

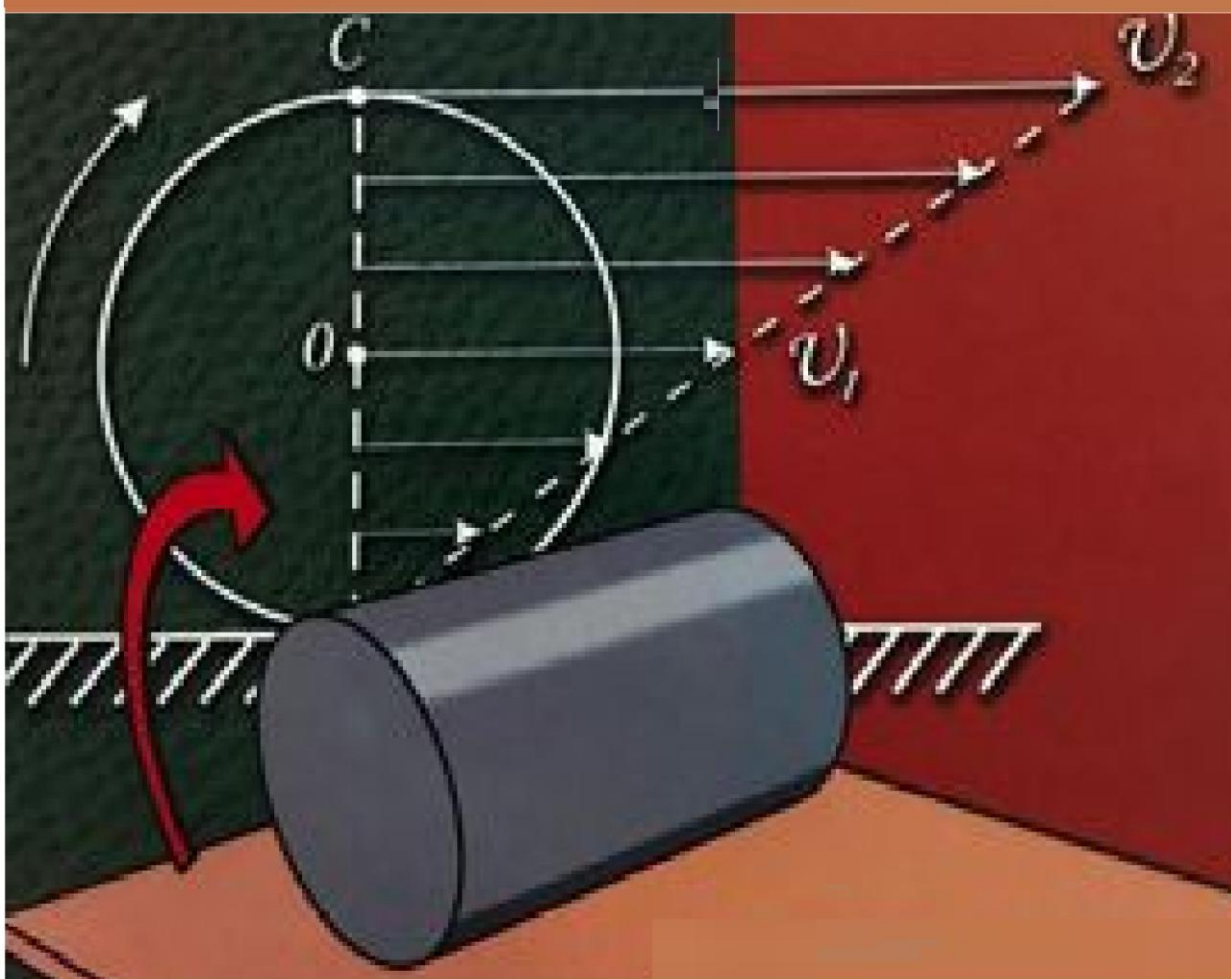


**M.Z. Sharipov, M.A. Vahobova**  
**L.I. Jo'rayeva, M.I. Axrorova**



# FIZIKA

**MEXANIKA VA MOLEKULYAR FIZIKA**



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS  
TA'LIM VAZIRLIGI**

**BUXORO MUHANDISLIK - TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

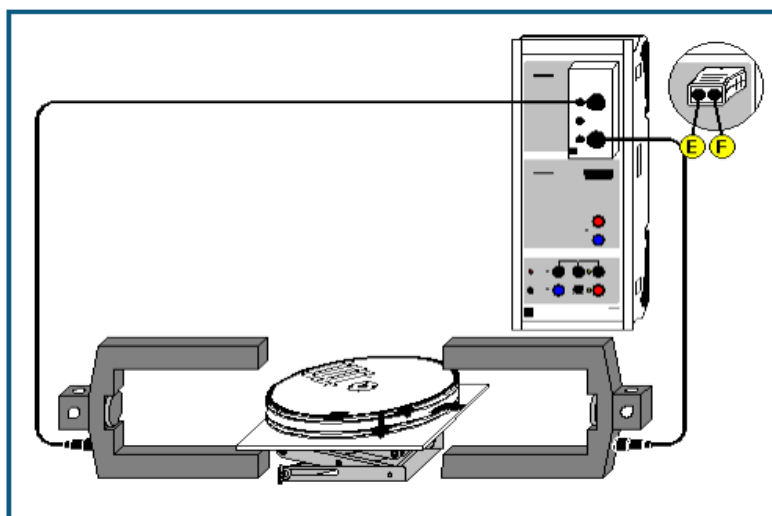
**M.Z. Sharipov, M.A. Vahobova, L.I. Jo'rayeva, M.I. Axrorova**

# **FIZIKA**

*(mexanika va molekulyar fizika)*

## **TAJRIBA ISHLARI TO'PLAMI**

**Muhandis- texnika ixtisosliklari bo'yicha ta'lim oluvchi  
talabalar uchun o'quv qo'llanma**



**BUXORO – 2020**

## **TAQRIZCHILAR:**

**t.f.n. Q.S. Saidov** - BuxDU “Fizika” kafedrası dotsenti

**k.f.n. Z.R. Ashurov** - BuxMTI “Fizika” kafedrası dotsenti

Ushbu o’quv qo’llanma fizika fanining Mexanika va molekulyar bo’limlariga doir tajriba ishlarini o’z ichiga oladi. O’quv qo’llammaga kirgan tajriba ishlari Buxoro muhandislik texnologiya instituti “Fizika” kafedrası pedagog xodimlari tomonidan yangi o’quv tajriba ishlari asosida tayyorlandi.

## MUNDARIJA

|                                                   |   |
|---------------------------------------------------|---|
| S O' Z B O S H I .....                            | 3 |
| 1. TAJRIBA VA ULARNI TASHKIL QILISH USULLARI..... | 5 |
| 2. O'LCHASH XATOLIQLARI HAQIDA TUSHUNCHA .....    | 6 |

## I BOB. MEXANIKA

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1. GRAVITATSIYA DOIMIYSINI KAVENDISHNING TORSION TAROZILARI<br>BILAN ANIQLASH .....                                                                                      | 17 |
| 1.2. ELASTIK VA NOELASTIK TO'QNASHUVDA ENERGIYA, IMPULSNING -IKKI<br>SHOXSIMON YORUG'LIK DATCHIGI BILAN O'LCHASH .....                                                     | 28 |
| 1.3. ERKIN TUSHISH .....                                                                                                                                                   | 32 |
| 1.4. PARABOLAIK SHAKLLI TRAYEKTORIYANING TEZLIKKA VA OTILISH<br>BURCHAGIGA_BOG'LIQLIGINI NUQTAVIY QAYD QILISH .....                                                        | 35 |
| 1.5. MURAKKAB HARAKAT: QIYA HARAKAT VA ERKIN TUSHISHNI<br>SOLISHTIRISH.....                                                                                                | 40 |
| 1.6. AYLANMA ELASTIK VA NOELASTIK TO'QNASHUVDA BURCHAK<br>MOMENTINING SAQLANISHI. ....                                                                                     | 44 |
| 1.7. AYLANAYOTGAN JISMGA TA'SIR QILUVCHI MARKAZDAN QOCHMA<br>KUCH - MARKAZDAN QOCHMA KUCHNI O'LCHASH QURILMASI VA<br>KOMPYUTER DASTURI YORDAMIDA KUZATISH VA O'LCHASH..... | 49 |
| 1.8. GIROSKOP PRESSESIYASINI O'RGANISH .....                                                                                                                               | 53 |
| 1.9. GIROSKOPNING HARAKATINI O'RGANISH.....                                                                                                                                | 57 |
| 1.10. MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA ERKIN TUSHISH TEZLANISHNI<br>ANIQLASH.....                                                                                              | 62 |
| 1.11. TEBRANMA HARAKAT QONUNLARINI O'RGANISH. MATEMATIK<br>MAYATNIK YORDAMIDA OG'IRLIK KUCHI TEZLANISHNI ANIQLASH.....                                                     | 66 |
| 1.12. HAVODAGI TOVUSH TEZLIGINING HARORATGA BOG'LIQLIGINI<br>O'RGANISH.....                                                                                                | 70 |

## II BOB. MOLEKULYAR FIZIKA

|                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.1. QATTIQ JISMLARNI CHIZIQLI KENGAYISHNING TEMPERATURAGA<br>BOG'LIQLIGINI VA CHIZIQLI KENGAYISH KOEFFISIYENTINI ANIQLASH<br>..... | 74  |
| 2.2. SUYUQLIKLARNING HAJMIY KENGAYISH KOEFFISIYENTINI ANIQLASH.<br>.....                                                            | 76  |
| 2.3. QUYOSH KOLLEKTORINING EFFEKTIVLIGINI QIZDIRILAYOTGAN SUV<br>HAJMINING FUNKSIYASI SIFATIDA ANIQLASH.....                        | 80  |
| 2.4. KRITIK NUQTADA SUYUQLIK-GAZ FAZAVIY O'TISHNI KUZATISH .....                                                                    | 84  |
| 2.5. STOKS USULI BILAN SUYUQLIKLARNING ICHKI ISHQALANISH<br>KOEFFISIYENTINI ANIQLASH.....                                           | 91  |
| TAJRIBA MASHG'ULOTLARINI BAJARISHDA C <sup>++</sup> KOMPYUTER DASTURIDAN<br>FOYDALANISH.....                                        | 93  |
| FIZIK KATTALIKLAR JADVALI .....                                                                                                     | 96  |
| FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....                                                                                                      | 101 |

## S O' Z B O S H I

Fizika kursi bo'yicha mavjud amaliy darsliklardan farqli holda, ushbu o'quv qo'llanma zamonaviy tajriba jihozlari bilan ta'minlangan ishlarning mazmun mohiyati aks ettirilgan va institutimizning barcha yo'nalishlarida ta'lim olayotgan talabalarning bajarishi uchun mo'ljallangan maxsus tajriba ishlari ham keltirilgan. Bu ishlarni bajaruvchi bo'lajak muhandis-texnologlar, turli texnologik jarayonlarni xarakterlovchi fizik kattaliklar orasidagi bog'lanishlarni ham sifat, ham miqdor jihatdan aniqlash imkoniyatiga ega bo'ladilar.

Hisoblash ishlari ko'p vaqt talab etiladigan tajriba ishlarini bajarishda kompyuter texnologiyalaridan foydalanib  $C^{++}$  dasturi tuzilgan.

Bizning fikrimizcha bundan quyidagi uch asosiy maqsadga erishish mumkin:

- zerikarli matematek hisoblashlardan talabani ozod etish,
- uning vaqtini tejash,
- topilayotgan fizik kattalikni yuqori aniqlikda hisoblab, yo'l qo'yiladigan xatoliklarni kamaytirish, talabalarni kompyuter bo'yicha olgan nazariy bilimlarini qo'llash borasida ularda amaliy ko'nikmalar hosil qilishdan iboratdir.

Ishlab chiqarish usullari va texnologiyasi, foydalanilayotgan asbob-uskunalar muntazam ravishda takomillashib va yangilanib bormoqda. Eng muhimi, muhandis-texnik va boshqa mutaxassislarga qo'yiladigan talablar sifat jihatdan o'zgarmoqda. Mutlaqo shubhasiz, hozirgi zamonda oily o'quv yurtlarining ta'lim jarayonida yetarlicha keng va chuqur fundamental tayyorgarlik, shuningdek, mustaqil tadqiqot ishlari malakasini olgan bitiruvchilarigina tez yo'l topa bilishlari va muvaffaqiyatli ishlay olishlari mumkin. Bulardan kelib chiqqan holda oliy texnika o'quv yurtlarida fizika kursining roli va vazifalarini quydagi shaklda ifodalash mumkin:

a) Fizikani o'rganish bitiruvchilarning fundamental tayyorgarligini shakllantirishda va ularda ilmiy dunyoqarashni hosil qilish muhim rol uynaydi.

b) Fizika ko'pchilik umum muhandislik va ixtisoslashtiruvchi fanlar uchun tayanch fandır.

c) Hozirgi zamon ishlab chiqarishi ixtiyoriy tarmog'ining rivojlanish yo'li fizika bilan nihoyatda chambarchas qo'shib ketadi. Shuning uchun har qanday ixtisos muhandisi o'zining ishlab chiqarish faoliyatida ilmiy- texnikaviy inqilob yutuqlarini faol va ish ko'zini bilgan holda tadbiq eta olish darajasida fizikani egallash lozim.

Laboratoriya qurilmalari O'zbekiston Respublikasi Prezidenti qaroriga asosan Germaniyaning "LD Didactic GmbH" ishlab chiqarish korxonasida ishlab chiqilgan va O'zbekiston Oliy ta'lim muassalariga yetkazilgan. Ushbu tajriba ishlarining 54 nomdagisi Bux MTI "Fizika" kafedrasining o'quv jarayonlarida tadbiq etilmoqda va fizika faning barcha bo'limlarini o'ziga qamragan holda o'quv jarayoniga qo'llanilmoqda.



**LD Physics Leaflets. LD Didactic GmbH. Leyboldstrasse**

## 1. TAJRIBA VA ULARNI TASHKIL QILISH USULLARI

Tajriba mashg'ulotlari nazariya va amaliyotni bog'lovchi, ularning birligini ta'minlovchi asosiy omil bo'lib, talabalarning bilimlarini mustahkamlash bilan bir qatorda o'lchov asboblari bilan ishlash va tajriba o'tkaza bilish ko'nikmalarini shakllantirishda va rivojlantirishda katta ahamiyat kasb etadi. Oliy o'quv yurtlarida o'tkaziladigan tajriba mashg'ulotlarini uch usulda tashkil qilish mumkin: umumiy, aralash va siklli.

**Umumiy usul.** Har bir talaba ma'ruzada o'tilgan mavzuga taalluqli muayyan bir ishni bajarish imkoniyatiga ega bo'ladi. Ushbu usul darsni tashkil qilish va o'tkazishni, dars davomida talabalarning faoliyatini boshqarib borishni yengillashtiradi. Umumiy usul tajribada bir xil qurilmalardan bir nechta bo'lganda tajriba xonalarining kengaytirilishi va barcha talabalarning bir xil mazmunli va bir tarkibdagi vazifalarni bajara olishiga sharoit tug'dirilishini talab qiladi. Bundan tashqari tajriba ishlarining bir xilligi, qiyin o'zlashtiradigan talabalarning fikrlash qobiliyatini chegaralaydi.

**Aralash usul.** Har bir talaba ma'ruzada o'tilgan yoki o'tilmaganidan qat'iy nazar alohida-alohida tajriba ishlarini bajaradi. Bu ishlarining mazmuni ham, bajarish usuli ham turlicha. Tajriba va ma'ruzada mavzularining bir-biri bilan mos kelmasligi talabalarning tegishli adabiyot bilan mustaqil ishlashga o'rgatadi, fikrlash jarayonlarini aktivlashtiradi.

**Siklli usul.** Bu usulda esa amaliyotga kiritilgan laboratoriya ishlari, umumiy fizika kursining ma'lum bilimlari asosida yoki biron-bir fizik kattalikning turli o'lchash usullarini umumlashtirish yo'li bilan birlashtirilib tashkil qilinadi. Tajriba ishlarining yoki ma'ruza mashg'ulotining matnini moslashtirish tajriba ishlarini birlashtirishda unumli variantlarni qo'llash imkonini beradi. Yuqorida bayon etilgan usullarni tahlil qilish texnika oliy o'quv yurtlarida fizikadan o'tkazilgan tajriba mashg'ulotlarini siklli usulda olib borish maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi.

## 2. O'LCHASH XATOLIKLARI HAQIDA TUSHUNCHA

Biz qo'llayotgan o'lchov asboblari va sezgi organlarimizning uncha yaxshi takomillashmagani tufayli har qanday o'lchash natijalari ma'lum bir darajadagina aniqlikka ega bo'ladi. Shuning uchun ham, o'lchash natijalari bizga o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatini emas, taqribiy qiymatigina beradi. O'lchashni o'lchov birligining qanday eng kichik ulushigacha ishonchli bajarish mumkin bo'lsa, ana shu o'lchash natijasining aniqlik darajasi bo'ladi. O'lchash aniqligining darajasi bu o'lchashda ishlatilayotgan asboblarga, o'lchashning umumiy usullariga bog'liq bo'ladi: biron muayyan sharoitda erishilishi mumkin bo'lgan aniqlikdan ham aniqroq natijalar olish uchun urinish vaqtni bekorga sarflash demakdir. Odatda, o'lchanayotgan kattalikning 0,1 prosentigacha aniqlik bilan kifoyalansa bo'ladi. Eng oxirgi natijaning aniqligini oshirish uchun har qanday fizik o'lchashni bir martagina emas, balki tajriba o'tkazayotgan sharoitni o'zgartirmay turib, bir necha marta takrorlash lozim. Haqiqatdan ham biz o'lchashda va sanoqda hamma vaqt ozmi, ko'pmi xatolik qilamiz. Bu xatoliklar ikki sababga ko'ra yuz berishi mumkinligidan, ular ikki guruhga: hamma vaqt bo'ladigan (sistemali) va tasodifiy xatoliklarga bo'linadi.

Sistemali xatoliklar o'lchov asboblari buzuvchiligi, o'lchash usulining noto'g'riligini yoki kuzatuvchining biror xatolik qilib qo'yishi natijasida yuz beradi. Ma'lumki, o'lchashni bir necha marta takrorlash, baribir bu xatoliklar ta'sirini kamaytirmaydi. Bu xatoliklarni yo'qotish uchun, o'lchash usuliga tanqidiy ko'z bilan qaray bilish, asboblarga aniq qarab turish va ish bajarishni amalda yaratilgan qoidalarga qattiq rioya qilish kerak.

Tasodifiy xatoliklar esa tajriba o'tkazuvchi har qanday kishining sanoq vaqtida mutlaqo ixtiyorsiz qilib qo'yishi mumkin bo'lgan xatoliki natijasida vujudga keladi. Bu xatoliklarga sezgi organlarimizning uncha yaxshi takomillashmaganligini va o'lchash vaqtida yuz beradigan (oldindan e'tiborga olinishi mumkin bo'lmagan) boshqa ko'pgina hollar sabab bo'ladi. Tasodifiy xatoliklar ehtimollar nazariyasining qonunlariga bo'ysinadi, Demak, biror kattalikni bir marta o'lchanganda olingan natija shu kattalikni haqiqiy qiymatidan katta bo'lib qolsa, u holda bu kattalikni keyingi o'lchashlardan birining natijasi, ehtimol haqiqiy qiymatda kichik bo'lib chiqishi mumkin. Bunday holda ayni bir kattalikni bir necha marta o'lchash natijasida tasodifiy xatoliklarning kamayishi mutlaqo ravshan, chunki haqiqiy qiymatdan bir tomonga chetlanishlardan ko'proq bo'lishining ehtimoli ortiq emas. Shuning uchun ham, juda ko'p o'lchash natijalarining o'rtacha arifmetik qiymati, o'lchash natijalarining har qaysisidan

ko'ra, o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinroq bo'ladi. Faraz qilaylik, ayrim kattaliklarni o'lchash talab etilsin:

Ayrim o'lchashlarning natijalari  $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$  bo'lsin,  $n$  - alohida o'lchashlar soni. U holda bu natijalarning o'rtacha arifmetik qiymati:

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n N_n \quad (1)$$

Bu miqdor o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga eng yaqin bo'ladi. Har biri alohida o'lchashlarning bu o'rtacha qiymatidan farqi, ya'ni:

$$|\bar{N} - N_1| = \Delta N_1$$

$$|\bar{N} - N_2| = \Delta N_2$$

$$|\bar{N} - N_3| = \Delta N_3$$

.....

$$|\bar{N} - N_n| = \Delta N_n$$

alohida o'lchashlarning absolyut xatolik deyiladi. Bu xatoliklarning ishorasi har xil bo'ladi. Ular musbat, hamda manfiy bo'lishlari mumkin. O'rtacha absolyut xatolikni hisoblash uchun, ayrim xatoliklar son qiymatlarining o'rtacha arifmetik qiymati olinadi.

$$\Delta \bar{N} = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \Delta N_3 + \dots + \Delta N_n}{n}$$

$\frac{\Delta N_1}{N_1}, \frac{\Delta N_2}{N_2} \dots$  nisbatlarga ayrim o'lchashlarning nisbiy xatoliklari deyiladi.

O'rtacha absolyut xatolik ( $\Delta \bar{N}$ ) ning o'lchanayotgan kattalikni o'rtacha arifmetik qiymati ( $\bar{N}$ ) ga nisbati o'lchashning o'rtacha nisbiy xatolik ( $E$ ) deyiladi.

$$E = \frac{\Delta \bar{N}}{\bar{N}}$$

Nisbiy xatoliklar foizlarda ifodalanadi:

$$E = \frac{\Delta \bar{N}}{\bar{N}} * 100\%$$

O'lchash kattaliklarni haqiqiy qiymati:

$$N_x = \bar{N} \pm \Delta \bar{N}$$

Bundan  $N_x$  - ikki qiymat  $\bar{N} + \Delta \bar{N}$  va  $\bar{N} - \Delta \bar{N}$  ga ega deb tushunish yaramaydi.  $N_x$  faqat bir qiymatga egadir (-) va (+) ishoralar o'lchanadigan kattalikning haqiqiy qiymati:

$$\bar{N} + \Delta \bar{N} \text{ va } \bar{N} - \Delta \bar{N}$$

intervalida ekanligini ko'rsatadi, ya'ni

$$\bar{N} + \Delta\bar{N} \leq N_x \leq \bar{N} - \Delta\bar{N}$$

Ehtimollik nazariyasi absolyut xatolik  $N$  topishlikni yanada aniqroq formulasini berib, natijaning  $\Delta N_m$ -ehtimolligi katta deb ataluvchi xatollik tushunchasini beradi.

$$\Delta N_m = \pm 0,6743 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta N_i)^2}{n-1}}$$

Bu holda o'lchanayotgan kattalikning natijalovchi qiymati:

$$N_x = \bar{N} \pm \Delta\bar{N}_m$$

Agar asbobning aniqligi shunday bo'lsaki, har qanday o'lchash sonida ham, asbob bir xil qiymatni ko'rsatsa, u holda xatolikni hisoblashning yuqorida keltirilgan usuli qo'llanilmaydi. Bu holda o'lchash bir marta o'tkazilib, uning natijasi quyidagicha yoziladi:

$$N_x = \bar{N}' \pm \Delta\bar{N}_{mex}$$

bunda  $N_x$  - izlanayotgan o'lchash natijasi,  $\bar{N}'$  - ikki o'lchashning o'rtacha arifmetik qiymati,  $\Delta N_{mix}$  - asbob shkalasi bo'limlarini o'rniga teng bo'lgan chegaraviy xatolik. To'g'ridan-to'g'ri o'lchash xatoliklarini quyidagi jadval ko'rinishida rasmiylashtiriladi.

| O'lchashlar soni | $N_i$ | $\Delta N_i$ | $\frac{\Delta N}{N} \cdot 100\%$ | $N_x = \bar{N}' \pm \Delta N_{mex}$ |
|------------------|-------|--------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1.               | $N_1$ | $\Delta N_1$ |                                  |                                     |
| 2.               | $N_2$ | $\Delta N_2$ |                                  |                                     |
| 3....            | $N_3$ | $\Delta N_3$ |                                  |                                     |
| N                | $N_n$ | $\Delta N_n$ |                                  |                                     |

## I BOB. MEXANIKA.

### 1.1. GRAVITATSIYA DOIMIYSINI KAVENDISHNING TORSION TAROZILARI BILAN ANIQLASH

#### Tajriba maqsadi:

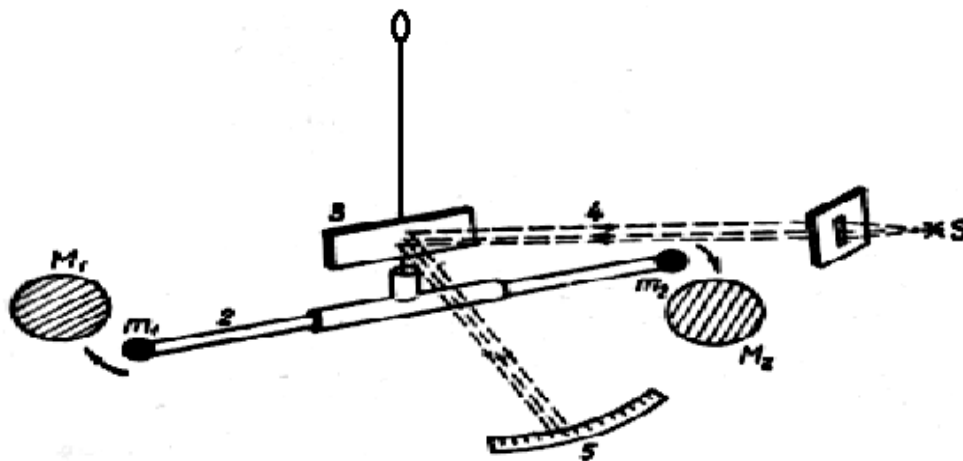
- Aylanma mayatnikning muvozanat vaziyati atrofida tebranishlari so'nishining vatqa bog'liqligini qayd qilish.
- Gravitatsiya doimiysi  $G$  ni eng chekka og'ishni aniqlash usulida topish.
- Gravitatsiya doimiysi  $G$  ni tezlanish usulida aniqlash.

**Kerakli jihozlar:** gravitatsion torsion balansir, IQ holat detektori (IRPD), optik rels, optik surgich, taglik sterjeni, kompyuter.

#### NAZARIY TUSHUNCHA

Torsion balansir talab bo'yicha sozlangan bo'lsagina o'lchash natijalari qoniqarli bo'lishi mumkin. Bundan tashqari jismlar orasidagi ta'sirlashuv mayatnikning tashqaridan tebranishlari bilan buzilmasligi kerak. Torsion mayatnik korpusiga beriladiki tashqi mexanik ta'sirlarga juda sezgirdir. Torsion balansir korpusidagi harorat farqi tufayli yuzaga keladigan konveksiylar ham torsion mayatnik tebranishiga olib kelishi mumkin.

Butun olam tortishish qonuni formulasiga asosan gravitasion doimiylikni  $\gamma$  o'lchamligi 
$$[\gamma] = \frac{[F] \cdot [l]^2}{[m]^2} = L^3 M^{-1} T^{-2} \text{ bo'ladi.}$$

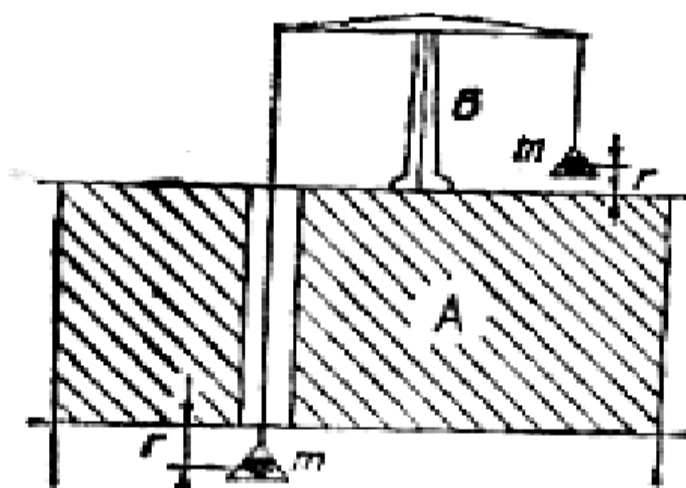


1- rasm.

Agar,  $m_1=1$ ,  $m_2=1$  va  $r=1$  desak, unda  $\gamma=F$  bo'ladi, ya'ni gravitasion doimiylik bir birlik massali jismlarning birlik masofada turib o'zaro tortishish kuchiga son jihatdan teng ekan.

1798 yilda Kevendesh gravitasion doimiylikning son qiymatini birinchi bo'lib tajribada o'lchadi. Kevendish gravitasion doimiylikni o'lchashda buralma tarozidan foydalangan, uning eksperimental qurilmasi 1-rasmda ko'rsatilgan. Bu

qurilmaning tuzilaishi va ishlatilishi qo'yidagicha. Ingichka kvars (1) ipga, yengil (2) sterjen va kichkina (3) ko'zgu mahkam o'rnatilgan. Yorug'lik nuri (4) yorug'lik manбайдan chiqib ko'zguga tushib, undan qaytib (5 shkala) ga kelib tushadi. Sterjen buralishi tufayli qaytgan nur shkala bo'yicha siljiydi, ya'ni nurning shkala bo'yicha siljish masofasi ipning buralishini belgilaydi. Sterjenning chetlariga qo'rgoshindan yasalgan massalari  $m_1=m_2=730g$  bo'lgan kichik sharlar mahkamlangan. Bu sharlarga semmetrik ravishda har biri 158 kg massali  $M_1, M_2$  katta sharlar yaqinlashtiriladi. Jismlar o'rtasida o'zaro tortishish mavjudligi sababli kvars ip ma'lum burchakka buraladi. Jismlar o'rtasidagi gravitasion kuchlar deformasiyalangan ipning elastiklik kuchiga teng bo'lgunga qadar buraladi, so'ng buralishdan to'xtaydi. Ipning buralishi bo'yicha tortishish kuchini aniqlab, ular markazlari orasidagi masofani o'lchab, gravitasion doimiylik qiymati hisoblangan. Kevendish tajribalari butun olam tortishish qonuni to'g'riligini isbotladi. 1898 yilda Rixard o'zining tajriba qurilmasida gravitasion doimiylikni o'lchashda aniqligini orttiradi. Uning tajribasi qo'yidagicha amalga oshirilgan.



2-rasm.

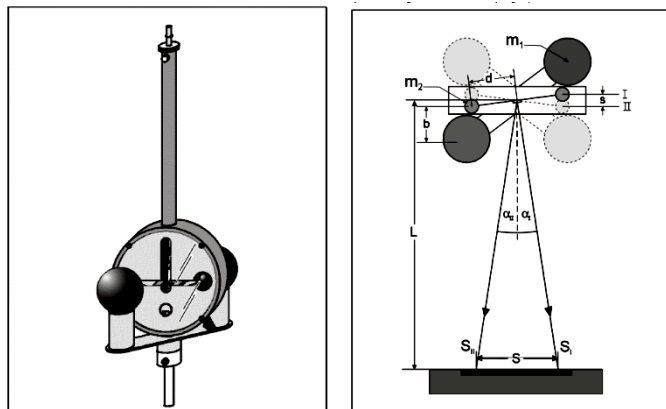
Massiv yassi A parallel qorg'oshin plitaga B richagli tarozi o'rnatilgan. Tarozing ikkala pallasiga bir xil ikkita  $m$  massali sharlar joylashtirilgan. Tarozing bitta pallasi plitaning ustida, ikkinchisi uning tagida joylashtirilgan. Pallacha bilan sharlar plitadan  $r$  masofada joylashtirilsa, chap tomondagi sharga vertical yuqoriga yo'nalgan kuch ta'sir qiladi, o'ng tomondagi sharga ham shu kuchga teng lekin vertical pastga yo'nalgan kuch ta'sir qiladi. Shuning uchun tarozining muvozanati buziladi. Tarozi strelkasining muvozanat holatidan chetlashishiga qarab massiv plita tomonidan sharlarga ta'sir qiluvchi o'lchash mumkin.

Tajribalar natijasiga asosan gravitasion doimiysi uchun quyidagi natij olingan.

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2} = 6,67 \cdot 10^{-8} \frac{sm^3}{g \cdot s^2}$$

Torsion balansir – Kevendish tarozisi asosini uchlariga osilish nuqtasidan  $d$  masofada  $m_2$  massali sharchalar o'rnatilgan, ingichka elastik torga osilgan yengil

ko'ndalang tayoqcha tashkil qiladi. Bu ikki sharchalar  $m_1$  massali ikkita katta sharlar ta'sirlashadilar. Ta'sirlashuv kuchi  $10^{-9}$  N tartibida bo'lishiga qaramasdan bu kuchni o'ta sezgir gravitatsion torsion balansir bilan kuzatish mumkin. Kichik sharlar harakati infraqizil harakat detektori bilan payqaladi va o'lchanadi (1-rasmga qarang).



3-rasm.

**Kavendishning gravitatsion torsion balansir (chapda) va tajriba qurilmasining tuzilish chizmasi (o'ngda).**

Infraqizil harakat detektorida to'rtta infraqizil diod mavjud bo'lib, ular torsion mayatnikning ko'ndalang to'siniga o'rnatilgan botiq oynani yoritadilar. Oynadan qaytgan nur qator fototranzistorlarga tushadi va  $m_2$  massali sharcha tebranishini qayd qiladi.  $m_1$  massali jism harakati haqidagi va qurilma geometriyasi haqidagi ma'lumotlar asosida maksimal o'gish usuli yoki oddiyoq bo'lgan tezlanish usulidan foydalanib gravitatsiya doimiysini aniqlash mumkin.

