

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

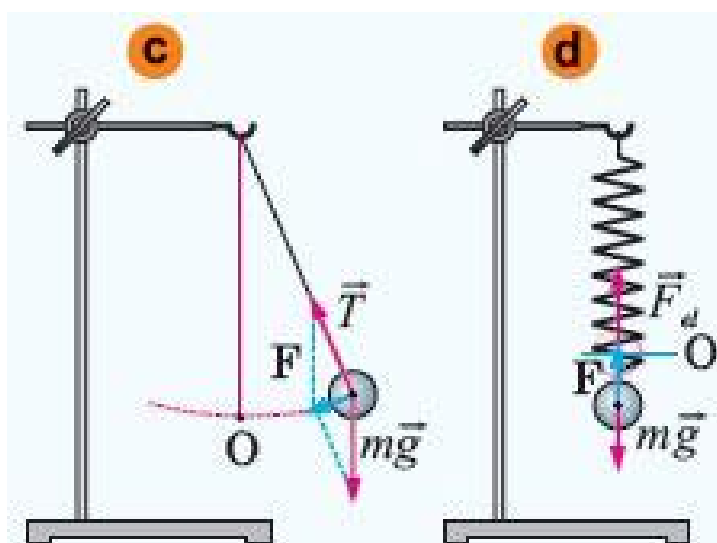
RENESSANS TA‘LIM UNIVERSITETI

«MATEMATIKA VA TABIIY FANLAR» KAFEDRASI

“Fizika”

fanidan laboratoriya ishlarini bajarishga

uslubiy qo‘llanma



TOSHKENT – 2024

I.X. Turapov “Fizika” fanidan laboratoriya ishlarini bajarishga uslubiy qo‘llanma. – Toshkent: RTU, 2024. - 111 b.

Mazkur uslubiy qo‘llanma Oliy o‘quv yurtlaridagi 60610500 – Sun’iy intellekt, 61020200 –Mehnat muhofazasi va texnikasi xavfsizligi, 60610300 - Kompyuter injiniringi, 60721500 –Geodeziya va geoinformatika, 60610100 – Axborot tizimlari va texnologiyalari mutaxassisliklari talabalari uchun laboratoriya jihozlaridan samarali foydalanishda amaliy yordam maqsadida tayyorlangan. Unda I bosqich bakalavrlari uchun bajariladigan laboratoriya ishlari keltirilgan, fizik doimiylar va moddalarning xossalari ilovalangan va o‘quv-uslubiy adabiyotlar ro‘yxati ko‘rsatilgan.

Xususan dars beradigan professor-o‘qituvchi va talaba faoliyatini axborotlarni o‘zlashtirish, fizika fanini chuqur va mukammal o‘rganish uchun mo‘ljallangan.

Renessans ta’lim universiteti Kengashining qarori bilan nash etildi.

T A Q R I Z C H I L A R:

TDTU dotsenti, f.-m.f.b.f.d., PhD.

J.B. Xo‘janiyozov

RTU dotsenti, f.-m.f.n.,

D.E. Davletov

© Renessans ta’lim universiteti 2024

KIRISH

Bugungi kunda fan va texnika sohasi shiddat bilan rivojlanib bormoqda. Qanday sohada bo‘lmasin yangiliklarga guvoh bo‘lmoqdamiz. Mustaqil O‘zbekistonimizdagi yosh olimlarning ilmiy va amaliy ishlarini ham e’tirof etishimiz joiz bo‘ladi. Fan va texnika sohasida O‘zbekiston yoshlari ham o‘zining munosib o‘rniga ega bo‘lib bormoqdalar. Shu o‘rinda Prezidentimiz SH.M.Mirziyoyevning quyidagi fikrlari esga tushadi “Yoshlarimiz haqli ravishda Vatanimizning kelajagi uchun javobgarlikni zimmasiga olishga qodir bo‘lgan, bugungi va ertangi kunimizning hal etuvchi kuchiga aylanib borayotgani barchamizga g‘urur va iftixor bag‘ishlaydi.

Bu sohada olib borayotgan keng miqyosli ishlarimizni, xususan, ta'lim-tarbiya bo‘yicha qabul qilingan umummilliy dasturlarimizni mantiqiy yakuniga yetkazishimiz zarur”. Prezidentimizning yuqoridagi fikrlaridan shunday xulosa kelib chiqadiki, bugungi kun yoshlari har tomonlama yetuk kadr va komil inson bo‘lib ulg‘ayishishlari uchun avvalambor, jahondagi so‘ngi ilm-fan yutuqlaridan bohabar bo‘lishlari bilan bir qatorda, zamonaviy va keng ko‘lamda bilim olishlari talab qilanadi. Buning uchun bugungi kundagi ta’lim tizimimizda amal qilayotgan an’anaviy ta’limni mazmunan va uslubiy jihatdan yangilash, ta’lim jarayonini tashkil etishni tubdan isloh qilish davr taqozosidir. Bunda, fizika ta’lim tizimiga inovatsion ta’lim texnologiyalarini uyg‘unlashgan holda qo‘llash orqali, ta’lim samaradorligini yuqori pog‘onaga ko‘tarishni amalga oshirish mumkin. Shuningdek, mamlakatimizda ta’limning isloh qilinishi uchun qabul qilingan qonun va qarorlarda to‘plangan tajribani tahlil etish va umumlashtirish asosida, mamlakatni ijtimoiy – iqtisodiy rivojlantirish istiqbollari muvofiq kadrlar tayyorlash tizimini takomillashtirish va yanada rivojlantirish davri ketmoqda.

Mazkur qo‘llanmaga fizika fani o‘quv dasturiga kiritilgan laboratoriya ishlarining tafsiloti keltirilgan. Shuningdek ayrim laboratoriya ishlarining olingan taxminiy natijalar va talabalar tomonidan bajarilishi lozim bo‘lgan hisobot jadvali berilgan. I

Yana shu holatni ta’kidlab o‘tish joizki, laboratoriya ishlarining ba’zi birlari umumiy o‘rta ta’lim maktablarida o‘tkaziladigan amaliy ishlar bilan takrorlanish hollari ham uchrab turishini qayd qilish mumkin. Mazkur takrorlanishga har bir fizika

o'qituvchi ijodiy yondoshgan holda uzviylikni ta'minlash maqsadida kiritildi. Fizikaning zamonaviy yangi pedagogik texnologiyalariga asoslangan o'qitishda amaliy laboratoriya ishlarini o'rni juda muhimdir. Amaliy laboratoriya ishlarini bajarish orqali talabada asosiy fizik tushinchalar, qonunlarni amaliy va nazariy talqinini shakillanadi. Shu nuqtai nazardan yangi pedagogik texnologiya asosida biz tavsiya etayotgan ushbu laboratoriya ishlari Oliy o'quv yurtlarining fizika fanini o'qiydigan talabalar uchun ham amaliy qo'llanma bo'lib xizmat qiladi degan umiddamiz.

Darsga tayyorgarlik ko‘rish.

Laboratoyiya ishiga tayyorgarlik ko‘rish uchun, avvalo, fizika kabinetining sanitariya-gigiyenik holatiga alohida e‘tibor berish lozim.

Fizika tajriba o‘tkazish uchun zarur bo‘lgan asbob va jihozlar tozalangan, quritilgan holatda bo‘lishi lozim. Laboratoriya ishining maqsadi va ta‘lim mazmuniiga qarab laborant-assistent yo‘riqnomaga ko‘rsatilgan asbob va jihozlarni belgilangan tartibda ehtiyotkorlik bilan stol ustiga terib chiqiladi. Tajriba o‘tkazib bo‘lgandan so‘ng, barcha asbob va jihozlarni artib, ularning soz holatda ekanligiga ishonch hosil qilib, joy-joyiga qo‘yilishi lozim. Ushbu tartibga rioya qilish o‘quvchilarga odat tusiga kirishiga erishish lozim. Talabalar o‘tkaziladigan tajribalar fizikaning qaysi bo‘limiga tegishli ekanligi va ularning qachon, qanday tartibda bajarilishini oldindan bilishlari zarur. Laboratoriya ishini bajarishdan maqsad, talabalarni asbob va jihozlarni ishlatishga tayyorlash jarayonida ulardan ehtiyotkorlik bilan samarali foydalanish hissini kuchaytirish, tajribalarning xavfsizligini ta‘minlash, tajriba natijalarini tahlil etish mobaynida fizik hodisa va qonunlarning to‘g‘ri va ilmiy asoslanganligi haqida xulosalar chiqarish kabi bilim, ko‘nikma va malakalarini hosil qilishga yo‘naltirishdan iborat.

Darsning yanada samarali bo‘lishi uchun o‘qituvchi tomonidan yo‘riqmalar, tavsiya va topshiriqli varaqalar tayyorlashi mumkin. Odatda, ularda ishning maqsadi mujassamlanadi hamda tarkibiga ishni bajarish rejasi va topshiriqlari kiritiladi. Bunday vaqtlarda talabalar oldiga qo‘yilgan masalani mustaqil yechish, tajribalarni ketma-ket amalga oshirish malakalarini rivojlantiradi. Mazkur topshiriq vaqtlari bilan ishlash jarayonida talabalarning ilmiy tadqiqotchilik qobiliyati rivojlanadi va faolligi ortib boradi.

Fizika laboratoriyasida xavfsizlik texnikasi qoidalari.

Qoidalar talabalarga o‘qib beriladi, har bir qoidaning mohiyati va mazmuni tushuntiriladi. Maxsus jurnal tutilib, talabalarning qoida bilan tanishganligini tasdiqlovchi shaxsiy imzosi bilan rasmiylashtirilib qo‘yiladi. Xavfsizlik texnika qoidalari fizika laboratoriyasining ko‘rinadigan joyiga maxsus ramkaga solib qo‘yiladi.

Laboratoriya ishini bajarishda quyidagilarga e‘tiborni qaratish lozim.

- ✓ Ish jarayonida faqat toza, quruq va butun, ishga yaroqli asbob va jihozlardan foydalanish lozim .
- ✓ Asbob va jihozlardan foydalanishdan oldin ularning yo‘riqnomasi bilan mukammal tanishib chiqish kerak.
- ✓ Elektir o‘lchov asboblarini ma’sul xodimning ruxsatisiz tok manbaiga ulash mumkin emas.
- ✓ Laboratoriya ishining elektr sxemasini yig‘ishda xatolikka yo‘l qo‘yib bo‘lmaydi, aks holda, asbob ishdan chiqishi va talabning hayotiga xavf tug‘dirishi mumkin.
- ✓ Asbob va jihozlarni stolga uning yo‘riqnomasida ko‘rsatilgandek holatda o‘rnatish lozim yotqizilgan , tik, burchak ostida va h.
- ✓ Har bir laboratoriya ishini yig‘ib bo‘lgandan so‘ng, uni albatta ma’sul xodimning ko‘rib chiqishi va uning ruxsati bilan tok manbaiga ulanishi shart.
- ✓ Laboratoriya ishini bajarib bo‘lgach , elektr o‘lchov asboblarini tok manбайдan uzishni esdan chiqarmaslik zarur.
- ✓ Idishlarda suyuqliklarni qizdirish uchun ularning 1/3 qismigacha suyuqlik quyish maqsadga muvofiq.
- ✓ Moddalar shisha idishlarda qizdirilganda ularni quruq yonilg‘i alangasiga tekkizmaslik kerak chunki idishga darz ketib sinishi mumkin.
- ✓ Quruq yoqilg‘ini ishlatib bo‘lgach, uni maxsus qopqoq bilan berkitib o‘chirish lozim.

