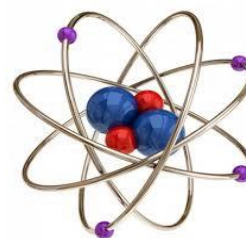


**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS  
TA'LIM VAZIRLIGI**

**BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI**



*“Fizika” kafedrası J.O.Arabov*

**FIZIKA TA'LIM YO'NALISHIDA  
MEXANIKA FANIDAN  
LABORATORIYA ISHLARINI  
BAJARISH BO'YICHA**  
*Uslubiy qo'llanma*

**BUXORO – 2021  
«DURDONA» NASHRIYOTI**

22.2я7

531(075.8)

A 74

J.O.Arabov

Fizika ta'lim yo'nalishida mexanika fanidan laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha [Matn]: uslubiy qo'llanma / J.O.Arabov - Buxoro : "Sadriddin Salim Buxoriy" Durdona nashriyoti, 2020. – 92 b.

KBK 22.2я7

UO'K 531(075.8)

### TAQRIZCHILAR:

D.E.Hayitov

- BMTI fizika kafedrası katta o'qituvchisi,

Q.S.Saidov.

- BuxDU "Fizika" kafedrası dotsenti  
f.m.f.n.dots.

Ushbu uslubiy qo'llanma mexanika fanining barcha boblari bo'yicha bajarilishi lozim bo'lgan laboratoriya ishlari va ularga doir uslubiy ko'rsatmalarni o'z ichiga olgan.

Bu qo'llanma mexanika fani bo'yicha "Fizika" bakalavriyat ta'lim yo'nalishlari dasturiga mos ravishda tayyorlangan. Ushbu uslubiy qo'llanmada har bir ishda ishning maqsadi, kerakli asbob va uskunalar, qisqacha nazariy ma'lumotlar, ishni bajarish va hisoblash tartibi va olingan natijalarni kiritish uchun kerakli jadvallar, nazorat savollari, fizikaviy kattaliklar jadvali hamda zaruriy adabiyotlar ro'yxati berilgan.

Qo'llanma talabalarni mustaqil ravishda o'qituvchi rahbarligida laboratoriya ishlarini bajarishi uchun mo'ljallangan.

*Mazkur o'quv qo'llanma Buxoro davlat universitetining 2020 yil 03-dekabrda 4-sonli buyrug'iga asosan nashr qilishga ruxsat etilgan.*

ISBN -978-9943-6922-8-2

© J.O.Arabov

## **MEXANIKA O'QUV LABORATORIYASIDA ISHLASHDA TEXNIKA XAVFSIZLIGI**

Labaratoriya ishlarini bajarishga kirishishdan oldin hamma talabalar texnika

Xavfsizligi bilan tanishib, ishni bajarayotganda ushbu qoidalarga amal qilishlari shart.

1. Laboratoriya jihozlari bilan ishlaganda uni oldin ishga yaroqli ekanligini tekshiring
2. Elektr toki bilan ishlaydigan asbobning xavfli ekanligini esdan chiqarmang! Ehtiyot bo'ling.
3. Yig'lgan elektr zanjiri o'qituvchi tomonidan tekshirilgandan so'ng oqituvchining ruxsati bilan manbaga ulanadi.
4. Elektr asboblarning birida nosozlik kuzatilsa u darhol manbadan uzilishi kerak.
5. Izolyatsiyalangan elementlar bilan elektr zanjiriga tegish man etiladi.
6. Elektr zanjirdagi har qanday o'zgarishlar faqat elektr zanjir kuchlanish manбайдan uzilganidan so'ng kiritilishi kerak.
7. Ish bajarilib bo'lingandan so'ng hamma manbalar o'chirilishi va elektr zanjiri uzilishi kerak.
8. O'lchov natijalari olingandan so'ng tok manbai o'chirilishini unutmang.
9. Laboratoriyada 50V dan yuqori kuchlanish bilan ishlaganda o'qituvchi nazorati ostida tajribani bajaring.
10. Tok manbaini o'qituvchining ruxsatisiz o'chirmang va yoqmang.

## LABORATORIYA MASHG`ULOTLARI VA ULARNI TASHKIL QILISH USULLARI

Laboratoriya 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 rirojlantirishda katta ahamiyat kasb etadi. Oliy o`quv yurtlarida o`tkaziladigan laboratoriya mashg`ulotlarini uch usulda tashkil qilish mumkin: umumiy, aralash va siklli.

Umumiy usul. Har bir talaba darsda 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 engillashtiradi. Umumiy usul laboratoriyalarda bir xil qurilmalardan bir nechtasi bo`lganda laboratoriya xonalarining kengaytirilishi va barcha talabalarning bir xil mazmunli va bir tarkibdagi vazifalarni bajara olishiga sharoit tug`dirilishini talab qiladi. Bundan tashqari laboratoriya ishlarining bir xilligi, qiyin o`zlashtiradigan talabalarning fikrlash qobiliyatini chegaralaydi.

Laboratoriya mashg`ulotlarining aralash bajarish usuli. Har bir talaba darsda o`tilgan yoki o`tilmaganidan qat`iy nazar alohida-alohida laboratoriya ishlarini bajaradi. Bu ishlarining mazmuni ham, bajarish usuli ham turlicha. Laboratoriya va dars mavzularining bir-biri bilan mos kelmasligi talabalarning tegishli adabiyot bilan mustaqil ishlashga o`rgatadi, fikrlash jarayonlarini aktivlashtiradi.

Tsiklli usul. Bu usulda esa amaliyotga kiritilgan laboratoriya ishlari, mexanika kursining ma`lum bilimlari asosida yoki biron-bir fizik kattalikning turli o`lchash usullarini umumlashtirish yo`li bilan birlashtirilib tashkil qilinadi. Laboratoriya ishlarining

yoki dars mashg'ulotining matnini moslashtirish laboratoriya ishlarini birlashtirishda unumli variantlarni qo'llash imkonini beradi. Yuqorida bayon etilgan usullarni tahlil qilish texnika oliy o'quv yurtlarida fizikadan o'tkazilgan laboratoriya mashg'ulotlarini tsikli usulda olib borish maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi.

## **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 protsentigacha aniqlik bilan kifoyalansa bo'ladi. Eng oxirgi natijaning aniqligini oshirish uchun har qanday fizik o'lchashni bir martagina emas, balki tajriba o'tkazayotgan sharoitini o'zgartirmay turib, bir necha marta takrorlash lozim. Haqiqatdan ham biz o'lchashda va sanoqda hamma vaqt ozmi, ko'pmi xato qilamiz. Bu xatolar ikki sababga ko'ra yuz berishi mumkinligidan, ular ikki guruhga: hamma vaqt bo'ladigan (sistemali) va tasodifiy xatolarga bo'linadi.

Sistemali xatolar o'lchov asboblari buzug'ligi, o'lchash usulining noto'g'riligini yoki kuzatuvchining biror xato qilib

qo'yishi natijasida yuz beradi. Ravshanki, o'lchashni bir necha marta takrorlash, baribir bu xatolar ta'sirini kamaytirmaydi. Bu xatolarni yo'qotish uchun, o'lchashusuliga tanqidiy ko'z bilan qaray bilish, asboblarga aniq qarab turish va ish bajarishni amalda yaratilgan qoidalarga qattiq rioya qilish kerak.

Tasodifiy xatolar esa tajriba o'tkazuvchi har qanday kishining sanoq vaqtida mutlaqo ixtiyorsiz qilib qo'yishi mumkin bo'lgan xatosi natijasida vujudga keladi. Bu xatolarga 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 xatolar 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 xatolarning 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:

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

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

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

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

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

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

alohida o'lchashlarning absolyut xatosi deyiladi. Bu xatolarning ishorasi har xil bo'ladi. Ular musbat, hamda manfiy bo'lishlari mumkin. O'rtacha absolyut xatoni hisoblash uchun, ayrim xatolar 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 xatolari

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

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

Nisbiy xatolar foizlarda ifodalanadi:

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

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

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

Bu holda o`lchanayotgan kattalikning natijalovchi qiymati:

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

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:

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

bunda  $N_x$  - izlanayotgan o`lchash natijasi,  $\bar{N}'$  - ikki o`lchashning o`rtacha arifmetik qiymati,  $\Delta N_{mex}$  - 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.	$N_2$	$\Delta N_2$		
1. ...	$N_3$	$\Delta N_3$		
N	$N_n$	$\Delta N_n$		



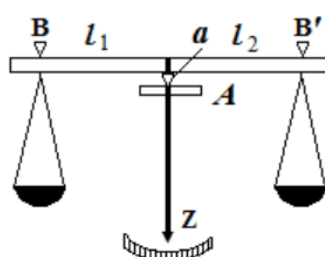
# 1-LABORATORIYA ISHI

## ANALITIK TAROZIDA ISHLASHNI O'RGANISH

### *Kerakli asbob va materiallar:*

1) analitik tarozi; 2) tarozi toshlari; 3) reyter; 4) tortiluvchi jismlar.

Tarozining tavsifi. Bu ishda, kimyoviy tahlillarda ishlatiladigan analitik tarozi bilan tanishamiz. Odatda, bunday tarozi chang, shamol kirmasligi va yorug'lik ko'proq tushishi uchun oynavand qilinadi. Bu oynalarni kerak vaqtda ochib, yopish mumkin.



1-rasm

Jismning massasi yelkalarini teng bo'lgan shayinli tarozi yordamida etalon massa bilan taqqoslab topiladi. Bunday tarozining sxematik tuzilishi 1-rasmda keltirilgan.

Bunday tarozi teng yelkali BB' richag (shayn)dan iborat bo'lib, uning o'rtasida uningtekisligiga perpendikular o'rnatilgan po'lat prizmaning (a) qirrasi, (A) agat plastinkaga qo'yilgan. Shayinning o'rtasidagi prizmadan teng uzoqlikda ( $l_1=l_2$ ) tarozi pallalarini osish uchun ilmoqlar va prizmachalar o'rnatilgan. Shayinda, 10 mgr li reyterni osish uchun, 10 ta bo'limli arrasimon chuqurchalar qilingan (reyter to'g'risida keyinchalik aytib o'tamiz). Reyter maxsus moslama yordamida shayinga ilinib yoki olinib qo'yiladi. Chap pallaga tortiladigan jism  $m_1$  ni qo'yib,  $m_2$  etalon tarozi toshlari bilan, z – strelka, uning tagidagi shkala bo'lib jism qo'yilmasdan oldingi vaziyatga kelguncha muvozanatlanadi. Bu holatga to'g'ri keluvchi kuch

momentlarining  $P_1 l_1 = P_2 l_2$  va yelkalarining tengligidan  $P_1 = P_2$  bo'ladi. Ayni bir geografik kenlikda erkin tushish tezlanishning doimiyligidan formulaga asosan  $P_1 = m_1 g_{\alpha_0}$  bo'lib,  $m_1 = m_2$  ekanligi kelib chiqadi.

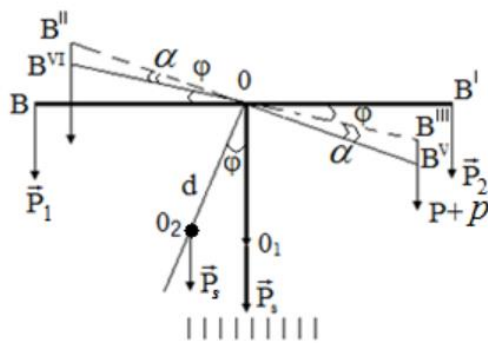
### Tarozining sezgirligi

Tarozining sezgirligi deb strelkaning og'ish burchagi tangensi ( $\text{tg} \varphi$ ) ni, shu og'ishni yuzaga keltirgan qo'shimcha yuk  $P$  ga nisbatiga aytiladi, ya'ni

$$\frac{\text{tg} \varphi}{P} \quad (1)$$

Tarozining sezgirligini topish uchun 2-rasmdan foydalanamiz,  $BB'$  shayin  $O$  o'qi atrofida aylanadi.  $B$  va  $B'$  nuqtalarga tortiladigan yuk bilan tarozi pallalari  $P$  osilgan.

Agar biror pallaga qo'shimcha  $P$  yuk qo'yilsa, shayin tebranilardan so'ng  $B''B'''$  muvozanat holatni oladi.



2-rasm

Tarozining strelkasi biror  $\varphi$  burchakka og'adi. Qo'yilgan yuk ta'sirida shayin to'g'ri yelkasining egilish burchagini  $\varphi$  ni e'tiborga olsak, shayin  $B$  muvozanatni oladi. Kichik og'ishlarda og'ish burchagining tangensi qo'shimcha yukka proporsional. Shayin uzunligining yarmini  $l_1$  va shayin strelkasi bilan og'irligini  $P_s$  va  $O$  nuqtadan shayin og'irlik markazigacha masofani  $d$  deb olamiz.  $B^{IV} B^V$  muvozanat holat uchun og'irlik kuchi momentlar

tenglamasidan og'ish burchagi va yelkalar orqali quyidagini yozamiz:

$$pl_1 \cos(\varphi - \alpha) + P_s d \sin \varphi = (P + p) \cos(\varphi + \alpha) \cdot l_1 \quad (3)$$

$$tg \varphi = \frac{pl_1 \cos \alpha}{(2P+p) \sin \alpha + P_s d} \quad (4)$$

ni hosil qilamiz. Bundan tarozining sezgirligi (1) tenglamadan

$$\omega = \frac{l_1 \cos \alpha}{(2P+p) \sin \alpha + P_s d} \quad (5)$$

ga teng bo'ladi.

Agar tortiladigan jism P juda og'ir bo'lmaganda shayinni egilish burchagini e'tiborga olmasak,  $\alpha \approx 0$ ,  $\cos \alpha \approx 1$ ,  $\sin \alpha \approx 0$  ekanligidan tarozini sezgirligi

$$\omega = \frac{l_1}{P_s d} \quad (6)$$

ga teng bo'ladi.

Shunday qilib, tarozining sezgirligi tortiladigan jismga bog'liq bo'lmay, asosan shain uzunligi va shayinning osilish nuqtasi bilan uning og'irlik markazi orasidagi masofa (d) ga bog'liq ekan. Tarozining sezgirligini oshirish uchun tarozilarda d kichik qilib olinadi. Lekin bunday olish tarozi strelkasini tebranish davrini oshiradi va shu bilan birgalikda muvozanat holatiga yetib kelish vaqtini oshiradi. Shuning uchun bunday sezgir tarozilarda o'lchash vaqtini kamaytirish, muvozanat holatiga to'g'ri keluvchi qiymatni topish maqsadida strelkaning tebranishidagi og'ish amplitudalarining qiymatlarini topib aniqlanadi.

Tortishda 10 mgr dan kichik toshlardan foydalanish noqulay bo'lganligi sababli reyterdan foydalaniladi. Reyter massasi 10 mgr bo'lgan, simdan yasalgan va ilish uchun qulay shaklga keltirilgan qo'zg'aluvchan ilmoqsimon yukdan iborat. Reyter shayinning teng bo'limli yelkalarining birini ustiga ilib qo'yiladi. Odatda shayinning yelkasi 10 ta teng bo'limga bo'lingan bo'ladi. Agar reyter shayinning o'rtasidan boshlab hisoblangan birinchi,

ikkinchi va uchinchi va hokazo bo'limlarga ilib qo'yilsa, u tarozi pallasiga qo'yilgan 1, 2, 3 mgr yuklarga mos keladi.

### Tarozida tortishning asosiy qoidalari

1. Tarozini ishlatishdan oldin, uning pallasiga yuk va toshlarni qo'yish va olish paytida, u arretirlangan holatda bo'lish kerak.

2. Pallaga yuk qo'yilganda uning umumiy massa markazi mumkin qadar pallaning o'rta qismiga to'g'ri kelsin.

3. Tortiladigan jismni biror pallaga va tarozi toshlarini ikkinchi pallaga qo'yib, muvozanat holatga kelmaguncha, arretirdan to'la bo'shatmasdan asta-sekin qisman

bo'shatib, strelkaning ko'rsatishidan qaysi palladagi yuk yengil ekanligini aniqlab va

shunga qarab tarozi toshlarini olish yoki unga qo'yish kerak.

Tarozi toshlari va tortiladigan yuk orasida farq juda oz bo'lganda, strelka mayatnik singari tebrana boshlaydi.

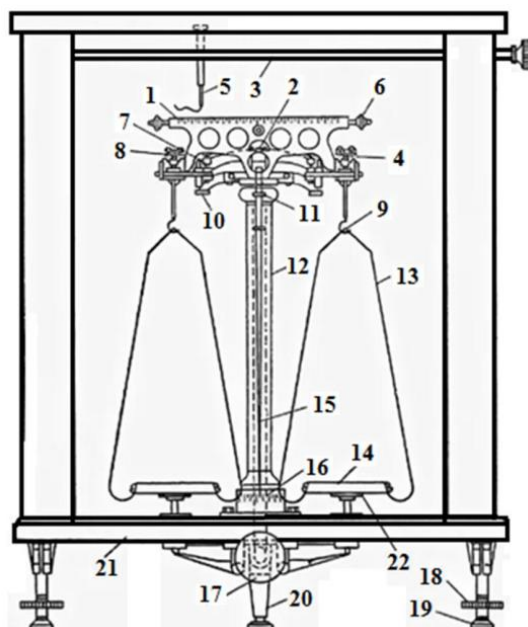
4. Tarozini pallasiga yuk qo'yilmagan holda to'g'ri o'rnatilgan va pallalar va tarozi prizmalariga to'g'ri osilgan bo'lsa, tarozi arretirdan bo'shatilgan bo'lsa, strelka tarozini 0 nuqtasi atrofida tebrana boshlaydi. Agar strelka bunday holda, 0 atrofida tebranmasa pallalar to'g'ri o'rnatilganligini tekshirish kerak yoxud shain uchidagi gaykalarni burab, muvozanat holatga erishiladi .



5. Tarozida o'lchashlar paytida va strelkaning tebranishlarini kuzatish (0 nuqtani va sezgirigi aniqlash) vaqtida tarozining eshiklari yopiq va toshlarni idishlariga joylab qopqog'ni yopib qo'yish kerak.

3-rasm. Analitik tarozning umumiy ko'rinishi

## O'lchashlar



4-rasm.

1 – tarozi yelkasi; 2 – markaziy tayanch prizma; 3 – reyterni ilish moslamaci; 4 – chekka prizma; 5 – reyter ilmog'i; 6 – gorizantal balansirlash gaykasi; 7 – tarozni arretirlash tayanchi; 8 – ilmoq plankasi; 9 – ilmoq ilgichi; 10 – arretirlash richagi; 11 – vertikal balans gaykasi; 12 – kolonka-tayanch; 13 – palla ilgagi; 14 – tarozi pallasi; 15 – strelka; 16 – strelka shkalasi; 17 – arretr dastagi; 18 – tarozning oldingi oyoqlari; 19 – oyoqning tagligi; 20 – tarozning orqa oyoqlari; 21 – tarozning asosiy tagligi; 22 – pallalarning arretirlovchi qo'zg'aluvchi taglik.

Tarozida tortish uchun avval tarozida nol nuqtasi so'ngra tarozining sezgirligi aniqlanadi. Shundan so'ng tortiladigan jism oddiy maxsus uch xil usullar bilan o'lchanadi.

### Tarozining nolinchi vaziatini aniqlash

Yuk qo'yilmagan tarozining muvozanat vaziyatini, ya'ni shkaladagi strelka to'xtaydigan  $l_0$  chiziqni topish kerak.

Ishqalanish ta'sirini hisobga olmaslik maqsadida nol nuqta tebranish metodidan foydalanib topiladi. Shayin tebranganda tarozining strelkasi mayatnikka o'xshab tebranadi. Faraz qilaylik, strelka chap, tomonga og'ganda uning uchi shkalaning  $\alpha_1$  bo'limiga, o'nga og'ganda  $\alpha_2$  bo'limiga kelsin. Strelkaning keyingi og'ish amplitudasi vaqt o'tish bilan kamayib boradi.

Amplituda vaqtga proporsional o'zgarmasdan, eksponensial qonun bo'yicha o'zgargani uchun ketma-ket muvozanat holatdan og'ishlarini, masalan  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  va  $\alpha_5$ , deb muvozanat holatidan og'ishlarini olamiz. Bulardan uchitasi  $-\alpha_1, \alpha_3, \alpha_5$ , - chap tomonga, ikkitasi  $-\alpha_2$ , va  $\alpha_4$ , esa o'ng tomonga bo'lgan og'ishlari. Chap va o'ng tomonga og'ishlarining o'rtacha qiymatlari olinib va ularni ayirib ikkiga bo'linib topilgan nol

$$l_0 = \frac{\frac{\alpha_1 + \alpha_3 + \alpha_5}{3} - \frac{\alpha_2 + \alpha_4}{2}}{2} \quad (7)$$

haqiqiy muvozanat vaziyatga yanada yaqinroq keladi. Agar og'ishlar shkalaning markaziy nol vaziyatdan chapki chizig'idan hisoblansa, u holda chap tamonga og'ishlarni oldiga minus ishora qo'yish kerak yoki aksincha. Shkala bo'yicha hisoblanganda o'ngdan bo'limlarning o'ngdan bir ulushicha aniqlikda ko'z bilan chamalab olinadi. Tarozining nol nuqtasi shu tartibda kamida uch marta topib va ularning o'rtacha arifmetik qiymatini aniqlash lozim.