#### **a) Maksimal og'ish usuli**

Maksimal og'ish usuli  $m_1$  va  $m_2$  massali ikki sferik sharcha orasidagi gravitatsion tortishish kuchini berilgan masofada aniqlashga asoslangan(1-rasm).

$$F = G \frac{m_1 m_2}{b^2} \quad (1)$$

Shunday qilib  $m_1$  massali ikkita katta sharlar I vaziyatda bo'lganlarida (1-rasmga qarang) torsion mayatnikka ta'sir qiluvchi kuch miqdori momenti  $M_1$  quyidagiga teng

$$M_1 = 2Fd = 2G \frac{m_1 m_2}{b^2} d \quad (2)$$

Tortishish hosil qilgan kuch momenti sterjenning aylanish momenti bilan kompensatsiya qilinadi va shunday qilib  $s_1$  vaziyatda muvozanat hosil bo'ladi.

II vaziytdagi katta qo'rg'oshin sharchalarni siljitib kuch simmetrik inverterlanadi(kompensatsiyalanadi). Endi jismlarga ta'sir qiluvchi kuch momentlari uchun  $M_{II} = -M_I$  tenglik o'rinli. Mayatnik tebranishlari sII muvozanat

vaziyati atrofida so'nadi. Bu ikki kuch momentlari farqi mos ravishda  $\alpha_I$  va  $\alpha_{II}$  burchaklar farqiga bog'liqdir.

$$D \cdot (\alpha_I - \alpha_{II}) = M_I - M_{II} = 2M_I \quad (3)$$

D burchak yo'naltirilganligi qiymati torsion mayatnik T tebranish davri va J inersiya momenti bilan aniqlanadi:

$$D = \frac{4\pi^2}{T^2} J \quad (4)$$

Bu yerdagi J inertsia momenti ikki kichik sharlar inertsia momentlari yig'indisiga teng:

$$J = 2m_2 d^2 \quad (5)$$

Unda (4) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi

$$D = \frac{8\pi^2}{T^2} m_2 d^2 \quad (6)$$

(1), (3) va (4) tenglamalardan quyidagiga ega bo'lamiz

$$G = \frac{2\pi^2}{T^2} \cdot \frac{b^2 d}{m_1} (\alpha_I - \alpha_{II}) \quad (7)$$

Geometrik munosabatdan (vaziyatlari bo'yicha)

$$\tan 2\alpha = \frac{S_1}{L}$$

kichik burchaklar uchun quyidagi kelib chiqadi:

$$\alpha = \frac{S_1}{2L} \quad (8)$$

Bu (8) va (7) teglamadan quyidagiga ega bo'lamiz

$$G = \frac{2\pi^2}{T^2} \cdot \frac{b^2 d}{m_1} \frac{(S_I - S_{II})}{L} \quad (9)$$

### **b) Tezlanish usuli**

Katta qo'rgoshin sharchalar I vaziyatdan II vaziyatga o'tgach, quyidagi harakat tenglamsiga asosan kichik sharlar  $a_0$  tezlanishga ega bo'ladilar:

$$m_1 a_0 = 2G \frac{m_1 m_2}{b^2} \quad (10)$$

Bundan gravitatsiya doimiysi kelib chiqadi:

$$G = \frac{a_0 b^2}{2m_1} \quad (11)$$

$m_2$  massali jismga berilgan tezlanish  $a_0$ ,  $a'_0$  tezlanish va geometrik masofalar d va L orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$a_0 = a'_0 \frac{d}{2L} \quad (12)$$

Bosib o'tilgan yo'l tenglamasi quyidagicha bo'lgani uchun

$$s(t) = \frac{1}{2} a_0 t^2 \quad (13)$$

$a'_0$  harakatning birinchi fazasi umumiy tenglamasi

$$s(t) = At^2 + Bt + C \quad (14)$$

dan keltirib chiqirilishi mumkin.

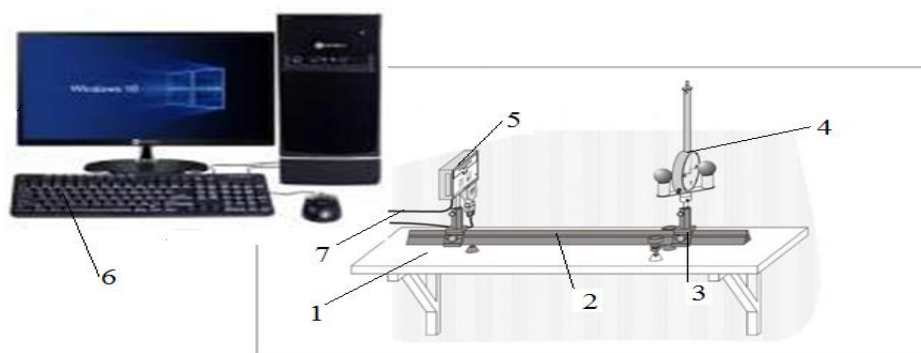
(13) tenglamani (14) tenglama bilan solishtirib quyidagini olamiz:

$$a'_0 = 2A$$

(12) tenglama bilan gravitatsiya doimiysi ham aniqlanadi

$$G = \frac{a'_0 db^2}{4m_1 L}$$

## QURULMANING TAVSIFI



**4-rasm. Tajriba qurilmasi: Tebranishni IQ harakat detektori elektron tarzda qayd qiluvchi gravitatsion torsion balansir qurilmasining stoldagi yig'masi.**

Stol (1), optik rels (2), taglik sterjen (3), gravitatsion torsion balansir (4), IQ holat detektori (5), kompyuter (6), ulovchi kabellar (7).

## O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1. Tajriba uchun ishchi stolini 4-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing.
2. Gravitatsion torsion balansir mahkamlangan optik relsni o'rnatish.
3. Gravitatsion torsion balansirni shunday holatga keltiringki (katta sharlar qo'yilmagan holda) katta sharlar o'qi uchun yetarlicha joy bo'lsin.
4. Torsion mayatnikning tutib turish mexanizmini bo'shating va shunday sozlangki mayatnik osmalari uchlaridagi ignalari teshik o'rtasida bo'lib, mayatnik erkin aylana olsun.
5. IQ harakat detektorini optik relsga o'rnatilgan taglik sterjeniga orqa paneli bilan qistiring(mahkamlang).

6. IQ harakat detektorni optik relsga shunday o'rnatibki, gravitatsion balansir oynasi va IQ detektor orasidagi masofa 70 sm bo'lsin.

7. 12 V o'zgaruvchan tok ta'minlash manbaini IQ harakat detektoriga ulang va IQ yorug'lik diodlarini gravitatsion torsion balansir bilan bir sathga qo'ying.

8. Ikkita qizil yorug'lik diodlari shunday yorqin yonadiki ularning akslangan tasviri qurilma tekisligida ko'rinsin yoki uning yoniqa qo'yilgan oq qog'ozda akslansin.

9. Agar tasvir oynaning chap yoki o'ng tomonida paydo bo'lsa gravitatsion torsion mayatnikni tebranishini shunday kamaytiringki LED diodlar nuri akslanishi old panelda ko'rinsin.

10. Agar tasvir oynadan pastda yoki yuqorida bo'lsa IQ detektorni pastga yoki yuqoriga harakatlantirib nurni markazga olib keling.

11. Amin bo'lingki, fototranzistorlar qatori oynadan qaytgan nurlar bilan to'la qoplangan bo'lib barcha tranzistorlar o'lchashda qatnashsin.

12. Balandlik sathini yashil va qizil yorug'lik diodlari nuri bilan to'g'irlab oling. Fototranzistorlar yorug'lik nurlari kuchiga qarab ochiladi yoki yopiladi (kalit sifatida ishlaydi).

13. Qizil LED miltillasa: yoritilganlik/sozlanganlik yetarlicha

Yashil LED miltillasa yoritilganlik/sozlanganlik yaxshi

### **1-topshiriq. Maksimal og'ish usuli.**

1. Sistema to'la muvozanat holatiga kelgunicha kuting (dastlabki tayyorgarlik ko'rsatmasiga qarang).

2. Axborot yig'ishni  tugmasini yoki F9 klavishi bosib boshlang.

3. Qo'rg'oshin sharli kronshteynni I holatdan II holatga tez (ammo ehtiyotkorlik bilan) o'tkazing.

18. Qo'rg'oshinli sharlarni II holatdan I holatga olib keling va I holat atrofidagi tebranishlarni o'lchashni takrorlang.

4. Axborot yig'ishni  tugmasi yoki F9 klavishi bilan to'xtating.

5. Ikkita qo'rg'oshin sharlarning tugal stabil muvozanatda bo'luvchi I va II holatlarini quyidagicha aniqlash mumkin.

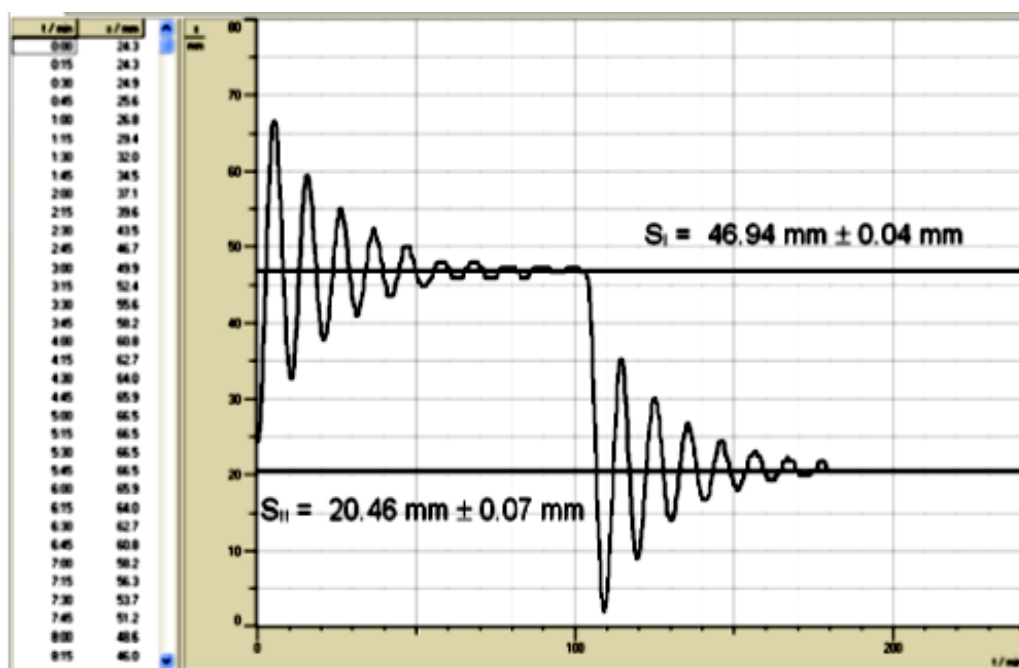
6. O'rtacha qiymatini aniqlang, masalan "Draw the Mean" amalini tanlab I holat uchun.

7. Qayd qilinadigan tebranish chegarasini sichqoncha ko'rsatkichi bilan tanlang (tanlangan ma'lumotlar ko'k tusga o'tadi

8. "Set marker" menyusidan (yoki Alt+T) "Text" amalini tanlab ekranda hisoblash natijasini chiqaring. Muqobil ravishda qayd qilingan natijalar ishchi oynaning chap

tomonida alohida oynada ko'rish ham mumkin. Chap quyi qaorda kursor turgan nuqtadagi qiymat ko'rsatiladi(5-rasm).

9. Tahlil qilishni II holat uchun ham takrorolang.



5-rasm: Tebranish oxirida SI va SII qiymatlar o'rtacha qiymatini hisoblab I va II muvozanat holatlarni aniqlash.

### Tebranish davrini aniqlash

10. Alt-D tugmalarini bosib “Measure Difference tool” amalini tanlang (yoki sichqonchanning o'ng tugmasini bosib “Select Marker” funksiyasini tanlab bajaring).

11. Tebranish davrini aniqlang. Buning uchun kamida 5 ta davrni tanlang, tanlashni dastlabki va yakuniy tebranishlar fazasining bir qiymatidan boshlang va tugallang.

12. Baholash (tahlil) natijasi Alt+T tugmalari bosilishi bilan chiqariladi. Uqobil sifatida natijalar holatlar oynasidan chaqirilishi ham mumkin.

13. II muvozanat holati atrofidagi baholash va tahlillarni takrorlang.

14. Maksimal chetlashish usuli 5 va 6 rasmlardagi o'lchash natijalariga ko'ra xulosa qiling:

Tebranish davri  $T = 634$  s

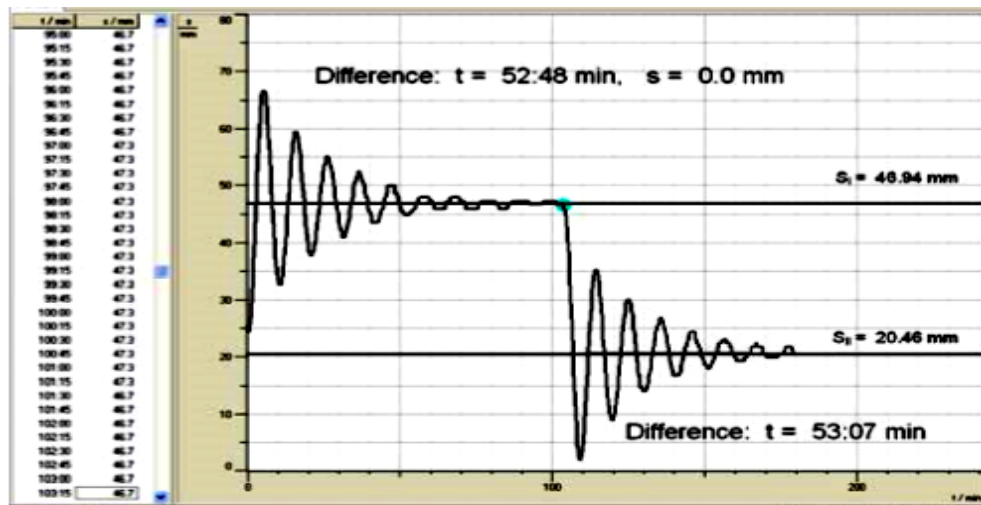
Ikki vaziyatlari orasidagi masofa:

$$S = S_{II} - S_I = 26,5 \text{ mm}$$

Bu qiymatlarni (9) tenglamaga qo'yib quyidagiga ega bo'lamiz:

$$G = \frac{2\pi^2}{634^2} \cdot \frac{0,047^2 m^2 \cdot 0,05m}{1,5kg} \cdot \frac{0,026m}{0,7m} = 6,71 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kgs^2}$$

Adabiyotlardagi qiymati:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kgs^2}$

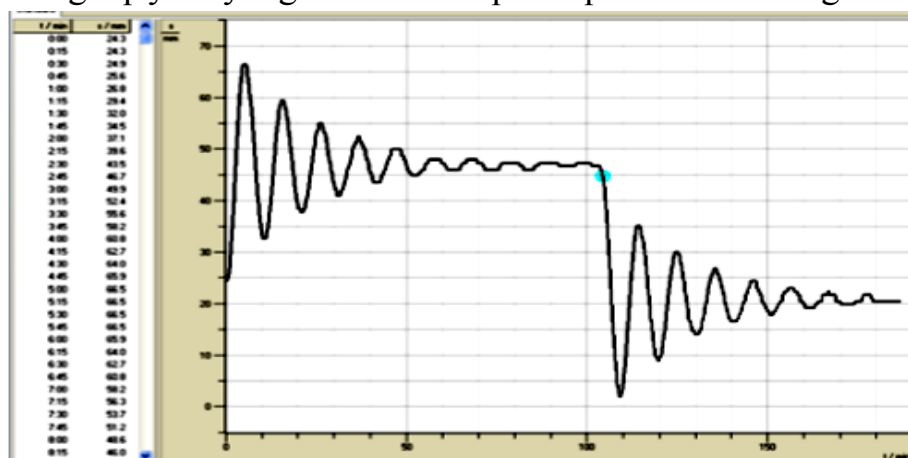


6-rasm: I va II muvozanat holatlarida kamida 5 ta tebranish mobaynida tebranish davrini aniqlash (eslatma: 5-rasmda SI va SII uchun o'rtacha qiymat matni aniqroq tushunish uchun o'zgartirilgan)

## 2- topshiriq. Tezlanish usuli.

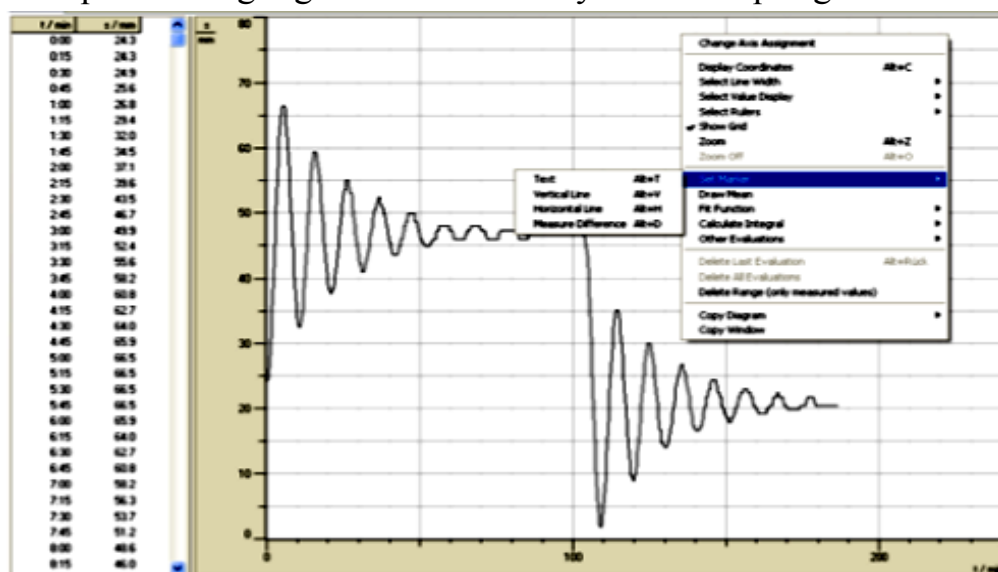
1. Sistema to'la muvozanat holatiga kelgunicha kuting (dastlabki tayyorgarlik ko'rsatmasiga qarang).
2. Qo'rg'oshin sharli kronshteynni I holatdan II holatga tez (ammo ehtiyotkorlik bilan) o'tkazing va harakatning birinchi fazasini yozib oling
3. Axborot yig'ishni tugmasi yoki F9 klavishi bilan to'xtating.

O'lchash namunasi 7-rasmda gravitatsion torsion balansirning ikki muvozanat holati atrofida tebranishlarining so'nishi ko'rsatilgan. Qo'rg'osho sharlarni II holatdan I holatga qaytarayongada axborot qabul qilish o'chirilmagan bo'lsin.



7-rasm. Kavendish gravitatsion torsion balansirining I va II muvozanat holatlaridagi tebranishi.

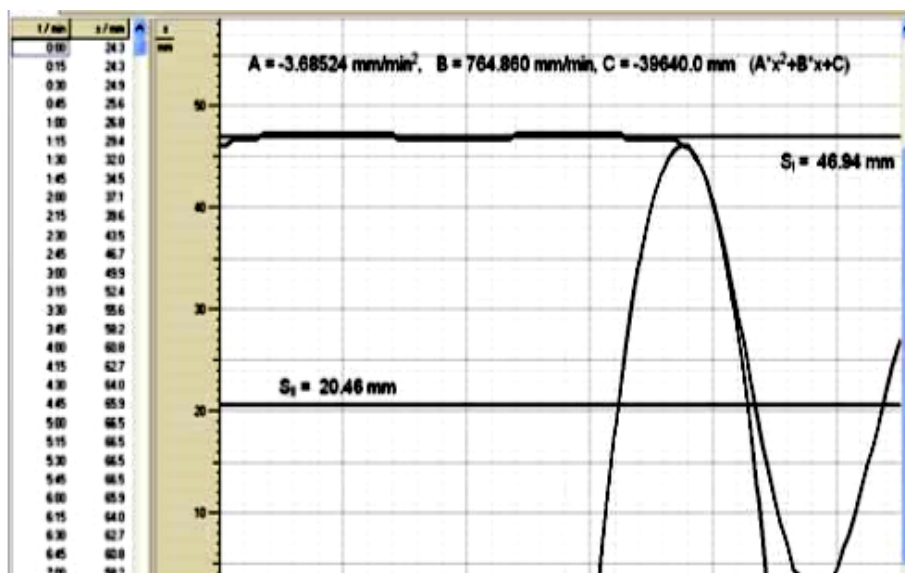
4. Baholash Dasturiy vosita o'lchangan qiymatlarni tez va oson tahlil qilish imkonini beradi. Baholash va tahlil qilish funksiyalariga murojat qilish uchun ekranda sichqoncha o'ng tugmasini bosib menyularni chaqiring.



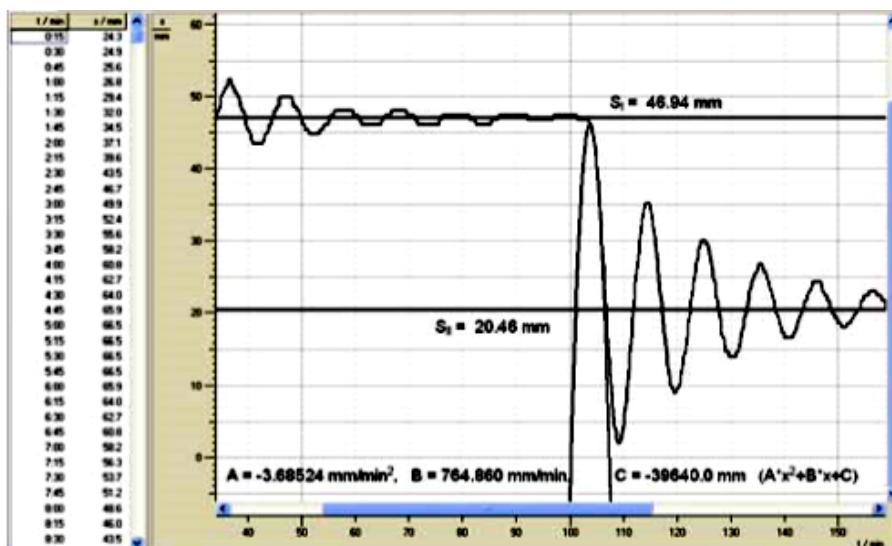
8-rasm. Ma'lumotlarni qayta ishlash uchun sichqoncha o'ng tugmasini oynada bosing.

5. Harakatning birinchi fazasidagi tasvir masshtabini kattalashtiring, masalan II holat uchun qayd qilingan natijalar uchun parabolaik qonuniyatni o'rnatish.

6. Baholash va tahlil natijalar grafik ravishda Alt+T klavishlari bosilib ekranga chiqarilishi mumkin.



9-rasm. Qo'rg'oshin sarchalar II holatdan I holatga aylanib qaytganida tebranishlarning birinchi fazasi uchun tezlanishni aniqlash. (kichikroq kattalashtirishli tasvirda uchun 8-rasmga qarang).



10-rasm. Qo'rg'oshin sarchalar II holatdan I holatga aylanib qaytganida tebranishlarning birinchi fazasi uchun tezlanishni aniqlash (kattaroq tasvirini 7-rasmda ko'ring).

7. Tezlanish usuli Qo'rg'oshin sarchalar II holatdan I holatga aylanib qaytganida tebranishlarning birinchi fazasiga muvofiq (9-rasmga qarang) quyidagiga ega bo'lamiz:

$$A = 1,03 \cdot 10^{-6} \frac{m}{s^2}, \quad a'_0 = 2,05 \cdot 10^{-6} \frac{m}{s^2},$$

$$G = 1,33 \cdot 10^{-6} \frac{m}{s^2} \cdot \frac{0,05m \cdot 0,047^2 m^2}{4 \cdot 1,5kg \cdot 0,7m} = 5,4 \cdot 10^{-1} \frac{m^3}{kgs^2},$$

### SINOV SAVOLLARI.

1. Kavendishning doimiysini torsion tarozilari bilan qanday aniqlanadi.
2. Tezlanish usulini izohlab bering.
3. Gravitatsion doimiysi qaysi formula bilan aniqlanadi.

## 1.2. ELASTIK VA NOELASTIK TO'QNASHUVDA ENERGIYA HAMDA IMPULSNING SAQLANISH QONUNLARINI O'RGANISH.

### Tajriba maqsadi:

- Ikki aravachaning tezliklarini to'qnashuvdan oldin va keyin ikki yorug'lik dachiklari orasidan o'tish vaqtida raqamli sanagich bilan o'lchash.
- Elastik va noelastik to'qnashuvda impulsning saqlanishi hamda elastik to'qnashuvda energiyaning saqlanish qonunini tekshirib ko'rish.

**Kerakli jihozlar:** aravacha, qo'shimcha yuklar jufti, aravacha uchun zarb prujinasi, universal yorug'lik datchigi, ulovchi kabellar, raqamli sanagich.

### NAZARIY TUSHUNCHA

Urilish (to'qnashish) fazoning kichik sohasidajismlarning qisqa vaqtli o'zaro ta'sirlashish jarayonidir. Urilish chog'ida jismlar deformatsiyalanadi. Natijada bir-biriga to'qnashayotgan jismlar kinetik energiyalari bir qismi elastik deformatsiyaning potensial energiyasi va jismlarning ichki energiyasiga aylanadi.

Absalyut elastik urilishga po'lat, fil suyagi kabilar misol bo'ladi.

Absalyut elastik urilishning xususiyatlari:

- a) urilish chog'ida jismlarning elastik deformatsiyalanishi vujudga keladi.
- b) jismlarning deformatsiyalanishida kinetik energiya qismanelastik deformatsiyaning potensial energiyasiga aylanishidir.
- v) urilishdan so'ng jismlar birgalikda harakatlanmaydi.

Absalyut elastik urilishsistema impulsining saqlanish qonuni va sistema kinetic energiyasining saqlanish qonunlari bajariladi. Mazkur qonunlar massalari  $m_1$  va  $m_2$  bo'lgan uchun quyidagicha yoziladi.

$$m_1 g_1 + m_2 g_2 = m_1 g'_1 + m_2 g'_2 \quad (1)$$

$$\frac{m_1 g_1^2}{2} + \frac{m_2 g_2^2}{2} = \frac{m_1 g'^2_1}{2} + \frac{m_2 g'^2_2}{2} \quad (2)$$

(1) va (2) tenglamalarni birgalikda yechib quyidagi ifodani hosil qilamiz. Elastik to'qnashuv uchun quyidagiga egamiz

$$g'_1 = \frac{2m_2 g_2 + (m_1 - m_2)g_1}{m_1 + m_2}, \quad g'_2 = \frac{2m_1 g_1 + (m_2 - m_1)g_2}{m_1 + m_2} \quad (3)$$

Asalyut noelastik urilish loy, plastilin, xamir, shisha kabilar noelastik urilishga misol bo'ladi.

Asalyut noelastik urilishning xarakterli xususiyatlari quyidagilar:

- a) urilishda jismlar deformatsiyasi saqlanadi.
- b) deformatsiya energiyasi vbujudga kelmaydi.
- v) jismlar kinetik energiyasi bir qismi jismning deformatsiyasiga sarf bo'ladi. Deformatsiya saqlanganligi tufayli energiyaning mazkur qismi kinetik energiya tarzida tiklanmaydi, balki jismlar ichki energiyasiga aylanadi.
- g) urilishdan so'ng jismlar umumiy tezlik bilan harakatlanadi yoki nisbiy tinch holatda bo'ladi.

Shuning uchun asalyut noelastik urilishda faqat impulsning saqlanish qonuni bajariladi. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni bajarilmaydi.

Massalari  $m_1$  va  $m_2$  bo'lgan sharlar mos ravishda  $\vec{g}_1$  va  $\vec{g}_2$  tezlik bilan harakatlanib absalyut noelastik to'qnashsin. Bu jismning to'qnashishidan keyin tezliklari  $g'$  bilan belgilab ikki sharchadan iborat berk sistema uchun impulsning saqlanish qonunini quyidagicha ifodalaymiz:

$$m_1 g_1 + m_2 g_2 = (m_1 + m_2) g' \quad (4)$$

$$g' = \frac{m_1 g_1 + m_2 g_2}{m_1 + m_2} \quad (4.a)$$

(4) va (4.a) tenglamalardan quyidagicha xulosa chiqaramiz:

a) aravachalar bir-biriga qarab harakatlansa, urilishdan so'ng ikkala aravachalarning birgalikdagi  $(m_1 g_1)$  va  $(m_2 g_2)$  impulslariga bo'liq.

b) aravachalar bir-biri tomon harakatlansa, lekin  $(m_1 g_1) = (m_2 g_2)$  bo'lsa urilishdan so'ng aravachalar mexanik harakatini davom ettirmaydi. Urilishgacha aravachalarning umumiy kinetik energiya

$$W = \frac{m_1 g_1^2}{2} + \frac{m_2 g_2^2}{2} \quad (5)$$

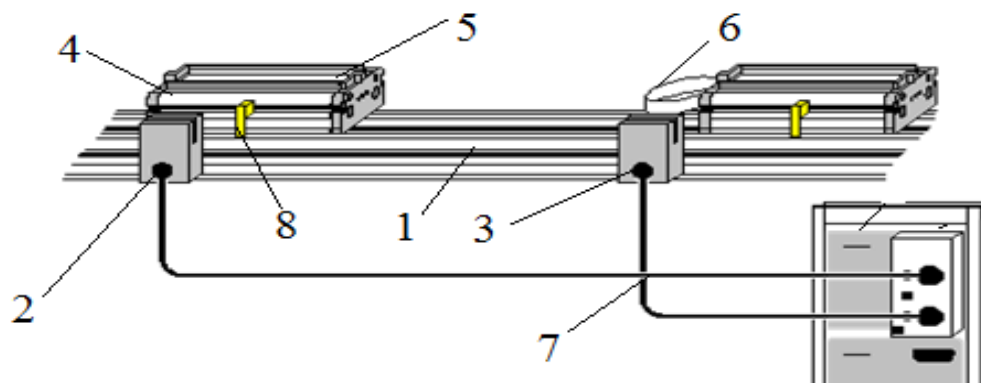
va urilishdan so'ng aravachalarnink kinetik energiyasi

$$W' = \frac{(m_1 + m_2) g'^2}{2} \quad (6)$$

(5) va (6) tenglamalarning farqi deformatsiya ishiga teng.

Demak, ikkinchi jism qo'zg'almas bo'lgan hollarda bu ikki jismda noeletik sistema kinetik energiyasi ( $W_n = W_1 + W_2 = W_1$  chunki  $W_2 = 0$ ) ning  $W_1$  qisman deformatsiyaga sarflanadi, qolgan  $1 - \frac{m_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$  qismi esa jismning urilishdan keying kinetik energiyalari tarzida namoyon bo'ladi.

## QURULMANING TAVSIFI



1- rasm

Taglik (1), yorug'lik datchigi (E) (2), yorug'lik datchigi (F) (3), aravacha (4), massali yuk (5), purjina (6), raqamli sanagich (7), bayroqcha (8).

## O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

### 1- topshiriq. Absolyut elastik to'qnashuv.

1. Tajriba uchun ishchi stolini 1-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing.
2. Dastlab trakti ishga tushiring va ikki yorug'lik datchikli ayirlarni o'rnatib (E va F ulovchi kabellerini raqamli sanagichga ulang). Aravalar datchikli (2 va 3) ayri orasidan bimalol o'ta olsin.
3. Ikki aravachaga o'rnatilgan bayroqchalar (8) aravacha ayri orasidan o'tganda yorug'lik datchiklari yaqinidan o'tishi lozim.
4. Jadvalga  $m_1$  va  $m_2$  massalarni o'lchab oling.
5. To'qnashuvdan oldin aravachalarning E va F datchiklargacha bo'lgan masofani o'lchab oling.

#### To'rtta turli joylashish holatlari mavjud:

- a) Ikkala arava ham yorug'lik datchigi orqasida.
  - b) Chap aravacha yorug'lik datchiklari orasida, o'ng aravacha esa yorug'lik datchigi orqasida.
  - c) O'ng aravacha yorug'lik datchiklari orasida, chap aravacha esa yorug'lik datchigi orqasida.
  - d) Ikkala aravacha ham ichkarida (tutashgan holda).
6. Raqamli sanagichni ishga tushirib. Made tugmasi yordanida  $t_{E,F}$  funsiyasini tanlang.
  7. To'qnashuvni yuzaga keltiring (agar to'qnashuvdan oldin tezlik qiymati noldan farq qilsa  $\rightarrow 0 \leftarrow$  amali bilan nolga keltiring).
  8. Raqamli sanagichda START tugmasini bosing.