Man etiladi.

- ☒ Asbob va jihozlarni ularning yo‘riqnomasi bilan tanishmasdan ishlatishga urinish.
- ☒ Asbob va jihozlarni ma’sul xodim yoki laborantning ruxsatsiz olib ishlatish.
- ☒ Elektr o‘lchov asboblariga suv va boshqa suyuqliklar sepish, o‘qituvchining ruxsatisiz ularni tok manbaiga ulash va ularning qisqichlarini qo‘l bilan ushlash qat’iyan man etiladi.
- ☒ Tajriba jarayonida asbob va jihozlar joylashgan taglikka o‘tirish, har xil buyumlar qo‘yish va unga kuch bilan zarba berish.
- ☒ Asbob va jihozlarni begonalarining foydalanishi uchun berish.

- ☒ Asbob va jihozlarni yoki ortiqcha buyumlarni olib ketish.
- ☒ Tajriba jarayonida suyuqlikli (bug‘lanayotgan, qaynab turgan) himoya
- ☒ vositasisiz ushlab va hokazo.

O‘lchash xatoliklari va ularni aniqlash.

O‘lchash xatosi qanday aniqlanadi. Laboratoriya ishlarini bajarish turli fizik miqdorlarni o‘lchash va keyin ularning natijalarini ishlab chiqishdan iborat.

O‘lchash- fizik kattalikning qiymatini o‘lchash vositalari yordamida tajribada aniqlash.

Bevosita o‘lchash- biror aniq fizik kattalik o‘lchov asboblarning ko‘rsatishi asosida (masalan, vaqt- sekundomer, tok kuchi- ampermetr, kuchlanish- voltmeter va h.k) aniqlanadi.

Bilvosita o‘lchash- fizik kattalikning qiymatini bevosita o‘lchab tiopliladigan fizik kattaliklar bilan bog‘lovchi formula yordamida aniqlanadi. Masalan: jisimning biror h balandlikdan erkin tushish uchun kletgan t vaqt sekundomer bilan, balandlik esa, chizg‘ich bilan o‘lchanadi va u $h = \frac{gt^2}{2}$ formuladan foydalanib hisoblab topiladi.

Fizik kattaliklarni aniqlash uchun quyidagi amallar ketma – ket bajarilishi kerak:

- ◆ o‘lchov asboblarni kerakli holatlarda o‘rnatish va ularni to‘g‘ri ishlayotganligini tekshirish;
- ◆ asboblarning ko‘rsatishlarini kuzatib borish va kerakli vaziyatlarda ularni yozib olish;
- ◆ o‘lchash natijalaridan foydalanib, aniqlanishlari kerak bo‘lgan fizik kattaliklarni hisoblasah;
- ◆ aniqlanishi mumkin bo‘lgan fizik kattaliklarning xatoligini hisoblash.

Yuqorida keltirilgan hisoblash yoki o‘lchash usullarida o‘ziga hos xatoliklarga yo‘l qo‘yiladi. Xatoliklar ikki hil: sistematik o‘lchash xatoliklari; tasodifiy o‘lchash xatoliklari. **Sistematik o‘lchash xatoliklar i-** o‘lchov asboblarning nosozligidan, noto‘g‘ri ishlatilishidan hamda hamma hodisalar e‘tiborga olinmaganligidan paydo bo‘ladi. **Tasodifiy o‘lchash xatoliklari-** o‘lchash vaqtida nazorat qilib bo‘lmaydigan

tasodifiy ta'sirlar hisobiga paydo bo'ladi. Ushbu xatolikni hisobga olishda eng yaxshi usul hamma o'lchash natijalarinig o'rtacha arifmetik qiymatini olishdir, ya'ni:

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n}{n}$$

O'lchash vaqtida to'plangan qiymatlar bir – biridan farqli bo'lib, ularning o'rtacha qiymatidan farqi ayrim o'lchashning **absolyut xatoligi** deyiladi. Absolyut xatolik $\Delta\alpha$ belgisi orqali belgilanadi. U holda birinchi α_1 o'lchashning absolyut xatoligi.

$$\Delta\alpha_1 = |\bar{\alpha} - \alpha_1|,$$

Ikkinchi α_2 o'lchashning absolyut xatoligi

$$\Delta\alpha_2 = |\bar{\alpha} - \alpha_2|,$$

Uchinchi α_3 o'lchashning absolyut xatoligi

$$\Delta\alpha_3 = |\bar{\alpha} - \alpha_3|,$$

Oxirgi $n - \alpha_n$ o'lchashning absolyut xatoligi

$$\Delta\alpha_n = |\bar{\alpha} - \alpha_n|,$$

ifodalari orqali aniqlanadi.

Muayyan o'lchashda olingan qiymat o'rtacha arifmetik qiymatdan katta yoki kichik bo'lishi mumkin, shu sababdan absolyut xatolikni hisoblashda ayirmaning moduli olinadi.

Agar n marotaba takroriy o'lchash natijasida $\Delta\alpha_1, \Delta\alpha_2, \Delta\alpha_3, \dots, \Delta\alpha_n$ absolyut xatoliklar yuz bergan bo'lsa, o'lchashlarning o'rtacha absolyut xatoligi shu xatoliklar absolyut qiymatlarning o'rtacha arifmetik qiymatiga tengdir:

$$\Delta\bar{\alpha} = \frac{\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2 + \Delta\alpha_3 + \dots + \Delta\alpha_n}{n}$$

Fizik kattaliklarning haqiqiy qiymati topilgan o'rtacha qiymatidan $\pm \Delta\bar{\alpha}$ qadar farq qiladi, ya'ni:

$$\alpha = \bar{\alpha} \pm \Delta\bar{\alpha}.$$

Agar tajriba vaqtida bir qator fizik kattaliklarni o'lchash zaruriyati tug'lsa, ularning har biri uchun o'lchash xatoligini aniqlash kerak bo'ladi. Biroq har bir kattalikka oid

absolyut xatolikni bilganimiz holda, kattaliklar bir jinsli bo‘maganligi sababli, ularni o‘zaro solishtirib bo‘lmaydi. Bunday holda o‘lchashning sifati o‘lchanayotgan har bir kattalikka ta’luqli xatolikning nisbiy qiymati bilan baholanadi. *Nisbiy* xatolik deb, absolyut xatolikning o‘rtacha qiymati o‘lchanayotgan kattalikning o‘rtacha qiymatiga nisbati bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi va u foiz hisobida olinadi, ya`ni:

$$\varepsilon = \frac{\overline{\Delta\alpha}}{\alpha} 100\%.$$

Bajarilgan ish to‘g‘risidagi hisobotni quydagicha rasmiylashtirishni lozim deb hisobladik:

1. Ishning nomi.
2. Ishning maqsadi.
3. Chizma (agar zarur bo‘lsa).
4. Izlanayotgan miqdorlarning va ularning xatoliklaining fomulalari.
5. O‘lchash va hisoblash natijalarining jadvali.

Ohirgi natija, xulosa.

O'lchash natijalarini ishlab chiqish. Hatoliklarning elementar nazariyasi.

Sistematik va tasodifiy hatoliklar.

Fizika moddiy dunyoning realligini o'rgatuvchi fan bo'lganligi sababli uning qonuniyatlarini o'rganishda tajribalarga tayaniladi. Tajribalar esa fizik kattaliklarni o'lchash asosida olib boriladi. *O'lchash* deb, aniqlanayotgan fizik kattalikni birlik deb qabul qilingan kattalik bilan taqqoslashga, ya'ni birlikdan necha marta farq qilishini aniqlashga aytiladi. O'lchashning ikki turi mavjud: *bevosita* va *bilvosita* o'lchash.

1. Berilgan fizik kattalikni bir necha marta birlik kattalik bilan taqqoslash orqali uning qiymatni tajribada aniqlash *bevosita o'lchash* deyiladi. Masalan, uzunlik, massa, vaqt, harorat va boshqalarni darajalangan (graduirovka qilingan) asboblari: mikrometr, shtangensirkul, sekundomer, termometr va boshqalar yordamida o'lchanadi. Bunda o'lchanayotgan kattalikning miqdori asbobning qancha ko'rsatayotganligi asosida to'g'ridan-to'g'ri yozib olinadi.
2. Bevosita o'lchanayotgan fizik kattaliklar bilan o'zaro qonuniy, ya'ni funksional bog'langan kattaliklarning qiymatlarini aniqlanishi *bilvosita o'lchash* deyiladi. Bunga misol qilib, tezlik, tezlanish, energiya va boshqalarni hisoblashni ko'rsatish mumkin.

Xatoliklar ikki xil bo'ladi: *sistematik* va *tasodifiy*.

Sistematik xatolik ko'p hollarda asbobning to'g'ri ko'rsatmaganligidan yoki o'lchash metodining aniq emasligidan va nihoyat, biror uzluksiz tashqi ta'sir natijasida bir tomonlama yuzaga keladi. Masalan, jism haroratini termometr yordamida o'lchashda nol nuqta (reper nuqta) ning biroz siljib qolgani tufayli, o'lchash natijalariga zarur tuzatishlar kiritilmagunga qadar sistematik xatolikka yo'l qo'yilaveradi. Huddi shuningdek, tarozi pallasining Quyosh nurlari ta'sirida yoki biror issiqlik manbaidan kelayotgan issiqlik tufayli notekis issitilishi ham jism massasini o'lchashda sistematik xatolikka olib keladi. Ammo bu xatoliklarni aniqlash va uni bartaraf qilish juda murakkab masala bo'lib hisoblanadi. Umuman olganda sistematik xatolik ob'ektiv sabablarga ko'ra paydo bo'ladi.

Sistematik xatolik o'lchash natijalariga faqat bir tomonlama ta'sir qiladi.

Demak, sistematik xatoliklar aniq sabablar tufayli yuzaga kelib, uning miqdori takroriy o'lchashlarda o'zgarmasligi va ma'lum bir qonuniyat bo'yicha o'zgarishi mumkin.

