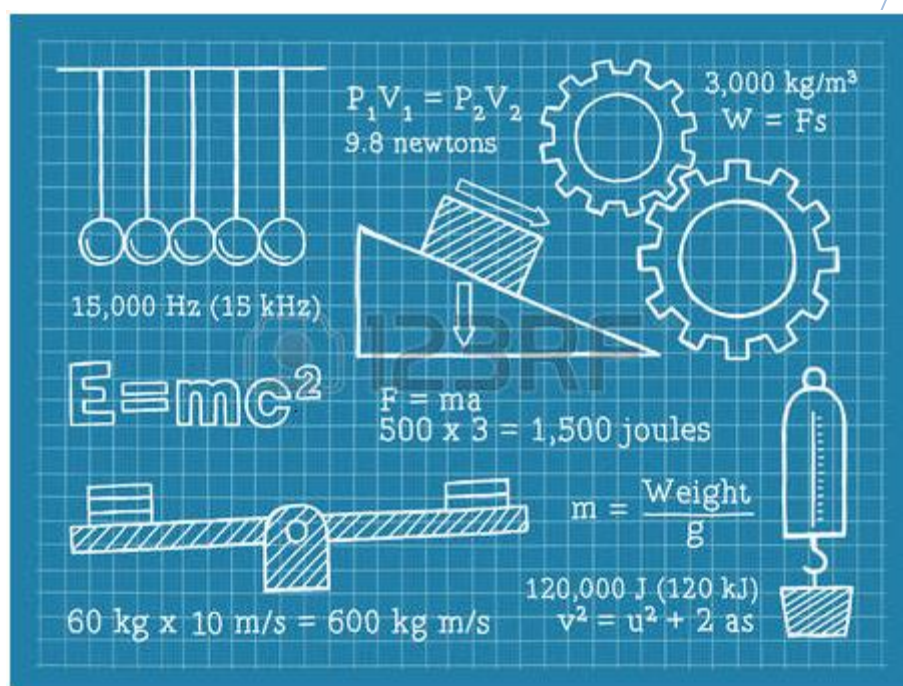


O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O`RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
NAMANGAN MUXANDISLIK-QURILISH INSTITUTI
"FIZIKA" KAFEDRASI

FIZIKA FANINING MEXANIKA VA
MALEKULYAR FIZIKA BO`LIMIGA OID
TAJRIBA MASHG`ULOTLARINI BAJARISHGA
MO`LJALLANGAN OQUV METODIK
KO`RSATMA.



NAMANGAN-2018

O'zbekiston Respublikasi Oliy va O'rta Maxsus Ta'lim Vazirligi fizika fanidan tasdiqlangan dastur asosida tuzildi.

**Tuzuvchilar: dots. A. Mamajanov
B. Shahobiddinov
Sh. Nazarov**

**Taqrizchi: NamDU Fizika – matematika fakulteti fizika kafedrası dotsenti:
Dots. X. Qo'chqarov**

**NamQI fizika kafedrası yig'ilishida ko'rib chiqilgan va maqullangan (protokol № ____ 20 ____
yil _____)**

**Namangan muxandislik-qurilish institutining ilmiy medogik kengashida ko'rib chiqilgan va
laboratoriya darslarida foydalanishga ruxsat etilgan (yig'lish bayoni № ____ _____)**

KIRISH

Hozirgi zamon fan-texnikasining rivojlanishida fizika fanining ahamiyati kattadir. Shuning uchun texnika oliy o'quv yurtlarida yuqori malakali muxandislar tayyorlashda fizika fanini o'qitish o'ziga yarasha ahamiyat kasb etadi.

Umumiy fizika kursidan laboratoriya mashg'ulotlari o'tkazishda quyidagi maqsadlar:

a) bo'lajak muxandislarga asosiy fizikaviy qonunlarni va hodisalarni chuqurroq o'zlashtirishlariga yordamlashish;

b) talabalarni ilmiy tekshirish ishlariga ijodiy yondoshish, eksperimental uslubni to'g'ri tanlay bilish, fizikaviy kattaliklar qiymatlarini o'lchash va ularni formulalar vositasida tekshirishga o'rgatish;

v) zamonaviy asbob-uskunalar hamda fizikaviy o'lchash natijalarini matematik usullar yordamida ishlab chiqish uslublari bilan tanishtirish ko'zda tutiladi.

Ushbu uslubiy ko'rsatma "Fizikadan laboratoriya uchun metodik ko'rsatmalar" kitobning ikkinchi qayta ishlangan va to'ldirilgan nashri bo'lib, fizika kursining "**Mexanika va molekulyar fizika**" bo'limini o'z ichiga oladi. Ko'rsatmani tayyorlashda aksariyat ishlarda yo'l qo'yilgan nuqsonlarni bartaraf etishga, formulalar, belgilar, chizma hamda grafiklar sifatining yaxshilanishiga beminnat yordamini ayamaganligi uchun NamDU fizika kafedrasining dotsenti X. Qo'chqarovga o'z minnatdorchiligimizni bildiramiz. Ko'rsatmada har bir bajariladigan ish uchun nazariy ma'lumot, tajriba o'tkaziladigan qurilmaning tuzilishi, ishning bajarilish tartibi, o'zlashtirish uchun savollar va foydalanilgan adabiyotlar ko'rsatilgan.

Ushbu ko'rsatma 13 ta laboratoriya ishini o'z ichiga oladi.

Ushbu uslubiy ko'rsatma bo'yicha fikr va mulohzalaringsizni kutamiz.

Mualliflar

LABORATORIYA ISHI № 1

XAVFSIZLIK TEXNIKASI. XATOLIKLAR NAZARIYASI BILAN TANISHISH. MEXANIKA, MOLEKULYAR FIZIKA LABORATORIYASI BILAN TANISHISH.

1. Fizikaviy kattaliklarni o'lchash. *Biror-bir kattalikni o'lchash deganda bu kattalikning birlik sifatida qabul qilingan bir jinsli etalon kattalik bilan solishtirilib, undan necha marta katta yoki kichikligini bilish tushuniladi.* Fizikaviy kattaliklarni absolyut aniq o'lchab bo'lmaydi. Fizikaviy kattaliklarni o'lchash jarayonida o'lchov asboblarining tuzilishiga hamda kuzatuvchining sezgi organlarining sezgirligiga bog'liq ravishda o'lchash natijalari ma'lum xatoliklar bilan aniqlanadi. Topilgan natijalar o'lchanayotgan kattaliklarning taqribiy qiymatini beradi. O'lchashda ro'y beradigan xatoliklar ikki guruhga bo'linadi: *sistemali va tasodifiy xatoliklar.*

a) sistemali xatoliklar. Bunday xatoliklar odatda tajriba o'tkazilguncha aniqlanishi mumkin bo'lgan xatoliklardir. Ular asosan ishlatiladigan asboblarning ayrim kamchiliklari tufayli yuz beradi va ayni bir kattalikni takroriy o'lchashlar jarayonida ularning qiymatlari doimo bir xil bo'ladi. Masalan, masshtabli chizg'ich shkala bo'limlarining bir xil emasligi, kapillyar naycha diametrining uning turli qismlarida turlicha bo'lishi, elektr o'lchov asboblari strelkalarining nol qiymatidan siljib qolganligi va h.k.lar sistemali xatoliklarning paydo bo'lishiga sabab bo'ladi. Sistemali xatoliklardan ko'p hollarda ularni o'lchov asbobi ko'rsatishiga tuzatma sifatida hisobga olish yo'li bilan yoki o'lchov asboblarini etalon o'lchov asboblari bilan solishtirish natijasida qutilish mumkin.

b) tasodifiy xatoliklar o'lchash jarayonining turli bosqichlariga ta'sir etuvchi alohida sabablar oqibatida paydo bo'ladigan xatoliklardir. Masalan, o'lchov asboblarining ko'rsatishidagi noaniqliklar, sezgi organlarimizning nomukammalligi va tashqi (temperatura, bosim, namlik va h.k.) muhitning o'lchash jarayoniga uzluksiz ta'siri tufayli paydo bo'ladigan xatoliklar shular jumlasidandir. Bu xatoliklarni tajriba oldidan e'tiborga olishning imkoniyati yo'q. Bunday xatoliklarni butunlay yo'qotib bo'lmaydi, lekin ularning sonini minimal qiymatgacha kamaytirish mumkin. Tasodifiy xatoliklarning ehtimollik qonuniyatlariga bo'ysunishi ularning o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatini o'z ichiga oladigan chegaraviy qiymatlarini aniqlash imkonini beradi.

2. Bevosita o'lchash jarayonidagi xatoliklarni aniqlash. Fizikaviy kattalikning bevosita o'lchash natijasida topilgan qiymati uning haqiqiy qiymatidan u yoki bu tomonga og'gan bo'lishi mumkin. Fizikaviy kattalikning uning haqiqiy qiymatiga yaqin bo'lgan qiymatini olish uchun o'lchashlar bir necha marta takrorlanib, natijalarning o'rtacha arifmetik qiymati topiladi. Kattalikning o'rtacha arifmetik qiymati uning haqiqiy qiymatiga yaqinroq bo'ladi.

Masalan, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ lar ayrim o'lchashlar natijasi bo'lsa, bundan o'lchanayotgan kattalikning o'rtacha qiymati:

$$x_{\text{up}} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i \quad (1)$$

Bu erda n - o'lchashlar soni.

O'rtacha qiymatdan har bir ayrim o'lchash natijasi qiymatining farqi *ayrim o'lchashlarning absolyut xatosi* deyiladi va u

$$\begin{aligned}\Delta x_1 &= |x_{\text{up}} - x_1| \\ \Delta x_2 &= |x_{\text{up}} - x_2| \\ \Delta x_3 &= |x_{\text{up}} - x_3| \\ &\dots\dots\dots \\ \Delta x_n &= |x_{\text{up}} - x_n|\end{aligned}$$

ifodalar yordamida aniqlanadi. So'ngra absolyut xatolikning o'rtacha arifmetik qiymati aniqlanadi:

$$\Delta x_{\text{up}} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots + \Delta x_n}{n} \quad (2)$$

O'lchashlar sifatini to'la tavsiflash uchun o'lchashning nisbiy xatoligi aniqlanadi. Ayrim o'lchashlar absolyut xatoliklarining o'rtacha arifmetik qiymatiga nisbati

$$\delta_1 = \frac{\Delta x_1}{x_{\text{up}}}, \quad \delta_2 = \frac{\Delta x_2}{x_{\text{up}}}, \quad \delta_3 = \frac{\Delta x_3}{x_{\text{up}}}, \quad \dots, \quad \delta_n = \frac{\Delta x_n}{x_{\text{up}}}$$

ifodalar yordamida aniqlanib, bu kattaliklar *ayrim o'lchashlarning nisbiy xatoliklari* deyiladi.

O'rtacha absolyut xatolik $\Delta x_{o'r}$ ning o'rtacha qiymat $x_{o'r}$ ga nisbati

$$\delta = \frac{\Delta x_{\text{up}}}{x_{\text{up}}} \quad (3)$$

ga *o'rtacha nisbiy xatolik* deyiladi va uning foizlardagi qiymati

$$\delta = \frac{\Delta x_{\text{up}}}{x_{\text{up}}} 100\%$$

ifoda yordamida hisoblanadi. O'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati

$$x_{\text{haqiqiy}} = x_{\text{up}} \pm \Delta x_{\text{up}} \quad (4)$$

yordamida aniqlanadi.

Laboratoriya ishlarini bajarishda nisbiy xatolikning qiymati 3 - 5% oralig'ida bo'lishi kerak. Nisbiy xatolikning qiymati 0,5 % dan oshmaydigan o'lchashlar etarli darajada sifatli o'lchashlar hisoblanadi.

3. Laboratoriya ishlarini bajarish. Har bir laboratoriya ishini bajarish quyidagi sxema asosida olib boriladi:

3.1. Ushbu qo'llanmada berilgan laboratoriya ishining tafsiloti diqqat bilan o'qib, chiqiladi va puxta o'zlashtiriladi.

3.2. Laboratoriya ishlarini bajarish uchun kerak bo'ladigan asbob-uskunalar bilan tanishgandan so'ng qo'llanmaga muvofiq asboblarni o'rnatish yoki qurilmani yig'ishga kirishiladi. Ba'zida ishlar tayyor qurilmada bajariladi.

3.3. Kuzatish va o'lchash ishlari bajariladi. Ishning bu qismi juda ma'suliyatli bo'lib, uni bajarishda, ushbu qo'llanma ko'rsatmalariga qat'iy amal qilish kerak. Barcha o'lchash natijalari har bir ish uchun ko'rsatilgan jadvalga yoziladi.

3.4. O'lchash natijalari ishlab chiqiladi, ya'ni o'lchanayotgan kattaliklar ishchi formulalar yordamida topiladi va uning nisbiy xatoligi foiz hisobida aniqlanadi.

4. Bajarilgan laboratoriya ishi bo'yicha hisobot tayyorlash.




1. Ishning nomi va tartib raqami yoziladi.
2. Ishning maqsadi. Bunda bajarilgan laboratoriya ishida tajriba yo'li bilan aniqlanishi kerak bo'lgan fizik kattalik ko'rsatiladi.
3. Ishchi formula. Bunda aniqlanishi kerak bo'lgan kattalikning hisoblab topilgan ishchi formulasi va formulaga kirgan kattaliklarning nomi, shuningdek topilishi kerak bo'lgan kattalikning o'lchov birligi SI sistemada ko'rsatiladi.
4. Jadval yoki grafik. Bunda jadvalga o'lchash natijalari va hisoblab topilgan kattaliklar, absolyut va nisbiy xatoliklarning qiymatlari yoziladi. Agar qo'llanma bo'yicha talab qilinsa, fizik kattaliklarning bog'liqlik grafigi chiziladi.
5. Xulosa. Xulosada tajribadan olingan natijaning mazmuni qisqacha bayon qilinadi.

ESLATMA. Ish yuzasidan tayyorlangan hisobotni alohida varaqqa yoki o'quv daftariga yozish mumkin.

LABORATORIYA ISHI № 2

MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA ERKIN TUSHISH TEZLANISHINI ANIQLASH

- 1. Ishning maqsadi:** Og'rlik kuchi tezlanishini tajriba yo'li bilan aniqlash
- 2. Kerakli asboblari:** matematik mayatnik, sekundomer, o'lchov chizg'ichi.

Laboratoriya universal ta'minlash manbai	Lahza o'lchagich	Matematik mayatnik
		

3. NAZARIY QISM

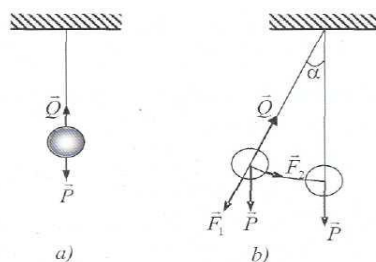
Uzun, vaznsiz, cho'zilmaydigan ipga osilgan jism matematik mayatnik deyiladi. Matematik mayatnikning og'irlik markazi osilish nuqtasidan pastda yotadi. Mayatnik ipining massasi unga osilgan jism, masalan, metall sharcha massasidan juda ham kichik bo'lganligi sababli uni hisobga olmasa ham bo'ladi. Mayatnikning harakat qilmayotgan holati mayatnikning muvozanat vaziyati deyiladi (1- rasm a). Mayatnikni muvozanat vaziyatidan uncha katta bo'lmagan α burchakka og'irib, uni qo'yib yuborsak u muvozanat vaziyati atrofida tebranma harakat qila boshlaydi (1- chizma, b).

Mayatnikning bir marta to'liq tebranish uchun ketgan vaqtga tebranish davri deb ataladi va uni T bilan belgilanadi.

Agar biror t vaqt ichida mayatnik N marta tebransa to'liq bir marta tebranishi uchun ketgan vaqt, ya'ni tebranish davri quyidagicha hisoblanadi:

$$T = \frac{t}{N} \quad (1)$$

SI sistemasida tebranish davri sekundlarda o'lchanadi.