9. To'qnashuvdan oldin va keying tezliklarni raqamli sanagich ko'rsatkichidan foydalanib yozib oling.

10. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

1- jadval.

| t/r | $m_1$<br>(kg) | $m_2$<br>(kg) | $l$<br>(m) | $g_1$<br>(m/s) | $g_2$<br>(m/s) | $g'_1$<br>(m/s) | $g'_2$<br>(m/s) | Impuls (kg·m/s) |       |        |        |            | Energiya (J) |       |        |        |            |
|-----|---------------|---------------|------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|--------|--------|------------|--------------|-------|--------|--------|------------|
|     |               |               |            |                |                |                 |                 | $p_1$           | $p_2$ | $p'_1$ | $p'_2$ | $\Delta p$ | $W_1$        | $W_2$ | $W'_1$ | $W'_2$ | $\Delta W$ |
| A   |               |               |            |                |                |                 |                 |                 |       |        |        |            |              |       |        |        |            |
| B   |               |               |            |                |                |                 |                 |                 |       |        |        |            |              |       |        |        |            |
| C   |               |               |            |                |                |                 |                 |                 |       |        |        |            |              |       |        |        |            |
| D   |               |               |            |                |                |                 |                 |                 |       |        |        |            |              |       |        |        |            |

11. Siz nazariya va tajriba natijalarini tekshirish uchun (3) tenglikdan foydalanib aravachalarning to'qnashuvdan keying tezliklarini hisoblang.

12. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

## 2- topshiriq. Absolyut noelastik to'qnashuv.

1. 1- topshiriqdagi 1-11 bandlarni takrorlang.

2- jadval.

| t/r | $m_1$<br>(kg) | $m_2$<br>(kg) | $l$<br>(m) | $g_1$<br>(m/s) | $g_2$<br>(m/s) | $g'$<br>(m/s) | Impuls (kg·m/s) |       |      |            | Energiya (J) |       |      |            |
|-----|---------------|---------------|------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|-------|------|------------|--------------|-------|------|------------|
|     |               |               |            |                |                |               | $p_1$           | $p_2$ | $p'$ | $\Delta p$ | $W_1$        | $W_2$ | $W'$ | $\Delta W$ |
| A   |               |               |            |                |                |               |                 |       |      |            |              |       |      |            |
| B   |               |               |            |                |                |               |                 |       |      |            |              |       |      |            |
| C   |               |               |            |                |                |               |                 |       |      |            |              |       |      |            |
| D   |               |               |            |                |                |               |                 |       |      |            |              |       |      |            |

2. Siz nazariya va tajriba natijalarini tekshirish uchun (4.a) tenglikdan foydalanib aravachalarning to'qnashuvdan keying tezliklarini hisoblang.

3. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

## SINOV SAVOLLARI.

1. Impuls deb nimaga aytiladi? U qandan birliklar bilan o'lchanadi?
2. Impuls saqlanish qonunini ta'riflab bering.
3. Saqlanish qonunining ahamiyati to'g'risida so'zlang.
4. Absolyut elastik urilish nima.
5. Absolyut noelastik urilish nima?
6. Absolyut elastik va absolyut noelastik urilishlarga misol keltiring.

### 1.3. ERKIN TUSHISH

#### Tajriba maqsadi:

- Erkin tushish traketoriyasini VideoCom bilan qayd qilish.
- g-erkin tushish tezlanishini aniqlash.

**Kerakli jihozlar:** VideoCom, tutashtiruvchi blok, uch oyoqli kamera, VideoCom uchun erkin tashlanuvchi jism, uslab qoluvchi magnit, taglik asosi V-shaklli, leybold multiqisqichlari, ulash simlari, kompyuter

#### NAZARIY TUSHUNCHA

Agar jism h balandlikdan pastga gravitatsiya maydonida erkin tushsa jismga g o'zgarmas tezlanish ta'sir qiladi va tushish balandligi kichik bo'lganda ishqalanishni hisobga olmaslik mumkin. Bunday harakat erkin tushish deyiladi. Erkin tushish to'g'ri chiziqli tezlanuvchan harakatga misol bo'la oladi. Time  $t = 0$  vaqtdagi boshlang'ich tezlik  $v_0 = 0$  bo'lsa oniy tezlik quyidagicha

$$v(t) = g \cdot t \quad (1)$$

va t vaqtdan keyin jism bosib o'tgan yo'l

$$S = \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

Tajribada erkin tushayotgan jism tezkor bir kadrli VideoCom CCD kamera bilan tasvirga olinadi. Kamera LED chiroqlar bilan erkin tushuvchi jismga o'rnatilgan akslantiruvchi folgani yoritadi va qaytgan chaqnash nuri kamera obyektivi orqali 2048 pikselli CCD liniyasiga tushadi (CCD: charge-coupled device-fotosezgir yarim o'tkazgichli matritsa). Berilgan holatida erkin tushayotgan jismning joriy holati tasviri kompyuterga ketma-ket interfeys orqali sekindiga 80 marta uzatiladi. Kompyuter dasturi bilan ta'minlangan VideoCom erkin tushayotgan jismning barcha harakatlarini yo'l-vaqt grafigi sifatida ko'rsatadi va o'lchangan qiymatlarni tahlil qiladi. Xususan tezlik

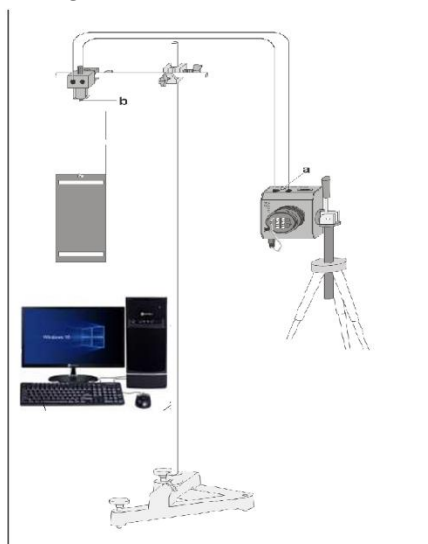
$$g(t) = \frac{s(t + \Delta t) - s(t - \Delta t)}{2\Delta t} \quad (3)$$

va tezlanish

$$a(t) = \frac{g(t + \Delta t) - g(t - \Delta t)}{2\Delta t} \quad (4)$$

sichqoncha bilan faollashtirilishi mumkin va biror t vaqt intervali tanlanishi mumkin.

## QURILMA TAVSIFI

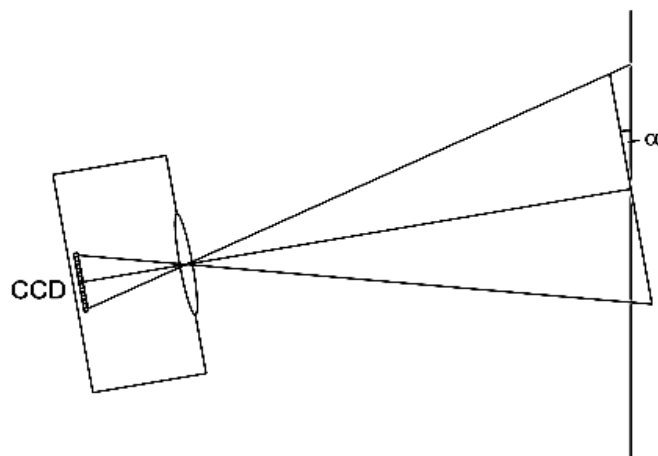


**1-rasm. Erkin tushishni VideoCom bilan qayd qilish tajribasi qurilmasi.**

VideoCom o'rnatmalari: va o'rnatish nomini "VideoCom Motions" deb nomlang va foydalanish tilini va ulanish uchun kerma-ket interfeysni tanlang (VideoCom yo'riqnomasiga qarang).

## O'LCHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

1. Tutib qoluvchi magnitni taglik materialiga 1-rasmda ko'rsatilgabi kabi pastga qarab o'rnatish va VideoCom simlarini ulang.
2. VideoCom uch oyoqli kamerani qat'iy vertikal joylashuvini ta'minlang va u erkin tushish nuqtasidan taxminan 3 m masofada bo'lsin. VideoCom kamerasini iloji boricha erkin tushish traektoriyasiga parallel bo'lishini ta'minlang.
3. VideoCom kamerani tutashtiruvchi blok orqali tarmoqqa ulang va kompyuterning serial (COM1) portiga ulang.
4. VideoCom uchun mo'ljallangan erkin tushuvchi jismni uslab turuvchi magnitga osilib turishi uchun elektromagnitga kuchlanish bering.
5. Kuchlanishni VideoCom korpusidagi (a) pin bilan sozlang va erkin tushuvchi jism magnitga kuchsiz yopishib turishini ta'minlang.
6. Tutib turuvchi elektromagnitning ferromagnit o'zagini moslovchi vint (b) bilan shunday rostlangki erkin tushuvchi jism vertikal tik bo'lsin.
7. "VideoCom Motions" dasturida "Intensity Test" ga bosing.
8. Yo'lning vaqtga bog'liqlik diagrammasini qayd qilish uchun: – "Settings/Path Calibration" menyusini tugmasi yoki – "Path Calibration" registridagi ikkita akslantiruvchi folgalarning birinchi vaziyati uchun 0.2 m va ikkinchi vaziyati uchun 0 m qiymatlarni kiriting. – "Read Pixels from Display" tugmasini bosing va "Apply Calibration" funksiyasini faollashtiring.



**2-rasm. VideoCom va erkin tushish traektoriyasi orasidagi  $\alpha$  burchakni aniqlash chizmasi.**

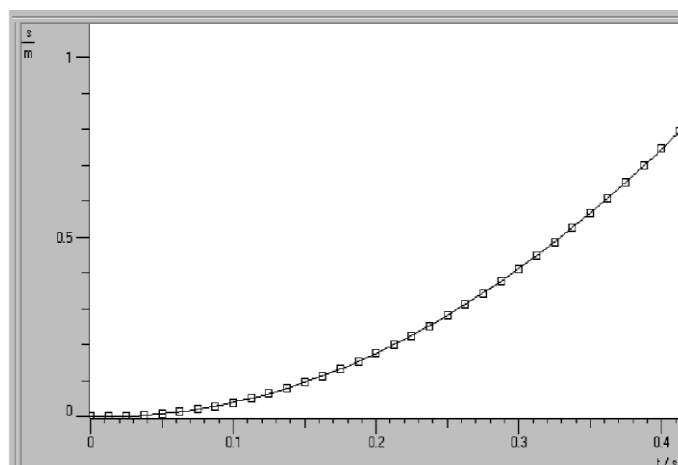
9. O'lchanqan qiymatlarni  yoki F5 klavishi bilan chaqiring. tugmasi bilan yoki F2 klavishi bilan saqlang va faylni nomlang. "Path Calibration" registratoridagi "Read Pixels from Table" tugmasini bosib so'l kollirovkasini takrorlang, "Apply Calibration" funksiyasini faollashtiring va "OK" bosib tasdiqlang.

10. Sichqonchanning "s1/m" o'lchangan qiymatlar ustuniga olib kelib o'ng tugmasini bosing va chiqqan menyudan "Delete Column" buyrug'ini tanlang.

 11. Tugmasini bosib natijalarni saqlang va fayl nomini kiritish uchun F2 dan foydalaning.

## **O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH**

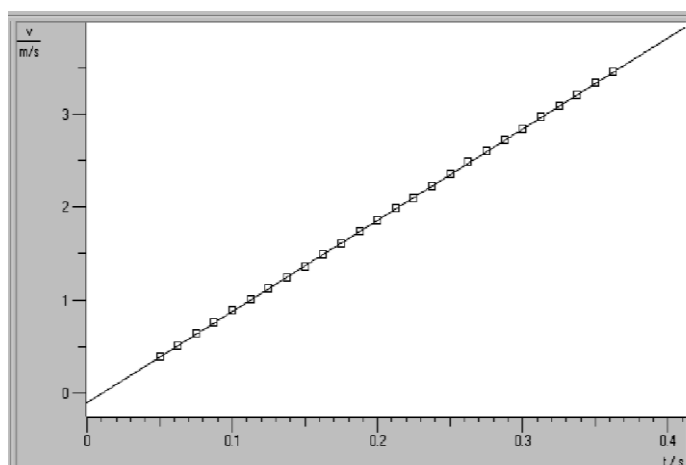
1. 3-rasmda erkin tushayotgan jismning yo'l-vaqt diagrammasi (bosib o'tilgan yo'lning vaqtga bog'liqligi) keltirilgan. Bundan ko'rinadiki s yo'l t vaqtga chiziqli bog'liq emasligini ko'rsatadi. Vaqtga bog'liqligi parabolik qonuniyatga ega. Parabola  $A \cdot x^2 + B \cdot x + C$  asosida erkin tushish tezlanishi aniqlanadi. U quyidagicha  $g = 2 \cdot A = 9.82 \text{ m/s}^2$



**3-rasm. Erkin tushuvchi jism uchun yo'l-vaqt diagrammasi.**

2. Oniy  $v$  tezlikning "Velocity" registratorini bosib hisoblangan qiymati vaqtga chiziqli bog'liqdir (4-rasmga qarang va (II) bilan solishtiring).  $A \cdot x + B$  to'g'ri chiziq qiyaligidan erkin tushish tezlanishi aniqlanadi:

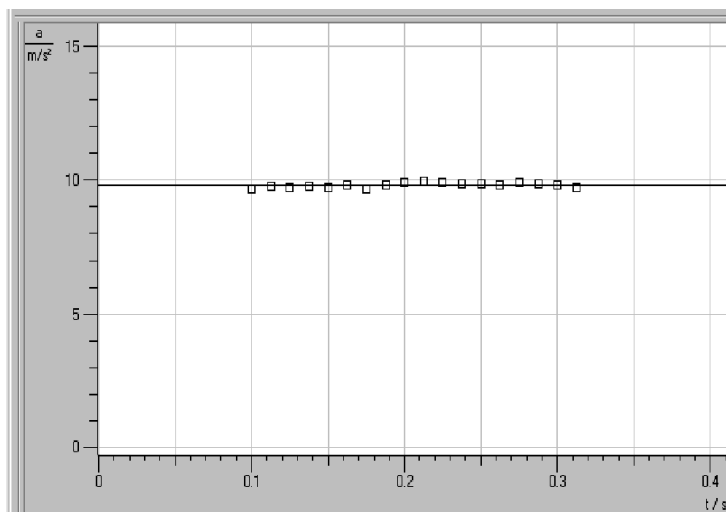
$$g = A = 9.82 \text{ m/s}^2$$



**4-rasm. Erkin tushuvchi jism uchun tezlik-vaqt diagrammasi.**

3. Agar  $a$  oniy tezlanishning nazariy hisoblanadigan qiymati vaqt funksiyasidan topilsa, doimiy qiymati esa "Acceleration" tugmasi bosilib aniqlik chegarasida o'lchandi (5-rasmga qarang). Uning o'rtacha qiymati quyidagicha

$$g = 9.82 \text{ m/s}^2$$



5-rasm. Erkin tushuvchi jism uchun tezlanish-vaqt diagrammasi.

Adabiyotlarda keltirilgan erkin tushish tezlanishining Evropa uchun qiymati:

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

4. Qo'shimcha ma'lumot 4- va 5- rasmlarda keltirilgan erkin tushuvchi jism boshlang'ich tezligining qiymatlari manfiydir  $B = -0.1 \text{ m/s}^{-1}$  (fizik jihatdan mantiqsiz). Amalda natijalarni qayd qilish harakat boshlanishidan sal oldinroq boshlanadi chunkin uslab turuvchi magnit jismni kichik vaqtga kechiktiradi.

### SINOV SAVOLLARI

1. Erkin tushish tezlanishi deb nimaga aytiladi?
2. Erkin tushuvchi jism uchun yo'l-vaqt diagrammasini chizing.
3. Erkin tushish tezlanishining qiymati o'zgarmasmi?

# 1.4. PARABOLAIK SHAKLLI TRAYEKTORIYANING TEZLIKKA VA OTILISH BURCHAGIGA BOG'LIQLIGINI NUQTAVIY QAYD QILISH.

## Tajriba maqsadi:

- Uchish uzoqligini otish burchagining funksiyasi sifatida aniqlash.
- Ko'tarilish balandligini otish burchagining funksiyasi sifatida aniqlash.

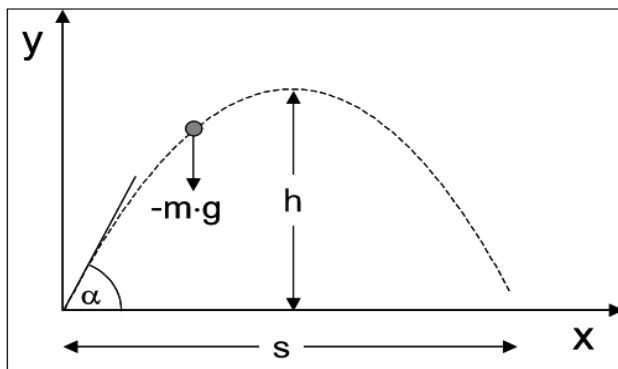
**Kerakli jihozlar:** katta proeksion qurilma, qisqich, vertikal shkala, o'lchov lentasi, egarsimon asos, laboratoriya tagligi, lotok, kvarts qum, sekundomer.

## NAZARIY TUSHUNCHA

Tajribada  $m$  massali po'lat sharcha gorizontga  $\alpha$  burchak ostida  $g_0$  boshlangich tezlik bilan otilgan. Po'lat sharchaning gravitatsiya maydonidagi harakatining tekislikdagi proeksiyasi (1-rasm) quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi:

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = m \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ g \end{pmatrix} \quad (1)$$

bu yerda  $\vec{r} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$  - radius vektor,  $m$  - po'lat sharcha massasi,  $\vec{F} = m \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix}$  - po'lat charchaga ta'sir qiluvchi kuch.



**1-rasm: Moddiy nuqtaning gravitatsiya maydonidagi harakati. (I) tenglama asosida bo'ladigan harakatning tanlangan koordinatalar sistemasida tavsiflanishi.**

Quyidagi boshlangich shartlar asosidagi

$$\vec{r} \Big|_{t=0} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ va } \vec{g} \Big|_{t=0} = \begin{pmatrix} g_0 \cos \alpha \\ g_0 \sin \alpha \end{pmatrix}$$

(1) tenglama yechimi po'lat shar koordinatalarining  $t$  vaqt funksiyasi kabi ifodalanadi:

$$x(t) = g_0 \cos \alpha \cdot t, \quad y(t) = g_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

Bularni s uchish masofasi va h maksimal ko'tarilish balandligining h og'ish burchagi  $\alpha$  va  $g_0$  boshlang'ich tezlikka bog'liq tenglamalar kabi ifodalash mumkin:

$$s = \frac{g_0^2}{g} \sin 2\alpha \quad (3)$$

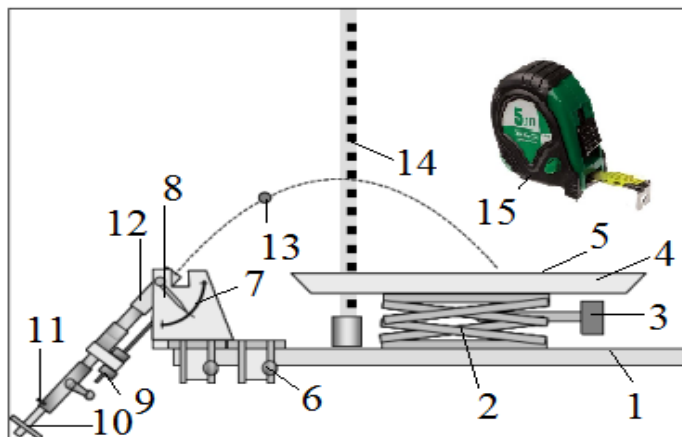
$$h = \frac{g_0^2}{2g} \sin^2 \alpha \quad (4)$$

Bu tajribada uchish uzoqligi s va h maksimal ko'tarilish balandligi  $\alpha$  og'ish burchagining funksiyasi sifatida  $g_0$  boshlang'ich tezlikning uchta turli qiymati uchun aniqlangan.

(3) va (4) formulalarning nisbatidan uchish uzoqligi va ko'tarilish balandligining burchak  $\alpha$  ga bog'liqligini keltirib chiqaramiz.

$$\frac{s}{h} = \frac{tg \alpha}{4} \quad (5)$$

### QURULMANING TAVSIFI



**2-rasm. Uchish uzoqligi va balandligining otilish burchagiga bog'liqligini aniqlovchi tajriba qurilmasi tuzilish chizmasi.**

Laboratoriya tagligi (1), egarsimon taglik (2), egarsimon taglik vinti (3), latok (4), kvars qum (5), multi qisqichlar (6), burchak qiymatlar (7), burchak ko'rsatkichi (8), burchakni o'zgartiruvchi vint (9), prujunani siquvchi dastak (10), prujinani bo'shatish mexanizimi (11), stvol (12), po'lat sharcha (13), vertikal o'lchov tasmasi (14), olchov tasmasi (metr) (15).

Proyeksion qurilmani 2-rasmda ko'rsatilgani kabi stolga o'rnatish. Lotokni (4) laboratoriya tagligiga (1) o'rnatish. Qum to'shalma sathi (I usulda) yoki oq qog'oz varagi ustidagi nusxa olish qog'ozi (II usulda) sathi proyeksion qurilmadagi sharcha sathi (10 sm) bilan bir xil sathda bo'lsin. Metall sharcha tutqichi (12) ga sharcha (13) joylashtirish (10) orqali burchak qiymati (7) belgilang, (10) orqali prujinani siqish darajasini belgilab (11) ni chap tomonga mahkamlang va (4) ni sharchaning traektoriyasiga moslab qo'ying (11) ni o'ng

tomonga o'tkazib sharchani uchish traektoriyasini kuzating. O'lchov tasmasi (15) yordamida sharchaning traektoriyasini o'lchang.

## O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

### 1- topshiriq. Uchish uzoqligining otilish burchagiga bog'liqligini aniqlash.

1. Tajriba uchun ishchi stolini 2-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing.
2. Katta proeksion qurilmani tutqichlar orqali laboratoriya tagligiga mahkamlang.
3. Katta proeksion qurilma stvolini tutqich orqali tortiladi va stvol ilgagiga kiriting. (Bunda uch holat mavjud bo'lib, tajribani uchala holda ham o'tkazing.)
4. Metall sharcha stvol ichiga joylashtiriladi.
5. Gorizontal tekislikda lotokni kvars qumga to'ldirib balistik to'ponchadan ma'lum masofada o'rnatib.
6. Stvolni birinchi holatda o'rnatib tutqichni ilgakdan chiqarib yuboring. (Tajribani uchta hol uchun ham bajaring.)
7. Lotokdagi qolgan izlarning o'rniga ko'ra sharchaning uchish uzoqligini o'lchang.
8. Tajribani  $10^0$ - $80^0$  uchun bajarib uchish uzoqligini yozib oling.
9. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

1-jadval. Turli boshlang'ich tezliklarda uchish uzoqligining  $\alpha$  otilish burchagiga bog'liqligi.

| t/r | $\alpha$ | $S_1(m)$ | $S_2(m)$ | $S_3(m)$ |
|-----|----------|----------|----------|----------|
|     |          | I hol    | II hol   | III hol  |
| 1   | $10^0$   |          |          |          |
| 2   | $15^0$   |          |          |          |
| 3   | $20^0$   |          |          |          |
| ... | ....     |          |          |          |

10. O'lchash natijalaridan foydalanib uchish uzoqligini sharchani otilish burchagiga bog'liqlik garfigini chizing.  $s = f(\alpha)$  funksiya ko'rinishda chizing.
11. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

### 2- topshiriq. Ko'tarilish balandligining otilish burchagiga bog'liqligini aniqlash.

1. Tajriba uchun ishchi stolini 2-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing.
2. Katta proeksion qurilmani tutqichlar orqali laboratoriya tagligiga mahkamlang.
3. Katta proeksion qurilma stvolini tutqich orqali tortiladi va stvol ilgagiga kiriting. (Bunda uch holat mavjud bo'lib, tajribani uchala holda ham o'tkazing.)

4. Metall sharcha stvol ichiga joylashtiriladi.
5. Gorizont tekislikda lotokni kvars qumga to'ldirib balistik to'ponchadan ma'lum masofada o'rnatib.
6. Stvolni birinchi holatda o'rnatib tutqichni ilgakdan chiqarib yuboring. (Tajribani uchta hol uchun ham bajaring.)
7. Lotokdagi qolgan izlarning o'rniga ko'ra sharchaning uchish uzoqligini o'lchang.
8. Tajribani  $10^0$ - $80^0$  uchun bajarib h maksimum ko'tarilish balandligi toping
9. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

2-jadval: Uchta har xil boshlang'ich tezliklar uchun h maksimum ko'tarilish balandligining otilish burchagiga bog'liqligi.

| t/r | $\alpha$ | $h_1(m)$ | $h_2(m)$ | $h_2(m)$ |
|-----|----------|----------|----------|----------|
|     |          | I hol    | II hol   | III hol  |
| 1   | $10^0$   |          |          |          |
| 2   | $15^0$   |          |          |          |
| 3   | $20^0$   |          |          |          |
| ... | ....     |          |          |          |

10. O'lchash natijalaridan foydalanib ko'tarilish balandligini sharchaning otilish burchagiga bog'liqlik  $h = f(\alpha)$  garfigini chizing
11. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

### SINOV SAVOLLARI

1. Gorizontga burchak ostida otilgan jismning harakat tenglamasini keltirib chiqaring va uning amaliy tadbir'ini tushintiring.
2. Gorizontga nisbatan qiya otilgan jismning uchish uzoqligi qanday kattaliklarga bog'liq?
3.  $\varphi_0$  boshlang'ich tezlik bilan burchak ostida otilgan jism tushayotgan paytdagi tezligi qanday bo'ladi va gorizont bilan qanday burchak tashkil qiladi?

## 1.5. MURAKKAB HARAKAT: QIYA HARAKAT VA ERKIN TUSHISHNI SOLISHTIRISH.

**Tajriba maqsadi:** qiya trayektoriya bo'ylab harakatni vertikal va gorizontal yo'nalgan ilgarilanma harakatlar yig'indisidan iboratligini tekshirish.

**Kerakli jihozlar:** katta namoyish qurilmasi, ushlab turuvchi magnit, ta'minlash manbai, past kuchlanishli transformator, metall o'lchov lentasi, qisqichlar, asosli sterjen.

### NAZARIY TUSHUNCHA

Yer sirtidagi jismlar massalarining qanday bo'lishidan qat'i nazar tortishish kuchi ta'sirida bir xil tezlanishiga ega bo'ladi. Bu tezlanishni yuqoridan tushayotgan jismlarning harakatini tekshirib aniqlash mumkin. Uncha yuqori bo'lmagan nuqtadan boshlang'ich tezliksiz tushayotgan jismga havoning qarshilik kuchi va Arximed kuchining ta'sirini juda kichik deb e'tiborga olmasak, jismning yuqoridan tushish balandligi  $h = \frac{gt^2}{2}$  dan  $g = \frac{2h}{t^2}$  (1) ni aniqlash mumkin.

Erkin tushish tezlanishi jismning yer sirtidan qanday balandlikda ekanligiga bog'liq bo'lib, uni

$$gH = \frac{\gamma M}{R + H} \quad (2)$$

ifodadan aniqlash mumkin.

Gorizontal otilgan jismning harakati murakkab harakat bo'lib, jism gorizontal yo'nalishda (OX o'qi bo'ylab) tekis harakat qilsa, vertikal yo'nalishda (OY o'qi bo'ylab) tekis tezlanuvchan harakat qiladi. Jism tezligining koordinata o'qlaridagi proeksiyalari

$$\left. \begin{aligned} v_x &= v_0 = \text{const} \\ v_y &= gt \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

t vaqtdan keyin jismning koordinatalari

$$\left. \begin{aligned} x &= v_0 t = v_x t \\ y &= \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

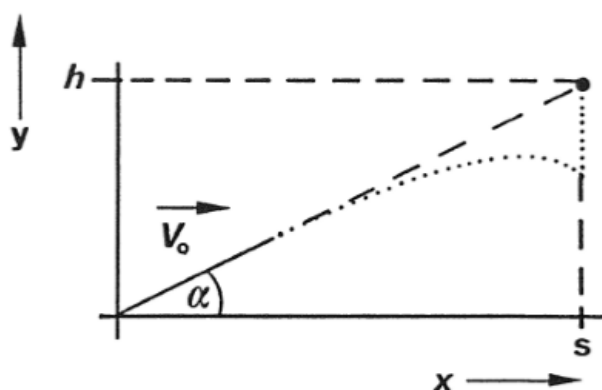
$$y = kx^2 \quad (5)$$

hosil bo'ladi. Bu yerda  $k = \frac{g}{2v_0}$  belgilash kiritdik. (5) parabolaning tenglamasi bo'lganligidan gorizontaal jismning harakat traektoriyasi paraboladan iborat bo'ladi degan xulosaga kelamiz.

Tajribada  $\vartheta_0$  boshlang'ich tezlikli jism (sharcha) gorizontga nisbatan  $\alpha$  burchak ostida  $t=0$  vaqtda otilgan. Jism ko'chishini aniqlash uchun koordinatalar sistemasi kiritilgan bo'lib, harakat trayektoriyasi  $x$ ,  $y$ -tekislikka chiziladi va jismning boshlang'ich vaziyati koordinatalar boshi bilan mos tushadi (1-rasmga qarang). Harakatning  $x_1$  va  $y_1$  tashkil qiluvchilari quyidagilardir.

$$x_1(t) = \vartheta_0 t \cos \alpha \quad (6)$$

$$y_1(t) = \vartheta_0 t \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2 \quad (7)$$



**1-rasm: Qiya otilgan jism harakatini erkin tushuvchi jism harakati bilan solishtirish.**

bu yerda  $g$ -erkin tushish tezlanishi.

$x_1$  tashkil qiluvchi ilgarilanma harakatni  $y_1$  tashkil qiluvchi esa  $\vartheta_0 \sin \alpha$  boshlang'ich tezlikli vertikal harakatni tavsiflaydi.

(6) va (7) tenglamalarni tajribada tekshirish uchun ikkinchi sharcha koordinatalar sistemasida ( $s$ ,  $h$ ) nuqtaga o'rnatilgan (1-rasmga qarang) va birinchi jism otilgach qo'yib yuboriladi hamda erkin tushadi. Bu ko'chish quyidagicha ifodalanadi ( $y_2$  tashkil qiluvchi)

$$y_1(t) = 4h - \frac{1}{2} g t^2 \quad (8)$$

Agar ikkinchi sharcha harakat yo'nalishida qurima uzunligiga teng masofaga qo'yilsa ko'tarilish balandligi va uchish uzoqligi otilish burchagi bilan quyidagicha bog'lanishda bo'ladi

$$\frac{h}{s} = 4 \tan \alpha \quad (9)$$

Unda ikkala sharcha ushishi davomida to'qnashadi. (9) ga asosan 1-sharcha x-o'qi bo'ylab s masofani bosib o'tishi uchun

$$t_s = \frac{s}{g_0 \cos \alpha} \quad (10)$$

teng vaqt o'tadi.

Agar  $t_s$  ni (10) tenglamaga qo'ysak  $y_1$  tashkil qiluvchi harakat tenglamasiga ega bo'lamiz:

$$y_1(t=t_s) = \frac{s \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{1}{2} g t_s^2 = h - \frac{1}{2} g t_s^2 \quad (11)$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$$

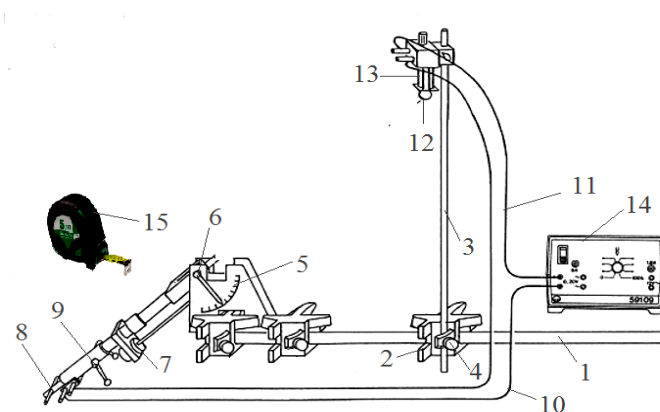
Bu tenglama  $t_s$  vaqtda erkin tushayotga ikkinchi jism harakat tenglamasi bilan yaxshi mos tushadi.

Tajriba shuni ko'rsatadiki agar (12) shart bajarilsa ikkala sharchalar ham otilish tezligi  $g_0$  qiymatidan qat'iy nazar to'qnashadilar.

Harakat gorizontal bo'lsa, ikkinchi shar proeksion qurilma shathida joylashgan bo'lsa va  $h=0$  balandlikdan erkin tushishdagi  $y_2$  tashqil qiluvchi quyidagiga teng

$$y_2(t) = -\frac{1}{2} g t^2 \quad (12)$$

## QURULMANING TAVSIFI



### 2-rasm. Qiyalik bo'ylab harakatni o'rganish qurilmasi va qiyalik burchagini o'rnatish.

Laboratoriya tagligi (1), tutqich (2), sterjen (3), multi qisqichlar (4), burchak qiymatlar (5), burchak ko'rsatkichi (6), burchakni o'zgartiruvchi vint (7), prujinani siquvchi dastak (8), prujinani bo'shatish mexanizimi (9), prujinani siquvchi dastakni ta'minlash manbaiga ulovchi kabel (10), ushlab turuvchi magnitni ta'minlash manbaiga ulovchi kabel (11), po'lat sharcha (12), ushlab turuvchi magnit (13), ta'minlash manbai (14), olchov tasmasi(metr) (15).

Proyeksion qurilmani 2-rasmda ko'rsatilgani kabi stolga o'rnatang. Lotokni (4) laboratoriya tagligiga (1) o'rnatang. Stvol (12) ga sharchani joylashtiring, (7) orqali burchak

qiymati (5) belgilang, (8) orqali purjinani siqish darajasini belgilab (9) ni chap tomonga mahkamlang va to'minlash manbai (14) ni tarmoqqa ulang, ikkinchi sharchani (13) mahkamlang, (9) ni o'ng tomonga o'tkazib sharchani uchish traektoriyasini kuzating. O'lchov tasmasi (15) yordamida sharchaning tarektoriyasini o'lchang.