Tasodifiy xatolik sub'ektiv xarakterga ega bo'lib, aniq bir qonuniyatga bo'ysunmaydi. Har bir o'lchashning natijasi yo ortiq yoki kam bo'lishi mumkin. Tasodifiy xatolik, asosan tajriba o'tkazuvchining xatosi tufayli yuzaga keladi.

Tasodifiy xatoliklarni ham huddi sistematik xatoliklar kabi butunlay bartaraf qilib bo'lmaydi. Lekin o'lchashdagi tasodifiy xatoliklarni hisobga oladigan ehtimollik qonuniyatlarining elementlari yordamida tasodifiy xatoliklarni hisoblab, birmuncha aniq natijalarga erishish mumkin.

Quyida biz tasodifiy hatoliklar nazariyasining elementlariga to'xtalib o'tamiz.

Bevosita o'lchashda yo'l qo'yiladigan xatoliklarini hisoblash. Agar biror x_i fizik kattaliklarning haqiqiy qiymatiga yaqin bo'lgan natijani olmoqchi bo'lsak, uni N marta o'lchashga to'g'ri keladi. x kattalikni N marta o'lchashda quyidagi

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$$

natijalar qayd qilingan bo'lsin deb faraz qilaylik. U holda bu qiymatlarni qo'shib o'lchashlar soniga bo'lsak, o'lchanayotgan fizik kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqin *o'rtacha arifmetik qiymat* deb ataluvchi qiymatni hosil qilgan bo'lamiz:

$$\langle x \rangle = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N} \quad (1)$$

Absolyut va nisbiy xatoliklar

O'lchanayotgan kattalikning o'rtacha arifmetik qiymati bilan har bir alohida o'lchashda olingan qiymatlar ayirmasining moduli yo'l qo'yilgan absolyut xatolikni beradi. Uni Δx deb belgilanadi. Aytaylik, birinchi, ikkinchi va hokazo o'lchashdagi absolyut xatoliklar:

$$\Delta x_1 = |\langle x \rangle - x_1|, \Delta x_2 = |\langle x \rangle - x_2|, \dots, \Delta x_N = |\langle x \rangle - x_N| \quad (2)$$

bo'lsin. Bu farqlar musbat ham, manfiy ham bo'lishi mumkin. Bu aniqlangan absolyut xatoliklarning yig'indisini o'lchashlar soniga bo'lsak, absolyut xatolikning o'rtacha qiymati topiladi:

$$\langle \Delta x \rangle = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots + \Delta x_N}{N}. \quad (3)$$

O'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati uning o'rtacha arifmetik qiymatidan katta ham, kichik ham bo'lishi mumkin ekanligini e'tiborga olib, o'lchashlar natijasini quyidagicha yoza olamiz:

$$x_{xak} = \langle x \rangle \pm \langle \Delta x \rangle. \quad (4)$$

Bu ifoda x ning qiymati quyidagi intervalda yotishligini ko'rsatadi:

$$\langle x \rangle - \langle \Delta x \rangle \leq x \leq \langle x \rangle + \langle \Delta x \rangle.$$

Shuni aytish kerakki, absolyut xatolik har doim ham o'lchash sifatini to'liq xarakterlay olmaydi. Shuning uchun absolyut xatolik bilan bir qatorda o'lchash natijalarining aniqlik darajasini xarakterlash maqsadida *nisbiy xatolik* deb ataluvchi xatolikni bilish juda muhimdir.

Nisbiy xatolik – o'rtacha absolyut xatolikni o'lchanayotgan kattalik o'rtacha qiymatning qanday qismini tashkil qilishini ifodalovchi kattalik bo'lib, foizlarda ifodalanadi, ya'ni

$$\eta = \frac{\langle \Delta x \rangle}{\langle x \rangle} \cdot 100\%. \quad (5)$$

Juda aniq o'lchash zarur bo'lmagan hollarda 5% gacha nisbiy xatolikka yo'l qo'yish mumkin deb hisoblanadi.

Agar ikkita taxta qalinligini aniqlik darajasi 0,01 mm bo'lgan vintli mikrometr bilan o'lchasak, absolyut xatolik hamma o'lchashlarda bir xil, ya'ni 0,01 mm dan ortmaydi. Lekin nisbiy xatolik ikki xil qalinlikdagi taxtalar uchun ikki xil bo'ladi.

Masalan, birinchi taxtaning qalinligi 2 sm, ikkinchi taxtaning qalinligi esa 2 mm bo'lsa. Nisbiy xatolik mos ravishda (5) formulaga asosan 0,05% va 0,5% ga teng bo'ladi. SHu nuqtai nazardan nisbiy xatolikni bilish har bir tajriba uchun alohida o'rin tutadi.

1-laboratoriya ishi

Erkin tushish tezlanishini aniqlash

Ishning maqsadi: Ma'lum balandlikdan tashlangan jismning tushish vaqtini bilgan holda erkin tushish tezlanishini aniqlash.

Kerakli asbob va materiallar: 1) erkin tushishni o'rganuvchi qurilma; 2) "ishchi jism" - po'lat sharchalar; 3) elektrosekundomer; 4) kalit; 5) masshtabli chizg'ich.

NAZARIY QISM

Ma'lumki massaga ega bo'lgan har qanday jismlar o'zaro tortishadilar. Nyuton Kepler qonunlari va dinamikaning asosiy qonunlari asosida osmon jismlari harakatini o'rganib butun olam tortishish kuchini yaratadi. Bu qonun quyidagicha ta'riflanadi: massalari m_1 va m_2 bo'lgan va bir-biridan r masofada joylashgan ikkita ixtiyoriy moddiy nuqtalar massalarining ko'paytmasiga to'g'ri proporsional va oralaridagi masofaning kvadratiga teskari proporsional kuch bilan o'zaro tortishadilar. Bu qonunning matematik ifodasi quyidagicha yoziladi:

$$F=\gamma m_1 \cdot m_2 / r^2.$$

bu yerda $\gamma=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ gravitatsiya doimiysi.

Hozirgi zamon tasavvurlariga asosan moddiy nuqtalar orasidagi bu o'zaro ta'sir gravitatsion maydon vositasida amalga oshiriladi. Demak, massaga ega bo'lgan har qanday jism o'z atrofida gravitatsion maydon hosil qiladi. Erning gravitatsion maydon ta'siri doirasida bo'lgan har qanday jismga Er tomonidan tortish kuchi ta'sir qiladi. Boshqa kuchlar ta'sir qilmaganida yoki ularning o'zaro ta'siri kompensatsiyalashganda gravitatsion maydon hosil qilgan tortishish kuchi ta'sirida qiladigan jismning harakatiga *erkin tushish* deyiladi. Nyutonning 2-qonuniga asosan jism erkin tushish paytida ma'lum tezlanish oladi va bu tezlanish og'irlik kuchining tezlanishi yoki *erkin tushish tezlanishi* deyiladi.

Jismlarning gravitatsion jismlarga (masalan, Erga) tortilish kuchiga *og'irlik kuchi* deyiladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$P=mg,$$

bu yerda g gravitatsion jismning erkin tushish tezlanishi deyiladi. Uning qiymati jism

joylashgan nuqtaning vaziyatiga bog‘liq. *Og‘irlik kuchi* jismning og‘irlik (massa) markaziga qo‘yilgan bo‘lib doimo *Er markaziga* tomon yo‘nalgan bo‘ladi.

Agar Erning o‘z o‘qi atrofidagi kundalik aylanishlarini hisobga olmasak og‘irlik kuchining qiymatini Er sirtida turgan jismning Erga tortilish kuchi qiymatiga teng deb olish mumkin, yani

$$mg = \gamma mM/R^2, \quad g = \gamma M/R^2,$$

bu yerda M va R – mos ravishda Erning massasi va radiusi. Er sirtidan ma‘lum h balandlikda joylashgan nuqtadagi g ning qiymati quyidagicha topiladi:

$$g_h = \gamma M/(R+h)^2.$$

Og‘irlik kuchining tezlanishini *gravitatsion maydon kuchlanganligi* deb ham ataydilar, chunki bu kattalik maydonga kiritilgan moddiy nuqtaning massasiga bog‘lik emas va maydonning kuch xarakteristikasi bo‘la oladi. Oxirgi ifodadan ko‘rinadiki, og‘irlik kuchi va uning tezlanishi har xil planetalar uchun har xil qiymatga ega bo‘ladi, chunki planetalar massalari va radiuslari har xil qiymatga ega. Planeta sirtidan uzoqdashganda og‘irlik kuchi va uning tezlanishining qiymati kamayib boradi.

Og‘irlik kuchidan tashqari yana jism og‘irligi degan tushuncha ham qabul qilingan. Jismning *og‘irligi* deb og‘irlik kuchi ta’siri natijasida tayanchga yoki osmaga ko‘rsatiladigan ta’sir kuchiga aytiladi. Masalan, tayanchga qo‘yilgan m massali jism tayanch bilan birgalikda yuqoriga a tezlanish bilan ko‘tarilayotgan bo‘lsin. Bu holda jismga ikkita kuch ta’sir kiladi: og‘irlik kuchi P va tayanchning reaksiya kuchi N . Jismning og‘irligi harakatlanayotgan tayanch bilan bog‘langan sanoq sistemasiga nisbatan jism tinch turgani uchun $P=mg$. Qaralayotgan sistema Er bilan bog‘langan sanoq sistemaga nisbatan a tezlanish bilan harakatlanayotganligi uchun u potensial bo‘ladi va bu sistemaga Nyutonning ikkinchi qonunini qo‘llash uchun jismga ta’sir qilayotgan inersiya kuchini ham hisobga olish kerak. U xolda

$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_{in} = 0 \quad \text{yoki} \quad P - N + F_{in} = 0.$$

$$P = mg \quad \text{va} \quad F_{in} = ma$$

ekanligini hisobga olsak yuqoridagi ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi

$$N = m(g+a).$$

Agar qaralayotgan sistema pastga a tezlanish bilan harakatlanayotgan bo‘lsa,

$$-P+N+F_{in}=0; \quad N=m(g-a).$$

bo'ladi. Demak umumiy holda $N=m(g\pm a)$ bo'ladi. Qaralayotgan hollarda jism og'irligi son jixatdan jismga ta'sir qilayotgan reaksiya kuchiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$P=N \quad \text{va} \quad P=m(g\pm a).$$

Jismning og'irligi uchun yozilgan ifodadan ko'rinib turibdiki, tayanch-jism yoki osma-jism sistemasi Er bilan bog'langan sanoq sistemasiga nisbatan tinch tursa yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatda bo'lsa jismning og'irligi og'irlik kuchiga son jihatdan teng bo'ladi, yani $a=0$, $P=mg$. a tezlanish bilan harakatlanib Er sirtidan uzoqlashsa jism og'irligi og'irlik kuchidan katta bo'ladi. Bu hodisaga *yuklanish* (peregruzka) deyiladi. Agar jism a tezlanish bilan Er sirtiga yaqinlashsa jism og'irligi og'irlik kuchidan kichik bo'ladi. Agar jism bilan bog'liq sistema erkin tushayotgan bo'lsa $a=g$ va $P=0$ bo'ladi. Bu hodisaga *vaznsizlik* deyiladi. YUklanish va vaznsizlik holatlarini kosmonavtikada hisobga olish kerak bo'ladi. Kosmik raketa a tezlanish bilan Yerdan ko'tarilganda kosmonavtlar yuklanish holatida bo'ladilar, shuning uchun ularning organizmi zo'riqishga chidamli bo'lishi kerak. Kosmik kema turg'un doiraviy orbita bo'ylab birinchi kosmik tezlik bilan harakatlanayotganda markazga intilma tezlanish son jixatdan erkin tushish tezlanishiga teng va u bilan bir yo'nalishda bo'ladi. Natijada kosmik kema ichidagi kosmonavtlar va barcha jismlar vaznsizlik holatida bo'ladilar.