1-chizma

Matematik mayatnikning tebranish davri ipga osilgan yukning massasiga va tebranish amplitudasiga bog'liq emas. Matematik mayatnikning uzunligi deganda ipning osilish nuqtasidan sharcha markazigacha bo'lgan masofaga aytiladi.

Matematik mayatnikning tebranish davri matematik mayatnik l uzunligining kvadrat ildiziga to'g'ri proporsional va g erkin tushish tezlanishining kvadrat ildiziga esa teskari proporsional bo'lib, u quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

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

(2) ifodaga ko'ra erkin tushish tezlanishi g ni aniqlash uchun quyidagi tenglikka ega bo'lamiz:

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

4. Ishni bajarish tartibi

1. Ipni imkoni boricha uzunroq holatda mahkamlab, uning uzunligi o'lchanadi. Olingan natija jadvalga yoziladi. $l_1 = \dots m$.
2. Laboratoriya universal ta'minlash manbaiga lahza o'lchagich ulanadi.
3. Laboratoriya universal ta'minlash manbai tok tarmog'iga ulanadi va u ish holatiga keltiriladi.
4. Lahza oichagich ko'rsatkichi nol holatiga keltiriladi.
5. Sharchani muvozanat vaziyatidan uncha katta bo'lmagan 5-6 gradus burchakka og'dirib, harakatga keltiriladi. Shu onda lahza o'lchagich ishga tushiriladi.
6. Matematik mayatnikning tebranishlar soni sanaladi. Mayatnik $N_1 = 100$ marta tebranganda lahza oichagich to'xtatiladi.
7. Lahza o'lchagichning ko'rsatishi qayd etiladi vajadvalga yoziladi. $t_1 = \dots s$.
8. (1) ifodaga ko'ra l uzunlikdagi mayatnikning tebranish davri $T_1 = \dots s$ hisoblanadi.
9. (3) ifodaga ko'ra erkin tushish tezlanishi hisoblanadi. $g = \dots m/s^2$.
10. Mayatnik ipining uzunligini o'zgartirmasdan tebranishlar soni $N_2 = 150$ ta va $N_3 = 200$ ta hollari uchun tajriba yuqoridagidek takrorlanadi.
11. Olingan natijalar asosida mayatnik tebranish davri va erkin tushish tezlanishining qiymatlari aniqlanadi
12. Mayatnik uzunligini o'zgartirib tajriba yuqorida ko'rsatilgan tartibda takrorlanadi.
13. Erkin tushish tezlanishining tajribalarda olingan qiymatlarining o'rtachasi hisoblanadi.

T/r	l(m)	n	t(s)	T(s)	g(m/s ²)	Δg	δ, %
1		100					
2		150					
3		200					
O'rtacha qiymat		X	X	X			

Nazorat savollari

1. Matematik mayatnik deb nimaga aytiladi
2. Mayatnikning tebranish davri nimalarga bog'liq
3. Matematik mayatnikning uzunligini tebranish soni bilan bog'liqligi?
4. Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishi qanday aniqlanadi?
5. Mayatnikning asilligi nima ?

LABORATORIYA ISHI № 3

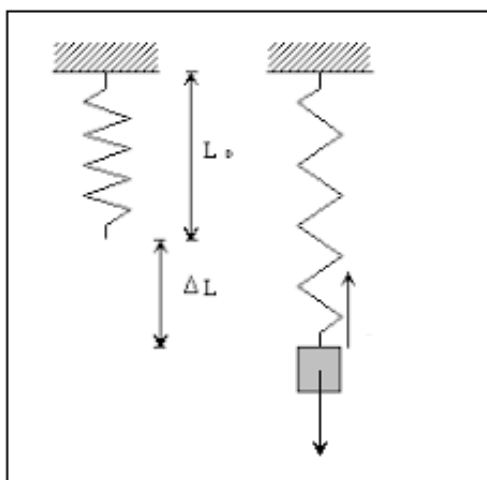
PRUJINALI MAYATNIKNING TEBRANISHINI O'RGANISH

1. Ishning maqsadi: Pujinali mayatnik tebranishi yordamida bikirlikni aniqlashni o'rganish

2. Kerakli asboblari: matematik mayatnik, sekundomer, o'lchov chizg'ichi.

3. NAZARIY QISM

Bir marta turtki berilgandan keyin o'zicha tebranadigan sistemada yuz beradigan tebranishlarga erkin yoki xususiy tebranishlar deyiladi. Unga misol qilib, prujinaga osib qo'yilgan yukning tebranishini olish mumkin.



Prujinaga osib qo'yilgan M massali sharchaning (1-rasm) qarab chiqaylik:

Prujinaga sharcha osilgach cho'ziladi va $k \Delta l$ ga teng bo'lgan elastik kuchi vujudga keladi. Muvozanat xolatida bo'lgan elastik kuch sharchaning og'irlik kuchi R ga teng bo'ladi, ya'ni:

$$Mg = k \Delta l \quad (1)$$

Jismning muvozanat xolatidan Δl masofaga siljitsak, prujinaning cho'zilishi $\Delta l + x$ ga teng bo'ladi, u xolda:

$$F = mg - (k(\Delta l + x)) \quad (2)$$

Kuch prujinada hosil bo'layotgan elastik kuchdir. Elastik bo'lmagan kuchlar ham $f = -kx$ (3) qonungacha bo'ysinadi, bo'nday kuchlarni kvazielastik kuchlarga qarshi ish bajarish kerak:

$$A = \int_0^x (-f) dx = \int_0^l kx dx = \frac{kx^2}{2} \quad (3)$$

Bo'lgan ish sistemaning potensial energiya zaxirasini vujudga keltiradi:

$$E_p = \frac{kx^2}{2}$$

(1-rasmda) ifodalangan sistemaga qaraylik: muvozanat xolatida uning potensial energiyasi minimal. Sharchaning muvozanat xolatidan $X=A$ masofaga siljitib, qo'yib yuboramiz. Bo'lgan xolatda sharcha maksimal potensial energiyaga, ya'ni

$$E_p = \frac{kA^2}{2}$$

ega bo'ladi.

Massali sharchaning harakati uchun Nyutonning 2-qonunini yozamiz.

$$Ma = -kx \quad (4)$$

Siljishdan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosila tezlanishga tengligidan

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -x$$

Foydalanib quyidagini hosil qilamiz:

$$Mx = -kx$$

$$\text{Yoki} \quad x + \frac{k}{m}x = 0 \quad (5)$$

Deb belgilasak sharcha harakatining tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$x + \omega_0^2 x = 0 \quad (6)$$

Bo` tenglamani umumiy yechimi:

$$X = A \sin(\omega_0 t + \varphi) \quad (7)$$

Siklik chastota $\omega_0 = 2\pi/T$ va $\omega_0 = k/m$ belgilashga asosan tebranish davrining quyidagicha yozish mumkin:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (8)$$

4. Ishni bajarish tartibi

Prujinaning elastiklik koeffitsiyenti k ni aniqlash.

1. Prujinani shtativga mahkamlab uning l_0 uzunligi o'lchanadi.
2. Prujinaga mahkamlangan platformaga R yukni o'rnatib, prujinaning cho'zilgan uzunligi o'lchanadi. Har bir prujina uchun 50, 100, 150, 200 gr yuklar bilan o'lchashlar o'tkaziladi.
3. $\Delta l = l - l_0$ formula orqali prujinaning cho'zilgan kattaligi aniqlanadi va (2) tenglik yordamida elastiklik koeffitsiyenti k hisoblanadi.
4. O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

№ тажриба	P (кг)	l_0 (м)	L (м)	$\Delta l = l - l_0$ (м)	k (Н/м)	$\Delta k/k$ 100%
1						
2						
3						

SINOV SAVOLLARI.

1. Erkin va so'nuvchi tebranishlar deb nimaga aytiladi?
2. Elastiklik kuchi va elastiklik koeffitsiyentini qanday tushunasiz?
3. Tebranish davri, chastotasi va amplitudasiga ta'rif bering?
4. Tebranayotgan jismning potensial energiyasini yozing va tushuntiring?
5. Prujinali mayatnikning tebranish davri nimalarga bog'liq?
6. Prujinali mayatnik uchun tebranish $x(t)$ teglamasini yozing va tushuntiring.

LABORATORIYA ISHI №3

QATTIQ MODDANING SILJISH MODULINI VA AYLANAYOTGAN JISMLARNING INERTSIYA MOMENTLARINI BURALMA MAYATNIK YORDAMIDA ANIQLASH

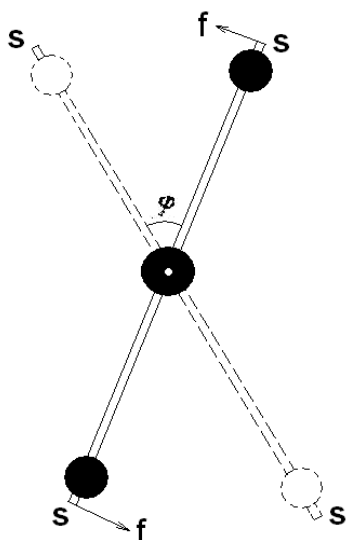
Ishning maqsadi: Siljish modulini buralma tebranish metodi bilan topish va jismlarni inertiya momentlarini buralma mayatnik yordamida aniqlash.

Kerakli asbob va uskunalar:

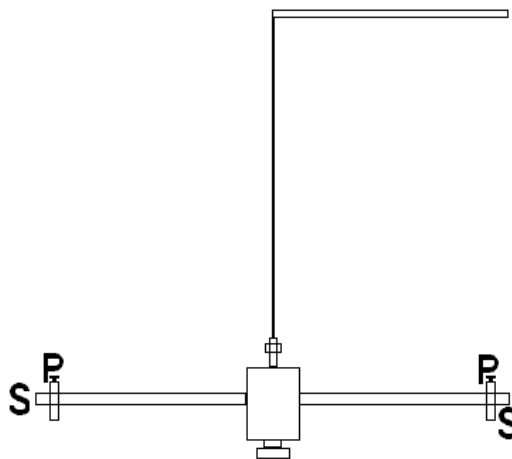
- | | |
|----------------------------|--------------------|
| 1) yukli buralma mayatnik; | 4) shtangensirkul |
| 2) sekundomer; | 5) mikrometr; |
| 3) masshtabli chizg'ich; | 6) richagli tarozi |

Kirish

Buralma mayatnik (1-rasm) buraladigan sim va uning pastki uchiga mahkamlangan θ og'ir silindr, simning yuqori uchini devorga mahkamlaydigan kronshteyn va θ silindr bilan birlashtirilgan sterjendan tashkil topgandir.



1-rasm.



2-rasm.

Sterjenga silindr shaklidagi qo'shimcha R yuklarni mahkamlash mumkin.

Mayatnik muvozanat holatda bo'lganda uning sterjeni biror $S S$ vaziyatni egallaydi (2-rasm). Agar sterjenga bir juft (f, f) kuch ta'sir qilsa, mayatnik biror φ burchakga burilib, yangi muvozanat $S S^1$ vaziyatni oladi, bu vaziyat buralma simda qarama –

qarshi ta'sir qiluvchi moment $M^1 = -\vec{M}$ ni keltirib chiqaruvchi elastik kuch xosil qiladi. Guk qonuniga asosan mayatnikning buralish burchagi $\varphi = kM^1$, bunda k – simning moddasiga bog'liq koeffitsiyenti. Shuning uchun, $M^1 = \frac{1}{k}\varphi = C\varphi$.

$C = \frac{1}{k}$ kattalik buralish doimiysi deyiladi.

S buralish doimiysi bilan sim materialining **N** siljish moduli orasida

$$N = \frac{2LC}{\pi r^4}$$

munosabati mavjuddir, bunda r – sim kesimining radiusi, L – simning uzunligi.

Agar $S'S'$ vaziyatda juft kuchning mayatnikga bo'lgan ta'sirini to'xtatib, uni o'z holda qo'yib yuborsak, buralgan simda hosil bo'lgan elastik kuch ta'sirida mayatnik quyidagi tebranish davri bilan tebranma harakat qiladi:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{C}},$$

Bunda **J** – mayatnikning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti, **C** – esa buralish doimiysi.

Mayatnikning inertsiya momenti **R** qo'shimcha yuklarning aylanish o'qiga nisbatan vaziyatga bog'liqdir. Agar **R** yuklarni mayatnik o'qidan oldin **R₁** masofaga, keyin **R₂** masofaga joylashtirsak, mayatnikning inertsiya momenti birinchi holda

$$J_1 = J_0 + 2i_0 + 2mR_1^2,$$

ikkinchi holda

$$J_2 = J_0 + 2i_0 + 2mR_2^2,$$

bo'ladi, bunda $i_0 - P$ yukning shu yuk og'irlik markazidan o'tuvchi va mayatnik o'qiga parallel bo'lgan o'qqa nisbatan inertsiya momenti, m – **R** yukning massasi, J_0 – 0 silindrning va **S S** sterjenning mayatnik o'qiga nisbatan inertsiya momenti.

Shuning uchun mayatnikning tebranish davri quyidagicha bo'ladi:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{J_0 + 2i_0 + 2mR_1^2}{C}},$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J_0 + 2i_0 + 2mR_2^2}{C}}.$$

Oxirgi tenglamalarni kvadratga ko'tarib, ikkinchisidan birinchisini ayirib, quyidagini olamiz:

$$C = \frac{8\pi^2 m(R_1^2 - R_2^2)}{T_1^2 - T_2^2}$$

Burama mayatnikning **T** davrini va buralish doimiysi **C** ni sim yasalgan materialining **N** siljish modulini bilgan holda, simga osilgan jismning inertsiya momentini topish mumkin. Aksincha, simga osilgan jismning inertsiya momenti bo'yicha **C** buralish doimiysini va sim

O'lchashlar

1 – mashq. Po'lat simning buralishi doimiysini va siljish modulini aniqlash.

Ikkita birxil **R** yuk (silindr) oling va ularni sterjenning uchlariga kiydiring. Sterjenni simning o'qi bilan ustma – ust tushgan o'q atrofida 30 – 50⁰ buring.

Sterjenni bo'shating va mayatnikning buralma tebranishiga imkon bering. Mayatnikning ellikta tebranish uchun ketgan t_1 vaqtni sekundometr yordamida o'lchang.

U vaqtda mayatnikning tebranish davri:

$$T = \frac{t_1}{50}.$$

mayatnik o'q bilan R yukning og'irlik markazi orasidagi R_1 masofani o'lchang.

Ikkala R yukni mayatnik o'qidan $R_2 < R_1$ masofaga joylashtiring, R_2 masofani o'lchang. Mayatnikni burama tebranishga keltirib, ellikta tebranishga ketgan t_1 vaqtni o'lchang. U vaqtda yukning yangi holatidagi mayatnikning tebranish davri:

$$T_2 = \frac{t_2}{50}.$$

simning S buralish doimiysini hisoblang. Mashtabli chizg'ich bilan simning L uzunligini o'lchang. Mikrometr bilan sim kesimining (bir qancha joyidan har xil yo'nalishda) r radiusini sinchiklab o'lchang. 8 – 10 o'lchashlarning o'rta arifmetik qiymatini toping. Simning N siljish modulini hisoblang.

2 – mashq. Silindrning inertsia momentni aniqlash.

S S sterjendan ikkala R yuk (silindrlar)ni oling. Yuksiz mayatnikning buralma tebranish T_0 davrini toping:

$$T_0 = \frac{t_3}{50}. \text{ (ellikta tebranishda)}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J_0}{C}}$$

bo'lgani uchun, T_1 va T_2 ning tenglamasidan quyidagilarni yozish mumkin:

$$J'_1 = i_0 + mR_1^2 = \frac{(T_1^2 - T_0^2)C}{8\pi^2},$$

$$J'_2 = i_0 + mR_2^2 = \frac{(T_2^2 - T_0^2)C}{8\pi^2}.$$

T_1 , T_2 , T_0 davrlarni va C buralish doimiysini bildirilgan holda, aylanish o'qidan R_1 va R_2 masofada aylanayotgan R silindrning J_1 va J_2 inertsia momentini hisoblang.