Tajribalar soni									Nol nuqtaning o'rtacha qiymati
I- tajriba			II- tajriba			III-tajriba			
Chap og'ish	O'ng og'ish	$l_{01}$	Chap og'ish	O'ng og'ish	$l_{02}$	Chap og'ish	O'ng og'ish	$l_{03}$	$\bar{l}_0$
$\alpha_1 =$	$\alpha_2 =$		$\alpha'_1 =$	$\alpha'_2 =$		$\alpha'_1 =$	$\alpha'_2 =$		
$\alpha_3 =$	$\alpha_4 =$		$\alpha'_3 =$	$\alpha'_4 =$		$\alpha'_3 =$	$\alpha'_4 =$		
$\alpha_5 =$			$\alpha'_5 =$			$\alpha'_5 =$			

### Tarozining sezgirligini aniqlash

Arretirlangan yuksiz tarozi shaynining birinchi bo'limiga (o'ng tomonga) reyter osilib, arretirdan chiqarilsa, u holda tarozining o'ng pallasiga 1 mgr tosh qo'yil-gandek bo'ladi. Reyter osilgandan keyin tebranishlarni kuzatib, yuqoridagi nol nuqtani topgandek 3 marotaba tarjiba o'tkazib,  $l'_1, l''_1, l'''_1$  larni topamiz va bu topilgan

qiymatdan o'rtacha arifmetik qiymatni  $\bar{l}_0$  aniqlaymiz. Bu topilgan qiymatlardan

tarozining pallasiga 1 mg yuk qo'yganda, muvozanat vaziyatidan shkala ( $\bar{l}_1 - \bar{l}_0$ )

bo'limga siljiganligini ko'rsatadi. Buning absolut qiymati tarozining sezgirligini

ifodalaydi:  $\ominus = |\bar{l}_1 - \bar{l}_0|$

Tarozining nol nuqtasi ( $\bar{l}_0$ ) va ( $\ominus$ ) sezgirligi topilgandan so'ng tortiluvchi jismlarni turli usullarda o'lchashga kirishiladi.

### **Yukni analitik tarozida tortish (0,1 mgr aniqlik bilan)**

Tortiladigan jism tarozining chap pallasiga, tarozi toshlari esa o'ng pallasiga qo'yiladi. (Tarozi toshlarining massalari 20, 10, 5, 2, 1gr; 500, 200, 100, 50, 20, 10 mgr ketma-ketlikda bo'ladi). Yuklar qo'yilayotganda yoki olinayotganda tarozi arretirlangan bo'lishi kerak. Tarozi toshlari ma'lum ketma-ketlikda avval kattalari, so'ngra kichiklari (orasidagilarni o'tkazmasdan) qo'yiladi. Har gal arretirdan to'liq chiqarmasdan, tarozining pallasini qaysi tomonga og'ishi kuzatilib boriladi. Agar tarozi toshlari og'ir bo'lsa (strelka chap tomonga og'adi), tarozi toshi olinib, uning o'rniga undan keyingi bo'lgan tarozi toshi qo'yiladi. Shu yo'l bilan strelka chap tomonga muvozanat holatdan og'ishiga erishiladi. Shundan so'ng milligrammli tarozi



## 2 – LABORATORIYA ISHI

### G'ILDIRAKNING INERTSIYA MOMENTINI ANIQLASH

(Yuksiz va yukli hollar uchun)

#### Kerakli asbob va materiallar:

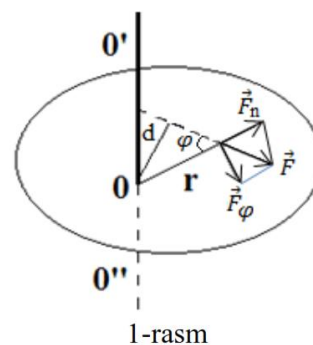
1) gorizontal o'qqa o'rnatilgan g'ildirak (disk); 2) diskning ikki o'yma teshigiga o'rnatilgan juft yuklar; 3) shkiv gardishiga ipyordamida osiladigan yuklar to'plami; 4) ikkita sekundomer; 5) shtangensirkul; 6) millimertli va santimetrli chizg'ichlar.

#### Qisqacha nazariya

Qattiq jismni aylanma harakatga keltirish uchun, uning biror nuqtasiga  $F$  tashqi kuchni shunday qoyish kerakki, uning ta'sir chizig'i aylanish o'qiga parallel bo'lmasligi va shu o'qdan o'tmagan bo'lishi kerak. Faraz qilaylik, tashqi ta'sir etuvchi  $F$  kuch aylanishi o'qiga perpendikular bo'lgan tekislikda, aylanshi o'qidan  $r$  masofada qo'yilgan bo'lsin (1-rasm). Bu holda qattiq jismning aylanish o'qiga nisbatan kuch momenti  $M$  shu kuchni kuch yelkasi ko'paytmasiga teng bo'lib, ushbu ifoda orqali aniqlanadi:

$$\vec{M}_i = [\vec{r}_i \cdot \vec{F}_i] \quad (1)$$

yoki uning moduli  $M=rF \sin\alpha = Fd$ . Bundayi  $rsin\alpha =d$  kuch yelkasi deyiladi. Yoki  $M = r \cdot F_\varphi$ , bu yerda  $F_\varphi=F \sin\alpha$ . Qo'yilgan kuch ta'sirida qattiq jism aylanma harakat qilib,  $\beta$  burchak tezlanish oladi. Ma'lumki, tezlanishning qiymati qattiq jismning shakli, xususiyatiga bog'liq bo'lgan va aylanish o'qiga nisbatan inertiya momenit deb ataluvchi fizik kattalikda ham bog'liq bo'ladi.



Agar qattiq jismni fikran aylanish o'qida  $r$  masofada joylashgan massasi  $\Delta m$  bo'lgan juda ko'p mayda bo'laklarga, moddiy nuqtalarga ajratib qarajak, ajratib olingan ixtiyoriy nuqtaning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti son qiymati jihatidan nuqta massasi  $\Delta m_i$  ning aylanish o'qidan nuqtigacha bo'lgan masofaning kvadrati  $r_i^2$  ga ko'paytmasiga teng, ya'ni:

$$\Delta I_i = \Delta m_i r_i^2. \quad (2)$$

Qattiq jismning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti esa, shu jismni tashkil etuvchi barcha moddiy nuqtalarning inertsia momentlarini yig'inlisiga teng, ya'ni:

$$I = \Delta m_1 r_1^2 + \Delta m_2 r_2^2 + \dots + \Delta m_n r_n^2 = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2 \quad (3)$$

Shunday qilib, jismning inertsia momenti uning faqat massasigagina bog'liq bo'lmasdan, balki massaning aylanish o'qiga nisbatan) taqsimlanishiga (demak, nuqtaning aylanish o'qiga joylashishiga nisbatan) ham bog'liqdir.

Qattiq jismning aylanma harakati uchun dinamikaning asosiy qonuniga asosan kuch momenti bilan inertsia momenti o'zaro quyidagicha munosabat orqali bog'langan:

$$\vec{M} = I \frac{d\vec{\omega}}{dt} = I\vec{\beta} \quad (4)$$

bu yerda  $\omega$ -jismning burchak tezligi,  $\beta = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$ -uning burchak tezlanishi. Demak, jismga ta'sir etuvchi kuchning momenti, uning inertsia momenti bilan burchak tezlanish ko'paytmasiga teng ekan. Ikkinchi tomondan kuch momenti harakat miqdori momentidan (impuls momentidan) vaqt bo'yicha olingan hosilasiga teng:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{N}}{dt} \quad (5)$$

Bu yerda  $\frac{d\vec{N}}{dt}$  impuls momentining vaqt birligi ichida o'zgarishi. Bundan quyidagi xulosa kelib chiqadi: agar inertsiya momenti o'zgarmas bo'lgan jismga, doimiy tashqi kuch momenti qo'yilgan bo'lsa, uning aylanish o'qiga nisbatan harakat miqdori (impuls) momenti vaqt bo'yicha o'zgarib, jism aylanish o'qiga nisbatan o'zgarmas burchak tezlanish bilan harakatlanadi.

Jismning og'irlik markazidan o'tgan aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti  $I_0$  - aniq bo'lsa, shu o'qqa parallel bo'lgan ixtiyoriy o'q uchun jismning inertsiya momenti Shteyner teoremasiga asosan

$$I = I_0 + md^2 \quad (6)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bu yerda  $m$  – jismning massasi,  $d$  – jismning og'irlik markazidan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa.

Bundan tashqari jismning inertsiya momentini unga qo'shimcha  $m$  yukni aylanish o'qidan  $d$  masofaga qo'yib ham o'zgartirish mumkin. Bu holda jismning inertsiya momenti

$$I = I_0 + I_1 + md^2 \quad (7)$$

munosabat bilan aniqlanadi. Bu yerda  $I_1$  - qo'shimcha yukning og'irlik markazidan o'tgan o'qqa nisbatan inertsiya momenti.

Bu ishni bajarishdan asosiy maqsad dinamikaning asosiy qonunini yuksiz va yukli g'ildirak (disk) uchun tajribada tekshirishdir hamda diskning inertsiya momentlarining nazariy va tajriba yo'li bilan aniqlab, ularni taqqoslash va Shteyner teoremasini tekshirib ko'rishdir.

### Dinamik usul

G'ildirak disk ishqalanishni kamaytirish maqsadida podshipniklar yordamida gorizonttal o'qqa o'rnatilgan (2-rasm). Shkivga ip orqali  $m$  massali yuk ilinib, maxsus ochilib yopiladigan supachaga qo'yiladi (3-rasm). Supachani ochsak, disk ipning taranglik kuchi

$$F=mg-ma \quad (14)$$

ta'siri ostida aylanma harakatga keladi. Bu yerda  $a$ - yukning tushish tezlanishi.

Disk burchak tezligi  $\omega$  vaqt bo'yicha ortib,

$$\beta = \frac{\omega}{t} \quad (15)$$

ga teng bo'lgan o'zgarmas burchak tezlanish bilan aylanma harakat qiladi.

Shkiv gardishning chiziqli tezligi

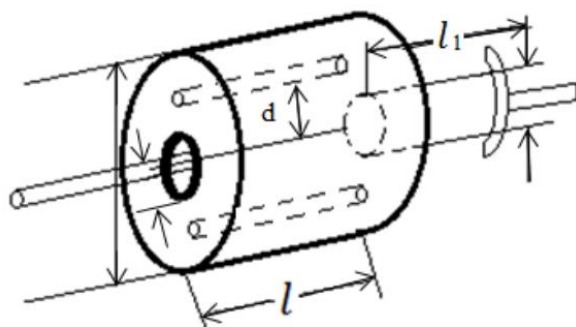
$$v = \omega \cdot r \quad (16)$$

va yukning tushish tezligi

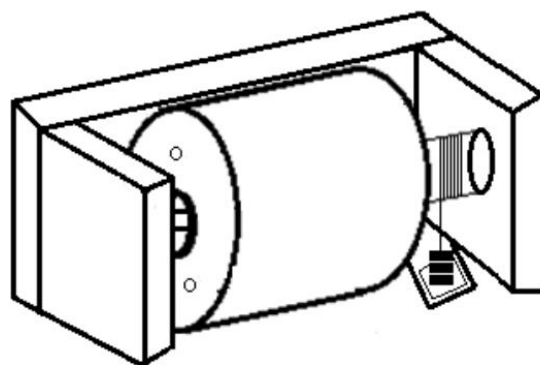
$$v = a \cdot t \quad (17)$$

bir-biriga teng bo'lib, u yukning tushish tezlanishi

$$a = \frac{2h}{t^2} \quad \text{ni} \quad (18)$$



2-rasm



3-rasm

tushish balandligi va tushish vaqti  $t$  ni bilgan holda aniqlab bo'ladi:

$$\vartheta = at = \frac{2h}{t^2} t = \frac{2h}{t} \quad (19)$$

Bu (17), (18), (19) formulardagi  $a$  tezlanish  $r$  radiusli shkiv gardishidagi nuqtalarning tangensial tezlanishga teng, yoki

$$a = \beta \cdot r \quad (20)$$

Tezlanishning o'rniga (18) formuladagi ifodani qo'yib

$$\beta r = \frac{2h}{t^2} \quad \text{yoki} \quad \beta = \frac{2h}{rt^2}$$

formuladan burchak tezlanishini yukning tushish balandligi va tushish vaqti  $t$  ni hamda shkiv radiusi o'lchab aniqlanadi.

Aylanma harakat dinamikasi asosiy qonunidan burchak tezlanish

$$\beta = M/I \quad (22)$$

Bu yerda

$$M = M_1 - M_2 \quad (23)$$

bo'lib,  $M_1$ -ipning shkivga ko'rsataligan taranaglik kuchi  $F$  ning momenti

$$M_1 = Fr = (mg - m\frac{2h}{t^2})r, \quad (24)$$

$M_2$ - esa podshipniklardagi ishqalanish va havoning qarshiligi kuchlarining momenti bo'lib,  $M_1$  ga qarqma -qarshi yo'nalgan.

Ishqalanish kuchlari yukning tushish tezligiga va g'ildirakning burchak tezligiga bog'liq emas deb faraz qilamiz. Yukning ta'sir kuchi to'xtagandan keyin g'ildirak -disk faqat ishqalanish kuchi hisobiga  $\beta_1$  burchak tezlanish bilan tekissekinlanuvchan harakatlanadi.

U holda

$$M_2 = I_0\beta_1 = I_0 \frac{\omega}{\tau} \quad (25)$$

bu yerda  $\tau$  - diskning to'liq to'xtashga ketgan vaqt.

Agar yukning polga tushish vaqtidagi burchak tezligi (16) va (19) formulaga asosan

$$\omega = \frac{2h}{\tau t} \quad (26)$$

ga teng bo'lsa, (22) formulani (21), (23), (24), (26) formulalarni hisobga olgan holda quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{2h}{t^2 r} = \frac{m g r - m \frac{2hr}{t^2} - I_0 \frac{2h}{t\tau}}{I_0} \quad (27)$$

Bu (27) formuladan g'ildirak - diskning inertsiya momenti uchun quyidagi

$$I_0 = \frac{mr^2 \left( g - \frac{2h}{t^2} \right)}{2h \left( \frac{1}{r^2} + \frac{1}{t\tau} \right)} \quad (28)$$

ifodani topamiz. (28) formulaning surat va maxrajini  $2h$  ga bo'lib, tajribadan diskning inertsiya momentini hisoblashni osonlashtirish uchun quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$I_0 = \frac{mr^2 \left( \frac{g}{2h} - \frac{1}{t^2} \right)}{\left( \frac{1}{t^2} + \frac{1}{t\tau} \right)} \quad (29)$$

Ikkinchi holda qo'shimcha yukli holda disk – g'ildirakning inertsiya momenti aniqlanadi.

Agar diskdagi teshiklarga yuklar joylashtirilsa, uning inertsiya momenti ortadi.

Natijada yukning tushish va diskning to'xtash vaqtlari mos ravishda o'zgaradi. U vaqtda inertsiya momenti (29) ga binoan quyidagicha aniqlanadi:

$$I_0 = \frac{mr^2 \left( \frac{g}{2h} - \frac{1}{t^2} \right)}{\frac{1}{(t')^2} + \frac{1}{t'\tau'}} \quad (30)$$

(29) va (30) formula, shkiyga osiladigan har xil massali  $m$  yuklar uchun birday o'rinlidir.

## O'lchashlar (1- dinamik usul)

1. Millimetrli chizg'ich bilan diskning qalinligi  $l$ , katta radiusi  $R$  ni va uning o'yma teshikning radiusi  $R_1$  ni, disk yonidagi o'ymaning radiusi  $R$  ni va uning chuqurligi  $l$  ni shtangensirkul bilan besh martadan o'lchab, ularning o'rtacha qiymati olinadi. Olingan natijalar 1- javdalga yoziladi.  
1-jadval

N <sub>o</sub>	R	L	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	L <sub>2</sub>	$\Delta R$	$\Delta L$	$\Delta R_1$	$\Delta R_2$	$\Delta L_2$
1										
2										
3										
n...										

2. Diskning o'yma teshigiga joylashtiriladigan yukning hamma detallarining massasi  $m_{0i}$  yozib olinadi va ularning yig'indisi  $m_0$  aniqlandi. O'yma teshik markazi bilan aylanish o'qi orasidagi masofa  $d=R_1+r_1+l_0$  formuladan aniqlash qulay. Bu yerda  $L_0$  – o'yma bilan o'q orasidagi masofa,  $R_1$  va  $r_1$  – metall silindrning radiusi 3 marta o'lchanadi va ularning natijalari 2-jadvalga yoziladi.

2-jadval

N <sub>o</sub>	r <sub>1</sub>	l	d	m <sub>0</sub>	Δr	Δd	Δm	Δl <sub>0</sub>
1								
2								
3								
n...								

3. Santimetrli chizg'ich bilan supachadan polchaga bo'lgan masofa  $h$  uch marta o'lchanadi.

4. Yuksiz va yukli disk uchun har xil massali  $m$  yuklarni ipga osib, ularning har birini harakatlantirib polga urilishgacha vaqti  $t$  va diskning to'la to'xtash uchun ketadigan vaqti  $\tau$  kamida uch martadan aniqlanadi. Olingan natijalar quyidagi 3-jadvalga yoziladi.

3-jadval

N <sub>o</sub>	Yuklar massalar	t				τ				I <sub>oi</sub>	$\bar{I}_0$	$\overline{\Delta I_0}$	ε
		t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	$\bar{t}$	τ <sub>1</sub>	τ <sub>2</sub>	τ <sub>3</sub>	$\bar{\tau}$				
1													
2													
3													
n...													



## Hisoblashlar

1. Yukli va yuksiz disk uchun 1 va 2-jadvaldan olingan kattaliklarning o'rtacha qiymatlarini (11) va (13) formulalarga qo'yib nazariy yo'l bilan uning inertsia momentlari  $I_0$  va  $I'_0$  hisoblanadi.

2. Yukli va yuksiz disk uchun tajribada o'lchangan kattaliklarning o'rtacha qiymatlarini 3- jadvaldan olib (29) va (30) formulalarga qo'yib, uning inertsia momentlari  $I_0$  va  $I'_0$  hisoblanadi.

3. Inertsia momentlarini aniqlashdagi absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi.

4. Nazariy va dinamik usulda topilgan inertsia momentlarining ishonch intervali  $(\bar{I}_0 \pm \overline{\Delta I}_0)$  da o'zaro teng bo'lishi tekshiriladi.

5. Natijaning nisbiy xatoligi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

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

6. Nazariy va dinamik usulda topilgan inertsia momentlari har ikki hol uchun taqqoslanadi.

## Nazariy usul

Tajribada gorizontol o'qqa o'rnatilgan  $R$  – katta radiusli qalinligi  $b$  ga teng bo'lgan bir jinsli diskning va uni harakatga keltirish uchun ip yordamida yuk  $b$  osilgan qo'shimcha  $r$  - radiusli va qalinligi  $l$  ga teng bo'lgan shkiv bilan birgalikdagi inertsia momentini aniqlash kerak bo'ladi (1-rasm). Katta radiusli disk ikkita simmetrik aylanish o'qidan  $d$  – masofada joylashgan  $2R_1$  radiusli maxsus o'yma teshik va  $R_2$  radiusli chuqurligi  $l_2$  ga teng bo'lgan o'ymadan iborat.

Bunday murakab jismning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momentini toppish uchun avval  $R$  va  $r$  radiusli yaxlit disk va shkivlarning inertsiya momentlarini hisoblab ( $I=I_1+I_2$ ), so'ngra sistemaning o'ymalar o'rniga mos keluvchi inertsiya momentlari  $I_3$  va  $I_4$  ni Shteyner teoremasidan foydalangan holda hisoblab sistemaning inertsiya momenti  $I$  dan ayirib topiladi:

$$I_0 = I_1 - 2(I_3 + m_3 d^2) - I_4 \quad (8)$$

Bu yerda  $m_2 - R_1$  radiusli teshikchaga mos keluvchi g'ildirak disk materialidan yasalgan sterjenning massasi,  $d$ -o'yma teshiklarning markazi bilan diskning aylanish o'qi orasidagi masofa,  $I_3$  -o'yma teshikchaga mos keluvchi sterjenning og'irlik markazidan o'tuvchi aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti.

Bu (8) formuladagi inertsiya momentlarining o'rniga massalari va radiuslari orqali qiymatlarni qo'yib quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I_0 = \frac{1}{2} m_i R^2 + \frac{1}{2} m r^2 - 2 \left( \frac{1}{2} m_3 R_3^2 + m_3 d^2 \right) - \frac{1}{2} m_4 R_2^2 \quad (9)$$

Bu formulaga kiruvchi massalarni zichlik  $\rho$  va hajm ifodalari orqali yozib quyidagini hosil qolamiz:

$$I_0 = \frac{1}{2} \pi R^2 l \rho R^2 + \frac{1}{2} \pi r^2 l_1 \rho r^2 - 2 \left( \frac{1}{2} \pi R_1^2 \rho R_1^2 + \frac{1}{2} \pi R_1^2 l \rho d^2 \right) - \frac{1}{2} \pi R_2^2 \rho R_2^2 = \frac{1}{2} \pi \rho [l(R^4 - 2R_1^4 - 2R_1^2 d^2) r^4 l_1 - R_2^4 l_2] \quad (10)$$

Bu yerda  $\rho$  - disk moddasining zichligi ( $\rho=1200 \text{ kg/m}^3$ ),

$R_1$ - kata diskning radiusi va  $l$  qinligi,

$R_4$  - o'yma teshikning radiusi,

$R_1$  - shkiv radiusi va  $l_1$  qinligi,

$R_2$ - $l_2$ - chuqurikli o'ymaning radiusi.