Uslubning nazariyasi

Havoning qarshilik kuchi bo'lmaganda barcha jismlar tortishish kuchi ta'sirida Er sirtiga bir xil tezlanish bilan tushadilar.

Bu tezlanishga erkin tushish tezlanishi yoki tortishish kuchi tezlanishi deyiladi va g harfi bilan belgilanadi. Er bilan bog'langan sanoq sistemasida m massali har qanday jismga og'irlik kuchi deb ataluvchi $P=mg$ kuch ta'sir qiladi. Undan erkin tushishi tezlanishini topamiz:

$$g=P/m. \tag{1.1}$$

Butun olam tortishish qonuniga asosan Er sirti yaqinidagi Erga tortishish kuchi F_0 quyidagiga teng bo'ladi:

$$F_0=\gamma Mm/R^2 \tag{1.2}$$

bunda R – Erning radiusi; M – Erning massasi; m – jismning massasi.

Agar jism Er sirtidan h balandlikda bo‘lsa, (1.2) quyidagi ko‘rinishga keladi

$$F_h = \gamma Mm / (R+h)^2. \quad (1.3)$$

Agar $h \ll R$ bo‘lsa, (1.3) ni taxminan quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$F_h = \gamma Mm / R^2. \quad (1.3a)$$

Hisoblashlar shuni ko‘rsatadiki 3 km balandlikda jismning Erga tortishish kuchi Erning sirtidagi tortishish kuchidan 0,1% ga kichik ekan. SHuning uchun Er sirti yaqminidagi tortishish kuchining maydonini bir jinsli deb hisoblasa bo‘ladi. U holda uning kuchlanganligi quyidagiga teng buladi:

$$g_0 = F_0 / m = \gamma M / R^2. \quad (1.4)$$

Er sirtidan h balandlikda esa quyidagicha bo‘ladi

$$g_h = \gamma Mm / (R+h)^2. \quad (1.4a)$$

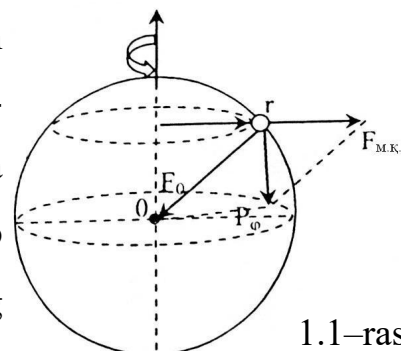
Gravitatsion maydon kuchlanganligi g_0 miqdor jihatdan erkin tushish tezlanishi ga tahminan tengdir. Nyutonning 2-qonuniga kiruvchi massa (inersion massa) va butun olam tortishish qonuniga kiruvchi massa (gravitatsion massa) bitta fizik kattalikning turli ko‘rinishi bo‘lganligi uchun, jismning erga tortishish kuchi og‘irlik kuchi deyiladi.

Jismning osma yoki tayanchga ko‘rsatadigan ta’siri *jismning og‘irligi* deyiladi. Jism bilan tayanch (yoki osma) Erga nisbatan qo‘zg‘almas bo‘lgandagina jismning og‘irligi og‘irlik kuchiga teng bo‘ladi. Er o‘z o‘qi atrofida aylanganligi hisobiga, Er bilan bog‘langan sanoq sistemasi noinersial bo‘lganligi sababli jismning og‘irligi og‘irlik kuchidan biroz farq qiladi.

Jismlarning Erga nisbatan harakatini tekshirayotganda, markazdan qochma inersiya kuchining ifodasini nazarga olish kerak:

$$F_{m,q} = m\omega^2 r,$$

bu yerda m – jismning massasi, r – Er o‘qidan jismning massalar markazigacha bo‘lgan masofa (1.1-rasm). Jismlarning Er sirtidan balandligi h katta bo‘lmagan hollar bilan chegaralanamiz. $r = R \cos \varphi$ bo‘lganligi uchun (R – Erning radiusi, φ – joyning geografik kengligi) markazdan qochma inersiya



kuchining ifodasi quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$F_{m.q} = m\omega^2 R \cos\varphi. \quad (1.6)$$

Jismlarning Erga nisbatan kuzatiladigan erkin tushish tezlanishi, ikki kuchning ta’sirida yuzaga keladi: bulardan biri jismning Erga tortishish kuchi F va ikkinchisi markazdan qochma inersiya kuchi $F_{m.q}$. Bu ikki kuchning teng ta’sir etuvchisi son jihatdan shu φ geografik kenglikdagi jismning og‘irligi P_φ ga teng bo‘ladi (1.1-rasm), ya’ni

$$P_\varphi = F - F_{m.q} \cos\varphi = \gamma M \cdot m / R^2 - m\omega^2 R \cos^2\varphi. \quad (1.7)$$

(1.7) formuladan ko‘rinadiki, jismning og‘irligi Erning geografik kengligiga bog‘lik ekan. Binobarin jismning og‘irligi qutb ($\varphi=90^\circ$) dan ekvator ($\varphi=0^\circ$) ga kamayib boradi.

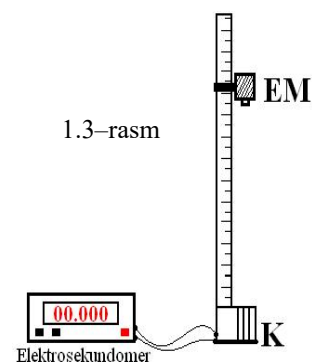
(1.1) va (1.7) formulalarga asosan, Erning φ geografik kengligida erkin tushish tezlanishi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$g_\varphi = \gamma M / R^2 - \omega^2 R \cos^2\varphi.$$

Demak, og‘irlik kuchining tezlanishi ham qutbdan ekvatorga qarab kamayib boradi. To‘g‘ri, bu kamayish shunchalik kichikki (0.5% dan oshmaydi), uni ko‘p amaliy hisoblarda nazarga olinmaydi.

Qurilma va tajribaning tavsifi

Bu tajribada po‘lat sharchaning erkin tushish tezlanishi uning tushish masofasi va shu masofani o‘tish uchun ketgan vaqtni o‘lchash orqali aniqlanadi. Jismlarning erkin tushishini o‘rganish qurilmasi, vertikal ustundan tashkil topgan. Ustunda u bo‘yicha erkin suriladigan ikki halqa bor. YUqoridagi halqaga elektromagnit "M" mahkamlangan, pastgi halqaga esa tushgan sharchalarni tutib qoladigan moslama mahkamlangan. Bu moslama ustida K_2 plastinka o‘rnatilgan (1.2-rasm).



Elektromagnitdan o‘tayotgan tok K_1 kalit uzilgan paytda yo‘qolib, elektrosekundometr ishga tushadi va sharcha pastga tushadi. Tushayotgan sharcha K_2 plastinkaga urilganda, u elektr zanjirni uzadi va elektrosekundomerni to‘xtatadi.

Real holda sharcha havodan iborat muhitda harakatlanganligi uchun, Stoks kuchi

va Arximed kuchi ta'sirida tekis o'zgaruvchan harakatda bo'la olmaydi. Bu kuchlarning sharcha harakatiga ta'siri juda kichik bo'lgani uchun ularni hisobga olmasa ham bo'ladi. SHuning uchun sharchaning kichik masofalardagi harakati deyarli tekis tezlanuvchan harakat bo'lib, uning tezlanishini aniqlashda tekis tezlanuvchan harakat qonunlaridan foydalanish mumkin. Binobarin, sharchaning harakati boshlang'ich tezliksiz tekis tezlanuvchan harakatdir. Erkin tushish tezlanishi g quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$g=2h/t^2. \quad (1.8)$$

Ishni bajarish tartibi

1. Halqani yuqoriga surib elektromagnitni K_2 plastinkadan $1,2 \div 2$ metr masofada o'rnatiladi.
2. Elektrosekundomerdagi knopka yordamida uning ko'rsatishi nol holatga keltiriladi.
3. Elektromagnit va elektrosekundomerlar tok manbaiga ulanadi. Po'lat sharcha elektromagnitga yaqin keltirilganda elektromagnit uni "ushlab" qoladi.
4. K_1 kalit yordamida elektromagnit tok manбайдan uziladi. Bu paytda elektrosekundomer ishga tushadi va erkin tushayotgan sharchaning vaqtini qayd qila boshlaydi. Sharcha K_2 plastinkaga kelib urilganda, u egilib elektr zanjirni uzadi va elektrosekundomer o'lchashdan to'xtaydi.
5. Tajribani $5 \div 10$ marta takrorlab, o'lchash natijalarini 1-jadvalga yoziladi.

1-jadval

№	h, m	t, s	t^2, s^2	$g, m/s^2$	$\langle g \rangle m/s^2$	Δg	$\langle \Delta g \rangle$	$\varepsilon, \%$
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								
9.								

6. Tajribada o'lchangan masofa va vaqtning qiymatlari (1.8) formulaga qo'yilib, erkin tushish tezlanishi aniqlanadi.
7. Tajribani bajarish paytida yo'l qo'yilgan absolyut va nisbiy hatoliklar topiladi.
8. Natija $g = (\langle g \rangle \pm \langle \Delta g \rangle)$ ko'rinishda yoziladi.

Sinov savollari

1. Jismlarning erkin tushishi va erkin tushish tezlanishi deb nimaga aytiladi?
2. Butun olam tortishish qonunini ta'riflang.
3. Og'irlik kuchi va jismning og'irligini ta'riflang. Bu kuchlarning yo'nalishi, hamda qo'yilish nuqtasini ayting.
4. Vaznsizlik va yuklanish holatlarini tushuntirib bering.
5. Erkin tushish tezlanishi h balandlikka va geografik kenglikka qanday bog'langan?

