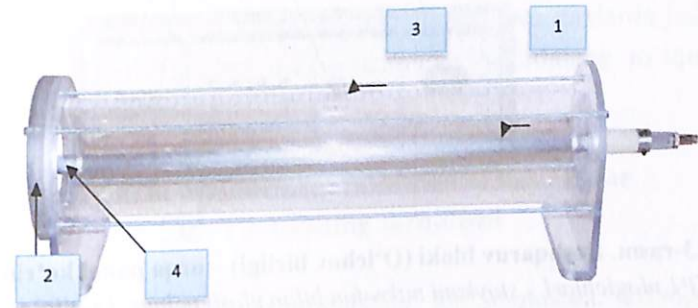
noaniqliklar mavjud. Dastlab, mikrofonni nolga o'rnatishingiz kerak. Keyin ossilloskop ekranida kuzatuvlar olib boramiz. Generator chastotasining qiymatini oshiramiz. Shu bilan birga, biz rezonans chastotalarining qiymatlarini qayd qilamiz. Ossilloskop ekranida signalni kuzatishda signalning mumkin bo'lgan buzilishlarini (aniqrog'i, amplituda cheklovlarini) kuzatish kerak. Yuzaga kelgan buzilishlarni bartaraf etish uchun old paneldagi AMPLITUDA tugmasi yordamida generatordan emitentga yetkazib beriladigan chiqish signali darajasini pasaytirish kerak. Chastotalar: 1730, 1900, 2070, 2240, 2410, 2580, 2750, 2935Hz Bundan tashqari, ushbu rezonans chastotalaridan birini tanlab, uni o'zgartirmasdan, Siz tovush to'liqinining tugunlari va antinodlarining joylashishini o'rganish uchun tajriba o'tkazishingiz mumkin. Buning uchun mikrofon bilan tayoqni sekin va silliq ravishda akustik trubkaga joylashtiring. Ossilloskop ekranidagi signallarning minimal qiymatlari paydo bo'lgan doimiy to'liqindagi tugunlarning joylashishini ko'rsatadi va signallarning maksimal qiymatlari tovush to'liqinidagi antinodning o'rtasini ko'rsatadi. Tugunlarni minimal qiymatlar bo'yicha tuzatish va akustik trubaning yuqori yuzasida joylashgan santimetr shkalasida ma'lumotlarni yozib olish qulayroqdir. Santimetr shkalasiga nisbatan stoyka (yoki mikrofon) uchining joylashgan joyiga qat'iy perpendikulyar qiymatlarni olish kerak.

### Uskunaning tavsifi



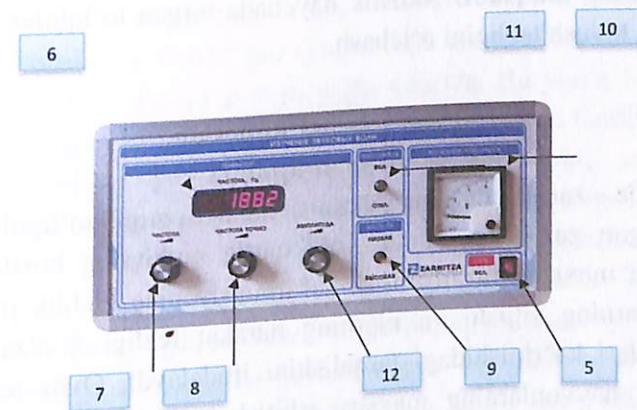
7.1-rasm. Umumiy ko'rinishi.

### Qurilmaning ko'rinishi

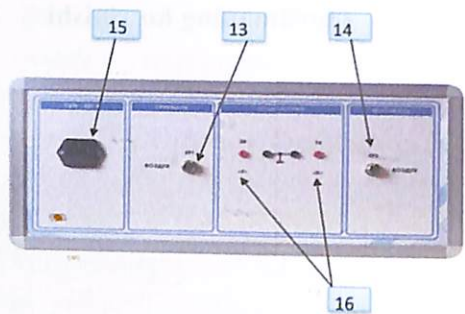


7.2-rasm. Havodagi tovush to'liqinlarini o'rganish moduli:

1-mikrofon bilan rod (tayoq); 2-dinamik (tovush chiqaruvchi); 3-uskunadagi mikrofon holatining koordinatasini aniqlash uchun chiziqli (santimetrli) shkala. Malumot uchun qulaylik uchun mos yozuvlar yo'nalishi o'ngdan chapga amalga oshiriladi; 4-mikrofon.



5-qurilma quvvat kaliti "CETB"; 6-chastota o'Ichagich; 7 va 8-chastotani sozlash tugmalari; 9-chastota diapazonini tanlash uchun almashtirish tugmasi; 10-qabul qiluvchining chiqishidagi tovush to'liqinining amplitudasini aniqlash uchun voltmetr; 11-karnayni yoqish/o'chirish uchun o'tish tugmasi (ovoz chiqaruvchi); 12-ovoz chiqaruvchining darajasini sozlash tugmasi – AMPLITUDA.



**7.3-rasm. Boshqaruv bloki (O'lchov birligi) – orqa panel ko'rinishi:**  
 13-XP1 ulagichlari – stoykani mikrofon bilan ulash uchun; 14-XP2 ulagichi – karnayni ulash uchun; 15-1A sug'urta bilan quvvat ulagichi, elektr simini ulash uchun CETB~ 220 V; 16-maxsus simi yordamida ossillokopni ulash uchun ulagichlar (ossillokop kirishiga signal 2k "Y" kirishiga ulangan bo'lishi kerak).  
 Bir kanalli ossillokop sifatida noutbukning ovoz kartasi ishlatiladi – buning uchun Siz ulashingiz kerak kabel (3,5 mm/4 pin – 2 mm vilkalar) minigarniturali kirish bilan noutbukning kirishiga (mikrofon + minigarnituralar).

**Ishning maqsadi:** Akustik naychada turgan to'liqlar usuli bilan havodagi tovush tezligini o'lchash.

### Nazariy ma'lumotlar Ovoz to'liqlari

Ovoz – zarrachalarning tebranish harakati orqali to'liqlar shaklida tarqaladigan gazsimon, suyuq yoki qattiq muhitning buzilishi. Ovoz to'liqlari mexanik bo'lib, o'rta deformatsiyaning zichlik  $\rho$ , bosim  $P$ , zarrachalarning siljishi va ularning harakat tezligi  $\xi$  o'zaro bog'liq tebranishlari ko'rinishidagi tarqalishini ifodalaydi. Ovoz tebranishlari odam va hayvonlarning maxsus eshitish organlari tomonidan qabul qilinadi. Odamlar uchun qabul qilingan chastotalar diapazoni 16 Hz dan 20 kHz gacha bo'lgan diapazonda joylashgan. Fizikaning tovush hodisalarini o'rganuvchi sohasi akustika deb ataladi.

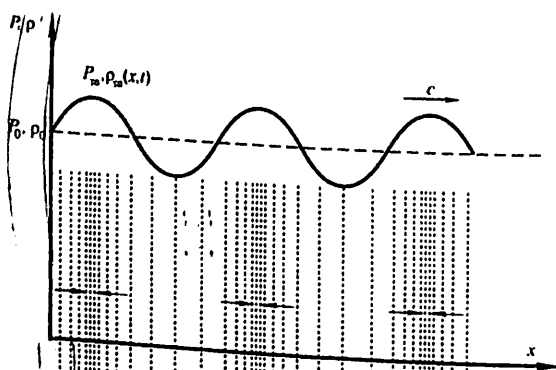
Agar zarrachalarning tebranishlari (siljishi) to'liqlar tarqalish yo'nalishi bo'yicha sodir bo'lsa, u holda to'liqlar bo'ylama deyiladi. Bo'ylama to'liqlar qattiq, zarralarda va gazlarda kuzatiladi.

Agar zarralar to'liqlarning tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar bo'lsa, bu ko'ndalang to'liqlardir. Ko'ndalang tovush to'liqlari turli muhitlarda tarqalishi mumkin, lekin ular suyuqlik va gazlarda juda tez parchalanadi, shuning uchun qattiq jismlarda ko'ndalang to'liqlarni kuzatish eng osondir.

### Asosiy fizik miqdorlarni tavsiflovchi kattaliklar Tovushning tarqalishi

Ovoz to'liqlarini havoda fazoning har bir nuqtasida tarqalganda, siqilish va siyraklanish deformatsiyalari navbatma-navbat kuzatiladi, bu atmosfera (statik) bosimga nisbatan muhitdagi bosimning o'zgarishiga olib keladi. O'zgaruvchan qiymat – muhitning ma'lum bir nuqtasida atmosfera bosimi va bosim o'rtasidagi farq tovush bosimi  $P_{zv}$  deb ataladi, ba'zan bu ortiqcha bosim deb ataladi. Agar tovush to'liqlarini bo'lmaganida bir xil holatda bo'lgan gazning bosimi va zichligini mos ravishda  $P_0 = \text{const}$  va  $\rho_0$  deb belgilasak, u holda to'liqlar mavjudligida har bir nuqtadagi bosim va zichlik gaz (ya'ni, fizik jihatdan kichik hajmda) aniqlanadi,  $P = P_0 + P_{sv}$  va  $\rho = \rho_0 + \rho_{sv}$  sifatida. Bu yerda bosim va zichlikdagi o'zgarishlar juda kichik  $P_0 \ll P_{sv}$  va  $\rho_0 \ll \rho_{sv}$ . Oddiy suhbat davomida yaratilgan tovush to'liqlarida ortiqcha bosim atmosfera bosimining milliondan bir qismini tashkil qiladi. Ovoz bosimi vaqt funksiyasi bo'lib,  $P = P_{sv}(x, t)$  koordinatalari. Zichlik bosim bilan bog'liq va u ham o'zgaruvchan  $\rho = \rho_{sv}(x, t)$ . 7.4-rasmda tovush to'liqlaridagi bosim va zichlikning tebranishlari ko'rsatilgan. Muhitning har bir nuqtasida tovush bosimi barcha yo'nalishlarda bir xilda ta'sir qiladi, skalyar kattalikdir va birlik sirt maydoniga ta'sir qiluvchi kuchni ifodalaydi. SI tizimida u kvadrat metr uchun nyutonlarda ( $N/m^2$ ) o'lchanadi, bu birlik Paskal (Pa) deb ataladi. Radioeshittirish va aloqa tizimlarida ular 100 Pa dan oshmaydigan tovush bosimi bilan shug'ullanadi. Ovoz bosimiga qo'shimcha ravishda, tovush to'liqlarini tavsiflovchi miqdor zarrachalarning siljishi – bu to'liqlarning o'tishi paytida muhit zarralarining muvozanat holatidan og'ishi. Kesilgan chiziqlar tekis

to'ldagi muvozanat pozitsiyalari  $x$  o'qiga perpendikulyar bo'lgan zarrachalar qatlamlarini tasavvur qiladi. O'qlar muhitda to'ldin tarqalishi paytida zarrachalarning siljishini ko'rsatadi. Rasmdan ko'rinib turibdiki, bo'ylama to'ldinning muhitda tarqalishi jarayonida  $c$  tezlikda to'ldin tarqalish yo'nalishi bo'yicha harakatlanuvchi zarrachalarning o'zgaruvchan konsentratsiyasi va siyraklashishi hosil bo'ladi. Haqiqatda, alohida gaz molekullari tasodifiy harakat qiladi, ammo ma'lum hajmda joylashgan zarralar birgalikda muhitning siqilish va kamdan kam uchraydigan joylarini hosil qiladi. Tebranishlar  $t$  vaqtning ixtiyoriy momentiga yetib boruvchi nuqtalar joylashuvi to'ldin fronti deyiladi. Xuddi shu tarzda, ya'ni bir fazada tebranadigan nuqtalarning joylashishi to'ldin yuzasi deb ataladi. Tebranish fazasi – ma'lum bir amplitudada, har qanday vaqtda tebranish tizimining holatini aniqlaydigan jismoniy miqdor. Faza burchak birliklari, radianlar, darajalar yoki sikllarda (davrnin kasrlari) ifodalanadi.



7.4-rasm. Garmonik tovush to'ldinidagi bosim va zichlikning tebranishlari zarrachalarning kamdan kam uchraydigan va kondensatsiyalanish joylarining almashinishi bilan bog'liqligi.

To'ldinli sirtlar har qanday shaklda bo'lishi mumkin, eng oddiy hollarda ular tekislik yoki shar shakliga ega. To'ldinining muhit zarrachalarining tebranish davriga teng vaqt ichida tarqaladigan masofa to'ldin uzunligi deyiladi. Bir-biridan uzoqlashgan zarralar fazalar farqiga teng, ya'ni fazada tebranadi. Bu aniq

$\lambda = cT(1)$  bu yerda  $c$  – to'ldin tezligi,  $T$  – tebranish davri. Davrnin teskarisi chastota yoki chiziqli chastota  $f=1/T$  deb ataladi. Ushbu ifodani hisobga olib, biz munosabatni olamiz:

$$c = \lambda f \quad (2)$$

Ovoz tezligi ma'lum muhit uchun doimiy qiymat bo'lib, tarqalish shartlariga bog'liq. Gazlardagi tovush tezligi deganda to'ldin jabhasining tezligi tushuniladi – fazada harakatlanadigan eng yaqin zarrachalar orqali o'tadigan sirt. Old tomonning har bir nuqtasida tovushning tarqalish yo'nalishi uning yuzasiga normal bilan belgilanadi.

### Quvurda turgan to'ldinlar usuli bilan tovush tezligini eksperimental aniqlash

Ovoz tezligini turli usullar bilan eksperimental ravishda aniqlash mumkin. Ushbu ishda havodagi tovush tezligini quvur yoki stoyka ichida turgan to'ldinlar usuli bilan o'lchashdan foydalanamiz. Texnikaning mohiyatini tushuntirish uchun biz quyidagi matematik modeldan foydalanamiz.

### To'ldin tenglamalari

Matematik jihatdan barcha turdagi to'ldinlarning tarqalishi to'ldin tenglamasi bilan tavsiflanadi. To'ldin tenglamasi koordinatalar  $(x, y, z)$  va  $t$  vaqt funksiyasi sifatida tebranayotgan zarrachaning to'ldin harakatini tavsiflovchi parametrlardan birini ifodalovchi ifodadir. Zarracha deganda muhit hajmining kichik qismi tushuniladi.

Misol uchun, ofsetni ko'rib chiqing, ya'ni og'ish zarralar uning muvozanat holatidan:  $\xi = \xi(x, y, z; t)$  bu yerda  $(x, y, z)$  zarrachaning muvozanat holatidagi koordinatalari. Bu funksiya  $t$  vaqtiga nisbatan ham davriy bo'lishi kerak, ya'ni  $k$  zarrachalarning tebranishini tasvirlaydi va koordinatalarga nisbatan, bir-biridan masofa bilan ajratilgan nuqtalar xuddi shunday tebranadi. Tebranishlar tabiatan garmonik va  $x$  o'qi to'ldin tarqalish yo'nalishiga to'g'ri keladi, deb faraz qilib, tekis to'ldin holatida

$\xi(x, y, z, t)$  funksiyaning shaklini tasvirlaylik. Keyin  $\xi = \xi(x, t)$ .  $x=0$  tekislikda yotgan nuqtalarning tebranishlari quyidagi ko'rinishga ega bo'lsin:

$$\xi(0, t) = \xi_0 \cos(\omega t + \varphi) \quad (4)$$

$x = x_\tau$  dan  $\tau = x/c$  gacha bo'lgan qiymatga to'liqning  $x_\tau$  masofani bosib o'tishi uchun zarur bo'lgan vaqtga to'g'ri keladigan tekislikdagi nuqtalarning tebranish turini topamiz.