R silindrning r_1 radiusi va h balandligini o'lchang. R silindrni tarozida tortib, massasini aniqlang.

J_1 va J_2 ning tenglamalaridan foydalanib, R silindrning shu silindr og'irlik markazidan o'tuvchi, mayatnik o'qqa paralel bo'lgan o'qqa nisbatan, i_0 inertsia momentini toping va inertsia momentining haqiqiy qiymati uchun $i_0 = \frac{i_{01} + i_{02}}{2}$ ni qabul qiling.

Aylanish o'qidan R_k masofaga joylashtirilgan R silindrning J_R inertsia momentini quyidagi formulaga ko'ra hisoblang:

$$J_k^1 = i_0 + R_k^2,$$

$$i_0 = m \left(\frac{1}{4} r_1^2 + \frac{1}{12} h^2 \right) \text{ va } k=1,2.$$

R silindrning aylanma tebranish metodi va bevosita o'lchash bilan hosil qilingan J_k^1 va i_0 inertsia momentlarini taqqoslang.

O'lchash va hisoblash natijalarini quydagi jadvalga yozing:

N _o	t ₁	T ₁	R ₁	t ₂	T ₂	R ₂	C	L	r	N	t ₃	T ₀
1												
2												
3												
O'rtacha qiymat												

N _o	l_1'	J_2'	m	r ₁	h	i ₀₁	i ₀₂	i ₀	i ₀	$J_{1\text{naz}}'$	$J_{2\text{naz}}'$
1											
2											
3											
O'rtacha qiymat											

Tekshirish uchun savollar

1. Agar aylanma mayatnik osilgan sim marta qisqartirilsa, uning aylanma tebranishi qanday o'zgaradi?
2. S S sterjenning inertsia momentini qanday aniqlash mumkin bo'lar edi?
3. Nima uchun simning radiusini ayniqsa sinchiklab o'lchash kerak?
4. Inertsia momenti nima ?
5. Aylanma xarakatda Nyutonning 2 – qonuni nima bilan ifodalanadi?

LABORATORIYA ISHI № 4

OG'IR G'ILDIRAK (MAXOVIK)NING INERTSIYA MOMENTINI ANIQLASH

1. **Ishning maqsadi:** Ishqalanish kuchlari va inertsia momentiga oid olingan nazariy bilimlarni amalda qo'llash malakasini hosil qilish.
2. **Kerakli asboblari:** gorizontal o'qqa o'rnatilgan og'ir g'ildirak, yuklar, sekundomer, vertikal taxtaga yopishtirilgan millimetrli masshtab lineyka.

3. NAZARIY QISM.

Qo'zg'almas o'q atrofida aylana oladigan jismga uning aylanish o'qida yotmagan kuch ta'sir etsa, u aylanma harakatga keladi. Kuchning ta'sir etish vaqti ortishi bilan aylanayotgan jismning burchak tezligi ham ortib boradi. Ilgarilanma harakatdagi jism massasi uning inertligini ifodalasa, aylanma harakatdagi jismning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momentini inertlik o'lchovi deb qarash mumkin. Agar m massali A moddiy nuqta (1-rasm) OO_1 o'q atrofida aylanayotgan bo'lsa, uning inertsiya momenti jism massasining uning aylanish o'qigacha bo'lgan masofasi kvadratiga ko'paytirilganiga teng bo'ladi, ya'ni

$$I = m \cdot r^2$$

Qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan qattiq jismning aylanish o'qiga nisbatan inertsiya momenti uni tashkil qiluvchi moddiy nuqtalar inertsiya momentlarining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$I = \sum_{i=1}^n \Delta m_i \cdot r_i^2$$

bu tenglikda Δm_i - qattiq jism istalgan elementining massasi, r_i - Δm_i dan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa. Aylanma harakatdagi qattiq jism uchun dinamikaning ikkinchi qonuni quyidagicha yoziladi:

$$M = I \cdot \beta \quad (1)$$

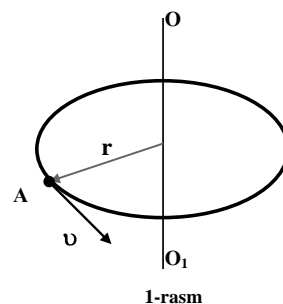
(1) tenglikka ko'ra qattiq jismni aylantiruvchi M kuch momenti jism I inertsiya momentining burchak tezlanish β ga ko'paytmasiga teng.

Aylanayotgan jismning inertsiya momentini aniqlash uchun energiyaning saqlanish qonunidan foydalaniladi. Agar m massali jism h_1 balandlikka ko'tarilsa, sistemaning to'liq energiyasi uning potentsial energiyasiga teng bo'ladi, ya'ni

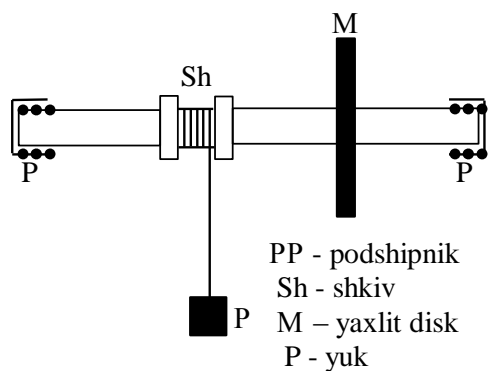
$$E_p = mgh_1 \quad (2)$$

Bu erda g - erkin tushish tezlanishi. Agar m massali jism og'ir g'ildirakning shkiviga o'ralgan ipga osib qo'yilsa, yuk pastga tusha boshlaganda, shkiv bilan birgalikda g'ildirakni ham aylanma harakatga keltiradi (2-rasm). Tushayotgan yukning kinetik energiyasi $E_k = \frac{mv^2}{2}$. Bu tenglikda v - yukning tushish tezligi. Shuningdek,

aylanma harakatga kelgan sistema ham $E_k = \frac{I \cdot \omega^2}{2}$ kinetik energiyaga ega bo'ladi. Bu tenglikda ω - sistemaning burchak tezligi. Sistemaning aylanma harakatida uning tayanch nuqtalari (podshipniklar) dagi ishqalanish kuchi f ni engish uchun



$$A = f \cdot h$$



ish bajariladi. Sistemaning potencial energiyasi shu sistemaning kinetik energiyasini orttirishga va ishqalanish kuchini engishga sarflanadi. Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra

$$mgh_1 = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} + f \cdot h_1 \quad (3)$$

(3) tenglik m massali yuk to'liq pastga tushgan hol uchun o'rinalidir. Yuk pastga tushgach o'z inertsiyasi bilan h_2 balandlikka ko'tariladi ($h_2 < h_1$). Bu balandlikda sistemaning potencial energiyasi

$$E'_n = mgh_2 \quad (4)$$

Sistema potencial energiyasining kamayishi $E_n - E'_n$ ishqalanish kuchining bajargan ishiga teng bo'ladi, ya'ni

$$mgh_1 - mgh_2 = f(h_1 + h_2) \quad (5)$$

(5) dan ishqalanish kuchini topamiz:

$$f = mg \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} \quad (6)$$

Endi (3) tenglikni o'zgartirib, inertsiya momentini aniqlaydigan ifodani topamiz. Yuk h_1 balandlikdan tushayotganda uning tezligi tekis tezlanuvchan bo'ladi. Bu tezlik $v = a \cdot t$ bo'lib, tenglikda t - yukning tushishi vaqti. Yuk bosib o'tgan yo'l

$$h_1 = \frac{at^2}{2}$$

U holda

$$v = \frac{2h_1}{t} \quad (7)$$

bo'ladi. Burchak tezlik

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (8)$$

(8) va (7) ifodalardan

$$\omega = \frac{2h_1}{rt^2} \quad (9)$$

bo'lib, bu erda r - shkiv radiusi. Endi (6), (7) va (9) tengliklarni (3) tenglikka qo'yib, hamda uni I ga nisbatan echsak,

$$I = mr^2 \left(gt^2 \frac{h_2}{h_1(1 + h_2)} - 1 \right) \quad (10)$$

ni hosil qilamiz.

4. Qurilmaning tuzilishi.

1. Inertsiya momentini va podshipniklardagi ishqalanish kuchini aniqlaydigan qurilma devorga o'rnatilgan yaxlit diskdan iborat bo'lib, diskning o'qi ikkita tayanch podshipniklarga o'rnatilgan. Disk o'qiga ip bog'langan bo'lib, ipga yuk solinadigan

palla ilingan(2-rasm). Pallaga yuk qo'yib va ipni o'qqa o'rab, yuqori holatdan qo'yib yuborilsa, yuk og'irlik kuchi ta'sirida pastga tusha boshlaydi va sistemani aylanma harakatga keltiradi. Yuk eng pastki holatga tushgach, yana o'zining inertsiyasi bilan qandaydir balandlikka ko'tariladi.

Ishni bajarish tartibi

1. Disk o'qining radiusi shtangencirkul yordamida o'lchanadi.
2. Pallaga m massali yuk qo'yiladi (yukka pallaning massasi ham qo'shiladi) va ipni o'qqa bir tekisda o'rab, palla yuqori holatga ko'tariladi.
3. Yuk qo'yib yuborilishi bilan sekundomer ishga tushiriladi. Yuk eng pastki holatga kelganda sekundomer to'xtatilib, h_1 balandlikni o'tish uchun ketgan vaqt t yozib olinadi.
4. Yuk eng pastki holatga tushgach, o'z inertsiyasi bilan yuqoriga ko'tariladi va bunda h_2 balandlik yozib olinadi.
5. Yuklar miqdorini orttirib, har bir qo'yilgan yuklar uchun tajribani 5.3, 5.4 - punktlar bo'yicha bajariladi va h_1 , h_2 , t kattaliklarning qiymatlari yozib olinadi.
6. m , h_1 , h_2 , t kattaliklarning tajribadan olingan qiymatlari jadvalga kiritiladi.
7. Har bir qo'yilgan yuk uchun (6) formuladan foydalanib, tayanchdagi ishqalanish kuchi f va (10) formuladan esa inertsiya momenti I hisoblanadi.

№	m , kg	h_1 , m	h_2 , m	t , c	F , H	ΔF	δ , %	I , $\text{kg}\cdot\text{m}^2$	ΔI	δ , %
1.										
2.										
3.										
4.										
O'rtacha qiymat	X	X	X	X			X			X

O'zlashtirish uchun savollar

1. Inersiya momenti deb nimaga aytiladi va u qanday birlikda o'lchanadi?
2. Aylanma harakat uchun dinamikaning ikkinchi qonunini tushuntiring.
3. (6) va (10) formulalar qanday qonunga asosan keltirib chiqarilgan?
4. Mayatnikning tayanchdagi ishqalanish kuchi qanday aniqlanadi?
5. Og'ir g'ildirakning inersiya momenti qanday aniqlanadi?
6. Ishning bajarilish tartibini aytib bering.

LABORATORIYA ISHI № 5

STERJENNING ELASTIKLIK (YUNG) MODULINI ANIQLASH

1. **Ishning maqsadi:** qattiq jismlar deformatsiyasiga doir nazariy bilimlarni amalda qo'llashni o'rganish.
2. **Kerakli asboblari:** elastiklik modulini aniqlaydigan qurilma, yuklar to'plami, indikator, shtangencirkul, masshtabli chizg'ich.

3. NAZARIY QISM

Tashqi kuchlar ta'sirida qattiq jism zarralarining nisbiy joylashuvidagi har qanday o'zgarishga *deformatsiya* deyiladi. Deformatsiyalangan jismning ichida kattaligi deformatsiyalovchi kuchga teng bo'lgan aks ta'sir kuchi vujudga keladi. Bu kuchga *elastiklik kuchi* deyiladi. Elastiklik kuchlari jism zarralari orasidagi o'zaro ta'sir natijasida yuzaga keladi. Jismlarning bir necha turdagi deformatsiyasi mavjud: *cho'zilish, siljish, buralish, egilish*.

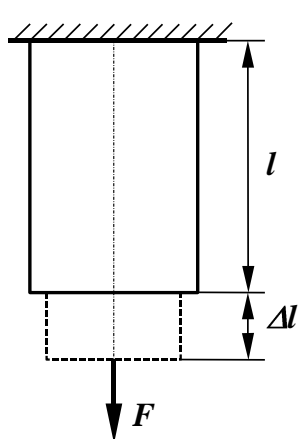
Deformatsiyaning har bir turi o'ziga xos elastiklik kuchini hosil qiladi. Har qanday turdagi deformatsiyada yuzaga keladigan F' elastiklik kuchi Δx deformatsiya (siljish) ga proporcional bo'ladi:

$$F = -k \cdot \Delta x \quad (1)$$

bu erda k - proporcionallik koeffitsiyenti. (1) tenglik *Guk qonunini* ifodalaydi.

Quyida deformatsiya turlaridan cho'zilish va egilishni qisqacha ko'rib chiqaylik.

a) cho'zilishdagi deformatsiya. Sterjenning bir tomoni mahkamlangan bo'lib, ikkinchi uchiga F' kuch ta'sir etayotgan bo'lsin. Sterjenning dastlabki uzunligi l bo'lsin. F' kuch ta'sirida sterjen uzunligi Δl ga ortadi (1-rasm). $\frac{\Delta l}{l}$ nisbatga *nisbiy deformatsiya* deyiladi va u ε (epsilon) harfi bilan belgilanadi, ya'ni



1-rasm

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

$\frac{F}{S}$ nisbatga kuchlanish deyiladi va u σ (sigma) harfi bilan belgilanadi, ya'ni

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (3)$$

bu erda S - sterjen yuzasi. O'lchashlar ko'rsatadiki, elastiklik chegarasida nisbiy deformatsiya kuchlanishga to'g'ri proporcionaldir, ya'ni

$$\varepsilon = \alpha \sigma \quad \text{yoki} \quad \frac{\Delta l}{l} = \alpha \frac{F}{S} \quad (4)$$

(4) tenglikda α - elastiklik koeffitsiyenti bo'lib, unga teskari bo'lgan kattalikka *Yung moduli* deyiladi, ya'ni

$$E = \frac{1}{\alpha} \quad (5)$$

(4) tenglikni hisobga olib, (5) tenglikni quyidagicha yozamiz :

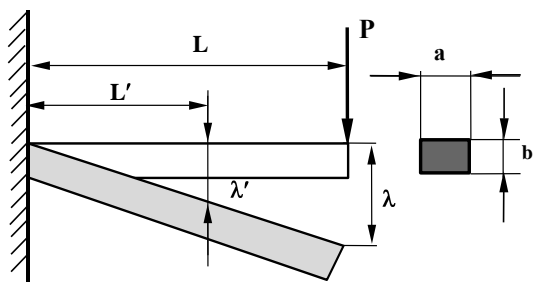
$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (6)$$

bu tenglikka ko'ra elastik deformatsiyalarda kuchlanish nisbiy deformatsiyaga to'g'ri proporcionaldir. Agar $\varepsilon=1$ bo'lsa,

$$\sigma = E \quad (7)$$

bo'ladi. (7) ga ko'ra *Yung moduli son jihatdan nisbiy deformatsiya bir birlikka teng bo'lishi uchun kerak bo'ladigan kuchlanishga teng* ekan.

b) egilishdagi deformatsiya. Agar elastik sterjenning bir uchini mahkamlab, uning ikkinchi uchiga R yuk qo'yilsa, sterjen egilish deformatsiyasiga uchraydi (2-rasm). Ravshanki, bunday deformatsiyada sterjenning ustki qatlamlari cho'ziladi, ostki qatlamlari esa siqiladi. Neytral deb ataluvchi o'rtadagi sirt qatlamning uzunligi o'zgarmaydi, u faqat salgini egiladi. *Sterjen erkin uchining siljishi λ egilish strelasi deyiladi.* R qancha katta bo'lsa, λ ham shuncha katta bo'ladi. Bundan tashqari λ sterjenning o'lchamlariga hamda uning elastiklik moduliga bog'liq bo'ladi. Egilish strelasi λ ni hisoblab topish uchun uzunligi L , qalinligi b va eni a bo'lgan to'g'ri burchakli sterjendan foydalanish mumkin. Bir uchi qattiq mahkamlangan va erkin uchida R yuki bo'lgan sterjenning egilish strelasi quyidag formuladan topiladi:



2-rasm

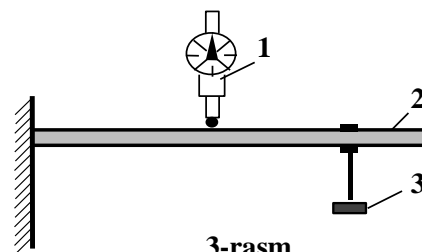
$$\lambda = \frac{4\pi \cdot L^3}{Eab^3} \quad (8)$$

Oxirgi tenglikdan po'lat sterjenning elastiklik moduli E ni topamiz:

$$E = \frac{4\pi L^3}{\lambda ab^3} \quad (9)$$

4. Ish bajarish tartibi

1. Qurilmadagi bir uchi mahkamlangan po'lat sterjenning qalinligi b va eni a millimetr hisobida shtangenkirkul yordamida o'lchanadi.
2. Yuk qo'iladigan palla 3 sterjen 1 ning tayanch nuqtasidan biror L masofaga joylashtiriladi (3-rasm).
3. Indikator sterjen 1 ning tayanch nuqtasidan biror L' masofaga joylashtirilib, indikator strelkasi 0 holatga keltiriladi.
4. Sterjenning R yuk qo'yilgan uchining egilish strelasi (2-rasm) $\lambda = \lambda' \frac{L}{L'}$ munosabatdan topiladi. Bu tenglikda λ' pallaga R yuk qo'yilgandagi indikatorning ko'rsatishi.
5. Tajribadan topilgan L, a, b, P, λ kattaliklarning qiymatlarini (9) formulaga qo'yib, po'lat sterjen uchun elastiklik moduli E ning qiymati hisoblanadi.
6. Yuklarni orttira borib, har bir ortgan yuk uchun E ning qiymatlari hisoblanadi va uning o'rtacha qiymati topiladi.
7. Yuk va indikatorni sterjenning turli nuqtalariga qo'yib, tajriba birnecha marta takrorlanadi va E ning o'rtacha qiymati topiladi.
8. Olingan natijalar quyidagi jadvalga kiritiladi:



3-rasm

No	P, kg	a, mm	L, mm	λ , mm	E, kg/mm ²	ΔE	δ , %
1.							
2.							
3.							
O'rtacha qiymat	X	X	X	X			X

5. O'zlashtirish uchun savollar

1. Deformatsiya deb nimaga aytiladi?
2. Guk qonuni qanday taoriflanadi?
3. Elastiklik koeffisienti va Yung modulining fizik maonolarini ayting.
4. Egilish strelasi deb nimaga aytiladi?
5. Po'lat sterjenning elastiklik moduli qanday ifodalanadi?
6. Ishning bajarish tartbini aytib bering.

LABORATORIYA ISHI № 6

OBERBEK MAYATNIGINING INERTSIYA MOMENTINI ANIQLASH

1. Ishning maqsadi: aylanma harakat dinamikasiga oid egallangan bilimlarni amaliyotda qo'llash malakasini hosil qilish.

2. Kerakli asboblar: Oberbek mayatnigi, lektromagnit, elektrosekundomer, yuklar to'plami, shtangensirkul, vertikal ustunga o'rnatilgan masshtabli chizg'ich.

2. NAZARIY QISM

Aylanma harakat uchun jismning inertsiya momentini dinamikaning ikkinchi qonuniga asosan topish mumkin, ya'ni:

$$I = \frac{M}{\beta} \quad (1)$$

bu erda M - aylantiruvchi moment, β - jismning burchak tezlanishi. (1) tenglikdan ko'rinadiki, aylanma harakatdagi jismning inertsiya momentini aniqlash uchun jismga ta'sir etuvchi aylantiruvchi kuch momentini va jismning burchak tezlanishini bilish kifoya.

Oberbek mayatnigi o'qli shkivga o'rnatilgan krestovinadan iborat. Sterjenlarga o'qdan bir xil masofada joylashgan yuklar mahkamlangan (1-rasm). Aylantiruvchi

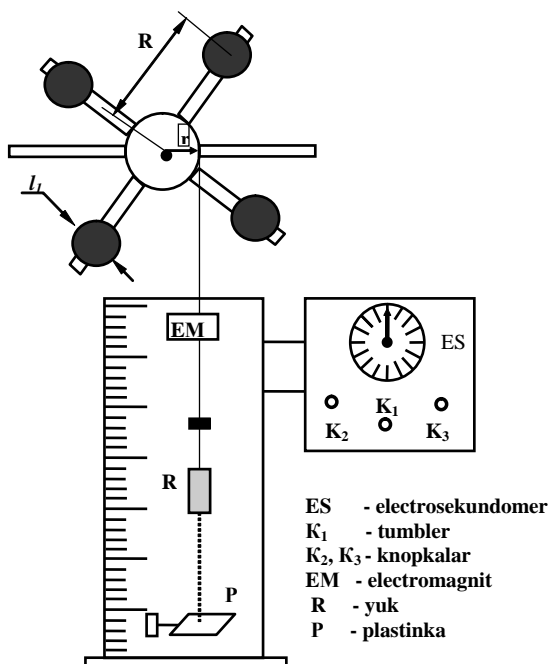
moment va burchak tezlanishini bevosita o'lchash qiyin bo'lganligidan, bu kattaliklarni quyidagicha aniqlash mumkin: eksperimental qurilmadagi elektromagnitdan tok uzilsa, ipga osilgan yuk h balandlikdan tusha boshlaydi. Agar yuk bu balandlikdan t vaqtda tushsa, R yuk

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

yo'lni o'tadi. Bu erda shkiv gardishining tezlanishi. Ma'lumki, burchakli tezlanish bilan chiziqli tezlanish quyidagicha bog'langan:

$$\beta = \frac{a}{r} \quad (3)$$

bu tenglikda r - shkiv radiusi. (2) va (3) formulalardan



$$\beta = \frac{2h}{rt^2} \quad (4)$$

tenglikni topamiz. Shkivga ta'sir etayotgan kuch ipning taranglik kuchiga teng bo'ladi:

$$F = mg - ma$$

bu tenglikda m - ipga osilgan yukning massasi. U holda mayatnikni aylantiruvchi kuch momenti

$$M = Fr = m(g - a)r \quad (5)$$

bo'ladi. Chiziqli tezlanish a ning qiymatini (2) tenglikdan topib, (5) ga qo'yamiz va

$$M = m \left(g - \frac{2h}{t^2} \right) r \quad (6)$$

tenglikni hosil qilamiz.

(4) va (5) tengliklarni hisobga olgan holda (1) ni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$M = \frac{m \left(g - \frac{2h}{t^2} \right) r^2 t^2}{2h} \quad (7)$$

bu erda I - Oberbek mayatnigining inertsia momenti, h - yukning tushishi balandligi, t - yukning tushish vaqti.

Oberbek mayatnigining inertsia momentini yana quyidagicha aniqlash mumkin:

$$I = I_0 + I_1 \quad (8)$$

bu erda I_0 - krestovinaning inertsia momenti, I_1 - yukning inertsia momenti. Krestovinaning inertsia momenti quyidagi tenglikdan topiladi:

$$I_0 = 4 \cdot \frac{1}{3} m_0 l_0^2 \quad (9)$$

bu erda m_0 - bitta sterjenning massasi, l_0 - bitta sterjenning uzunligi. m_1 massali yuklar yaxlit bo'lganligidan, yuklarning aylanish o'qiga nisbatan inertsia momenti Shteyner teoremasiga asosan

$$I_1 = 4 \cdot \frac{1}{2} m_1 l_1^2 + 4m_0 R_1^2 \quad (10)$$

ga teng bo'ladi. Bunda m_1 - bir dona yukning massasi, l_1 - yukning radiusi, R_1 - aylanish o'qidan yuk markazigacha bo'lgan masofa. (9) va (10) tengliklarni (8) ga qo'yib, Oberbek mayatnigining to'la inertsia momenti uchun quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$I = \frac{4}{3} m_0 l_0^2 + 2m_1 (l_1^2 + 2R_1^2) \quad (11)$$

(11) dan foydalanib mayatnikning inertsia momentini hisoblashda quyidagi kattaliklar e'tiborga olinadi:

$$m_1 = 0,1725 \text{ kg}, l_1 = 0,0225 \text{ m}, m_0 = 0,0588 \text{ kg}, l_0 = 0,133 \text{ m}, R_1 = 0,1105 \text{ m}.$$

4. Ish bajarish taritibi

1. Shtangencirkul bilan shkivning radiusi r o'lchanadi.
2. Pallaga qo'yilgan yukning massasi m_1 pallaning massasi m_2 bilan ($m = m_1 + m_2$) qo'shib hisoblanadi.

3. Qurilmaning elektromagniti (EM) elektr tarmog'iga K_1 kalit yordamida ulanadi (rasmga qarang).
4. Shkivga ip o'raladi. Bunda elektromagnit yukni tutib qoladi. Yukning yuqori holati bilan vertikal ustunchaga o'rnatilgan pastki plastinka P oralig'i h o'lchanadi.
5. Elektrosekundomerning K_2 va K_3 knopkalari bir vaqtda bosib turiladi. Bunda yuk elektromagnitdan ajralib tusha boshlaydi. R yuk plastinka P ga kelib urilganda sekundomer elektr tarmoqdan uziladi va to'xtaydi. Sekundomerdan yukning h masofani o'tish uchun sarflagan t vaqti yozib olinadi.
6. Tajriba turli massali yuklar uchun takrorlanadi. Olingan qiymatlar SI sistemasida ifodalaniib, (7) formulaga qo'yiladi va Oberbek mayatnigining inertsiya momenti hisoblab topiladi.
7. (11) formula yordamida topilgan qiymat bilan (7) formula yordamida hisoblangan inertsiya momentining o'rtacha qiymati solishtiriladi.
8. Olingan natijalar quyidagi jadvalga kiritiladi:

№	r, m	m, kg	h, m	t, s	I, $\text{kg}\cdot\text{m}^2$	ΔI	$\delta, \%$	m_0, kg	$l_0, \text{kg}\cdot\text{m}^2$	l_1, m	R_1, m	I, $\text{kg}\cdot\text{m}^2$
1.												
2.												
3.												
o'rtacha qiymat												

O'zlashtirish uchun savollar

1. Moddiy nuqtaning inersiya momenti deb nimaga aytiladi va u qanday birliklarda o'lchanadi ?
2. Aylanma harakatdagi jismning inersiya momentini dinamikaning ikkinchi qonuniga asosan topish mumkinmi?
3. Yuklarni krestovinadan olmay turib krestovinaning inersiya momentini qanday o'lchash mumkin ?
4. Shteyner teoremasini taoriflang va uni tushuntirib bering.
5. Ishni bajarish tartibini aytib bering.

LABORATORIYA ISHI № 7

BURAMA TEBRANISH USULI BILAN TURLI JISMLARNING INERTSIYA MOMENTLARINI ANIQLASH

- 1. Ishning maqsadi:** Aylanma harakat dinamikasiga oid egallangan nazariy bilimlarni amalda qo'llash malakasini hosil qilish
- 2. Kerakli asboblari:** trifilyar osgich, tekshiriluvchi jismlar, sekundomer, chizg'ich, tarozi va toshlar.

3. NAZARIY MA'LUMOT

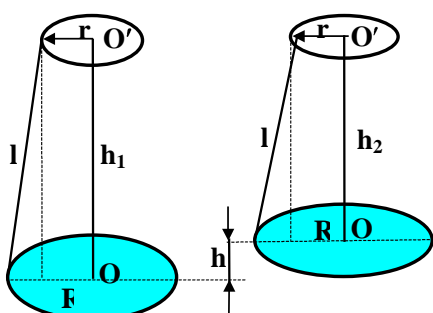
Jismning og'irlik markazi orqali o'tuvchi aylanish o'qiga nisbatan davriy tebranuvchi sistema garmonik burama tebranma harakat qiladi. Bunday tebranishlarda jismning muvozanat holatidan chetlanishi sinus yoki kosinus qonuni bo'yicha o'zgaradi.

Turli jismlarning inertsiya momentlarini burama tebranish uslubi bilan trifilyar osgich deb ataluvchi qurilma yordamida aniqlash mumkin.

Trifilyar osgich R radiusli m massaga ega bo'lgan diskdan iborat. Bu disk bir-biriga simmetrik joylashtirilgan iplar orqali radiusi r bo'lgan diskka osilgan (1-rasm). Agar r radiusli disk biror α_0 burchakka burilsa, ip egilib, pastki R radiusli disk biror h balandlikka ko'tariladi va tebranma harakatga keladi.

Aytaylik, r radiusli disk ichki biror α_0 burchakka burilganda pastki disk $h=h_1-h_2$ balandlikka ko'tarilsin. Tebranma harakatga kelgan pastki diskning bu holatdagi potentsial energiyasi: $\Delta E_n = m_0gh$ bo'ladi. Pastki disk muvozanat holatiga qaytayotganda uning potentsial energiyasi aylanma harakatidagi kinetik energiyasiga aylanadi, ya'ni

potentsial energiyasi aylanma harakatidagi kinetik energiyasiga aylanadi, ya'ni



1-rasm

$$E_k = \frac{I\omega^2}{2} \quad (1)$$

Disk muvozanat holatdan o'tayotganda uning kinetik energiyasi eng katta qiymatga erishadi. Ishqalanishni hisobga olmagan holda quyidagini yozish mumkin:

$$m_0gh = \frac{I\omega_{\max}^2}{2} \quad (2)$$

Diskning burchak tezligi

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi\alpha_0}{T} \cdot \cos \frac{2\pi}{T} \cdot t$$

Ma'lumki,

$$\omega_{\max} = \frac{2\pi\alpha_0}{T} \quad (3)$$

Diskning ko'tarilish balandligi

$$h = h_1 - h_2 = \frac{h_1^2 - h_2^2}{h_1 + h_2} = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2l} \quad (4)$$

1-rasmdan ko'rinadiki, $h_1^2 = l^2 - (R-r)^2$ va $h_2^2 = l^2 - (AB)^2 = l^2 - (R^2 + r^2 - 2R \cdot r \cdot \cos \alpha_0)$. bu ifodalarni (4) tenglikka qo'yib, diskning ko'tarilish balandligini topamiz:

$$h = \frac{2R \cdot r (-\cos \alpha_0)}{2l} = \frac{4R \cdot r \cdot \sin^2 \frac{\alpha_0}{2}}{2l}$$

Buralish burchagi α_0 ning kichikligini e'tiborga olib, $\sin^2 \frac{\alpha_0}{2} = \alpha_0^2$ deb yozish mumkin.