2 – laboratoriya ishi

Oberbek mayatnigi yordamida qattiq jismning inersiya momentini aniqlash

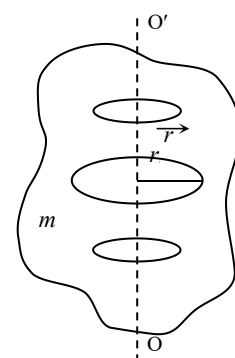
Ishning maqsadi: Aylanma harakat qonunlarini o'rganish va aylanuvchi sistemaning inersiya momentini aniqlash. Qattiq jismning aylanma harakat dinamikasi qonunlarini o'rganish.

Kerakli asboblari: Oberbek mayatnigi, sekundomer, shtangensirkul va yuklar.

NAZARIY QISM

Tashqi kuch ta'sirida berilgan jismni tashkil etuvchi elementar bo'lakchalarning bir-birlariga nisbatan vaziyatlari o'zgarmasa, ya'ni deformatsiyalanmasa, bunday jism absolyut **qattiq jism** deyiladi.

Qattiq jismning **aylanma harakati** deb shunday harakatga aytiladiki, bunda uni tashkil qiluvchi barcha elementar bo'lakchalar traektoriyalari aylanalardan iborat bo'lgan chiziqlar chizadi va bu aylanalarning markazlari aylanish o'qi deb ataluvchi to'g'ri chiziqda yotadi (2.1–rasm).



2.1–rasm

Qattiq jismning aylanma harakati burchak tezlik, burchak

tezlanish, kuch momenti va inersiya momentlari bilan xarakterlanadi.

Birlik vaqt davomidagi burilish burchagiga teng bo‘lgan kattalikka **burchak tezlik** deyiladi.

Agar qattiq jism Δt vakt ichida $\Delta\varphi$ burchakka burilsa, u xolda burchak tezlik ω kuyidagi formuladan aniklanadi:

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \Delta\varphi/\Delta t = d\varphi/dt. \quad (2.1)$$

Demak, burchak tezlik burilish burchagidan vakt buyicha olingan birinchi tartibli xosilaga teng ekan.

Burchak tezlik vektor kattalik bulib, uning yunalishini "o'ng vint" koidasi buyicha aniklash mumkin. Vintning aylanish yunalishi moddiy nukta aylanma xarakatining yunalishini ifodalasa, yukning ilgariylanma xarakati burchak tezlik yunalishini kursatadi.

Aylana yoyi uzunligi bilan markaziy burchak va aylana radiusi orasidagi bog‘lanish $\Delta S = R \cdot \Delta\varphi$ ekanini xisobga olsak chizikli tezlik bilan burchak tezlik orasidagi boglanish kelib chikadi:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\Delta S/\Delta t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (R\Delta\varphi/\Delta t) = R \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\Delta\varphi/\Delta t) = \omega R. \quad (2.2)$$

Tezlik vektor kattalik bulgani uchun (2.2) ifoda vektor shaklida kuyidagicha eziladi:

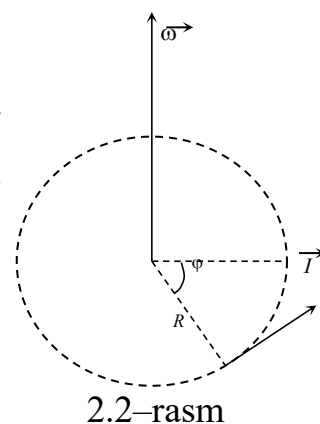
$$\vec{v} = [\vec{\omega} \vec{R}]. \quad (2.3)$$

Demak, chizikli tezlik vektori burchak tezlik vektori bilan radius vektorning vektor kupaytmasiga teng ekan. Ung vint koidasiga kura bu uch vektor 2.2–rasmدا kursatilgan yunalishlarga ega bo‘ladi.

Agar $\omega = const$ bulsa, aylanma xarakat tekis buladi. U xolda burchak tezlikni aylanish davri va chastotasi bilan ifodalash mumkin.

Tulik bir marta aylanish uchun ketgan vaktga **aylanish davri** (T), birlik vakt oraligidagi aylanishlar soniga **aylanish chastotasi** (ν) deyiladi.

Ular orasidagi boglanish $T = 1/\nu$ ga teng.



Agar $\omega \neq const$ bulsa, xarakat notekis buladi.

Notekis aylanma xarakat burchak tezlanish deb ataladigan kattalik bilan xarakterlanadi.

Burchak tezlikning vakt birligi oraligidagi uzgarishiga **burchak tezlanish** deyiladi.

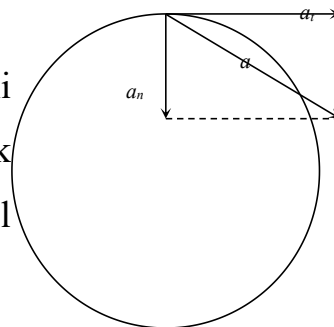
Agar Δt vakt oraligida moddiy nuqtaning burchak tezligi $\Delta\omega$ kadar uzgarsa, uning burchak tezlanishi quyidagicha buladi:

$$\vec{\varepsilon} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt}. \quad (2.4)$$

Burchak tezlanish burchak tezlikdan vakt buyicha olingan birinchi tartibli xosilaga teng.

Burchak tezlanish ham vektor kattalikdir. Uning yo'nalishi burchak tezlik bilan mos tushadi, agarda qattiq jism tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan bo'lsa, aks holda teskari yoo'nalgan bo'ladi.

Notekis xarakatda tezlik vektori \vec{v} miqdori va yunalishi buyicha uzgaradi. SHuning uchun bu xarakatda ishtirok etayotgan moddiy nuqtaning chizikli tezlanishini ikki tashkil etuvchiga ajratamiz (2.3–rasm).



2.3–rasm

a_t – tezlanishning tangensial tashkil etuvchisi. U vakt birligi oraligida chizikli tezlikning miqdoriy uzgarishini quyidagicha xarakterlaydi:

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d(\omega R)}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R\varepsilon, \quad a_t = \varepsilon \cdot R. \quad (2.5)$$

Demak, tangensial tezlanish burchak tezlanishning aylana radiusiga bulgan kupaytmasiga teng ekan.

Tezlanishning normal tashkil etuvchisi esa, tezlikning yunalishi buyicha uzgarishini kursatadi va quyidagicha aniklanadi:

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R, \quad a_n = \omega^2 \cdot R. \quad (2.6)$$

Keltirilgan ifodalarni kattik jism uchun umumlashtirishda, uni fikran shunday mayda bulaklarga bulamizki, ularning xar birini moddiy nuqta deb xisoblash mumkin bulsin.

Jismni aylanma xarakterga keltiruvchi kuchning ta'siri uning kuyilish nuqtasiga va kuch yunalishiga bog'lik. Aylanish ukidan turli masofalarga kuyilgan aynan bir kuch jismga turli burchak tezlanish beradi. Shu sababli kattik jism aylanma xarakter dinamikasining tenglamasini keltirib chikarish uchun kuch va massa tushunchalaridan tashkari, kuch momenti, xamda inersiya momenti degan kattaliklar kiritiladi.

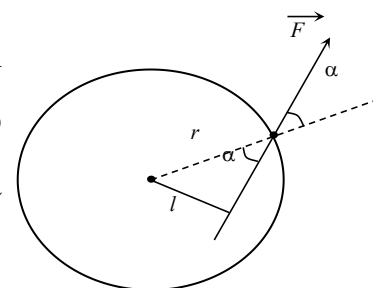
Elementar bulakchaga kuyilgan \vec{F} kuchning aylanish markazidan kuch kuyilgan nuqtaga utkazilgan \vec{r} radius-vektorga vektor kupaytmasi **kuch momenti** deb ataladi. Kuch momentining vektori kuyidagi formuladan aniklanadi:

$$\vec{M} = [\vec{r} \times \vec{F}].$$

Kuch momentining moduli quyidagicha bo'ladi:

$$M = F \cdot r \cdot \sin\alpha = Fl, \quad (2.7)$$

bunda $l = r \cdot \sin\alpha$ bulib, kuch yunalishiga aylanish markazidan tushirilgan perpendikulyar uzunligini ifodalaydi va **kuch elkasi** deb yuritiladi. Demak, kuch momenti qiymat jixatidan kuchning elkaga bulgan kupaytmasiga teng ekan, 2.4-rasmda moddiy nuqta deb karash mumkin bulgan bitta elementar bulakchanning aylana buylab xarakati tasvirlangan.



2.4-rasm

Kuch momentining **XBS (SI)** dagi birligi **N·m** bo'ladi.

Elementar bulakcha massasi (m) bilan bu bulakchadan aylanish markazigacha bulgan masofa kvadrati (r^2) kupaytmasiga teng bulgan kattalik elementar bulakchanning (moddiy nuqtaning) aylanish markaziga nisbatan **inersiya momenti** deyiladi va u kuyidagiga teng buladi:

$$I = mr^2. \quad (2.8)$$

Kattik jismni tashkil etuvchi elementar bulakchalar aylanish ukidan turli masofalarda joylashgan (r – turlicha).

Binobarin, (2.8) formulaga asosan elementar bulakchalarning inersiya momentlari turlicha buladi. Inersiya momenti skalyar kattalik bulgani uchun biror kuzgalmas ukka nisbatan jismning inersiya momenti uni tashkil etuvchi elementar bulakchalarning shu ukka nisbatan inersiya momentlarining yigindisiga teng buladi.

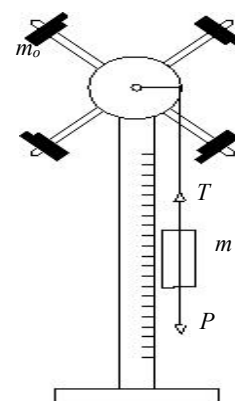
Agar elementar bulakchalar massalarini m_1, m_2, \dots, m_i , ularning kuzgalmas ukka

nisbatan aylanish radiuslarini r_1, r_2, \dots, r_i desak, u xolda jismning shu ukka nisbatan inersiya momenti quyidagi formuladan topiladi:

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

Tajriba qismi

Asbob qurilmasi Oberbek mayatnigidan iborat bo'lib bir xil massali (m) toshlar o'rnatilgan krestovinadan iborat (2.5–rasm). Toshlarni aylanish o'qiga nisbatan turli masofada o'rnatish mumkin. Agar bu yuklar aylanish o'qidan bir xil masofada tursa, aylanish o'qi qurilmaning massalar markazidan o'tganligi sababli, krestovinaga tashqi kuch ta'sir etmaguncha u o'zining muvozanatli holatini saqlaydi. Krestovina o'qida shkiv A o'rnatilgan bo'lib, unga o'ralgan ipga R yukni osib, butun sistemani harakatga keltirish mumkin. Yukning og'irlik kuchi ta'sirida ip taranglashadi. Og'irlik kuchi R pastga, taranglik kuchi T yuqoriga tomon yo'nalgan. Bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi jismga a tezlanish beradi.