Disk va shkiv kichik radiusli temirdan yasalgan o'qqa o'rnatilgan va uning inertsiya momenti o'qining radiusi  $r$  kvadratiga proporsionalligidan va  $r \ll R$  bo'lganligidan va dickning

inertsiya momentiga nisbatan juda kichikligidan uni nazarga olmaymiz. Bundan tashqarii shkiv radiusi va o'yma teshikning radiusi ham disk radiusidan kichikligini va ularning disk inertsiya momentiga beradigan hissasi 0,5% dan kamligini e'tiborga olib, (10) formulani shu aniqlik bilan quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$I_0 = \frac{1}{2} \pi \rho [l(R^4 - 2R_1^2 d^2) - R_2^4 l_2] \quad (11)$$

Shunday qilib, disk va o'yma teshik va o'ymaning radiusi va ularni qalinligini bilgan holda (11) formuladan yuqoridagi uslubga asosan yuksiz diskning inertsiyamomenti aniqlanadi.

Agar ikki o'yma teshiklar ichiga biror metalldan yasalgan silindr shaklidagi yuklarni joylashtirsak, u holda Shteyner teoremasiga asosan diskning inertsiya momenti ortib quyidagiga teng bo'ladi:

$$I' = I_0 + 2I_3 + 2m_0 d^2 \quad (12)$$

Bu yerda  $I_0$  - yuksiz diskning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti,  $I_3$  - diskka o'rnatilgan yukning og'irlik markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momenti,  $m_0$  - bitta yukning massasi,  $d$  - teshik markazidan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa, (12) formuladagi  $I_0$  o'rniga  $\frac{1}{2} m_0 r_0^2$  ni qo'yib

$$I' = I_0 + m_0 r_0^2 + 2m_0 d^2 \quad (13)$$

ni hosil qilamiz. Bu yerda  $r_0$  - metall silindrning radiusi. Shunday qilib, o'yma teshikchaga qo'yiladigan yukning massasi va uning radiusini aniqlab, (13) formuladan yukli diskning inertsiya momentini berilgan eksperimental sistema uchun aniqlash mumkin.

Ishda (11) va (13) formulalardagi kattaliklarni o'lchab, shu formulalar yordamida yuksiz disklarning inertsiya momentlari aniqlanadi.

Bu kattaliklar dinamik usulda aniqlangan kattaliklar bilan taqqoslanib xulosalar qilinadi.

### **Nazorat savollari:**

1. Burchak tezlanish nima?
2. Inertsiya momenti deb nimaga aytiladi?
3. Aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti, kuch momenti, harakat miqdori momenti deganda nima tushuniladi?
4. Shteyner teoremasini yozing va uni isbotlang?
5. Dinamikaning asosiy qonunining mohiyatini tushuntiring?
6. Diskga ta'sir qiluvchi ishqalanish kuchi yukning tushish tezligiga qanday bog'langan?
7. Ixtiyoriy geometrik shakldagi jismning inertsiya momenti qanday aniqlanadi?

### **Adabiyotlar:**

1. S.P. Strelkov. Umumiy fizika kursi, Mexanika, «O'qituvchi», Toshkent.:1997 yil, VII bob, 52,53, 55,59 §.
2. D.V. Sivuxin. Umumiy fizika kursi: Mexanika. «O'qituvchi». Toshkent.: 1981. V bob, 30, 32,33,35,36§.
3. V.I. Iverenova. Fizikadan praktikum: Mexanika va molekular fizika. «O'qituvchi». Toshkent.: 1972 .
4. E.N. Nazirov va boshqalar. Mexanika va molekular fizikadan praktikum. «O'qituvchi. Toshkent.: 1998. 64-72 b.
5. J.Walker Fundamentals of Physics.N.-Y.:2011.V, VI, VII. (102-152 p.).

### 3 - LABORATORIYA ISHI

## AYLANAYOTGAN JISM UCHUN DINAMIKANING ASOSIY QONUNINI TEKSHIRISH (OBERBEK MAYATNIGI)

**Ishning maqsadi:** Oberbek mayatnigida aylanma harakat dinamikasining asosiy qonunini eksperimental tekshirish.

**Kerakli asbob va materiallar:** 1. Oberbek mayatnigi

2. Elektr sekundomer

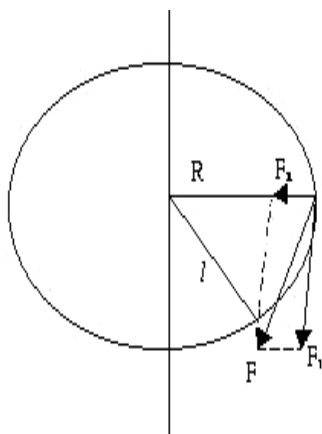
3. Shtangensirkul

4. Chizg'ich

5. Massasi ma'lum yuklar to'plami

### NAZARIY QISM

Aylanish o'qiga mahkamlanib, aylanma harakatlanayotgan qattiq jism tezligi, aylanish o'qiga nisbatan tik joylashgan tekislikdagi kuchning tangensial tashkil etuvchisi, jismga ta'sir etishi tufayli o'zgaradi (1-rasm).



1-rasm. Aylanayotgan qattiq jism

Bu vaqtda burchakli tezlanish faqatgina kuchning tashkil etuvchisi kattaligiga emas, balki aylanish o'qidan kuch qo'yilgan nuqtagacha bo'lgan eng qisqa masofa ( $l$ ), yani kuch yelkasiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun aylanma harakat dinamikasida kuch o'rnida aylanish o'qiga yoki aylanish markaziga nisbatan kuch momenti ishlatiladi. Aylanish o'qiga nisbatan, son qiymati kuchning kuch yelkasiga kupaytmasiga teng bo'lgan vektor kattalikka kuch momenti deyiladi.

$$M = F l \quad (1)$$

Kuch momentining vektor yo'nalishi o'ng parma qoidasi yordamida aniqlanadi. Kuch momenti vektori  $\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}]$  formula bilan ifodalanadi. Aylanma harakatlanayotgan jism burchakli tezlanishi faqat uning massasiga emas, balki aylanish o'qiga nisbatan massaning taqsimlanishiga ham bog'liq. Shuning uchun aylanma harakat dinamikasida massa o'rnida jism inersiya momenti ishlatiladi. Qattiq jismni moddiy nuqtalar to'plamidan iborat deb qaralsa bo'ladi. Moddiy nuqta massasini undan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa kvadratiga ko'paytmasini skalyar qiymati moddiy nuqtaning o'sha o'qqa nisbatan inersiya momenti deyiladi.

$$J_{\text{mod.nuqta}} = \Delta m_i r_i^2 \quad (2)$$

Qattiq jismni tashkil etuvchi moddiy nuqtalarni aylanish o'qiga nisbatan inersiya momentlarining yig'indisiga jismning shu o'qqa nisbatan inersiya momenti deyiladi.

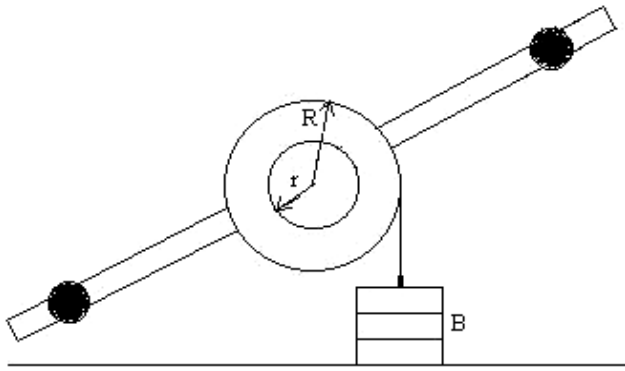
$$J = \sum_{i=1}^n J_{\text{nuqta}} = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2 \quad (3)$$

Aylanayotgan jism burchakli tezlanishi jismga tasir etuvchi kuch momenti va jism inersiya momentiga (aylanish ro'y berayotgan o'qqa nisbatan) bog'liqligi aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi bilan aniqlanadi.

$$M = J \cdot \varepsilon \quad (4)$$

## QURILMANING TUZILISHI

Ushbu ishning asosiy maqsadi - aylanma harakat dinamikasi asosiy qonunining Oberbek mayatnigida bajarish va uni tekshirishdir (2-rasm). Ikkilanma shkivga mahkamlangan ikkita sterjen qurilmaning aylanuvchi qismini tashkil etadi (shkiv radiuslari  $R, r$ ). Gorizontall joylashtirilgan shkif o'qiga podshipnik birlashtirilgan. Shkivga o'ralgan ipning taranglik kuchi tasirida asbob aylanadi. Bu aylanuvchi moment hosil etadi.



2-rasm. Qurilma tuzilishi

Ipning bo'sh uchiga osilgan har xil massali yuklar yordamida ipning taranglik kuchini o'zgartirish mumkin.

Aylanish o'qiga nisbatan sistema inersial momentini sterjenga mahkamlangan yuklarni siljitish yordamida o'zgartirish mumkin. Aylanayotgan jismlar uchun dinamikaning asosiy qonunini quyidagicha tekshirish mumkin.

Qurilma aylanuvchi qismining inersiya momentini o'zgarimas hisoblab ( $J = \text{const}$ ) aylantiruvchi momentini ( $M$ ) o'zgartirgan vaqtda, aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuniga muvofiq, burchakli tezlanish aylantiruvchi momentga proporsional bo'lishi kerak: ( $M \sim \varepsilon$ ),

$$\frac{M_1}{\varepsilon_1} = \frac{M_2}{\varepsilon_2} = \frac{M_3}{\varepsilon_3} = J \quad (5) \text{ bo'ladi.}$$

Aylantiruvchi kuch momentini ip tarangligi kuchini shkiv radiusiga ko'paytirish ( $M = F \cdot R$ ) orqali aniqlanadi, chunki ushbu holda ip o'ralgan shkiv radiusi kuch yelkasidir.

Yuk tekis tezlanuvchan tushgan ( $P = mg$ ) vaqtidagi ipning taranglik kuchi

$$F = mg - m a \quad (6)$$

tenglamadan aniqlanadi.

Bu yerda  $a$  - yuk tushishdagi tezlanishi

$m$  - ipga osilgan yuk massasi

Shunday qilib kuch momenti

$$M=m(g-a)R \quad (7)$$

Tushayotgan yuk tezlanishini shkala bo'yicha yuk bosib o'tgan masofa ( $h$ ) dan va uning tushish vaqtidan (elektr sekundomer bilan o'lchab) osongina aniqlash mumkin:

$$h=\frac{at^2}{2} \quad \text{dan} \quad a=\frac{2h}{t^2} \quad (8)$$

ni topamiz.

Mayatnik aylanishidagi burchakli tezlanishini

$$\varepsilon=\frac{a}{R} \quad (9)$$

dan foydalanib hisoblash mumkin.

Shunday qilib, (3) qonunni tekshirish uchun (6) tenglama to'g'riligini isbotlash, yani mayatnik inersiya momentini hisoblash kerak:  $J=\frac{m}{\varepsilon}$

Bu yerda  $M=m(g-a)R=m(g-\frac{2h}{t^2})R \quad (10)$

$$\varepsilon=\frac{a}{R}=\frac{2h}{t^2R} \quad (11)$$

ni etiborga olinsa:

$$J=\frac{M}{\varepsilon}=\frac{mR(g-\frac{2h}{t^2})}{\frac{2h}{t^2R}}=mR^2(\frac{gt^2}{2h}-1) \quad (12)$$

formulada  $m$  - ipga osilgan yuk massasi

$R$  - shkiv radiusi

$h$  - yuk bosib o'tgan masofa

$t$  - yuk tushish vaqti

$g$  - erkin tushish tezlanishi

Hamma hisoblar xalqaro birliklar sistemasi "SI" da olib boriladi.



## ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. Mayatnikni farqsiz muvozanat holatiga keltiriladi.
2. Shkiv diametrining uch xil yo'nalishida ipsiz va ip o'ralganda o'lchanadi. Olinadian qiymatlardan diametrning o'rtacha arifmetik qiymati hisoblanadi.
3. Shkivga ipni o'rang va krestovinani ushlab turib ip uchiga yuk osiladi.
4. Yuk osilgan tekislik pastki qismini poldan ma'lum balandlikka ( $h$ ) joylashtiriladi va sterjenni erkin holda harakatga keltirib tushiriladi, shu vaqtda sekundomer yurgiziladi.
5. Yuk polga urilgan vaqtda sekundomer to'xtatiladi va uni tushish vaqti hisobi olinadi.
6. Yukni o'zgartirmay tajriba uch marta takrorlanadi va o'lchanadian balandliklar, vaqtlarni o'rtacha arifmetik qiymati hisoblanadi.
7. Shu usulda  $m_2$  va  $m_3$  massali yuklar uchun tushish vaqti ( $t$ ) topiladi.
8. Olinadigan natijalar jadvalga yoziladi.
9. Olinadigan o'lchovlar yordamida (10) tenglamadan kuch momenti, (11) tenglamadan burchakli tezlanish va (12) tenglamadan inersiya momentlari hisoblanadi va natija jadvalga yoziladi.

## KUZATISH JADVALI

No	Ro'rt	m	h	T	$\varepsilon$	M	J	$\Delta J$	$E_J$
1									
2									
3									

## SINOV SAVOLLAR

1. Aylanish o'qiga nisbatan kuch momenti deb nimaga aytiladi?
2. Jism inersiya momenti nimalarga bog'liq, aylanma harakatda u qanday vazifani bajaradi?
3. Ushbu ishda yuk ilgariylanma harakatidagi tezlanishi qanday aniqlanadi?
4. Ushbu ishda asbob o'qiga nisbatan ip taranglik kuchi momenti va burchakli tezlanishi qanday hisoblanadi?
5. Qattiq jism aylanma harakatlanganda burchakli tezlanishi, inersiya momenti, kuch momentlari orasida qanday bog'lanish bor?  
Oberbek mayatnigida yuk qaysi holatda tursa inersiya momenti maksimal va uning qaysi holatida inersiya momenti minimal qiymatlarga erishadi

## 4-LABORATORIYA ISHI

### ELASTIKLIK MODULINI CHO'ZILISHDAN TOPIISH

*Kerakli asbob va materiallar:*

- 1) qurilma; 2) chizg'ich; 3) katetometr;
- 4) mikrometr

#### **Qisqacha nazariya**

Tashqi kuch ta'sirida qattiq jism shakli yoki chiziqli o'lchamining o'zgarishi deformatsiya deb ataladi. Agar deformatsiyani vujudga keltiruvchi kuch ta'siri yo'qolgach, jism o'zining avvalgi shakli va o'lchamini tiklay olsa, bunday deformatsiya elastik deformatsiya, to'la tiklay olmasa noelastik deformatsiya deyiladi.

Deformatsiyalovchi kuch ta'siri to'xtagach, deformatsiyalangan jismning shakli va o'lchamlarini tiklay olish qobiliyati mazkur jismning elastikligi deb ataladi. Elastik deformatsiyalanish jarayonida jismning deformatsiyalanishiga qarshilik ko'rsatadigan kuchlar vujudga keladi. Mazkur kuchlar elastiklik kuchlari deyiladi.

Elastiklik kuchlarining vujudga kelishining sababi quyidagicha: deformatsiya jarayonida deformatsiyalanuvchi jism zarralarining orasidagi masofa va ularning o'zaro joylashishi o'zgaradi. Buning natijasida jism zarralari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarining muvozanati buzilib, elastiklik kuchlari vujudga keladi. Bu kuchlar zarralarning deformatsiya jarayonidagi avvalgi, dastlabki vaziyatini (konfiguratsiyasini) tiklashga harakat qiladi. Elastiklik kuchlari deformatsiyalanayotgan jismning ichida, uning qismlari orasida vujudga kelib, zarralarning vaziyatini o'zgartirgan tashqi kuchlarga qarshi yo'nalgan bo'lib, uni muvozanatlaydi. Bunday deformatsiya statik deformatsiya deyiladi.

Elastik deformatsiyada deformatsiya chiziqli kattaligi  $\Delta x$  bilan deformatsiya natijasida vujudga kelgan elastiklik kuchlari  $F$  orasidagi munosabat Guk qonuni bilan aniqlanadi:

$$F_{el} = -k\Delta x \quad (1)$$

Bu yerda  $k$ - elastiklik (bikrlik) koeffitsienti bo'lib, u jismning elastiklik xususiyatlariga va o'lchamlariga bog'liq. Minus ishora esa elastiklik kuchi deformatsiyalangan jism zarralarining siljishiga teskari yo'nalgan ekanligini ko'rsatadi yoxud elastiklik kuchlari deformatsiyalovchi  $F$  tashqi kuchlarga qarshi yo'nalganligini bildiradi, ya'ni

$$\vec{F}_{el} = -\vec{F}_t \quad (2)$$

(1) ifodani

$$F_t = k\Delta x \quad (3)$$

deb yozishimiz mumkin. Demak, jismning uzunligini bir birlikka o'zgartirish uchun kerak bo'lgan kuchga shu jismning elastiklik koeffitsienti deyiladi.

Faraz qilaylik, uzunligi  $l_0$  va ko'ndalang kesim yuzi  $S$  bo'lgan sim yoki sterjen  $P$  yuk ta'sirida  $\Delta l$  qadar cho'zilsin. Natijada jism zarralari orasida jism avvalgi vaziyatiga qaytarishga harakat qiluvchi kuchlar paydo bo'ladi. Bu kuchlar ichki elastik kuchlar deyiladi. Jismni deformatsiyalovchi tashqi kuchlar ( $F_t$ ) ichki elastik kuchlar ( $F_e$ ) bilan muvozanatlashadi. Ko'ndalang kesimning yuza birligiga ta'sir qiluvchi kuchga mexanik kuchlanish deb ataladi:

$$\sigma = \frac{P}{S} = \frac{F_t}{S} \quad (4)$$

Jismning o'lchamlari o'zlariga nisbatan necha marta ortganligini yoki kamayganligini ko'rsatuvchi kattalikka nisbiy deformatsiya deb ataladi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (5)$$

Ingliz fizigi Robert Guk deformatsiyalangan jismdagi kuchlanishi nisbiy deformatsiyaga proporsional ekanligini topadi:

$$\sigma \sim \frac{\Delta l}{l_0} .$$

Demak, cho'zilishini yoki siqilish deformatsiyasi bo'layotgan sterjen uchun Guk qonunini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{\Delta l}{l_0} = k \frac{F_t}{S} \quad (6)$$

Bunda  $k = \frac{1}{E}$  bo'lib, bu yerda E Yung moduli yoki elastiklik moduli deb ataladi va jismning elastik xossalarini asosiy xarakteristikasidir. (6) formulani quyidagicha yozamiz:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad \text{bundan} \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (7)$$

Agar sterjenning chiziqli o'lchamini nisbiy o'zgarishi  $\varepsilon=1$  bo'lsa,  $E=\sigma$  bo'ladi.

Demak, Yung moduli mexanik deformatsiyalanuvchi sterjenning uzunligini 2 marta o'zgartirish uchun zarur bo'lgan kuchlanish kattaligiga teng ekan.

Yung modulining birligi – kuchlanish birligi (bosim birligi) bilan bir xil bo'lib,  $N/m^2$ , SGS da  $dn/sm^2$  va texnikada  $kg.kuch/sm^2$  birliklarda o'lchanadi. Tajribaning ko'rsatishicha, elastik deformatsiya har bir jism uchun kuchlanishning ma'lum bir aniq qiymatigacha ro'y beradi. Deformatsiya elastik bo'lib qoladigan eng maksimal kuchlanish elastiklik chegarasi deyiladi. Guk qonuni kuchlanishning elastiklik chegarasiga to'g'ri keladigan qiymatidan kichik qiymatlarda o'rinli bo'ladi. 1-rasmdan ko'rinib turibdiki, kuchlanish  $\sigma$  bilan nisbiy deformatsiya  $\varepsilon$  orasidagi bog'lanish ( $0 \div \sigma_0$ ) intervalda chiziqli bo'ladi. Kuchlanishning  $\sigma_0$

dan yuqori qiymatlarida  $\sigma$  bilan  $\varepsilon$  orasidagi bog'lanish chiziqli bo'lmay grafik egri chiziqqa aylanadi (1-rasm). Bu holda noelastik, ya'ni plastik deformatsiya kuzatiladi, ya'ni kuchlanish 0 ga qadar kamayganda ham jism o'zining avvalgi o'lchamini (shaklini) tiklamaydi.

Kuchlanish oshira borilsa, uning qandaydir  $\sigma = \sigma_m$  qiymatida jism yemirila boshlaydi. Bu kuchlanish kattaligi  $\sigma_m$  jismning mustahkamlik chegarasi deyiladi.

$\sigma = \sigma(\varepsilon)$  bog'lanish har xil jismlar uchun har xil bo'lib, ularning ko'rinishi turli materiallar uchun turlicha bo'ladi. Sababi, deformatsiya jarayoni deformatsiyalanuvchi jismning tabiatiga, ya'ni uning strukturasi, zarrachalarning orasidagi ta'sir kuchiga va jismning tarkibiga bog'liqdir.  $\sigma = \sigma(\varepsilon)$  bog'lanishning eng sodda ko'rinishlaridan biri 1-rasmda tasvirlangan.

Deformatsiyaning turlari ko'p. Masalan: cho'zilish, siqilish, siljish, egilish, burilish va boshqalar. Barcha turdagi elastik deformatsiyalar quyidagi qonunlarga bo'ysunadi:

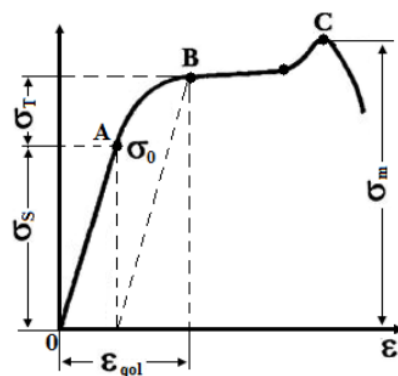
Elastiklik sohasida deformatsiya tashqi kuch kattaligiga proporsional bo'ladi (ya'ni  $\Delta x \sim F_t$  yoki  $\varepsilon \sim \sigma$ ).