### **O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH.**

1. Katta namoyish qurilmasini va 2-rasm asosida mustahkam o'rnatish.
2. Proyeksiya nuqtasi va taglik ustuni orasidagi masofa taxminan 40 sm bo'lishi lozim.
3. Kerakli elektr ulanishlarni amalga oshiring.
4. Ta'minlash manbaini ulang va qurilma prujinasini siqing (siqish darajasi -II).
5. Ikkinchi po'lat sharni ushlab turuvchi magnitga biriktiring.
6. Proyeksion qurilmaning ishga tushirish uchun qattiq siqilgan prujinasini bo'shatish mexnizmini bosing va sharlar uchishi trayektoriyasini kuzating.
7. Kerak bo'lsa proyeksion qurilmani qayta sozlang.
8. Agar sharlar to'qnashsa prujinaning siqilish darajasini o'zgartiring va tajribani takrorlang.
9. Agar qurilma to'g'ri sozlangan bo'lsa (sharlar otuvchi prujinali qurilma sathi jarajasida to'qnashadi) otilish kuchi darajasidan qat'iy nazar sharlar erkin tushish paytida to'qnashadilar.
10. Shunday qilib (1) va (2) tenglamalar bilvosita tasdiqlanishini isbotlang.
11. Qiyalik bo'ylab harakat vertikal va gorizontal o'qlar bo'ylab ilgarilanma harakatlar yig'indisidan iboratekanligi to'g'risida xulosa chiqaring va hisobotini daftaringizga yozing.

### **SINOV SAVOLLARI**

1. Balandlikdan tashlangan jismning harakat tenglamasi qanday ifodalaniladi?
2. Gorizontal burchak ostida otilgan jismning uchish uzoqligi ifodasi qanday?
3. Vertikal va gorizontal o'qlar bo'ylab ilgarilanma harakatlar yig'indisidan iborat ekanligini qanday izohlaysiz.

## 1.6. AYLANMA ELASTIK VA NOELASTIK TO'QNASHUVDA BURCHAK MOMENTINING SAQLANISHI.

### Tajriba maqsadi:

- Aylanuvchi modelda ikki jismning  $\omega$  burchak tezligi to'qnashuvdan oldin va keyin yorug'lik datchli ayrlilar orasidan o'tishi orqali o'lchash.

- Burchak momentining elastik va noelastik aylanma to'qnashuvda burchak momentining saqlanish qonunini va energiya saqlanishi qonunini elastik aylanma to'qnashishda aniqlash.

**Kerakli jihozlar:** Sensor-CASSY, aylanuvchi model, ayrga o'rnatilgan yorug'lik datchiklari, ko'p o'zakli kabel, laboratoriya shtativi, kompyuter.

### NAZARIY TUSHUNCHA

Qattiq jism qo'zg'almas OZ o'q atrofida  $\omega$  burchak tezlik bilan aylanayotgan bo'lsin. Shu qattiq jismni elementar moddiy nuqtalarga ajrataylik.

Burchakning chiziqli tezligi

$$g_i = \omega R_i$$

impulsi esa  $p = \Delta m_i g_i = \Delta m_i \omega R_i$  bo'ladi.

Impuls momenti

$$L_z = p_i R_i = \Delta m_i R_i \omega R_i = \Delta m_i R_i^2 \omega \quad (1)$$

Qattiq jismning barcha elementar bo'lakchalari uchun (1) ifodani qo'llab, so'ng ularni yig'indisini olsak, jism impulsining OZ o'qqa nisbatan momenti

$$J_z = \sum_{i=1}^n J_{zi} = \omega \sum_{i=1}^n \Delta m_i R_i^2$$

$\omega = \text{const}$  - qattiq jismning barcha bo'laklari uchun doimiy

$$J_z = \Delta m_i R_i^2 \quad (2)$$

Moddiy nuqtaning OZ o'qqa nisbatan inersiya monenti deb ataladi.

Ta'sir qiluvchi tashqi kuch momentining u beradigan burchak tezlanish kattaligiga nisbatan o'zgarmas kattalik bo'lib, u inersiya momentiga teng bo'ladi.

$$\vec{\beta} = \frac{\vec{M}}{J} \quad \text{yoki} \quad \vec{M} = \vec{\beta} J \quad (3)$$

Formula aylanish dinamikasining asosiy qonunini ifodalaydi.

Jismga qo'yilgan aylantiruvchi kuchning momenti jismning inersiya momentining burchak tezlanishi ko'paytmasiga teng. (3) dan inersiya momenti qancha katta bo'lsa burchak tezlanish shuncha kichik bo'ladi.

Agar aylantiruvchi momentning  $M = const$  va jismning inersiya momenti  $J = const$  bo'lsa, u holda (3) ifodani quyidagicha yozish mumkin.

$$M = J \frac{\omega_0 - \omega}{l} \quad \text{yoki} \quad Ml = J\omega_0 - J\omega \quad (4)$$

$l$  - jismning aylanish burchak tezligi  $\omega_0$  dan  $\omega$  gacha o'zgarishi uchun ketgan vaqt oralig'i.

$L = J_1\omega$  - impuls momenti,  $J_1\omega$  - harakat miqdorining momenti deyiladi. Bu formula harakat miqdori momentining o'zgarish qonunini ifodalaydi.

$$F = Ml$$

$$J_1\omega_1 + J_2\omega_2 + J_3\omega_3 + \dots J_i\omega_i = const \quad (5)$$

Bu yerda  $J_1$  va  $\omega_1$  - izolyatsiyalangan sistemani tashkil qiluvchi jismning inersiya va burchak tezligi.

(5) formula impulsning saqlanish qonunini ifodalaydi.

$J\omega = const$  birgina jismdan iborat izolyatsiyalangan sistema uchun saqlanish qonuni.

Aylanma harakatlanayotgan jismning kinetic energiyasi

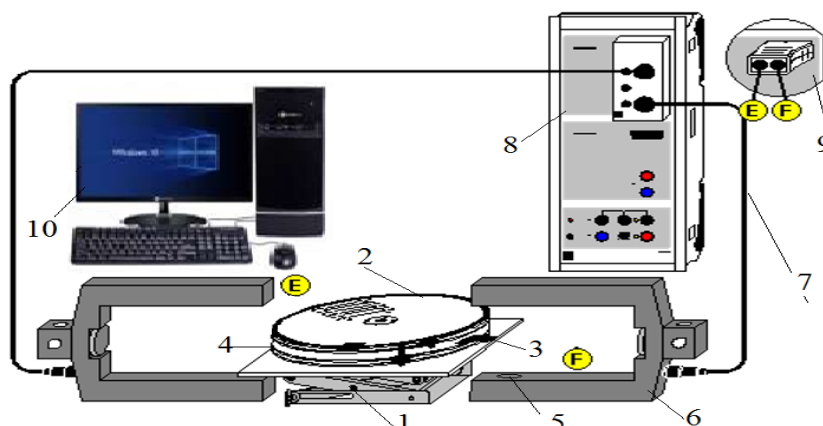
$$W_{q,ayl} = \frac{J\omega^2}{2} \quad (6)$$

$J$  - aylanayotgan jismning inersiya momenti,

$\omega$  - aylanish burchak tezligi.

Jismning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momentining burchak tezlik kvadratiga ko'paytmasining yarmiga teng.

## QURULMANING TAVSIFI



1- rasm. Burchak momenti va energiyaning saqlanishi (aylanma to'qnashuv) namoish qilish.

Taglik (1), yuqori aylanuvchi disk (2), bayroqcha (3), quyi aylanuvchi disk (4), yorug'lik datchigi (5), U- simon yorg'lik datchigining dastagi (E va F yorug'lik datchiklari uchun) (6), U- simon yorg'lik datchigining sensorga ulovchi kabel (7), Sensor- Cassiy qurulmasi (8), sensor va U- simon yorg'lik datchigining sensorga ulovchi qism (9), kompyuter (10). Aylanuvchi model va yorug'lik datchili ayrimining dastlanki vaziyati shunday bo'lsinki to'qnashudan keyin aylanuvchi jismlarga o'rnatilgan bayroqchalar yorug'lik datchili ayri ichidan o'tsin. Bayroqchalar ayri ichidan o'tayotganda yorug'likni to'sib o'tishlari zarur.

## O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

### 1- topshiriq. Aylanma elastik to'qnashuvda burchak momentining saqlanishi.

1. Tajriba uchun ishchi stolini 1-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing.
2. Gassiy Lab 2 dasturidan Открыть пример buyurug' tanlang, Physcis bo'limini belgilab sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing, ekranda mavzular ro'yxati shakillanadi, undan P1.4.2.1-2. Consevation of angular momentum and energy ni tanlab sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing, kompyuter oynasidan Load settings yozuvini tanlang sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing ekranda Открыть bo'lini tanlang va sichqonchani chap tugnasini bir marta bosilgandan so'ng kompyuter ekranida ishchi oyna namayyon bo'ladi.
3. Inertsia momentlari  $J_1$  va  $J_2$  larni jadvalga kiriting (sichqoncha bilan  $J_1$  va  $J_2$  qiymatlarini jadvalga kiritishni faollashtiring).
4. To'qnashuvdan oldin bayroqchalarning E va F yorug'lik datchiklariga nisbatan vaziyatini kiriting (Parametrlar  $\omega_1$ ,  $\omega_2$ ,  $\omega'_1$  va  $\omega'_2$ )
5. **To'rtta turli joylashish holatlari mavjud:**
  - ikkala bayroq ham yorug'lik datchigi orqasida,
  - chap bayroq yorug'lik datchiklari orasida, o'ng bayroq esa yorug'lik datchigi orqasida,
  - o'ng bayroq yorug'lik datchiklari orasida, chap bayroq esa yorug'lik datchigi orqasida,
  - ikkala bayroq ham ichkarida (tutashgan holda).
6. Qurilmani harakatga keltiring, aylanma harakat vaqtida harakatni xarakterlovchi kattaliklarni  tugmani bosib yozib oling.
7. To'qnashuvdan oldin va keyin impuls momenti, kinetik energiya, to'la kinetik energiya va kinetik energiya yo'qotilishini qiymatlarini mos jadvaldan yozin oling
8. Siz olgan natijalaringizni nazriya bilan solishtirish uchun quyidagi formulalardan foydalanishingiz mumkin.

1- Jadval.

| t/r | Kattaliklarning nomlanishi                              | Kattaliklar         | I holat | II holat | III holat | IV holat |
|-----|---------------------------------------------------------|---------------------|---------|----------|-----------|----------|
| 1   | Birinchi bayroqchanning to'qnashuvgacha burchak tezligi | $\omega_1$ (rad/s)  |         |          |           |          |
|     | Ikkinchi bayroqchanning to'qnashuvgacha burchak tezligi | $\omega_2$ (rad/s)  |         |          |           |          |
|     | Birinchi bayroqchanning to'qnashuvdan                   | $\omega'_1$ (rad/s) |         |          |           |          |

|   |                                                               |                            |  |  |  |  |
|---|---------------------------------------------------------------|----------------------------|--|--|--|--|
|   | keyingi burchak tezligi                                       |                            |  |  |  |  |
|   | Ikkinchi bayroqchanning to'qnashuvdan keyingi burchak tezligi | $\omega'_2$ (rad/s)        |  |  |  |  |
| 2 | Birinchi bayroqchanning inersiya momenti                      | $J_1$ (kg·m <sup>2</sup> ) |  |  |  |  |
|   | Ikkinchi bayroqchanning inersiya momenti                      | $J_2$ (kg·m <sup>2</sup> ) |  |  |  |  |
| 3 | Birinchi bayroqchanning to'qnashuvgacha impuls moment         | $L_1$ (J·s)                |  |  |  |  |
|   | Ikkinchi bayroqchanning to'qnashuvgacha impuls momenti        | $L_2$ (J·s)                |  |  |  |  |
|   | Birinchi bayroqchanning to'qnashuvdan keyingi impuls momenti  | $L'_1$ (J·s)               |  |  |  |  |
|   | Ikkinchi bayroqchanning to'qnashuvdan keyingi impuls momenti  | $L'_2$ (J·s)               |  |  |  |  |
|   | To'qnashuvgacha impuls momentining farqi                      | $\Delta L$ (J·s)           |  |  |  |  |
|   | To'qnashuvdan keyin impuls momentining farqi                  | $\Delta L'$ (J·s)          |  |  |  |  |
| 4 | Birinchi bayroqchanning to'qnashuvgacha energiyasi            | $W_1$ (J)                  |  |  |  |  |
|   | Ikkinchi bayroqchanning to'qnashuvgacha energiyasi            | $W_2$ (J)                  |  |  |  |  |
|   | Birinchi bayroqchanning to'qnashuvdan keyingi energiyasi      | $W'_1$ (J)                 |  |  |  |  |
|   | Ikkinchi bayroqchanning to'qnashuvdan keyingi energiyasi      | $W'_2$ (J)                 |  |  |  |  |
|   | To'qnashuvgacha energiyasi farqi                              | $\Delta W$ (J)             |  |  |  |  |
|   | To'qnashuvdan energiyasi farqi                                | $\Delta W'$ (J)            |  |  |  |  |

9. Elastik to'qnashuv uchun quyidagi o'rinli:

$$\omega'_1 = \frac{2J_2\omega_2 + (J_1 - J_2)\omega_1}{J_1 + J_2}, \quad \omega'_2 = \frac{2J_1\omega_1 + (J_2 - J_1)\omega_2}{J_1 + J_2}$$

10. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

## 2- topshiriq. Aylanma noelastik to'qnashuvda burchak momentining saqlanishi.

1. 1- topshiriqning 1-8 bandini takrorlang.

2. Noelastik to'qnashuv uchun quyidagilar o'rinli:

$$\omega'_1 = \omega'_2 = \frac{J_1\omega_1 + J_2\omega_2}{J_1 + J_2}$$

3. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

## SINOV SAVOLLARI

1. Dinamikaning asosiy qonuni formulasini ifodalang va ma'nosini tushuntiring.
2. Turli shakldagi jismlarning inersiya momenti qanday ifodalaniladi?
3. Aylanma elastik to'qnashuvda impuls momenti qanday aniqlanadi.
4. Aylanma harakat energiyasi formulasi qanday ifodalaniladi?

## 1.7. AYLANAYOTGAN JISMGA TA'SIR QILUVCHI MARKAZDAN QOCHMA KUCHNI KOMPYUTER DASTURI YORDAMIDA O'RGANISH.

### Tajriba ishining maqsadi:

- Aylanayotgan jismlarga ta'sir qiluvchi markazdan qochma kuchlarning farqini markazdan qochma kuchni o'lchash qurilmasi va kompyuter dasturi bilan o'lchash.
- Markazdan qochma kuch bilan chastota, radius, massa orasidagi bog'lanishni o'rganish.

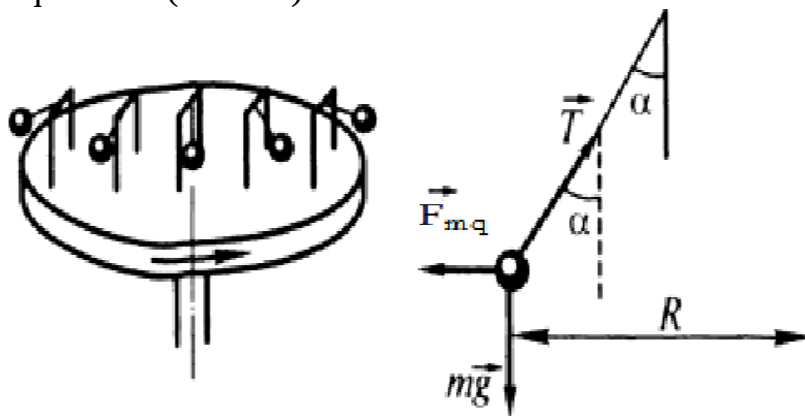
**Kerakli jihozlar:** CASSY-sensori, markazdan qochma kuch qurilmasi, ta'minlash manbai, U simon yorug'lik datchigi, ko'p o'zakli kabel, sterjen asos-taglik, sterjen ustun, ulovchi kabellar, kompyuter.

### NAZARIY QISIM

**Markazdan qochma kuch** - moddiy nuqta (jism) ning erkin harakatini cheklab, uni egri chiziq bo'ylab harakatlanishga majbur etadigan kuch.

Masalan, arqonga bog'langan tosh (moddiy nuqta) gorizontaal tekislikda aylantirilsa, markazga intilma kuch arqon tomondan toshga ta'sir etib, uni aylana bo'yicha harakatlanishga majbur etadi. Markazdan qochma kuch esa tosh tomondan arqonga ta'sir etib, arqonni taranglashtiradi va hatto uzishi mumkin.

Aylanuvchi qurulma bilan bog'langan noinersial sanoq tizimida sharchalarga qandaydir kuch ta'siri seziladi va bu kuch ta'sirida ular  $\alpha$  burchakka chetlashadi. Ta'sir etayotgan kuch aylanish o'qidan radius bo'ylab tashqariga yo'nalganligi tufayli u markazdan qochma inersiya kuchi deyiladi. Markazdan qochma inersiya kuchi ( $F_{mq}$ ) son jihatdan markazga intilma ( $F$ ) kuchga teng bo'lib yo'nalishi jihatidan qarama-qarshidir (1- rasm).



1- rasm

Aylantiruvchi sanoq tizimidagi jismga ta'sir etadigan markazdan qochma inersiya kuch jismning massasiga, aylanayotgan qurulmaning burchak tezligining kvadratiga va aylanish radiusiga mutanosibdir. Markazdan qochma inersiya

kuchlari faqat noinersial sanoq tizimlaridagina mavjuddir. Inersial sanoq tizimlarida esa bunday kuchlar yo'q.

Markazdan qochma kuch qurilmasi ( $F_{mq}$ ) markazdan qochma kuchning  $r$  nuqtada joylashgan jism  $m$  massiga bog'liqligini tajribada namoyon etadi (2-rasmga qarang). Kuchning yo'nalishi 2- rasmga ko'rsatilgan.

Aylanish markazidan  $r$  masofada  $\omega$  burchak tezlik bilan aylanayotgan jismga ta'sir qiluvchi markazdan qochma kuch quyidagicha aniqlanadi

$$F_{m.q.} = ma \quad (1)$$

a markazdan qochma tezlanish bo'lib, uning kattaligini quyidagicha ifodalaymiz:

$$a = \frac{g^2}{r} \quad \text{yoki} \quad a = \omega^2 r \quad (2)$$

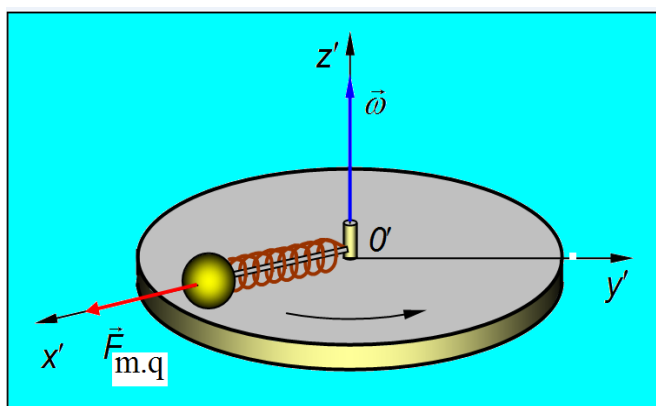
(2) tenglamani Nyutonning II qonuniga qo'ysak markazdan qochma kuch quyidagi ko'rinishni oladi.

$$F_{m.q.} = m \frac{g^2}{r} = m\omega^2 r \quad (3)$$

bu yerda  $m$  - jismning massasi,  $a_i$  - markaziga intilma tezlanish,  $g$  va  $\omega$  chiziqli burchak tezliklari.  $r$  - aylana radiusi.

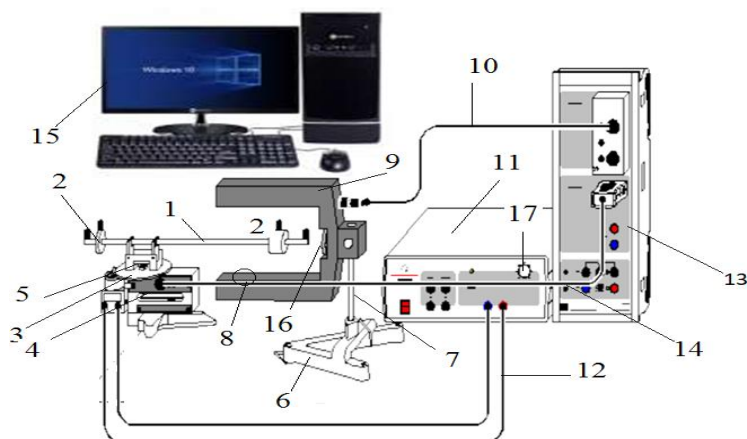
Markazdan qochma kuch qurilmasida sterjenga mahkamlangan  $m$  massali yukka ta'sir qiluchi  $F_{mq}$ -markazdan qochma kuch sterjen orqali va aylanuvchi o'qqa o'rnatilgan tenzodatchikka beriladi. Tenzodatchikka qo'yilgan kuch elektrik usulda o'lchanadi. Tajriba uchun mo'ljallangan aniqlik darajasida prujina deformatsiyasi elastikdir va deformatsiya koeffitsiyenti  $F$  kuchga proporsionaldir.

Tenzodatchik –deformatsiyani kuch miqdori bilan bog'lovchi qurilma.



2- rasm

## QURULMANING TAVSIFI



**3- rasm.**

### Markazdan qochma kuchni aniqlash uchun qurulma tavsifi.

Yuk tutqich sterjen(1), turli massali yuklar(2), aylantiruvchi qurulma asosi(3), aylantiruvchi qurulma tagligi(4), aylanma harakat o'qi(5), V simon taglik(6), sterjen(7), yorug'lik datchigi(8), U- simon yorg'lik dotchigining dastagi(9), U- simon yorg'lik dotchigining sensorga ulovchi kabel(10), tok manbai(aylanuvchi qurulmani harakatga keltirish uchun 0-12V kuchlanishga ega)(11), matorni tok manbaiga ulovchi kabellari(12), Sensor- Cassiy qurulmasi(13), aylanuvchi qurulmani sensorga ulovchi kabel(14), kompyuter(15), kompyuter dastiriga ulanuvchi teymer adapter(16), kuchlanish miqdorini o'zgartiruvchi dastak(17).

Markazdan qochma kuch qurilmasini tutgichli qisqichlar bilan stolga mahkamlang. Yorug'lik datchigi (8) sterjenli asos taglik bilan o'rnatilgan bo'lib shunday joylashtiriladiki aylanayotgan sterjen U-simon datchikli (9) dastak orasidan bimalol o'ta olsun. Ammo U-simon oraliqdan m-massali jism o'tib yorug'likni to'sib qo'ymasligi zarur. Marqazdan qochma kuch qurilmasi kirishga ulanadi, yorug'lik datchigi 6-qutbli kabel bilan taymer korpusi (9) kirishiga Sensor-CASSY ga ulanadi (10) o'tkazgich yordamida. Markazdan qochma kuch aylantirish ikkita kabellar yordamida tok manbaiga (11) ulanadi, (5) aylanuvchi qismga (17) orqali turli kuchlanish bilan burchak tezligi hosil qilinadi. Yuritmani kuchlanish bilan ta'minlash, shunday tanlanishi zarurki bunda o'lchngan kuch qiymati 15 N dan oshmasligi zarur.

Kompyuter manitorida mavjud bo'lgan Gassiy Lab 2 dasturini ishga tushuring. Gassiy Lab 2 dasturidan Открыть пример buyurug' tanlang, Physcis bo'limini belgilab sichqonchani chap tugnasini bir marta bosib, ekranda mavzular ro'yxati shakllanadi, undan P1.4.3.3. Centrifugal force ni tanlab sichqonchani chap tugnasini bir marta bosib, kompyuter oynasidan Load settings ( $r = \text{const}$ ) yozuvini tanlang sichqonchani chap tugnasini bir marta bosib ekranda Открыть bo'lini tanlang va sichqonchani chap tugnasini bir marta bosilgandan so'ng kompyuter ekranida ishchi oyna namayyon bo'ladi. Ekrandagi kuchni 0 ga o'rnatib. Kompensatsiyalovchi yuklarni qurilmaning qisqa dastagiga shunday o'rnatibki bunda o'lchangan  $F$  kuch yuksiz ammo xavfsizlik vintlari bilan mahkamlanganligini nazorat qiling.

## O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH.

### 1-topshiriq.

1. Tajriba uchun ishchi stolini 3-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing.
2. Matorga ulangan aylanuvchi disk tinch holatda bo'lishligini ta'minlang.
3. Yuklarning massasini aniqlang (50g, 75g, 100g).
4. Aylanish o'qidan (5) uzun yelkali sterjen (1) tomonida turgan yukchagacha bo'lgan masofa ( $r$ ) ni o'lchang.
5. (17) dastak bilan matorga kuchlanish miqdorini bering. (kuchlanish miqdori 0 dan 12 V gacha 1,5V intervalida o'zgartirishga erishing).
6. Qurilmani harakatga keltiring,  $\omega$  burchak tezligining qiymatini kompyuterdan  tugmasini bosib yozib oling.
7. O'lchashni kattaroq burchak tezligida davom ettiring.
8. Qator o'lchashlar o'tkazishda (2) m massani turli o'lchamlarida,  $r=\text{const}$  hollarda o'lchashlar olib boring.
9. Har bir individual o'lchashlar seriyasidan keyin burchakli tezlik  $\omega$  ni kuchga bog'liqlik grafigini hosil bo'lishiga erishing.  $F$  va  $\omega^2$  qiymatlarni chiziqli bog'lanishda ekanligini aniqlang.  $F=f(\omega^2)$  bog'liqligini ko'ring va rasmga olib fan daftaridagi hisobot bo'limiga kiriting.
10.  $F=f(\omega)$  bog'liqlik garfigini chizing.
11. Markazdan qochma kuchlar miqdorini aniqlang (3) formuladan hisobalab ularni farqini toping.
12. Tajribani bir necha marta takrorlab o'rtacha va nisbiy xatoliklar topilsin.
13. Olingan natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

1- Jadval. Turli o'lchamli massada,  $r=\text{const}$  bo'lgan hol uchun markazdan qochma kuchni o'lchash.

| t/r | U<br>(V) | $\omega$<br>(rad/s) | m             |               |               | r<br>(m) | F            |              |              | $\overline{F}$<br>(N) | $\Delta F$<br>(N) | $\Delta \overline{F}$<br>(N) | $\mathcal{E}$<br>% |
|-----|----------|---------------------|---------------|---------------|---------------|----------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|-------------------|------------------------------|--------------------|
|     |          |                     | $m_1$<br>(kg) | $m_2$<br>(kg) | $m_3$<br>(kg) |          | $F_1$<br>(N) | $F_2$<br>(N) | $F_3$<br>(N) |                       |                   |                              |                    |
| 1   |          |                     |               |               |               |          |              |              |              |                       |                   |                              |                    |
| 2   |          |                     |               |               |               |          |              |              |              |                       |                   |                              |                    |
| 3   |          |                     |               |               |               |          |              |              |              |                       |                   |                              |                    |
| ... |          |                     |               |               |               |          |              |              |              |                       |                   |                              |                    |

14. Bajarilga tajriba ishi bo'yicha hisobot yozing va uni topshiring.

## 2-topshiriq.

1. Qator o'lchashlar o'tkazishda  $r$  ning turli qiymatlarida, Load settings ( $m = \text{const}$ ) hollarda o'lchashlar olib boring.

2. 1- topshiriqdagi 13-19 bandlarni bajaring.

2- Jadval. Turli o'lchamli radiuslarda,  $m = \text{const}$  bo'lgan hol uchun markazdan qochma kuchni o'lchash.

| t/r | U<br>(V) | $\omega$<br>(rad/s) | r            |              |              | m<br>(kg) | F            |              |              | $\overline{F}$<br>(N) | $\Delta F$<br>(N) | $\Delta \overline{F}$<br>(N) | $\varepsilon$<br>% |
|-----|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|-------------------|------------------------------|--------------------|
|     |          |                     | $r_1$<br>(m) | $r_2$<br>(m) | $r_3$<br>(m) |           | $F_1$<br>(N) | $F_2$<br>(N) | $F_3$<br>(N) |                       |                   |                              |                    |
| 1   |          |                     |              |              |              |           |              |              |              |                       |                   |                              |                    |
| 2   |          |                     |              |              |              |           |              |              |              |                       |                   |                              |                    |
| 3   |          |                     |              |              |              |           |              |              |              |                       |                   |                              |                    |
| ... |          |                     |              |              |              |           |              |              |              |                       |                   |                              |                    |

### SINOV SAVOLLARI

1. Aylanish o'qiga ega bo'lgan jism muvozanatda bo'lishi uchun qanday shart bajarilishi kerak.

2. Massa markazi nima?

3. Aylanma harakat dinamikasining asosiy formulasi.

4. Markazdan qochma kuch aylanma harakat qilayotga jismni qaysi parametrlariga bog'liq.

## 1.8. GIROSKOP PRESSESIYASINI O'RGANISH

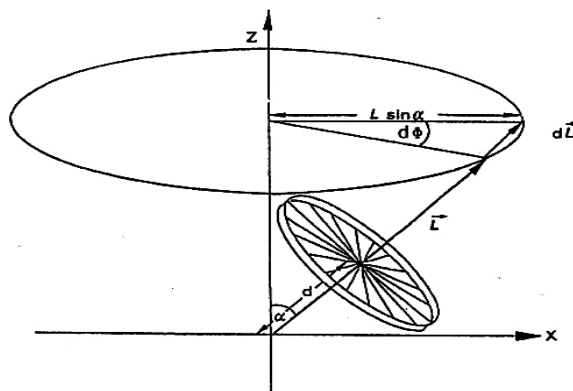
**Tajriba maqsadi:** giraskop harakati xususiyatlari bilan tanishish va giraskop inersiyasi va pressesiya burchak tezligini aniqlash.

**Kerakli jihozlar:** taglikli sterjen, taglikli sterjenlar, leybold multiqisqichlar, burama qisqich, yakkalik, shoxsimon yorug'lik datchigi, katta giroskop, ulanish kabellari, P-sanagich, raqamli sanagich, boshqarish kalitlari, ulanish simlari, shtangosirkul, dinamometr, taglik asos.

### NAZARIY TUSHUNCHA

Giroskop pressesiyasi giroskop tashqi kuch ta'sirida harakatlenganda sodir bo'ladi. Giroskop shindeliga aylantiruvchi moment tasir qilsa shindel bu aylantiruvchi momentga mos aylanmaydi, u faqat to'g'ri burchakka buriladi.

Giroskopda koordinata boshidan o'tuvchi va koordinata boshiga burchak ostida bo'lgan aylanish o'qi mavjud (1-rasm). Koordinata boshidan giroskop og'irlik markazigacha bo'lgan masofa  $s$  va giroskop o'qining Z-o'qiga nisbatan og'ishi  $\alpha$  ga teng.



1-rasm. Giroskop pressesiyasi

Giroskopning impuls momenti quyidagiga teng

$$\vec{L} = J \vec{\omega} \quad (1)$$

bu erda  $\omega$ - giroskop aylanma chastotasi, J-giroskopning 3-o'qqa nisbatan inertsiya momenti.

L qiymati odatda vaqtga bog'liq bo'ladi ya'ni  $L=f(t)$ . Giroskopning og'irlik markaziga ta'sir qiluvchi  $F=mg$  og'irlik kuchi aylantiruvchi momentni hosil qiladi va giroskop o'qining aylanishiga sabab bo'ladi.

$$\vec{M} = \vec{d} \cdot \vec{F} = m \vec{d} \cdot \vec{g} \quad (2)$$

shuning uchun

$$M = Fd \sin \alpha = mgd \sin \alpha \quad (3)$$

M kuch momenti F va d ga bog'liq bo'lib tekislikka nisbatan perpendikulyar yo'nalgan bo'lib dL impuls momentining o'zgarishiga olib keladi. dL impuls momentining o'zgarishi impuls momenti oniy qiymatiga perpendikulyar yo'nalgan. M kuch momenti tomonidan hosil qilingan qo'shimcha impuls momenti quydagicha boladi:

bu erda

$$dL = L \sin \alpha \cdot d\varphi$$

(1-rasmga qarang), quyidagi kelib chiqadi

$$M = L \sin \alpha \frac{d\varphi}{dt} = L \sin \alpha \omega_p \quad (4)$$

bu yerda

$$\omega_p = \frac{d\varphi}{dt} \quad (5)$$

$\omega_p$  precession chastota

(2), (1) va (3) asosida quyidagini olish mumkin:

$$\omega_p = \frac{m \cdot g \cdot d}{L} = \frac{d}{\omega} \cdot \frac{m \cdot g}{J} \quad (6)$$

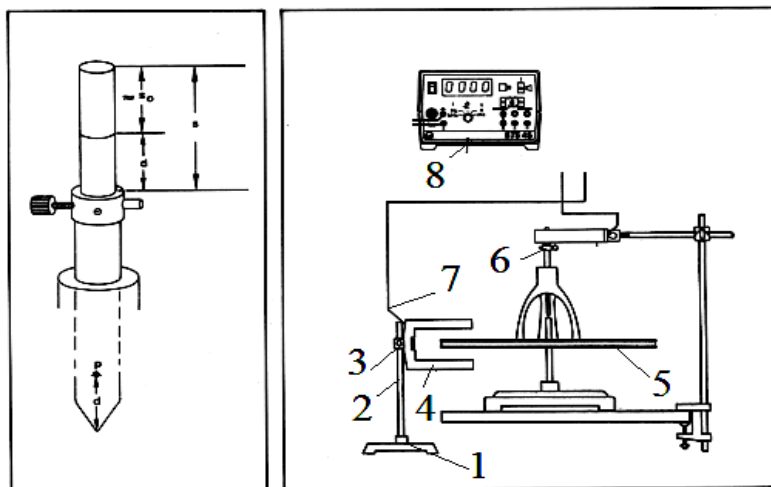
Bundan aytish mumkinki pressesiya chastotasi d og'irlik markazidan tayanch nuqtasigacha bo'lgan masofaga to'g'ri proporsional va giroskop aylanish chastotasiga teskari proporsionaldir. Bu giroskop shpindeli va Z-o'q orasidagi burchakka bog'liq emas.