U holda

$$h = \frac{2R \cdot r \cdot \alpha_0^2}{l} \quad (5)$$

(3) va (5) ifodalarni (2) tenglikka qo'yib, inertsiya momenti ifodasini topamiz.

$$I_0 = \frac{m_0 g R r}{\pi^2 l} \cdot T^2 \quad (6)$$

$$I_1 = \frac{m g R r}{\pi^2 l} \cdot T^2 \quad (7)$$

4. Ish bajarish tartibi

1. Disk osilgan ipning uzunligi l , katta va kichik disklar radiusi R va r katta disk massasi m_0 o'lchanadi.
2. Pastki diskni 20-30 marta to'liq tebranishi uchun ketgan vaqt sekundomer yordamida o'lchanadi.
3. Pastki diskning to'liq bir marta tebranishi uchun ketgan davr aniqlanadi. $T = \frac{t}{n}$,
bu erda n - tebranishlar soni, t - tebranishlar uchun ketgan vaqt.
4. Topilgan l , R , r , m_0 va T kattaliklarning qiymatlari (6) formulaga qo'yilib, diskning inertsiya momenti I_0 aniqlanadi.
5. Pastki disk ustiga inertsiya momenti aniqlanadigan turli shakldagi har xil massali jismlarni navbat bilan qo'yilib, har bir ish uchun 2.2. va 2.3. ish bajarish tartibi bo'yicha tajriba o'tkaziladi. Qo'yilgan jism massasi m_1 , disk massasi m_0 bo'lsa, umumiy massa $m = m_0 + m_1$ bo'ladi.
6. Topilgan qiymatlar (7) ifodaga qo'yilib, jismlarning inertsiya momentlari I_1 topiladi.
7. Jismning inertsiya momenti (6) va (7) ifodalar yordamida topilgan qiymatlar e'tiborga olinib, $I = I_1 - I_0$ formula yordamida hisoblanadi.
8. Hisoblab topilgan qiymatlar jadvalga kiritiladi.

Izoh. Hisob - kitob ishlari bajarilayotganda trifilyar osma uchun quyidag kattaliklar e'tiborga olinadi: $L=30 \text{ sm}$, $R=12 \text{ sm}$, $r=9 \text{ sm}$, $m_0=0,321 \text{ kg}$

T.r	m_0 , kg	n	t, s	T, s	I_0 , $\text{kg}\cdot\text{m}^2$	m_2 , kg	n	t, s	T, s	I_1 , $\text{kg}\cdot\text{m}^2$	I, $\text{kg}\cdot\text{m}^2$	ΔI	$\delta, \%$
1.													
2.													
3.													
O'rtacha qiymat													

O'zlashtirish uchun savollar

1. Inersiya momenti deb nimaga aytiladi?
2. Burama tebranishni fizik mayatnik tebranishdan qanday farqi bor.
3. Trifilyar osgich qanday kuch taosirida tebranma harakat qiladi?
4. Ishchi formulani keltirib chiqaring.
5. Jismning inersiya momenti qanday aniqlanadi?
6. Ish bajarish tartibini aytib bering.

LABORATORIYA ISHI №8.

TOVUSHNING HAVODAGI TARQALISH TEZLIGINI INTERFERENSIYA USULI BILAN ANIQLASH.

1. Ishni bajarishdan maqsad: tajriba yordamida tovushning havodagi tarqalish tezligini interferensiya usuli bilan aniqlash.

2. kerakli asbob va uskunalar: tovush generatori , kvenke asbobi , telefon naushnigi , tok manbai.

3. NAZARIY MA'LUMOT

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

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

Ko'rinishda yozish mumkin edi. Bu yerda A-tebranish amplitudasi, ω -siklik chastota , α -tebranishlarning boshlang'ich fazasi (kupuncha soddalik uchun $\alpha = 0$

deb olinar edi) $\tau = \frac{x}{v}$ - maydondan tarqalayotgan tovushni X masofaga kechikib

yetib borish vaqti. v- tovush to'lqining tezligi.

Yassi monoxromatik (bitta chastotali) tovush to'lqinining tenglamasini

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

Shaklida ham ifodalash mumkin. Bu yerda

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

va

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

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

$$\mathcal{G} = \frac{\lambda}{T} = \lambda * \nu \quad (5)$$

Demak ,berilgan chastotadagi tovush tulqinini uzunligini amalda aniqlab uning tezligini topish mumkin ekan. Havoda va boshqa elastik muhitlarda juda katta chastota deapozoniida elastik tulqinlar hosil bo'ladi. Lekin biz 17 Gs dan 20 KGs

gacha boʻlgan tulqinlar – tovushlarini eshitamiz. Chastotasi 17 Gs dan kichik boʻlgan infra tovushlarni , 20 KGs dan katta boʻlgan ultra tovushlarni inson eshita olmaydi. Inson 2 KGs dan 5 KGs gacha chastotalar intrvaldagi tovush tulqinlarini yaxshi eshitadi. Shu sababli tajriba shu chastotadagi yassi yuguruvchi tovush tulqinlarining interfrensiyasidan foydalanamiz.

Ikkita chastotalari (tulqin uzunliklari) bir xil va fazalar farqi vaqt boʻyicha uzgarmaydigan tulqinlar – kogerent toʻlqinlarning bir-biri bilan uchrashib kuchayishi yoki susayishiga interfrensiya deyiladi.

Faraz qilaylik , bitta tulqin manbadan uchrashish nuqtasiga yetib borguncha x_1 masofani bosib oʻtsin. Uning bu nuqtadagi toʻlqin tenglamasi quyidagi koʻrinishda boʻladi:

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

Ikkinchi toʻlqin esa x_2 masofani bosib oʻtsin. U holda uning toʻlqin tenglamasi

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

koʻrinishda boʻladi. Sodda uchun boshlangʻich faza $\alpha = 0$ va tovush energiyasi shu tarqalish sohasida yoʻqolmaydi deb faraz qilamiz. Yaʼni $A_1 = A_2 = A$. u holda

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ va $g * T = \lambda$ ekanligini hisobga olib (6) va (7) tenglamalarni quyidagi

koʻrinishlarda 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 toʻlqinlari qoʻshilib bir-birini qoplagan sohada tebranishlar ustma-ust tushadi, interfrensiya roʻy beradi. Natijada baʼzi joylarda tebranish kuchayadi baʼzi joylarda esa susayadi. Shu nuqtaga yetib kelgan ikkita bir xil chastotali tebranishlarning yigʻindisidan iborat yaʼni

$$y = y_1 + y_2 = A_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (9)$$

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. Koʻrilayotgan 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 tulqinlarning fazalar farqi $\Delta\varphi = 2n\pi$ (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 tebrabnish maksimumga erishadi. Agar qo`shiluvchi tovush to`lqinlarinig fazalar farqi $\Delta\varphi = (2n+1)\pi$ bo`lsa u hlda yo`lar farqi

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

Ya`ni , toq yarim uzunliklariga teng bo`lsa natijaviy tebranishlar minimum bo`ladi. Bu yerda n=0,1,2,3.. butun sonlar ekanligini yodda tutish lozim .

Shunday qilib tovush to`lqinlarining (har qanday to`lqinning) interfrnsiyasi ularning amplitudasi va bir xil bo`lgan chastota qiymatlariga bog`liq bo`lmay faqat to`lqinlarning manbadan ularning uchrashish nuqtasiga bo`lgan yullar farqiga bog`liq ekan. Ana shu tamoyildan foydalanilgan holda , mazkur ishda tulqinning interfrnsiyasini hosil qilib undan uning havoda tarqalish tezligini aniqlaymiz.

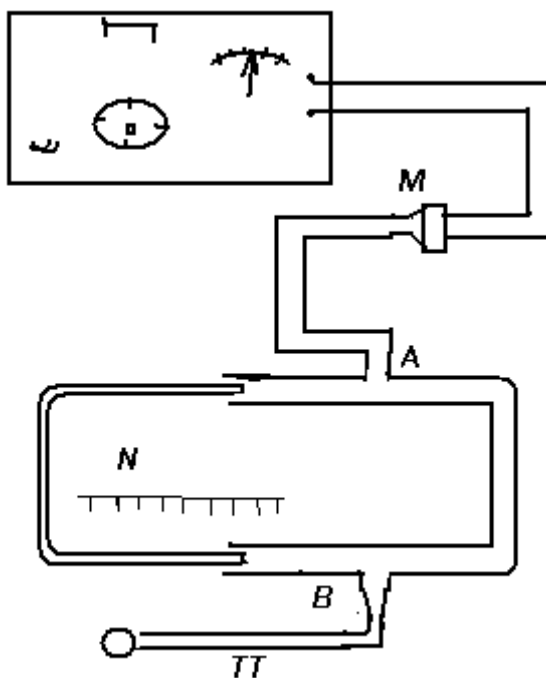
USULNING NAZARIYASI VA EKSPREMENTAL QURILMA

Tovush to`lqining havoda tarqalish tezligini aniqlash uchun uning chastotasi va to`lqin uzunligini bilishimiz kerak. Bu usulda tovush chastotasi tovush generatorining tanlangan shkalasidan olinadi. To`lqin uzunligi esa interfrnsiya usuli bilan, ya`ni interfrnsiyalovchi to`lqinlarning yo`llar farqidan aniqlanadi. Tovush tebranishlarining manbai sifatida tovush generatoriga ulangan telefon naushnigi qo`llaniladi. U tovush chastotasidagi elektr tebranishlarni mexanik tebranishlarga ya`ni tovushga aylantirib beradi. Tovush tebranishlari rzina nay orqali kvinke asbobiga yuboriladi. Asbobning sxematik ko`rinishi 1-rasmda ko`rsatilgan.

Kvinke asbobining birining ichiga ikkinchisi kiradigan ikkita U simon naydan iborat. Ulardan biri harakatsizbo`lib asbob korpusiga mahkamlangan ikkinchisi esa deyarli ishqalanishsiz ining ichiga 20-30 sm kiradi. Uning harakati K dastak yordamida amalga oshiriladi va vaziyati asbob korpusiga mahkamlangan lineyka shkalasidan aniqlanadi. Telefon naushnigi tovush manbaining (M) o`lchami naylarning diametridan katta bo`lgani uchun yassi tovush to`lqini hosil qilinadi va u nayning A nuqtasiga uzatiladi. Bu nuqtada tovush to`lqini ikkiga ajraladi. Bir qismi o`ng tomonga birinchi nay orqali ikkinchi qismi chap tomonga harakat qilib ikkinchi nay orqali B nuqtaga yetib keladi. Bu nuqta to`grisida B naycha ulangan bo`lib unga TT-tovush trubkasi qo`shilayotgan tovush to`lqinlarining intensivligi kuzatiladi. Qo`shiluvchi ikkala tovush to`lqini bitta manbadan chiqqanligi uchun ular kogerentdir.

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 dstak yordamida ikkinchi U simon naychani birinchi naychaga kirita borganda to`lqinlarining 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 M shkaladan aniqlanadi va bu yo'llar farqi $\Delta d = d_2 - d_1 = \lambda$ ga teng bo'ladi.



1-rasm

Sababi birinchi holda to'lqinlarning yo'l farqi $d_1 = n\lambda$ (maksimum sharti) ikkinchi holda $d_2 = (n+1)\lambda$ ga teng bo'ladi. Ikkinchi tomondan K dastak 1 masofaga siljiydi. Yo'llar farqi $2l$ ga teng bo'lgani uchun $d_2 - d_1 = 2l = \lambda$ bo'ladi. Bundan $\lambda = 2l$ ga teng ekan. Tovush generatorida tanlangan ν chastota va l ning qiymatini bilgan holda tovush to'lqining havodagi tezligi quyidagi ifoda bo'yicha topiladi.

$$g = \lambda * \nu = 2lv \quad (14)$$

4. Ish bajarish tartibi

1. Tovush tarmoqqa ulanadi va undan olinadigan tovush tebranishlarining chastotasi tanlanadi (odatda 2000-2500Gs)
2. Tovush trubkasi TT ni quloqqa tutib tovush generatorining amplituda qulog'ini burab sistemada yetarli darajada amplitudali tovush to'lqin hosil qilinadi.
3. Qo'zg'atuvchi 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 I M shkaladan yozib olinadi.
4. K dastak yordamida qo'zg'aluvchan nayni siljita borib navbatdagi maksimum (minimum) tovush eshitiladigan I vaziyatlar yozib olinadi.
5. K dastak yordamida qo'zg'aluvchan nayni oldinga siljitib M shkaladan shu tajriba o'tkazilayotgan ν chastotasi uchun mos keluvchi tovush maksimum (minimum) bo'lgan I vaziyatlar qaytadan aniqlanadi va yozib olinadi natijalar hisobot jadvaliga yoziladi.

6. O'lchashlar kamida ya'ni 3 ta chastota uchun bajariladi va natijalar hisobot javaliga yoziladi.
7. Har bir ν_n ($n=1,2,3,\dots$) chastotalar ucun tovush to'liqini λ_n va tezligi \mathcal{G}_n ning qiymatlari hamda o'rta qiymatlari aniqlanadi.
8. Tovush tulqinini tezligini o'rtacha qiymati $\langle \mathcal{G} \rangle$ va uning absolyut xatoligining o'rtacha qiymati $\langle \Delta \mathcal{G} \rangle$ aniqlanadi va hisobot jadvaliga yoziladi.
9. Tovush tezligini aniqlashning nisbiy xatoligi $\varepsilon = \frac{\Delta \bar{\mathcal{G}}}{\bar{\mathcal{G}}} * 100\%$ topiladi.
10. Tajriba natijasida $\mathcal{G} = \bar{\mathcal{G}} + \Delta \bar{\mathcal{G}}$ ko'rinishga keltiriladi.

HISOBOT JADVALI

ν_n	Max (min) tartibi	$L_1 \ l_1''$	$l_i = \frac{l_i'' + l_i''}{2}$	$l_i q \Delta d$ i	λ_n	\mathcal{G}_n	$\langle \mathcal{G} \rangle$	$\langle \Delta \mathcal{G} \rangle$	$\varepsilon = \frac{\Delta \bar{\mathcal{G}}}{\bar{\mathcal{G}}}$
V_1	1								
	2								
	3								
V_2	1								

NAZORAT SAVOLLARI.

1. Yassi to'liqin deb nimaga aytiladi?
2. Kogerent to'liqin deb nimaga aytiladi?
3. Kvinke asbobiga hosil qilingan to'liqin qanday (bo'ylamako'ndalang yoki sferik) to'liqin?
4. To'liqin interfrensiyasi deb nimaga aytiladi? Unda maksimum va minimum bo'lish shartini tushuntiring?
5. Ikkita kogerent to'liqin 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?

LABORATORIYA ISHI № 9

SUYUQLIKNING SIRT TARANGLIK KOEFFICIENTINI TOMCHI USUL YORDAMIDA ANIQLASH

1. Ishning maqsadi: suyuqlikning xossalriga oid olingan bilimlarni amaliyotda qo'llashni o'rganish.

2. Kerakli asboblari: *ikkita shtativga mahkamlangan jumrakli byuretkalar, suyuqliklarni tomizish uchun stakanchalar.*

3. NAZARIY QISM

Molekulyar-kinetik nazariyaga asosan suyuqlik molekulalari bir-biriga ancha yaqin joylashgan bo'lib, har bir molekula boshqa molekulalar bilan o'rab olingan bo'ladi. Shuning uchun molekulalarning o'zaro ta'sir kuchlari katta bo'ladi. Agar suyuqlikning sirti biror ixtiyoriy chiziq bo'ylab kesilsa, u holda chiziqning ikki tomonidagi molekulalarning o'zaro tortishish kuchlari parda chegarasining uzunligiga to'g'ri proporcional bo'ladi, ya'ni

$$F = \alpha \cdot l \quad (1)$$

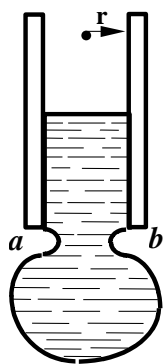
Bu tenglikda F - suyuqlik sirtini taranglab turuvchi kuch, α - suyuqlikning sirt taranglik koefficienti.

Suyuqlikning sirt taranglik koefficienti son jihatdan sirt pardasi chegarasining uzunlik birligiga qo'yilgan kuchga teng bo'ladi va bu koefficient SI sistemasida N/m da o'lchanadi. Suyuqliklarning sirt taranglik koefficienti temperatura ortishi bilan kamayadi. α ning temperaturaga bog'liqligi quyidagi formula yordamida ifodalanadi:

$$\alpha = \alpha_0 - k t \quad (2)$$

bunda α_0 - 0°C dagi suyuqlikning sirt taranglik koefficienti, k - sirt taranglikning temperatura koefficienti, t - Celsiy shkalasi bo'yicha olingan temperatura.