1. Elastiklik sohasida tashqi kuchning yo'nalishi o'zgarsa, deformatsiyaning ham yo'nalishi o'zgaradi, ammo absolut qiymati o'zgarmaydi.

2. Bir necha tashqi kuchlar ta'sir qilgan holda umumiy deformatsiya har bir kuch ta'sirida vujudga keladigan deformatsiyalar yig'indisiga teng.

Agar tajriba natijasida  $\Delta l, l_0, S$  va  $F_t = P$  larning qiymatlari ma'lum bo'lsa, u holda

(6) ga asosan E quyidagi formula yordamida aniqlanadi:



1-rasm

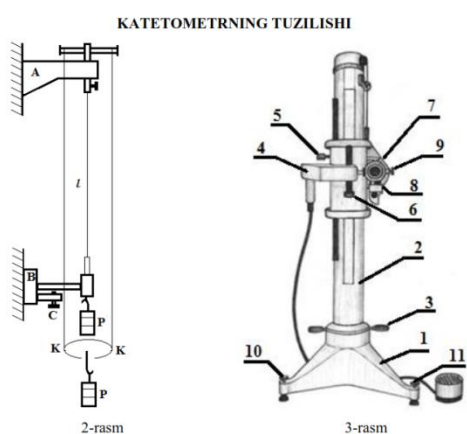
$$E = \frac{Pl_0}{S\Delta l} \quad (8)$$

Mazkur ishdan maqsad po'lat simning cho'zilishini tekshirish orqali uning elastiklik modulini aniqlashdan iboratdir.

### Asbobning tavsifi

Bu ishda qo'llaniladigan asbob ustma-ust joylashgan ikkita A va B kronshteyndan iborat bo'lib, bu kronshteynlar tekshirilayotgan materialdan yasalgan simni qisib turadi. (2-rasm). Pastki B kronshteynda  $f$  arretir bor. Simga yuk osgan paytda ham, undan yukni olgan paytda ham arretirni C vint yordamida ko'tarib qo'yish kerak. Simga osilayotgan yuklar yuqoridagi kronshteynga osilib qo'yilgan maxsus KKosmadan olinadi.

Shunga e'tibor qilish kerakki, yuklarni simdan olganda ham ularni yana shu osmaga qo'yish kerak. Mana shunday qilinganda yuqorigi kronshteynga ta'sir



qiladigan nagruzka o'zgarmaydi. Shu tufayli yuqorigi kronshteyn hamma vaqt birday egilib turadi. Simning uzunligi  $f$  arretir tushib turgan holda chizg'ich yordamida, yuk ta'sirida uzayishi  $\Delta l$  esa «KM» turdagi katetometr vositasida o'lchanadi (3-rasm).

Katetometr yaxlit uchoyoqqa (1) o'rnatilgan kolonnadan (2), o'lchov karetkasidan (8), ko'rish trubasidan (9) va o'lchov mikroskopidan iborat (3-rasm). Kollonnani 3kallak yorda-mida vertikal o'q atrofida aylan-tirish mumkin. O'lchov karetkasini

vertikal bo'yicha katta siljitishlar 5- vint bo'shatilgan holda qo'l bilan amalga oshiriladi. Uni aniq siljitishlar esa 5- vintni mahkamlagan holda 6-vint yordamida bajariladi.

Ko'rish trubasini obyektning tanlangan nuqtasiga fokuslash 4-maxovikni burash orqali amalga oshiriladi. Tubusning yon tomonida o'qi ko'rish trubasining vizir o'qiga parallel bo'lgan (8) silindrik vaterpas (shayton) joylashgan. Vaterpasdagi pufakcha uchlari tasvirlarini okulyar (7) orqali qarab, mikrometrik vint (9) yordamida mos keltiriladi. Mana shunday holatda vaterpas gorizontaal o'rnatilgan bo'ladi.

Ko'rish trubasini gorizontaal tekislikning tanlangan nuqtasiga aniq o'rnatish 10-vint mahkamlagan va 11-vint bo'shatilgan holda amalga oshiriladi. Katetometrning o'lchov karetkasida masshtab to'rga ega bo'lgan o'lchov mikroskopi o'rnatilgan.

Karetkani kolonna bo'ylab vertikal siljitish va vertikal o'q atrofida kollonnani

burish orqali obyektning tanlangan nuqtasiga vizirlash amalga oshiriladi. Tegishli

hisoblashlarni mikrometrning okulyari orqali shkaladan va masshtab to'rdan olinadi. Vertikal kesmalarning uzunligi tegishli hisoblashlarning ayirmasi sifatida topiladi.

### **O'lchashlar**

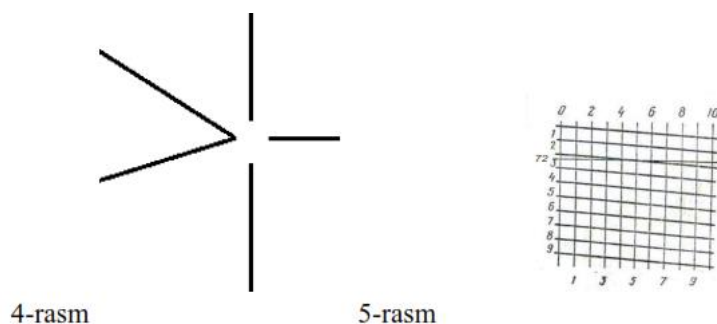
1. Arretir tushib turgan holda simning uzunligi  $l_0$  chizg'ich bilan o'lchanadi.

Mikrometr yordamida simning diametri  $d$  ni bir necha joyidan o'lchanib, ularning o'rtacha arifmetik qiymati olinadi.

2. Katetometrning ko'rish trubasini simning pastki uchini qisib turuvchi vintning o'rtasiga to'g'rilanadi. Ko'rish trubasining okulyarini masshtab to'rining aniq tasviri hosil bo'ladigan qilib,



fokuslovchi linzani esa obyektning aniq (keskin) tasviri hosil bo'ladigan qilib o'rnatiladi. Shundan so'ng 5-vint mahkamlangan holda 6-vint yordamida ko'rish trubasini obyektning tanlangan nuqtasiga aniq qilib to'g'rilanadi. Ko'rish trubasining ko'rish maydonida kesishgan chiziqlar bo'lib, uning chap tomonidagi ikkita shtrixi burchak bissektori ko'rinishida bo'ladi (4-rasm).



Trubani to'g'rilashda obyekt nuqtasi vertikal shtrixlarning chap tomonida, burchak bissektorining aniq o'rtasida gorizontaal shtrix sathida joylashishi lozim. Shundan so'ng, mashtab to'r bo'yicha birinchi hisob-tekshirilayotgan simning unga yukosilmagan paytdagi pastki uchi vaziyati  $x_0$  aniqlanadi. O'lchov mikroskopining ko'rish maydonida bir vaqtda og'ma va vertikal shtrixlardan tashkil topgan masshtab to'r va odatda biri shu to'g'ri kesib o'tuvchi millimetrli shkalaning raqam bilan belgilangan ikkita gorizontaal shtrixi tasviri ko'rinib turadi. Og'ma shtrixlar oralig'i millimetrning 0,1 ulushiga, vertikal shtrixlar oralig'i esa millimetrning 0,01 ulushiga mos keladi. Bunda 72 mmga mos keluvchi gorizontaal chiziq, 2-raqamga mos keluvchi og'ma shtrix 5 chi va 6 chi vertikal shtrixlarning o'rtasiga to'g'ri keluvchi nuqtasida kesib o'tadi. Hisoblash natijasi 72,255 mm qiymatni beradi (5-rasmga qarang).

3. Simga birin-ketin yuklarni osa borib, har gal katetometr yordamida simning pastki uchining vaziyati  $x_i$  topiladi. Shundan so'ng bu ish teskari tartibda bajariladi, ya'ni simga osilgan yuklarni birin-ketin kamaytira boramiz va har gall simning pastki uchining vaziyati  $x_i$  ni qayd qilib boramiz. Natijalar 1-jadvalga yoziladi.

1-jadval

No	$m_i, kg$	$P_i, N$	$x_i$ ↓, mm	$x_i$ ↑, mm	$\bar{x}_i$	$\Delta l_i$ , mm	$E_i, 10^{11} \frac{N}{m^2}$	$\bar{E}, 10^{11} \frac{N}{m^2}$	$\varepsilon = \frac{\Delta E}{e} \cdot 100\%$
1	0,5								
2	1,0								
3	1,5								
4	2,0								
5	2,5								

### Hisoblashlar

1. Olingan natijalardan foydalanib, simning har bir  $P_i$  yukka mos kelgan cho'zilishi

$$\Delta l_i \text{ topiladi: } \Delta l_i = \bar{x}_i - x_0$$

Bundagi  $x_i$ —simga birday yuk qo'ygandagi har ikkala qiymatining o'rtachasi,  $x_0$  —simning nol nuqtasiga mos keluvchi vaziyatining o'rtachasi.

2.  $P$  ning  $\Delta l$  ga bog'lanish grafigi chiziladi va bu bog'lanish chiziqli bog'lanish ekanligi tekshiriladi.

3. (8) formula yordamida elastiklik modulining simga turli yuk qo'yilgandagi qiymati hisoblab topiladi.

4. E ni o'lchashdagi xatolik differentsiallashtirish usuli bilan topiladi:

$$E = \bar{E} \sqrt{\left(\frac{\Delta P}{P}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l_0}{l_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta(\Delta l)}{\Delta l}\right)^2}$$

5. Tajriba natijasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$E = \bar{E} \pm \Delta \bar{E}$$

#### Nazorat savollari:

1. Deformatsiya nima?
2. Elastik va noelastik diformatsiya nima?
3. Guk qonunini ta'riflang.
4. Yung modulini ta'riflang.
5. Deformatsiyalanuvchi jismda elastiklik kuchlari nima uchun vujudga keladi?
6. Mexanik kuchlanishning nisbiy deformatsiyaga bog'lanishini tushuntirib bering.
7. Mustahkamlik chegarasi nima?
8. Mustahkamlik zapasi nima?
9. Elastik deformatsiya energiya zichligi formulasini keltirib chiqaring.
10. Buralish moduli deb nimiga aytiladi?
11. Siljish moduli deb nimiga aytiladi?

#### Adabiyotlar:

1. А.К.Кикоин, И.К.Кикоин. Молекуляр физика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1978. X боб. §122-127 (438-454-б).
2. С.П.Стрелков. Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1965. X боб. §87.
3. Д.В.Сивухин. Умумий физика курси: Т.1 Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1981. X боб. §73-80, (328-413 б.)

4. Физикадан практикум: Механика ва молекуляр физика. Проф. В.И. Иверонова тахрири остида. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1973, 85-90 б.
5. J.Walker Fundamentals of Physics.N.-Y.:2011.V, VI, VII. (102-152 p.).
6. С.Э.Хайкин. Физические основы механики. Москва.:Наука, 1971, §105-114 (460-496 б.).

## **5- LABORATORIYA ISHI**

### **EGILISH BO'YICHA YUNG MODULINI ANIQLASH**

**Ishning maqsadi:** Egilish elastik deformatsiyasini o'rganish va Yung modulini aniqlash.

**Kerakli asbob va materiallar:**

- 1.Egilish bo'yicha maxsus asbob
2. Tekshiriladigan nusxalar 3. Yuklar 4. Shtangensirkul 5. Chizg'ich

#### **NAZARIY QISM**

Jismga tashqi kuch ta'sirida o'z shaklini yoki o'lchamlarini o'zgartirishga deformatsiya deyiladi. Deformatsiya vaqtida jismni tashkil etgan zarralar boshlang'ich muvozanat xolatidan siljib yangi xolatga o'tadi. Bu siljishga zarralar orasidagi o'zaro tortishish kuchlari qarshilik ko'rsatadi. Natijada deformatsiyalanayotgan jismda ichki elastik kuchlar paydo bo'ladi.

Tashqi kuch ta'siri tugagandan keyin jism o'zining avvalgi holatiga qaytsa bu elastik deformatsiya deyiladi. Qattiq jismlar noelastik deformatsiyalanganda, uni kristallik panjaralari o'z holiga qaytib kelmasligi bilan ajraladi. Bu hol qoldiq yoki plastik deformatsiya deyiladi.

Elastik deformatsiyada, tashqi kuchlar hosil bo'lgan ichki kuchlarni natijalovchi jismni istalgan kesimida jismga ta'sir etayotgan tashqi kuch bilan muvozanatlashadi. Shu sababli elastik deformatsiyada ichki elastik kuchlarni jismga qo'yiladigan tashqi kuch qiymatiga orqali aniqlash mumkin.

Ichki elastik kuch qiymati kuchlanish bilan xarakterlanadi. Yuza birligiga (S) ta'sir etayotgan natijaviy elastik kuchga (F) kuchlanish deyiladi.

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (1)$$

N/m<sup>2</sup> larda o'lchanadi.

Kuch (S) yuzaga normal bo'ylab yo'nalgandagi kuchlanishi normal, shu yuzaga urinma bo'ylab yo'nalgandagina tangensial kuchlanish deyiladi. Bir birlik boshlang'ich uzunligi yoki xajmiga to'g'ri kelgan absolyut uzayishiga ( $\Delta x$ ) nisbiy deformatsiya deyiladi.

$$\varepsilon = \frac{\Delta X}{X} \quad (2)$$

bu yerda  $\Delta X = |X_1 - X_0|$  jism o'lchami o'zgarishning absolyut qiymati.

Guk tajriba orqali elastik deformatsiyalanganda jismdagi kuchlanish nisbiy deformatsiyaga to'g'ri proporsionalligini aniqlanadi.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (3)$$

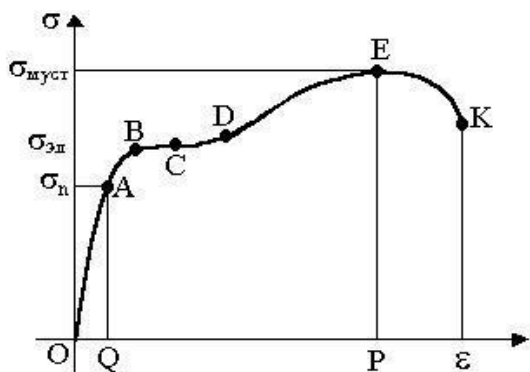
bu yerda E – proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib elastiklik moduli yoki Yung moduli deyiladi.

(3) - formula istalgan ko'rinishdagi elastik deformatsiya uchun Guk qonuni ifodalaydi.

Yung moduli (E) har bir modda uchun o'zgarmas bo'lib, uni qiymati faqat deformatsiyalanayotgan jism materialiga bog'liq.

Agar  $\varepsilon=1$  ga teng bo'lsa, u vaqtda  $\sigma=E$  bo'ladi, ya'ni Yung moduli bir birlik nisbiy deformatsiya hosil etuvchi mexanik kuchlanish son qiymatiga teng.

Deformatsiya kuchlanishiga proporsional bo'lgandagi kuchlanish chegarasi proporsionallik chegarasi deyiladi (A nuqta 1-rasm).



1-rasm. Deformatsiyani kuchlanishga bog'liqligi grafigi

Deformatsiya orttirilganda elastik xarakteri saqlanadi ammo  $\sigma$  va E orasidagi bog'lanishni ifodalovchi grafik to'g'ri chiziqchiligi buziladi. Plastik deformatsiya boshlanguncha bo'lgan eng katta kuchlanish elastiklik chegarasi deyiladi (B nuqta). Elastiklik chegarasi-dan kuchlanish chekli qiymatdan ortsa, jismda qoldiq deformatsiya paydo bo'ladi, ya'ni jismdan deformatsiyalovchi kuch olinadi, u o'zining dastlabki holiga qaytmaydi.

Plastik deformatsiya oquvchanlik chegarasi bilan xarakterlanadi (D- nuqta). Oquvchanlik chegarasidagi kuchlanishlarda tashqi kuch oshirilmasa ham deformatsiya orta boradi.

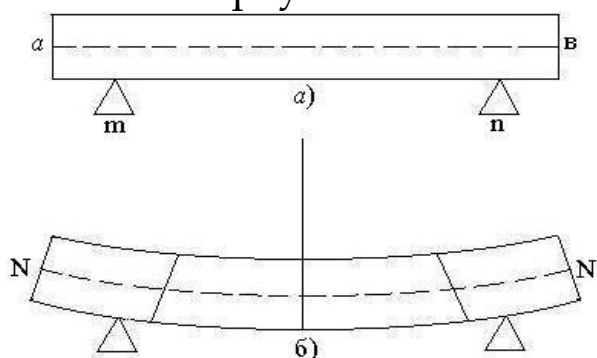
Jismning yemirilishigacha (sinishi, uzulishi) bo'lgan eng katta kuchlanishga mustahkamlik chegarasi deyiladi (E – nuqta).

Qattiq jismlar uchun Yung moduli muhim elastik o'zgarimas kattalik bo'lib, uni aniqlash ushbu ishning asosiy maqsadini tashkil etadi. Bu ishda Yung moduli egilish bo'yicha aniqlanadi.

## STERJENNI EGILISHI BO'YICHA YUNG MODULINI ANIQLASH

Jism egilishi yoki siqilishi uni shakli deformatsiyalanganini ifodalaydi. Agar ko'ndalang kesimi to'g'ri to'rtburchak bo'lgan AB sterjenni ikkita ( $m$  va  $n$ ) prizmalar ustiga qo'yib uning o'rtasiga  $R$  kuch bilan ta'sir qilsak, sterjen egiladi (2-rasm, a).

Bu egilishda sterjenning ustki qatlamlari siqilib (2-rasm, v) ostki qatlamlari cho'ziladi. Buning natijasida sterjenni dastlabki holiga qaytaradigan elastiklik kuchi ham shuncha katta bo'ladi. O'rtasidagi neytral qatlamdan uzoqlashgan (NN) sari, elastiklik kuchlari ko'paya boradi.



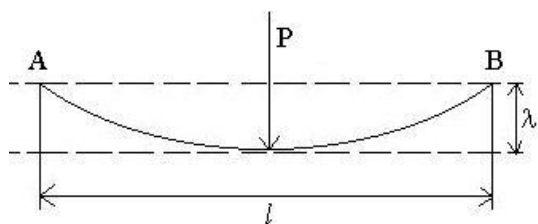
2- rasm. Egilish deformatsiyasi

Neytral qatlamga yaqin qatlamlarda bu kuchlar juda oz bo'ladi, praktik tomonidan ularning ahamiyati yo'q. Shuning uchun amalda egilmaydigan qilib olinadigan yaxlit sterjen o'rniga kavak sterjenlarni muvaffaqiyat bilan ishlatish mumkin. Sterjen o'rtasining yuk qo'yilmaganda va yuk qo'yilganida vaziyatlarining oralig'ini egilish masofasi ( $\lambda$  - strela progiba) deyiladi.

Egilish masofasi ( $\lambda$ ) egilish deformatsiyasini o'lchami bo'lib, Guk qonuni bo'yicha

$$\lambda = \alpha F \quad (5)$$

bu yerda  $\alpha$  - proporsionallik koeffitsiyentni bo'lib, moddaning elastik xossalari, jism o'lchami va ko'ndalang kesimi shakliga bog'liq.



3-rasm. Egilish masofasi.

F – deformatsiyalovchi kuch

$$F = mg$$

kattaligi yuk og'irlik kuchi bilan aniqlanadi. Bunda  $m$  – yuk massasi,  $g$  – erkin tushish tezlanishi.

$$\alpha = \frac{l^3}{4Eab^3} \quad (6)$$

$l$  - sterjenning tayanch nuqtalari orasidagi masofa,

$a$  - sterjenning eni

$b$  - sterjenning qalinligi

$E$  - Yung moduli

(6) dagi  $\alpha$  ning qiymatini (5) ga qo'ysak:

$$\lambda = \frac{mgl^3}{4Eab^3} \quad (7)$$

bundan

$$E = \frac{mgl^3}{4ab^3\lambda} \quad (8)$$

bu ishda Yung moduli (8) formula bo'yicha hisoblanadi. Bu kattalikni hisoblash egilish masofasi, sterjen o'lchamlari ( $a, b, l$ ) metrlarda, yuk og'irligi  $N$ larda olinadi.

Eslatma: (8) formula hisobini osonlashtirish uchun quyidagi ko'rinishda olinadi:

$$E = K \frac{mg}{\lambda} \quad \text{b}y \quad \text{ep}da \quad K = \frac{l^3}{4ab^3}$$

bir marta hisoblanadi.

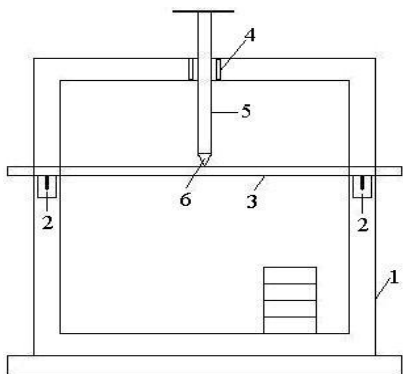
Hisoblar «SI» birliklar sistemasida olinadi.



## ASBOB TAVSIFI

1–Qurilma.

Bu asbob mustahkam to'g'ri burchakli yog'och ramkadan iborat (4- rasm).