2.5–rasm

Nyutonning 2-qonuniga ko'ra, ushbu sistema uchun quyidagi vektor tenglik o'rinli:

$$m \vec{a} = \vec{P} + \vec{T}. \quad (2.10)$$

Bu tenglikning modulini ezishda shartli ravishda harakatning musbat yunalishini belgilab olamiz. Rasmda ko'rsatilgan yo'nalishdagi kuchlarni musbat desak, teskari yo'nalishdagi kuchlar manfiy buladi. U holda natijalovchi kuch quyidagiga teng bo'ladi:

$$ma = P - T = mg - T, \quad (2.11)$$

bu yerda: m – pastga tushayotgan yukning massasi, a – harakatlanayotgan yukning tezlanishi, $P = mg$ – yukning og'irligi, T – taranglik kuchi.

Bundan taranglik kuchi quyidagiga teng bo'ladi:

$$T = mg - ma = m(g - a). \quad (2.12)$$

Taranglik kuchining aks ta'sir etuvchisi shkivga qo'yilgan bo'lib, bu kuchning aylantiruvchi momenti quyidagiga teng:

$$M = T \cdot r = m(g - a) \cdot r, \quad (2.13)$$

bunda r – shkiv radiusi, m – osilgan yuk massasi.

Ikkinchi tomondan aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasiga asosan:

$$\vec{M} = I\vec{\varepsilon}. \quad (2.14)$$

(2.5) ifodadan ε ni topib, uni (2.14) ga qo‘ysak va uni (2.13) ifoda bilan tenglashtirib, I ga nisbatan echsak quyidagi formulani hosil kilamiz:

$$I = mr^2(g/a - 1). \quad (2.15)$$

Yukning boshlang‘ich tezligi nolga teng. Binobarin, yukning harakati boshlang‘ich tezliksiz tekis tezlanuvchan harakatdan iborat bo‘lganligi uchun yo‘l formulasi quyidagicha bo‘ladi:

$$h = at^2/2. \quad (2.16)$$

Bundan yukning olgan tezlanishini topamiz:

$$a = 2h/t^2. \quad (2.17)$$

(2.17) ni (2.15) ga qo‘yib krestovinaning inersiya momentini topamiz:

$$I = mr^2 \left(\frac{gt^2}{2h} - 1 \right)$$

(2.18)

Ishni bajarish tartibi

Tajriba 2.5–rasmda ko‘rsatilgan qurilma yordamida quyidagi tartibda o‘tkaziladi:

1. Krestovinaning sterjenidan yukchalar chiqarib olinadi.
2. Shtangensirkul yordamida shkivning diametrini o‘lchab, uning radiusi r aniqlanadi.
3. Krestovinani aylantirib, m massali yuk yuqoriga ko‘tariladi. Ko‘tarilish balandligi h o‘lchanadi.
4. Yukni qo‘yib yuborib, sekundomer ishga tushiriladi va m massali yukning harakatlanish vaqti t o‘lchanadi.
5. Yukoridagi tajriba boshqa massali yuklar uchun takrorlanadi va har gal yukning tushish vaqti o‘lchanadi.
6. Bunday o‘lchashlar 5 marta takrorlanib olingan natijalar 1-jadvalga yoziladi.
7. Barcha hollar uchun (2.18) formuladan aylanuvchi sistemaning inersiya momenti I_0 aniqlanib, so‘ng ularning o‘rtacha qiymati $\langle I_0 \rangle$ hisoblanadi. O‘lchash va hisoblash natijalari 1-jadvalga yoziladi.

1-jadval

№	h,m	r,m	m,kg	t,s	$I_0,kg\cdot m^2$	$\langle I_0 \rangle$	ΔI_0	$\langle I_0 \rangle$	$\varepsilon, \%$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									

8. Krestovina sterjenlari uchlariga bir xil m_0 massali yuklarni aylanish o'qidan bir xil masofada qilib o'rnatib, farqsiz muvozanat hosil qilinadi. So'ng 5, 6, 7 punktlardagi amallar takrorlanadi. (2.18) formuladan yukli krestovinning inersiya momentlari I_1 ni hisoblab, ularning o'rtacha qiymati aniqlanadi. O'lchash va hisoblash natijalari 2-jadvalga yoziladi.

2-jadval

№	h,m	r,m	m,kg	t,s	$I_1,kg\cdot m^2$	$\langle I_1 \rangle$	ΔI_1	$\langle I_1 \rangle$	$\varepsilon, \%$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									

9. Hisoblash natijalaridan absolyut va nisbiy xatoliklar aniqlanadi.

10. Huddi shu tajriba yuklar krestovinning aylanish o'qiga yaqin bo'lgan qismida bajariladi va (2.18) formuladan yukli krestovinning inersiya momentlari I_2 ni aniqlanadi va 3-jadvalga yoziladi.

3-jadval

№	h,m	r,m	m,kg	t,s	$I_2,kg\cdot m^2$	$\langle I_2 \rangle$	ΔI_2	$\langle I_2 \rangle$	$\varepsilon, \%$
1.									
2.									
3.									

4.									
5.									

Krestovina sterjeniga o'rnatilgan har bir yukning inersiya momenti quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$I = \frac{1}{4} (\langle I_i \rangle - \langle I_o \rangle) \quad (2.19)$$

Sinov savollari

1. Absolyut qattiq jism deb qanday jismga aytiladi?
2. Aylanma harakat deb qanday harakatga aytiladi?
3. Aylanma harakat qanday fizik kattaliklar bilan xarakterlanadi va ular qanday birliklarda o'lchanadi?
4. Ilgarilanma va aylanma harakatni xarakterlovchi kattaliklar orasidagi bog'lanishlarni keltiring?
5. Nyutonning 2-qonunini ilgarilanma va aylanma harakat uchun yozib ta'riflab bering.
6. Ishchi formulani keltirib chikaring.

3 – laboratoriya ishi

Tebranma harakat qonunlarini o'rganish. Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini va fizik mayatnik yordamida inersiya momentini aniqlash.

Ishning maksadi: tebranma xarakat dinamikasi konunlarini o'rganish. Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishi va fizik mayatnik yordamida inersiya momentini tajribada aniklash.

Kerakli asboblari: matematik mayatnik, fizik mayatnik, chizg'ich va sekundomer.

NAZARIY QISM

Ma'lum bir darajada takrorlanib turadigan harakat *tebranma harakat* yoki sodda

qilib **tebranish** deb ataladi. /arakat holati bir xil vaqt oralig'ida qaytarilgan tebranish **davriy tebranish** deb ataladi. Bitta to'la tebranish uchun ketgan vaqt **tebranish davri** deb ataladi. Birlik vaqt ichidagi tebranishlar soniga **tebranish chastotasi** deb ataladi. Ular o'zaro teskari kattaliklardir:

$$\nu=1/T \rightarrow T=1/\nu.$$

Tebranish chastotasi xalqaro birliklar sistemasi (**XBS**) da gers (Gs) larda o'lchanadi. 1 Hz shunday davriy tebranish chastotasiki, unda 1 s ichida 1 ta to'liq tebranish sodir bo'ladi, ya'ni $1 \text{ Hz}=1/\text{s}=1 \text{ s}^{-1}$.

2π sekund ichidagi to'liq tebranishlar soniga **siklik chastota** deb ataladi.

$$\omega=2\pi\nu=2\pi/T.$$

Agar t sekund ichida N ta to'liq tebranish sodir bo'lsa, u holda tebranish davri:

$$T=t/N.$$

Tebranish chastotasi: $\nu=N/t.$

Siklik chastota: $\omega=2\pi/T.$

Sinus ekin kosinuslar qonuni bo'yicha o'zgaradigan davriy xarakat **garmonik tebranma harakat** deyiladi. Garmonik tebranishning kinematik tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$x=A\cos(\omega t+\varphi_0)=A\cos(2\pi\nu t+\varphi_0), \quad (3.1)$$

$$y=A\sin(\omega t+\varphi_0)=A\sin(2\pi\nu t+\varphi_0). \quad (3.2)$$

(3.1) va (3.2) tenglamalarda x (yoki y) moddiy nuqtaning (zarraning) muvozanat vaziyatidan siljishi, A – siljishning eng katta qiymati, ya'ni amplituda, ω – tebranma xarakatning siklik chastotasi, $(\omega t+\alpha)$ – fazasi. **Tebranishlar fazasi** berilgan $t \neq 0$ vaqt momentidagi tebranayotgan zarraning holatini xarakterlaydi. U tebranish boshidan davrning qanday qismi o'tganini ko'rsatadi.

φ_0 – kattalik tebranishlarning boshlang'ich fazasi deyiladi. U tebranayotgan zarraning $t=0$ boshlang'ich vaqt momentidagi holatini xarakterlaydi, ya'ni vaqtning qaysi momentidan tebranishlarni hisoblashni ko'rsatadi. Garmonik tebranish sodir etayotgan ixtiyoriy zarra **garmonik ossillyator** deb ataladi. Tashqi kuchlar ta'sir etmaganda (ossillyator muvozanat vaziyatidan chiqarilib o'z-o'ziga qo'yilgan) sodir

bo‘ladigan garmonik ossillyator tebranishi *erkin tebranishlar* deb ataladi. Erkin tebranishlar dinamikasining tenglamasi (garmonik tebranishlarning differensial tenglamasi):

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0, \quad (3.3)$$

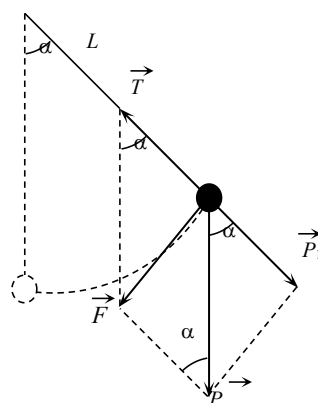
bu yerda x – siljish, ω_0 – garmonik tebranishlarning siklik chastotasi.

1–mashq: Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash.

Tebranma harakat qonunlarini o‘rganishda mayatniklardan foydalaniladi. Cho‘zilmaydigan, vaznsiz ipga osilgan, o‘lchamlari ipning o‘lchamlaridan ancha kichik, massalari bitta nuqtaga mujassamlashgan sharcha *matematik mayatnik* deyiladi. Jism osilgan ipning vertikal holatida matematik mayatnik muvozanat holatida joylashgan bo‘ladi, ya’ni mayatnikning og‘irlik kuchi ipning taranglik kuchi bilan muvozanatlashgan bo‘ladi.