(bu yerda differensiallash uchun  $\omega_p \ll \omega$  giroskop tez deb qaralgan) d bevosita ayalana olmaydi chunki giroskop og'irlik markazi P noma'lumdir. O'lchashlardagi bu kattalik-masofa giroskop spindelining quyi nuqtasi va giroskop azimuti yuqori nuqtasi orasidagi masofadir.  $s_0$  giroskop spindeli yuqori nuqtasi va spindelidagi ochilgan pazi orasidagi masofa. Giroskop og'irlik markazi P bo'ladi agar yuqoridan qo'yilgan qismi aniq pazga joylashsa. Agar  $s = s_0$  giroskop og'irlik markazi va tayanch nuqtalari ustma-ust tushsa, ya'ni giroskop muvozanat holatini saqlasa, chapga yoki o'ngga og'masa (erkin giroskop kabi). Tanlangan har qanday P uchun

$$d = s_0 - s \quad (7)$$

d qiymati musbat yoki manfiy va pressesiya harakat yo'nalishi soat strelkasi bo'ylab yoki teskari bo'lishi tayanch nuqtasi o'g'irlik markazidan yuqorida yoki pastda bo'lishiga bog'liq.

## QURULMA TAVSIFI



2- rasm

3-rasm

Taglik (1), sterjin (2), qisqich (3), U simon yorug'lik datchigi (4), g'ildirak (5), giroskop spindeli (6), ulovchi kabel (7), raqamli sanagich (8),

Pressesiya chastotasini o'lchash uchun yorug'lik datchigidan, boshqaruv bloki va raqamli sanagich (8) dan foydalaning. Pressesiya davrini o'lchash uchun 3-rasmda ko'rsatilgan boshqaruv blokdan qora tugmasini bosing. Raqamli sanagichni (8) chastotani o'lchash holatiga o'tkazing.

Aylanma chastota  $\omega$  giroskop spitsalari bilan (2) yorug'lik datchigidan o'tishi chastotasi  $\nu$  bilan aniqlinishi mumkin. Bir aylanish yorug'lik yo'lidan 18 marta o'tishga mos keladi (18 ta spetsa):

$$\omega = 2\pi\nu = 2\pi/T \quad (8)$$

(N: sanagich ko'rsatishi)

## J inertsia momentini aniqlash.

J qiymati qo'shimcha yuk massasini R masofa va T aylanish davri orqali hisoblanishi mumkin.

$$J = mR\left(\frac{gT^2}{4\pi^2} + R\right) \quad (9)$$

g-erkin tushish tezlanishi.

## O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1. Tajriba uchun ishchi stolini 3-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing.
2. Maqbul  $s_0$  va  $s$  masofalarni stangensirkul bilan olchang. (2- rasmdagidek)

3. d masofani (7) ifoda orqali aniqlang.
4. Grooskop massasi  $m$  ni o'lchang (3 kg).
5. Grooskopning aylana radiusi  $R$  ni o'lchab oling.
3. Grooskopni vertikal o'qqa o'rnatish va asos taglikni shunday joylashtiringki girooskop spetsiyalari yirug'lik datchigi virtual o'qida yorug'lik nurini kesib o'tsin.
4. Girooskopni harakatga keltiring. O'ng qo'l bilan yuqori nuqtasidan mahkam ushlab chap qo'l bilan girooskop g'ildiragini aylantiring, girooskop tez aylansin ammo 3 Hz dan tezroq emas.
5. Girooskop shpindelini sekin qiyalatingki girooskop pressessiyasi shindellarning qo'shimcha tebranishisiz sodir bo'lsin.
6. Qurulmadagi (8) raqamli sanagichdan FREQUENCY tugmasini bosib girooskopning aylanma chastotasini ( $\nu$ (Hz)) holaga o'tkazib yozib oling.
7. Olingan natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

1- jadval.

| t/r | t<br>(s) | $\nu$<br>(Hz) | $\omega$<br>(rad/s) | T<br>(s) | J<br>(kg·m <sup>2</sup> ) | L<br>(kg·m <sup>2</sup> /s) | $\omega_p$<br>(rad/s) |
|-----|----------|---------------|---------------------|----------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1   |          |               |                     |          |                           |                             |                       |
| 2   |          |               |                     |          |                           |                             |                       |
| 3   |          |               |                     |          |                           |                             |                       |
| ... |          |               |                     |          |                           |                             |                       |
|     |          |               |                     |          |                           |                             |                       |

8.  $L=f(t)$  funksiya grafigini chizing.
9. Girooskop sekin-asta sekinlashguncha  $\omega_p$  va  $\omega$  qiymatlarni bir necha marta o'lchang.
10.  $\omega_p=f(\omega)$  funksiya grafigini chizing.
11. Bajirilga tajriba ishi bo'yicha hisobot yozing va uni topshiring.

## SINOV SAVOLLARI

1. Girooskop deb qanday qurilmaga aytiladi?
2. Girooskop prosessiyasini tushintring.
3. Kuchlar moment qanday aniqlanadi.
4. Girooskopning inersiya moment qanday hisoblanadi?
5. Girooskopning qanday maqsadlarda foydalanishini tushintring.

## 1.9. GIROSKOPNING HARAKATINI O'RGANISH

**Ishning maqsadi:** Girooskop harakatining xususiyatlari bilan tanishish va girooskopning presessiya burchak tezligi, hamda harakat miqdori momentini aniqlash.

**Kerakli jihozlar:** FPM-01 qurilmasi, girooskop.

### NAZARIY TUSHUNCHA

O'zining simmetriya o'qi atrofida tez aylanadigan qattiq jism girooskop deb ataladi.

Agar girokopga ta'sir etayotgan tashqi kuchlar momenti nolga teng bo'lsa, u holda momentlarning

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M} \quad (1)$$

tenglamasiga asosan, harakat miqdorining momenti  $L$  o'zgarmas bo'ladi va girooskopning aylanish o'qi o'zining fazodagi vaziyatini saqlaydi. Agar tashqi kuchlar momenti noldan farqli bo'lsa, girooskop shunday harakat qiladiki, har bir paytda uning faqat qandaydir bitta nuqtasi qo'zg'almay turadi, xolos. Bu holda girooskopning harakatini qo'zg'almas nuqtadan o'tuvchi oniy o'q atrofida anlanish deb qarash mumkin.

Tashqi kuchlar momenti bo'lmaganda ( $M=0$ ) (1)-tenglamadan quyidagini topamiz.

$$\vec{L} = \text{const}$$

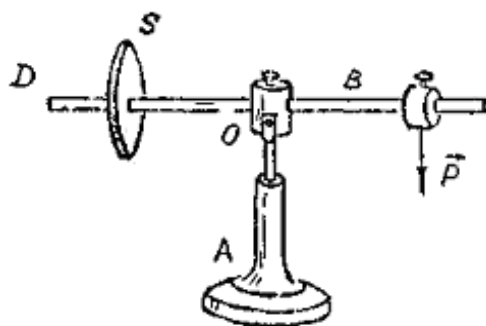
Harakat miqdorining bosh momenti, aylanishdagi oniy burchak tezligining qiymatlari o'zgarmasa, girooskopning simmetriya o'qi fazoda qo'zg'almaydi.

Tashqi kuchlar juda kichik vaqt ichida ta'sir qilganda  $\Delta t$ , (1) tenglamaga asosan harakat miqdori orttirmasi ( $\Delta L = \Delta t M$ ) ham juda kichik bo'ladi va harakat miqdori bosh momentining, oniy burchak tezlikning, hamda girooskop simmetriya o'qining yo'nalishlari fazoda juda kam o'zgaradi. Agar tashqi kuchlar ancha vaqt davomida tasir etib tursa, garchi ularning momentlari kichik bo'lsada, harakat miqdori bosh momentining, oniy burchak tezlikning, girooskop simmetriya o'qining fazodagi yo'nalishlari o'zgaradi.

Girooskopning bunday harakati *p r e s e s s i y a* deb ataladi.

Masalan, girooskop - A ustunga nisbatan ham vertikal, ham gorizontal yo'nalishda harakat qila oladigan B sterjenning D uchiga o'rnatilgan S diskdan iborat bo'lsin (1-rasm).

Agar sistema (1-rasmda ko'rsatilgan)  $R$  yuk bilan muvozanatlangan bo'lsa, disk aylanganda ham muvozanatini saqlaydi ( $M=0$ ).

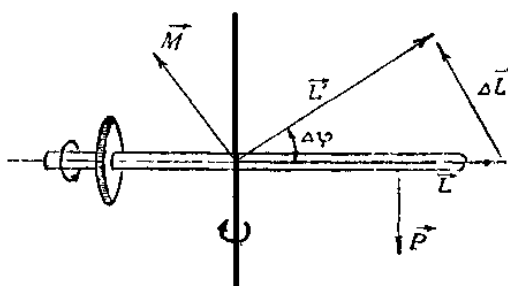


1-rasm

Agar sistemani  $P$  yuk yordamida muvozanat holatidan chiqaradigan bo'lsak, u holda giroskopga tashqi kuchning momenti:

$$M = Pl \quad (2)$$

ta'sir qiladi, bundagi  $P$ -yukning massasi,  $l$ -massa markazidan yukkacha bo'lgan masofa. Endi giroskopning harakatini mukammalroq o'rganish uchun 1-rasmni soddaroq holini ko'rib chiqamiz (2-rasm).



2-rasm

Kuch momenti  $M$  rasm tekisligiga tik bo'lib, o'quvchidan rasm orqasiga qarab yo'nalgan. Chizmadan ko'rinib turibdiki,  $\vec{L}$  va  $\Delta\vec{L}$  vektorlarning yig'indisi bo'lmish  $\vec{L}'$  vektor gorizontaal tekislikda  $\vec{L}$  vektorga nisbatan  $\Delta\varphi$  burchakka burilgan bo'ladi.

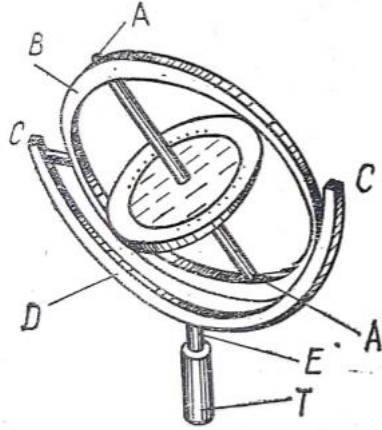
Burovchi moment ta'sirida giroskop qo'shimcha impuls momenti oladi:

$$\Delta\vec{L}_z = \vec{M}_z \Delta t. \quad (3)$$

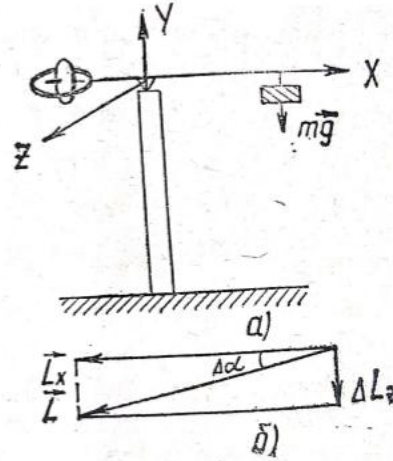
Bu qo'shimcha impuls momenti boshlang'ich impuls momenti  $\Delta\vec{L}_x$  bilan vektorial qo'shiladi. Yig'indi moment  $\Delta\vec{L}_x$  momentga nisbatan  $\Delta\alpha$  burchakka buriladi. Bu burilish vertikal o'qqa nisbatan bo'ladi:

$$\Delta\alpha = \Omega_y \Delta t, \quad (4)$$

bu yerda  $\Omega_y$  - shu burilishning burchak tezligidir. Natijada, butun giroskop, ubilan birga  $\Delta\vec{L}_x$  va  $\Delta\vec{L}_y$  ham buriladi. Burilishning yo'nalishi  $\omega_x$  va  $\vec{M}_z$  yo'nalishga bog'liq.



3-rasm



4-rasm

4-b rasmda ifodalangan vector diagrammada:

$$\frac{\Delta L_z}{L_x} = \frac{M_z \Delta t}{I_x \omega_x} = \operatorname{tg}(\Delta\alpha) \approx \Delta\alpha = \Omega_y \Delta t, \quad (5)$$

bunda

$$\Omega_y = \frac{M_z}{I_x \omega_x} \quad (6)$$

Endi presessiya burchak tezligini, ya'ni tashqi kuchlarning o'zgarmas momenti ta'siri ostida giroskop o'qining aylanish tezligini topish kerak. Harakat miqdorining bosh momenti vektori  $L$  ning  $\Delta t$  vaqt ichidagi o'zgarishi (2-rasmga qarang)  $\Delta\vec{L} = \vec{L}\Delta\varphi$  bo'ladi, bundan

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{L} \frac{d\varphi}{dt}$$

Bularning limitini olsak,

$$\bar{\Omega} = \frac{d\varphi}{dt} \quad (7)$$

$\Omega$  - kattalik presessiya burchak tezligidir

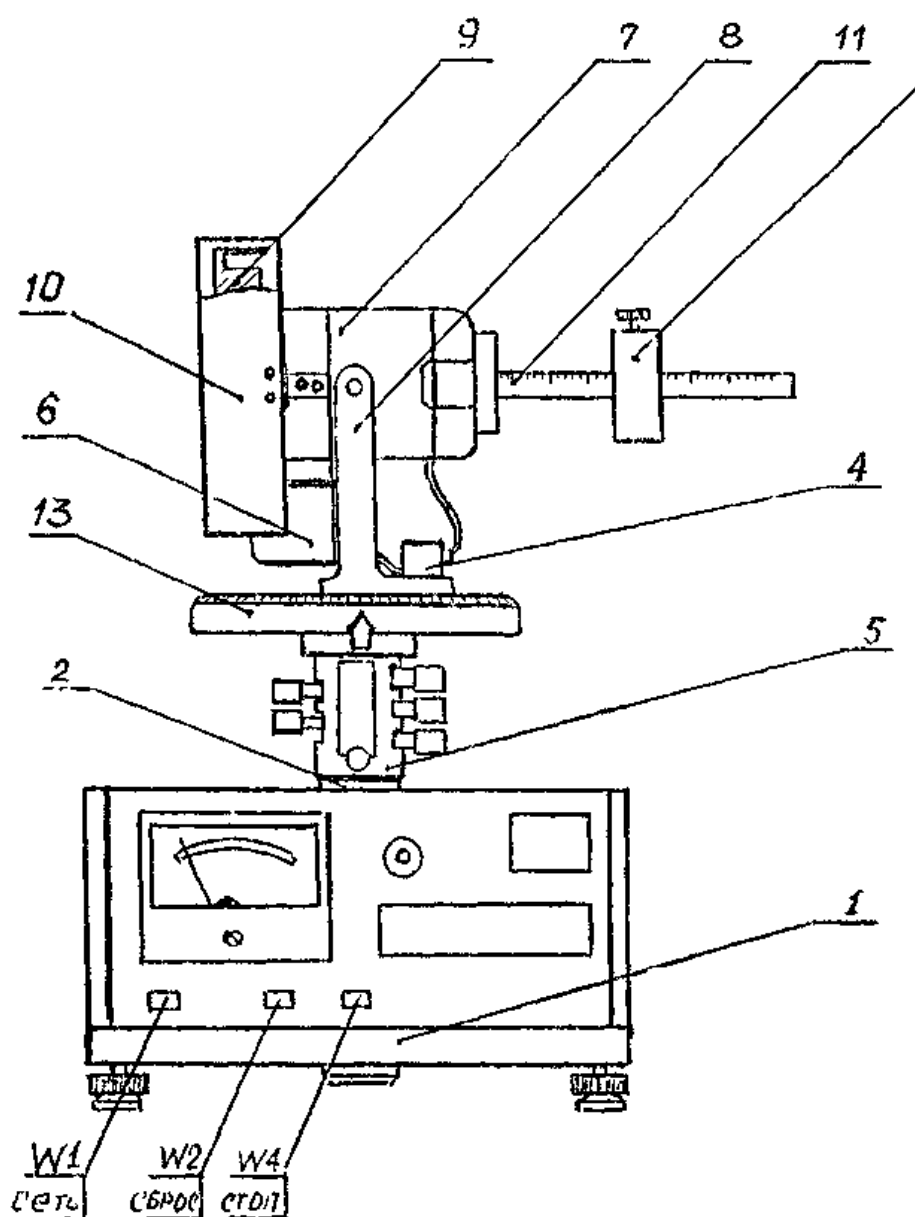
$$\frac{dL}{dt} = \vec{M} \quad \text{va} \quad \vec{L} = \omega \vec{I} \quad (8)$$

bo'lgani uchun

$$\vec{\Omega} = \frac{\vec{M}}{\omega I} \quad \text{yoki} \quad \vec{M} = \vec{I} \omega \vec{\Omega} \quad (9)$$

(8) va (9) formulalardan giroskop harakat miqdori momentini oson topish mumkin,

$$\text{yani} \quad \vec{L} = \frac{\vec{M}}{\vec{\Omega}} \quad (10)$$



5-rasm

## QURILMANING TAVSIFI

Bu asbob (5-rasmda tasvirlangan) (4) 1-fotoelektrik qayd qilg'ich (3) kronshteyn bilan birgalikda (2) ustunga o'rnatilgan bo'lib, ustun o'z navbatida asbobni gorizontaal vaziyatda ushlab turishga imkon beruvchi oyoqchalar ustiga o'rnatilgan (1) asosga mahkamlangan. (5) aylanuvchi tutashtirgich girooskopni vertikal atrofida aylanishga imkon beradi. (7) elektr dvigatel esa (8) kronshteynga biriktirilgan bo'lib, dvigatel valiga (9) disk o'rnatilgan. Elektrdvigatel korpusiga mahkamlangan (11) richag bo'limlarga ajratilgan bo'lib, unga (12) yuk o'rnatilgan. Yukni richag bo'yicha siljitish mumkin. 1 va 2 fotoelektrik qayd qilgichlar yordamida boshqarish blokiga girooskopning aylanish burchagi va dvigatelning aylanish tezligi haqida signal keladi.

## O'LGHASHLAR VA NATIJALARNI HISOBLASH

1. Siljuvchi yuk yordamida sistemani muvozanat holatiga keltiring.
2. Qurilmani tok manbaiga ulang.
3. SET tugmachasini bosib, dvigatelni harakatga keltiring va presessiya yo'qligiga ishonch hosil qiling.
4. Yukni tayanch nuqtasidan 2 bo'lim o'ngga yoki chapga siljitib, siljish masofasi  $\Delta l$  ni qayd qiling.
5. REG.SKOROSTI tumblari yordamida dvigatel aylanishini 600 ayl/min ga keltiring.
6. SBROS tugmachasini bosing.
7. Girooskopning burilish burchagi  $30^\circ$  dan kam bo'lmagan holda STOP tugmachasini bosing.
8. Hisoblagichdan girooskopning burilish burchagi va presessiya vaqtini yozib olib, presessiya burchak tezligi  $\Omega$  ni quyidagi formula yordamida hisoblang.  $\Omega = \frac{\varphi}{t}$
9. Yukning og'irligi va  $\Delta l$  ning qiymatini bilgan holda tashqi kuchlar momenti  $M$  ni  $M = P \Delta l$  formula yordamida hisoblang.
10. Girokopga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar momenti  $M$  ni va presessiya burchak tezligi  $\Omega$  ni bilgan holda girokop harakat miqdori momenti  $L$  ning qiymatini hisoblang.  $L = \frac{M}{\Omega}$
11. 1-10 punktlarni  $\Delta l$  ning boshqa qiymatlari uchun ham bajaring.
12. Olingan hisoblash natijalarni (SI sistemasida ifodalab) quyigicha jadvalga yozing.

1- Jadval.

| № | $\Delta l(\text{m})$ | $\varphi(\text{rad})$ | $T(\text{s})$ | $\Omega(\text{rad/s})$ | $P(\text{N})$ | $M(\text{N}\cdot\text{m})$ | $L(\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{s})$ |
|---|----------------------|-----------------------|---------------|------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------------------------|
| 1 |                      |                       |               |                        |               |                            |                                         |
| 2 |                      |                       |               |                        |               |                            |                                         |
| 3 |                      |                       |               |                        |               |                            |                                         |
| 4 |                      |                       |               |                        |               |                            |                                         |

### SINOV SAVOLLARI

1. Girooskop deb nimaga aytiladi?
2. Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuniga ta'rif bering.
3. Sistemaning muvozanat shartini yozing.
4. Kuchlar momentining yo'nalishi qanday aniqlanadi?
5. Agar burchak tezligi o'zgarsa, presessiya tezligi qanday o'zgaradi?

## 1.10. MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA ERKIN TUSHISH TEZLANISHNI ANIQLASH.

### Tajriba maqsadi:

- Mayatnik tebranish davrining mayatnik og'ish burchagiga bog'liqligini aniqlash.
- Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash.

**Kerakli jihozlar:** osmaga osilgan sharli mayatnik, o'lchov tasmasi strelkalik ko'rsatkich bilan, sekundamer.

### NAZARIY QISIM

Oddiy matematik mayatnik deganda  $L$  uzunlikdagi vaznsiz ipga osilgan  $m$  massali moddiy nuqta tushuniladi. Ishqalanish kuchlarini hisobga olmagan holda moddiy nuqta harakati Nyuton qonunlari asosida nazariy ravishda quyidagicha tavsiflanishi mumkin:

$$J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + D \sin \varphi = 0 \quad (1)$$

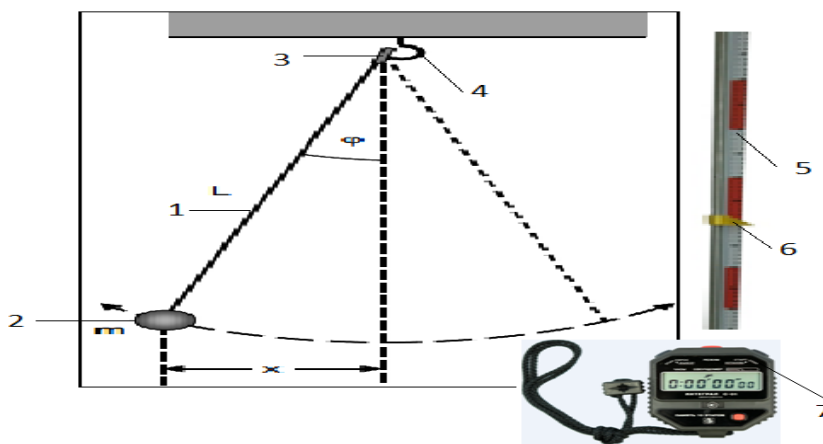
$J = mL^2$ : osma chetiga nisbatan inertsia momenti

$D = m \cdot g \cdot L$ : kuch momenti,  $g$ : erkin tushish tezlanishi,  $\varphi$ : og'ish burchagi,  $m$ : massa  
Kichik burchaklar ( $\sin \varphi = \varphi$ ) uchun (1) tenglama yechimi moddiy nuqta quyidagi tebranish davri bilan o'g'irlik kuchi ta'sirida tebranishini ko'rsatadi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{D}} \quad \text{yoki} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (2)$$

Shuning uchun mayatnik tebranish davri  $T$  va  $L$  uzunligini bilgan holda matematik mayatnikdan  $g$  erkin tushish tezlanishini aniqlash mumkin.

### QURULMANING TAVSIFI



1-rasm.  $L$  uzunlkdagi  $\varphi$  burchakka og'dirilgan matematik mayatnik tebranish davrini aniqlash qurilmasi.

Matematik mayatnik ipi (1), m massali sharcha (2), mayatnik ilmog'i (3), mexanik ilmoq (4), o'lchov tasmasi (5), o'lchov tasmasi ko'rsatkichi (6), sekundamer (7).

Osma matematik mayatnikning ilgagi (3) shunday mexanik ilgakka (4) ulanadikim matematik mayatnik (1), (2) erkin harak qila olish imkoniyatiga ega bo'lsin. Sharchaning (2) muvozonat vaziyatini belgilash uchun sharchaning massa markazi vertikal chizg'ich (5) ning uchi (6) bilan bir nuqtaga keltiriladi. Sharcha biror X nasofaga siljatilganga o'lchov tasmasi vertikal tasma (5) ning uchidan (6) sharchaning massa markazigacha bo'lgan masofa (7) bilan o'lchanadi so'ngra sharchaning massa markazidan ushlab erkin qo'yib yuboriladi va tebranish amalga oshiriladi.

## O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

### 1-topshiriq. Mayatnik tebranish davrining mayatnik og'ish burchagiga bog'liqligini aniqlash.

1. Mayatnik uzunligini L o'lchang.
2. Chizg'ichli tasmaning strelkasini (6) sharning (2) markaziga mos keltiring.
3. Chizg'ichli tasmaning strelkasidan (6) boshlab sharni muvozonat vaziyatidan X masofaga ( $X_1=10\text{sm}$ ,  $X_2=15\text{sm}$  va  $X_3=20\text{sm}$ ) siljiting.
4. X va L masofalardan foydalanib matematik mayatning muvozonat vaziyatidan og'ish burchagini  $\sin \varphi = x/L$  bilan aniqlang.
5. Muvozonat vaziyatidan chetlashgan sharchani tebranma harakatga keltiring.
6. Tebranishlar sonini N (10 tadan ortiq) va unga mos t vaqtni yozib oling.
7. Mayatning tebranish davrini  $T=t/N$  ifodadan aniqlang.
8. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

1- jadval.

| t/r | L<br>(m) | X<br>(m) | $\varphi$<br>(rad) | T<br>(s) | N<br>(ta) | T<br>(s) |
|-----|----------|----------|--------------------|----------|-----------|----------|
| 1   |          |          |                    |          |           |          |
| 2   |          |          |                    |          |           |          |
| 3   |          |          |                    |          |           |          |
| ... |          |          |                    |          |           |          |

9.  $T=f(\sin^2 \varphi/2)$  tebranish davrini og'ish burchagiga bog'liqlik garfigini chizing.
10. Grafikdan xulosa chiqarib, tebranish davrini qaysi og'ish burchallaridan hisoblash mumkinligini aniqlang.
11. Bajarilga tajriba ishi bo'yicha hisobot yozing va uni topshiring.

### 2- topshiriq. Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash.

Mayatnik tebranishi ham energiya aylanishini kuzatish mumkin bo'lgan standart namunadir.

$$J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + D \sin \varphi = 0 \quad (1)$$

(1) tenglamani  $t$  vaqt bo'yicha integrallab energiyaning saqlanish tenglamasi ilinishi mumkin:

$$L^2 \left( \frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + 2gL(1 - \cos \varphi) = E_{kin} + E_{pot} = E_0 = const \quad (2)$$

$E_{kin}$ : kinetik energiya

$E_{pot}$ : potensial energiya

$E_0$ : to'la energiya

$\varphi = \alpha$  bo'lgan nuqtada burchak tezlik nolga tenglashadi va potensial energiya minimal qiymatga erishadi:

$$E_0 = 2gL(1 - \cos \alpha) \quad (3)$$

(2) tenglamani (3) tenglama bilan almashtirsak kattaroq og'ish burchaklari uchun tebranish davrini aniqlash imkoni paydo bo'ladi:

$$\frac{T}{4} = \sqrt{\frac{L}{g}} \int_0^\alpha \frac{d\varphi}{\sqrt{\cos \varphi - \cos \alpha}}$$

$k = \sin(\varphi / 2)$  deb olsak tebranish davri quyidagicha aniqlanadi.

$$T = 4 \sqrt{\frac{L}{g}} \int_0^{\pi/2} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}} = 4 \sqrt{\frac{L}{g}} K(k)$$

Bu erda  $K(k)$  birinchi tartibli elliptik integral. Tebranish davri uchun berilgan  $K(k)$  tartibni davom ettirsak:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left( 1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\varphi}{2} + \dots \right) \quad (4)$$

O'gish burchagining kichik qiymatlarida ya'ni  $\varphi \leq 7^\circ$  bo'lsa, tebranish davrini hisoblashda (4) tenglikdagi ifoda  $\frac{1}{4} \sin^2 \frac{\varphi}{2} + \dots$  nolga intiladi. Shu sababli (4) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (5)$$

(5) ifodadan erkin tushish tezlanish ( $g$ ) ni topamiz.

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \quad \text{yoki} \quad g = \frac{4\pi^2 N^2 L}{t^2} \quad (6)$$

### O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH.

1. Mayatnik uzunligini  $L$  o'lchang.
2. Chizg'ichli tasmaning strelkasini (6) sharning (2) markaziga mos keltiring.
3. Chizg'ichli tasmaning strelkasidan (6) boshlab sharni muvozonat vaziyatidan  $X$  masofaga ( $X_1=10\text{sm}$ ,  $X_2=15\text{sm}$  va  $X_3=20\text{sm}$ ) siljiting.

4. X va L masofalardan foydalanib matematik mayatning muvozonat vaziyatidan og'ish burchagini  $\sin \varphi = x/L$  bilan aniqlang.
5. Muvozonat vaziyatidan chetlashgan sharchani tebranma harakatga keltiring.
6. Tebranishlar sonini N (10 tadan ortiq) va unga mos t vaqtni yozib oling.
7. Mayatning tebranish davrini  $T=t/N$  ifodadan aniqlang.
8. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

2- jadval.

| t/r | L<br>(m) | X<br>(m) | $\varphi$<br>(rad) | t<br>(s) | N<br>(ta) | T<br>(s) |
|-----|----------|----------|--------------------|----------|-----------|----------|
| 1   |          |          |                    |          |           |          |
| 2   |          |          |                    |          |           |          |
| 3   |          |          |                    |          |           |          |
| ... |          |          |                    |          |           |          |

9. 2- jadval natijalaridan foydalangan holda erkin tushish tezlanishini (6) tenglamadan aniqlang.  $g = \frac{4\pi^2 N^2 L}{t^2}$  (6)

10. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

3- jadval.

| t/r | g<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $\bar{g}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $\Delta g$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $\Delta \bar{g}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $\varepsilon$<br>% |
|-----|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|--------------------|
| 1   |                          |                                  |                                   |                                         |                    |
| 2   |                          |                                  |                                   |                                         |                    |
| 3   |                          |                                  |                                   |                                         |                    |
| ... |                          |                                  |                                   |                                         |                    |

11. Tajribadan topilgan erkin tushish tezlanishini qiymatini adabiyotlardagi qiymat bilan solishtiring.
12. Bajarilga tajriba ishi bo'yicha hisobot yozing va uni topshiring.

### SINOV SAVOLLARI

1. Matematik mayatnik deb qanday qurilmaga aytiladi?
2. Matematik mayatnik garmonik asilyatorlar tarkibiga kiradi?
3. Matematik mayatnik tebranishini vujudga keltirish uchun nima sababdan kichik burchakka og'ishi ta'minlanadi?
4. Matematik mayatnikning tebranish davri qanday qilib topiladi?
5. Matematik mayatnikning qo'llanish sohalarini tushuntiring.

## 1.11. TEBRANMA HARAKAT QONUNLARINI O'RGANISH. MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA OG'IRLIK KUCHI TEZLANISHNI ANIQLASH.

### Ishning maqsadi:

- tebranma harakat qonunlarini amalda kuzatish.
- matematik mayatnik yordamida og'irlik kuchi tezlanishni aniqlash.

**Kerakli jihozlar:** FPM-01 qurilmasi.

### NAZARIY TUSHUNCHA

Mexanik harakatni xarakterlovchi kattaliklar davriy ravishda o'zgarib turadigan harakat tebranma harakat deb ataladi.

Tebranma harakat qonunlarini o'rganishda mayatniklardan foydalaniladi.

Matematik mayatnik deb, cho'zilmaydigan vaznsiz ipga osilgan sharcha matematik mayatnik deyiladi.

Mexanik harakatni xarakterlovchi kattaliklar davriy ravishda o'zgarib turadigan harakat tebranma harakat deb ataladi. Tebranma harakat elastik yoki kvazielastik kuchlar ta'sirida yuzaga keladi. Masalan purjinaga osilgan yuk elastik kuch ta'sirida tebransa, ipga osilgan sharcha kvazielastik kuchlar ta'sirida tebranma harakat qiladi. Guk qonuniga asosan elastiklik kuchi siljish masofasiga proporsionaldir:

$$F = -kx$$

Bunda minus ishora elastiklik kuchi doim muvozonat holatiga teskari yo'nalishini ko'rsatadi, k- purjinaning elastiklik xususiyatini xarakterlaydigan koeffitsiyent. Nyutonning II qonuniga asosan (havoning qarshilik kuchi hisobga olinmasa):

$$m\ddot{x} = -kx \quad \text{yoki} \quad \ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$

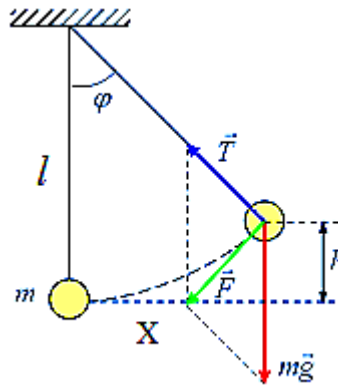
Munosabat hosil qilinadi.