Ramkaning (1) vertikal ustunchalariga bir – biriga parallel va bir xil balandlikda uch qirrali ikkita metall prizmalar (2) tik o'rnatilgan, bu prizmalar ustiga tekshiriladigan nusxa qo'yiladi (to'g'ri burchakli kesimga ega bo'lgan sterjen 3).

Ramkaning gorizontaal yuqori tomoni o'rta qismiga metalldan yasalgan kesma va noniusga ega mufta (4) o'rnatilgan. Mufta bo'ylab millimetr bo'linmalarga ega bo'lgan kichik sterjen bimalol harakatlana oladi. Sterjen ustki qismiga yuklar qo'yish uchun metall stolcha pastki uchiga uch qirrali metall prizma (6) o'rnatilgan.

Tayanch prizmalar (2) parallel qilib o'rnatilgan. Bu prizma qirrasi tekshiriladigan jismga (3) tegib turadi. Nonius har bir yuk ( $F$ ) qo'yilgandagi egilish masofasi ( $\lambda$ ) o'lchash uchun ishlatiladi.

### **ISHNI BAJARISH TARTIBI**

1. Shtangensirkul bilan « $a$ » va « $b$ » larni kamida 5 marta har xil joyidan o'lchanadi va ularning o'rtachasini jadvalga yoziladi.
2. Prizma qirralari orasidagi masofa ( $l$ ) o'lchanadi va jadvalga yoziladi.
3. Tekshiriladigan sterjenni tayanch prizmalar ustiga qo'yiladi va uni o'rta qismiga tayanch prizmalarga parallel (yuk quyiladigan metall sterjen bilan yog'och sterjen orasiga) alyumin prizmani qo'yib nonius bo'yicha nolinch hisobni olinadi. Boshlang'ich egilish ( $\lambda$ )

masofasini unga ta'sir etuvchi sterjen va yog'och og'irligi hosil etadi.

4. Asta sekin metall sterjen stolchasiga yuklar qo'ya borib, nonius bo'yicha birinchi hisoblar olinadi ( $n_0, n_1, n_2 \dots$ ). Nonius ko'rsatkichi farqi ( $n_2 - n_1$ ) egilish masofa qiymatini beradi. ( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ).
5. Qo'yilgan yuklarni kamaytira borib yana nonius bo'yicha ikkilamchi hisoblar ( $n^{1^1}, n_2^{1^1} \dots$ ) olinadi va egilish masofalari ( $\lambda_1^{1^1}, \lambda_2^{1^1}$ ) aniqlanadi.
6. Birlamchi va ikkilamchi egilish masofasini o'rtacha hisobi qiymati  $\lambda_{o'rt} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$  dan topib jadvalga yoziladi.
7. Sterjen ustidan hamma qo'shimcha yuklarni olib, yana asbobni nolinch holati aniqlanadi.
8. Yung moduli qiymatini (8) formula yordamida har bir tajriba uchun alohida topiladi va ularni o'rtacha arifmetik qiymati

$$\bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{n} \text{ formuladan aniqlanadi.}$$

9. Enitopilgan qiymatlarini jadvaldagi qiymati bilan solishtiriladi va o'lchash nisbiy xatosi aniqlanadi.

### KUZATISH JADVALI

№	M	Yuk qo'yilganda		Yuk olinadida		$\lambda_{o'rt}$	l	a	b	E	$\Delta E$	$E_E$
		$n_0$	$n_i$	$n_0^{1^1}$	$n_1^{1^1}$							
1												
2												
3												
4												

## SINOV SAVOLLAR

1. Kuchlanish nima va u qanday birliklarda o'lchanadi?
2. Deformatsiya o'lchami deganda nimani tushunasiz?
3. Elastiklik chegarasi deb nimaga aytiladi? Mustahkamlik chegarasi debchi?
4. Yung moduli nima va uning fizik ma'nosi qanday?
5. Egilishda sterjen tolalari qanday deformatsiyalanadi?
6. Egilishda yaxlit sterjen o'rniga kavak sterjen ishlatish mumkinmi?
7. Hisoblash formulasini yozib bering va undagi cimvollarni aytib bering.
8. Asbob tuzilishi va ishlashini tushuntiring.

## 6 - LABORATORIYA ISHI

### MATEMATIK MAYATNIKNING TEBRANISH QONUNLARINI O'RGANISH VA OG'IRLIK KUCHI TEZLANISHINI ANIQLASH

**Ishning maqsadi:** matematik mayatnikning tebranish davrini tebranish amplitudasiga va mayatnik uzunligiga bog'liqligini tekshirish va u vositasida yer tortish kuchi tezlanishini aniqlash.

**Kerakli asbob va materiallar:** matematik mayatnik, millimetr, lineyka, shtangentsirkul, sekundomer, transportir

### NAZARIY QISM

Jismning mexanikaviy harakati turlaridan uning muvozanat vaziyati atrofidan goh chapga, goh o'ngga siljishidan iborat bo'lgan tebranma harakatdir. Tebranma harakatni vaqtga bog'lanishiga qarab, davriy va nodavriy tebranma harakatga,

jismga (yoki sistemaga) ta'sir etuvchi kuchlar harakteriga qarab erkin va majburiy tebranma harakatga va energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra so'nuvchi va so'nmas tebranma harakatga ajratish mumkin.

Agar jismning harakati davomida uning harakatini harakterlovchi u yoki bu fizikaviy kattalik (chastota, davr, siljish, energiya va h.k.) ning qiymatlari bir me'yorda takrorlanib tursa, u holda bunday harakat davriy tebranma harakat deyiladi. Bunday harakatga misol qilib, matematikaviy mayatnikning kichik amplitudali tebrinishlarini ko'rsatish mumkin. Matematikaviy mayatnik deb, vaznsiz, cho'zilmas va ingichka ipga osilgan m massali, shakli va o'lchamini hisobga olmasa ham bo'ladigan jismga aytiladi. Faraz qilaylik, biror m massali jism lo uzunlikdagi ipga O nuqtadan osilgan bo'lib, u muvozanat vaziyatdan  $\phi$  burchakka og'dirilgan bo'lsin. U holda jismga 17.1-rasmda ko'rsatilganidek kuchlar ta'sir qiladi. Bu yerda  $R$  – og'irlik kuchi,  $\vec{F}_\tau$  va  $\vec{F}_n$  – mos ravishda og'irlik kuchining tangensial va normal tashkil etuvchilari,  $\vec{T}$  – ipning taranglik kuchi,  $\vec{F}_n$  va  $\vec{T}$  kuch vektorlari o'zaro teng va bir to'g'ri chiziqda yotganligidan  $(\vec{F}_n) + (\vec{T}) = 0$ . Shuning uchun jismni muvozanat vaziyati tomon qaytaruvchi kvazielastik ichki kuch vazifasini  $\vec{F}_\tau$  kuch o'taydi. Jism A muvozanat vaziyati nuqtasidan V nuqtaga siljirilganda h balandlikka ko'tarilib,  $W_n = mgh$  potensial energiyaga ega bo'ladi.

Shuningdek, uning  $\phi$  burchakka muvozanat vaziyatidan og'dirilishiga  $h = l(1 - \cos\phi)$  balandlik,  $W_0 = mgl(1 - \cos\phi)$  energiya mos keladi. Bu holda jismning kinetik energiyasi

$$W_{kin} = \frac{1}{2} m \mathcal{G}^2 = \frac{1}{2} ml^2 \dot{\phi}^2 \quad (1)$$

ga teng bo'ladi. Bu yerda  $\mathcal{G} = l\dot{\phi} = l\omega$  ( $\omega$  - burchak tezlik). Demak, jismning to'liq energiyasi

$$W = W_{kin} + W_{pot} = \frac{1}{2} ml^2 \dot{\varphi}^2 + mgl_0(1 - \cos \varphi) \quad (2)$$

tenglik bilan aniqlanadi. Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra, muhitning qarshiligi  $z = 0$  va osilish nuqtasida ishqalanish koeffitsienti  $f=0$  desak,  $\varphi$  ning har qanday qiymatida ham (2) tenglik o'rinli bo'lishi kerak.  $\cos \varphi$  ni qatorga yoyib,  $\varphi$  burchakni kichkinaligini hisobga olsak,

$$\cos \varphi = 1 - \varphi^2 \quad (3)$$

ni hosil qilamiz. U holda (3) ga asosan (2) dan

$$W = \frac{1}{2} ml^2 \dot{\varphi}^2 + mgl_0 \varphi^2 \quad (4)$$

yoki

$$\varphi = \frac{d\varphi}{dt} = \sqrt{\frac{2W - mgl_0 \varphi^2}{ml^2}} = \sqrt{\frac{g}{l} \left( \frac{2W}{mgl_0^2} - \varphi^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (5)$$

tenglikka ega bo'lamiz.  $\varphi = \varphi_{max}$  da  $W_{kin} = 0$  bo'lib, (4) dan

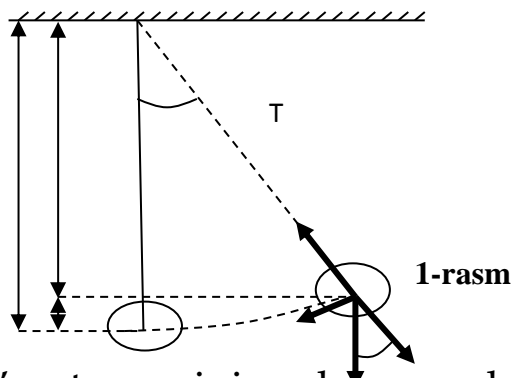
$$\varphi_{max}^2 = \frac{2W}{mgl}$$

demak, (5) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \sqrt{\frac{g}{6}} \cdot \sqrt{(\varphi_{max}^2 - \varphi^2)} \quad (6)$$

yoki

$$\frac{d\varphi}{\sqrt{\varphi_{max}^2 - \varphi^2}} = \sqrt{\frac{g}{l}} \cdot dt \quad (7)$$



Oxirgi tenglikning o'ng tomonini  $\varphi_1$  dan  $\varphi$  gacha va chap tomonini esa 0 dan  $t$  gacha integrallasak,

$$\varphi = \varphi_0 \sin \left[ \left( \frac{g}{l} \right)^{\frac{1}{2}} t + \text{ark sin} \frac{\varphi_1}{\varphi_0} \right] \quad (8)$$

hosil bo'ladi. (8) ni (1) bilan solishtirib,

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l_0}} \quad \varphi_1 = \text{ark sin} \frac{\varphi_1}{\varphi_0} \quad (9)$$

ekanligini aniqlaymiz. Shunday qilib,  $T = 2\pi / \omega_0$  munosabatga asosan, oxirgi tenglikdan

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot l_0 \quad (10)$$

Bu tenglik jismning  $T$  tebranish davrini va tebranish markazidan og'irlik markazigacha bo'lgan  $l$  masofani bilgan holda  $R$  og'irlik kuchining bergan  $g$  tezlanishini aniqlash imkonini beradi.

### Ishni bajarish tartibi

1. Mashtabli chizg'ich ba shtangensirkul yordamida mayatnikning tebranish markazidan sharchaning og'irlik markazigacha bo'lgan  $l_0$  masofa aniqlanadi,  $l_0 = l_1 + h$  ekanligidan  $l_1$  chizg'ich yordamida o'lchanib, sharchaning radiusi  $R$  esa shtangensirkul bilan o'lchanadi va natijalar hisobot daftari qayd qilinadi.
2. Mayatnikni muvozanat vaziyatidan taxminan  $3 - 4^\circ\text{C}$  ga og'dirib qo'yib yuboriladi.  $3 - 4$  marta uning to'la tebranishi sodir bo'lguncha kutiladi, so'ngra mayatnik muvozanat vaziyatidan maksimal masofaga siljigach, to'la tebranishlar hisoblana boshlanadi va shu paytda sekundomer yurgizib yuboriladi.
3. To'la tebranishlar soni  $n$  qancha ko'p olinsa, bir marta to'la tebranish uchun ketgan vaqt (tebranish davri -  $T$ ) ni  $t / n$  nisbatdan ( $t - n$  marta tebranish uchun ketgan vaqt) shuncha aniqroq topiladi. Shuning uchun mayatnikning  $n_1 = 100$ ,  $n_2 = 150$ ,  $n_3 = 300$  va  $n_4 = 500$  marta tebranishlari uchun ketgan vaqtlardan  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  va  $T_4$  lar aniqlanadi.

4. Tebranish davrining har bir qiymatida va uning o`rtacha qiymatida (10) tenglik bo`yicha  $g$  og`irlik kuchi tezlanishi hisoblanadi.
5. Absolyut va nisbiy xatoliklar aniqlanadi.
6. Barcha hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi:

Tartib raqami	$l_1,$ $m$	$R,$ $m$	$l_0,$ $m$	$n$	$t,$ $sek$	$T,$ $sek$	$g,$ $m/s^2$	$\Delta g$ $m/s^2$	$E = \frac{\Delta g}{g} \cdot 100\%$
1									
2									
3									
O`rtacha									

### Sinov savollari

1. Tebranma harakat deb nimaga aytiladi?
2. Tebranma harakatlar qaysi kuchlar ta`sirida ro`y beradi?
3. Matematik mayatnik deb nimaga aytiladi?
4. Matematik mayatnik tebranish davri ifodasini yozing va tahlil eting.
5. Matematik mayatnikning tebranish davri bilan uning tebranish amplitudasi orasida qanday bog`lanish mavjud?
6. Matematik mayatnikning tebranish davri uning uzunligiga qanday bog`langan ?
7. Matematik mayatnik yordamida yerning og`irlik kuchi tezlanishini aniqlash usulini tahlil eting.
8. Fuko mayatnigi nima va u yordamida yerning o`z o`qi atrofida aylanishi qanday qilib aniqlanadi?

### Adabiyotlar

1. S.P. Strelkov. Mexanika, T., 1977. § 123, 126
2. D. V. Sivuxin. Umumiy fizika kursi. Mexanika, T., 1981.
3. V.I. Iveronova tahriridagi "Fizikadan praktikum", T., 1960.

4. Q. G'. Parpiyev, U.A. Abduboyev, U.Sh. Shukurov, Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum, T., «O'qituvchi», 1978, 52 – 62 betlar.

## 7 - LABORATORIYA ISHI

### AG'DARMA MAYATNIK YORDAMIDA OG'IRLIK KUCHI TEZLANISHINI ANIQLASH

**Ishning maqsadi:** Ag'darma mayatnik yordamida og'irlik kuchi tezlanishini o'lchash.

**Kerakli asbob va materiallar:**1. Ag'darma mayatnik 2. Sekundomer 3. Chizg'ich

#### NAZARIY QISM

Og'irlik kuchi maydonida kichik amplituda bilan tebranayotgan matematik mayatnik

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

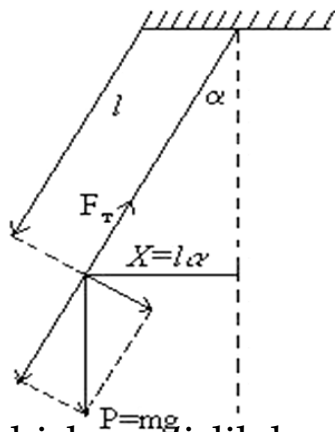
tenglikdan aniqlanadigan davrga egadir. Bu yerda

$l$  - matematik mayatnik uzunligi

$T$  - tebranish davri, ya'ni bir marta to'liq tebranishga ketgan vaqt

$g$  - og'irlik kuchi tezlanishi

$F_t$  - ipning taranglik kuchi.



1-rasmdan ko'rinishicha og'irlik kuchining ( $R$ ) tashkil etuvchisi



$$F = P \sin \alpha \quad (2)$$

ga teng bo'lib, mayatnikni muvozanat holatiga qaytaradi.

Og'irlik maydonida tebranayotgan fizik mayatnik tebranish davri

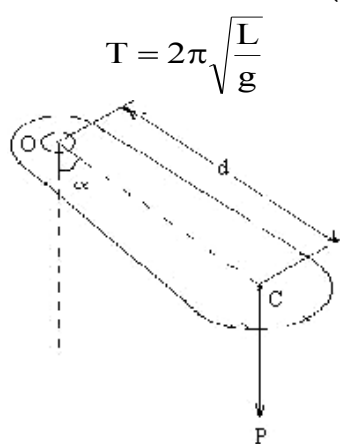
1-rasm. Mayatnik

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgd}} \quad (3)$$

tenglama bo'yicha aniqlanadi.

Bu yerda  $d$  - aylanish o'qidan og'irlik markazigacha ( $S$ ) bo'lgan masofa  $m$  - mayatnik massasi  $J$  - mayatnik inersiya momenti

Mayatnik inersiya momenti ( $J$ ), tebranish davri ( $T$ ) aylanish o'qidan og'irlik markazigacha bo'lgan masofani ( $d$ ) o'lchanadiandan so'ng (3) tenglama yordamida og'irlik kuchi tezlanishini hisoblash mumkin. Murakkab shakldagi jism inersiya momentini aniq hisoblash ancha qiyin. Fizik mayatnik tebranish davri kabi davr bilan tebranayotgan matematik mayatnik uzunligi, ya'ni mayatnikning keltirilgan uzunligi tushunchasini kiritsak, u holda (1) formula



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (4)$$

(4)

Ko'rinishga ega bo'ladi. Bu yerda  $L = \frac{J}{md}$  fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi bo'lib (3) va (4) ni solishtirishdan kelib chiqqan.

Mayatnik tebranish o'qini oldingi tebranish o'qi va og'irlik markazi bilan tutashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab ( $L$ ) masofada siljirilgan vaqtda ham mayatnik yana o'sha davr bilan tebranishini isbotlash mumkin. Demak mayatnik bir xil davr bilan tebrangan ikki o'qni topsak, o'qlar orasidagi masofa  $L$  mayatnik keltirilgan uzunligi bo'ladi.

2-rasm. Tebranayotgan jism

Mayatnik davri ( $T$ ) va keltirilgan uzunligi ( $L$ ) o'lchansa (4) formuladan og'irlik kuchi tezlanishini topish mumkin. Ushbu ishda ag'darma mayatnikdan foydalaniladi. Oddiy ag'darma

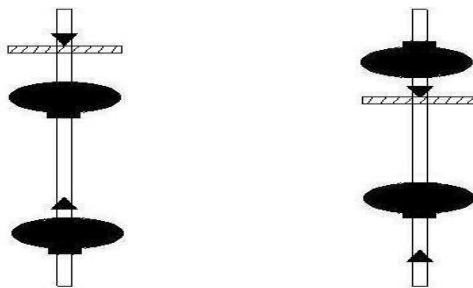
mayatnik (3-rasm) ikkita posangi va ikkita tayanch prizmalı (mayatnik osiladigan nuqtalar) sterjendan iborat.

Mayatnikni birinchi va ikkinchi tayanchlarga osib uni ikkala holda ham bir xil davr bilan tebranishini o'lchash jarayonidagi prizma va posangilarni holatini belgilab olish kerak.

Agarda mayatnik keltirilgan uzunligi uni prizma qirralari orasidagi masofasiga teng bo'lib, uni haqiqiy tebranish davri (T) bo'lsa ham, mayatnikning ikkita tayanchiga qo'yib (ya'ni ikkala o'q bo'ylab) tebratilganda davrlari turlicha (T<sub>1</sub> va T<sub>2</sub>) ga teng bo'lib, ularga L dan farqli L<sub>1</sub> va L<sub>2</sub> keltirilgan uzunliklar mos keladi. Ularga mos tengliklarni qo'yidagicha yoza olamiz:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}; \quad T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{L_1}{g}}; \quad T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{L_2}{g}}$$

Yuqoridagi qiymatlarni kvadratga oshirib so'ngra birinchi tenglikni keyingilariga alohida-alohida bo'lsak,



3- rasm. Ag'darma mayatnik

$$LT_1^2 = L_1 T^2, \quad LT_2^2 = L_2 T^2 \quad (5)$$

ga erishamiz. Shteyner teoremasini L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> uchun qo'llab

$$L_1 = \frac{J_1}{ml_1} = \frac{J_0 + ml_1^2}{ml_1} = \frac{J_0}{ml_1} + l_1$$

$$L_2 = \frac{J_2}{ml_2} = \frac{J_0 + ml_2^2}{ml_2} = \frac{J_0}{ml_2} + l_2$$

nisbatlarni yoza olamiz.

$$L = l_1 + l_2 - \text{prizmalar orasidagi masofa}$$

Bu qiymatlarni (5) tenglikdagi L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> va L o'rniga qo'yib

$$(l_1 + l_2)T_1^2 = \left(l_1 + \frac{J_0}{ml_1}\right)T^2$$

$$(l_1 + l_2)T_2^2 = (l_2 + \frac{J_0}{ml_2})T^2$$

ga ega bo'lamiz

$\frac{J_0}{m}$  ga qisqartirsak  $l_1T_1^2 - l_2T_2^2 = (l_1 - l_2)T^2$  ko'rinishga ega

bo'ladi va undan 
$$T = \frac{l_1T_1^2 - l_2T_2^2}{l_1 - l_2} \quad (6)$$

(4) tenglikni (g) ga nisbatan yechib va unga topilgan T ni qiymatini qo'ysak, ya'ni

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad \text{dan} \quad g = \frac{4\pi^2L}{T^2} \quad \text{yoki} \quad g = \frac{4\pi^2L(l_1 - l_2)}{l_1T_1^2 - l_2T_2^2} \quad (7)$$

Ag'darma mayatnik tebranish davrining taqribiy qiymati uchun (7) tenglama bilan oson va katta aniqlikda (g) ni hisoblash mumkin.