$x_\tau$  tekislikdagi zarrachalarning tebranishlari  $x=0$  tekislikdagi zarrachalarning tebranishlaridan  $x/c$  ga orqada qoladi va quyidagicha ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\xi(x_\tau, t) = \xi_0 \cos(\omega(t - x/c) + \varphi) \quad (5)$$

Qiymati  $\xi_0$  – to'liqning amplitudasi,  $\varphi$  – to'liqning boshlang'ich bosqichi  $x$  va  $t$  mos yozuvlar nuqtalarini tanlash bilan belgilanadi. Qavs ichidagi  $(t - x/c)$  ifoda to'liq fazasi deb ataladi va istalgan vaqtda ma'lum amplitudada tebranish tizimining holatini aniqlaydi. Har qanday tuzatish  $t - x/c + \varphi = \text{const}$  o'rnatish orqali  $x$  faza qiymati. Bu ifoda  $t$  vaqt va fazaning belgilangan qiymatiga ega bo'lgan fazoviy koordinata  $x$  o'rtasidagi munosabatni aniqlaydi. Olingan  $dx/dt$  qiymati berilgan faza qiymatining harakat tezligini beradi.  $t - x/c + \varphi = \text{const}$  ifodasini ga nisbatan farqlash vaqt va koordinata, biz  $dt - dx/c = 0$  ni olamiz, bu yerdan

$$\frac{dx}{dt} = c \quad (6)$$

Biz tushundik, (6) tenglamadagi to'liqning tarqalish tezligi faza tezligi, shuning uchun  $\mu$  faza tezligi deb ataladi. To'liq (5)  $x$  ni oshirish yo'nalishi bo'yicha tarqaladi.

$$\xi(x, t) = \xi_0 \cos\left(\omega\left(t + \frac{x}{c}\right) + \varphi\right)$$

To'liqni  $x$  ning kamayishi yo'nalishida tarqaladi.

To'liq raqami deb ataladigan  $k = 2\pi/\lambda$

miqdorini kiritish orqali tekis to'liq tenglamasini  $x$  va  $t$  ga nisbatan simmetrik qilish mumkin. Numerator va denominatorni  $f$  chastotasi bilan

ko'paytiramiz,  $k = \frac{2\pi f}{\lambda f} = \frac{\omega}{c}$  shaklida to'liq raqamini olamiz. Qiymat siklik chastotasi deyiladi.

Shunday qilib, to'liq soni va tarqalish yo'nalishi ifodasini hisobga olgan holda tekis harakatlanuvchi to'liqning tenglamasi quyidagicha qayta yoziladi:

$$\xi(x, t) = \xi_0 \cos(\omega t \pm kx + \varphi) \quad (7)$$

Bu formulada tebranish amplitudasi  $\xi$  ga bog'liq emas.

Tekis to'liq uchun bu to'liq energiyasi muhit tomonidan so'rilmasa kuzatiladi. Haqiqiy jismoniy jarayonlarda, qoida tariqasida, harakatlanuvchi to'liqning intensivligi manbadan masofa bilan kamayadi va zaiflashuv kuzatiladi. Bundan tashqari, to'liqlar turli xil muhitda tarqalganda, to'liqlar turli xil to'siqlar va ommaviy axborot vositalari orasidagi chegaralardan aks etadi. Harakatlanuvchi va aks ettirilgan to'liqlar bir-biriga qo'shilganda, ular bir-biri bilan o'zaro ta'sir qiladi.

### Doimiy to'liq tenglamasi

Bir xil amplituda va chastotaga ega ikkita qarama-qarshi tarqalayotgan tekis to'liqlar qo'yilganda to'liqlarning o'zaro ta'siri yoki interferensiyasini ko'rib chiqaylik.

Natijada paydo bo'lgan tebranish jarayoni turg'un to'liq deb ataladi.

Qarama-qarshi yo'nalishda  $x$  o'qi bo'ylab tarqaladigan ikkita tekis to'liq uchun tenglamalarni yozamiz. Yo'nalishlari:

$$\begin{aligned} \xi_1(x, t) &= \xi_0 \cos(\omega t - kx + \varphi_1) \\ \xi_2(x, t) &= \xi_0 \cos(\omega t - kx + \varphi_2) \end{aligned} \quad (8)$$

Ushbu tenglamalarni qo'shib, natijani kosinus teoremasiga ko'ra o'zgartirsak, biz quyidagilarni olamiz:

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 = 2\xi_0 \cos\left(kx + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right) \cos\left(\omega t + \frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2}\right) \quad (9)$$

Tenglama (9) – turg'un to'liq tenglamasi. Soddalashtirish uchun biz boshlang'ich  $x$  ni tanlaymiz, shunda farq nolga teng bo'ladi va  $t$  yig'indisi nolga teng bo'ladi.

Formula (9) ni tahlil qilish uchun  $k = 2\pi/\lambda$  ekanligini inobatga olgan holda, biz doimiy siljish to'liqining tenglamasini quyidagi ko'rinishda olamiz:

$$\xi = 2\xi_0 \cos(2\pi \frac{x}{\lambda}) \cos(\omega t) \quad (10)$$

$2\xi_0 \cos(2\pi \frac{x}{\lambda})$  ifodasi  $x$  ga bog'liq bo'lgan turg'un to'lqinning amplitudasidir.

Koordinatalari  $2\pi \frac{x}{\lambda} = \pm n\pi$ , shartini qanoatlantiradigan nuqtalarda ( $n=0,1,2,\dots$ ) tebranish amplitudasi maksimal qiymatga yetadi. Ushbu nuqtalar to'lqin antinodlari deb ataladi va ularning koordinatalari:

$$x_{\text{antinod}} = \pm n \frac{\lambda}{2} \quad (11)$$

Koordinatalari  $2\pi \frac{x}{\lambda} = \pm(n + \frac{1}{2})\pi$ , shartini qanoatlantiradigan nuqtalarda tebranish amplitudasi  $2\xi_0 \cos(2\pi \frac{x}{\lambda})$  yo'qoladi, bunday nuqtalar turg'un to'lqin tugunlari deyiladi. "Tuzaklar" va "antinodalar" nomlarini fanga fransuz olimi Jozef kiritgan  $2\xi_0 \cos(2\pi \frac{x}{\lambda})$  multiplikatori nol qiymatdan o'tganda belgini o'zgartiradi. Demak, tugunning qarama-qarshi tomonlaridagi tebranishlar fazasi bir-biridan farq qiladi, ya'ni zarrachalarning tebranishlari antifazada, tugunlar orasida esa zarrachalar fazada tebranadi. Tugunlarda joylashgan muhit zarralari tebranmaydi va ularning koordinatalari:

$$x_{\text{tugun}} = \pm (n + \frac{1}{2}) \frac{\lambda}{2} \Delta e \quad (n=0,1,2,\dots) \quad (12)$$

Tugun ham, antinod ham bitta nuqta emas, balki tekisliklar bo'lib, ularning  $x$  koordinatalari mos ravishda (11) va (12) formulalar bilan aniqlanadi.

Doimiy to'lqindagi zarrachaning tebranish tezligini topish uchun (10) tenglamani vaqtga nisbatan ajratamiz:

$$v = \frac{\partial \xi}{\partial t} = -2\omega \xi_0 \cos(2\pi \frac{x}{\lambda}) \sin(\omega t) \quad (13)$$

Tenglama (13) turg'un to'lqindagi muhit zarrachalarining tebranish tezligini tavsiflaydi.

## Naychada turg'un to'lqin

Gazlardagi tovush to'lqini turli chastotali tebranishlar yig'indisi bo'lishi mumkin. Ushbu tebranishlar orasidan ma'lum chastotali monoxromatik to'lqinni ajratish uchun havo bilan to'ldirilgan  $L$  uzunlikdagi naycha shaklida rezonator ishlatiladi.

Quvurning hajmi bilan cheklangan havo juda ko'p miqdordagi zarrachalardan tashkil topgan tebranish tizimidir. Muvozanatdan chiqarilgan va o'ziga qoldirilgan har qanday tebranish tizimi tabiiy yoki normal tebranishlar deb ataladigan erkin tebranishlarni amalga oshiradi. Tizim normal tebranishlarni amalga oshiradigan chastotalar tabiiy chastotalar yoki normal rejimlar deb ataladi.  $N$  ga bog'langan tebranish elementlaridan (osilatorlar) tashkil topgan diskret tizimlarda o'z tebranishlari sodir bo'ladigan chastotalar to'plami  $N$  ga teng. Taqsimlangan tizimlarda (tor, membrana, rezonator) cheksiz miqdordagi o'z tebranishlari mavjud. Quvurning oxiriga garmonik tebranishlarni amalga oshiradigan membrana o'rnatilsa, quvurda tekis monoxromatik harakatlanuvchi to'lqin paydo bo'ladi. Quvurning chetiga yetib kelganida, to'lqinning bir qismi aks etadi va teskari yo'nalishda ketadi hamda sinishi sodir bo'lgan qismi quvur tashqarisidagi ochiq joyga tarqaladi. Harakatlanuvchi va aks ettirilgan to'lqinlarning o'zaro ta'siri doimiy to'lqinni hosil qiladi. Agar biz to'lqinni tavsiflovchi parametr sifatida zichlikni tanlasak, umumiy holatda biz zarrachalar siljishining doimiy to'lqiniga o'xshash tenglamani olamiz:

$$\begin{aligned} \rho(x, t) &= \rho_{\text{amp}} \cos(\omega t - kx + \varphi_1) + \rho_{\text{amp}} \cos(\omega t + kx + \varphi_2) = \\ &= \rho_{\text{amp}} \cos(\omega t + \varphi) - (kx + \varphi) + \rho_{\text{amp}} \cos(\omega t + \varphi) + (kx + \varphi) = \\ &= 2\rho_{\text{amp}} \cos(kx + \varphi) \cos(\omega t + \varphi), \quad (14) \text{ Bu yerda } \varphi = (\varphi_1 + \varphi_2)/2, \varphi = \\ &\quad (\varphi_1 - \varphi_2)/2. \end{aligned}$$

Ko'paytiruvchi - doimiy zichlik to'lqinining amplitudasi. Ushbu to'lqinni  $L$  uzunligi ochiq uchlari bo'lgan quvurda ko'rib chiqing. Quvurning uchlari ( $x=0$  va  $x=L$  koordinatalari bo'lgan

nuqtalarda) zichlik keskin o'zgarishi mumkin emas, shuning uchun shartlar bajarilishi kerak:

$$\rho(0, t) = \text{const} \quad \text{va} \quad \rho(L, t) = \text{const}$$

Bu ochiq uchlarda atmosfera bosimini anglatadi, yoki

$$\rho_{sv}(0, t) = 0 \quad \text{va} \quad \rho_{sv}(L, t) = 0$$

Ulardagi iboralarni tik turgan to'lqindagi  $\rho_{sv}$  o'rniga qo'yib, biz hosil bo'lamiz:

$$\rho_{sv}(0, t) = 2\rho_{amp} \cos(\varphi) \cos(\omega t + \varphi) = 0 \quad (15)$$

$$\rho_{sv}(L, t) = 2\rho_{amp} \cos(kL + \varphi) \cos(\omega t + \varphi) = 0$$

Bu shartlar istalgan vaqtda bajarilishi kerak t, biz tenglamalar tizimini olamiz:

$$\cos(\varphi) = 0$$

$$(16) \cos(kL + \varphi) = 0$$

Qayerda kerak

$$\begin{cases} \varphi = \frac{\pi}{2} + \pi n, \\ kL + \varphi = \frac{\pi}{2} + \pi(m + n) \end{cases} \quad (17)$$

(bu yerda  $n, m$  - butun sonlar). Bu yerdan biz  $kL = \pi m$  yoki olamiz

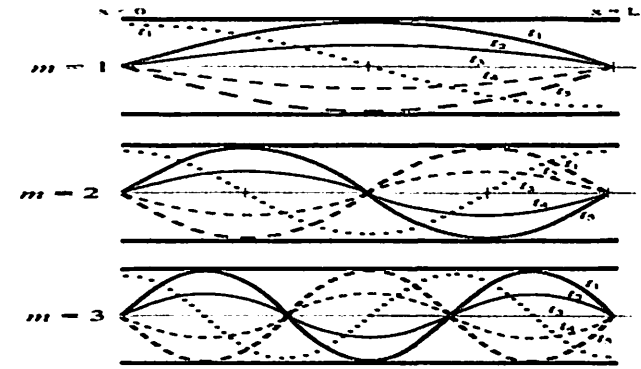
$$k = \pi m / L \text{ yoki } \lambda = \frac{2\pi}{k} = 2L / m.$$

Shunday qilib, agar  $L$  quvurining uzunligi ochiq uchlari orasidagi masofa yarim to'lqinlarning butun soniga teng bo'lsa:

$$L = m\lambda/2 \quad (18)$$

Bu yerda  $m$  butun son bo'lsa, unda bunday  $m$  turg'un to'lqin.

7.5-rasmda doimiy zichlikdagi to'lqinning ketma-ket vaqtlar uchun bir qator lahzali pozitsiyalari ko'rsatilgan:  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$



7.5-rasm. Ochiq uchlari bo'lgan quvurda zichlik va siljishning doimiy to'lqinlari tasviri.