Agar  $\frac{k}{m} = \omega_0^2$  belgilash kiritilsa, u holda

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

Bunda  $x = A \sin(\omega_0 t + \alpha)$

Demak, harakat sinus yoki cosinuslar qonuni bo'yicha o'zgarar ekan. Bunday harakat garmomik tebranma harakat deyiladi.



1- rasm.

Bu mayatnik muvozanat holatidan chiqarilsa, og'irlik kuchining tangensial tashkil etuvchisi  $F$  muvozanatlashmay qoladi. Tabiati jihatdan elastik bo'lmagan, lekin bog'lanishiga ko'ra elastik kuchga o'xshash kuchlar kvazielastik kuchlar deyiladi. Mayatnikni tebranma harakatini aylanma harakatning bir qismi deb qarash mumkin. Mayatnik inersiya momenti  $I = ml^2$ , aylantiruvchi kuch momenti  $M = -Fl = -mg \sin \varphi l = -mgl \sin \varphi$  bo'lgni uchun aylanma harakat dinamikasining tenglamasiga asosan mayatnikning tebranma harak tenglamasi:

$$l^2 \ddot{\varphi} = -gl \sin \varphi$$

yoki

$$\ddot{\varphi} + \frac{g}{l} \varphi = 0 \quad (1)$$

$\frac{g}{l} = \omega_0^2$  belgilash kiritib,

$$\ddot{\varphi} + \omega_0^2 \varphi = 0$$

Tenglama hosil qilimadi. Matematik mayatnikning tebranish davri:

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

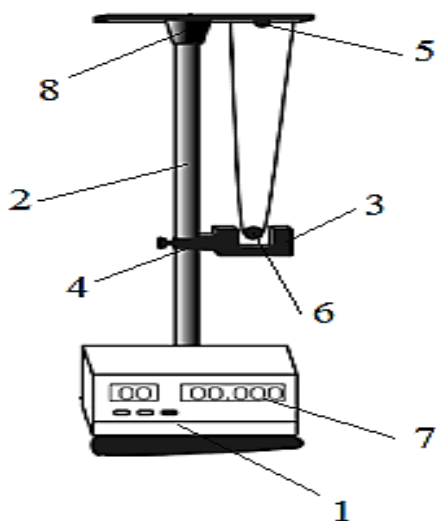
Bu ifoda yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash mumkin. Lekin bu ifodadagi fizik kattaliklarni yuqori aniqlikda o'lchash qiyin. Hisoblash va o'lchash xatoliklarini kamaytirish maqsadida quyudagi usuldan foydalanamiz. (2) ifodani kvadratga ko'tarib,

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g} \quad (3)$$

bundan quyidagini hosil qilamiz:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \quad (4)$$

## QURILMANING TAVSIFI



2-rasm.

Qurilma 2-rasmda tasvirlangan. (1) asos uning gorizontol holatini ta'minlovchi rostlovchi oyoqchalar bilan jihozlangan. Qurilma asosiga (2) ustun o'rnatilgan bo'lib, unga (3) fotoelastik qayd qilgichli, (8) ustki va (4) pastki kronshteynlar mahkamlangan. Matematik mayatnik uzunligini (5) ip o'rovchi moslama yordamida o'zgartirish mumkin, uzunlik kattaligini esa ustunga o'rntilgan shkala yordamida aniqlanadi.

Qurilmaning asosiga (7) universal millisekundomer, fotoelektrik qayd qilgichga kuchlanish uzatuvchi manba o'rnatilgan.

## O'LCHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

### 1-topshiriq. Tebranma harakat qonunlarini amalda kuzatish.

1. Matematik mayatnik uzunligini o'lchang. Shunga ahamiyat berish kerakki, sharchadagi chiziq belgi qayd qiluvchidagi chiziqqa mos kelsin.
2. Mayatnik muvozanat holatidan chiqariladi va chizg'ich yordmida siljishning maksimal qiymati o'lchanadi ( $X_m=A$ ).
3. Shu holatda ikkinchi chizg'ich yordamida  $h$  balndlik va  $tg\varphi = \frac{A}{h}$  formula orqali boshlang'ich faza aniqlanadi.
4. 50 marta tebranish uchun ketgan vaqt sekundamer bilan o'lchanib, tebranishlar davri aniqlanadi.
5. Aniqlangan kattaliklardan foydalanib  $x=f(t)$  funksiya garfigini chizing.

### 2-topshiriq. Matematik mayatnik yordamida og'irlik kuchi tezlanishni aniqlash.

1. Matematik mayatnik uzunligini o'lchang. Shunga ahamiyat berish kerakki, sharchadagi chiziq belgi qayd qiluvchidagi chiziqqa mos kelsin.

- Mayatnikni muvozanat vaziyatidan  $4-5^0$  ga og'daring.
- ZER - tashlash dastasini bosing.
- O'n marta to'la tebranishdan so'ng, STOP dastasini bosing.
- Matematik mayatnikni tebranish davrini  $T=t/N$  formula yordamida aniqlang.  $t$ -  $N$  marta tebranish uchun ketgan vaqt.
- 4-formula yordamida og'irlik kuchi tezlanishini hisoblang.
- Tajribani mayatnikning tebranish davrini o'zgartirib takrorlang.
- Erkin tushish tezlanishi aniqlashda yo'l qo'yilgan absolyut xatoligini toping.
- Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

1- jadval.

| $N_0$ | $N(ta)$ | $t(s)$ | $A(m)$ | $l(m)$ | $g(m/s^2)$ | $g_{o'r}(m/s^2)$ | $\Delta g(m/s^2)$ | $\eta(\%)$ |
|-------|---------|--------|--------|--------|------------|------------------|-------------------|------------|
| 1     |         |        |        |        |            |                  |                   |            |
| 2     |         |        |        |        |            |                  |                   |            |
| 3     |         |        |        |        |            |                  |                   |            |
| 4     |         |        |        |        |            |                  |                   |            |
| 5     |         |        |        |        |            |                  |                   |            |

- Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

### SINOV SAVOLLARI

- Matematik mayatnik deb nimaga aytiladi? Fizik mayatnik deb nimaga aytiladi?
- Tayanch prizmasidan massa markazigacha bo'lgan qanday masofada mayatnikni tebranish davri eng kichik bo'ladi?
- Mayatnikni tayanch nuqtasi va tebranish markazi, massa markazini ikki tomonida yotishini ko'rsating.
- Shteyner teoremasini ta'riflang va isbot qiling.
- Tebranish o'qini tebranish markaziga siljitishda mayatnikni tebranish davri o'zgarmasligini ko'rsating.

## 1.12. HAVODAGI TOVUSH TEZLIGINING HARORATGA BOG'LIQLIGINI O'RGANISH.

**Tajriba maqsadi:** havodagi tovush tezligining tarqalishini haroratga bog'liqligini o'rganish.

**Kerakli jihozlar:** Sensor-CASSY, timer, haroratni o'lchash blok, tovush tezligini qayd qilish qurilmas, quvur va ga'ltaklar uchun taglik, yuqori chastotali tovush dinamigi, universal mrikopfon, transformator, shkalali metall rels, egarsimon izolyatsiyali taglik, juft kabel, Windows XP/Vista/7/8 OT kompyuter

### NAZARIY TUSHUNCHA

Tovush fizikaviy hodisa bo'lib, u muhitning davriy deformatsiyasi natijasida vujudga keladigan to'liqsimon harakatni ifodalaydi. Bunday harakat elastik muhitlardagina vujudga keladi. Va tarqaladi.

Agar muhit zarralarining tebranish chastotasi sekundiga 20 dan 20.000 gacha tebranish bo'lsa, tovushni eshitamiz.

Gaz va suyuqliklarda tarqalayotgan tovush to'liqlari bo'ylama, qattiq jismlarda tovush to'liqlari ham bo'lanma, ham ko'ndalang bo'lishi mumkin. Bu muhitlarda tovush to'liqlarining tezligi ( $v$ ) muhitning elastigligi va zichligiga bog'liq.

Tovush to'liqlari gazlarda tarqalganda molekulalar orasidagi issiqlik almashinuvi gaz molekulalaridagi qisilishidan va kengayishidan kelib chiqadi, natijada gaz bosimi o'zgarishi issiqlik almashinuvisiz yuz beradi.

Tovush to'liqlarining gazlardagi tezligi uchun quyidagini yozamiz.

$$v = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho}} \quad (1)$$

$P$ - bosim,  $\rho$  - to'liqlanmagan gazning bosim zichligi va  $\gamma$  - gazlar uchun adiabetic kengaytma. .

Tovushning gazlardagi tezligi bosimga bog'liq emas, chunki gaz bosimi o'zgarganda uning zichligi ham o'zgaradi.

Mendelyev- Klapayron tenglamasi

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \quad (2)$$

$$\text{Gaz zichligi} \quad \rho = \frac{m}{V} = \frac{P\mu}{RT} \quad (3)$$

Zichlik formulasi (3)ni (1) tenglikka qo'ysak, tovushning tarqalish tezligi

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}} \quad (4)$$

(4) tenglamadan tovushning tarqalish tezligi temperaturaga va gazni xarakterlovchi  $\gamma$  va  $\mu$  kattaliklarining qiymatlariga bog'liq.

Molyar issiqlik harakatining o'rtacha tezligi

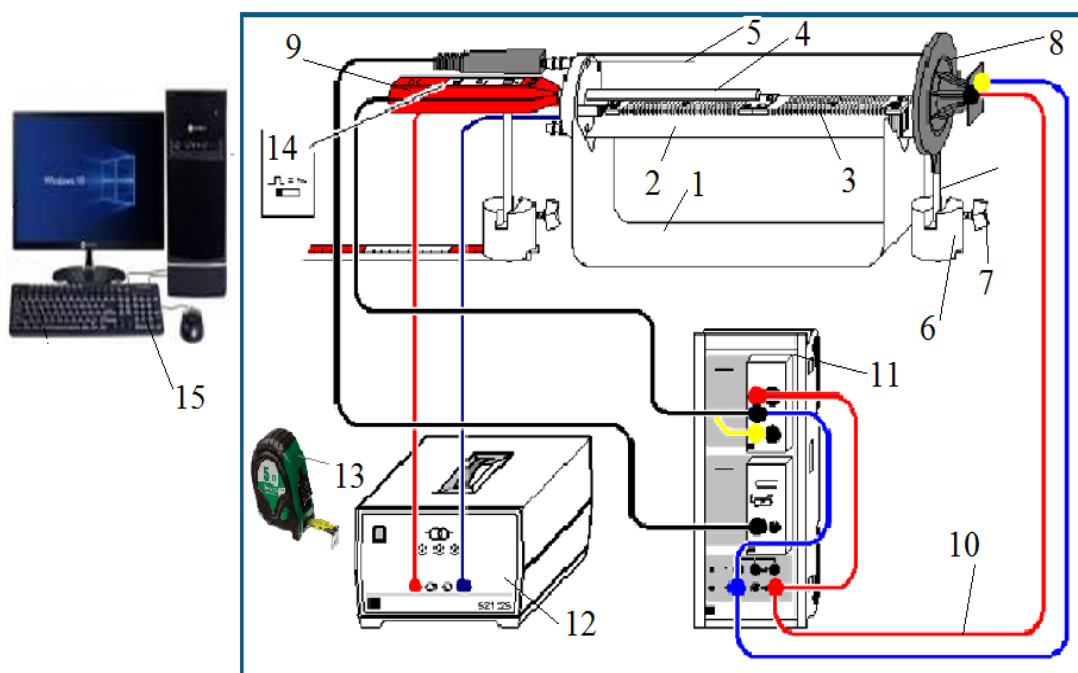
$$\bar{g}_{mol} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \quad (5)$$

(5) tenglikni (4) tenglik bilan taqqoslasak tovushning gazlardagi tezligi molekulalarning o'rtacha tezligi quyidagicha bog'langan.

$$g = \bar{g}_{mol} \sqrt{\frac{\gamma\pi}{8}} \quad (6)$$

$$\gamma_{havo} = 11,4, \quad \mu = 29 \cdot 10^{-3} \text{ kg / mol}$$

## QURULMA TAVSIFI



1- rasm

Egarsimon taglik (1), silindir quvur (2), metall qizdirgich (3), (4), termopara (5), taglik (6), multi qisqich (7), karnay (8), (9), ulovchi similar (10), Sensor- CASSY (11), tok manbai (12), metr (13), tayger (14), kopyuter (15).

## O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH.

### 1-topshiriq. Xona haroratidagi o'lchashlar

- 1- rasmda tasvirlangandek qurulmani yig'ing.
- Gassiy Lab 2 dasturidan Открыть пример buyurug' tanlang, Phycis bo'limini belgilab sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing, ekranda mavzular ro'tashi

shakillanadi, undan P1.7.3.4. Velocity of sound in gases ni tanlab sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing, kompyuter oynasidan Load settings yozuvini tanlang sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing ekranda Открыть bo'lini tanlang va sichqonchani chap tugnasini bir marta bosilgandan so'ng kompyuter ekranida ishchi oyna namayyon bo'ladi.

3. CASSY ni kopyuterga ulang.

4. Ishchi oynadan N tajribalar soni,  $c$  (m/s), tezlik,  $t$  (s) vaqtlar farqi,  $s$  (m) masofa va  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) da yozib olinadigan natijalar jadvalini hosil qilinganligiga ishonch hosil qiling.

5. (9) ni (5) quvur ichiga 1 sm farq bilan siljitib bir necha tajriba o'tkazing va (9) ni quvur ichidagi harkatini quvur ko'ndalang kesimiga parallel qolishini ta'minlang.

6. Universal mikrofon rezimlarni tanlash muruvatini "Trigger" (ishga tushurish) holatiga o'tkazing.

7. Mikrofonni ishga tushiring

8. Quvur ichiga kirgan (9) ni har bir holati uchun  belgi orqali o'lchashlarni bir necha marta takrorlang.

7. Kompyuter ekranida chiqqan qiymatlarni fan daftaringizga yozib oling.

8. Olingan natijalarni 1- jadvalga kiriting.

1- jadval.

| №    | s (m) | $\Delta t_{A1}(s)$ | c(m/s) | $\Delta s$ (m) |
|------|-------|--------------------|--------|----------------|
| 1    |       |                    |        |                |
| 2    |       |                    |        |                |
| 3    |       |                    |        |                |
| .... |       |                    |        |                |

9.  $s=f(v)$  funksiya garfigini chizing.

10. Bajarilga tajriba ishi bo'yicha hisobot yozing va uni topshiring.

## 2- topshiriq. Haroratga bog'liqligini o'lchash

1. Universal mikrofonni o'rnatish.

2. Xona haroratida yana  $\Delta t_{A1}$  o'tish vaqtini aniqlang va aniqlangan tovush tezligidan foydalanib  $s=c \cdot \Delta t_{A1}$  mikrofan va dinamik orasidagi masofani hisoblang,

3. Qizdirgichni ta'minlash manbaiga (12V, tok 3.5 A atrofida) himoyalangan kabell bilan ulang va sistemani ishga tushiring.

4. Tok o'tish vaqtini orqali har 5  $^{\circ}\text{C}$  da tovushning tarqalish tezlik qiymatini aniqlang.

5. 1- topshiriqdagi 1-8 bandlarni bajaring.

2- jadval.

| №    | s(m) | $\Delta t_{A1}(s)$ | t (°C) | c(m/s) | $\Delta s$ (m) |
|------|------|--------------------|--------|--------|----------------|
| 1    |      |                    |        |        |                |
| 2    |      |                    |        |        |                |
| 3    |      |                    |        |        |                |
| .... |      |                    |        |        |                |

7.  $v=f(t)$  funksiya garfigini chizing.

8. Bajarilga tajriba ishi bo'yicha hisobot yozing va uni topshiring.

### SINOV SAVOLLARI

1. Tovush deb nimaga aytiladi?
2. Tovush gaz, suyuqlik va gazlarda qanday tezlik bilan tarqaladi?
3. Tovushning havoda tarqalish tezligi hovoning temperaturasiga qanday bog'liq?
4. Havodagi tovush tezligining haroratga bog'liqlik formulasini yozing va fizik ma'nosini tushuntiring.

## II BOB. MOLEKULAR FIZIKA

### 2.1. QATTIQ JISMLARNI CHIZIQLI KENGAYISHINING TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGINI VA CHIZIQLI KENGAYISH KOEFFISIYENTINI ANIQLASH

#### Tajriba maqsadi:

- Latun va po'latni chiziqli kengayishini temperaturaga bog'liqligini aniqlash
- Latun va po'latni chiziqli kengayish ko'effitsiyentlarini aniqlash.

**Kerakli jihozlar:** siferblatli indikator, sirkulyasion termostat, sirkulyasion nasos, silikonli quvurlar, toza suv(5l)

#### NAZARIY TUSHUNCHA

Qattiq jismning uzunligi  $l$  temperaturaga  $t$  chiziqli bog'liq:

$$l = l_0(1 + \alpha t), \quad (1)$$

bu yerda  $l_0$  – xona temperaturasidagi uzunlik,  $t - ^\circ\text{C}$  dagi temperatura.

Mazkur ishda suvni qizdirish uchun sirkulyasion termostatdan foydalaniladi va qizigan suv turli materiallardan tayyorlangan quvurlar ichidan oqadi. Aylanma shkalasi  $\Delta l = a \cdot 0.01\text{mm}$  ( $a$ - shkala ko'rsatkichi) milimetrlilik shkalalar bo'linmalaridan iborat asbobdan uzunlikning o'zgarishini

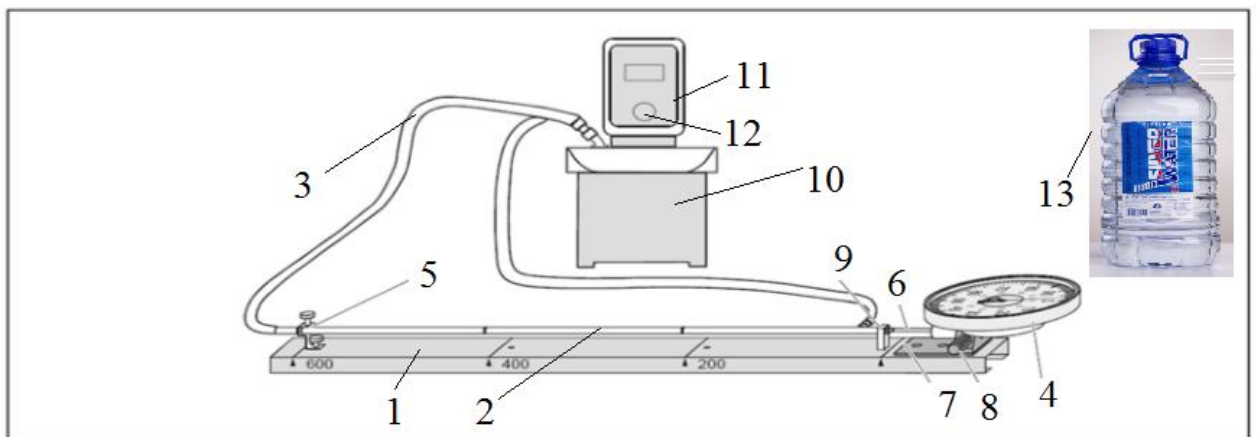
$$\Delta l = l - l_0 \quad (2)$$

temperaturaning funksiyasi  $t$  sifatida o'lchashda foydalaniladi.

(1) va (2)-larni hisobga olgan xolda jismning issiqlikdan chiziqli kengayish ko'effitsiyentini quyidagicha nisbat orqali aniqlaymiz yani:

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot \frac{1}{t - t_0} \quad (3)$$

#### QURULMANING TAVSIFI



1-rasm. Quvurlarning chiziqli kengayishini temperatura funksiyasi sifatida o'lchash bo'yicha tajriba qurilmasining ko'rinishi.

Qattiq jismni ushlab turuvchi taglik (1), chiziqli kengligi aniqlanuvchi qattiq jism(shisha, po'lat, latun) (2), silikon quvur(3), siferblatli indikator(4), silikon quvur va qattiq jismni ulovchi vintlar(5), siferblatli indikator sterjeni(6), qattiq jism va siferblatli indikator sterjeni tutqichi(7), siferblatli indikatorni muruvati(8), vinttel (9), sirkulyasion termostat (10), termometr(11), start tugmasi(12), disterlangan suv(13).

Tajribada kengayishi o'rganilayaotma qattiq jismni (1) ustiga o'rnatamiz va uni sferblatni indikatorni (7) qismi bilan tutashtirin indikatao ko'rsatkichini nol halatga( xana haroratida) o'rnatamiz. Qattiq jismga (3)ni ulaymiz, (10) yordamida suvning temperaturasi oshirib suvni qattiq jism ichidan (3)lar yordamida haydaymiz. Temperatura ortishi bilan qattiq jism kengayib (6) ni qisadi va natijada (4) ko'rsatkichlari o'zgarib borishi kuzatiladi.

## O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

### 1- topshiriq. Latun va po'latni chiziqli kengayishini temperaturaga bog'liqligini aniqlash.

1. Tajriba uchun ishchi stolini 1-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing.
2. O'rganilayotgan materiallning xona haroratidagi uzunligi  $l_0$  ni o'lchan oling.
3. Sirkulyasion termostatga 5l hajimda suv soling.
4. Termodinamik muvozanat o'rnatilguncha kuting. Temperaturani  $t_0$  o'lchang va daftaringizga yozib oling.
5. Siferblatli indikatorning ko'rsatkichini nol holatiga o'rning.
6. Sirkulyasion termostatni elektr tarmog'iga ulang.
7.  $t$  temperaturani taxminan  $5^\circ\text{C}$  qadam bilan  $70^\circ\text{C}$  gacha ko'taring.
8. Sirkulyasion termostatni, elektr tarmog'idan ajrating.
9. Olingan natijalarni jadvalga kiring.

1. Jadval:  $\Delta l$  -uzunlik o'zgarishining  $\Delta t$ - temperaturaga bog'liq o'zgarishi.

|       |                            |  |  |  |  |  |  |
|-------|----------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Latun | $\Delta t, ^\circ\text{C}$ |  |  |  |  |  |  |
|       | $\Delta l, \text{mm}$      |  |  |  |  |  |  |

10. Qurilmadan latun quvurni ajratib oling va uning o'rniga po'latdan yasalgan quvurni o'rning.
11. 1-11 bandlarni takrorlang.

1.1. Jadval:  $\Delta l$  -uzunlik o'zgarishining  $\Delta t$ - temperaturaga bog'liq o'zgarishi.

|        |                            |  |  |  |  |  |  |
|--------|----------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Po'lat | $\Delta t, ^\circ\text{C}$ |  |  |  |  |  |  |
|        | $\Delta l, \text{mm}$      |  |  |  |  |  |  |

12. Temperatura  $t$  funksiyasi  $l = f(t)$  sifatida uzunlikning o'zgarish grafigini chizing.

13. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

## 2- topshiriq. Latun va po'lat chiziqli kengayish koefitsiyentlarini aniqlash.

1. 1- topshiriqdagi 1(1.1)- jadval natijalaridan foydalanib latun (po'lat) uchun chiziqli kengayish koefitsiyentlarini (3) – formula yordamida hisoblang va olingan natijalarni jadvalarga kiriting.

2-jadval. Latunning chiziqli kengayish koefitsiyentini aniqlash.

|       |                            |  |  |  |  |  |  |
|-------|----------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Latun | $\Delta t, ^\circ\text{C}$ |  |  |  |  |  |  |
|       | $\Delta \ell, \text{mm}$   |  |  |  |  |  |  |
|       | $\alpha(K^{-1})$           |  |  |  |  |  |  |

2.1. -jadval. Po'latning chiziqli kengayish koefitsiyentini aniqlash.

|        |                            |  |  |  |  |  |  |
|--------|----------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Po'lat | $\Delta t, ^\circ\text{C}$ |  |  |  |  |  |  |
|        | $\Delta \ell, \text{mm}$   |  |  |  |  |  |  |
|        | $\alpha(K^{-1})$           |  |  |  |  |  |  |

2. Tajribani takrorlab  $\alpha$  chiziqli kengayish koefitsiyentlarini aniqlashda yo'l qo'yilgan nisbiy va absolyut xatoligini toping.

3. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

## SINOV SAVOLLARI

1. Issiqlikdan kengayish deganda nimani tushinasiz?
2. Issiqlikdan chiziqli kengayish koefitsiyentining fizikaviy ma'nosini tushintiring.
3. Jism chiziqli o'lchamlarining temperaturaga bog'liqligini ifodalovchi grafiklarni izohlab bering.

## 2.2. SUYUQLIKLARNING HAJMIY KENGAYISH KOEFFISIYENTINI ANIQLASH.

### Tajriba maqsadi:

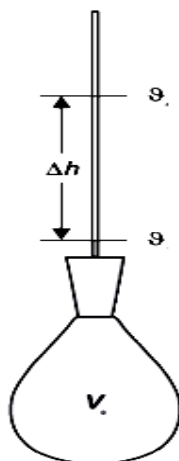
- Dilatometrning hajmini  $V_0$  aniqlash.
- Suvni hajmining kengayishini temperaturaning funksiyasi sifatida o'lchash va uning hajmiy kengayish koefitsiyentlarini  $\gamma$  aniqlash.
- Etanol(spirt)ni hajmining kengayishini temperaturaning funksiyasi sifatida o'lchash va uning hajmiy kengayish koefitsiyentlarini  $\gamma$  aniqlash.

**Kerakli jihozlar:** dilatometr, termometr, laboratoriya tarozisi, qizdirgich, menzurka, shtativ, termometr, kapilyar naycha.

### NAZARIY TUSHUNCHA

Agar idish ichidagi  $V_0$  hajmga ega suyuqlikning temperaturasi  $t$ ,  $\Delta t$  ga o'zgarsa, qattiq jismda kuzatiladigandek, uning hajmi  $\Delta V_0$  ga o'zgaradi.

$$\Delta V_0 = \gamma \times V_0 \times t \quad (1)$$



1-rasm

Amalda hajmiy kengayish koefitsiyenti  $\gamma$  suyuqlikning temperaturasiga  $t$  bog'liq emas, ammo suyuqlikning turiga bog'liq. Umuman olganda suyuqliklar odatda, qattiq jismlarga nisbatan ko'proq kengayadi. Hajmiy kengayish koefitsiyenti dilatometr yordamida aniqlanishi mumkin.

Dilatometr tor bo'g'izli shisha kolba bo'lib, uning ustki tomonidan, radiusi  $r$  ma'lum bo'lgan ochiq kapilyar mahkamlanadi. Kapilyardagi suyuqlikning sathi  $h$ , uning yon tomoniga chizib qo'yilgan milimetrli shkala bo'yicha aniqlanadi. Shisha kolba suvli vannada bir tekis qizdirilsa, suyuqlikning hajmi kengayishi evaziga kapilyardagi suyuqlikning sathi ko'tariladi. Suyuqlik sathining o'zgarishi  $\Delta h$  hajmning o'zgarishiga mos keladi, ya'ni

$$\Delta V = \pi r^2 \Delta h, \quad (2)$$

bu yerda  $r = (1.5 \pm 0.08)$  mm. Ammo, bundan tashqari qizishda dilatometrni o'zining ham kengayishini hisobga olish kerak. Bunday kengayish suyuqlik sathining o'zgarishiga to'sqinlik qiladi. Shunday qilib, suyuqlik hajmining o'zgarishini quyidagidan aniqlash mumkin:

$$\Delta V_0 = \Delta V + \Delta V_d, \quad (3)$$

bu yerda  $\Delta V_d$  dilatometr hajmining o'zgarishi bo'lib, u quyidagidan aniqlanadi:

$$\Delta V_d = \gamma_d V_0 \Delta t, \quad (4)$$

bu yerda  $\gamma_d = 0.84 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ .

(1), (3), va (4) formulalardan foydalanib, suyuqlikning hajmiy kengayish koefitsiyentini aniqlash formulasini keltirib chiqarish mumkin:

$$\gamma = \frac{1}{V_0} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t} + \gamma_d \quad (5)$$

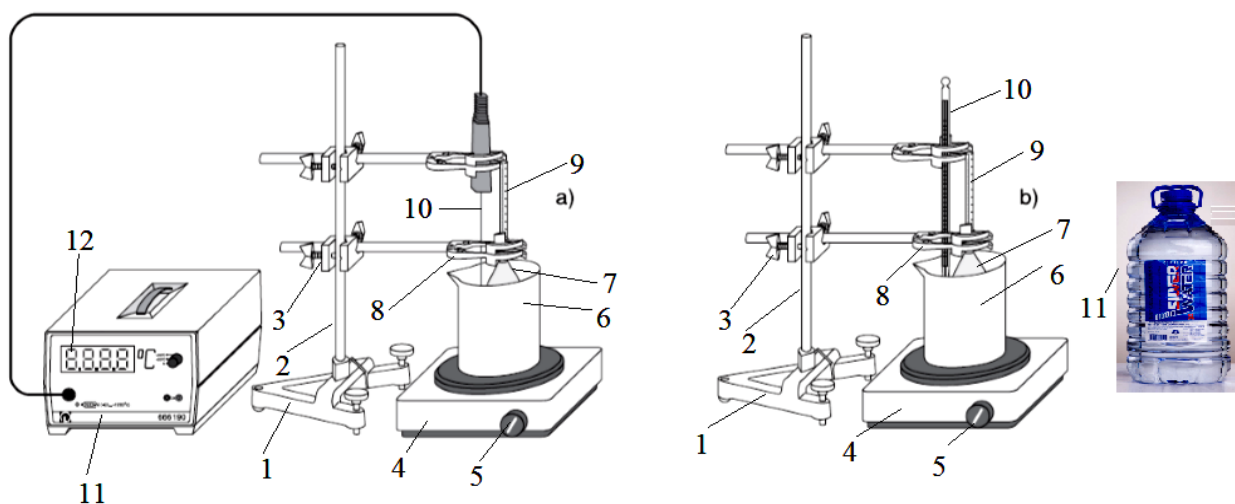
Dilatometning  $V_0$  hajmini ham aniqlash kerak bo'ladi. U quyidagicha aniqlanadi: oldin bo'sh quruq dilatometrning massasi  $m_1$  o'lchanadi, shundan so'ng ochiq kapillyarning pastki belgisigacha suv bilan to'ldirilgan dilatometrning massasi  $m_2$  o'lchanadi. Turli temperaturalar uchun suv zichliklari keltirilgan jadvaldan (jad.1 ga qarang) foydalangan holda, dilatometrning hajmi quyidagi formuladan topiladi:

$$V_0 = (m_2 - m_1) / \rho \quad (6)$$

1. Jadval. Toza suv zichligining  $\rho$  temperaturaga bog'liq  $\vartheta$  funksiyasi sifatida adabiyotlarda keltirilgan natijalar.

| $t (^{\circ}\text{C})$ | $\rho \left( \frac{\text{gr}}{\text{sm}^{-3}} \right)$ | $t (^{\circ}\text{C})$ | $\rho \left( \frac{\text{gr}}{\text{sm}^{-3}} \right)$ |
|------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------|
| 15                     | 0,999099                                               | 23                     | 0,997540                                               |
| 16                     | 0,998943                                               | 24                     | 0,997299                                               |
| 17                     | 0,998775                                               | 25                     | 0,997047                                               |
| 18                     | 0,998596                                               | 26                     | 0,996785                                               |
| 19                     | 0,998406                                               | 27                     | 0,996515                                               |
| 20                     | 0,998205                                               | 28                     | 0,996235                                               |
| 21                     | 0,997994                                               | 29                     | 0,995946                                               |
| 22                     | 0,997772                                               | 30                     | 0,995649                                               |

## QURULMA TAVSIFI.



## 2-rasm. Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsiyentini aniqlash uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi.

a) temperatura datchigidan foydalanilganda;

V simon asos (1), sterjen (2), multiqisqich (3), qizdirgich (4), qizdirgich ko'rsatkichi (5), menzurka (6), dilatometr (7), qisqich (8), shisha naycha (9), termopara (10), termometr (11), termometr ko'ratkichi (12).

b) termometrdan foydalanilganda.

V simon asos (1), sterjen (2), multiqisqich (3), qizdirgich (4), qizdirgich ko'rsatkichi (5), menzurka (6), dilatometr (7), qisqich (8), shisha naycha (9), termometr (10), suv (11).

Diqqat: Qizdirgich o'chirilganidan keyin ham suyuqlikning qandaydir vaqt mobaynida qizishi davom etadi va shu sababli suyuqlik dilatometrdan toshib ketishi mumkin. Ayniqsa, kolba etanol bilan to'ldirilgan holatda ishlaganingizda, etanol toshib ketishining oldini olish uchun, qizdirgichni ancha ilgari o'chiring. Tajriba qurilmasi 2-rasmida tasvirlangan.

## O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

### 1- topshiriq. Suvni hajmining kengayishini temperaturaning funksiyasi sifatida o'lchash va uning hajmiy kengayish koeffitsiyentlarini $\gamma$ aniqlash.