### QURILMANING TUZILISHI

Ag'darma mayatnik – sterjenga (A) mustahkam mahkamlangan ikkita prizma (D) va ikkita porsangilardan iborat. (C) porsangi prizmalar orasida joylashgan, ikkinchi porsangi (B) esa sterjen uchiga joylashib, noniusli shkala bo'yicha siljiydi va vint orqali kerakli holatda mahkamlanadi. Prizmalar orasidagi masofa mayatnik tebranishida uni amplitudasi  $5^\circ$  dan oshmasligi kerak, mayatnikning birinchi va ikkinchi prizmalarga osib 50-100 ta

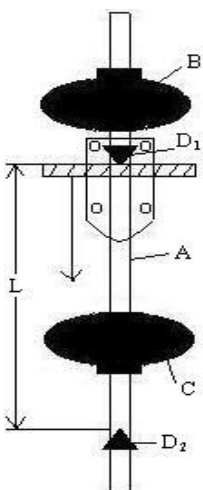
tebranish uchun  $t_1$  va  $t_2$  tebranish davrlari topiladi:

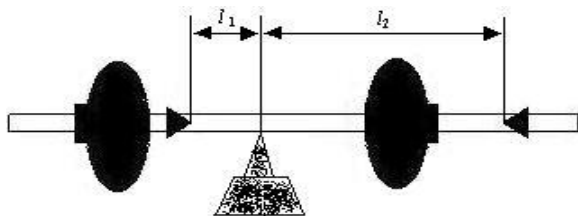
$$T_1 = \frac{t_1}{n_1} \quad T_2 = \frac{t_2}{n_2} \quad (8) \quad \text{bu yerda} \quad t_1 - \text{birinchi prizмага}$$

nisbatan  $n_1$  ta tebranishlar uchun ketgan vaqt,  $t_2$  - ikkinchi prizмага nisbatan  $n_2$  ta tebranishlar uchun ketgan vaqt.

#### 4-rasm. Qurilma tuzilishi.

$l_1$  va  $l_2$  masofalarni aniqlash uchun mayatnikni asta olib qirrali taglik ustiga qo'yiladi va muvozanat holatiga erishiladi. Muvozanat holatidagi qirra bilan tayanch prizmalargacha bo'lgan masofalar  $l_1$  va  $l_2$  ni





beradi (5-rasm). Masofalar chizg'ich bilan 1 mm aniqlikkacha o'lchanadi.

5-rasm.

### ISHNI BAJARISH TARTIBI

1. Mayatnikni qirrali tayanchga gorizontaal joylashtirib muvozanat holatiga keltiriladi,  $l_1$  va  $l_2$  masofalar o'lchanadi hamda  $L = l_1 + l_2$  jadvalga yoziladi.
2. Mayatnikni (D<sub>1</sub>) prizmaga osib, kichik amplitudali tebranma harakatga keltiriladi.  $n_1$  ta tebranishga ketgan  $t_1$  vaqt o'lchanadi va  $T_1 = \frac{t_1}{n_1}$  ni hisoblab jadvalga yoziladi.
3. Mayatnikni (D<sub>2</sub>) prizmaga osib yuqoridagi tajriba takrorlanadi va  $T_2 = \frac{t_2}{n_2}$  hisoblab jadvalga yoziladi.
4. (7) formula bo'yicha og'irlik kuchi tezlanishi hisoblanadi va jadvalga yoziladi.

### KUZATISH JADVALI

No	$l_1$	$l_2$	L	$T_1$	$T_2$	g	$\Delta g$	$E_g$

### SINOV SAVOLLAR

1. Fizik mayatnik deb nimaga aytiladi?
2. Fizik mayatnik keltirilgan uzunligi deb nimaga aytiladi?
3. Shteyner teoremasini aytib bering va formulasini yoziladi?
4. Og'irlik kuchi tezlanishini ag'darma mayatnik bilan o'lchashda qanday afzalligi bor?
5. Fizik va matematik mayatnikning tebranish davrlari formulalarini yozib bering.

## 8-LABORATORIYA ISHI

### TRIFILYAR MAYATNIK YORDAMIDA JISMLARNING INERTSIYA MOMENTINI ANIQLASH

***Kerakli asbob va materiallar:***

*1) trifilar mayatnik; 2) sekundomer; 3) shtangensirkul; 4) inertsiya momenti o'lchanadigan jismlar namunasi.*

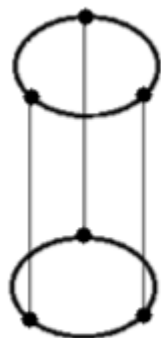
#### **Metodning nazariyasi**

Trifilar mayatnik uchta o'zaro simmetrik iplar (simlar) vositasida biri ikkinchisiga osib qo'yilgan disklardan iborat sistemadir (1-rasm). Pastki disk og'irlik markazidan o'tuvchi vertikal o'q atrofida erkin buralma tebranma harakat qila olish imkoniyatiga ega. Sistemaning tebranish davri, diskning unga qo'yilgan yuklar bilan birgalikdagi inertsiya momentiga bog'liq bo'ladi. Bu narsa jismlarning inertsiya momentini aniqlashga va Shteyner teoremasini tekshirishga imkon beradi.

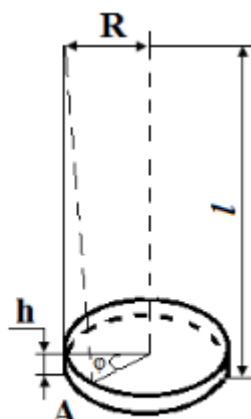
Agar disk muvozanat vaziyatiga nisbatan biror  $\varphi_0$  burchakka buralsa, u biror  $h$  balandlikka ko'tariladi va uning potensial energiyasi  $mgh$  ga ortadi. Disk ikkinchi tomonga burilib muvozanat vaziyatga kelganda bu potensial energiya (agar ishqalanish kuchlari e'tiborga olmaydigan darajada kichik bo'lsa) butunlay sistemaning kinetik energiyasiga aylanadi, ya'ni:

$$\frac{I\omega_0^2}{2} = mgh \quad (1)$$

Bundagi  $\omega_0$ – diskning muvozanat holatidan o'tayotgan paytdagi burchak tezligi,  $I$  –diskning unga qo'yilgan yuklar bilan birgalikdagi disk markazidan o'tuvchi vertical o'qqa nisbatan inertsiya momenti.



1-rasm



2-rasm

Agar disk kichik burchakka burilib tebranma harakat qilayotgan bo'lsa, u vaqtda uning tebranishlarini garmonik deb hisoblab, istalgan vaqt uchun burilish burchagini quyidagi

$$\varphi = \varphi_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T}\right)t \quad (2)$$

ifoda orqali aniqlash mumkin. Bunda  $\varphi_0$  – tebranish amplitudasi,  $T$  – sistemaning tebranish davri,  $t$  – vaqt. Diskning burchak tezligi (2) ifodaga asosan quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{2\pi}{T} \varphi_0 \cdot \cos \frac{2\pi}{T} t \quad (3)$$

Disk muvozanat holatiga mos keluvchi vaziyatdan o'tayotgan paytlarda uning burchak tezligi maksimal bo'ladi va uning qiymati

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} \varphi_0 \quad (4)$$

ifodadan aniqlanadi.

(1) va (4) ifodalarga kirgan  $\varphi_0$  va  $h$  larni 2-rasmdan aniqlash mumkin. Agar iplarning uzunligi  $l$  va disk markazidan iplargacha bo'lgan masofa  $R$  ga teng bo'lsa, diskning kichik tebranishlari uchun

$$\varphi_0 \approx \frac{AA'}{R} \approx \sqrt{\frac{l^2 - (l-h)^2}{R^2}} \quad (5)$$

ifoda o'rinli bo'ladi. Bundan  $h^2 \approx 0$  ekanligini hisobga olib  $h$  ni topamiz:

$$h \approx \frac{R^2}{2l} \varphi_0 \quad (6)$$

(4) va (5) larni e'tiborga olgan holda (1) dan inertsiya momenti uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I = \frac{mgR^2}{4\pi^2l} T^2 \quad (7)$$

Bu formula yordamida diskning inertsiya momentini ham, uning ustiga qo'yilgan jismning inertsiya momentini ham aniqlanishi mumkin. Chunki bu ifodaning o'ng tomonidagi barcha kattaliklarni bevosita tajriba jarayonida o'lchash mumkin.

## Jismlarning inertsiya momentlarini aniqlash

Diskning massasi  $m_0$  ga va uning tebranish davri  $T$  ga teng bo'lsa, u vaqtda (7) formulaga asosi topilgan inertsiya momenti diskning inertsiya momenti  $I_d$  ga teng bo'ladi:

$$I_d = \frac{m_0 g R^2}{4\pi^2 l^2} T_0^2$$

Agar disk markaziga massasi  $m = m_0 + m_i$  bo'lgan jism qo'yilgandagi formulaning massasi bo'lib tebranish davri  $T$  ga teng bo'lsa, (7) formulaga asosan topilgan inertsiya momenti diskning jism bilan birgalikdagi inertsiya momentiga teng bo'ladi:  $I_1 = I_d + I_{j1}$

Bundan jism inertsiya momenti  $I_{j1} = I_1 - I_d$  (8) ekanligi kelib chiqadi. Shuningdek, ikkinchi jism uchun ham shu usulda inertsiya momentini aniqlaymiz:  $I_{j2} = I_2 - I_d$  (8')

## Shteyner teoremasini tekshirish

Shteyner teoremasi quyidagicha ta'riflanadi: Qattiq jismning ixtiyoriy o'qqa nisbatan inertsiya momenti uning shu o'qqa parallel va jism massalar markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momenti  $I_0$  bilan jism massasining o'qlar orasidagi masofa kvadrati  $d^2$  ga ko'paytmasi yig'indisiga teng, ya'ni:

$$I = I_0 + md^2 \quad (9)$$

Quyida trifilar mayatnik yordamida Shteyner teoremasini tekshirishni qay yo'sinda amalga oshirish mumkinligini ko'rib chiqamiz. Buning uchun imkoniyati boricha massalari, shakllari tamomila bir xil jism olish kerak. Avvalo, bu jismlarni diskning o'rtasiga birining ustiga birini qo'yib, (7) formulaga asosan sistemaning inertsiya momenti topiladi:

$$I_3 = I_d + I_{j1} + I_{j2} \quad (10)$$

Bundagi  $I_{j1}$  va  $I_{j2}$  lar mos ravishda birinchi va ikkinchi jismning massalar markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momentlari. So'ngra ikkala jismni disk markazidan birday  $d$  uzoqlikda bir-biriga nisbatan simmetrik holda o'rnatib, jismlarning shunday vaziyati uchun sistemaning inertsiya momenti topiladi. Shteyner teoremasiga asosan sistemaning bunday vaziyatdagi inertsiya momenti quyidagicha yozilishi mumkin:

$$I_4 = I_d + I_{j1} + I_{j2} + (m_1 + m_2)d^2 \quad (11)$$

(10) va (11) dan

$$I_4 - I_3 = (m_1 + m_2)d^2 \quad (12)$$

Bu tenglikning tajriba ma'lumotlari asosida bajarilishi Shteyner teoremasining isboti bo'lib xizmat qiladi yani chap tomondagi hadlar ayirmasi tajribada aniqlanadi, o'ng tomondagi hadlar esa nazariy hisoblanadi. Agar bu tenglik bajarilsa, Shteyner teoremasi bajarilgan deb hisoblanadi.

## **O'lchashlar va hisoblashlar**

1. Inertsiya momenti aniqlanadigan jismlarning massalari  $m_1$  va  $m_2$  tarozida

o'lchanadi va o'lchashdagi xatoliklar  $\Delta m_1$  va  $\Delta m_2$  aniqlanadi.

2. Bo'sh platformani (diskni) aylanma tebranma harakatga keltirib, uning 100 (yoki 50) marta to'liq tebranishiga ketgan vaqt kamida 3 marta o'lchanadi.



O'lchash vaqtida tebranishlar amplitudasi  $5^0-6^0$  dan ortiq bo'lmasligi kerak. Bu vaqt asosida mayatnikning tebranish davri  $T_0$  va (7) formula yordamida diskning inertsia momenti  $I_d$  topiladi. (7) formulaga kirgan  $l$ ,  $R$  va diskning massasi  $m = m_0$  o'zgarmas bo'lib, qurilmada yozilgan.

3. Shundan so'ng diskning markaziga massasi oldin tortib topilgan jismlardan biri o'rnatiladi va yuqoridagidek o'lchashlar bajarilib, (7) formula yordamida sistemaning inertsia momenti  $I$  aniqlanadi. So'ngra (8) formula yordamida jismning inertsia momenti  $I_{j1}$  topiladi. So'ngra xuddi shu tartibda ikkinchi jism uchun  $I_{j2}$  aniqlanadi.

4. Birinchi jism ustiga ikkinchi jismni o'rnatib, uchinchi punktdagi o'lchashlar bajarilib, sistemaning shu holatdagi tebranish davri  $T$  va inertsia momenti  $I_1$  aniqlanadi. Bunda (7) dagi  $m$  o'rniga  $m_0+m_1+m$  massa ekanligi hisobga olinadi.

5. Ikkala jismni disk markaziga nisbatan o'zaro simmetrik holda o'rnatib, yuqoridagidek sistemaning tebranish davri  $T_4$  va inertsia momenti  $I_2$  topiladi. O'lchash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

1-jadval

m	50 yoki 100 marta tebranish uchun ketgan vaqt				T,s	$I,kg \cdot m^2$
$m_0$						
$m_0+ m_1$						
$m_0+ m_2$						
$m_0+m_1+m_2$						

$I_d$ ,  $I$ ,  $I_1$ , va  $I_2$  larni aniqlashdagi xatoliklar quyidagicha ifodadan foydalanib

aniqlanishi mumkin:

$$\Delta I = I \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta T}{T}\right)^2} \quad (13)$$

Bundagi  $I$ ,  $m$ ,  $T$  lar o'rniga sistemaning yukli va yuksiz holatlariga to'g'ri keluvchi qiymatlari qo'yiladi.

6.  $I_{j1}$ ,  $I_{j2}$  va  $(I_4 - I_3)$  larni aniqlashdagi xatoliklar quyidagi ifodalardan foydalanib topiladi:

$$\Delta I_j = \sqrt{(\Delta I_d)^2 + (\Delta I)^2} \quad (14)$$

$$\Delta(I_2 - I_1) = \sqrt{(\Delta I_1)^2 + (\Delta I_2)^2} \quad (15)$$

$I_4 - I_3$  ayirmani nazariy yo'l bilan hisoblashdagi xatolik quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$\Delta(I_4 - I_3) = (m_1 + m_2) d^2 \sqrt{\left(\frac{\Delta m_1 + \Delta m_2}{m_1 + m_2}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta d}{d}\right)^2} \quad (16)$$

### Nazorat savollari:

1. Kuch yelkasi nima? Kuch momenti nima?
2. Inertsia momentining fizik ma'nosi.
3. Shteyner teoremasini ta'riflang.
4. Qanday sharoitda trifilar mayatnikning burilma tebranishi garmonik tebranish bo'ladi?
5. Bu qurilmada qanday jismlarning inertsia momentini aniqlash mumkin?
6. Bu vazifani yana qanday usullar bilan amalga oshirish mumkin?
7. Trifilar mayatnikning po'lat simlari deformatsiyasi uning tebranish davriga qanday ta'sir qiladi?
8. Hisoblash formulasini keltirib chiqaring.

### Adabiyotlar

1. Д.В. Сивухин. Умумий физика курси. Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1981, 1т., §42, 44.

2. С.П. Стрелков. Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи», 1979, §52, 58.
3. Э.Н. Назиров ва бошқалар. Механика ва молекуляр физикадан практикум. «Ўқитувчи», 1979. 4-иш.
4. Физикадан практикум. В.И. Иверонова тахрири остида. Тошкент.: «Ўқитувчи» 1973. 11-вазифа.
5. J.Walker Fundamentals of Physics.N.-Y.:2011.V, VI, VII. (102-152 p.).

## 9- LABORATORIYA ISHI

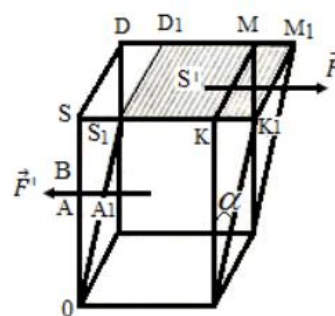
### SILJISH MODULINI BURALISHDAN ANIQLASH

#### *Kerakli asbob va materiallar:*

1) qurilma; 2) sekundomer; 3) chizg'ich; 4) shtangensirkul; 5) mikrometr; 6) tarozi va tarozi toshlari.

#### Qisqacha nazariya

Siljish moduli siljish deformatsiyasini, qattiq jism elastiklik xususiyatini xarakterlovchi fizikaviy kattalikdir. Siljish deformatsiyasi qattiq jism qatlamlarining bir-biriga nisbatan parallel siljishidan sodir bo'ladi. Biror parallelipiped shaklidagi jismda qarab chiqamiz hamda siljish deformatsiyasini hosil qilish uchun uning bir tomoniga u bilan ayni bir tekislikda yotuvchi  $\vec{F}$  kuch bilan ta'sir etamiz (1-rasm). Bu kuch qo'yilgan tomonning yuzasi  $S$  bo'lsin. Qo'yilgan kuch ta'sirida siljish tufayli  $C, D, M, K$  gorizontall tekisliklar  $C_1D_1M_1K_1$



1-rasm

holatga o'tadi. Unda qattiq jismning mahkamlangan pastki gorizontaal qatlamidan tashqari hamma qatlamlari siljiydi. Shu bilan bir vaqtda jismda tashqi ta'sir kuchining yo'nalishiga teskari yo'nalishida elastik kuchi hosil bo'ladi. Deformatsiya muvozanat holatga oid bo'lsa, jism qatlamlarining bir biriga nisbatan tezlanishlari nolga teng bo'ladi va elastik kuchi  $\vec{F}_{el} = -\vec{F}$  bo'ladi. Agar jism bir jinsli bo'lsa, har bir gorizontaal kesimga ta'sir qiluvchi kuchlar kesim bo'yicha tekis taqsimlanadi va quyidagi kuchlanish hosil bo'ladi:

$$\vec{\sigma}_t = \frac{\vec{F}}{S} \quad (1)$$

$\vec{F}$  kuch qaralayotgan kesim tekisligida yotganligi uchun hosil bo'lgan kuchlanish tangensial kuchlanish deyiladi. Qaralayotgan holda siljish bir jinslidir. Anizotrop jism holida esa deformatsiya kesimning har xil joyida har xil bo'ladi. Shunday holler uchun kuchlanishni aniqlashda juda kichik  $dS$  elementar kesim olish kerak, chunki shunday kesim bo'yichagina kuchni tekis taqsimlangan deyish mumkin, ya'ni

$$\vec{\sigma}_t = \frac{\vec{dF}}{dS}$$

1-rasmdagi parallelepipedning bir jinsli siljishi bilan to'laroq tanishib chiqaylik.

Siljishning absolut qiymati (AAI;MMI;SSI;...) gorizontaal kesimning har qaysisi uchun har xil bo'lgani holda

$$\tau = \frac{AA_1}{OA} = \frac{MM_1}{OM} = \frac{SS_1}{OS} = tg\alpha$$

nisbiy siljish butun jism uchun bir xildir.

Agar deformatsiya kichik bo'lsa,  $tg\alpha \approx \alpha$  da va  $\tau$  nisbiy deformatsiya  $\alpha$  siljish burchagiga tengdir. Elastik deformatsiya chegarasida

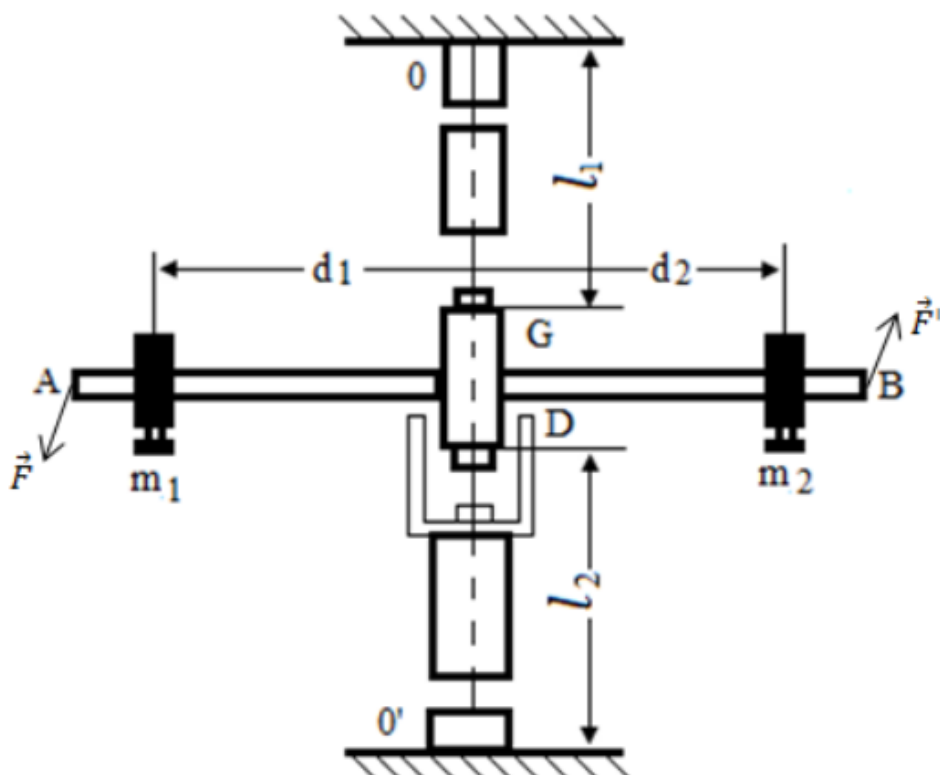
$$\tau \sim \sigma_t \quad \text{yoki} \quad \sigma = N\tau \quad (2)$$

bu yerda N–siljish moduli. Agar  $\tau = 1$  bo'lsa (bu hol  $\alpha=45^\circ$  bo'lganda yuz beradi), N siljish moduli  $\sigma_t$  tangensial kuchlanishga teng bo'ladi (ya'ni  $N=\sigma_t$ ). (1)

tenglamadan siljish moduli son qiymat jihatidan siljish burchagi  $\alpha=45^\circ$  ga teng bo'lgandagi tangensial kuchlanishga teng ekanligi kelib chiqadi. U faqat jismning elastiklik xususiyatlariga bog'liq bo'lib, uning shakliga va o'lchamiga bog'liq emas. (1)-tenglama siljish deformatsiyasi uchun Guk qonunini ifodalaydi.