Muvozanat holatidan kichik α ($\alpha \approx 6^\circ$) burchakka chiqarilgan mayatnikka quyidagi kuchlar (3.1–rasm) ta’sir etadi:

$\vec{P} = m\vec{g}$ – og‘irlik kuchining tangensial tashkil etuvchisi va \vec{T} – ipning taranglik kuchi. Ularning teng ta’sir etuvchisi \vec{F} , mayatnikni muvozanat holatiga qaytarishga harakat qiladi, ya’ni qaytaruvchi kuch bo‘lib hisoblanadi. 3.1–rasmdan $F/P = \sin \alpha$,



3.1–rasm

undan $F = mg \sin \alpha$ ligi kelib chiqadi. Kichik burchaklar uchun $\sin \alpha \approx \alpha = x/L$, bu yerda x – egri chizikli siljish (yoy uzunligi), L – osilish nuqtasidan massalar markazigacha bo‘lgan masofa. Qaytaruvchi kuch va siljishning qarama-qarshi yo‘nalganligini hisobga olsak $F = -mgx/L$ bo‘ladi. Nyutonning

ikkinchi qonuniga asosan $F = ma = m \frac{d^2x}{dt^2}$, u holda $-mgx/L = m \frac{d^2x}{dt^2}$, bundan

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{g}{L} x = 0. \quad (3.4)$$

(3.4) tenglama matematik mayatnikning erkin va garmonik (kichik) tebranishlarining differensial tenglamasi, ya’ni ikkinchi tartibli differensial tenglamadir.

Bu tenglamaning echimini $x=A\cos(\omega_0 t+\varphi_0)$ ko‘rinishda qidiramiz. U holda

$$v=\frac{dx}{dt}=-A\omega_0\sin(\omega_0 t+\varphi_0),$$

$$a=\frac{dv}{dt}=\frac{d^2x}{dt^2}=-A\omega_0^2\cos(\omega_0 t+\varphi_0)=-\omega_0^2x, \quad (3.5)$$

(3.5) ni (3.4) ga qo‘yamiz:

$$-\omega_0^2x+\frac{g}{L}x=0,$$

bundan

$$\omega_0=\sqrt{\frac{g}{L}}. \quad (3.6)$$

Tebranish davri

$$T=\frac{2\pi}{\omega_0}=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}=2\pi\sqrt{\frac{l+d}{g}}. \quad (3.7)$$

Bu yerda l – ipning uzunligi, d – jimning ipga ulanish joyidan massalar markazigacha bo‘lgan masofa. Mayatnikning uzunligi L ni bevosita o‘lchash juda qiyin, chunki jismning massalar markazini aniqlash kerak bo‘ladi. Shuning uchun mazkur ishni bajarayotganda ipning uzunligini $l_1=1$ m deb olib, T_1 tebranishlar davri aniqlanadi:

$$T_1=2\pi\sqrt{\frac{l_1+d}{g}}. \quad (3.8)$$

So‘ngra ipni $l_2=0,9$ m gacha qisqartiriladi va yana T_2 tebranishlar davri aniqlanadi.

$$T_2=2\pi\sqrt{\frac{l_2+d}{g}}. \quad (3.9)$$

(3.8) tenglamadan (3.9) tenglamani ayirib va chiqqan tenglamani g ga nisbatan echib quyidagini olamiz:

$$g=\frac{4\pi^2(l_1-l_2)}{T_1^2-T_2^2}. \quad (3.10)$$

Shunday qilib erkin tushish tezlanishi g (3.10) formula yordamida hisoblanadi.

Ishni bajarish tartibi

1. Ipining uzunligi $l_1=1$ m bo‘lgan matematik mayatnik muvozonat holatidan α – kichik burchakka ($\alpha\leq 6^\circ$) og‘dirilib qo‘yib yuboriladi. Sekundomer yordamida

$N = 10$ ta to'liq tebranish vaqti t ni hisoblaymiz. SHu tajriba kamida 3 marta takrolanadi va tebranish vaqtining o'rtacha qiymati quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$t_{o'r} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$$

Topilgan $t_{o'r}$ ni bilgan holda, tebranish davri $T_1 = t_{o'r1}/N$ hisoblanadi.

2. Mayatnikning uzunligini $l_2 = 0,9$ m bo'lgan xol uchun 1-punkttdagi o'lchashlar takrollanadi va $T_2 = t_{o'r2}/N$ hisoblanadi.
3. Mayatnikning uzunligi $l_2 = 0,8$ m bo'lgan hol uchun 1-punkttdagi o'lchashlar takrollanadi va $T_3 = t_{o'r3}/N$ hisoblanadi.
4. (3.10) formula yordamida g ni hisoblaymiz va o'lchashlar natijalarini 1-jadvalga yozamiz:

1-jadval.

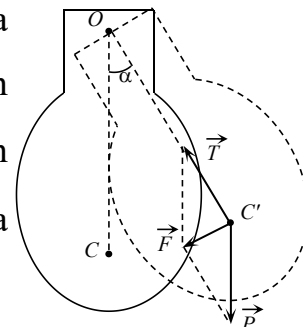
No	l, m	N	t, s	$\langle t \rangle$	T, s	$g, m/s^2$	$\langle g \rangle$	Δg	$\langle \Delta g \rangle$	η
1.	1	10								
2.	0,9	10								
3.	0,8	10								

5. Hatoliklar nazariyasiga asosan g ni o'lchashdagi absolyut va nisbiy hatoliklar aniqlanadi.
6. Natija $g = (\langle g \rangle \pm \langle \Delta g \rangle) m/s^2$ ko'rinishda yoziladi.

2-mashq: Fizik mayatnikning inersiya momentini aniqlash.

Og'irlik markazidan o'tmaydigan, gorizontal o'qqa nisbatan tebrana oladigan har

qanday qattiq jism (moddiy nuqta emas) **fizik mayatnik** deyiladi. 3.2–rasmda fizik mayatnik tasvirlangan. O – osilish nuqtasi, S – mayatnikning massalar markazi. Agar OC chiziq vertikal joylashgan bo‘lsa, mayatnik muvozanat holatida bo‘ladi (og‘irlik kuchi elastiklik kuchi bilan muvozanatlashgan bo‘ladi). Kichik α burchakka muvozanat vaziyatidan chiqarilgan fizik mayatnik OC' holatni egallaydi, natijada uni avvalgi holatiga qaytaruvchi F kuch paydo bo‘ladi:



3.2–rasm

$$F = mgsin\alpha \approx mg\alpha.$$

Fizik mayatnikning tebranma harakatini aylanma harakatning bir qismi deb qarash mumkin, shuning uchun aylanma harakat uchun dinamikaning asosiy qonunini (Nyutonning II qonuni) ishlatamiz:

$$M = I\varepsilon,$$

bu yerda M – aylantiruvchi moment, I – mayatnikning aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti, ε – mayatnikning burchak tezlanishi bo‘lib, α siljish burchagidan vaqt bo‘yicha olingan ikkinchi tartibli hosilaga teng, ya’ni:

$$\varepsilon = \frac{d^2\alpha}{dt^2}. \quad (3.12)$$

Aylantiruvchi moment $M = Fb$ bo‘lgani uchun, bu yerda $b = OS = OS'$ – qaytaruvchi \vec{F} kuch elkasi bo‘lib osilish nuqtasidan massalar markazigacha bo‘lgan masofaga teng, $Fb = I \frac{d^2\alpha}{dt^2}$ bo‘ladi va unga (3.11) ifodadan F ning qiymatini qo‘ysak quyidagini olamiz:

$$I \frac{d^2\alpha}{dt^2} = mgb\alpha$$

yoki

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{mgb}{I} \alpha = 0. \quad (3.13)$$

Natijada fizik mayatnikning garmonik (kichik) tebranishlarining differensial tenglamasini oldik.

(3.13) tenglamaning echimi:

$$\alpha = \alpha_{max} \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

u holda:

$$\omega_o = \frac{d\alpha}{dt} = -\omega \alpha_{max} \sin(\omega_o t + \varphi_o),$$

$$\varepsilon = \frac{d\omega_o}{dt} = \frac{d^2\alpha}{dt^2} = -\omega_o^2 \alpha_{max} \cos(\omega_o t + \varphi_o) = -\omega_o^2 \alpha, \quad (3.14)$$

(3.14) ni (3.13) ga olib borib qo'ysak, quyidagini olamiz:

$$-\omega_o^2 \alpha + \frac{mgb}{I} \alpha = 0,$$

bundan

$$\omega_o = \sqrt{\frac{mgb}{I}}. \quad (3.15)$$

Fizik mayatnikning tebranish davri:

$$T = 2\pi / \omega_o = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgb}}. \quad (3.16)$$

(3.16) ifodadan fizik mayatnik uchun inersiya momentini topamiz:

$$I = \frac{mgbT^2}{4\pi^2} \quad (3.17)$$

Ishni bajarish tartibi.

1. Mayatnikning osilish nuqtasidan massalar markazigacha bo'lgan masofa b lineyka yordamida o'lchanadi.
2. Mayatnikni muvozanat holatidan $5 \div 6^\circ$ burchakka og'irilib, N ta tebranishi uchun ketgan vaqt aniqlanadi va $T = t / N$ formuladan mayatnikning tebranish davri aniqlanadi. Bu tajriba 3 marta takrorlanadi va 2-jadvalga yoziladi.
3. (3.17) formuladan inersiya momenti hisoblanadi.
4. Aylanish o'qi bilan og'irlik markazi orasidagi masofa b o'zgartirilib, yuqoridagi tajriba 3 marta takrorlanadi. O'lchash natijalari 2-jadvalga yoziladi.

2-jadval.

№	b, m	N	t, s	T, c	$I, kg \cdot m^2$	$\langle I \rangle$	ΔI	$\langle \Delta I \rangle$	η
1.		20							
2.									
3.									
1.		20							

2.									
3.									

5. Soʻngra $\langle I \rangle$, $\langle \Delta I \rangle$ va $\eta = \frac{\langle \Delta I \rangle}{\langle I \rangle} \cdot 100\%$ lar hisoblanadi va jadvalga yoziladi.

6. Oʻlchash va hisoblash natijalari quyidagi koʻrinishda yoziladi:

$$I = \langle I \rangle \pm \langle \Delta I \rangle$$

Eslatma.

Laboratoriya ishida foydalanilayotgan fizik mayatnikning massasi $m = 0,93$ kg.

Sinov savollari

1. Tebranish deb nimaga aytiladi? Davriy tebranish deb nimaga aytiladi? Garmonik tebranish deb nimaga aytiladi? U kanday kattaliklar bilan tushuntiriladi?
2. Garmonik tebranishning kinematik va dinamik tenglamalari.
3. Garmonik tebranish amplitudasi, davri, chastotasi, siklik chastotasi fazasi va boshlangʻich fazasi deb nimaga aytiladi?
4. Garmonik tebranishdagi tezlik, tezlanish, kuch va energiya.
5. Matematik mayatnik deb nimaga aytiladi?
6. Fizik mayatnik deb nimaga aytiladi?
7. Mayatniklarning davri ularning massalariga bogʻliqmi?
8. Nima uchun mayatnikni muvozanat vaziyatidan $5-6^\circ$ burchakka ogʻdirish kerak?
9. Matematik va fizik mayatniklarning erkin tebranishlar davri formulalarini keltirib chiqaring.