(18) formuladan a)  $m=1$  da - to'lqinning yarmi quvur uzunligiga to'g'ri kelishini ko'rish mumkin; b)  $m=2$  da - bitta to'lqin, c)  $m=3$  da - bir yarim to'lqin va boshqalar. Quvurning uchlari koordinatalari  $x=0$  va  $L=0$  bo'lgan nuqtalarda mavjud havo zichligi tugunlari, ya'ni zichlikda tebranishlar mavjud emas va u muvozanat qiymati  $\rho_0$  ga teng. Har uch holatda ham nuqtalar: a), b), c) - turgan joy almashish to'lqinini bildiradi, quvur uchlari zarrachalar siljishining antinodlari mavjud. Har ikki tomondan ochiq bo'lgan bunday naychani akustik rezonator deb hisoblash mumkin, unda faqat (18) shartni qondiradiganlar barqaror to'lqinlar sifatida mavjud. Ovoz to'lqinining yarmi quvur uzunligi bo'ylab to'g'ri kelganda, bu dinamikning tashqi ta'sir chastotasi dinamik tizimining asosiy chastotasiga to'g'ri kelganda yoki yarmi sonining ko'paytirilishida akustik kuchayib boradi. Turg'un to'lqinlarning shakllanishi tufayli tizimning javobi kuzatiladi. To'g'ridan to'g'ri turuvchi to'lqin, agar muhitda yo'qotishlar bo'lmasa va to'lqinlar chegaradan to'liq aks ettirilsagina mavjud bo'lishi mumkin. Odatda, turg'un to'lqinlardan tashqari, muhitda harakatlanuvchi to'lqinlar ham mavjud bo'lib, ular energiyani yutish yoki chiqarish joylariga olib keladi. Bizning holatda ochiq trubkada, unda turg'un to'lqinlar mavjudligi bilan, energiyani qayta taqsimlash uchun sharoitlar yaratiladi, shunda uning bir qismi tashqi makonga samarali ravishda nurlanishi mumkin. Tashqi ta'sir

nuqtalarda) zichlik keskin o'zgarishi mumkin emas, shuning uchun shartlar bajarilishi kerak:

$$\rho(0, t) = \text{const} \quad \text{va} \quad \rho(L, t) = \text{const}$$

Bu ochiq uchlarda atmosfera bosimini anglatadi, yoki

$$\rho_{sv}(0, t) = 0 \quad \text{va} \quad \rho_{sv}(L, t) = 0$$

Ulardagi iboralarni tik turgan to'lqindagi  $\rho_{sv}$  o'rmiga qo'yib, biz hosil bo'lamiz:

$$\rho_{sv}(0, t) = 2\rho_{amp} \cos(\varphi) \cos(\omega t + \varphi) = 0 \quad (15)$$

$$\rho_{sv}(L, t) = 2\rho_{amp} \cos(kL + \varphi) \cos(\omega t + \varphi) = 0$$

Bu shartlar istalgan vaqtda bajarilishi kerak t, biz tenglamalar tizimini olamiz:

$$\cos(\varphi) = 0$$

$$(16) \cos(kL + \varphi) = 0$$

Qayerda kerak

$$\begin{cases} \varphi = \frac{\pi}{2} + \pi n, \\ kL + \varphi = \frac{\pi}{2} + \pi(m + n) \end{cases} \quad (17)$$

(bu yerda  $n, m$  - butun sonlar). Bu yerdan biz  $kL = \pi m$  yoki olamiz

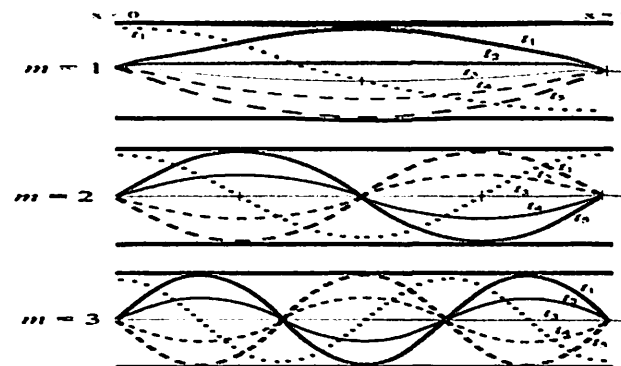
$$k = \pi m / L \text{ yoki } \lambda = \frac{2\pi}{k} = 2L / m.$$

Shunday qilib, agar  $L$  quvurining uzunligi ochiq uchlari orasidagi masofa yarim to'lqinlarning butun soniga teng bo'lsa:

$$L = m\lambda/2 \quad (18)$$

Bu yerda  $m$  butun son bo'lsa, unda bunday  $m$  turg'un to'lqin.

7.5-rasmda doimiy zichlikdagi to'lqinning ketma-ket vaqtlar uchun bir qator lahzali pozitsiyalari ko'rsatilgan:  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$



7.5-rasm. Ochiq uchlari bo'lgan quvurda zichlik va siljishning doimiy to'lqinlari tasviri.

(18) formuladan a)  $m=1$  da - to'lqinning yarmi quvur uzunligiga to'g'ri kelishini ko'rish mumkin; b)  $m=2$  da - bitta to'lqin, c)  $m=3$  da - bir yarim to'lqin va boshqalar. Quvurning uchlari koordinatalari  $x=0$  va  $L=0$  bo'lgan nuqtalarda mavjud havo zichligi tugunlari, ya'ni zichlikda tebranishlar mavjud emas va  $u$  muvozanat qiymati  $\rho_0$  ga teng. Har uch holatda ham nuqtalar: a), b), c) - turgan joy almashish to'lqinini bildiradi, quvur uchlari zarrachalar siljishining antinodlari mavjud. Har ikki tomondan ochiq bo'lgan bunday naychani akustik rezonator deb hisoblash mumkin, unda faqat (18) shartni qondiradiganlar barqaror to'lqinlar sifatida mavjud. Ovoz to'lqinining yarmi quvur uzunligi bo'ylab to'g'ri kelganda, bu dinamikning tashqi ta'sir chastotasi dinamik tizimining asosiy chastotasiga to'g'ri kelganda yoki yarmi sonining ko'paytirilishida akustik kuchayib boradi. Turg'un to'lqinlarning shakllanishi tufayli tizimning javobi kuzatiladi. To'g'ridan to'g'ri turuvchi to'lqin, agar muhitda yo'qotishlar bo'lmasa va to'lqinlar chegaradan to'liq aks ettirilsagina mavjud bo'lishi mumkin. Odatda, turg'un to'lqinlardan tashqari, muhitda harakatlanuvchi to'lqinlar ham mavjud bo'lib, ular energiyani yutish yoki chiqarish joylariga olib keladi. Bizning holatda ochiq trubkada, unda turg'un to'lqinlar mavjudligi bilan, energiyani qayta taqsimlash uchun sharoitlar yaratiladi, shunda uning bir qismi tashqi makonga samarali ravishda nurlanishi mumkin. Tashqi ta'sir

chastotasi tabiiy chastotaga to'g'ri kelganda tizim tebranishlari amplitudasining ortishi hodisasi rezonans deb ataladi. Ushbu ishda tovush tezligini aniqlash ikkita qo'shni chastotalar orasidagi farqni o'lchashga asoslangan bo'lib, ular uchun signal tovush qabul qiluvchida kuchaytiriladi. (2) va (18) ga muvofiq, tegishli hisoblash formulasi quyidagi shaklga ega:

$$c = 2L\Delta f \quad (19)$$

Bu yerda  $c$  – tovushning faza tezligi;  $L$  – quvur uzunligi,  $\Delta f$  – tovushning rezonansli kuchayishi kuzatiladigan qo'shni chastotalar orasidagi farqlarning o'rtacha qiymati.

Shunday qilib, ma'lum bir chastota diapazonida tovush tebranishlari kuchayadigan chastotalar to'plamini aniqlash va trubaning uzunligini bilish, formuladan (19) foydalanib, biz tovush tezligini aniqlashimiz mumkin.

### O'zaro perpendikulyar tebranishlarni qo'shish

Ushbu maqolada maqsad havodagi va metall tayoqdagi tovush tezligini aniqlashdir. Dastlabki formula  $v = \lambda \cdot \nu$  ni hisoblash uchun tovush to'lqin uzunligini aniqlash kerak  $\lambda$ ; tovush tebranishlarining chastotasi generator tomonidan o'rnatiladi. Ushbu laboratoriya ishida  $\lambda$  ni aniqlash o'zaro perpendikulyar tebranishlarni qo'shish usuli (Lissajous figuralari) yordamida amalga oshiriladi. Keling, usulning mohiyatini qisqacha ko'rib chiqaylik.

Agar tovush to'lqinlari mikrofoniga yo'naltirilsa, unda tebranishlar paydo bo'ladi, ular ossilloskop tomonidan osongina qayd qilinadigan elektr signaliga aylanadi. Bu sizga tovush tebranishlarining xususiyatlarini, ularning chastotasi, fazasi, intensivligi va boshqalarni oddiygina aniqlash imkonini beradi. Siklik chastotali  $\omega$  tovush generatoridan keladigan davriy elektr signali Ox o'qi bo'ylab elektron nurni burishtiruvchi ossilloskop plitalariga berilsin. Ekrandagi yorug'lik nuqtasi tebranadi, ular  $x = A \cdot \sin \omega t$  formulasi bilan tavsiflanadi. Agar bir xil

siklik chastotali signal  $\omega$ , lekin boshlang'ich fazasi  $\phi$  bo'lsa, vertikal burilishli plitalarga qo'llanilsa, u holda nuqta Oy o'qi bo'ylab  $y = B \cdot \sin(\omega t + \phi)$  tenglamasiga muvofiq tebranadi. Bu yerda  $A$  va  $B$  – o'zaro perpendikulyar o'qlar bo'ylab tebranish amplitudalari;  $\phi$  bu tebranishlarning fazalar farqi ma'nosiga ega.

Ossilloskop ekranidagi nuqtaning trayektoriyasini aniqlash uchun yuqorida yozilgan tenglamalardan vaqtни chiqarib tashlash kerak. Buning uchun biz ushbu tenglamalarni quyidagicha o'zgartiramiz:

$$x/A = \sin \omega t; \quad y/B = \sin(\omega t + \phi) = \sin \omega t \cdot \cos \phi + \cos \omega t \cdot \sin \phi \quad (20)$$

$$\cos \omega t = \sqrt{1 - \sin^2 \omega t} = \sqrt{1 - \left(\frac{x}{A}\right)^2}$$

Bundan tashqari Ushbu munosabatni hisobga olgan holda (20) tenglama quyidagi ko'rinishda qayta yoziladi:

$$\left(\frac{y}{B}\right) = \left(\frac{x}{A}\right) \cos \phi + \sqrt{1 - \left(\frac{x}{A}\right)^2} \sin \phi \quad (21)$$

$$\text{Qayerda } \left(\frac{x}{A}\right)^2 + \left(\frac{y}{B}\right)^2 - 2\left(\frac{x}{A}\right)\left(\frac{y}{B}\right) \cos \phi = \sin^2 \phi \quad (22)$$

Bu tenglama odatda ellips tenglamasi bo'lib, uning o'qlari Dekart koordinata sistemasi o'qlariga nisbatan aylantirilgan  $x$  O  $y$ .

Agar tebranishlar orasidagi fazalar farqi  $\phi = \pi/2$  ga teng bo'lsa, (22) tenglama

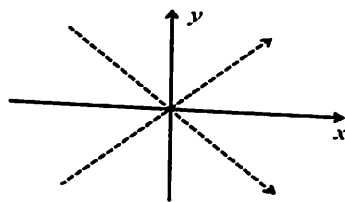
$\left(\frac{x}{A}\right)^2 + \left(\frac{y}{B}\right)^2 = 1$  ko'rinishini oladi. Ellipsning kanonik tenglamasi sifatida tanilgan. Demak, bu holda ossilloskop ekranidagi nuqta o'qlari  $x$  O  $y$  koordinata o'qlari bilan mos keladigan ellips bo'ylab harakatlanadi. Ellips Lissaju figurasining eng oddiy holatidir. Agar ikkala o'q bo'ylab tebranish amplitudalari bir xil bo'lsa  $A=B=R$ , u holda ellips aylanaga aylanadi:  $x^2 + y^2 = R^2$

Agar tebranishlar bir xil fazalarda sodir bo'lsa, ya'ni faza almashinuvi

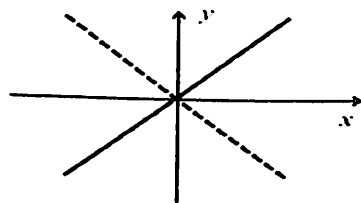
O,  $2\pi$ ,  $4\pi$  va boshqalar bo'lsa, (22) tenglama  $\left(\frac{x}{A} - \frac{y}{B}\right)^2 = 0$  ko'rinishini oladi.

Yoki  $y = \frac{B}{A}x$ , ya'ni, ellips to'g'ri chiziq segmentiga aylantiriladi.

A birinchi va uchinchi koordinata kvadrantlarida joylashgan (7.7-rasm). Agar  $\phi = \pi, 3\pi, \dots (2n + 1)\pi$  bo'lsa, u holda  $y = -\frac{a}{b}x$  va bizda ikkinchi va to'rtinchi choraklarda joylashgan segment mavjud. Shunday qilib, ekranda kuzatilgan egri chiziq shakliga ko'ra, ikkita tebranish o'rtasidagi fazalar farqi  $\phi$  ni aniqlash mumkin. Bunday holda, birinchi va uchinchi kvadrantlarda joylashgan segmentning mavjudligi fazalar farqining nolga yoki  $2\pi$  ga karrali ekanligini ko'rsatadi.



7.6-rasm:



7.7-rasm.

### Ellips usuli yordamida havodagi tovush tezligini aniqlash

Bu holda o'rnatishning ishlash prinsipi quyidagicha: ovoz generatori tovush manbayiga – ovoz kanalida tarqaladigan tovush to'linini hosil qiluvchi dinamikka ulangan. Shu bilan birga, ZG dan signal ossilloskopning gorizontaal burilish kirishiga beriladi (1-kanal, XY displey rejimi). Ovoz to'lini mikrofonga yetib boradi va unda bir xil chastotali elektr signalini hosil qiladi, bu ossilloskopning vertikal burilish kirishiga qo'llaniladi (2-kanal, XY displey rejimi). Ushbu ikkita o'zaro perpendikulyar tebranishlarning qo'shilishi natijasi ekranda paydo bo'ladi. Agar fazalar farqi nolga teng bo'lmasa va  $\pi$  ning karrali bo'lmasa, u holda ellips kuzatiladi. Mikrofon karnayga nisbatan harakatlantirilganda, bu tebranishlar orasidagi fazalar farqi o'zgaradi, bu esa ossilloskop ekranida ellipsning aylanishiga olib keladi. Nolga yoki  $2\pi$  fazali siljishning ko'paytmasiga yetganda, ellips birinchi va uchinchi kvadrantlarda joylashgan e'gimli segmentga aylanadi. Bu manba va tovush qabul qiluvchi o'rtasida bitta to'lin uzunligi yoki butun sonli to'lin uzunligi mos kelishini anglatadi. Demak,  $\lambda$  ni aniqlash usuli

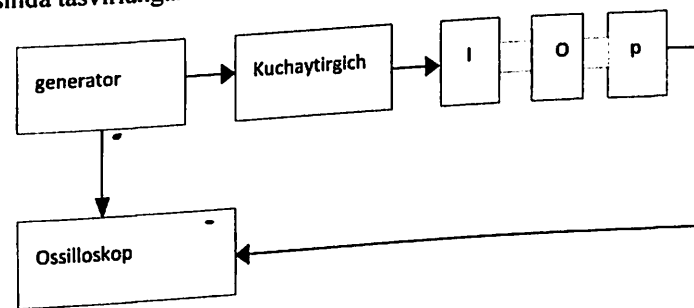
quyidagicha: mikrofonni tovush manbasiga nisbatan harakatlantirish orqali ellips birinchi va uchinchi choraklarda joylashgan e'gimli segmentga aylanadigan o'lchov shkalasi bo'yicha pozitsiyalar aniqlanadi. Ushbu pozitsiyalar orasidagi minimal masofa va tovush to'linining uzunligi  $\lambda$  ga teng. Bundan tashqari, (2) formulaga muvofiq, havodagi tovush tezligi hisoblanadi.

Xuddi shunday yondashuv qattiq jismlarda, masalan, metallarda tovush to'linlarining tarqalishiga nisbatan qo'llanilishi mumkin. Agar tayoqning bir uchida akustik tebranishlar hosil bo'lsa, u holda tovush to'lini panjara tebranishlari tufayli tarqaladi. Barning boshqa uchidan aks ettirilgan tebranishlar ustiga qo'yilgan. Ushbu jarayon natijasida, keladigan to'linning fazasiga qarab, tebranishlar manbayiga qarama-qarshi uchida joylashgan sensorda kuchlanish hosil bo'ladi. Past va yuqori darajalar yaratiladi. Maksimal chastotalarni o'lchash va tayoq uzunligini bilish orqali materialdagi (metall) tovush tezligini aniqlash mumkin.

### Ekspirimental qurilmaning tavsifi:

O'lchovlar uchun o'rnatish qo'llanmasi

7.8-rasmda tasvirlangan.