Buralish deformatsiyasida siljish sodir bo'ladi. Parallel qatlamlarning bir biriga nisbatan buralishi tufayli siljish yuz beradi. Bunday deformatsiyani hosil qilish uchun bir jinsli sterjenning yuqorigi asosini juft  $\vec{F}\vec{F}'$  kuch ta'sirida OO`o`q atrofida biror  $\varphi$  burchakka burish kerak (2-rasm),  $\varphi$  buralish burchagi deyiladi; bu burchak elastik deformatsiyada juft kuchlar momentiga proporsionaldir:

$$\varphi \sim M \quad \text{yoki} \quad M = D \varphi \quad (2)$$

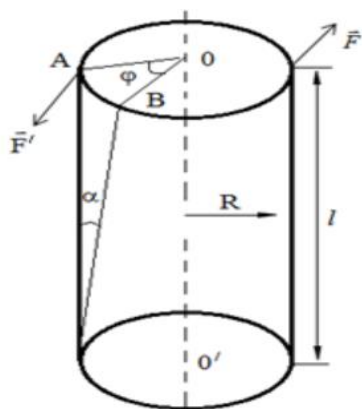


2-rasm

(2) formuladagi  $D$  proporsionallik koeffitsiyenti buralish moduli deyiladi.

Agar uzun va ingichka sterjenga qo'yilgan  $M$  kuch momenti yetarlicha katta bo'lsa,  $\varphi$  buralish burchagining qiymati ham katta ( $10^\circ \div 20^\circ$ ) bo'ladi. Buning natijasida sterjen qisqaradi, yon sirtidagi vertikal chiziqlar vintsimon chiziqqa o'tadi.

Agar burilish burchagi yetarlicha kichik bo'lsa, sterjenning gorizontal qatlamlari orasidagi masofa o'zgarmaydi. Lekin vertikal to'g'ri chiziq ustida yotgan nuqtalar bir-biriga nisbatan juda kichik burchakka siljiydi va sterjenning yon sirtida hosil bo'lgan deformatsiya siljish deformatsiyasini ifodalaydi. U holda yuqorida aytilganlarga asosan  $\operatorname{tg}\alpha = \tau$  kattalik siljish nisbiy deformatsiyasini xarakterlaydi.



3-rasm

3 rasmdan ko'rinib turibdiki,  $\varphi$  buralish burchagi va siljish burchagining har biri  $AB$  yoyga tayanganligi uchun, ular orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$\frac{\varphi}{\alpha} = \frac{l}{R} \quad (3)$$

Bu yerda  $R$  –sterjen radiusi,  $l$ -uning uzunligi. Agar sterjenni fikran koaksial kovak silindrlarga ajratsak, ularning har

biri uchun  $\varphi$  buralish burchagi o'zgarmas bo'lib,  $\alpha$  siljish burchagi esa har xil bo'ladi (u silindr sirtida maksimal bo'ladi). Shunday qilib, buralish deformatsiyasi bir jinsli siljishga olib keladi. Bu deformatsiyalarni xarakterlovchi  $D$  va  $N$  kattaliklar orasidagi bog'lanish quyidagi ko'rinishdadir:

$$D = \frac{\pi R^4 N}{2l} \quad (4)$$

Bu tenglama buralish deformatsiyasidan  $N$  siljish modulini aniqlashga imkon beradi.

## Metodning nazariyasi va eksperimental qurilma

Bu ishda qo'llaniladigan qurilma uzunligi  $l_1$  va  $l_2$  bo'lgan ingichka simlarga mahkamlangan AB sterjendan iborat (2-rasm). Simlarning zichligi  $\rho$  va ko'ndalang kesim yuzi  $S=\pi R^2$ ga teng. Simlarning bir uchi AB sterjenning C va D nuqtalariga, ikkinchi uchi O va O' nuqtalarga qo'zg'almas qilib mahkamlanadi. Sterjen santimetrlarda darajalangan bo'lib, uning ustida  $m_1$  va  $m_2$  massali yuklarni surish mumkin. Sterjen gorizontol holatda bo'ladigan qilib, bu yuklar sterjenning aylana o'qidan  $d_1$  va  $d_2$  masofalarda mahkamlanadi. Yukli sterjenni gorizontol tekislikda  $\varphi$  burchakka burilganda  $l_1$  va  $l_2$  simlar ham shu burchakka buriladi. Agar sterjenni o'z holiga qo'yib yuborilsa, sistema simlarning elastiklik kuchi ta'sirida boshqa kuchlar bo'lmagandagidek (ishqalanish kuchini hisobga olinmaganda) erkin tebranadi. Sistemaning elastiklik kuchi ta'siridagi harakati garmonik burilma tebranishdan iboratdir. Unda ikki simning elastiklik kuchlarining momentlari  $M_1$  va  $M_2$  bir tomonga yo'nalgan bo'lib, momentlar yig'indisi quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 \quad (5)$$

Qattiq jismning aylanma harakatining asosiy qonuniga binoan

$$M = I \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad (6)$$

Bu yerda  $I$  -butun sistemaning  $OO'$  aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti.

Ushbu inertsiya momenti  $OO'$  o'qqa nisbatan simlarning  $I_{sim}$  va  $M$ , sterjenning  $I_{st}$  va yuklarning  $I_{yuk}$  inertsiya momentlarining yig'indisiga tengdir, ya'ni:

$$I = I_{sim} + I_{st} + I_{yuk}$$

Shteyner teoremasiga asosan yuklarning  $OO'$  o'qqa nisbatan inertsiya momenti

$I_{yuk} = I_{o1} + I_{o2} + m_1 d_1^2 + m_2 d_2^2$  ga teng, bu yerda  $I_{o1}$  va  $I_{o2}$  larga mos 1 va 2 ta yuklarning  $OO'$  o'qqa parallel va shu yuklar og'irligi markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsiya momentlari. U holda  $I = I_{sim} + I_{st} + I_{o1} + I_{o2} + m_1 d_1^2 + m_2 d_2^2$  bo'ladi, lekin  $I_{sim} + I_{st} + I_{o1} + I_{o2} = I_1$  kattalik berilgan qurilma uchun o'zgarmas kattalikdir. AB sterjen gorizontaal tekislikda qiyshaymasdan tebranishi uchun  $m_1 = m_2 = m$  va  $d_1 = d_2 = d$  bo'lishi kerak. Shularni hisobga olganda (6) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$M_1 + M_2 = (I_1 + 2md^2) \left( \frac{d^2\varphi}{dt^2} \right) \quad (7)$$

Bu yerda  $M_1$  va  $M_2$  simlarning elastiklik kuch momentlari; ular elastic deformatsiya chegarasida  $\varphi$  buralish burchagiga proporsional bo'lib, yo'nalishlar burchakning yo'nalishiga teskaridir:

$$M_1 = -D_1\varphi, \quad M_2 = -D_2\varphi \quad (8)$$

$\varphi$  buralish burchagi kichik bo'lishi va simlarning deformatsiyasi elastiklik chegarasida bo'lishi uchun qurilmada maxsus to'siq bor. Bu to'siq  $\varphi$  burchakni cheklaydi, bunda erishilishi mumkin bo'lgan burchakning maksimal qiymati  $\varphi_{max} = \frac{\pi}{4}$  bo'ladi. (7) va (8) tengliklardan ma'lumki,

$$(D_1 + D_2)\varphi = (I_1 + 2md^2) \left( \frac{d^2\varphi}{dt^2} \right) \text{ yoki } \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{(D_1 + D_2)}{I_1 + 2md^2} \varphi \quad (9)$$

Bu (9) tenglama ikkinchi tartibli differensial tenglama va bu tenglamaning yechimi garmonik tebranma harakat tenglamasidan iborat:

$$\varphi = \varphi_0 \sin(\omega t + \alpha_0) \quad (10)$$

Bu yerda  $\varphi_0$  -tebranish amplitudasi;  $\alpha_0$  -tebranishning boshlang'ich fazasi;  $\omega$  esa tebranishning siklik chastotasi bo'lib,

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{D_1 + D_2}{I_1 + 2md^2}} \quad (11)$$

ga teng. Bundan:



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_1 + 2md^2}{D_1 + D_2}}$$

Bundagi  $D_1$  va  $D_2$  lar (4) tenglamadan hisoblanadi:  $D_1 = \frac{\pi R^4}{2l_1} N$

$$D_2 = \frac{\pi R^4}{2l_2} N$$

Bularni (11) ga qo'yilsa, buralma tebranishning to'la davri uchun

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_1 + 2md^2}{\frac{\pi R^4 N}{2} \left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2}\right)}} \quad (12)$$

yoki

$$T^2 = \frac{8\pi I_1}{R^4 N \left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2}\right)} + \frac{16\pi m d^2}{R^4 N \left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2}\right)} \quad (13)$$

ifoda hosil bo'ladi. (13) tenglamadan ko'rinadiki, buralma tebranish davrining kvadrati  $T^2$  yukning og'irlik markazidan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa kvadrati  $d^2$  ga bog'liqligi to'g'ri chiziqdadir. Bu bog'lanishni tekshirish uchun yuklarda aylanish o'qigacha bo'lgan masofa  $d$  ning har xil qiymatlariga mos keluvchi  $T$  larni aniqlab, ular orasidagi bog'lanish dekart koordinata sistemasida chiziladi. U to'g'ri chiziqdan iborat bo'lishi kerak. Lekin tajribada turli xatoliklar tufayli topilgan nuqtalarning ba'zi birlari to'g'ri chiziqdan chetlashgan bo'ladi. B chetlashish kvadratlarining yig'indisi minimal bo'ladigan to'g'ri chiziq tenglamasini eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlash mumkin. Shu maqsadda (13) tenglamadagi kattaliklarni quyidagicha belgilaymiz:

$$T^2 = Y, \quad a = \frac{8\pi I_1}{R^4 N \left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2}\right)} \quad (14)$$

$$d^2 = x, \quad b = \frac{16\pi m}{R^4 N \left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2}\right)}$$

u vaqtda (13) tenglama

$$Y=a+bx \quad (15)$$

ko'rinishga keladi. Bu tenglamadagi  $a$  va  $b$  koeffitsientlarni grafik usulda yoki kichik kvadratlar metodi bilan aniqlash mumkin.  $a$  va  $b$  koeffitsientlarni eng kichik kvadratlar metodi bo'yicha aniqlashda kitobning kirish qismida ular uchun keltirib chiqarilgan formulalardan foydalanish kerak.  $b$  ning topilgan qiymatini (14) tenglamadagi ifodasiga tenglashtirib, undan simning siljish moduli aniqlanadi.

$$N = \frac{16\pi m}{R^4 b \left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2}\right)} \quad (16)$$

### O'lchashlar

1. Yuklar tortilib, ularning  $m_1$  va  $m_2$  massalari va massalarni aniqlashdagi  $\Delta m$  xatolik topiladi.
2. Simning bir necha joyidan diametri o'lchanib, uning  $R$  radiusining o'rta qiymati va radiusini aniqlashdagi  $\Delta R$  xatolik topiladi.
3. Yuklar AB sterjenning uchlariga joylashtirilib, uning 15-20 ta to'la tebranish uchun ketgan vaqt o'lchanadi, undan  $T$  tebranish davri aniqlanadi:  $T=t/n$ , bundan  $n$ -to'la tebranishlar soni,  $t$  esa  $n$  ta tebranish uchun ketgan vaqt. Yuklar markazga tomon siljitib, o'lchash takrorlanadi. Yuklarning  $OO'$  aylanish o'qiga nisbatan kamida 5-6 holati uchun tebranish davri topiladi. O'lchash natijalari quyidagi 1-jadvalda yoziladi.

1-jadval

No	$d_i, \text{sm}$	$d_i^2, \text{sm}^2$	$t_i, \text{s}$	$T_i, \text{s}$	$T_i^2, \text{s}^2$
1					
2					
3					
4					

1-jadval natijalari asosida  $T^2=f(d^2)$ , bog'lanish grafigi chizilib, o'lchash xatoligi chegarasida topilgan eksperimental nuqtalarning to'g'ri chiziq ustida joylashishiga ishonch hosil qilinadi.

5.  $a, b, N$  lar grafik usulda yoki eng kichik kvadratlar metodi bilan aniqlanadi.

### Hisoblashlar

1. Natijalarni grafik usulda hisoblanganda bu yerda  $\varepsilon_1$  eksperimental nuqtalarning to'g'ri chiziqdan chetlashishi bo'lib, grafikdan topiladi:  $k$ -nuqtalar soni.

2. Natijalarni eng kichik kvadratlar metodi bilan ishlab chiqish uchun 1-jadval asosida quyidagi 2-jadval tuziladi.

2-jadval

No	$X_i$	$Y_i$	$Y_i X_i$	$X_i^2$	$Y_i$	$\varepsilon_i$	$\varepsilon_i^2$
1							
2							
3							
4							
5							
	$\sum_{i=1}^k X_i$		$\sum_{i=1}^k Y_i X_i$	$\sum_{i=1}^k X_i^2$			$\sum_{i=1}^k \varepsilon_i^2$

Bu jadvaldagi kattaliklarga qo'yilgan indeks 1 dan  $n$  gacha sonlarni qabul qilib, o'lchashlar tartibini belgilaydi. Eng kichik kvadratlar metodi bilan topilgan  $a$  va  $b$

koeffitsientlarni (15) tenglamaga qo'yib,  $X_i$  ning qiymatlariga mos keluvchi  $Y_i^*$

hisoblanadi va 2-jadvalning 6-ustuniga yoziladi. 7-ustundagi  $\varepsilon_i$  hisoblab topilgan

bilan eksperimentda topilgan  $Y_i^*$  lar orasidagi farqdir:  $\varepsilon_i = Y_i^* - Y_i$  uning yordamida  $b$  koeffitsientning xatoligi hisoblanadi:

$$\Delta b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{P_b(n-2)}}$$

Bu yerda o'lchash natijalarining xatoligini aniqlash qoidalariga asosan

$$P_b = \sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

siljish modulining absolut xatoligi  $\alpha$  ishonchlilik bilan quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta N = \bar{N} \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \left(4\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \frac{\Delta l^2(l_1^2 + l_2^2)^2}{l_1^2 l_2^2 (l_1 + l_2)^2}}$$

o'lchashning nisbiy xatoligi esa

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

ga teng. O'lchash natijasining ishonchlilik intervali ko'rinishida yozoladi.

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

### Nazorat savollari:

1. Siljish deformatsiyasi nima?
2. Buralish deformatsiyasi nima?
3. Siljish va buralish deformatsiyalari orasida qanday bog'lanish mavjud?
4. Siljish moduli deb nimaga aytiladi?

5. Qattiq jismning aylanma harakati uchun dinamikaning asosiy qonunini ta'riflang.
6. Nima uchun sistemaning tebranishi kichik burchaklarda bo'lishi kerak?
7. Sim yo'g'onligining butun uzunlik bo'ylab birday bo'lmasligi o'lchash natijasiga qanday ta'sir qiladi?
8. Sistemaning tebranishlari sof garmonikmi?

### **Adabiyotlar**

1. В.И.Иверенова. Физикадан практикум. Механика ва молекулар физика. Тошкент.: «Ўқитувчи». 1973.( 96-99 б.).
2. А.В. Кортнев и др. Практикум по физике. М.:Изд. «Высшая школа». 1965.  
С. 87-88.
3. Д.В. Сивухин. Умумий физика курси: Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи». 1981.
4. С.П. Стрелков. Умумий физика курси. Механика. Тошкент.: «Ўқитувчи» 1977.
5. С.Е.Хайкин. Физические основы механики. М.: «Наука». 1971, Гл. XIII.
6. Л.А. Голдин и др. Руководство к лабораторным занятиям по физике. М.: «Наука». 1973.
7. J.Walker Fundamentals of Physics.N.-Y.:2011.V, VI, VII. (102-152 p.).

## 10 - LABORATORIYA ISHI

### TOVUSHNING HAVODAGI TARQALISH TEZLIGINI INTERFERENSIYA USULI BILAN ANIQLASH

*Kerakli asbob va materiallar:*

1) Qurilma, 2) tovush generetori, 3) eshitish moslamasi.

Tutash elastik muhitlarda (gaz, suyuqlik va qattiq jisim) zarrachalarning tebranishi boshqa qator muhit zarrachalarini tebranishiga olib keladi. Sababi, muhitzarrachalari orasida o'zaro tortishish va itarilish kuchlari mavjud. Tutash muhitda(masalan havoda) tebranishlar vaqt bo'yicha barcha yo'nalishda tarqaladi. Bujarayon mexanik to'lqin deyiladi.

Avvalgi laboratoriya ishida to'lqinlarning umumiy xossalari batafsil berilgan edi.Tovush ham bo'ylama mexanik to'lqin bo'lgani uchun uning tarqalishini yuguruvchi yassi to'lqin tenglamasi orqali tavsiflagan edik, ya'ni manbadan  $x$  masofadagi zarralarni tebranish tenglamasini :

$$Y(x, t) = A \sin(\omega t + \varphi_0 - \omega \tau) \quad (1)$$

ko'rinishda yozish mumkin edi. Bu yerda  $A$ -tebranish amplitudasi,  $\omega$ -siklik chastota,  $\varphi_0$ -tebranishlarning boshlang'ich fazasi (ko'pincha soddalik uchun  $\varphi_0 = 0$  deb olinar edi),  $\tau = \frac{x}{v}$ -maydondan tarqalayotgan tovushini  $x$  masofaga kechikib yetib borish vaqti ,  $v$  - tovush to'lqinining tezligi. Yassi monoxromatik (bitta chastotali ) tovush to'lqinining tenglamasini

$$y = A \sin \left[ \omega \left( t - \frac{x}{v} \right) \right] = A \sin \left[ \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{x}{v} + \varphi \right) \right] \quad (2)$$

shaklida ham ifodalash mumkin. Bu yerda

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T} \quad (3)$$

$$\lambda = \vartheta \cdot T = \frac{\vartheta}{\nu} \quad (4)$$

munosabatlarni yodda tutgan holda tovush to'liqini uzunligi tebranish chastotasi va uning tarqalish tezliklari orasidagi munosabatlarni ifodalash mumkin:

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

Demak, berilgan chastotadagi tovush to'liqini uzunligini amalda aniqlab, uning tezligini topish mumkin ekan. Havoda va boshqa elastik muhitlarda juda katta chastota diapazonida elastik to'liqlar hosil bo'ladi. Lekin biz 17 Hz dan 20 kHzgacha bo'lgan to'liqlar - tovushlarni eshitamiz. Chastotasi 17 Hz dan kichik bo'lgan infra-tovushlarni, 20 kHz dan kata bo'lgan ultratovushlarni inson eshita olmaydi. Inson 2 kHz dan 5 kHz gacha chastotalar intervalidagi tovush to'liqlarini yaxshi eshitadi. Shu sababli tajriba shu chastotalardagi yassi yuguruvchi tovush to'liqlarining interferensiyasidan foydalanamiz.

Ikkita chastotalari (to'liqin uzunliklari) bir xil va fazalar farqi vaqt bo'yicha o'zgaraydigan to'liqlar – kogerent to'liqlarning bir-biri bilan uchrashib kuchayishi yoki susayishiga interferensiya deyiladi.