Tomchining kattaligi va og'irligi doimiy qiymatga ega bo'lmaydi. Bu bir necha



1-rasm

holatlarga bog'liqdir. Suyuqlik ingichka naychadan sekin oqib chiqayotganda, naycha og'zida hosil bo'luvchi sirt pardasi suyuqlikning oqib chiqishiga qarshilik ko'rsatadi. Ammo yuqorida joylashgan qatlamlarning bosimi ostida parda cho'ziladi va suyuqlik naycha uchida tomchi hosil qiladi (1-rasm).

Asta-sekin yig'ilayotgan suyuqliklarning og'irligi biror vaqtdan so'ng tomchini tutib turgan sirt taranglik kuchidan ortib ketadi va tomchi uziladi. Uzilishdan oldin naycha uchida tomchining ab bo'yinchasi hosil bo'ladi va tomchi ana shu joydan uziladi. Sirt parda uziladigan konturning uzunligi $2\pi r$ ga teng.

Bunda r - tomchining radiusi. Bo'yincha konturining uzunlik birligiga yuqoriga tomon yo'nalgan α ga teng kuch ta'sir qiladi. Konturning butun uzunligi bo'ylab ta'sir qiladigan tortish kuchi $2\pi r\alpha$ bo'lib, uzilish oldidan bu kuch tomchining og'irlik kuchiga tenglashadi:

$$P = 2\pi r\alpha \quad (3)$$

Amalda bir dona tomchining emas, balki n dona tomchining massasi m tarozida tortilib, so'ngra bitta tomchining og'irligi

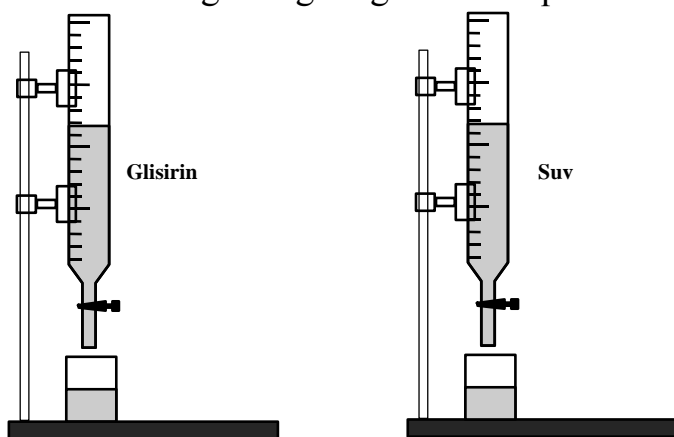
$$P = \frac{mg}{n} \quad (3a)$$

formula yordamida aniqlanadi. (3) va (3a) ifodalarning o'zaro tengligi $2\pi r\alpha = \frac{mg}{n}$ dan suyuqlikning sirt taranglik koefficienti uchun

$$\alpha = \frac{mg}{2\pi r n} \quad (4)$$

formula kelib chiqadi. (4) tenglikdagi tomchi radiusi r ni aniqlash murakkab bo'lganligi uchun uni o'lchamasdan, tomchi usuli bilan suyuqlikning sirt taranglik koefficienti α ni aniqlash mumkin. Buning uchun byuretkalarga teng hajmdagi ikki xil suyuqlik quyiladi (2-rasm).

Tomchilarning og'irligini aniqlash o'rniga byuretkalarga quyilgan



2-rasm

suyuqliklardagi tomchilar soni sanaladi. Agar suyuqliklardan birining sirt taranglik koefficienti aniq bo'lsa, u holda (4) formulaga asosan

1- suyuqlik uchun

$$\alpha_1 = \frac{m_1 g}{2\pi r n_1} = \frac{V \rho_1 g}{2\pi r n_1} \quad (5)$$

2-suyuqlik uchun

$$\alpha_2 = \frac{m_2 g}{2\pi r n_2} = \frac{V \rho_2 g}{2\pi r n_2} \quad (6)$$

deb yozish mumkin. Bu tengliklarda n_1, n_2 - tomchilar soni, ρ_1, ρ_2 - byuretkaga quyilgan suyuqliklarning zichliklari.

(5) tenglikni (6) tenglikka bo'lib, quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{n_2 \cdot \rho_1}{n_1 \cdot \rho_2},$$

bundan izlanayotgan suyuqlikning sirt taranglik koefficienti α_1 ning qiymati

$$\alpha_1 = \alpha_2 \frac{n_2 \rho_1}{n_1 \rho_2} \quad (7)$$

ifoda yordamida aniqlanadi. α_2, ρ_1, ρ_2 larning qiymatlari jadvaldan olinadi. n_1 va n_2 lar tajribada aniqlanadi.

4. Ish bajarish tartibi

1. Byuretkalarga (ulardan biriga sirt taranglik koefficienti noma'lum bo'lgan glicerini, ikkinchisiga esa sirt taranglik koefficienti α_2 ma'lum bo'lgan suv quyilgan) quyilgan har bir suyuqlikdan teng hajmlar belgilab (byuretkalarga belgi sifatida bog'langan ip yoki byuretkalardagi shkalalardan foydalanib) olinadi.

2. Belgilab olingan teng (bir xil) hajmdagi suyuqliklar byuretka jumragi ochilib (jumrakni shunday ochish kerakki, undan tomayotgan tomchilarni sanash oson bo'lsin) tomiziladi va tomchilar soni n_1 , n_2 lar aniqlanadi.
3. Topilgan qiymatlarni (7) formulaga qo'yib, α_1 aniqlanadi.
4. Tajriba 3-5 marta takrorlanib (har safar tanlab olingan hajmlarni o'zgartirib), α_1 ning o'rtacha qiymati hisoblanadi
5. Tajribada olingan natijalar quyidagi jadvalga kiritiladi:

HISOBOT JADVALI

№	n ₁	n ₂	α ₁ ,N/m	Δα ₁	δ,%
1.					
2.					
3.					
o'rtacha qiymat	X	X			X

O'zlashtirish uchun savollar.

1. Sirt taranglik kuchi qanday yo'nalgan bo'ladi ?
2. Sirt taranglik koeffisienti topish formulasini keltirib chiqarig?
3. Suyuqlikning sirt taranglik koeffisienti deb nimaga aytiladi va u qanday birliklarda o'lchanadi?
4. Sirt taranglik koeffisienti temperaturaga bog'liqmi, agar bog'liq bo'lsa u qanday formula bilan ifodalanadi?
5. Tomchining hosil bo'lishini va uning uzilib tushishini tushuntiring.
6. Tajriba nima uchun 3 va 5 marta takrorlanadi ?
7. Ishning bajarish tartibini aytib bering.

L A B O R A T O R I Y A I S H I № 10

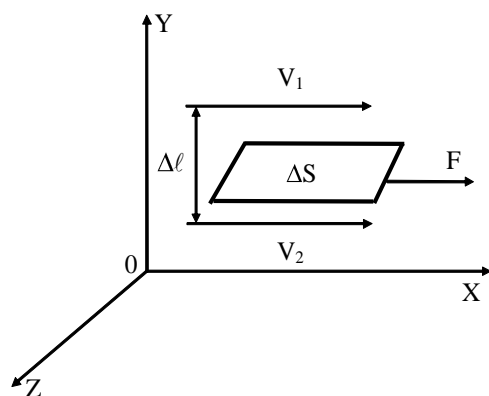
SUYUQLIKNING ICHKI ISHQALANISH KOEFFICIENTINI STOKS USULI BILAN ANIQLASH

- 1. Ishning maqsadi:** Suyuqliklarda paydo bo'ladigan ichki ishqalanish kuchlari to'g'risida olingan nazariy bilimlarni amalda qo'llashni o'rganish.
- 2. Kerakli asboblari:** *Tekshiriladigan suyuqlik quyilgan cilindrsimon shisha idish, po'lat sharchalar, mikrometr, masshtabli chizg'ich va sekundomer.*

3. NAZARIY QISM

Har qanday suyuqlikning bir qatlami ikkinchi qatlamiga nisbatan harakatlenganda ular orasida ishqalanish kuchlari hosil bo'ladi. Sekinroq harakat qilayotgan qatlamga tezroq harakat qilayotgan qatlam tezlashtiruvchi kuch bilan ta'sir etsa, aksincha sekinroq harakat qilayotgan qatlam tomonidan tezroq harakat qilayotgan qatlamga sekinlashtiruvchi kuch bilan ta'sir etadi. Bu kuch o'zaro harakatlanuvchi suyuqlik qatlamining sirtiga urinma ravishda yo'nalgan bo'ladi.

Tajribalar ishqalanish kuchi tekshirilayotgan qatlamlar yuzasiga va qatlam orasida tezlikning qanchalik tez o'zgarishiga bog'liq ekanini ko'rsatadi.



1-rasm

Bir-biridan $\Delta\ell$ masofada bo'lgan ikki qatlam mos ravishda v_1 va v_2 tezliklar bilan oqayotgan bo'lsa (1-rasm), tezliklar farqi $\Delta v = v_1 - v_2$ bo'ladi.

Qatlamlar orasidagi masofa oqish tezligiga tik yo'nalishda olinadi. Bir qatlamdan ikkinchi qatlamga o'tganda tezlikning qanchalik tez o'zgarishini ko'rsatuvchi kattalik

$$N_v = \frac{\Delta v}{\Delta z}$$

ga *tezlik gradienti* deyiladi.

Demak, tezlik gradienti oqish tezligiga tik yo'nalishda birlik qatlamda tezlikning o'zgarishiga teng ekan. Gradient tezlikning ortish yo'nalishida olinadi. Nyuton qonuniga asosan F ichki ishqalanish kuchi N_v tezlik gradienti va ishqalanuvchi qatlam yuzasi ΔS ga to'g'ri proporcional, ya'ni

$$F = -\eta \Delta S N_v \quad (1)$$

Suyuqlikning xususiyatiga bog'liq bo'lgan kattalik η ga *suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsienti* yoki *yopishqoqlik koeffitsienti* deyiladi.

(1) formuladan

$$\eta = \frac{|F|}{\Delta S \cdot N_v} \quad (2)$$

bo'ladi, bunda $\Delta S = 1$ va $N_v = 1$ desak, $\eta = F$ bo'ladi. Demak, *ichki ishqalanish koeffitsienti qiymat jihatdan tezlik gradienti bir birlikka teng bo'lganda birlik yuzada hosil bo'lgan ichki ishqalanish kuchiga teng* bo'lar ekan. Ichki ishqalanish koeffitsientining birligi qilib SGS sistemasida **Puaz** qabul qilingan. 1 Puaz tezlik gradienti sm/s bo'lganda 1sm^2 yuzaga 1 dina kuch bilan ta'sir eta oladigan suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsienti qabul qilingan.

$$1 \text{Puaz} = 1 \frac{\text{dina} \cdot \text{s}}{\text{sm}^2}$$

SI sistemasida ichki ishqalanish koeffitsienti $\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$ da o'lchanadi.

$$1 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = 10 \text{Puaz}.$$

Suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsienti suyuqlik tabiatiga bog'liq bo'lib, temperatura ortishi bilan kamayadi.

Bu ishda ichki ishqalanish koeffitsienti Stoks usuli bilan, ya'ni suyuqlik ichida pastga tomon harakatlanuvchi sharchani kuzatish bilan aniqlanadi. Sharchaning hamma tomoni suyuqlikka tekkan holda (atrofida havo pufakchalari bo'lmasdan) uyurma hosil qilmasdan erkin tushayotgan bo'lsin. U holda sharchaga quyidagi uchta kuch ta'sir etadi:

1. Og'irlik kuchi.

$$P = mg = V_{sh} \rho \cdot g = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \rho \cdot g \quad (3)$$

bu erda r - sharcha radiusi, ρ - sharchaning zichligi, g - erkin tushish tezlanishi.

2. **Itarish kuchi** Arximed qonuniga asosan sharcha siqib chiqargan suyuqlik og'irligiga teng bo'ladi:

$$F_A = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_1 \cdot g \quad (4)$$

bunda ρ_1 - suyuqlik zichligi.

3. **Sharcha harakatiga qarshilik kuchi** suyuqlikning ichki ishqalanishi tufayli vujudga keladi. Stoks qonuniga asosan bu kuch

$$F = -6\pi\eta vr \quad (5)$$

Jism yopishqoq muhit ichida harakat qilganida qarshilik vujudga keladi. Suyuqlikning jismga bevosita tegib turgan qatlami uning sirtiga yopishib oladi va u bilan birga harakatlanadi. Bu qatlam o'z harakatini qo'shni qatlamga beradi. Sharcha

kichik bo'lsa, bu qatlamlar uyurmasiz bir tekisda harakat qiladi. Sharchaga ta'sir qiluvchi kuchlar bir to'g'ri chiziq bo'ylab, ya'ni og'irlik kuchi pastga qarab, suyuqlikning ko'tarish kuchi va qarshilik kuchlari yuqoriga qarab yo'naladi (2-rasm). Bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi

$$R = P - (F + F_A) \quad (6)$$

ifoda yordamida aniqlanadi. Sharchaning tushish tezligi ortishi bilan Stoks formulasiga asosan unga proporcional ravishda suyuqlikning qarshilik kuchi ham ortib boradi. Sharchaning tezligi ma'lum bir qiymatga etganda kuchlarning teng ta'sir etuvchisi nolga ($R=0$) teng bo'lganda, ya'ni

$$P - (F + F_A) = 0 \quad (7)$$

bo'lib, sharcha o'z inerciyasi bilan tekis harakat qila boshlaydi.

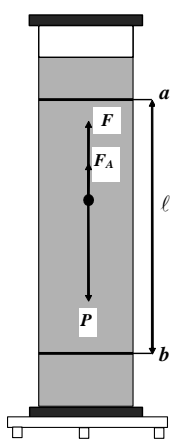
(3),(4) va (5) lardan R , F , F_A larning qiymatini (7) tenglikka qo'yib, ichki ishqalanish koeffitsienti η aniqlanadi:

$$\eta = \frac{2}{9} (\rho - \rho_1) \frac{gr^2}{v} = \frac{1}{18} (\rho - \rho_1) \frac{gd^2}{v} \quad (8)$$

Bu erda d - sharchaning diametri.

Sharcha suyuqlikda l masofani t vaqtda bosib o'tsa, uning harakat tezligi $v = \frac{l}{t}$

bo'ladi, bu ifodani (8) ga qo'ysak,



2-rasm

$$\eta = \frac{(\rho_2 - \rho_1)gd^2t}{18l} \quad (9)$$

bo'ladi.

4. Asbobning tuzilishi.

Asbob, ichiga tekshiriladigan suyuqlik quyilgan shisha cilindrdan iborat bo'lib, unga bir-biridan l masofada gorizontol xalqasimon belgilar qo'yiladi (1-rasmga qarang).

Cilindr vertikal taxtaga mahkamlangan. Yuqori belgi suyuqlik sathidan 5 -7 sm pastroqda bo'lishi kerak. Shu belgidan boshlab sharcha tekis harakat qila boshlaydi. Ishni bajarishda po'latdan yasalgan juda kichik o'lchamdagi sharchalar ishlatiladi.

5. Ish bajarish tartibi.

1. Sharchaning diametri mikrometr yoki shtangencirkulyordamida 0,01 mm aniqlikkacha o'lchab, suyuqlikka tashlanadi (bunda sharchani mumkin qadar cilindr o'qiga yaqin tashlash kerak).

2. Sharcha yuqori belgi to'g'risidan o'tayotganda sekundomer ishga tushiriladi, pastki belgiga etganda esa sekundomer to'xtatiladi va belgilar orasidagi l masofani o'tish uchun ketgan vaqt aniqlanadi.

3. Chizg'ich yordamida belgilar orasidagi l masofa o'lchanadi. Shunday usul bilan tajribani l masofani o'zgartirib, bir necha sharcha bilan takrorlab bajariladi.

4. Formula (9) yordamida η aniqlanadi. O'lchash va hisoblash natijalari jadvalga yoziladi.

HISOBOT JADVALI

№	l , m	d , m	t , s	η , kg/(m·s)	$\Delta\eta$	δ , %
1.						
2.						
3.						
O'rtacha qiymat	X	X	X			X

O'zlashtirish uchun savollar.