7.8-rasm. Trubada turgan to'linlar usuli bilan tovush tezligini o'lchash uchun eksperimental qurilmaning blok diagrammasi: I-emitent; O-namuna; P-qabul qiluvchi.

## Ishni bajarish tartibi

1. Karnayni (emitterni) XP2 chiqishiga va mikrofonni (qabul qiluvchini) qabul qilgichdan XP1 kirishiga ulang.
2. PAST holatiga o'rnatilgan CHASTOTA chastota diapazonini tanlash uchun almashtirish tugmachasini almashtiring.
3. O'lchov birligining old panelidagi AMPLITUDA signal darajasini boshqarish moslamasini o'rta holatga o'rnatib. Bundan tashqari, ish jarayonida ushbu tugma yordamida siz signal darajasini oshirishingiz mumkin, ammo ma'lum chegaralarga qadar, bunda akustik sensordan keladigan o'rganilayotgan signalning amplitudasida hech qanday cheklov yo'q. Buni ossillograf ekranida kuzatish mumkin.
4. Noutbuk-ossillografning kirish konnektorlarini o'lchash moslamasiga va elektr kabelini 220V 50Hz tarmoqqa ulang. O'lchov birligi va noutbukning quvvatini yoqing.
5. IZUCHATEL almashtirish tugmachasini pastki holatga o'rnatib. Bu quvvat yoqilganda voltmeter ignasining keskin og'ishini oldini oladi.
6. "СЕТЬ" tugmachasini bosib, o'lchash moslamasining quvvatini yoqing.

**Eslatma.** AMPLITUDA tugmasi faqat 300 daraja aylantirilishi mumkin. Chiqish signalining chastotasini aniqlaydigan boshqa ikkita tugma ko'p burilishli (360 daraja aylantiriladi). Ko'p burilishli va an'anaviy o'zgaruvchan rezistorlar bilan ehtiyotkorlik bilan ishlash kerak, chunki old panelda, ikkala turdagi mavjudligi ba'zan haddan tashqari qo'llaniladigan buzilishlarga olib keladi.

### 1-topshiriq. Havoda ovoz tezligini aniqlash

Turli diapazonlarda ishlash uchun o'lchov birligining old panelida CHASTOTA o'tish tugmasi (past/yuqori) o'rnatilgan. PAST CHASTOTA diapazoni tanlanganda tizim 150-1200 Hz oralig'ida ishlashga sozlangan. YUQORI CHASTOTA diapazoni tanlangan, tizim 350-3000 Hz oralig'ida ishlash uchun tuzilgan.

## 1-usul. Akustik naychadagi rezonans chastotalarining o'rtacha farqi orqali tovush tezligini aniqlash

1. Ikkala ko'p burilish tugmalarini soat miliga teskari (taxminan 150 Hz) burab, ossilyatorni eng past chastotaga o'rnatib.
2. Mikrofonni santimetr o'lchovining eng boshiga qo'ying, ya'ni "0" holatiga (yoki akustik emitter qarshisida joylashgan akustik kamera-ning uchi bilan yuvib tashlang). IZUCHATEL o'tish tugmachasini yuqori holatga o'rnatib.

CHASTOTA tugmasi yordamida generator chastotasini asta-sekin oshirib, QABUL QILGAN VOLTMETR indikatorida maksimal amplituda ko'rsatkichiga erishing. Bu rezonans chastotasiga erishilganligini ko'rsatadi.

Ossillograf ekranida maksimal qiymatlarni kuzatish ham mumkin. Ossillograf ekranida signalni kuzatishda signalning mumkin bo'lgan buzilishlarini (aniqrog'i, amplituda cheklovlarini) kuzatish kerak. Olingan buzilishni bartaraf qilish uchun old paneldagi AMPLITUDA tugmasi yordamida generatordan emitterga yetkazib beriladigan chiqish signali darajasini pasaytirish kerak.

Maksimal amplitudalar kuzatiladigan generator chastotalarining butun qiymatini ro'yxatdan o'tkazib. Taxminan quyidagi chastotalarni olish kerak: 175, 368, 526, 690, 860, 1030, 1195, 1385, 1560, 1730, 1900, 2070, 2240, 2410, 225, 250Hz.

Generatorning chastotasini maksimaldan minimal qiymatgacha asta-sekin kamaytirib, o'lchovlarni takrorlang.

3. Ketma-ket olingan  $f_1, f_2, \dots, f_{1+j}$  qiymatlari, bu yerda  $f_1$  ro'yxatga olingan chastotalarning eng pastiga,  $f_{1+j}$  berilgan chastota diapazonidagi eng yuqoriga to'g'ri keladi, tayyorlangan jadvalga kiritiladi.

4. O'sish tartibida qo'shni bo'lgan barcha chastotalar juftligi uchun farqlarning o'rtacha qiymatini aniqlang:

$$\overline{\Delta f} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta f_{1+i} - f_i$$

5. (19) formuladan foydalanib, tekshirilayotgan chastota diapazonidagi tovush tezligini aniqlang. Akustik trubaning uzunligi 1 m.

**2-usul. Akustik trubadagi ma'lum bir chastotada turgan to'lqinning tugunlari orasidagi masofalar orqali tovush tezligini aniqlash**

O'rnatishni va tarmoqdagi noutbuk-ossillokopni yoqing. Mikrofonni santimetr o'lchovining eng boshiga qo'ying, ya'ni "0" holatiga (yoki akustik emitter qarshisida joylashgan akustik kameraning uchi bilan yuvib tashlang). IZUCHATEL tugmachasini yuqori holatga o'rnatib (9).

2. No1 usul bo'yicha ilgari topilgan rezonans chastotalaridan birini o'rnatib.

3. 290 Hz atrofida chastotani ishlatmang, chunki maksimal o'lchash xatosi bo'ladi. 1-sonli usul bilan olingan chastotalar sonidan ko'rinib turibdiki, ko'rinish eng yaxshi chastota diapazonlarida amalga oshiriladi: 690-1030 Hz va 1560-2750 Hz 170 Hz qadam bilan.

4. Mikrofon bilan tayoqchani akustik trubaning ichki hajmiga silliq siljiting, ossillokop ekranida minimal signal amplitudasining barcha mumkin bo'lgan nuqtalarini toping va santimetr shkalasidan olingan ma'lumotlarni akustik trubkaga yozib oling. Bu nuqtalar ma'lum bir rezonans chastotada turgan to'lqinning tugunlari, akustik trubka ichidagi mikrofon harakatining barcha mumkin bo'lgan uzunligi uchun o'qishni oling. Tugunlar orasidagi masofalar akustik kamerada turgan tovush to'lqinining yarmi uzunligi qiymatini ko'rsatadi.

5. Ovoz to'lqinining uzunligini  $\lambda$  tovush manbayi va qabul qiluvchining o'lchov shkalasidagi pozitsiyalari orasidagi farq sifatida hisoblang (metrda ifodalangan). O'rtacha yarim to'lqin uzunligini aniq-roq o'lchash uchun ikkita eng ekstremal tugun nuqtasi orasidagi masofani olish va bu masofani ushbu ikkita ekstremal nuqta orasiga to'g'ri keladigan yarim to'lqinlar soniga bo'lish yaxshiroqdir.

6.  $c = \lambda f$  formulasiga ko'ra, bu yerda  $\lambda$  - tovush to'lqinining uzunligi (m) va  $f$  - generator chastotasi (Hz), havodagi tovush tezligining qiymatini hisoblang.

7. No1 usul bilan topilgan turli rezonans chastotalar uchun 2-5 bandga muvofiq tajribani takrorlang. Ovoz tezligining kamida beshta o'lchovini o'tkazing.

8. Formulalar bo'yicha:

$$C_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i$$

$$\Delta C = 2,78 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - C_{cp})^2}{n(n-1)}}$$

(bu yerda  $n = 5$  - o'lchovlar soni) havodagi tovush tezligining o'rtacha qiymatini aniqlang  $C_{or}$  va o'lchovlarning mutlaq xatosi  $\Delta C$ .

9.  $\varepsilon = (\Delta C / C_{or}) \cdot 100 \%$

10. Natijalarni jadval shaklida joylashtiring

7.1-jadval

N tajriba	$f_i$ (Hz)	$\lambda_i$ (m)	$C_i$ (m/s)	$C_{or}$ (m/s)	$\Delta C$ (m/s)	$\varepsilon, \%$
1						
2						
3						
4						

1-usul va 2-usulda olingan natijalarni solishtiring.

**Nazorat uchun savollar:**

1. Tebranishlar, garmonik tebranishlar haqida tushuncha bering. Garmonik tebranish tenglamasini yozing.
2. Tebranishlarning amplitudasi, davri va chastotasi deb nimaga aytiladi?

3. To'lqin deb nimaga aytiladi? Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar nima? To'lqin uzunligi nima deyiladi?

4. To'lqin fronti, to'lqin maydoni deb nimaga aytiladi?

5. Tovush to'lqinlarining tabiati qanday? Ovozning havodagi tezligi qanday fizik miqdorlarga bog'liq?

6. O'zaro ikkita qo'shishni ko'rib chiqing: perpendikulyar garmolik tebranishlar va eng oddiy Lissaju figurasi sifatida ellips tenglamasini chiqaring.  $\phi=0$  va  $\phi=\pi/2$  fazali siljishlardan kelib chiqadigan maxsus holatlarni ko'rib chiqing.

7. Ovozning havodagi tezligini o'lchash prinsipi qanday, bu ishda foydalaniladimi?

## 8-LABORATORIYA ISHI.

### JISMLARNING INERSIYA MOMENTINI MAKSVELL MAYATNIGI BILAN ANIQLASH VA ENERGIYANING SAQLANISH QONUNINI TEKSHIRISH

#### Qisqacha nazariy ma'lumot

Maksvell mayatnigi gorizontol o'qda mahkamlangan va ingichka ipga bifilyar tarzda osilgan qattiq diskdir. Massani va demak, mayatnikning inersiya momentini o'zgartirish imkoniyatiga ega bo'lish uchun diskka halqalar qo'yiladi.

Mayatnik elektromagnit yordamida yuqori holatda ushlab turiladi. Elektromagnit o'chirilganda, gorizontol o'q atrofida aylanadigan Maksvell mayatnik tezlanish bilan vertikal pastga tushadi.

Bunday holda, energiyaning saqlanish qonuni bajariladi, ya'ni ko'tarilgan mayatnikning potentsial energiyasi ilgari lanma va aylanish harakatining kinetik energiyasiga aylanadi:

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2} \quad (1)$$

Bu yerda  $m = m_0 + m_d + m_k$  - Maksvell mayatnigining massasi;  $m_0$  - mayatnik o'qining massasi;  $m_d$  - diskning massasi;  $m_k$  - halqaning massasi.

Olingan ifoda  $J$  mayatnikning inersiya momentini aniqlash uchun ishlatilishi mumkin.

#### Mayatnikning inersiya momentini aniqlash

Buning uchun  $v$  va  $\omega$  qiymatlarini mayatnik  $h$  balandligi orqali ifodalaymiz. Mayatnikning pastga siljish harakati boshlang'ich tezligi  $v=0$  bilan bir xilda tezlashtirilgan deb faraz qilsak. Kinematik tenglamadan:

$$h = \frac{at^2}{2}; a = \frac{v}{t}; v = \omega \cdot r; v = \frac{2h}{t}; \omega = \frac{2h}{rt} \quad (2)$$

Bu yerda  $r$  - disk o'qining radiusi. Keyin olingan  $v$  va  $\omega$

qiymatlarini (1) ifodaga almashtirib, biz quyidagilarni olamiz:

$$mgh = \frac{4mh^2}{2t^2} + \frac{4J \cdot h^2}{2r^2 \cdot t^2}; \quad (3)$$

Olingan ifoda inersiya momentiga nisbatan o'zgartiriladi:

$$J = mr^2 \left( \frac{gt^2}{2h} - 1 \right) \text{ или } J_{\text{эксп}} = \frac{mD^2}{4} \left( \frac{gt^2}{2h} - 1 \right) \quad (4)$$

Bu yerda  $D = D_0 + D_i$ ;

$D_0$  – disk o'qining diametri;

$D_i$  – ipning diametri. ...

(4) ifoda mayatnikning inersiya momentini eksperimental aniqlash uchun ishchi formuladir.

Maksvell mayatnigining inersiya momentining nazariy qiymati inersiya momentlarining yig'indisiga teng:

1. Mayatnik o'qining inersiya momenti

$$J_0 = \frac{1}{8} m_0 D_0^2 \quad (5)$$

Bu yerda  $m_0$  va  $D_0$  – mayatnik o'qining massasi va tashqi diametri.

2. Diskning inersiya momenti

$$J_d = \frac{1}{8} m_d (D_0^2 + D_d^2) \quad (6)$$

qayerda  $m_d$  va  $D_d$  diskning massasi va tashqi diametri.

3. Halqaning inersiya momenti

$$J_k = \frac{1}{8} m_k (D_d^2 + D_k^2) \quad (7)$$

Bu yerda  $m_h$  va  $D_h$  – halqaning massasi va tashqi diametri

$$J_{\text{nazar}} = J_0 + J_d + J_k$$

$$J_{\text{nazar}} = \frac{1}{8} m_0 D_0^2 + \frac{1}{8} m_d (D_0^2 + D_d^2) + \frac{1}{8} m_h (D_d^2 + D_h^2) \quad (8)$$

(8) ifoda Maksvell mayatnigining inersiya momentining nazariy qiymatini aniqlash uchun ishchi formuladir.

### Energiyaning saqlanish qonunini tekshirish

Energiyaning saqlanish qonuni: o'rtasida faqat konservativ kuchlar harakat qiladigan yopiq jismlar tizimining umumiy mexanik energiyasi doimiy bo'lib qoladi:

$$W = W_K + W_p$$

Ko'tarilgan mayatnikning potensial energiyasi:

$$W_p = mgh \quad (9)$$

Bu yerda  $m = m_0 + m_d + m_k$  – mayatnikning massasi.

Mayatnikning kinetik energiyasi ilgari lanma harakatining kinetik energiyasi va aylanma harakatining kinetik energiyasining yig'indisidir:

$$W_K = \frac{mv^2}{2} + \frac{Jw^2}{2} \quad (10)$$

(2) tenglamadagi  $v$  va  $w$  qiymatlarini almashtirgandan so'ng biz quyidagilarni olamiz:

$$W_K = \frac{2h^2}{t^2} \left( m + \frac{J}{r^2} \right) \quad (11)$$

Bu yerda  $m = m_0 + m_d + m_k$  – mayatnikning massasi.

Agar muhitning ishqalanishi va qarshiligi hisobga olinmasa,  $W_p$  va  $W_K$  qiymatlari bir xil bo'lishi kerak.

### Nisbiy qiymatlarning nisbiy va mutlaq xatolarini hisoblash

Logarifmlarni ketma-ket qabul qilib, (4) ifodani ajratib, biz inersiya momentini o'lchashda nisbiy xatoni hisoblash formulasini olamiz:

$$\varepsilon_J = \frac{\Delta J}{J} = \frac{2\Delta D_0}{D_0} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{2\Delta t}{t} \quad (12)$$

$J$  inersiya momentini o'lchashda mutlaq xatolik quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\Delta J = \varepsilon_J \cdot J \quad (13)$$

Ushbu eksperimental qurilmada olingan natijalarni to'g'ri baholash uchun mayatnik inersiya momentining eksperimental  $J_{\text{exper}}$  va nazariy  $J_{\text{teor}}$  qiymatlarini solishtirish kerak.