1. Qurulma tavsifiga keltirilgan uskunani (2- rasm) o'rganing va u yerda belgilangan barcha amallarni bajaring (uskunani ishga tayyorlang).
2. Bo'sh dilatometrning massasini  $m_1$  tarozida tortish usulida aniqlang.
3. Dilatometrni suv bilan to'ldiring.
4. Suv bilan to'ldirilgan dilatometrning massasini  $m_2$  tarozida tortish usulida aniqlang.
5. Xona haroratidagi suv zichligini 1- jadvaldan yozib oling.
6. (6) ifodadan foydalanib  $V_0$  hajmni toping.
7. Kapillyar trubkani dilatometrda o'rnatib.
8. Dilatometrni suvli vannaga shunday tushirikki, kapillyar nay vannadagi suv sathidan chiqib tursin.
9. Qizdirgichni eng quyi qadam bilan o'zgaradigan pog'onada ulang va dilatometrdagi suyuqlikning kapillyar nay shkalasi bo'ylab ko'tarilishini kuzating va uni o'chiring.
10. Suyuqlikning sathi o'zining maksimumiga yetguncha kuting va shundan so'ng suvli vannaning taxminan 1-2 K ga sovushiga yo'l bering.
10. Keyin suvli vannaning sovushi davom etishiga yo'l berib, kapillyar naydagi suv sathini (h), temperatura (t)ni qiymatlarini yozib oling.
11. Olingan natijalarni jadvalga kiring.

1. Jadval: h-uzunlik o'zgarishining t- temperaturaga bog'liq o'zgarishi.

| t/r | $m_1$<br>(kg) | $m_2$<br>(kg) | $\rho$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $V_0$<br>(m <sup>3</sup> ) | h<br>(m) | t<br>(°C) | $\Delta V$<br>(m <sup>3</sup> ) | $\gamma$<br>(K <sup>-1</sup> ) | $\bar{\gamma}$<br>(K <sup>-1</sup> ) | $\Delta\gamma$<br>(K <sup>-1</sup> ) | $\bar{\Delta\gamma}$<br>(K <sup>-1</sup> ) | $\varepsilon$<br>(%) |
|-----|---------------|---------------|--------------------------------|----------------------------|----------|-----------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------|
| 1   |               |               |                                |                            |          |           |                                 |                                |                                      |                                      |                                            |                      |
| 2   |               |               |                                |                            |          |           |                                 |                                |                                      |                                      |                                            |                      |
| 3   |               |               |                                |                            |          |           |                                 |                                |                                      |                                      |                                            |                      |

|   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

12. Temperatura  $t$  funksiyasi  $t = f(\Delta V)$  sifatida hajmning o'zgarish grafigini chizing. O'zingizni chizgan garfigizni 3- rasmdagi grafik bilan taqqoslang.

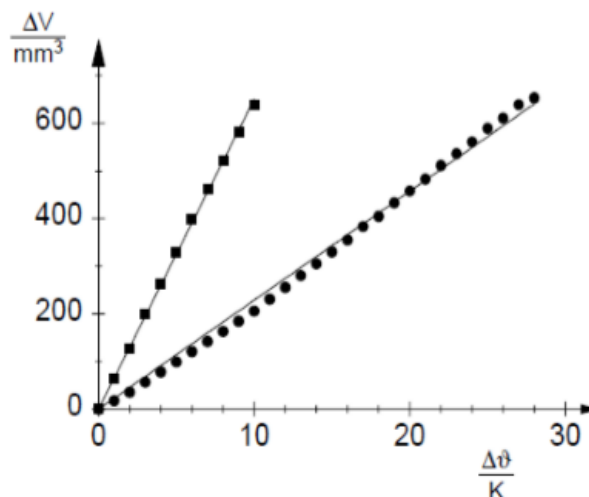
13. Tajribani takrorlab (5) – formula yordamida  $\gamma$  aniqlang natijalarni jadvalarga kiriting.

21. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling va hisobot yozing.

## 2- topshiriq. Etanol(spirt)ni hajmining kengayishini temperaturaning funksiyasi sifatida o'lchash va uning hajmiy kengayish koeffitsiyentlarini $\gamma$ aniqlash.

1. 1-topshiriqdagi 1-21 bandlarni takrorlang.

2. Suv va etanol(spirt)ning hajmiy kengayish koeffitsiyentlarini taqqoslang.



3-rasm. Suv hajmining  $\Delta V$  (doiralar) va etanol hajmining (to'rtburchaklar) temperaturalar farqi  $\Delta t$  funksiyasi sifatida issiqlikdan kengayishi

## SINOV SAVOLLARI

1. Suyuqliklarning issiqlikdan hajmiy kengayish mexanizmini tushinib bering.
2. Hajm kengayish koeffisienti deganda nimani tushinasiz? Uning fizikaviy mohiyatini tushinib bering.
3. Suyuqlikning (moddaning) zichligi ularning temperaturasi qanday bog'langanligini izohlang.
4. Dilatometrning tuzilishi va ishlash prispini tushuntiring.

## 2.3. QUYOSH KOLLEKTORINING EFFEKTIVLIGINI QIZDIRILAYOTGAN SUV HAJMINING FUNKSIYASI SIFATIDA ANIQLASH

### Tajriba maqsadi:

- Temperatura egriligini majburiy sirkulyasiya vaqtining funksiyasi sifatida olish
- Quyosh kollektorining effektivligini baholash

**Kerakli jihozlar:** quyosh kollektori, cho'g'lanma lampa, suv nasosi, transformator, ulovchi kabel, CASSY, temperatura datchigi, po'latli o'lchash poloskasi, taymer, plastik stakan, silicon quvurlar.

### NAZARIY TUSHUNCHA

Quyosh kollektori quyosh radiyasiyasini yutadi va o'zi hamda to'ldirilgan suvni qizdiradi. Quyosh kollektorining effektivligi  $\eta$  suv yutgan issiqlik energiyasining  $\Delta Q$  kollektorga tushayotgan radiasion energiyaga  $\Delta E$  nisbati bilan o'lchanadi:

$$\eta = \frac{\Delta Q}{\Delta E}$$

Bu yerda radiasion energiya quyidagidan aniqlanadi:

$$\Delta E = F \Delta t,$$

bunda  $F$  radiasiya quvvati.

Kollektor atrof muhitga nisbatan issiqroq bo'lganda, u atrof muhitga nurlanish, konveksiya va issiqlik o'tkazuvchanlik orqali issiqlik ajratadi. Shu yo'qotishlar sababli kollektorning effektivligi kamayadi. Tajribada suyuqlikning majburiy sirkulyasiyasi nasos yordamida amalga oshiriladi. Sistema (kollektor, quvurlar va bak) tomonidan yutilgan issiqlik energiyasi asosan suvda mujasamlashganligi uchun quyosh kollektorining temperaturasi juda yuqori bo'lib keta olmaydi. Tajribalarda quyosh kollektori issiqlik izolyasiyasi bilan hamda usiz qo'llaniladi. Bunda bakda suvning temperaturaviy xarakteristikalarini o'lchanadi.

Quyosh kollektorining yuqori temperaturasi tufayli issiqlik energiyasining yo'qotilishi ko'proq. Tajriba qurilmasida elektr lampaning qo'llanilishi qurilma effektivligining yomonlashuviga olib keladi. Lampa 1000 W quvvat ajratadi. Bu energiya bir qismi lampani qizdirishga sarf bo'ladi. Energiyaning boshqa qismi quyosh kollektorini yoritish uchun qo'llanilmaydi va yana bir qismi esa akslanib qaytadi. Shunday qilib, quyosh kollektori olgan radiasion energiya 1000 W dan ancha kam. Suv yutgan issiqlik energiyasining miqdori  $Q$ , massa  $m$  va solishtirma issiqlik sig'imi koeffitsiyenti orqali quyidagi formula bilan hisoblanishi mumkin:

$$\frac{Q}{t} = cm \frac{\Delta T}{t}$$

## QURULMANING TAVSIFI



1- rasm

## O'LGHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1. 1- rasmda tasvirlangandek qurulmani yig'ing.
2. Nakonechniklar bilan quvurlarni ulash uchun mos silikon quvurlar va ulagichlardan foydalaning.
3. Suv nasosini shunday ulangki, u suvni quyosh kollektorining tubidan quyosh kollektori orqali haydasin, ya'ni nasos nakonechnigini kirish kamerasining nakonechnigi bilan ulash kerak.
4. Temperatura datchigini bevosita rezinali jipslagich yordamida quyosh kollektorining chiqish kamerasidagi, 1,5 mm qilib parmalangan teshikka o'rning.
5. Kollektordagi suvning temperaturasi 60 °C dan ortib ketmasligi kerak.
6. Chiqish kamerasining nakonechnigini bak nakonechnigi bilan ulang.
7. Bakga 1000 ml suv soling.
8. Bakni shunday ko'taringki, suv nasosi orqali suvning oqib tushishi quyosh kollektoridan o'tib, ortga bakning kirishiga qaytsin. Suv qarshiliksiz oqishi uchun, barcha quvurlar doimo to'g'ri (burishgan va egilgan joyisiz) bo'lishi kerak.
9. Bakni shtativ ustunidagi oldindan belgilangan joyga o'rning.
10. Suv nasosining elektr ta'minotini ulang va qutbga rioya qilib, taxminan 6V kuchlanish o'rning.
11. Quvur shlanglar sistemasida pufaklar yo'qligiga aminbo'ling.
12. Universal tutgich yordamida ikkinch temperatura datchigini bakdagi suvga o'rning.
13. Temperatura datchiklarini NiCr-Ni- adapteri bilan CASSY ko'chma qurilmasiga o'rning.
14. Cho'g'lanma lampani shtativga o'rning va uni quyosh kollektorining old tomonidan taxminan 50 sm masofada joylashtiring.

15. Cho'g'lanma lampani ulang va uni shunday joylashtiringki, bunda kollektorning aktiv qismi to'liq yoritilsin. Ehtiyoj bo'lganda, korpusning plastmassa qismi yoritilmasligiga erishing.
16. Cho'g'lanma lampani o'chiring va quyosh kollektorining sovushiga yo'l qo'ying.
17. Temperaturani suv sikli ulangan holda o'lchang va temperatura o'zgarmay qolguncha kuting.
18. Suv nasosi kuchlanishini shunday pasaytiringki (2,5 V ga yaqin), oqimning past tezligi amalga oshsin, ya'ni faqat bakdagi suvning kichik oqiminigina kuzatish mumkin bo'lsin.
19. Bakdagi temperaturani yozib oling va chiqish kamerasidagi temperaturaning o'zgarishini kuzating.
20. Bir vaqtda cho'g'lanma lampani va taymerni ulang.
21. O'lchashni har minutdan keyin davom ettiring. Suvning temperaturasi 60 °C dan oshib ketmasligi kerak.
22. Tajribani boshlaganigizdan keyin 30 minut o'tganda o'lchashni to'xtating
23. Issiq suvni shunchalik miqdordagi sovuq suv bilan almashtiring.
24. Tajribalarni boshlash iloji boricha boshlang'ich temperaturadagidek temperaturada amalga oshirilishi kerak.
25. Olingan natijalarni 1- jadvalga kiriting.

1-jadval: Bakdagi suvning temperaturaviy xarakteristikalar

|            | Oqim tezligi         |                      |                      |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|            | Sekin                | O'rtacha             | Katta                |
| vaqt       | Temperatura          |                      |                      |
| t<br>(min) | $\Delta T_1$<br>(°C) | $\Delta T_2$<br>(°C) | $\Delta T_3$<br>(°C) |
| 0          |                      |                      |                      |
| 1          | $\Delta T_1$         |                      |                      |
| 2          |                      |                      |                      |
| 3          |                      |                      |                      |
| 4          |                      |                      |                      |
| .....      |                      |                      |                      |

2-jadval: Quyosh kollektori bilan bak orasidagi temperaturalar farqi

| Oqim tezligi                   |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Sekin                          | O'rtacha                       | Katta                          |
| Temperaturalar farqi           |                                |                                |
| $\Delta T_1(^{\circ}\text{C})$ | $\Delta T_2(^{\circ}\text{C})$ | $\Delta T_3(^{\circ}\text{C})$ |
| Taxminan 6                     | Taxminan 3                     | Taxminan 1                     |

26.  $T=f(t)$  funksiya garfigini chizing.

27. Bajarilga tajriba ishi bo'yicha hisobot yozing va uni topshiring.

### **SINOV SAVOLLARI.**

1. Quyosh kollektorining ishlash pirinsipini tushuntiring.
2. Quyosh kollektorining foedali ish koeffisienti qanday topiladi?
3. Shaffof sirlarning yorug'lik o'tkazuvchanliklarini qanay izohlaysiz.
4. Quyosh kollektorida kechadigan issiqlik almashinish hodisasini tushuntirib bering.
5. Quyosh kollektorining ishlarilish sohalarini ayting.

## 2.4. KRITIK NUQTADA SUYUQLIK-GAZ FAZAVIY O'TISHNI KUZATISH

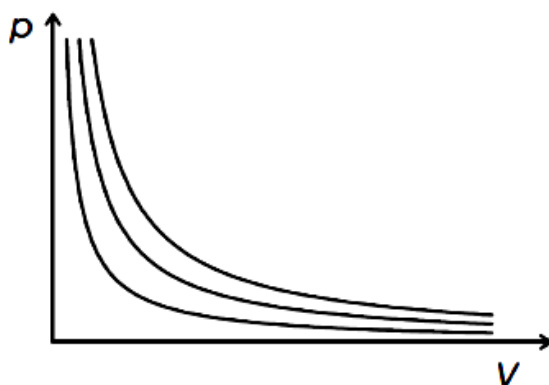
### Tajriba maqsadi:

- Kritik nuqtadan yuqori qizdirishda suyuqlik-gaz fazaviy chegaraning yo'qolishini kuzatish.
- Kritik nuqtadan pastga sovushda suyuqlik-gaz fazaviy chegaraning shakllanishini kuzatish.
- Kritik opalesensiyaning kuzatish.

**Kerakli jihozlar:** Kritik temperaturani namoyish qilish uchun barokamera, lampa, asferik kondensor, transformator, kichik optik kursi, tutgichli linza, to'g'ri burchakli prizma, qisqichlar, shtativ asosi, sirkulyasion termostat, silikon quvurlar, menzurka, temperaturani o'lchash uchun: raqamli termometr, temperatura datchigi.

### NAZARIY TUSHUNCHA

Ideal gazning muhim xossaligidan biri, temperatura absolyut nolga yaqinlashganda ham, uning kondensirlasligi hisoblanadi. Bunday gaz tabiatda mavjud emas, chunki past temperaturalarda ham bunday gaz chiziqli o'lchamlari orasidagi o'rtacha masofaga nisbatan ancha kichik bo'lgan zarrachalardan tashkil topgan va ular faqat elastik to'nashishlardan tashqari bir biri bilan ta'sirlashmaydi. Ideal gaz o'zgarmas temperaturada siqilsa, uning bosimi hajmga teskari proporsional tarzda oshadi (1-rasmga qarang).



1-rasm. Ideal gaz uchun izotermalar bilan pV diagrammlar

Ideal gazning bosimi  $P$ , temperaturasi  $T$  va molyar hajmi  $V$  orasidagi munosabatlar ideal gazlar uchun asosiy tenglama bilan ifodalanadi:

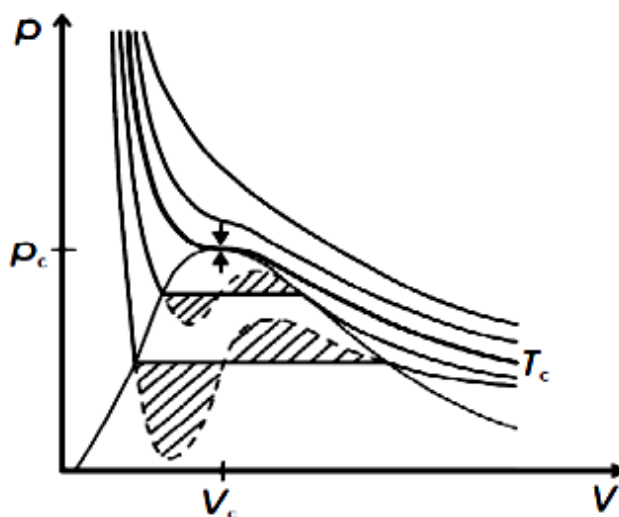
$$PV = RT \quad (1)$$

bu yerda  $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  – universal gaz doimiysi. Ko'pchilik real gazlarning xossalari ideal gaz xossasiga yaqin bo'ladi, agarda ular kondensasiya yoki suyuqlanish temperaturasidan yetarli darajada yiroq holatda bo'lsa, masalan atmosfera bosimidagi xona temperaturasida. Gaz temperaturasi kondensasiya temperaturasiga yaqinlashganda, ya'ni yuqori  $P$  bosimda yoki past  $T$  temperaturada, uning xossalari ideal gaz xossaligidan ancha chetlashadi. Gazning

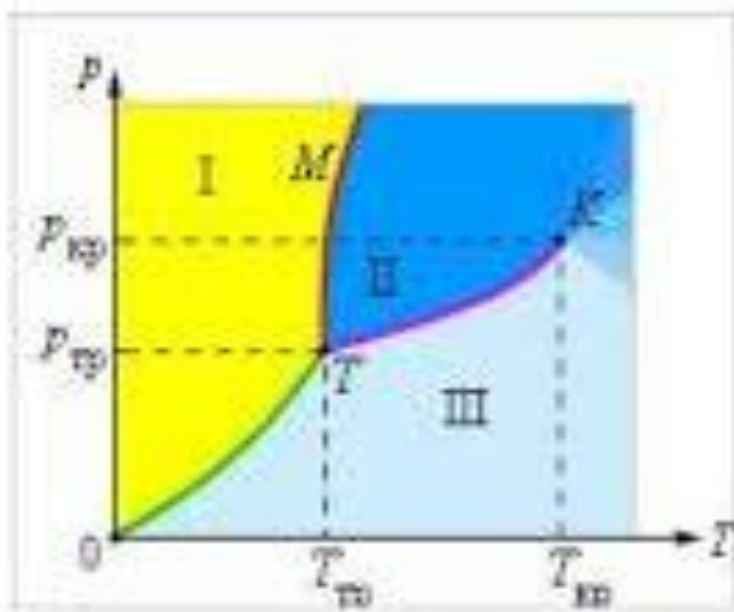
zichligi ortganda ularning molekulari orasidagi o'rtacha masofa haddan tashqari kichik bo'ladi. Real gazlarning o'zini tutishi taxminan Van-der-Vaals tenglamasi orqali ifodalanadi:

$$(P + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT \quad (2)$$

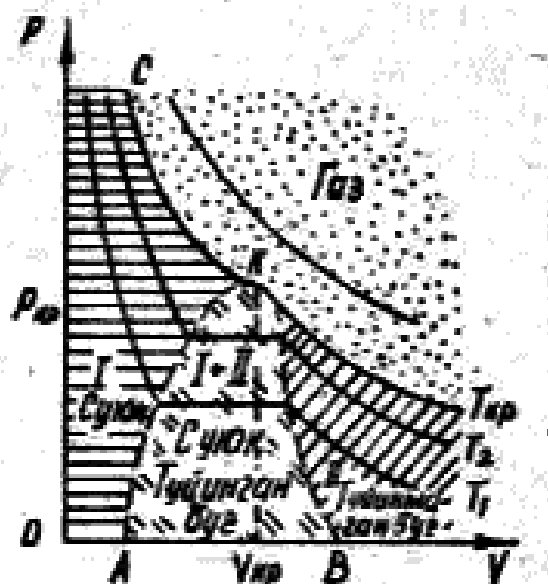
Bu tenglamadagi Van-der-Vaals konstantalari  $a$ ,  $b$  gaz holatiga bog'liq va gaz zarrachalarining o'zaro tortilishini hamda ularning effektiv hajmlarini xarakterlaydi.



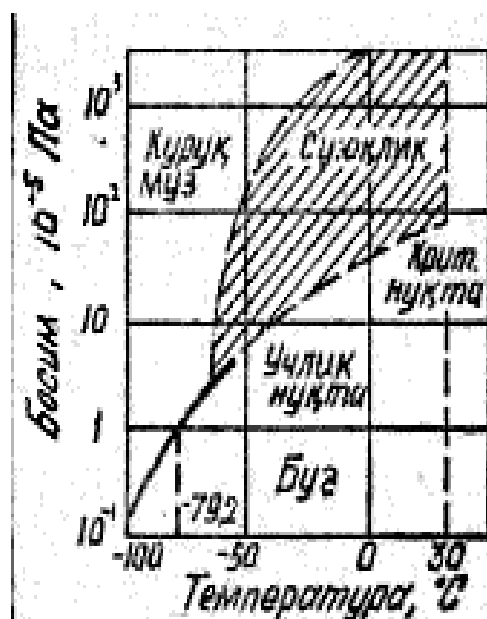
2-rasm. Real gazning izotermalar bilan  $pV$  diagrammasi. Suyuqlik-bug' aralashmasi diagrammaning bo'yalgan sohasida mavjud. Strelkalar bilan kritik nuqta ko'rsatilgan.



3-rasm.



4-rasm.



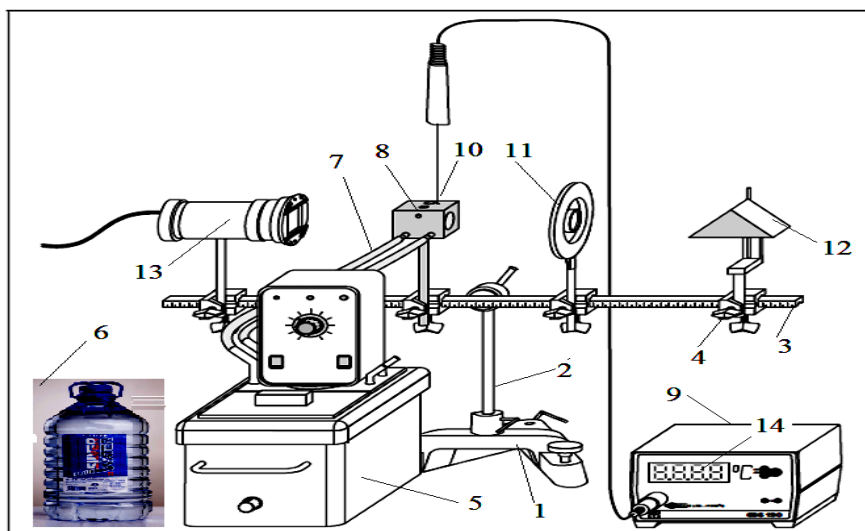
5-rasm.

2-rasmda real gazning PV diagrammadagi izotermalari keltirilgan. Gorizontallari burilish nuqtasi kabi aniqlanadigan izoterma o'zgacha ahamiyatga ega. Bu nuqta kritik nuqta deb ataladi; bu nuqtaga mos kelgan bosim qiymati  $p_c$  kritik bosim deb, molyar hajm  $V_c$  kritik hajm deb va temperatura  $T_c$  kritik temperatura  $T_c$  deb ataladi. Kritik temperaturadan yuqorida barcha bosimlarda modda gazsimon holatda bo'ladi va izotermalar van der Vaals tenglamasiga mos kelib, ideal gaz uchun asosiy tenglamaga yaqinlashadi.

Kritik temperaturadan pastda vaziyat ancha murakkab. Agar hajm yetarli darajada katta bo'lsa (2-rasmdagi shtrixlangan sohadan o'ngda), modda gazsimon holatda bo'ladi va bug' deb hisoblanadi. Juda kichik hajmlarda (shtrixlangan sohadan chapda) gaz suyuqlikka o'tadi va amalda siqilmas bo'ladi. Shtrixlangan soha suyuqlik-bug' aralashmasiga mos kelib, u yerda bug' proporsiyasi chapdan o'nga ortib boradi. Bu Van-der-Vaals tenglamasining voqyelikdan chetlanishidir: doimiy temperaturada hajmning o'zgarishi aralashmadagi bug' proporsiyasi bilan o'zgaradi, ammo uning bosimi emas. Shtrix chiziqlar bilan chizilgan chiziqlarning bir qismi Van-der-Vaals tenglamasiga mos keladi va ular gorizontallari chiziqlar bilan almashtirilishi kerak. Ular shunday bug' bosimiga mos keladiki, bunda bug' va suyuqlik bir biriga nisbatan muvozanatda bo'ladi. Suyuqlik va gaz turli solishtirma og'irlikka egaligi sababli, odatda ular og'irlik kuchi ta'sirida bir biridan ajraladi.

Temperatura ortishi bilan bug'ning zichligi ortadi, shu vaqtda esa, suyuqlikning zichligi kamayadi. Kritik temperaturada bu solishtirma og'irliklar tenglashadi va shu sababli suyuqlik bilan bug'ni bir biridan farq qilib bo'lmay qoladi, ya'ni ular to'liq aralashgan bo'ladi. Aralashma kritik temperaturaga yaqinlashganligi sababli, barokamera chegarasida yorug'likning sochilishi o'ta yuqori darajaga erishadi. Bu holisa kritik opalessensiya deb ataladi, va u zichlikning o'zgarishidan kelib chiqib, kritik temperatura yaqinida jiddiy ortadi, chunki siqiluvchanlik katta va zichlik o'zgarishining qarshiligi kichik bo'ladi. To'lqin uzunligi kichik bo'lgan yorug'lik sochiladi, bu vaqtda esa to'lqin uzunligi

uzun yorug'likning tarqalishi davom etadi. Kritik temperaturani kuzatish uchun mo'ljallangan barokamera bu hodisalarni bizga namoyish qilish uchun imkon beradi. Barokameraning qobig'i issiq suv bilan qizdiriladi. Yuqori bosimga chidamli bo'lgan ikkita yassi shisha darcha vazifasini o'taydi va qizdirishda hamda xuddi shuningdek, sovushda temperatura kritik temperaturadan  $T_c$  ortganda, barokameradagi moddaning o'zini tutishini kuzatishga imkon beradi. Hodisani bevosita barokamerada kuzatish yoki devorga proyeksiyalash mumkin. Barokamera oltingugurt geksofiorid  $SF_6$  bilan to'ldiriladi. Xona temperaturasida uning kritik zichligi qiymati (ya'ni kritik hajmning aksi) suyuqlik va gazlar zichliklarining qiymatlariga deyarli teng. Qizdirishda sistema kritik nuqta orqali o'tishi uchun, barokamera yarmigacha xona temperaturasida suyuq gaz bilan to'ldiriladi.  $SF_6$  kritik temperaturada quyidagi termodinamik o'zgaruvchilarga ega: Kritik temperatura:  $T_c = 318,7 \text{ K}$ , kritik bosim:  $P_c = 37,6 \text{ bar}$ , kritik molyar hajm:  $V_c = 200 \text{ sm}^3/\text{mol}$



6-rasm: Kritik nuqtani kuzatish uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi.

V simon taglik (1), sterjin (2), optik kursi (3), multi qisqich (4), sirkulyasion termostat (5), suv (6), silikon quvurlar (7), barokamera (8), raqamli termometr (9), termopara (10), linza (11), prizma (12), lampa (13), termometr ko'rsatkichi (14).

Barokamerani sirkulyasion termostat bilan qizdiriladigan to'liq yig'ilgan qurilma. Optik kursidagi alohida komponentlarning aniq o'zni ekran sirtigacha bo'lgan masofaga bog'liq va u linzani siljitish orqali osongina topilishi mumkin.

## O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH.

1. Qurulma tavsifiga keltirilgan uskunani (6- rasm) o'rganing va u yerda belgilangan barcha amallarni bajaring (uskunani ishga tayyorlang).
2. Sirkulyatsion termostatni elektr tarmog'iga ulang va boshlang'ich temperaturani yozib oling.
3. Barokamera ichidagi temperaturaning o'zgarishini qurulmadagi (14) bilan nazorat qiling. Har bir temperaturaning qiymatida jarayonini kuzatib boring.

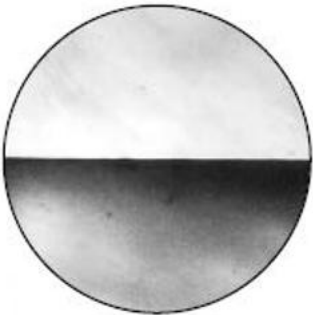
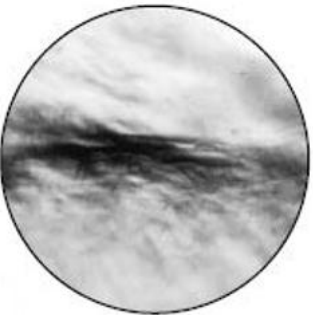
4. C dan boshlab sirkulyatsiyalanayotgan suvning temperaturasi asta-sekin oshiring bunda barokamaradagi moddaning bir tekisda qizishi taminlanadi, bu esa ekranda fazalar chegarasining yo'qolishini yaqqol kuzatish imkoniyatini beradi va bunga ishonch hosil qiling.

5. Sistemaning temperaturasi kritik temperaturadan ortgandan keyin termostatning temperaturasi kritik temperaturadan past holatda o'rnating ya'nioy termostatni elektr tarmog'idan using.

6. Sistema kritik temperaturasidan past holatga o'tganda kamera hajmi bo'yicha temperatura gradienti bilan bog'liq bo'ladigan nojo'ya effektlarni kamaytirish uchun temperaturani yana sekin asta oshiring va tajribani takrorlang va kuzatishlardan aniqlangan kritik temperaturaning qiymatini yozib oling.

7. Olingan natijalarni jadvalga kiring.

1- Jadval. Qizish jarayonida.

| t/r   | Barokameradagi suyultirilgan gazga temperaning ta'siri                              | Tavsif                                                             | Harorat |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------|
| 1     |   | kritik temperaturadan pastda                                       |         |
| 2     |  | kritik temperaturada                                               |         |
| 3     |  | (fazalar chegarasining yo'qolishi), kritik temperaturadan yuqorida |         |
| ..... |                                                                                     |                                                                    |         |

8. Qizish jaryoni to'xtagandan kenynin temperaturaning pasayishi bilan bo'ladigan jarayonlarni kuzating.

9. Kameraning tubida tuman shakllanishi keltirib chiqargan uncha katta bo'lmagan xiralashishni kuzating va temperaturani yozib oling.

10. Keyinchalik shtrixlarning hosil bo'lishi ortishini, to'satdan barokameraning ichki qismi qorong'ulashuvini, gaz zichlashadi va suyuqlik darajasining ortishini kuzating. 11. Gazli faza tumanli bo'lib, tuman asta sekin quyushtashishini kuzating. 12. Olingan natijalarni jadvalga kiring.

2-Jadval. Sovush jarayonida.

| t/r   | Barokameradagi suyuqtirlgan gazga temperaning ta'siri | Tavsif | Harorat |
|-------|-------------------------------------------------------|--------|---------|
| 1     |                                                       |        |         |
| 2     |                                                       |        |         |
| 3     |                                                       |        |         |
| ..... |                                                       |        |         |

13. Gazli faza oydinroq bo'lib suyuq faza qaynashda davom etadi. 14. Suyuqlik yana kuchliroq qaynaydi, gazli faza sarg'ichroq tuyuladi, suyuq faza esa qizg'ichjigarang (kritik opalessensiya) tus olishini kuzating. 15. Fazalar chegarasi kengayib boradi va keyin butunlay yo'qoladi. 16. Kritik temperaturadan bir oz yuqorida barokameraning butunlay tarkibi bir jinsliga o'tadi va shtrixlarning intensiv hosil bo'lishi va turbulentlik bilan birga sarg'ichjigar rang tusga kiririshini kuzating. 17. Kritik opalessensiya amalga oshadigan temperaturalar oralig'i yuqori va biz barokamerada faqat turbulentlik bilan bog'langan shtrixlar hosil bo'lishini kuzatishini kuzating. 18. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling va hisobot yozing.

### SINOV SAVOLLARI

1. Ideal gaz izotermalari va PV diogramasini tushintring.
2. Ideal gazlar qanday xossalarga ega?
3. Real gazlar to'g'risida ma'lumot bering.
4. Real gazlar uchun Van-der-Vaals tenglamasi izohlab bering.
5. Kritik temperatura, kritik bosim va kritik molar hajm tushinchalarini qanday izohlaysiz?

## 2.5. STOKS USULI BILAN SUYUQLIKLARNING ICHKI ISHQALANISH KOEFFISIENITINI ANIQLASH

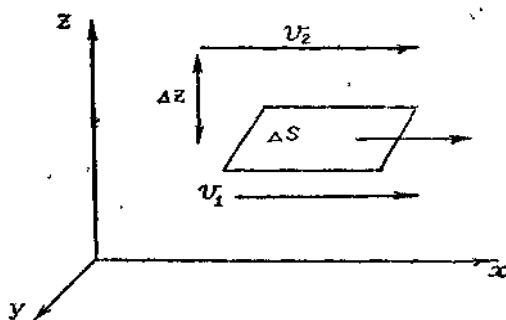
**Ishning maqsadi:** Suyuqliklarning ichki ishqalanish koefitsientini Stoks usuli bilan aniqlash.

**Kerakli jihozlar:** Tekshirilayotgan suyuqlik solingan shisha silindr, mikrometr, sekundomer, qo'rg'oshin yoki po'lat sharchalar.