Faraz qilaylik, bitta to'liqin manбайдan uchrashish nuqtasiga yetib borguncha  $x_1$  masofani bosib o'tsin. Uning bu nuqtadagi to'liqin tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$y_1 = A_1 \sin \left[ \omega \left( t - \frac{x_1}{\vartheta} \right) + \varphi \right] \quad (6)$$

Ikkinchi to'liqin esa  $x_2$  masofani bosib o'tsin. U holda uning to'liqin tenglamasi

$$y_2 = A_2 \sin \left[ \omega \left( t - \frac{x_2}{\vartheta} \right) + \varphi \right] \quad (7)$$

ko'rinishda bo'ladi. Sodda uchun boshlangich faza  $\varphi_0 = 0$

va tovush energiyasi shu tarqalish sohasida yo'qolmaydi deb faraz qilamiz, ya'ni  $A_1=A_2=A$ . U holda  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  va  $\vartheta \cdot T = \lambda$  ekanligini hisobga olib, (6) va (7) tenglamalarni quyidagi ko'rinishlarda yozamiz.

$$\begin{aligned} y_1 &= A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda} \right) \\ y_2 &= A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x_2}{\lambda} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

Monoxromatik tovush to'lqinlari qo'shilib bir-birini qoplagan (qamragan) sohada tebranishlar ustma-ust tushadi, interferensiya ro'y beradi. Natijada ba'zi joylarda tebranish kuchayadi, ba'zi joylarda esa susayadi. Shu nuqtaga yetib kelgan ikkita bir xil chastotali tebranishlarning yigindisidan iborat, ya'ni

$$Y = Y_1 + Y_2 = A \sin(\omega t + \varphi) \quad (9)$$

Uning natijaviy amplitudasi umumiy holda

$$A_n = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)} \quad (10)$$

ga teng. Ko'rilyotgan nuqtaga yetib kelgan tovush tebranishlarining fazalar farqi esa (8) tenglamadan

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 2\pi \frac{x_2 - x_1}{\lambda} = 2\pi \frac{d}{\lambda} \quad (11)$$

ga teng bo'ladi. Bu yerda qo'shiluvchi tovush to'lqinlarining fazalar farqi  $\Delta\varphi = 2\pi n$  ( $n$ -butun sonlar) bo'lsa, yo'llar farqi

$$d = x_2 - x_1 = n\lambda \quad (12)$$

butun to'lqin uzunliklariga teng bo'lsa, natijaviy tebranish maksimumga erishadi

va  $A_n = A_1 + A_2$  bo'ldi. Agar qo'shiluvchi tovush to'lqinlarining fazalar farqi bo'lsa, u holda yo'llar farqi  $\Delta\varphi = (2n + 1)\lambda$  bo'lsa, u holda yo'llar farqi

$$d = x_2 - x_1 = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (13)$$

ya'ni, toq yarim to'lqin uzunliklariga teng bo'lsa, natijaviy tebranishlar minimum bo'ladi.  $A_n = A_1 + A_2$  bo'ldi. Bu yerda  $n=0,1,2,3 \dots$  butun sonlar ekanligini yodda tutish lozim.



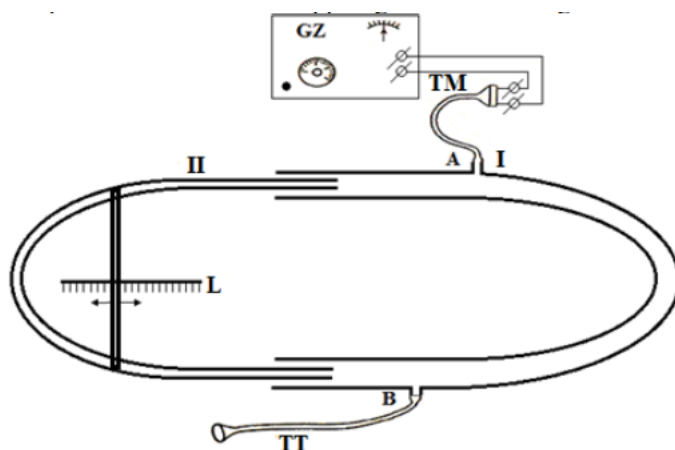
Shunday qilib, tovush to'liqinining (har qanday to'liqinning) interferensiyasi ularning amplitudasi va bir xil bo'lgan chastota qiymatiga bog'liq bo'lmay, faqat to'liqlarning manbadan ularning uchrashish nuqtasiga bo'lgan yo'llar farqiga bog'liq ekan. Ana shu tamoyildan foydalanilgan holda, mazkur ishda to'liqinning interferensiyasini hosil qilib, uning havoda tarqalish tezligini aniqlaymiz.

### **Usulning nazariyasi va eksperimental qurilma**

Tovush to'liqinining havoda tarqalish tezligini aniqlash uchun uning chastotasi va to'liqin uzunligini bilishimiz kerak. Bu usulda tovush chastotasi tovush generatorining tanlangan shkalasidan olinadi. To'liqin uzunligi esa interferensiya usuli bilan, ya'ni interferensiyalovchi to'liqlarning yo'llar farqidan aniqlanadi. Tovush tebranishlarining manbasi sifatida tovush generatoriga ulangan telefon "naushnigi" qo'llaniladi. U tovush chastotasidagi elektr tebranishlarni mexanik tebranishlarga, ya'ni tovushga aylantirib beradi. Tovush tebranishlari rezina nay orqali Kvinkeasbobiga yuboriladi. Asbobning sxematik ko'rinishi 1-rasmda ko'rsatilgan.

Kvinke asbobi birining ichiga ikkinchisi kiradigan ikkita U simon naydan iborat. Ulardan biri harakatsiz bo'lib, asbob korpusiga mahkamlangan. Ikkinchisi esa deyarli ishqalanishsish uning ichiga 20-30 sm kiradi. Uning harakati K dastak yordamida amalga oshiriladi va vaziyati asbob korpusiga mahkamlangan chizg'ich (L) shkalasidan aniqlanadi. Telefon naushnigi tovush manbaning (TM) o'lchami naylarning diametridan katta bo'lgani uchun yassi tovush to'liqini hosil qilinadi va u nayning A nuqtasiga uzatiladi. Bu nuqtada tovush to'liqini ikkiga ajraladi. Bir qismi o'ng tomonga birinchi nay orqali, ikkinchi qismi chap tomoniga harakat qilib, ikkinchi

nay orqali B nuqtaga yetib keladi. Bu nuqta to'g'risiga B naycha ulangan bo'lib, unga TT-tovush trubkasi rezina nay orqali ulangan. Bu trubka yordamida 2 ta B nuqtada qo'shilayotgan tovush to'lqinlarining intensivligi kuzatiladi. Qo'shiluvchi ikkala tovush to'lqini bitta manbadan chiqqanligi uchun ular kogerentdir.



1-rasm.

Demak, B nuqta yoki B naychaga yetib kelgan kogerent tovush to'lqinlarining yurgan yo'llarining farqiga qarab, TT - tovush trubkasida maksimum yoki minimum -past tovush eshitiladi. K dastak yordamida ikkinchi U simon naychani birinchi naychaga kirita borganda, to'lqinlarning yo'llar farqi juft yarim to'lqin uzunligiga to'g'ri kelsa, TT - tovush trubkasida maksimum tovush eshitiladi. Agar yo'llar farqi toq yarim to'lqin uzunligiga tenglashtirilsa, past tovush eshitiladi. Birinchi maksimum va ikkinchi maksimum tovush eshitiladigan vaziyatlar orasidagi masofa L shkaladan aniqlanadi va bu yo'llar farqi  $\Delta d = d_2 - d_1 = \lambda$  ga teng bo'ladi. Sababi, birinchi holda to'lqinlarning yo'llar farqi  $d_1 = n\lambda$  (maksimum sharti), ikkinchi holda  $d_2 = (n + 1)\lambda$  ga teng bo'ladi. Ikkinchi tomondan K dastak  $l$  masofaga siljiydi. Yo'llar farqi  $2l$  ga teng bo'lgani uchun  $d_2 - d_1 = 2l = \lambda$  bo'ladi. Bundan  $2l = \lambda$  ga teng ekan.

Tovush generatorida tanlangan  $\nu$  chastota va  $l$  ning qiymatini bilgan holda tovush to'liqinining havodagi tezligi quyidagi ifoda bo'yicha topiladi:

$$v = \lambda\nu = 2l\nu \quad (14)$$

### **Tajribani o'tkazish va hisoblashlar**

1. Tovush generatori tarmoqqa ulanadi va undan olinadigan tovush tebranishlarining chastotasi tanlanadi (odatda 2000-5000 Hz).
2. Tovush trubkasi TT ni quloqqa tutib, tovush generatorining amplituda qulog'ini burab, sistemada yetarli darajada amplitudali tovush to'liqin hosil qilinadi.
3. Qo'zg'aluvchi ikkinchi nayni K dastak bilan birinchi nayga mumkin bo'lgan qadar kiritiladi va tovush trubkasi TT dan tovush maksimum (yoki minimal) bo'lguncha orqaga siljiriladi. K dastak vaziyati L shkaladan yozib olinadi.
4. K dastak yordamida qo'zg'aluvchan nayni orqaga siljata borib, navbatdagi maksimum (minimum) tovush eshitiladigan  $l'$  vaziyatlar yozib olinadi.
5. K dastak yordamida qo'zg'aluvchan nayni oldinga siljitib, L shkaladan shu tajriba o'tkazilayotgan  $\nu$  chastotasi uchun mos keluvchi tovush maksimum(minimum) bo'lgan  $l''$  vaziyatlar qaytadan aniqlanadi va yozib olinadi. Natijalar hisobot jadvaliga yoziladi.

$N_0$	$\nu_n$	max (min) tar tibi	$l'_i sm$	$l''_i sm$	$\bar{l}_i$ $= \frac{l'_i + l''_i}{2}$	$l_i$ $= \Delta d_i$	$\lambda_{ni}$	$\vartheta_{ni}$ m/ s	$\bar{\vartheta}_i$	$\overline{\Delta\vartheta}_i$	$\varepsilon$ $= \frac{\Delta\vartheta_i}{\bar{\vartheta}_i}$ $\cdot 100\%$

6. O'lchashlar kamida ya'ni 3 ta chastota uchun bajariladi va natijalar hisobot jadvaliga yoziladi.

7. Har bir  $\nu_n$  ( $n=1,2,3\dots$ ) chastotalar uchun tovush to'lqini va tezligi ning qiymatlari hamda o'rta qiymatlari aniqlanadi.

8. Tovush to'lqini tezligini o'rtacha qiymati  $\bar{\vartheta}_i$  va uning absolut xatoligining o'rtacha qiymati  $\overline{\Delta\vartheta}_i$  aniqlanadi va hisobot jadvaliga yoziladi.

9. Tovush tezligini aniqlashning nisbiy kattaligi  $\varepsilon = \frac{\Delta\bar{\vartheta}}{\bar{\vartheta}} \cdot \%$  topiladi.

10. Tajriba natijasi  $\vartheta = \bar{\vartheta} + \Delta\bar{\vartheta}$  ko'rinishda keltiriladi.

## Nazorat savollari:

1. Yassi to'lqin deb nimaga aytiladi?
2. Kogerent to'lqin deb nimaga aytiladi? U qanday hosil qilinadi?
3. Kvinke asbobida hosil qilingan to'lqin qanday (bo'ylama ko'ndalang yoki sferik) to'lqin?
4. To'lqin interferensiyasi deb nimaga aytiladi? Unda maksimum va minimum bo'lish shartini tushuntiring?
5. Ikkita kogerent to'lqin qo'shilib minimum hosil qilingan hol uchun energiya saqlanish qonunini tushuntiring?
6. Tovush amplitudasi, intensivligi, energiyasi kattaliklarini tavsiflang.
7. Tovush qattiq jismlarda qanday tarqaladi?
8. Nima uchun tovushning havodagi tarqalish tezligi uning temperaturasiga bog'liq?
9. Tovush tezligining aniqlashning qanday usullarini bilasiz?
10. Tovush bosimi, intensivligi va ular orasidagi bog'lanishni tavsiflang

## Adabiyotlar

1. С. П. Стрелков. Механика. Тошкент.: Ўқитувчи, 1977. XV боб. §138-142.
2. С.Э. Хайкин. Физические основы механики. М. Наука, 1963. Гл. XX. §163.
3. Э. Н. Назиров ва б. Механика ва молекулар физикадан практикум. Тошкент.: Ўқитувчи, 1977.
4. J. Walker Fundamentals of Physics. N.-Y.: 2011. V, VI, VII. (102-152 p.).

# ILOVA

1-jadval

## ASOSIY FIZIK KATTALIKLAR

Kattalikning nomi	Belgisi	Son qiymati
Erkin tushish tezlanishi	G	9,81 m/s <sup>2</sup>
Tortishish doimiysi	$\gamma$	6,67·10 <sup>-11</sup> m <sup>3</sup> /kg·s <sup>2</sup>
Avogadro soni	N <sub>A</sub>	6,02·10 <sup>23</sup> mol <sup>-1</sup>
Universal gaz doimiysi	R	8,31 J/mol <sup>-1</sup>
Bolsman doimiysi	K	1,38·10 <sup>-23</sup> J/K
Elektronning zaryadi	E	1,6·10 <sup>-19</sup> Kl
Elektronning massasi	m <sub>e</sub>	9,11·10 <sup>-31</sup> kg
Faradey soni	F	9,65·10 <sup>7</sup> Kl/kg·ekv
Elektr doimiysi	$\epsilon_0$	8,85·10 <sup>-12</sup> F/m
Magnit doimiysi	$\mu_0$	4 $\pi$ ·10 <sup>-7</sup> Gn/m
Yorug'likning vakumdagi tarqalish tezligi	S	3·10 <sup>8</sup> m/s
Stefan- Bolsman doimiysi	$\sigma$	5,67·10 <sup>-8</sup> Vt/m <sup>2</sup> ·grad <sup>4</sup>
Plank doimiysi	H	6,625·10 <sup>-34</sup> J·s
Vodorod atomi uchun Ridberg doimiysi	R	1,097·10 <sup>7</sup> m <sup>-1</sup>
Birinchi Bor orbitasining doimiysi	r <sub>1</sub>	0,529·10 <sup>-10</sup> m
Bor magenitoni	$\mu_B$	0,927·10 <sup>-24</sup> J/Tn
Vodorod atomining ionizasiya energiyasi	E <sub>i</sub>	13,6 eV
Massaning atom birligi	M.a.b.	1,666·10 <sup>-23</sup> kg
Neytroning massasi	m <sub>n</sub>	1,675·10 <sup>-23</sup> kg
$\alpha$ - zaraning massasi	m <sub><math>\alpha</math></sub>	6,64·10 <sup>-27</sup> kg
Massa va energiya orasidagi bog'-lanishning proporsionallik koeffisenti	c <sup>2</sup>	9·10 <sup>12</sup> j/kg yoki 931 MeV/m.a.b.

2-jadval

## BA'ZI ASTRONOMIK KATTALIKLAR

Nomlanishi	Son qiymati
Yerning o'rtacha radiusi	$6,37 \cdot 10^6$ m
Yerning massasi	$6,96 \cdot 10^{24}$ kg
Quyoshning radiusi	$6,95 \cdot 10^8$ m
Quyoshning massasi	$1,97 \cdot 10^{30}$ kg
Oyning radiusi	$1,74 \cdot 10^6$ m
Oyning massasi	$7,3 \cdot 10^{22}$ kg
Yerning markazidan Quyoshning markazigacha bo'lgan o'rtacha masofa	$1,5 \cdot 10^{11}$ m
Yerning markazidan Oyning markazigacha bulgan o'rtacha masofa	$3,84 \cdot 10^8$ m

## BA'ZI BIR QATTIQ JISMLARNING XOSSALARI

3-jadval

Modda	Zichlik kg/m <sup>3</sup>	Erish temperat urasi, °S	Solishtirma issiqlik si- gimi		Erish so- lishtirm a issiqligi , j/kg	Chiziqli issiqlik kengayis h koeffi- sienti, grad <sup>-1</sup>
			j/kg·grad	kkal/kg· grad		
Alyumini y	2600	659	896	0,214	$3,22 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
<b>Temir</b>	7900	1530	500	0,119	$2,72 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Jez	8400	900	386	0,092	-	$1,9 \times 10^{-5}$
Muz	900	0	2100	0,5	$3,35 \cdot 10^5$	-
Mis	8600	1100	395	0,094	$1,76 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^{-5}$

Qalay	7200	232	230	0,055	$5,86 \cdot 10^4$	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Platina	21400	1770	117	0,028	$1,13 \cdot 10^5$	$0,89 \cdot 10^{-5}$
Po'kak	200		2050	0,49	-	
Qo'rg'oshi n	11300	327	126	0,03	$2,26 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^{-5}$
Kumush	10500	960	234	0,056	$8,8 \cdot 10^4$	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Po'lat	7700	1300	460	0,11	-	$1,06 \cdot 10^{-5}$
Rux	7000	420	391	0,093	$1,17 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^{-5}$

**11-jadval**

**BA'ZI BIR QATTIQ JISMLARNING ELASTIKLIK  
XOSSALARI**

Modda	Mustahkamlik chegarasi N/m	Yung moduli N/m <sup>2</sup>
<b><u>Alyuminiy</u></b>	$1,1 \cdot 10^8$	$6,9 \cdot 10^{10}$
Temir	$2,94 \cdot 10^8$	$19,6 \cdot 10^{10}$
Mis	$2,45 \cdot 10^8$	$11,8 \cdot 10^{10}$
Qo'rg'oshin	$0,2 \cdot 10^8$	$1,57 \cdot 10^{10}$
Kumush	$2,9 \cdot 10^8$	$7,4 \cdot 10^{10}$
Po'lat	$7,85 \cdot 10^8$	$21,6 \cdot 10^{10}$

**12-jadval**

<b>TRIGONOMETRIK FUNKSIYALARNING QIYMATLARI</b>					
Burchak	sin	Tg	stg	cos	Burchak
0	0	0		1	90
1	0,0175	0,0175	57,29	0,9998	89
2	0,0349	0,0349	28,64	0,9994	88
3	0,0524	0,0524	19,08	0,9986	87



4	0,0698	0,0699	14,3	0,9976	86
5	0,0872	0,0875	11,43	0,9962	85
6	0,1045	0,1051	9,514	0,9945	84
7	0,1219	0,1228	8,144	0,9925	83
8	0,1392	0,1405	7,115	0,9908	82
9	0,1564	0,1584	6,314	0,9877	81
10	0,1736	0,1763	5,671	0,9848	80
11	0,1908	0,1944	5,145	0,9816	79
12	0,2079	0,2126	4,705	0,9781	78
13	0,225	0,3209	4,331	0,9744	77
14	0,2419	0,2498	4,011	0,9703	76
15	0,2588	0,2679	3,732	0,9659	75
16	0,2756	0,2867	3,487	0,9613	74
17	0,2924	0,3057	3,271	0,9563	73
18	0,309	0,3249	3,078	0,9511	72
19	0,3256	0,3443	2,904	0,9455	71
20	0,342	0,364	2,747	0,9397	70
21	0,3584	0,3839	2,805	0,9336	69
22	0,3746	0,404	2,475	0,9272	68
23	0,3997	0,4245	2,356	0,9205	67
24	0,4067	0,4452	2,246	0,9135	66
25	0,4226	0,4463	2,145	0,9063	65
26	0,4384	0,4877	2,05	0,8988	64
27	0,454	0,5065	1,163	0,891	63
28	0,4695	0,5317	1,881	0,8829	62
29	0,4848	0,5648	1,804	0,8746	61
30	0,5	0,5774	1,132	0,866	60
31	0,515	0,6009	1,664	0,8572	59
32	5290	0,6249	1,6	0,848	58
33	0,5446	0,6494	1,546	0,8387	57
34	0,5592	0,6745	1,483	0,829	56

35	0,5736	0,7002	1,428	0,8192	55
36	0,5878	0,7265	1,376	0,809	54
37	0,6018	0,7536	1,327	0,7986	53
38	0,6157	0,7813	1,28	0,788	52
39	0,6293	0,8998	1,235	0,7771	51
40	0,6428	0,8391	1,192	0,766	50
41	0,6561	0,8693	1,15	0,7547	49
42	0,6691	0,9004	1,111	0,7314	48
43	0,682	0,9325	1,072	0,7314	47
44	0,6947	0,9857	1,036	0,7193	46
45	0,7071	1	1	0,7071	45
	<b>cos</b>	<b>Ctg</b>	<b>tg</b>	<b>Sin</b>	

## MUNDARIJA

Mexanika o'quv laboratoriyasida ishlashda texnika xavfsizligi .....	3
laboratoriya mashg'ulotlari va ularni tashkil qilish usullari .....	4
O'lchash xatoliklari haqida tushuncha .....	5
1-laboratoriya ishi .....	9
Analitik tarozida ishlashni o'rganish .....	9
2 – laboratoriya ishi .....	17
G'ildirakning inertsiya momentini aniqlash .....	17
(yuksiz va yukli hollar uchun) .....	17
3 - laboratoriya ishi .....	29
Aylanayotgan jism uchun dinamikaning asosiy .....	29
qonunini tekshirish (oberbek mayatnigi) .....	29
4-laboratoriya ishi .....	35
Elastiklik modulini cho'zilishdan topish .....	35
5- laboratoriya ishi .....	44
Egilish bo'yicha yung modulini aniqlash .....	44
6 - laboratoriya ishi .....	51
Matematik mayatnikning tebranish qonunlarini o'rganish va og'irlik kuchi tezlanishini aniqlash .....	51
7 - laboratoriya ishi .....	56
Ag'darma mayatnik yordamida og'irlik kuchi .....	56
Tezlanishini aniqlash .....	56
8-laboratoriya ishi .....	61
Trifilyar mayatnik yordamida jismlarning inertsiya .....	61
momentini aniqlash .....	61
9- laboratoriya ishi .....	67
Siljish modulini buralishdan aniqlash .....	67
Tovushning havodagi tarqalish tezligini .....	78
Interferensiya usuli bilan aniqlash .....	78
Ilova .....	86

*J.O.Arabov*

**FIZIKA TA'LIM YO'NALISHIDA  
MEXANIKA FANIDAN  
LABORATORIYA ISHLARINI  
BAJARISH BO'YICHA**  
*Uslubiy qo'llanma*

*Muharrir:*

*G'.Murodov*

*Texnik muharir:*

*G.Samiyeva*

*Musahhah:*

*M.Raximov*

*Sahifalovchi:*

*M.Arslonov*



Nashriyot litsenziyasi AI № 178. 08.12.2010. Original – maketdan bosishga ruxsat etildi: 26.01.2021. Bichimi 60x84. Kegli 16 shponli. «Palatino Linotype» garn. Ofset bosma usulida. Ofset bosma qog'oz. Bosma tabog'i 5.75 Adadi 100. Buyurtma № 4.



«Sharq-Buxoro» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.  
Buxoro shahar O'zbekiton Mustaqilligi ko'chasi, 70/2 uy.  
Tel: 0(365) 222-46-46