Inersiya momentini aniqlashdagi xatolar quyidagicha ifodalanadi:

$$\varepsilon_J = \frac{|J_{\text{nazariy}} - J_{\text{exper}}|}{J_{\text{nazariy}}} \cdot 100\% \quad (14)$$

Energiyani aniqlashda xatolik quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\varepsilon_W = \frac{|W_p - W_K|}{W_p} \cdot 100\% \quad (15)$$

### Ishni bajarish tartibi

1. Mayatnik og'irligini eng past holatiga qo'ying.
  2. Mayatnik og'irligining o'qi stenddagi shkalaning nolga to'g'ri kelishini tekshiring. Agar yo'q bo'lsa, o'lchovni siljitish orqali sozlang.
  3. Mayatnikning o'qini asbob asosiga parallel bo'ladigan tarzda sozlang.
  4. Hisoblash datchigi o'rnini shunday o'rningi, mayatnikning pastki holatidagi diskning o'qi fotosensorning optik o'qini kesib o'tsin.
  5. Universal sekundomerni yoqing.
  6. "Rejim" tugmachasini bosish orqali Rejim-2 ga qo'ying.
  7. Elektromagnitga kuchlanish qo'llanilganda "Sbros" tugmasini bosing.
  8. Osmo ipni mayatnik o'qi atrofida o'rang va mayatnikni elektromagnit bilan mahkamlang.
  9. "START" tugmasini bosing – elektromagnit o'chadi va mayatnik harakatlana boshlaydi.
  10. START tugmasini bosganingizda sekundomer yonadi va hisoblashni boshlaydi.
  11. Pastki nuqtaga yetganda, sekundomer hisoblashni to'xtatadi.
  12. Jihozning vertikal stendidagi shkalada mayatnikning yiqilish balandligini o'qi bo'ylab mayatnikning yuqori va pastki holatini belgilang.
  13. Mayatnikning tushish vaqti va balandligining natijaviy qiymatini yozing.
  14. Diskdagi bir xil halqa bilan o'lchovlarni 5 marta takrorlang. Tushish vaqti va balandligining o'rtacha qiymatini aniqlang.
  15. (4,8,9,11) formulalar yordamida  $J_{\text{exper}}$ ,  $J_{\text{nazar}}$ ,  $W_p$ ,  $W_k$  mayatnikning inersiya momentini va energiyasini hisoblang.
  16.  $J_{\text{exper}}$ ,  $J_{\text{nazar}}$ ,  $W_k$ ,  $W_p$  o'rtacha qiymatlaridan foydalangan holda (12, 13, 14, 15) formulalar yordamida inersiya momenti  $\epsilon_j$  va energiya qiymatlarini  $W$  aniqlashda xatolarni hisoblang.
- Hisob-kitoblar uchun  $J = 8 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$  ni oling.

17. Olingan natijalarni jadvalga yozing.

18. Hisoblash uchun diskning diametri, halqa, mayatnik o'qi, ip, disk o'qining tashqi diametri, diskning tashqi diametri, halqaning tashqi diametrini o'lchash kerak.

Hisoblash uchun quyidagi massa qiymatlarini oling:

- mayatnik o'qining massasi = 0,09 kg;
- disk massasi = 0,111 kg;
- halqalarning massasi =  $0,09 \pm 0,009$  kg;  $0,18 \pm 0,018$  kg;  $0,27 \pm 0,027$  kg.

8.1-jadval

№	h, m	t, s	m, kg	$J_{\text{scnep}}, \text{kg} \cdot \text{m}^2$	$J_{\text{reop}}, \text{kg} \cdot \text{m}^2$	$W_p, \text{J}$	$W_k, \text{J}$
1							
2							
3							
4							
5							
O'rtacha qiymati							

### Nazorat uchun savollar:

1. Jismning inersiya momenti nimaga teng?
2. Inersiya momenti – bu jismning aylanish harakatidagi inersiya o'lchovidir. Ushbu iboraning ma'nosini tushuntiring.
3. Diskning inersiya momenti nimaga teng?
4. Halqaning inersiya momentini aniqlash formulasini yozing.
5. Yupqa devorli silindrning inersiya momenti nimaga teng?
6. Maksvell mayatnigining inersiya momentining tajriba qiymati formulasini chiqaring.
7. Mexanik energiyaning saqlanish qonunini tuzing.
8. Potensial energiyaning formulasini aniqlang.
9. Kinetik energiya haqida tushuncha bering.

**9-LABORATORIYA ISHI.**  
**OBERBEK MAYATNIGI YORDAMIDA AYLANMA HARAKAT**  
**UCHUN DINAMIKANING ASOSIY QONUNINI O'RGANISH**

**Qisqacha nazariy ma'lumotlar**

O'zgarmas massali qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofida aylanishi aylanish harakati dinamikasining asosiy tenglamasi bilan tavsiflanadi. Jismning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momentining berilgan qiymati uchun bu tenglama quyidagicha yoziladi:

$$M = J\beta \quad (1)$$

Bu yerda  $M$  – aylanish o'qi atrofida tanaga qo'llaniladigan tashqi kuchlarning umumiy momenti;

$\beta$  – jism aylanishining burchak tezlanishi.

Qattiq jismning qandaydir o'qqa nisbatan inersiya momentini formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$J = \int r^2 dm \quad (2)$$

Bu yerda  $dm = \rho dV$  – elementar jism massasi;  $\rho$  – jism zichligi;  $r$  – jismning elementar massasidan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa.

Tananing murakkab geometrik shakli bo'lgan yoki massasi bir xil bo'lmagan hollarda, inersiya momentini hisoblash juda qiyin bo'lishi mumkin. Bunday vaziyatda inersiya momenti eksperimental tarzda aniqlanadi.

9.1-rasmda ko'rsatilgan Oberbek mayatnigining sxemasini ko'rib chiqing. Yuk harakatlanayotganda, ipning tortishish kuchi teng bo'lgan momentni hosil qiladi:

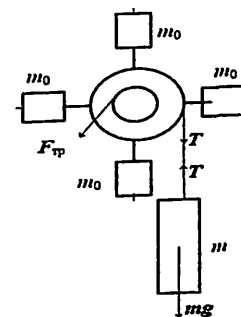
$$M_T = TR, \quad (3)$$

Bu yerda  $R$  – shkiv radiusi,  $T$  – ipning tortishish kuchi.  $T$  qiymat Nyutonning ikkinchi qonunidan aniqlanishi mumkin:

$$ma = mg - T \quad (4)$$

Bu yerda  $a$  – yuklarning tezlanishi;  $g$  – erkin tushish tezlanishi. Ushbu tenglamadan biz ipning kuchlanish kuchini ifodalaymiz:

$$T = m(g - a) \quad (5)$$



9.1-rasm. Oberbek mayatnigi sxemasi.

Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonunidan foydalanib, Oberbek mayatnigining aylanishini tahlil qilaylik. Kuchlanish kuchining ko'rsatilgan momentidan tashqari, mayatnikka ishqalanish kuchlari momenti ham ta'sir qiladi, bu esa uni sekinlashtiradi. Ushbu momentni aniqlash juda qiyin, chunki u noma'lum elkalari bilan noma'lum kuchlar tomonidan yaratilgan. Bu kuchlar eksa podshipniklardagi ishqalanish kuchlari va havo qarshilik kuchlaridir. Past aylanish tezligida ishqalanish kuchlarining umumiy momentini doimiy deb hisoblash mumkin va aylanish o'qi radiusi bu kuchlarni qo'llash uchun elka sifatida ko'rib chiqilishi mumkin, ya'ni:

$$M_{Tp} = rF_{Tp} \quad (6)$$

Shunday qilib, (3) va (6) ifodalarga ko'ra, aylanish o'qiga nisbatan mayatnikka qo'llaniladigan kuchlarning umumiy momenti tengdir:

$$M = M_T - M_{Tp} \quad (7)$$

Shu bilan birga, ishqalanish kuchi va ipning taranglik kuchining momentlari qarama-qarshi yo'nalishga ega ekanligi hisobga olinadi (9.1-rasm). Mayatnik shkivning burchak tezlanishi  $\beta$  va uning tangensial  $a_\tau$  tezlanishi ma'lum munosabat bilan bog'liq:

$$a_\tau = \beta R \quad (8)$$

Ipni vaznsiz va cho'zilmaydigan deb hisoblagan holda, yukning tezlashishini yukning bosib o'tadigan masofasi bilan ifodalash mumkin.  $a = 2h/t^2$ . Buning sababi shundaki, burchak tezlanishi  $a_\tau = a$  uchun biz olamiz:

$$\beta = \frac{a}{R} = \frac{2h}{Rt^2} \quad (9)$$

Massalari  $m_1$  va  $m_2$  bo'lgan og'irliklarni og'irlik sifatida ishlatish va ularning belgilangan masofani bosib o'tish vaqtini o'lchab, biz ikkita noma'lum inersiya momenti va ishqalanish kuchlari momentiga ega ikkita tenglamalar tizimini olamiz:

$$J \frac{2h}{Rt_1^2} = m_1 \left( g - \frac{2h}{t_1^2} \right) R - M_{TP}$$

$$J \frac{2h}{Rt_2^2} = m_2 \left( g - \frac{2h}{t_2^2} \right) R - M_{TP} \quad (10)$$

Ushbu tizimdan tashqari, biz inersiya momentini  $M_{TP}$  hisoblash formulasini olamiz:

$$J \frac{R^2}{t_1^2 - t_2^2} = \left[ \frac{(m_2 - m_1)gt_1^2 t_2^2}{2h} + (m_1 t_2^2 - m_2 t_1^2) \right] \quad (11)$$

Tajribada yuklar erkin tushish tezlanishidan ancha kichik (taxminan ikki darajali) tezlanishlar bilan harakatlanadi. Shuning uchun (11) ifodadagi kvadrat qavs ichidagi ikkinchi had birinchisidan ancha kichik

$$|m_1 t_2^2 - m_2 t_1^2| \ll \frac{(m_2 - m_1)gt_1^2 t_2^2}{2h}$$

va ularni e'tiborsiz qoldirish mumkin. Nihoyat, Oberbek mayatnigining inersiya momenti uchun quyidagi hisoblash formulasini olamiz:

$$J = \frac{R^2(m_2 - m_1)gt_1^2 t_2^2}{(t_1^2 - t_2^2)2h} \quad (12)$$

**Ishning maqsadi:** aylanish qonunlarini o'rganish.

**O'lchovlar uchun tayyorgarlik**

1. Fotosensor va elektromagnitni o'lchash modulining orqa panelida joylashgan ulagichga ulang.

2. Tarmoq kabelidan foydalanib, o'lchash modulini 220 V 50 Hz AC tarmog'iga ulang.

3. Quvvat tugmachasini "ВКЛ" holatiga "I-Включено" holatiga o'tkazing; bir vaqtning o'zida "СЕТЬ" tarmoq kuchlanishining mavjudligi indikatorini yonadi, fotosel indikatorini ham yonadi.

4. Oberbek mayatnigining uchlariga yuklarni o'qituvchi ko'rsatgan joyga o'rnatish va mayatnikni muvozanatlang.

5. "РЕЖИМ" tugmasini bosish orqali sekundomerni "1-Режим" ga o'tkazing va "ВЫБОР/ПУСК" tugmasini bosing, elektromagnit mayatnik o'rni o'rnatadi.

6. "ВЫБОР/ПУСК" tugmasini bosib, tizimni ipga osilgan yuk yordamida aylantiring va o'lchang:

- vaznni pasaytirish balandligi;
- vaznni pasaytirish vaqti (kamida besh marta);
- ip o'ralgan shkivning radiusi;
- yuklarning og'irligi.

7. Yuklarning og'irligini o'zgartirib, 6-bandga muvofiq o'lchovlarni takrorlang. Jadvalga barcha ma'lumotlarni kiriting.

8. Yukning belgilangan masofani bosib o'tish vaqtini o'lchash kamida besh marta amalga oshirilishi kerak.

9. Ipnning uchiga yuklarni o'rnatish va 1-3-bandlarga muvofiq tajribani kamida 5 marta takrorlang.

Kichik va katta sharning radiusi mos ravishda 15 va 30 mm ga teng.

9.1-jadval

h, m	m, kg	r, m	l	t, s					O'rtacha qiymat t, s	Tasodifiy xatolik $\Delta t_{tas}$ , s	Asbob xatosi, $\frac{\Delta t}{t}$ , %	Absolyut xatolik $\varepsilon = \frac{\bar{t}}{\Delta t}$ , %
				1	2	3	4	5				

### O'lchash natijalarini qayta ishlash

1. Hisoblash formulasidan (12) foydalanib, Oberbek mayatnigining inersiya momentini hisoblang.

2. Tasodifiy xato  $\Delta t_{tas}$  va sekundomerning xatosini  $\Delta t_{as}$  hisobga olgan holda vaqtning absolyut xatosini hisoblang. Sekundomerning 0,1 s ga teng xatosini oling. Keyingi hisob-kitoblarda maksimal xatolikdan foydalaning:  $\Delta t = \sqrt{\Delta t_{tas}^2 + \Delta t_{as}^2}$ .

3. Inersiya momentining  $\Delta J$  olingan qiymatining mutlaq xatosini  $\Delta J = J \cdot E$  formula bo'yicha aniqlang, bu yerda hisoblash formulasidan olingan nisbiy o'lchash xatosi (12)

$$E = \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta h}{h} + 2 \frac{\Delta R}{R} + 2 \frac{\Delta m}{m_2 - m_1} + 2 \frac{\Delta t}{t_1} + 2 \frac{\Delta t}{t_2} + 2 \frac{\Delta t}{t_2}$$

4. Olingan inersiya momentining qiymatini  $J \pm \Delta J$  shaklga yozing. Olingan qiymatlarni mutlaq o'lchash xatolarini hisobga olgan holda natijalarni yaxlitlang.

### 10-LABORATORIYA ISHI. SHARLARNING TO'QNASHUVI ORQALI TIKLANISH KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH

#### Qisqacha nazariy ma'lumot

Oddiy elastik bo'lmagan jismlarning ta'siri ideal elastik va to'liq elastik ta'sirlar orasidagi oraliq holatga to'g'ri keladi. Bunday ta'sir ikki sharning egiluvchan prujina orqali ta'siriga o'xshaydi. Ta'sir qilish vaqtining birinchi yarmida ma'lum bir qiymatga siqilgan prujina, zarbadan keyin asl o'lchamlarini olmaydi. Prujinaning siqilish potensial energiyasining bir qismi issiqlikka aylanadi va kinetik energiyaga aylanmaydi. Bunday holda mexanik energiyaning saqlanish qonunini qo'llash mumkin emas.

Bir xil massali sharlarning elastik ta'sirida, ta'sirdan oldingi va keyingi nisbiy tezliklarning qiymatlari doimiy nisbatda bo'ladi. Bunday ta'sir zarbadan keyin nisbiy tezlikni tiklash koeffitsiyenti  $\varepsilon_v$  bilan tavsiflanadi. Ikki sharning zarbadan oldingi nisbiy tezligi  $\vec{v}_2 - \vec{v}_1$  zarbadan keyin esa  $\vec{v}'_2 - \vec{v}'_1$  ga teng. Nisbiy tezlikning tiklanish koeffitsiyenti deb ataladi:

$$\varepsilon_v = \frac{|\vec{v}'_2 - \vec{v}'_1|}{|\vec{v}_2 - \vec{v}_1|} \quad (1)$$

Muayyan darajada aniqlik bilan  $\varepsilon_v$  qiymati doimiy va faqat to'qnashuvchi sharlarning materialiga bog'liq deb taxmin qilishimiz mumkin. Tiklanish koeffitsiyenti har doim birdan kam bo'ladi. Mutlaq elastik ta'sirda  $\varepsilon_v = 1$ , mutlaqo noelastik ta'sirda  $\varepsilon_v = 0$ .