### NAZARIY TUSHUNCHA

Real suyuqliklarning bir qatlami ikkinchi qatlimiga nisbatan ko'chganda ozmi-ko'pmi ishqalanish kuchlari vujudga keladi. Tezroq harakat qilayotgan qatlam tomonidan sekinroq harakat qilayotgan qatlamiga tezlashtiruvchi, kuch ta'sir qiladi va aksincha, sekinroq harakat qilayotgan qatlam tomonidan tezroq harakat qilayotgan qatlamma sekinlashtiruvchi kuch ta'sir qiladi. Ichki ishqalanish kuchlari deb ataladigan bu kuchlar, o'zaro harakatlanuvchi suyuqlik qatlamlarining sirtiga urinma bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Biz tekshirayotgan qatlamning  $\Delta_s$  yuzasi qancha katta bo'lsa, ichki ishqalanish kuchi  $f$  ham shuncha katta bo'ladi va bundan tashqari bu kuch qatlamlar orasida oqish tezliklarining qancha tez o'zgarishiga ham bog'liq bo'ladi. Yuzlari  $\Delta_s$  bo'lgan ikki qatlam (1-rasm) bir-biriga nisbatan mos ravishda  $v_1$  va  $v_2$  tezliklar bilan oqayapti deb faraz qilsak, tezliklar farqi  $v_2 - v_1 = \Delta v$  bo'ladi. Qatlamlar orasidagi masofa oqish tezligiga tik yo'nalishda hisoblanadi. Bir qatlamdan ikkinchi qatlamma o'tganda tezlikning qanchalik tez o'zgarishini ko'rsatuvchi  $\frac{\Delta v}{\Delta z}$  kattalik tezlik gradienti deb ataladi. Ichki ishqalanish kuchi  $f$  tezlik gradientiga  $\left(\frac{\Delta v}{\Delta z}\right)$  va ishqalanish yuzasi  $\Delta_s$  ga proporsional bo'ladi: ya'ni

$$f = \eta \cdot \frac{\Delta v}{\Delta z} \cdot \Delta s \quad (1)$$



1-rasm

Suyuqlikning xususiyatiga bog'liq bo'lgan kattalik  $v$ -ni suyuqlikning ichki ishqalanish koeffisienti yoki yopishqoqlik koeffisienti deb ataladi. Epishqoqlik koeffisienti suyuqlikning xususiyati va temperaturasiga bog'liq bo'ladi: temperatura ko'tarilgan sari yopishqoqlik kamaya boradi. SI sistemasida yopishqoqlik birligi qilib Paskal qabul qilingan.

Agarda jism yopishqoq bo'lmagan suyuqlik ichida harakat qilsa uning harakatiga suyuqlik hech qanday qarshilik qilmaydi. Jism faqat yopishqoq muhit ichida harakat qilganda qarshilik vujudga keladi. Suyuqlikning jismga bevosita tegib turgan qatlami uning sirtiga yopishib oladi va u bilan birga harakatlanadi. Bundan keyingi qatlamlar esa jismga ergashib sekinroq harakat qiladi. Buning natijasida suyuqlik qatlamlari orasida ishqalanish kuchlari hosil bo'ladi. Mazkur ishda qattiq jism sifatida diametrlari taxminan 1-2 mm bo'lgan po'lat yoki qo'rg'oshin sharchalar ishlatiladi. Bu sharchalarni birma-bir suyuqlik ichiga tashlanadi. Agarda sharchaning hamma tomoni suyuqlikka tekkan holda (atrofida havo pufakchalari bo'lmasa) orqasidan uyurma hosil qilmasdan, uncha katta bo'lmagan tezlik bilan tushayotgan bo'lsa, suyuqlikning unga ko'rsatayotgan qarshilik kuchi Stoks qonuniga asosan quyidagiga teng.

$$f = 6 \pi \mu \cdot v \cdot r \quad (2)$$

bunda,  $\mu$  -yopishqoqlik yoki suyuqlikning ichki ishqalanish koeffisienti,  $v$  -sharchaning tushish tezligi,  $r$  -sharchaning radiusi.

Yopishqoq suyuqlik ichida harakatlanayotgan sharchaga uchta kuch ta'sir qiladi: 1) og'irlik kuchi  $R$ , 2) Arximed qonuniga asosan suyuqlikning ko'tarish kuchi  $f_1$ , 3) suyuqlikning ichki ishqalanishi natijasida vujudga kelgan qarshilik kuchi  $f_2$ . Bu uchala kuch bir to'g'ri chiziq bo'ylab ya'ni, og'irlik kuchi pastga qarab, suyuqlikning ko'tarish kuchi va qarshilik kuchlari yuqoriga qarab yo'nalgan bo'ladi. Sharchaning tushish tezligi oshishi bilan, (unga proporsional ravishda) suyuqlikning qarshilik kuchi ham oshib boradi. Sharchaning tezligi ma'lum bir qiymatga  $v$  ga etganda ta'sir qilayotgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi 0 ga teng bo'lib qoladi (og'irlik kuchi yuqoriga ko'taruvchi qarshilik va Arximed kuchlariga teng bo'ladi):

$$P - f_1 - f_2 = 0 \quad (3)$$

Lekin, sharcha o'z inersiyasi natijasida harakatini davom ettiraveradi (Nyutonning I qonuni). Sharchaning hajmi  $\frac{4}{3}\pi r^3$  bo'lgani uchun og'irligi quyidagiga teng.

$$R = mg = \rho_p g = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3 \cdot \rho \cdot g \quad (4)$$

Siqib chiqarilgan suyuqlikning hajmi sharcha hajmiga teng bo'lganligi uchun ko'tarish kuchi

$$f_1 = \frac{3}{5} \pi \cdot r^3 \cdot p \cdot g^3 \quad (5)$$

Ishqalanish kuchi esa (2) ga asosan:

$$f_2 = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot v \cdot r \quad (6)$$

(4), (5) va (6) ni (3) ga qo'ysak quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$\frac{4}{5} \pi r^3 g - \frac{4}{5} \pi r^3 p g - 6 \pi \cdot \eta \cdot v = 0 \quad (7)$$

bu yerda  $r$  -sharchaning zichligi,  $r_0$  -suyuqlikning zichligi,  $g$  -erkin tushish tezlanishi.

Sharcha suyuqlikda  $h$  - balandlikni  $t$  - vaqt ichida o'tsa, tezlik  $v = \frac{h}{t}$  bo'ladi.

Buni (7) ga qo'yib, undan  $\eta$  ni topamiz.

$$\eta = \frac{2}{9} \cdot \frac{p - p_0}{v} \cdot g r^2 = \frac{2}{9} \cdot \frac{p - p_0}{h} \cdot g r^2 t \quad (8)$$

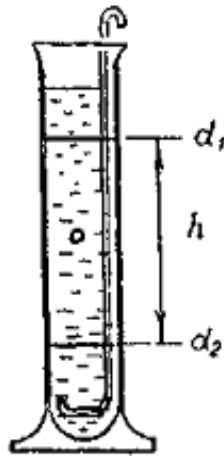
yoki

$$\eta = \frac{2(p - p_0)}{h} \cdot g r^2 t$$

(8) tenglamaning o'ng tomonidgi kattaliklarni tajribada aniqlab, suyuqlikning ichki ishqalish koeffisientini topish mumkin.

## QURILMANING TAVSIFI

Asbob ichiga tekshirilayotgan suyuqlik solingan shisha silindrdan iborat bo'lib, unga bir-biridan  $h$  oraliqda joylashgan ikkita  $d_1$  va  $d_2$  gorizontat belgilar qo'yilgan. Silindr tahta taglikka mahkamlangan (2-rasm).



2-rasm

### O'LGHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

1. Suyuqlikka tashlanayotgan sharchaning diametrini mikrometr yordamida 0,01 mm aniqlikkacha o'lchanadi.
  2. Sharchani silindr idishdagi suyuqlikka tashlanadi (bunda sharchani mumkin qadar silindr o'qiga yaqin tashlash kerak).
  3. Sharcha silindrdagi  $d_1$  belgi to'g'risidan o'tayotgan paytda sekundomer yurgizib yuboriladi va  $d_2$  ning to'g'risidan o'tayotganda to'xtatiladi. Bu bilan sharchaning  $d_1$  dan  $d_2$  gacha bo'lgan masofa  $h$  ni o'tishi uchun ketgan vaqt hisoblanadi.
  4. Shkalali chizg'ich yordamida  $d_1$  bilan  $d_2$  belgilar orasidagi masofa o'lchanadi. Shunday usul bilan tajriba kamida o'nta sharcha uchun takrorlanadi.
- E S L A T M A:* Agarda sharcha silindr devoriga tegib tushayotgan bo'lsa yoki atrofida havo pufakchalari bo'lsa bu sharcha bilan o'tkazilgan tajriba hisoblanmaydi.
5.  $r$  va  $r_0$  larning qiymatlarini bilgan holda suyuqlikning ichki ishqalanish koeffisientini (8) formuladan foydalanib aniqlanadi. Topilgan natijalarni quyidagi jadvalga yoziladi.

1-jadval.

| N  | P(Pa) | $P_0$ (Pa) | h(m) | r(m) | $r_2$ (m) | t(s) | $\eta$ | $\Delta\eta$ | $\varepsilon(\%)$ |
|----|-------|------------|------|------|-----------|------|--------|--------------|-------------------|
| 1. |       |            |      |      |           |      |        |              |                   |
| 2. |       |            |      |      |           |      |        |              |                   |
| 3. |       |            |      |      |           |      |        |              |                   |

6. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling va hisobot yozing.

## SINOV SAVOLLARI

1. Arximed qonuni ta'rifini aytib bering.
2. Ichki ishqalanish hosil bo'lish sababini tushuntiring.
3. Stoks formulasini yozing. Bu formulaga kirgan kattaliklarning tushuntiring.
4. Suyuqlikning ichida harakatlanayotgan jismga qanday kuchlar ta'sir qiladi?
5. Ishqalanish koeffisienti qanday birliklarda o'lchanadi?
6. Ishning tartibini gapiring.

## FIZKADAN TAJRIBA MASHG'ULOTLARINI BAJARISHDA C<sup>++</sup> KOMPYUTER DASTURIDAN FOYDALANISH.



**C<sup>++</sup> kompyuter dasturi asosida “Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishni aniqlash” tajriba ishi natijalarini hisoblash.**

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

```
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;

float ishchi_funksiya(float,float,float,float,int);
int main(){
    int n, i = 1;
    float L = 0.0 ,x = 0.0, t = 0.0, N = 0.0, s = 0.0, s1 = 0.0, gu, ab;
    cout << "Tajriba sonini kirit: ";
    cin >> n;
    float a[n+1], b[n+1];
    cout << "Vaznsiz ip uzunligi (m): ";
    cin >> L;

    for (int i=1; i<=n; i++){
        cout << "\n " << i << " - TAJRIBA \n";
        cout << "Belgilangan vaqt (s): ";
        cin >> t;
        cout << "Tebranishlar soni: ";
        cin >> N;
        cout << "Muvozanat vaziyatidan uzoqligi (m): ";
        cin >> x;
        a[i] = ishchi_funksiya(L, x, N, t, i);
    }

    for (int i=1; i<=n; i++){
        s+= a[i];
    }

    for (int i=1; i<=n; i++){
        b[i] = abs((s / n) - a[i]);
    }
```

```

    }
    cout << "g o'rtacha: " << s / n << endl;
    for (int i=1; i<=n; i++){
    cout << i << " - TAJRIBADA absolyut xatolik: ";
    cout << b[i] << endl;
    }

    for (int i=1; i<=n; i++){
    s1+= b[i];
    }

    ab = (s1 / n) / (s / n) * 100;

    cout << "O'rtacha absolyut xatolik: " << (s1 / n) << endl;
    cout << "Nisbiy xatolik: " << ab << endl;
    return 0;
}

float ishchi_funksiya(float L, float x, float N, float t, int i){
    char ch = 253;
    float T = t / N;
    float g = (4 * 3.1415 * 3.1415 * L) / (T * T);
    float fi = asin (x / L) * (180 / 3.1415);
    cout << i << " - TAJRIBA natijalari: \n";
    cout << "g = " << g << " m/s²" << ch << endl;
    cout << "Fi = " << fi << " gradus \n";
    return g;
}

```

## Na'muna.

Tajriba sonini kirit: 3

Vaznsiz ip uzunligi (m): 1.85

### 1 - TAJRIBA

Belgilangan vaqt (s): 55.32

Tebranishlar soni: 20

Muvozanat vaziyatidan uzoqligi (m): 0.2

1 - TAJRIBA natijalari:

$g = 9.54556 \text{ m/s}^2$

$Fi = 6.20645 \text{ gradus}$

### 2 - TAJRIBA

Belgilangan vaqt (s): 81.36

Tebranishlar soni: 30

Muvozanat vaziyatidan uzoqligi (m): 0.3

2 - TAJRIBA natijalari:

$g = 9.92948 \text{ m/s}^2$

Fi = 9.33269 gradus

### 3 - TAJRIBA

Belgilangan vaqt (s): 105.64

Tebranishlar soni: 40

Muvozanat vaziyatidan uzoqligi (m): 0.4

3 - TAJRIBA natijalari:

$g = 10.4705 \text{ m/s}^2$

Fi = 12.4873 gradus

g o'rtacha: 9.98186

1 - TAJRIBADA absolyut xatolik: 0.436298

2 - TAJRIBADA absolyut xatolik: 0.0523812

3 - TAJRIBADA absolyut xatolik: 0.488679

O'rtacha absolyut xatolik: 0.325786

Nisbiy xatolik: 3.26378

**C++ kompyuter dasturi asosida “Qattiq jismlarni chiziqli kengayishining temperaturaga bog’liqligini va chiziqli kengayish koefitsiyentini aniqlash” tajriba ishi natijalarini hisoblash.**

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot \frac{1}{t - t_0}$$

```
#include <iostream>
```

```
#include <cmath>
```

```
using namespace std;
```

```
float ishchi_funksiya(float,float,float,float,int);
```

```
int main(){
```

```
    int n, i = 1;
```

```
    float L = 0.0 ,t = 0.0, l0 = 0.0, t0 = 0.0, s = 0.0, s1 = 0.0, gu, ab;
```

```
    cout << "Tajriba sonini kirit: ";
```

```
    cin >> n;
```

```
    float a[n+1], b[n+1];
```

```
    cout << "Xona temperaturasiidagi uzunlik (m): ";
```

```
    cin >> l0;
```

```
    cout << " \n Boshlang'ich harorat (0C): ";
```

```
        cin >> t0;
```

```
    for (int i=1; i<=n; i++){
```

```
        cout << "\n " << i << " - TAJRIBA \n";
```

```
        cout << "Uzunlik (m): ";
```

```
        cin >> L;
```

```
        cout << "Harorat (0C): ";
```

```
        cin >> t;
```

```
        a[i] = ishchi_funksiya(L, l0, t, t0, i);
```

```

    }

    for (int i=1; i<=n; i++){
        s+= a[i];
    }
    cout << "a o'rtacha qiymati: " << (s / n) << endl;
    for (int i=1; i<=n; i++){
        b[i] = abs((s / n) - a[i]);
        cout << i << " - TAJRIBADA absolyut xatolik: ";
        cout << b[i] << endl;
    }

    for (int i=1; i<=n; i++){
        s1+= b[i];
    }

    ab = (s1 / n) / (s / n) * 100;

    cout << "O'rtacha absolyut xatolik: " << (s1 / n) << endl;
    cout << "Nisbiy xatolik: " << ab << endl;
    return 0;
}

float ishchi_funksiya(float L, float l0, float t, float t0, int i){
    float g = ((L-l0) / l0) * (1 / (t - t0));
    cout << i << " - TAJRIBA natijasi: \n";
    cout << "a = " << g << endl;
    return g;
}

```

### Na'muna.

Tajriba sonini kirit: 3

Xona temperaturasidagi uzunlik (m): 0.6

Boshlang'ich harorat (0C): 17

1 - TAJRIBA

Uzunlik (m): 0.6008

Harorat (0C): 24

1 - TAJRIBA natijasi:

a = 0.000190465

2 - TAJRIBA

Uzunlik (m): 0.6025

Harorat (0C): 38

2 - TAJRIBA natijasi:

a = 0.000198412

3 - TAJRIBA

Uzunlik (m): 0.6035

Harorat (0C): 47  
 3 - TAJRIBA natijasi:  
 a = 0.000194444  
 a o'rtacha qiymati: 0.00019444  
 1 - TAJRIBADA absolyut xatolik: 3.97522e-006  
 2 - TAJRIBADA absolyut xatolik: 3.97206e-006  
 3 - TAJRIBADA absolyut xatolik: 3.15292e-009  
 O'rtacha absolyut xatolik: 2.65014e-006  
 Nisbiy xatolik: 1.36296

Olingan tajriba natijalaridan foydalanib, chiziqli kengayish koefitsiyentini nisbiy va absolyut xatoliklarni hisoblash.

Tajriba natijalari:

### 1-tajriba.

**Berilgan:**

**Formula:**

**Yechim:**

$$l_0=600 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = \frac{\Delta l_1}{l_0} \cdot \frac{1}{t_1 - t_0}$$

$$\alpha_1 = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{600 \cdot 10^{-3} (300.26 - 295.55)} = 17.6 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$$\Delta l_1 = 0.05 \text{ mm}$$

$$t_0 = 22.55 ^\circ C, T_0 = 295.55 K$$

$$t_1 = 27.26 ^\circ C, T_1 = 300.26 K$$

---


$$\alpha_1 = ?$$

### 2-tajriba.

**Berilgan:**

**Formula:**

**Yechim:**

$$l_0=600 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 = \frac{\Delta l_2}{l_0} \cdot \frac{1}{t_2 - t_0}$$

$$\alpha_2 = \frac{10 \cdot 10^{-5}}{600 \cdot 10^{-3} (305.05 - 295.55)} = 17.54 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$$\Delta l_2 = 0.10 \text{ mm}$$

$$t_0 = 22.55 ^\circ C, T_0 = 295.55 K$$

$$t_2 = 32.05 ^\circ C, T_2 = 300.26 K$$

---


$$\alpha_2 = ?$$

### 3-tajriba.

**Berilgan:**

**Formula:**

**Yechim:**

$$l_0=600 \text{ mm}$$

$$\alpha_3 = \frac{\Delta l_3}{l_0} \cdot \frac{1}{t_3 - t_0}$$

$$\alpha_3 = \frac{10 \cdot 10^{-5}}{600 \cdot 10^{-3} (308.98 - 295.55)} = 18.16 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$$\Delta l_3 = 0.15 \text{ mm}$$

$$t_0 = 22.55 ^\circ C, T_0 = 295.55 K$$

$$t_3 = 35.98 ^\circ C, T_3 = 308.98 K$$

---


$$\alpha_3 = ?$$

**4-tajriba.****Berilgan:**

$l_0=600 \text{ mm}$

**Formula:**

$$\alpha_4 = \frac{\Delta l_4}{l_0} \cdot \frac{1}{t_4 - t_0}$$

**Yechim:**

$$\alpha_4 = \frac{20 \cdot 10^{-5}}{600 \cdot 10^{-3} (314.09 - 295.55)} = 17.96 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$\Delta l_4=0.20 \text{ mm}$

$t_0 = 22.55 ^\circ C, T_0 = 295.55 K$

$t_4 = 41.09 ^\circ C, T_4 = 314.09 K$

---

 $\alpha_4 = ?$

**5-tajriba.****Berilgan:**

$l_0=600 \text{ mm}$

**Formula:**

$$\alpha_5 = \frac{\Delta l_5}{l_0} \cdot \frac{1}{t_5 - t_0}$$

**Yechim:**

$$\alpha_5 = \frac{25 \cdot 10^{-5}}{600 \cdot 10^{-3} (318.32 - 295.55)} = 18.49 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$\Delta l_5=0.25 \text{ mm}$

$t_0 = 22.55 ^\circ C, T_0 = 295.55 K$

$t_5 = 45.32 ^\circ C, T_5 = 318.32 K$

---

 $\alpha_5 = ?$

**6-tajriba.****Berilgan:**

$l_0=600 \text{ mm}$

**Formula:**

$$\alpha_6 = \frac{\Delta l_6}{l_0} \cdot \frac{1}{t_6 - t_0}$$

**Yechim:**

$$\alpha_6 = \frac{30 \cdot 10^{-5}}{600 \cdot 10^{-3} (322.76 - 295.55)} = 18.37 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$\Delta l_6=0.30 \text{ mm}$

$t_0 = 22.55 ^\circ C, T_0 = 295.55 K$

$t_6 = 49.76 ^\circ C, T_6 = 322.76 K$

---

 $\alpha_6 = ?$

**7-tajriba.****Berilgan:**

$l_0=600 \text{ mm}$

**Formula:**

$$\alpha_7 = \frac{\Delta l_7}{l_0} \cdot \frac{1}{t_7 - t_0}$$

**Yechim:**

$$\alpha_7 = \frac{35 \cdot 10^{-5}}{600 \cdot 10^{-3} (324.21 - 295.55)} = 18.14 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$\Delta l_7=0.35 \text{ mm}$

$t_0 = 22.55 ^\circ C, T_0 = 295.55 K$

$t_7 = 51.21 ^\circ C, T_7 = 324.21 K$

---

 $\alpha_7 = ?$

|       |                                |           |       |       |       |       |       |       |
|-------|--------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Latun | $\Delta t(^{\circ}C)$          | 27.2<br>6 | 32.05 | 35.98 | 41.09 | 45.32 | 49.76 | 54.21 |
|       | $\Delta l(\times 10^{-5}m)$    | 5         | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    |
|       | $\alpha(\times 10^{-6}K^{-1})$ | 17.6      | 17.54 | 18.61 | 17.96 | 18.49 | 18.37 | 18.14 |

**Natijalarning o'rtacha arifmetik qiymati:**

$$\begin{aligned}\bar{\alpha} &= \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7}{7} = \\ &= \frac{17.6 + 17.54 + 18.61 + 17.96 + 18.49 + 18.37 + 18.14}{7} \cdot 10^{-6} = 18.14 \cdot 10^{-6} K^{-1}\end{aligned}$$

**Absolyut xatolik:**

$$\Delta\alpha_1 = |\bar{\alpha} - \alpha_1| = |18.14 - 17.6| \cdot 10^{-6} = 0.54 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$$\Delta\alpha_2 = |\bar{\alpha} - \alpha_2| = |18.14 - 17.7| \cdot 10^{-6} = 0.6 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$$\Delta\alpha_3 = |\bar{\alpha} - \alpha_3| = |18.14 - 18.61| \cdot 10^{-6} = 0.4 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$$\Delta\alpha_4 = |\bar{\alpha} - \alpha_4| = |18.14 - 17.96| \cdot 10^{-6} = 0.18 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$$\Delta\alpha_5 = |\bar{\alpha} - \alpha_5| = |18.14 - 18.49| \cdot 10^{-6} = 0.35 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$$\Delta\alpha_6 = |\bar{\alpha} - \alpha_6| = |18.14 - 18.35| \cdot 10^{-6} = 0.23 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$$\Delta\alpha_7 = |\bar{\alpha} - \alpha_7| = |18.14 - 18.41| \cdot 10^{-6} = 0.27 \cdot 10^{-6} K^{-1}$$

$$\begin{aligned}\Delta\bar{\alpha} &= \frac{\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2 + \Delta\alpha_3 + \Delta\alpha_4 + \Delta\alpha_5 + \Delta\alpha_6 + \Delta\alpha_7}{7} = \\ &= \frac{0.54 + 0.6 + 0.4 + 0.18 + 0.35 + 0.23 + 0.27}{7} \cdot 10^{-6} = 0.36 \cdot 10^{-6} K^{-1}\end{aligned}$$

**Nisbiy xatolik:**

$$\varepsilon = \frac{\Delta\bar{\alpha}}{\bar{\alpha}} = \frac{0.36 \cdot 10^{-6} K^{-1}}{18.14 \cdot 10^{-6} K^{-1}} \cdot 100\% = 1.995\%$$

## FIZIK KATTALIKLAR JADVALI

### I. Asosiy fizik doimiylar

| Fizik kattaliklar                                       | Son qiymati                                                          |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Gravitatsion doimiy $\gamma$                            | $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m/kg}$                    |
| 1 moldagi molekular soni<br>Avagadro soni N             | $6,02 \cdot 10^{22} \text{ mol}^{-1}$                                |
| Normal sharoitlarda 1 kmol ideal gazning molyar hajmi V | $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$                          |
| Universal gaz doimiysi, R                               | $8,31 \cdot 10 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$                |
| Boltsman doimiysi, K                                    | $1,38 \cdot 10^{-29} \text{ J/K}$                                    |
| Faradey soni, F                                         | $9,65 \cdot 10^4 \text{ Kl/mol}$                                     |
| Stefan-Bolsman djimiysi, $\tau$                         | $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Vt}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})^4$        |
| Plank doimiysi, h                                       | $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ j/s}$                                    |
| Elektronning zaryadi, e                                 | $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ kl}$                                    |
| Elektronning tinch holatdagi massasi, m                 | $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 5,49 \cdot 10^{-4} \text{ m.a.b.}$ |
| Protonning tinch holatdagi massasi, $m_p$               | $1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,00759 \text{ m.a.b.}$           |
| Neytronning tinch holatdagi massasi, $m_n$              | $1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,00899 \text{ m.a.b.}$           |
| Yorug'likning vakuumga tarqalish tezligi, c             | $3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$                                        |

**2. Psixometrik jadval**

| t                                 | 0,0  | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| P, P <sub>a</sub> ning qiymatlari |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 10                                | 1228 | 1206 | 1244 | 1253 | 1261 | 1270 | 1278 | 1287 | 1295 | 1304 |
| 11                                | 1313 | 1321 | 1330 | 1339 | 1348 | 1357 | 1366 | 1375 | 1384 | 1393 |
| 12                                | 1403 | 1412 | 1421 | 1431 | 1440 | 1450 | 1459 | 1469 | 1478 | 1488 |
| 13                                | 1498 | 1503 | 1518 | 1538 | 1548 | 1558 | 1568 | 1568 | 1579 | 1588 |
| 14                                | 1599 | 1609 | 1620 | 1630 | 1641 | 1651 | 1662 | 1673 | 1684 | 1695 |
| 15                                | 1706 | 1717 | 1728 | 1739 | 1750 | 1762 | 1773 | 1784 | 1796 | 1807 |
| 16                                | 1819 | 1830 | 1842 | 1854 | 1866 | 1878 | 1890 | 1902 | 1914 | 1926 |
| 17                                | 1938 | 1951 | 1963 | 1976 | 1988 | 2001 | 2013 | 2026 | 2039 | 2052 |
| 18                                | 2065 | 2078 | 2091 | 2104 | 2117 | 2130 | 2144 | 2158 | 2171 | 2185 |
| 19                                | 2198 | 2212 | 2226 | 2240 | 2254 | 2268 | 2282 | 2296 | 2310 | 2325 |
| 20                                | 2339 | 2354 | 2368 | 2383 | 2398 | 2413 | 2428 | 2443 | 2458 | 2473 |
| 21                                | 2488 | 2504 | 2419 | 2535 | 2550 | 2566 | 2582 | 2598 | 2613 | 2629 |
| 22                                | 2646 | 2662 | 2678 | 2694 | 2711 | 2727 | 2744 | 2767 | 2777 | 2794 |
| 23                                | 2811 | 2828 | 2846 | 2863 | 2880 | 2898 | 2915 | 2933 | 2950 | 2968 |
| 24                                | 2986 | 3004 | 3022 | 3040 | 3059 | 3077 | 3096 | 3114 | 3133 | 3151 |
| 25                                | 3170 | 3189 | 3208 | 3227 | 3247 | 3266 | 3286 | 3305 | 3325 | 3344 |
| 26                                | 3364 | 3384 | 3404 | 3424 | 3445 | 3465 | 3486 | 3506 | 3527 | 3548 |
| 27                                | 3568 | 3590 | 3611 | 3632 | 3653 | 3675 | 3696 | 3718 | 3740 | 3762 |
| 28                                | 3784 | 3806 | 3828 | 3850 | 3873 | 3895 | 3918 | 3941 | 3964 | 3987 |
| 29                                | 4001 | 4033 | 4056 | 4080 | 4103 | 4127 | 4151 | 4175 | 4199 | 4223 |
| 30                                | 4248 | 4272 | 4297 | 4321 | 4346 | 4371 | 4396 | 4421 | 4446 | 4472 |

### 3. Moddalarning zichligi va Yung moduli

| Modda       | $\rho$ ,<br>kg/m <sup>3</sup> | Yung moduli<br>E, GPa | Modda      | $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> | Yung moduli<br>E, GPa |
|-------------|-------------------------------|-----------------------|------------|----------------------------|-----------------------|
| Alyuminiy   | 2600                          | 69                    | Benzol     | 880                        | -                     |
| Temir       | 7900                          | 200                   | Suv        | 1000                       | -                     |
| Jez         | 8400                          | 90                    | Glitsirin  | 1200                       | -                     |
| Muz         | 900                           | -                     | Kanakunjit |                            |                       |
| Mis         | 8600                          | 98                    | Moyi       | 900                        | -                     |
| Qalay       | 7200                          | 50                    | Kerosin    | 800                        | -                     |
| Platina     | 21400                         | 170                   | Simob      | 13600                      | -                     |
| Po'kak      | 200                           | -                     | Spirt      | 790                        | -                     |
| Qo'rg'oshin | 11300                         | 16                    | Efir       | 720                        | -                     |
| Kumush      | 10500                         | 74                    | Tola       | 400+600                    | -                     |
| Po'lat      | 7700                          | 210                   | Pryaja     | 150+200                    | -                     |
| Ruh         | 7000                          | 115                   |            |                            |                       |

### 4. Gazlama va charmning sirpanish ishqalanish koeffitsienti

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Satin ..... 0,40 – 0,50 | Franel ..... 0,50 – 0,60 |
|-------------------------|--------------------------|

### 5. Suyuqliklarning va qattiq jismlarning xossalari

| Moddalar   | Solishtirma<br>issiqlik<br>sig'imi<br>$\frac{j}{kg \cdot grad}$ | Erish<br>solishtirma<br>issiqlik j/kg | Erish<br>temperatura<br>$^{\circ}C$ | Dinamik<br>qovushqoqlik<br>koeffitsiyenti<br>mPa/s |
|------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Suv        | 4190                                                            | -                                     | -                                   | 1,000                                              |
| Glitsirin  | 3430                                                            | -                                     | -                                   | 1480                                               |
| Simob      | 138                                                             | -                                     | -                                   | 1,580                                              |
| Alyuminiy  | 896                                                             | $3,22 \cdot 10^5$                     | 659                                 | -                                                  |
| Temir      | 500                                                             | $2,72 \cdot 10^5$                     | 1530                                | -                                                  |
| Muz        | 2100                                                            | $3,35 \cdot 10^5$                     | 0                                   | -                                                  |
| Mis        | 305                                                             | $1,76 \cdot 10^5$                     | 1100                                | -                                                  |
| Qo'rg'shin | 126                                                             | $2,26 \cdot 10^5$                     | 327                                 | -                                                  |
| Qalay      | 230                                                             | $5,86 \cdot 10^5$                     | 232                                 | -                                                  |
| Viskoza    | 2000                                                            | -                                     | -                                   | -                                                  |
| Lavsan     | 2000                                                            | -                                     | -                                   | -                                                  |
| Ipak       | 3000                                                            | -                                     | -                                   | -                                                  |
| Jun        | 6000                                                            | -                                     | -                                   | -                                                  |
| Yelim      | -                                                               | $5,00 \cdot 10^5$                     | -                                   | -                                                  |

VI. Ilova

### 6. Qattiq jismlarning chiziqli kengayish koeffisientlari

| Material | $\alpha(K^{-1})$   |
|----------|--------------------|
| Latun    | $18 \cdot 10^{-6}$ |
| Po'lat   | $11 \cdot 10^{-6}$ |
| Shisha   | $3 \cdot 10^{-6}$  |

**7. Suv zichligini temperaturaga bog'liqligi.**

| $t (^{\circ}\text{S})$ | $\rho \left(\frac{\text{gr}}{\text{sm}^{-3}}\right)$ | $t (^{\circ}\text{S})$ | $\rho \left(\frac{\text{gr}}{\text{sm}^{-3}}\right)$ |
|------------------------|------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------|
| 15                     | 0,999099                                             | 23                     | 0,997540                                             |
| 16                     | 0,998943                                             | 24                     | 0,997299                                             |
| 17                     | 0,998775                                             | 25                     | 0,997047                                             |
| 18                     | 0,998596                                             | 26                     | 0,996785                                             |
| 19                     | 0,998406                                             | 27                     | 0,996515                                             |
| 20                     | 0,998205                                             | 28                     | 0,996235                                             |
| 21                     | 0,997994                                             | 29                     | 0,995946                                             |
| 22                     | 0,997772                                             | 30                     | 0,995649                                             |

**8. Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffisientlari**

| Material | $\gamma \text{ (K}^{-1}\text{)}$ |
|----------|----------------------------------|
| Suv      | $4.9 \cdot 10^{-4}$              |
| Etanol   | $12.3 \cdot 10^{-4}$             |

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ahmadjonov O.I. Fizika kursi. T., O'qituvchi 1981, 1984,1985.
2. Savelev I.V. Umumiy fizika kursi. T., O'qituvchi 1973,1975.
3. Трофимов Т.И: Курс физики. М., Высшая школа, 1990.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. М., Наука, 1980.
5. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.,М., Высшая школа, 1978-1979.
6. Абдуллаев Физика Т., Ўқитувчи 1989
7. Гершензон Е М. и др. Курс общий физики. М., Просвещение. 1980-1982
8. Иверонова В.И. Физический практикум. М., Наука,1979.
9. Nazirov E N. va boshqalar. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. T., O'qituvchi, 1979.
10. Сальтыков А.И. Семашко Г.И. Программирование для всех М, Наука. 1984.