1. Ichki ishqalanish koeffisienti qiymat jihatidan nimaga teng va u qanday birlikda o'lchanadi?
2. Tezlik gradienti deb nimaga aytiladi va u qanday ifodalanadi?
3. Ichki ishqalanish kuchining hosil bo'lish sababini tushuntiring. Uning qiymati nimalarga bog'liq?
4. Yopishqoq suyuqlikda harakatlanuvchi jismga qanday kuchlar taosir etadi?
5. Sharchaning tekis harakati boshlanish shartini yozib bering.
6. Ishni bajarish tartibini tushuntiring.

LABORATORIYA ISHI № 11

QATTIQ JISMLARNING SOLISHTIRMA ISSIQLIK SIG'IMI VA SISTEMA UCHUN ENTROPIYA O'ZGARISHINI ANIQLASH

1. Ishning maqsadi: oddiy kalorimetr yordamida qattiq jismning solishtirma issiqlik sig'imi va sistema uchun entropiya o'zgarishini aniqlash.

2. Kerakli asbob va materiallar: kalorimetr, ikkita termometr, tekshiriladigan qattiq jismlar, issiqlik manbai, suv qaynatgich, texnik tarozi va uning toshlari.

3. NAZARIY QISM

Qattiq jismning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlashda aralashtirish usulidan foydalaniladi. Faraz qilaylik, solishtirma issiqlik sig'imi c bo'lgan m massali qattiq jism T temperaturagacha qizdirilib, suvli kalorimetrga botirilsin. Kalorimetrdagi suvning massasi m_1 , solishtirma issiqlik sig'imi c_1 , temperaturasi T_0 bo'lib, kalorimetrning massasi m_2 , solishtirma issiqlik sig'imi c_2 va temperaturasi T_0 bo'lsin. Bu vaqtda qattiq jismning temperaturasi pasayib, kalorimetr va undagi suvning temperaturasi ko'tariladi. Ma'lum vaqtdan so'ng bu temperaturalar T_1 ga teng bo'lib qoladi. Bu vaqtda qattiq jismning o'zidan chiqargan issiqlik miqdori

$$Q = cm(T - T_1) \quad (1)$$

kalorimetrdagi suv qabul qilgan issiqlik miqdori

$$Q_1 = c_1 m_1 (T_1 - T_0) \quad (2)$$

va kalorimetr qabul qilgan issiqlik miqdori

$$Q_2 = c_2 m_2 (T_1 - T_0) \quad (3)$$

ga teng bo'ladi.

Qattiq jism chiqargan issiqlik miqdori kalorimetr bilan undagi suvni isitishga sarflanadi va bu hol uchun issiqlik balans tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (4)$$

(1), (2), (3) larni e'tiborga olib, (4) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$mc(T - T_1) = m_1 c_1 (T_1 - T_0) + m_2 c_2 (T_1 - T_0) \quad (5)$$

(5) tenglikdan qattiq jismning solishtirma issiqlik sig'imi:

$$c = \frac{(m_1 c_1 + m_2 c_2) (T_1 - T_0)}{m (T - T_1)} \quad (6)$$

bo'ladi.

Agar qizdirilgan jismning suvli kalorimetrga tushirishdan oldingi holatidan kalorimetrdagi suvga tushirilgandan keyingi temperaturaviy muvozanat holatiga o'tishidagi entropiya o'zgarishini ΔS_1 desak,

$$\Delta S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{dT} = \int_T^{T_1} \frac{cmdT}{T} = cm \ln \frac{T_1}{T} \quad (7)$$

ifoda yordamida aniqlanadi.

Sistemani tashkil etuvchi bu aralashmada issiqlik muvozanati o'rnatilgan holati uchun kalorimetr va kalorimetrdagi suv entropiyasining o'zgarishi (7) ga o'xshash tarzda hisoblanib, kalorimetr uchun:

$$\Delta s_2 = c_2 m_2 \ln \frac{T_1}{T_0}$$

va kalorimetrdagi suv va aralashtirgich uchun:

$$\Delta s_3 = c_1 m_1 \ln \frac{T_1}{T_0}$$

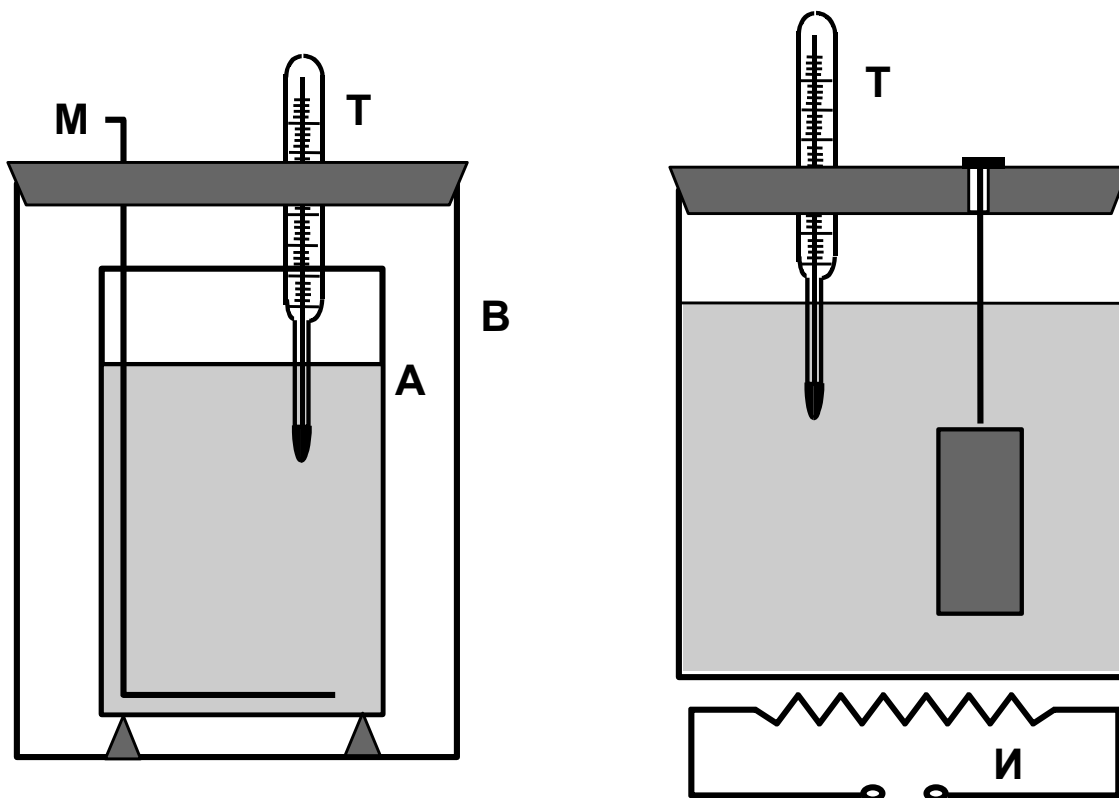
Butun sistema entropiyasining o'zgarishi quyidagicha:

$$\Delta s = (n_1 c_1 + m_2 c_2) \ln \frac{T_1}{T_0} + cm \ln \frac{T_1}{T}$$

yoki

$$\Delta s = 2,3 \left[(n_1 c_1 + m_2 c_2) \lg \frac{T_1}{T_0} + cm \lg \frac{T_1}{T} \right] \quad (8)$$

ifoda yordamida hisoblanadi.



1-rasm

2-rasm

Jismlarning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash uchun ko'pincha kalorimetrdan foydalaniladi (1-rasm). Kalorimetr silindrik A metall idishdan iborat bo'lib, xajmi kattaroq bo'lgan xuddi shunday V idishning ichiga issiqlikni yomon o'tkazadigan tagliklar (probka, yog'och va shunga o'xshash materiallardan tayyorlangan) ustiga joylashtiriladi. Idish devorlari orasidagi havo ham issiqlikni yomon o'tkazadi. Tekshiriladigan jismni isitish uchun alohida idish ishlatiladi (2-rasm). Bu idishga suv solib, tekshiriladigan jism ipga bog'lab suvga tushiriladi. Suv

isitgich I yordamida qaynatiladi. Uning temperaturasi T termometr yordamida o'lchanadi.

4. Ish bajarish tartibi

1. Qattiq jismning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlash uchun avval uning massasi m tarozida o'lchab olinadi.
2. Jismni isitish uchun uni ipga bog'lab, suv qaynatgichga joylashtiriladi. Tekshiriladigan jism va termometr suv qaynatgichga joylashtirilgandan so'ng elektr plitkasiga qo'yib isitiladi. Suv qaynagach, uning temperaturasi T yozib olinadi.
3. Kalorimetr va aralashtirgichning birgalikdagi massasi m_2 tarozida tortib olinadi.
4. Kalorimetrning $2/3$ qismigacha sovuq suv quyiladi. So'ngra kalorimetrning suv va aralashtirgich bilan birgalikdagi massasi m_3 tarozida yordamida aniqlanadi. U holda suvning massasi $m_1 = m_3 - m_2$ bo'ladi. Shundan so'ng suvli kalorimetr (aralashtirgich bilan birga) tashqi idish ichiga joylashtiriladi.
5. Kalorimetr ichidagi sovuq suvning temperaturasi o'lchab olinadi. Tekshirilayotgan jism ehtiyotlik bilan qaynayotgan suv ichidan olinib, sovuq suvli kalorimetr ichiga solinadi.
6. Aralashtirgich yordamida suvni aralashtirib, kalorimetr ichidagi suv temperaturasining ko'tarilishi kuzatiladi. Temperatura avval ko'tarilib, keyin tusha boshlaydi. Bu jarayonda aralashmaning eng yuqori temperaturasi T_1 yozib olinadi. Bu tajriba yana ikki marta takrorlanib, olingan natijalar asosida (6) tenglik yordamida qattiq jismning solishtirma issiqlik sig'imi s va (8) yordamida sistema entropiyasining o'zgarishi ΔS hisoblab topiladi.
7. Olingan natijalar asosida c va ΔS larning o'rtacha qiymatlari, absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi. Natijalar quyidagi jadvalga yozib qo'yiladi:

No	m_1 , kg	m_2 , kg	m_3 , kg	T_0 , K	T_1 , K	T_2 , K	C_1 , j/kg·K	C_2 , j/kg·K	C , j/kg·K	$\overline{\Delta C}$, j/kg·K	\overline{c} , j/kg·K	δ , %	ΔS , J/K	$\overline{\Delta S}$, J/K	$\overline{\Delta}(\Delta S)$, J/K	δ , %
1.																
2.																
3.																
4.																

O'zlashtirish uchun savollar

1. Issiqlik sig'imi, solishtirma va molyar issiqlik sig'implari nima?
2. Qattiq jismlardagi issiqlik harakati nimadan iborat?
3. Qattiq jismlarning issiqlik sig'imi. Dyulong va Pti qonunini bayon eting.
4. Qattiq jismlar issiqlik sig'imiga oid klassik va kvant nazariyalarning bir-biridan farqi nimada?
5. Issiqlik sig'imini o'lchash usullari va kalorimetrning tuzilishini tushuntiring.
6. Issiqlik miqdori va issiqlikning balans tenglamalarini yozing va tushuntiring.
7. Entropiya nima? Sistema entropiyasining o'zgarishini qanday hisoblash mumkin?

LABORATORIYA I S H I № 12

GAZ SOLISHTIRMA ISSIQLIK SIG'IMLARINING NISBATI C_p/C_v NI KLEMAN-DEZORM METODI BILAN ANIQLASH

1. Ishning maqsadi: gazlarning solishtirma issiqlik sig'imiga oid olingan bilimlarni amaliyotda qo'llashni o'rganish.

2. Kerakli asboblari: *Kleman-Dezorm asbobi, manometr, havo haydaydigan nasos.*

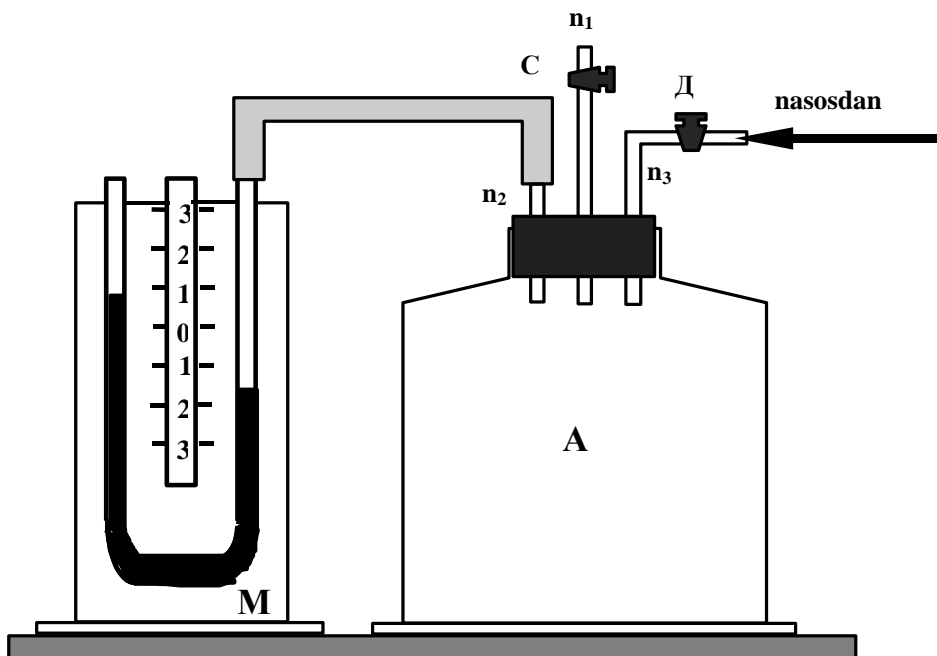
3. NAZARIY QISM

Gazlarning o'zgarmas bosimdagi solishtirma issiqlik sig'imi (C_p) ning o'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik sig'imi (C_v) ga nisbatini adiabatik jarayonlarda aniqlash mumkin.

Gaz massa birligining temperaturasini 1°C ga ortirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdoriga son jihatdan teng bo'lgan kattalikka *gazlarning solishtirma issiqlik sig'imi* deyiladi. Gazlar uchun bu kattalik isitish sharoitiga bog'liq. Isitishni o'zgarmas bosimda yoki o'zgarmas hajmda bajarish mumkin. Lekin (C_p) hamma vaqt (C_v) dan katta bo'ladi, chunki gazlarni o'zgarmas hajmda isitish uchun berilgan issiqlik miqdori faqat gazlarning ichki energiyasi ($C_v\Delta T$) ni ortirish uchun sarf bo'ladi. Gazlarni o'zgarmas bosimda isitish uchun esa, berilgan issiqlik faqat gazning ichki energiyasini orttirishga sarf bo'lmay, balki hajm kengayishida bajarilgan ishga ham sarf bo'ladi. Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, bu ish gaz doimiysiga teng, ya'ni

$$C_p = C_v + R$$

bo'lib, bu erda R - universal gaz doimiysi.



1-rasm

Gazlar solishtirma issiqlik sig'imlarining nisbati C_p/C_v ni tajriba yo'li bilan aniqlash mumkin. Buning uchun A shisha idishning og'zi uch joyidan teshilgan va bu teshiklari orqali n_1 , n_2 va n_3 naychalar o'tkazilgan rezina tiqin bilan berkitilgan (1-

rasm). n_1 va n_3 naychalarning jumragi bor. n_2 naycha A idish bilan manometrni ulaydi. n_3 naycha esa porshenli nasosga ulangan. S jumrak ochilsa, idish ichidagi bosim atmosfera bosimi bilan tenglashadi. Agarda C jumrakni berkitgandan so'ng idishning ichiga nasos bilan bir oz havo haydalsa, idishning ichidagi bosim oshadi, ammo idish ichidagi bosim juda tez (qisqa vaqt ichida) oshirilsa, manometrik ustuncha M o'zining qat'iy vaziyatiga birdaniga kela qolmaydi, chunki bunda havo adiabatik ravishda qisiladi. Binobarin, bunda gazning temperaturasi ko'tariladi. Manometrda sathlarning farqi (Δh) idish ichidagi havoning temperaturasi, idish devorlarining issiqlik o'tkazuvchanligi tufayli atrofdagi havoning temperaturasiga tenglashgandagina aniq bir qiymatga erishadi. Atrofdagi havoning absolyut temperaturasini T_1 bilan, idish ichidagi gazning bosimini P_1 bilan belgilaymiz. U holda

$$P_1 = P_0 + h_1 \quad (1)$$

bo'ladi, bunda P_0 - atmosfera bosimi.