Keling, sharlardan birini (masalan, o'ng tomonni)  $\alpha_1$  burchakka olib, uni boshlang'ich tezliksiz qo'yib yuboraylik. Og'gan shar pastga siljiydi, uning potensial energiyasi kinetikka aylanadi. Ikkinchi shar bilan to'qnashuv birinchi sharning ipi vertikal holatda bo'lgan paytda sodir bo'ladi.

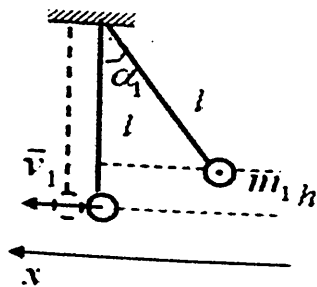
Mexanik energiyaning saqlanish qonuniga binoan (10.1-rasm)

$$m_1 gh = \frac{m_1 v_1^2}{2} \quad (2)$$

Bu yerda  $m_1$  – birinchi (o'ng) sharning massasi;  $g$  – erkin tushish tezlashishi;  $h$  – trayektoriyaning pastki nuqtasiga nisbatan tortilgan holatda sharning balandligi;  $v_1$  – birinchi sharning tezligi ikkinchisi bilan to'qnashuvdan oldin pastki nuqtada (10.1-rasm buni ko'rsatadi):

$$h = l(1 - \cos \alpha_1) = 2l \sin^2 \frac{\alpha_1}{2} \quad (3)$$

Bu yerda  $l$  – osma nuqtadan sharning og'irlik markazigacha bo'lgan masofa,  $\alpha_1$  – ipning dastlabki og'ish burchagi.



10.1-rasm. Energiyaning saqlanish qonunining grafik tasviri.

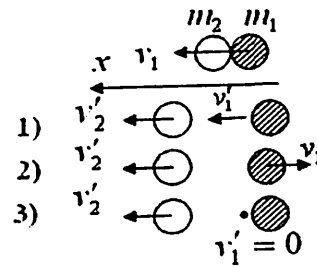
(3) ni (2) ga qo'yib, tenglamani o'zgartirib, tezlikni boshlang'ich og'ish burchagi bo'yicha ifodasini topamiz:

$$v_1 = \sqrt{2gh} = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\alpha_1}{2} \quad (4)$$

Agar zarba yetarlicha tez sodir bo'lsa, ta'sir paytida iplar sezilarli burchakka og'ish uchun vaqt topolmasa, u holda gorizontal x o'qi yo'nalishida tashqi kuchlar paydo bo'lmaydi va impulsning saqlanish qonuni bajariladi. Zarbadan keyin sharlar  $v'_1$  va  $v'_2$  tezliklarni oladi va iplarni  $\alpha'_1$  va  $\alpha'_2$  maksimal burchaklariga og'diradi. Tezlik uchun  $v'_1$  va  $v'_2$  biz ushbu munosabatlarga ega bo'lamiz:

$$v'_1 = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\alpha'_1}{2}, \quad v'_2 = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\alpha'_2}{2} \quad (5)$$

To'qnashayotgan sharlarning massasiga qarab, zarbadan keyin sharlarning harakatining quyidagi variantlari 10.2-rasmda ko'rsatilgan.



10.2-rasm. to'qnashuvdan keyin sharlarning harakati uchun variantlar.

X o'qi bo'yicha proyeksiyada impulsning saqlanish qonuni va  $\epsilon_v$  koeffitsiyenti uchun ifodalar 10.1-jadvalda umumlashtirilgan.

10.1-jadval

No	Impulsning saqlanish qonuni. X o'qidagi proyeksiya	Koeffitsiyent $\epsilon_v$
1.	$m_1 v_1 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$	$\epsilon_v = \frac{v'_2 - v'_1}{v_1} = \frac{\sin \frac{\alpha'_2}{2} - \sin \frac{\alpha'_1}{2}}{\sin \frac{\alpha_1}{2}}$
2.	$m_1 v_1 = m_2 v'_2 - m_1 v'_1$	$\epsilon_v = \frac{v'_2 + v'_1}{v_1} = \frac{\sin \frac{\alpha'_2}{2} + \sin \frac{\alpha'_1}{2}}{\sin \frac{\alpha_1}{2}}$
3.	$m_1 v_1 = m_2 v'_2$	$\epsilon_v = \frac{v'_2}{v_1} = \frac{\sin \frac{\alpha'_2}{2}}{\sin \frac{\alpha_1}{2}}$

Jismlarning to'qnashuvi tezlikni tiklash koeffitsiyentiga qo'shimcha ravishda energiyani qayta tiklash koeffitsiyenti  $\epsilon_w$  bilan tavsiflanadi, bu jismlarning ta'sirdan keyin kinetik energiyasining zarbadan oldingi kinetik energiyasiga nisbatiga teng:

$$\epsilon_w = \frac{\frac{1}{2}m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2'^2}{\frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2} \quad (6)$$

Ikkinchi sharning zarbadan oldin tezligi  $v_2 = 0$  ekanligini hisobga olsak, va tezliklar o'rniga (4), (5) ifodalarni qo'yib, energiyani qayta tiklash koeffitsiyenti formulasini topamiz.

$$\varepsilon_w = \frac{m_1 \sin^2 \frac{\alpha'_2}{2} + m_2 \sin^2 \frac{\alpha'_2}{2}}{m_1 \sin^2 \frac{\alpha'_1}{2}} \quad (7)$$

Agar ta'sir qilish muddati  $\tau$  ma'lum bo'lsa, Nyutonning ikkinchi qonuniga binoan, sharlardan birining (masalan, chapdagi) impulsni o'zgartirib, sharlar orasidagi o'rtacha o'zaro ta'sir kuchini aniqlash mumkin:

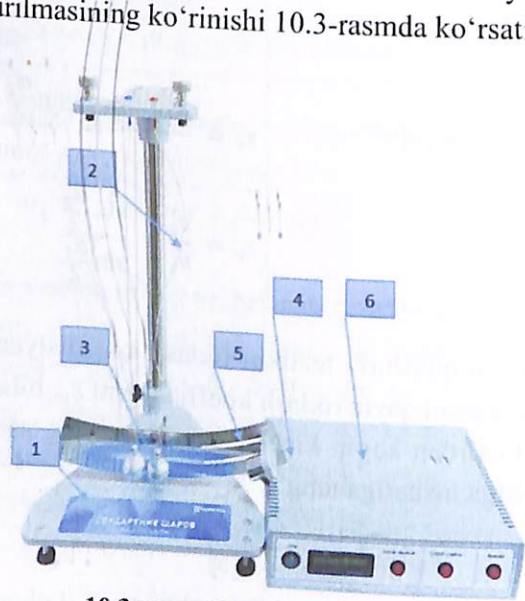
$$\vec{F}_{OIR} = \frac{m_2 \vec{v}'_2 - m_2 \vec{v}_2}{\tau} \quad (8)$$

$v_2=0$  ekanligini hisobga olsak,

$$F_{OIR} = \frac{m_2 v'_2}{\tau} \quad (9)$$

### Uskunaning tavsifi

Sharlarning to'qnashuvi orqali tiklanish koeffitsiyentini aniqlash laboratoriya qurilmasining ko'rinishi 10.3-rasmda ko'rsatilgan.



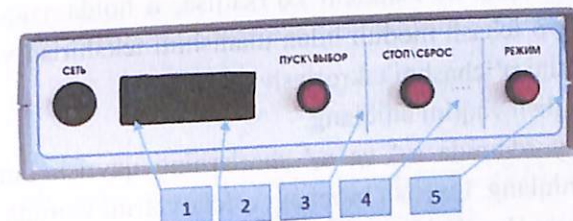
10.3-rasm. Uskunalar tarkibi:

1-asos, 2-stoyka; 3-sharlar; 4-elektromagnit; 5-masshtab; 6-o'lchash moduli.

Asosga (1) stend (2) biriktirilgan. Sharlar (3) yuqori qavs qisqichlari bilan biriktirilgan. Elektromagnit (4) sharlardan birini egilgan holatda ushlab turish uchun xizmat qiladi. Elektromagnit (4) va yuqori tirgak terminallari (o'lchash moduliga ulangan). O'lchov modulining taymeri sharlarning to'qnashuv vaqtini aniqlaydi. To'qnashuv vaqti mikrosekundlarda (mks) ko'rsatiladi.

O'rnatish sharlari ikkita sharni o'z ichiga oladi: po'lat va alyuminiy. Po'lat sharning massasi  $m_{p,sh}=113g$ , alyuminiyning massasi  $m_{al}=40g$ .

Osilgan sharlar uzunligining sozlanishi. O'lchovning bir bo'linmasining qiymati  $\alpha_0 = 0,5$  rad.



10.4-rasm. O'lchov moduli:

1-kalit quvvat tugmasi "БКЛ"; 2-mayatniklarning tebranish vaqti/sonining raqamli ko'rsatkichi; 3-rejimni tanlash va hisoblashni boshlash tugmasi "ПУСК/ВЫБОР"; 4 o'lchovni to'xtatish va "СТОП/СБРОС" ko'rsatkichini tiklash tugmasi; 5-sekundomerning ish rejimini tanlash tugmasi "РЕЖИМ".

### Ishni bajarish tartibi

**Ishning maqsadi:** sharlarning ta'sir qilish shakllarini eksperimental tekshirish.

1. Elektromagnit va qavs terminallarini o'lchash moduliga ulang.
2. Sozlovchi dastaklardan foydalanib, jihozning asosini shunday o'rnatmangki, osma qavslarning pastki ko'rinishlari tarozi nollariga to'g'ri kelsin.

### O'lchov modulini yoqing:

- 1) Tarmog' kabelidan foydalanib, o'lchash modulini 220 V 50 Hz AC tarmog'iga ulang.

2) Quvvat tugmachasini "BKЛ" holatiga o'tkazing va "Включено"; bir vaqtning o'zida tarmoq kuchlanish indikatorini "СЕТЬ" yonadi.

3) "РЕЖИМ" tugmasini bosib, sekundomerni "Режим 7" ga o'tkazing va "ВЫБОР/ПУСК" tugmasini bosib.

4) To'g'ri sharni tortib oling va uni elektromagnit bilan mahkamlang. Ushbu sharning dastlabki burilish burchagini aniqlang.

5) "ПУСК/ВЫБОР" tugmasini bosib, bu elektromagnitning kuchlanishini o'chiradi va sharlar uriladi. Sharlarning to'qnashuv vaqtini aniqlash uchun o'lchash modulining taymeridan foydalaning. Agar taymerda "9999" mks ko'rsatkichi ko'rsatilsa, u holda yuqori qisqich terminallarining o'lchash moduli bilan ulanishini tekshirish va sharning to'qnashuv vaqtini o'lchashni takrorlash kerak  $\tau$ .

6) Ta'sir qilish vaqtini aniqlang.

7) Tarozi yordamida  $\alpha_1'$  va  $\alpha_2'$  sharlarning qaytish burchaklarini vizual tarzda aniqlang. Qaytish burchagi o'lchovlarini kamida uch marta takrorlang.  $\alpha_1'$  va  $\alpha_2'$  burchaklarning har birining o'rtacha qiymatini toping (sharlarning massasi bir xil bo'lgani uchun  $\alpha_1'=0$ ).

### O'lchash natijalarini qayta tahlil qilish

Natijalar 10.2-jadval shaklida taqdim etilishi kerak.

10.2-jadval

	1	2	3	O'rtacha xatolik	Tasodifiy xatolik	Asbob xatoligi
$\alpha_1$						
$\alpha_1'$						
$\alpha_2'$						
$\tau$						

1. Formula (4) yordamida zarbadan oldin birinchi sharning  $v_1$  tezligini aniqlang. Formulalar (5) bo'yicha orqaga qaytish burchaklarining o'rtacha qiymatlaridan foydalanib,  $v_1'$  va  $v_2'$  zarbadan so'ng

darhol ikkala sharning tezligini aniqlang, impulsning saqlanish qonunini tekshiring.

2. Qaytish burchaklarining o'rtacha qiymatlaridan foydalanib,  $\varepsilon_v$  tezlikni tiklanish koeffitsiyentini aniqlash uchun 10.1-jadvaldagi formulalardan foydalaning. Formula (8) yordamida  $\varepsilon_w$  energiyani qayta tiklanish koeffitsiyentlarini hisoblang.

3. (8) nisbatdan foydalanib, zarba paytida sharlarning bir-biriga  $F_{o'ir}$  ta'sir qiladigan o'rtacha kuchini aniqlang.

4. Ushbu miqdorlarning mutlaq o'lchash xatolarini aniqlang  $\Delta v$ ,  $\Delta F_{o'ir}$ ,  $\Delta \varepsilon_w$ ,  $\Delta \varepsilon_v$ .

5. Tezlik uchun nisbiy o'lchash xatosi:

$$E_{\varepsilon_r} = \frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta g}{2g} + \frac{\Delta l}{2l} + \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \Delta \alpha$$

6. Ikki sharning o'zaro ta'sir kuchi uchun  $E_F$  nisbiy xatosi:

$$E_F = \frac{\Delta F}{F} = \frac{\Delta m_2}{m_2} + \frac{\Delta v_2'}{v_2'} + \frac{\Delta r}{r}$$

7. Tezlikni tiklanish koeffitsiyenti uchun  $\varepsilon_v$  nisbiy xato:

$$E_{\varepsilon_r} = \frac{\Delta \varepsilon_r}{\varepsilon_r} = \frac{\Delta v_2'}{v_2' \pm v_1'} + \frac{\Delta v_1'}{v_2' \pm v_1'} + \frac{\Delta v_1}{v_1}$$

Agar to'qnashuvdan keyin sharlar turli yo'nalishlarda harakat qilsa, "+" belgisi, to'qnashuvdan keyin sharlar bir yo'nalishda harakat qilsa, "-" belgisi olinadi.

Energiyani tiklash koeffitsiyenti  $\varepsilon_w$  nisbiy xatosi uchun:

$$E_{\varepsilon_w} = \frac{\Delta \varepsilon_w}{\varepsilon_w} = \frac{m_2 v_1' \Delta m_1}{m_1 (m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2)} + \frac{v_2' \Delta m_2}{(m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2)} + \frac{2m_1 v_1' \Delta v_1'}{m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2} + \frac{m_1 2v_2' \Delta v_2'}{m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2} + \frac{2\Delta v_1}{v_1}$$

2) Quvvat tugmachasini "ВКЛ" holatiga o'tkazing va "Включено"; bir vaqtning o'zida tarmoq kuchlanish indikatorini "СЕТЬ" yonadi.

3) "РЕЖИМ" tugmasini bosib, sekundomerni "Режим 7" ga o'tkazing va "ВЫБОР/ПУСК" tugmasini bosib.

4) To'g'ri sharni tortib oling va uni elektromagnit bilan mahkamlang. Ushbu sharning dasflabki burilish burchagini aniqlang.

5) "ПУСК/ВЫБОР" tugmasini bosib, bu elektromagnitning kuchlanishini o'chiradi va sharlar uriladi. Sharlarning to'qnashuv vaqtini aniqlash uchun o'lchash modulining taymeridan foydalaning. Agar taymerda "9999" mks ko'rsatkichi ko'rsatilsa, u holda yuqori qisqich terminallarining o'lchash moduli bilan ulanishini tekshirish va sharning to'qnashuv vaqtini o'lchashni takrorlash kerak  $\tau$ .

6) Ta'sir qilish vaqtini aniqlang.

7) Tarozi yordamida  $\alpha_1'$  va  $\alpha_2'$  sharlarning qaytish burchaklarini vizual tarzda aniqlang. Qaytish burchagi o'lchovlarini kamida uch marta takrorlang.  $\alpha_1'$  va  $\alpha_2'$  burchaklarning har birining o'rtacha qiymatini toping (sharlarning massasi bir xil bo'lgani uchun  $\alpha_1'=0$ ).

### O'lchash natijalarini qayta tahlil qilish

Natijalar 10.2-jadval shaklida taqdim etilishi kerak.

10.2-jadval

	1	2	3	O'rtacha xatolik	Tasodifiy xatolik	Asbob xatoligi
$\alpha_1$						
$\alpha_1'$						
$\alpha_2'$						
$\tau$						

1. Formula (4) yordamida zarbadan oldin birinchi sharning  $v_1$  tezligini aniqlang. Formulalar (5) bo'yicha orqaga qaytish burchaklarining o'rtacha qiymatlaridan foydalanib,  $v_1'$  va  $v_2'$  zarbadan so'ng

darhol ikkala sharning tezligini aniqlang, impulsning saqlanish qonunini tekshiring.

2. Qaytish burchaklarining o'rtacha qiymatlaridan foydalanib,  $\varepsilon_v$  tezlikni tiklanish koeffitsiyentini aniqlash uchun 10.1-jadvaldagi formulalardan foydalaning. Formula (8) yordamida  $\varepsilon_w$  energiyani qayta tiklanish koeffitsiyentlarini hisoblang.

3. (8) nisbatdan foydalanib, zarba paytida sharlarning bir-biriga  $F_{OIR}$  ta'sir qiladigan o'rtacha kuchini aniqlang.

4. Ushbu miqdorlarning mutlaq o'lchash xatolarini aniqlang  $\Delta v$ ,  $\Delta F_{OIR}$ ,  $\Delta \varepsilon_w$ ,  $\Delta \varepsilon_v$ .

5. Tezlik uchun nisbiy o'lchash xatosi:

$$E_v = \frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta g}{2g} + \frac{\Delta l}{2l} + \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \Delta \alpha$$

6. Ikki sharning o'zaro ta'sir kuchi uchun  $E_F$  nisbiy xatosi:

$$E_F = \frac{\Delta F}{F} = \frac{\Delta m_2}{m_2} + \frac{\Delta v_2'}{v_2'} + \frac{\Delta r}{r}$$

7. Tezlikni tiklanish koeffitsiyenti uchun  $\varepsilon_v$  nisbiy xato:

$$E_{\varepsilon_v} = \frac{\Delta \varepsilon_v}{\varepsilon_v} = \frac{\Delta v_2'}{v_2' \pm v_1'} + \frac{\Delta v_1'}{v_2' \pm v_1'} + \frac{\Delta v_1}{v_1}$$

Agar to'qnashuvdan keyin sharlar turli yo'nalishlarda harakat qilsa, "+" belgisi, to'qnashuvdan keyin sharlar bir yo'nalishda harakat qilsa, "-" belgisi olinadi.

Energiyani tiklash koeffitsiyenti  $\varepsilon_w$  nisbiy xatosi uchun:

$$E_{\varepsilon_w} = \frac{\Delta \varepsilon_w}{\varepsilon_w} = \frac{m_2 v_1' \Delta m_1}{m_1 (m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2)} + \frac{v_2' \Delta m_2}{(m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2)} + \frac{2m_1 v_1' \Delta v_1'}{m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2} + \frac{m_1 2v_2' \Delta v_2'}{m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2} + \frac{2\Delta v_1}{v_1}$$

10.3-jadval

## Ma'lumotnoma jadvali va grek va lotin alfavitlari

Grek alfaviti	Lotin alfaviti	Grek alfaviti	Lotin alfaviti
A α - alfa	Aa - a	Ν ν - ni	Mm - em
B β - beta	Bb - be	Ξ ξ - ksi	Nn - en
Γ γ - gamma	Cc - tse	Ο ο - omikron	Oo - o
Δ δ - delta	Dd - de...	Π π - pi	Pp - pe
E ε - epsilon	Ee - e	Ρ ρ - ro	Qq - ku
Z ζ - dzeta	Ff - ef	Σ σ ζ - sigma	Rr - er
H η - eta	Gg - je (ge)	Τ τ - tau	Ss - es
Θ θ - teta	Hh - ash	Υ υ - ipsilon	Tt - te
I ι - iota	Ii - i	Φ φ - fi	Uu - u
K κ - kappa	Jj - yot	Χ χ - xi	Vv - ve
Λ λ - lambda	Kk - ka	Ψ ψ - psi	Ww - dubl-ve
M μ - mi	Ll - el	Ω ω - omega	Xx - iks
			Yy - igrek
			Zz - zet

10.4-jadval

## O'n karrali va ulush birliklarini hosil qilish uchun ko'paytiruvchilari

Nomlanishi	Ko'paytiruvchi	Belgilanishi	
		ruscha	xalqaro
eksa	$10^{18}$	Э	E
geta	$10^{15}$	Π	P
tera	$10^{12}$	Τ	T
giga	$10^9$	Γ	G
mega	$10^6$	Μ	M
kilo	$10^3$	κ	k
gekto	$10^2$	г	h
deka	10	да	da
detsi	$10^{-1}$	д	d
santi	$10^{-2}$	с	c
milli	$10^{-3}$	м	m
mikro	$10^{-6}$	МК	μ
nano	$10^{-9}$	н	n
piko	$10^{-12}$	п	p
femto	$10^{-15}$	ф	f
atto	$10^{-18}$	а	a

10.5-jadval

## XB tizimidagi bir qator tizimdan tashqari birliklar

Uzunlik va yuza birliklari	
1 angstrom (Å) = $10^{-10}$ m	1 dyuym = $2,54 \cdot 10^{-2}$ m
1 iks-biriklik (X) = $10^{-13}$ m	1 fermi = $10^{-15}$ m
1 astronomik birlik	1 mil = $1,61 \cdot 10^3$ m
(a.b) = $1,49 \cdot 10^{11}$ m	1 dengiz mili = $1,85 \cdot 10^3$ m
1 yorug'lik yili (yor. yil) = $9,46 \cdot 10^{15}$ m	1 gektar (ga) = $10^4$ m <sup>2</sup>
	1 barn (b) = $10^{-28}$ m <sup>2</sup>
Massa birliklari	
1 tonna (t) = 1000 kg	1 funt = 0,454 kg
1 sentner (ts) = 100 kg	1 a.m.b. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg
1 karat (kar) = $2 \cdot 10^{-4}$ kg	1 untsiya (troyan) = 31,103 g
Kuch birliklari	
1 din = $10^{-5}$ N	1 kilogramm-kuch (kgk) = 9,81 N
Ish va energiya birliklari	1 eV = $1,60 \cdot 10^{-19}$ J
1 erg = $10^{-7}$ J	1 vatt-soat (W*s) = $3,6 \cdot 10^3$ J
1 kgk*m = 9,81 J	
1 kaloriya (kal) = 4,19 J	
Quvvat birliklari	
1 erg/s = $10^{-7}$ W	1 ot kuchi = 736 W
1 kilokaloriya soat	(kkal/s) = 1,16 W
Bosim birliklari	1 atm = $1,01 \cdot 10^5$ Pa
1 din/sm <sup>2</sup> = 0,1 Pa	1 mm.sim.ust. = 133,3 Pa
1 kgk/m <sup>2</sup> = 9,81 Pa	
1 at = 1 kgk/sm <sup>2</sup> = $9,81 \cdot 10^4$ Pa	
Universal fizik konstantalar	
Er radiusi R	$6,37 \cdot 10^6$ m
Er massasi M <sub>e</sub>	$5,87 \cdot 10^{24}$ kg
Yorug'likning vakuumdagi tezligi c	$2,99792 \cdot 10^8$ m/s
Gravitatsion doimiy γ	$6,672 \cdot 10^{-11}$ N·m <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>
Og'irlik kuchi tezlanishii g	9,807 m/s <sup>2</sup>
Ideal gazning molyar hajmi	22,4138 l/mol
V <sub>μ</sub> (T <sub>0</sub> = 273,15 K, p <sub>0</sub> = $1,01 \cdot 10^5$ Pa)	8,314 J/(K·mol)
Universal gaz doimiysi R	$2,69 \cdot 10^{25}$ m <sup>-3</sup>
Loshmidt soni n <sub>0</sub>	$6,02204 \cdot 10^{23}$ mol <sup>-1</sup>
Avogadro doimiysi N <sub>A</sub>	$1,38066 \cdot 10^{-23}$ J/K
Boltsman doimiysi k	$1,67265 \cdot 10^{-27}$ kg
Protonning tinchlikdagi massasi m <sub>p</sub>	$9,10953 \cdot 10^{-31}$ kg
Elektronning tinchlikdagi massasi m <sub>e</sub>	$1,67495 \cdot 10^{-27}$ kg
Neytronning tinchlikdagi massasi m <sub>n</sub>	

10.6-jadval

## HB tizimida fizik kattaliklarning asosiy o'lov birliklari

Fizik kattalik	Nomlanishi	Belgilanishi	O'lashi
<b>Asosiy birliklar</b>			
Uzunlik	metr	m	m
Massa	kilogramm	kg	kg
Vaqt	sekund	s	s
Tok kuchi	amper	A	A
Temperatura	kelvin	K	K
Yorug'lik kuchi	kandela	Kd	Kd
Modda miqdori	mol	mol	mol
<b>Qo'shimcha birliklar</b>			
Yassi burchak	radian	rad	-
Fazoviy burchak	steradian	sr	-

## Hosilaviy birliklar

Yuza	kvadrat metr	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Hajm	kub metr	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Davr	sekund	s	s
Chastota	gerts	Hz	s <sup>-1</sup>
Zichlik	kilogramm taqsim kub metr	kg/m <sup>3</sup>	Kg*m <sup>-3</sup>
Tezlik	metr taqsim sekund	m/s	m*s <sup>-1</sup>
Tezlanish	metr taqsim sekundning kvadrati	m/s <sup>2</sup>	m*s <sup>-2</sup>
Kuch	nyuton	N	m*kg*s <sup>-2</sup>
Bosim	paskal	Pa	m <sup>-1</sup> *kg*s <sup>-2</sup>
Ish	Joul	J	m <sup>2</sup> *kg*s <sup>-2</sup>
Energiya			
Issiqlik miqdori			
Quvvat	vatt	W	
Elektr miqdori	kulon	C	
Elektr zaryadi			

10.7-jadval

## Ba'zi bir o'lov birliklarini XB tizimi birliklariga o'tkazish

Kattalik	O'lov birligi	O'lov birliklarni HB tizimi birliklariga o'tkazish
Uzunlik	detsimetr santimetr millimetr mikron millimikron (nanometr) angstrom pikometr iks - edinitsa (X) fermi	1 dts = 10 <sup>-1</sup> m 1 sm = 10 <sup>-2</sup> m 1 mm = 10 <sup>-3</sup> m 1 mk = 10 <sup>-6</sup> m 1 mmk (nm) = 10 <sup>-9</sup> m 1 Å = 10 <sup>-10</sup> m 1 p = 10 <sup>-12</sup> m 1 (X) = 10 <sup>-13</sup> m 1 fermi = 10 <sup>-15</sup> m

10.8-jadval

Kattalik	O'lov birligi	O'lov birliklarni HB tizimi birliklariga o'tkazish
Yassi burchak	gradus	1° = 1,75·10 <sup>-2</sup> rad
Massa	milligramm tsentner tonna texnik massa birligi (t.m.b.) atom massa birligi (a.m.b.) dina	1 mg = 10 <sup>-6</sup> kg 1 ts = 100 kg 1 t = 1000 kg 1 t.m.b. = 9,8 kg 1 a.m.b. = 1,66·10 <sup>-27</sup> kg 1 din = 10 <sup>-5</sup> N
Kuch	kilogramm - kuch fizik atmosfera	1 kgk = 9,8 N 1 atm = 1,01·10 <sup>5</sup> Pa
Bosim	texnik atmosfera mm.sim.ust. din/sm <sup>2</sup> kgk/m <sup>2</sup> kilogramm - metr	1 at = 9,8·10 <sup>4</sup> Pa 1 mm.rt.st. = 133 Pa 1 din/sm <sup>2</sup> = 0,1 Pa 1 kgk/m <sup>2</sup> = 9,8 Pa 1 kgkm = 9,8 J
Ish, energiya	erg elektronvolt vatt - soat kilovatt-soat kaloriya kilokaloriya	1 erg = 10 <sup>-7</sup> J 1 eV = 1,6·10 <sup>-19</sup> J 1 W·s = 3,6·10 <sup>3</sup> J 1 kW·s = 3,6·10 <sup>6</sup> J 1 kal = 4,19 J 1 kkal = 4,19·10 <sup>3</sup> J
Issiqlik	erg taqsim sekund kilogramm-metr taqsim sekund	1 erg/s = 10 <sup>-7</sup> W 1 kgm/s = 9,8 W
Quvvat	ot kuchi	1 ot kuchi = 736 W

10.9-jadval

## O'lchov birliklarning belgilanishi

Birlik	Belgilanishi	Birlik	Belgilanishi	Birlik	Belgilanishi
Angstrom	$\text{\AA}$	Joul	$J$	Puaz	$pz$
Atmosfera	$atm$	Kaloriya	$kal$	Radian	$rad$
Gerts	$Hz$	Kyuri	$Kyuri$	Sekund	$sek$
Gramm	$g$	Litr	$l$	Steradian	$ster$
(massa)		Massa birligi	$e$	Soat	$s$
Gramm (kuch)	$gr, G$	Metr	$m$		
Dina	$din$	Minut	$min$		
		Nit	$nt$		
		Nyuton	$N$		

10.10-jadval

## Astronomik kattaliklar

Kattalik	Quyosh	Yer	Oy
Massasi, kg	$1,97 \cdot 10^{30}$	$5,96 \cdot 10^{24}$	$7,3 \cdot 10^{22}$
O'rtacha radiusi, m	$6,95 \cdot 10^8$	$6,37 \cdot 10^6$	$1,74 \cdot 10^6$

10.11-jadval

Quyosh sistemasi planetalari	Quyoshdan o'rtacha uzoqligi, mln. km	Yil davomida quyosh atrofida aylanish davri, yil
Merkuriy	57,87	0,241
Venera	108,14	0,615
Yer	149,50	1,000
Mars	227,79	1,881
Yupiter	777,8	11,862
Saturn	1426,1	29,458
Uran	2867,7	84,013
Neptun	4494	164,79
Pluton	9508	248,43