Gazning bu holatini T_1 va P_1 parametrlar xarakterlaydi (I-holat).

Agar C jumrak tez ochilsa, u holda idish ichidagi havoning bosimi P_0 bosimga tenglashguncha adiabatik ravishda kengayadi. Bunda havo T_2 temperaturagacha soviydi. Bu holat gazning ikkinchi (II holat T_2, P_0) holatidir. Agar C jumrak qisqa vaqtga ochib yopilsa, u holda idish ichidagi bosim osha boshlaydi. Idishning ichidagi bosimning oshuviga kengaygandagi sovigan gazning qaytadan isishi sabab bo'ladi. Idish ichidagi havoning temperaturasi tashqi (T_1) temperatura bilan tenglashganda bosimning oshuvi to'xtaydi. Bu gazning uchinchi holati (III holat T_1, P_2) bo'ladi.

Idish ichidagi havoning shu paytdagi bosimini P_2 , manometrning shu bosimga mos ko'rsatishini h_2 desak, u holda

$$P_2 = P_0 + h_2 \quad (2)$$

bo'ladi.

Gazning II holatdan uchinchi III holatga hajmini o'zgartirmasdan o'tish jarayoniga Gey-Lyussak qonuni tadbiiq etilsa,

$$P_2 / T_1 = P_1 / T_2 \quad (3)$$

bo'ladi.

Gazning I holatdan II holatga o'tishi adiabatik kengayish bo'lganligi uchun bu jarayonga Puasson qonunini tadbiiq etish mumkin:

$$P^{\gamma-1} / T_1^\gamma = P_0^{\gamma-1} / T_2^\gamma \quad (4)$$

Bu erda $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ - gazning adiabata ko'rsatkichi deyiladi.

Bu tenglamaga P ning (I) tenglamadan topilgan qiymatini qo'yib va hadlarning o'rnini almashtirib, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\left(\frac{P_0 + h_1}{P_0} \right)^{\gamma-1} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^\gamma \quad \text{yoki} \quad 1 + \left(-1 \right) \frac{h_1}{P_0} = 1 + \gamma \frac{T_1 - T_2}{T_2} \quad (6)$$

Bundan

$$P_0 \frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \cdot h_1 \quad (7)$$

ekanligi kelib chiqadi.

Tenglamaning chap tomonida turgan ifoda h_2 ga teng. Haqiqatan ham P_2 ning (2) tenglamadan topilgan qiymatini (3) tenglamaga qo'yib, undan h_2 ni topsak,

$$h_2 = p_0 \frac{T_1 - T_2}{T_2} \quad (8)$$

bo'ladi. (8) ni (7) qo'ysak,

$$h_2 = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \cdot h_1$$

bundan gaz solishtirma issiqlik sig'irlarining nisbati, ya'ni gazning adiabat ko'rsatkichi

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (9)$$

formula yordamida aniqlanadi.

4. Ish bajarish tartibi

1. S jumrak tajriba boshlanishidan oldin ochib qo'yiladi.
2. D jumrakni ochib, C jumrak esa berkitiladi, so'ng A shisha idishga nasos bilan ohista havo haydaladi. Manometr naylaridagi suyuqlik ustunlarining farqi (sathlar ayirmasi) 6-8 sm ga etganda, D jumrak berkitiladi. Idish ichidagi havoning bosimi barqarorlashgach, manometr naychalaridagi suyuqlik ustunlarining farqi h_1 topiladi.
3. C jumrak tez ochilib, A idish ichidagi havo bir lahzada tashqariga chiqariladi va o'sha zahotiyiq C jumrak qaytadan berkitiladi. Idish ichidagi bosim barqarorlashgach, manometr naychalaridagi suyuqlik ustunchalarining farqi h_2 topiladi. Har gal h_1 ni boshqa qiymatlarda olib, tajriba 10-12 marta takrorlanadi. (9) formulaga h_1 va h_2 ning ayrim kuzatishlardan olingan qiymatlarini qo'yib, γ va uning o'rtacha arifmetik qiymati $\gamma_{o'rt}$ topiladi.
4. Tajribadan olingan natijalar quyidagi jadvalga yoziladi va nisbiy xatolik δ ning qiymati hisoblanadi:

№	h_1, m	h_2, m	γ	$\Delta\gamma$	$\delta, \%$
1.					
2.					
3.					
o'rtacha qiymat	X	X			X

O'zlashtirish uchun savollar.

1. Nima uchun issiqlik sig'imi isitish usuli bilan isitish sharoitiga bog'liq ?
2. Nima uchun bosim o'zgarmas bo'lgandagi solishtirma issiqlik sig'imi (C_p) dan hajm o'zgarmas bo'lgandagi solishtirma issiqlik sig'imi (C_v) katta bo'ladi ?
3. Adiabatik jarayon deb qanday jarayonga aytiladi ?
4. Adiabatik jarayonda gazning ichki energiyasi qanday o'zgaradi ?
5. Adiabatik jaroayonda gazning temperaturasi qanday o'zgaradi ?
6. Solishtirma issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi ?
7. Ishni bajarish tartibini aytib bering.

LABORATORIYA I S H I № 13

YASHIRIN BUG'LANISH ISSIQLIGINI ANIQLASH.

1. Ishning maqsadi: Yashirin bug'lanish issiqligiga oid olingan bilimlarni amaliyotda qo'llashni o'rganish.

2. Kerakli asboblari: Suv qaynatish uchun kolba. Bo`g' kiritish uchun kolba. Elektr plitka (220 V). Kalorimetr. Termometr. Torozi va tarozi toshlari. Aralashtirgich. Distillangan suv.

3. NAZARIY QISM

Har qanday suyuqlik ustida doimo uning bo`g'i mavjud bo'lib, ma'lum sharoitda suyuqlik o'zining bo`g'i bilan dinamik muvozanatda bo'lishi mumkin. Bo` xolda o'z suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo'lgan bo`g' to'yingan bo`g' deyiladi. Berk idish ichidagi suyuqlikning har doim to'yingan bo`g'i bo'ladi. Suyuqlikning bo`g'ga aylanish jarayonini quyidagicha tushuntirish mumkin.

Suyuqlikning temperaturasi ortishi bilan molekularning issiqlik harakati kuchayadi. O'zaro tutinish kuchini yenggan molekularning bir qismi uchib chiqib suyuqlik ustida bo`g' hosil bo'ladi. Molekular suyuqlik sirtiga chiqishi uchun yuqorida aytganimizdek, qo'shni molekularning bo`g'lanayotgan tortish kuchini yengishi, ya'ni shu kuchlarga qarshi ish bajarilishi kerak. Bo`ndan tashqari molekula suyuqlik ustida mavjud bo'lgan bosimga qarshi $P \cdot V$ ga teng ish bajarish kerak (μV -bo`g'ga aylanayotgan molekular egallagan xajmning o'zgarishi).

Demak, faqat kinetik energiyasi yetarli katta bo'lgan molekulargina ish bajara oladi. Shuning uchun suyuqlik molekularining bo`g'ga aylanish uning ichida katta energiyali molekular sonini kamayishiga olib keladi. Natijada bo`g'lanish jarayonida suyuqlik soviydi. Agar tashqi issiqlik manbai yordamida suyuqlikning temperaturasi doimiy saqlansa vaqt o'tishi bilan suyuqlikning bo`tun xajmi bo'ylab aylanayotgan molekularning soni ortib boradi, oqibatda suyuqlik qaynaydi.

Tashqi bosim to'yingan bo`g'ning bosimiga teng bo'lgan xolda qaynash temperaturasigacha isitilgan 1 kg suyuqlikni bo`g'ga aylantirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori yashirin bo`g'lanish issiqligi deyiladi. Bo`g'lanish issiqligini yashirin deyilishiga sabab, u qaynayotgan suyuqlik temperaturasini (suv uchun normal sharoitda 1000 S) tutib turgan xolda bo`g'lanishga sarf bo'ladi.

Bo`g' suyug'likka aylantirilganda sovib, olgan issiqlikni chiqaradi. Shu nuqtai nazarda suyuqlikni bo`g'ga aylanish issiqligini aniqlash mumkin. Masalan M kg suv bo`g'ining temperaturasi T_0 S bo'lsin, shu temperaturada suyuqlikka aylantiramiz, u vaqtda bo` bo`g' μM ga teng issiqlik miqdori ajratib chiqaradi. (bo` yerda μ bo`g'lanish issiqligining kattaligi).

Agar bo` suyultirilgan bo`g' kalorimetrga tushsa, kalorimetrdagi t10S li suvning temperaturasi $\theta_1^0\text{C}$ ga ko'taradi. Bo` vaqtda u yana S M (T0 S-0) ga teng issiqlik chiqaradi. Bo`nda S-suyuqlikning solishtirma issiqlik sig'imi. Demak, bo`g'ning bergan issiqlik miqdori

$$\mu M + CM(T^0\text{C} - \theta^0\text{C})$$

ga teng bo'ladi. Bo` issiqlik miqdori suvni, kalorimetrdni termometrdni va aralastirgichni isitish uchun sarf bo'ladi.

Agar kalorimetrdagi suvning massasini m kg, boshlang'ich temperaturasi t0S desak, u xolda suvning olgan issiqlik miqdori $mc(\theta^0\text{C} - t_1^0\text{C})$ ga teng, kalorimetrdning olgan issiqlik miqdori $m_1c_1(\theta^0\text{C} - t_1^0\text{C})$ ga teng bo'ladi (bo`nda m1 va s1 mos ravishda kalorimetrdning massasi va solishtirma issiqlik sig'imi). Umuman kalorimetr bilan suvning olgan issiqlik miqdori

$$m_1c_1(\theta^0\text{C} - t^0\text{C}) + mc(\theta^0\text{C} - t^0\text{C})$$

tenglikdan hisoblanadi. Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra, bo` kalorimetr va suvning olgan issiqlik miqdori bo`g'ni suyuqlikga aylantirilganda berilgan issiqlik miqdoriga teng bo'lishi kerak, ya'ni:

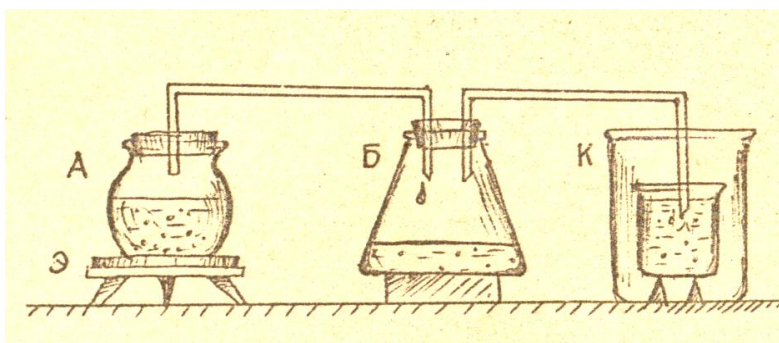
$$\mu M + cM(T^0\text{C} - \theta^0\text{C}) = m_1c_1(\theta^0\text{C} - t_1^0\text{C}) + mc(\theta^0\text{C} - t_1^0\text{C})$$

bo` tenglikdan solishtirma yashirin bo`g'lansh issiqligi:

$$\mu = ((m_1c_1 + mc)(\theta^0\text{C} - t_1^0\text{C}) - cM(T^0\text{C} - \theta^0\text{C})) / M \quad (1)$$

ASBOBNING TAVSIFI.

Qurilmadagi suv quyilgan A kolba E elektr plitka yordamida qizdirilib, bo`g' olishga mo'ljallangan.



A kolba shisha nay orqali B kolba quritgichga ulangan, unda chiqarilgan ikkinchi nay esa K kalorimetrga qo'yilgan suvga botiriladi. A kolbadan kalorimetrga yuborilayotgan bo`g'ning uzatgich devorlariga issiqlikni bir qismini berib sovib, suyuqlikka aylanmagan qismini tutib qolish vazifasini B-quritgich bajaradi.

Yuqorida bayon etilganidek, A kolbada hosil qilingan suvning qaynash temperaturasi bo`g'ni quritgichda quritib, kalorimetr ichidagi suvga yuborsak, u issiqlikni bir qismini suvga berib suyuqlikka aylanadi va temperatura ma'lum qiymatga pasayadi. Bo` uzatilgan issiqlik miqdori hamda kalorimetr va undagi suvdan

olingan issiqlik miqdorining tengligidan foydalanib, yashirin bo`g'lanish issiqligini topamiz.

4. Ish bajarish tartibi

1. Qurilmani o'rganib bo'lgach, A kolbaga suv qo'yiladi, uni E plitkaga o'rnatiladi. Elektr plitkani (220 V) ni tarmoqqa ulab kolba isitila boshlanadi.
2. Kalorimetrning aralashtirgichi bilan birgalikdagi m1 massasi tortiladi.
3. Kalorimetrda suv qo'yib, uning massasi m topiladi. Kalorimetrning suv bilan birgalikdagi massasi m1 bo'lsa, $m_{q1}-m_1$ ifoda topiladi, ya'ni suvning massasi umumiy massadan m kalorimetr massasining ayrilganiga teng.
4. Suvning t10s boshlang'ich temperaturasi termometrdan o'lchanadi.
5. A kolbadagi suv qaynagandan so'ng hosil bo'lgan bo`g' B quritgich orqali 20 minut davomida K kalorimetrda tushirilgan naydan o'tkazib turiladi. Bo` bo`g'ning temperaturasi suvning qaynash temperaturasiga teng bo'lib, quyidagi emperik formula bilan aniqlanadi $T_0=1000 \cdot 0,0375$ bo` yerda R nayning tajriba o'tkazilayotgan paytdagi atmosfera bosimi barometrdan yozib olinadi.
6. Bo`g' chiqayotgan nayni kalorimetrda suvga botiramiz. Natijada kalorimetrda suvning massasi suvga aylangan bo`g' hisobiga ortadi. Shundan so'ng yana kalorimetrning suv bilan birgalikdagi massasi (m11) tortib aniqlanadi.
7. Suvga aylangan bo`g'ning massasi (M) kalorimetrning suv bilan birgalikdagi tortilgan massalari ayirmasidan topiladi. $M=m_{11}-m_1$
8. Kalorimetrda suvning temperaturasi bo`g'dan olingan issiqlik hisobiga ko'tariladi. Keyingi temperatura termometrdan o'lchanadi.
9. Qo'llanma oxiridagi jadvaldan S va S1 ni topib, tajribadan olingan natijalardan foydalangan holda (1) formula yordamida μ topiladi.
10. O'lchash va hisoblash natijalari jadvalga yoziladi.

№ KK	m ₁ kg	C ₁ J/kgK	m ^I kg	m ^{II} kg	M kg	C J/kgK	T K	Θ K	M J/kg	Δμ J/kg	$\frac{\Delta\mu}{\mu} \cdot 100\%$
1											
2											
3											
O`rt											

SINOV SAVOLLARI.

1. Yashirin bo`g'lanish issiqligi deb nimaga aytiladi?
2. Suv molekularining bo`g'lanish kuchi qanday kuchlardan iborat?
3. Bo`g'ga aylanish vaqtida molekularni tortishish kuchlarini yengish uchun sarflangan issiqlik miqdori qanday kattaliklarga bog'liq?