10.12-jadval

## Ba'zi bir elementar zarrachalarning asosiy xarakteristikalar

Zarracha	Simvol	Zaryadi, $10^{-9} C$	Massasi, $10^{-27} kg$
$\alpha$ - Zarracha	$\frac{4}{2}\alpha$	3,2	6,6446
Neytron	$\frac{1}{0}n$	0	1,6748
Pozitron	$\frac{0}{1}e$	1,6	0,000911
Proton	$\frac{1}{1}p$	1,6	1,6724
Elektron	$\frac{0}{-1}e$	-1,6	0,000911

10.13-jadval

## Planetalarining kinematik parametrlari

Quyosh atrofida aylanish davri  $T_q$ , o'z o'qi atrofida aylanish davri  $T_{o'q}$ , orbital tezlik  $v_0$ , erkin bo'lish tezligi  $v$

Planetalar	$T_q$ , yil	$T_{o'q}$	$v_0, \frac{km}{s}$	$v, \frac{km}{s}$
Merkuriy	0,241	59 sut.	48,8	4,3
Venera	0,615	243 sut.	35,0	10,3
Yer	1,00004	23 soat 56 min 4 s	29,8	11,16
Mars	1,881	24 soat 37 min 22 s	24,2	5,0
Yupiter	11,86	9 soat 51 min	13,06	57,5
Saturn	29,46	10 soat 14 min	9,65	37
Uran	84,01	10 soat 49 min	6,78	22
Neptun	164,8	15 soat 40 min	5,42	25
Pluton	250,6	6,4 sut	4,75	10
Oy	(Yeming yo'ldoshi)	24 sut. 7soat 43min 11s	1,02	2,37

10.14-jadval

## Har xil H balandlikdagi birinchi va ikkinchi kosmik tezliklar

H, $10^3 km$	$v_1, \frac{km}{s}$	$v_2, \frac{km}{s}$	H, $10^3 km$	$v_1, \frac{km}{s}$	$v_2, \frac{km}{s}$	H, $10^3 km$	$v_1, \frac{km}{s}$	$v_2, \frac{km}{s}$
0	7,9	11,19	5	5,92	8,37	30	3,31	4,68
0,5	7,62	10,77	10	4,93	6,98	40	2,94	4,15
1	7,35	10,40	20	3,89	5,50	50	2,66	3,76
2	6,90	9,76						

10.15-jadval

Yer yo'ldoshlarining aylanish davrlari.  $H$  – o'rtacha aylanish balandligi

H, km	T, s	H, km	T, s	H, km	T, s
0	1,41	1000	1,75	5000	3,35
250	1,49	1500	1,93	10 000	5,78
500	1,58	1690	2,00	35 800*	23,935
750	1,68	2000	2,12		

Izoh. Yer sirti nuqtasining burchak tezligi yo'ldoshning burchak tezligiga teng bo'lgan \*balandlik; bu holda yo'ldosh Yer sirtining aniq bir nuqtasi ustida joylashadi.

10.16-jadval

Quyosh sistemasi planetalarining dinamik xarakteristikalari  
 Quyoshdan uzoqlik  $D$ ,  $R$  – planetalarning ekvatorial radiusi,  
 $\rho$  – planetalar moddasining zichligi,  $g$  – planetalar sirtidagi erkin tushish tezlanishi,  $M$  – planetalar massalari

Osmon jismlari	$D, 10^{10}m$	$R, 10^6m$	$\rho, 10^3 \frac{kg}{m^3}$	$g, \frac{m}{s^2}$	$M, 10^{24}kg$
Quyosh	-	696	1,41	274	$1,99 \cdot 10^6$
Merkuriy	5,79	243	5,59	3,72	0,33
Venera	10,8	6,05	5,22	8,69	4,87
Yer	14,96	6,378	5,52	9,78	5,976
Mars	22,8	3,39	3,97	3,72	0,645
Yupiter	77,8	70,85	1,30	23,01	1899,3

10.17-jadval

Dengiz sathida yer planetasining kuchlanganligi va erkin tushish tezlanishi

Kenglik	$g, \frac{m}{s^2}$	Kenglik	$g, \frac{m}{s^2}$
$0^\circ$	9,78030	$55,45^\circ$ (Moskva)	9,81523
$10^\circ$	9,78186	$59,57^\circ$	9,81908
$20^\circ$	9,78634	$60^\circ$	9,81914
$30^\circ$	9,79321	$70^\circ$	9,82606
$40^\circ$	9,80166	$80^\circ$	9,83058
$50^\circ$	9,81066	$90^\circ$	9,83216

10.18-jadval

Zichlik, elastiklik moduli va Puasson koeffitsiyenti  
 $\rho$  – zichlik,  $E$  – Yung moduli,  $C$  – siljish moduli,  
 $\nu$  – Puasson koeffitsiyenti

Materiallar	$\rho, 10^3 \frac{kg}{m^3}$	$E, 10^9 Pa$	$C, 10^9 Pa$	$\nu$
Alyuminiy	2,7	63 – 70	25 – 26	0,32 – 0,36
Beton	2,2	15 – 40	7 – 17	0,1 – 0,15
Vismut	9,8	32	12	0,33
Granit, mramor	2,8	35 – 50	14 – 44	0,1 – 0,15
Dyuralyuminiy	2,79	70	26	0,34
Invar	8,7	135	55	0,25
Kauchuk (natur.)	0,9	0,008	0,003	0,46
Kvars (tola)	2,65	73	31	0,17
Konstantan		160	61	0,33
Jez (mis+ruh)	8,6	89 – 97	34 – 36	0,32 – 0,42
Mis	8,7 – 8,9	82 – 127	45	0,35
Nikel	8,9	204	79	0,28
Pleksiglas	1,18	5,25	1,48	0,35
Rezina	1,2	$(1,5-5) \cdot 10^{-3}$	$(5-15) \cdot 10^{-4}$	0,46 – 0,49
Qo'rg'oshin	11,3	16	5,7	0,44
Kumush	10,5	82,7	30	0,37
Po'lat	7,7 – 7,9	195 – 205	80	0,25 – 0,30
Shisha	2,2 – 2,5	49 – 78	17,5 – 29	0,2 – 0,3
Titan	4,5	116	44	0,32
Cho'yan	7,8	100 – 150	44	0,23 – 0,27

10.19-jadval

Har xil haroratlarda suv va simobning zichliklari

$t, ^\circ S$	$\rho, 10^3 \frac{kg}{m^3}$	$t, ^\circ S$	$\rho, 10^3 \frac{kg}{m^3}$	$t, ^\circ S$	$\rho, 10^3 \frac{kg}{m^3}$	$t, ^\circ S$	$\rho, 10^3 \frac{kg}{m^3}$
---------------	-----------------------------	---------------	-----------------------------	---------------	-----------------------------	---------------	-----------------------------

a) Suvning zichligi

-10	0,99815	6	0,99997	50	0,98807	250	0,794
-5	0,99930	7	0,99993	60	0,98824	300	0,710
0	0,99987	8	0,99988	70	0,97781	350	0,574
1	0,99993	9	0,99981	80	0,97183	374,15 <sup>o</sup>	0,307
2	0,99997	10	0,99973	90	0,96534		
3	0,99999	20	0,99823	100	0,95838		
4	1,00000	30	0,99567	150	0,9173		
5	0,99999	40	0,99224	200	0,8690		

10.20-jadval

Simobning zichligi (normal bosimda).

0	13,5951	25	13,5335	50	13,4723	75	13,4116
5	13,5827	30	13,5212	55	13,4601	80	13,3995
10	13,5704	35	13,5090	60	13,4480	90	13,3753
15	13,5580	40	13,4967	65	13,4358	100	13,3514
20	13,5457	45	13,4845	70	13,4237	300	13,875

10.21-jadval

Normal bosim va 0° C haroratda gazlarning zichliklari

Moddalar	$\rho$ , $\frac{kg}{m^3}$	Moddalar	$\rho$ , $\frac{kg}{m^3}$
Azot	1,251	Neon	0,900
Ammiak	0,771	Ozon	2,139
Argon	1,783	Uglerod oksidi	1,25

10.22-jadval

Ishqalanish koeffitsiyentlari

Tegib turuvchi yuzalar	Tinchlikdagi ishqalanish $\mu_0$	Sirpanish ishqalanish, $\mu$		
		quruq	moylangan	suvli surkagich
Po'lat-po'lat	0,15	0,1	0,01	-
Metall-yog'och	0,5 - 0,6	0,4 - 0,5	0,03 - 0,08	0,25
Yog'och-yog'och	0,6 - 0,7	0,3	0,1	-
Teri-cho'yan	0,5 - 0,6	0,2 - 0,3	0,12	0,28
Teri-yog'och	0,4 - 0,5	0,2 - 0,3	-	-
Po'lat-muz	-	-	-	0,014
Avtomobil shinasini - asfalt	0,55	0,3	0,15	-

10.23-jadval

Tebranish ishqalanish koeffitsiyenti  $\mu_t$  (sm):

Metall ustida metall disk..... 0,001 - 0,002

Po'lat relsda po'lat bandajli g'ildirak ..... 0,005

Asfaltda avtomobil shinasini (tezlik 80 km/s)..... 0,02

Avtomobil shinasining ilanish (tishlanish) koeffitsiyenti  $\mu$ :

Quruq asfaltda..... 0,7 - 0,8

Ho'l (nam) asfaltda ..... 0,1 - 0,2

Quruq betonda..... 0,9 - 1,0

Ho'l betonda..... 0,8 - 0,9

Quruq tuproq yo'lda..... 0,4 - 0,5

Ho'l tuproq yo'lda..... 0,3 - 0,4

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Tursunmetov K.A., Turg'unboyev F.Y., Xamidjonov I.X. Umumiy fizika kursidan praktikum. "Mexanika" o'quv qo'llanma. –T.: 2019.
2. Tursunmetov K.A., Daliyev X.S. Mexanika 1-qism. –Toshkent: Universitet 2000.
3. Nazirov E.N. va boshqalar. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. O'zbekiston. –T.: 2000.
4. Tursunmetov K.A. va boshqalar. Umumiy fizika kursidan praktikum. Mexanika. Universitet. –T.: 1998.
5. Landsberg G.S. Optika. –T.: 1981.
6. Karimov R., Otajonov Sh., Eshjanov B., Bo'riboyev I. Optikadan masalalar va laboratoriya ishlari to'plami. O'quv qo'llanma, –Toshkent: 2012.
7. Otajonov Sh., Ramazonov A.X., Reyimbayeva S.R., Qoraboyeva D., Ergasheva Y. Optika fani bo'yicha laboratoriya ishlarining uslubiy qo'llanmasi. Uslubiy qo'llanma. Universitet. –Toshkent: 2019. 108 bet.
8. Polvonov S.R., Ruzimov Sh.M, Mamayusupova M.I., Ahmedov S.E. Atom va yadro fizikasidan laboratoriya ishlari. –T.: Universitet, 2019. 117 bet.
9. Polvonov S.R., Bozorov E.X., Kanakov Z. Atom yadrosi va elementar zarralar fizikasi. –Toshkent: 2020. 212 bet.
10. Стрелков С.П. Механика. Ташкент, Укитувчи, 1977 й.
11. Sivuxin D.P. Umumiy fizika kursi. 1-tom. Mexanika. –Toshkent: "O'qituvchi". 1981.
12. Kikoin A.K., Kikoin I.K. Umumiy fizika kursi. Molekulyar fizika. "O'qituvchi". –Toshkent: 1978 y.
13. Sivuxin D.P. Umumiy fizika kursi. 2-tom. Termodinamika va molekulyar fizika. –Toshkent: "O'qituvchi". 1984.
14. Axmadjonov O.U. Fizika kursi. Mexanika va molekulyar fizika. –Toshkent: "O'qituvchi". 1985.
15. Xaykin S.Y. Fizicheskiye osnovi mexaniki. M. "Nauka" 1971.

16. Tuxvatullin F.X., Jumaboyev A., Fayzullayev Sh.F., Tashkenbayev U.N., Muradov G. Optika. O'quv qo'llanma. Samarqand. SamDU, 2004.

17. Mo'minov T.M., Xoliqov A.B., Xolmurodov Sh.X. Atom yadrosi va zarralar fizikasi. –T.: 2009, 288 bet.

18. Teshaboyev Q.T. Yadro va elementar zarralar fizikasi. –T.: "O'qituvchi". 1992.

19. Мухин К.Х. Экспериментальная ядерная физика: Учебник. В 3-х тт. II Физика атомного ядра. 7-е изд., стер. – СПб.: Изд-во «Лан», 2009. – 184.

20. Yuldashev B.S., Bozorov E.X., Polvonov S.R. Amaliy yadro fizikasi. –Toshkent: 2020. 258 bet.

## MUNDARIJA

**Izoh:** barcha laboratoriya ishlari Rossiyada ishlab chiqarilgan qurilmalarda bajarildi.

Muqaddima.....	3
O'lash xatoliklari va ularni hisoblash.....	5
<b>1-laboratoriya ishi.</b> Universal (fizik va matematik) mayatnik yordamida og'irlik kuchi tezlanishini aniqlash.....	9
<b>2-laboratoriya ishi.</b> Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jism harakatini o'rganish.....	17
<b>3-laboratoriya ishi.</b> Atvud mashinasining dinamik qonunlarini o'rganish.....	21
<b>4-laboratoriya ishi.</b> Ishqalanish koeffitsiyentini aniqlash.....	31
<b>5-laboratoriya ishi.</b> Siljish moduli va Yung modulini aniqlash....	41
<b>6-laboratoriya ishi.</b> Torning tabiiy tebranishlarini o'rganish.....	50
<b>7-laboratoriya ishi.</b> Tovushning havoda tarqalishi.....	57
<b>8-laboratoriya ishi.</b> Jismlarning inersiya momentini Maksvell mayatnigi bilan aniqlash va energiyani saqlanish qonunini tekshirish.....	81
<b>9-laboratoriya ishi.</b> Oberbek mayatnigi yordamida aylanma harakat uchun dinamikaning asosiy qonunini o'rganish.....	86
<b>10-laboratoriya ishi.</b> Sharhlarning to'qnashuvi orqali tiklanish koeffitsiyentini aniqlash.....	91
Foydalanilgan adabiyotlar .....	108

F.B. TO'RAXONOV, SH.S. ZAMONOVA, SH.T. TURSUNOV

# MEXANIKA FANIDAN PRAKTIKUM

Uslubiy ko'rsatma

Toshkent – «Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi» – 2025

Muharrir:	S.Alimboyeva
Texnik muharrir:	M.Tursunov
Musavvir:	Sh.Zoxidova
Musahhih:	S.Muratova
Kompyuterda sahifalovchi:	M.Zoyirova

E-mail: [innovatsiya.nashriyot@mail.ru](mailto:innovatsiya.nashriyot@mail.ru) Tel.: +99897705-90-35  
Nashr lits. № 3226-275f-3128-7d30-5c28-4094-7907, 10.08.2020.

Bosishga ruxsat etildi 12.02.2025.

Bichimi 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» garniturasida.

Ofset bosma usulida bosildi.

Shartli bosma tabog'i: 7,5. Nashriyot bosma tabog'i 7,0.

Tiraji: 30. Buyurtma № 28.

**«Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi»  
bosmaxonasida chop etildi.  
100174, Toshkent sh., Olmazor tumani,  
Ziyo MFY, Talabalar ko'chasi, 96-1-uy.**



ISBN 978-9910-01-490-1



9 789910 014901



**INNOVATSIYA  
NASHRIYOTI**