4 – laboratoriya ishi

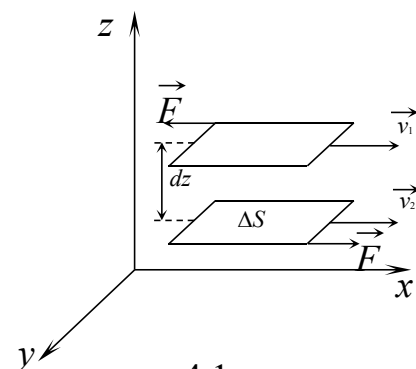
Stoks usuli bilan suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsientini aniqlash

Ishning maksadi: suyuqlik qatlamlarining oʻzaro harakatini oʻrganish va u bilan boʻliq boʻlgan hodisalarni kuzatib, ichki ishqalanish koeffitsientini aniqlash.

Kerakli asboblari: tekshirilayotgan suyuqlik quyilgan silindrik shakldagi shisha idish, poʻlat va qoʻrgʻoshindan yasalgan sharchalar, mikrometr, masshtabli chizigʻich va sekundamer.

NAZARIY QISM

Ma'lumki, suyuqlik molekularining zichligi, gaz molekularining zichligidan bir necha marotaba katta. Molekulalar orasidagi masofani taxminan bitta molekula diametriga teng deb faraz qilish mumkin. Binobarin, suyuqlik molekulari uchun o'rtacha erkin yugurish yo'l masofasi o'z ma'nosini yo'qotadi. Shuning uchun suyuqlik molekulari gazlarniki kabi erkin harakat qila olmaydi. Ular qo'shni molekular orasida tebranma harakat qilib, «o'troq» hayot kechiradi. Vaqti-vaqti bilan tartibsiz ravishda o'z o'rinlarini o'zgartirib turishadi. Suyuqlik molekularining bunday tabiati ichki ishqalanish hodisasiga ham ta'sir qiladi. Suyuqliklarda ichki ishqalanish, vaqti-vaqti bilan o'z o'rnini o'zgartirib, qatlamdan ikkinchi qatlamga (6.1–rasm) impuls olib



4.1–rasm

bir

o'tadigan molekular hisobiga sodir bo'ladi. Molekulalarning bunday sakrab o'tishi kamroq sodir bo'lgani uchun suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffitsienti gazlarnikiga nisbatan ancha kuchli bo'ladi. Past temperaturalarda bu farq, ayniqsa, sezilarlidir. Temperatura ko'tarilishi bilan, «sakrab» o'z holatini o'zgartiradigan molekularning soni ortib boradi. Ichki ishqalanish koeffitsienti temperatura ortishi bilan tez kamayadi.

Tezliklari har xil bo'lgan ikki qo'shni qatlam orasidagi ishqalanish kuchi quyidagiga teng:

$$F = -\eta \frac{dv}{dx} S, \quad (4.1)$$

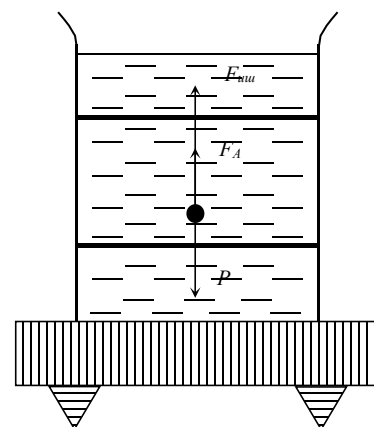
bunda η – ichki ishqalanish koeffitsienti yoki dinamik qovushoqlik koeffitsienti, dv/dx – tezlik gradienti, S – ishqalanish kuchi ta'sir etayotgan qatlam yuzi; minus ishora kuch impulsning kamayishi shu tomonga yunalganligini ko'rsatadi. (6.1) formulada $dv/dx=1$ va $S=1 \text{ m}^2$ deb qabul qilib $[F]=\eta$ ifodani olamiz, ya'ni *dinamik qovushoqlik koeffitsienti deb birlik yuzadagi, tezlik gradienti birga teng bo'lgandagi ichki ishqalanish kuchiga teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi*. Yuqorida ko'rib o'tilgan m – massali suyuqlik ishqalanish koeffitsientidan tashqari, uning hajm birligidagi massaga nisbati bilan belgilanadigan kinematik ishqalanish koeffitsienti ham ishlatiladi. U quyidagicha yoziladi:

$$v=\eta/\rho. \quad (4.2)$$

Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffitsientlari viskozimetr yordamida o'lanadi. SHuningdek ishqalanish bilan bog'liq bo'lgan yana bir necha usullardan foydalanib ichki ishqalanish koeffitsientini tajribada aniqlash mumkin. Ulardan biri kichik sharchalarning suyuqliklardagi harakatiga asoslanadi. Ma'lumki, sharcha suyuqlikda vertikal harakatlansa, unga bir vaqtning o'zida uchta kuch ta'sir etadi: sharchaning og'irlik kuchi \bar{P} , Arximed kuchi \bar{F}_A , va suyuqlikning ichki ishqalanish kuchi \bar{F}_{ishq} . Teng ta'sir etuvchi kuch bu kuchlarning vektor yig'indisiga teng:

$$\bar{F}=\bar{P}+\bar{F}_A+\bar{F}_{ushk}. \quad (4.3)$$

Harakat yo'nalishidagi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi (6.2-rasm) $F=P-(F_A+F_{ishk})$ bilan mos tushadi. /arakat boshida $P>F_A + F_{ishk}$ bo'lib, jism tezlanuvchan harakat qiladi. Sharchaning tezligi ortib borgani sari ishqalanish kuchi ham ortib boradi. Bu kuch Stoks konuni asosida aniqlanadi. U quyidagicha ta'riflanadi: suyuqlikda harakatlanayotgan shar shaklidagi jismlar uchun suyuqlikning qarshilik kuchi harakat tezligiga, shar radiusiga va suyuqlikning ishqalanish koeffitsientiga proporsional:



4.2-rasm

$$F_{ishk}=6\pi\eta vr. \quad (4.4)$$

/arakat tezligi ma'lum qiymatga etganda kuchlarning teng ta'sir etuvchisi nolga teng buladi:

$$P-(F_A+F_{ishk})=0. \quad (4.5)$$

SHu vaqtdan boshlab sharchaning tezligi o'zgarmay qoladi, u to'g'ri chiziqli tekis harakat qiladi. Bunday harakat ichki ishqalanish koeffitsientini aniqlash imkoniyatini beradi.

Arximed kuchi quyidagiga teng:

$$F_A=\rho_c Vg=\frac{4}{3}\pi r^3\rho_c g, \quad (4.6)$$

og'irlik kuchi esa: $P=mg=\rho_{sh} Vg=\frac{4}{3}\pi r^3\rho_{sh} g \quad (4.7)$

(6.4), (6.6) va (6.7) formulalar (6.5) formulaga qo'yilib, tekshirilayotgan suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsienti aniqlanadi:

$$\frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho_{sh} - \rho_s) - 6 \pi \eta r v = 0,$$

$$\eta = \frac{2}{9} (\rho_{sh} - \rho_s) \frac{g r^2}{v} = \frac{1}{18} (\rho_{sh} - \rho_s) \frac{g d^2}{v}, \quad (4.8)$$

bu yerda r – sharchaning radiusi, ρ_s , ρ_{sh} – mos ravishda suyuqlik va sharcha materiallarining zichliklari.

Sharcha l masofani t vaqtda bosib o'tsa (4.3-rasm), uning o'zgarmas tezligi $v=l/t$ bo'ladi, u holda (6.8) ifoda quyidagicha yoziladi:

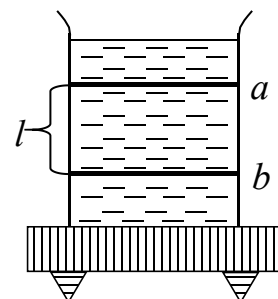
$$\eta = \frac{1}{18} (\rho_{sh} - \rho_s) \frac{g d^2 t}{l} = C d^2 t, \quad (4.9)$$

bu yerda
$$C = \frac{1}{18} (\rho_{sh} - \rho_s) \frac{g}{l}. \quad (4.10)$$

Suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsienti (6.9) formula asosida hisoblanadi. Sharcha va suyuqlikning zichliklari darslikda ko'rsatilgan jadvaldan olinadi.

Ishni bajarish tartibi

1. Tajriba 6.3–rasmda ko'rsatilgan qurilma yordamida o'tkaziladi, suyuqlik sifatida glitserin yoki paxta yog'idan foydalaniladi.
2. Shisha idish devorlariga qo'yilgan belgilar orasidagi masofa l chizg'ich yordamida o'lchanadi, sharcha va suyuqlikning zichligi jadvaldan yozib olinadi.
3. (6.10) ifodadan muayyan tajribaga bog'liq doimiy «S» hisoblanadi.
4. Suyuqlikka tushiriladigan sharchaning diametri 0,01 mm aniqlikda mikrometr yordamida o'lchanadi, bu sharcha pinset yordamida mumkin qadar silindr o'qiga va suyuqlik sirtiga yaqin tashlanadi.
5. Sharchaning suyuqlikdagi belgilar orasidagi masofani o'tish vaqti aniqlanadi.
6. Tajriba 10 marta har xil o'lchamdagi sharchalar uchun takrorlanadi.
7. (6.9) ifodadan ichki ishqalanish koeffitsienti hisoblanadi.



6.3–rasm

O'lchash va hisoblash natijalari 1–jadvalga yoziladi.

1-jadval

N_2	l, m	d, m	t, s	$\eta, kg/m \cdot s$	$\langle \eta \rangle$	$\Delta \eta$	$\langle \Delta \eta \rangle$	$\varepsilon, \%$
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								
9.								
10.								

9. So'ngra $\langle \eta \rangle$, $\langle \Delta \eta \rangle = |\langle \eta \rangle - \eta_i|$ va ε -lar hisoblanadi va jadvalga yoziladi.

10. O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\eta = \langle \eta \rangle \pm \langle \Delta \eta \rangle$$

Sinov savollari

1. Ichki ishqalanish kuchlarining vujudga kelishini tushuntiring. U qanday fizik kattaliklarga bog'liq?
2. Ichki ishqalanish koeffitsienti deb nimaga aytiladi, uning o'lchov birligi qanday? Kinematik qovushoqlik koeffitsienti nima va uning birligi qanday?
3. Qovushoq suyuqlikdagi sharga ta'sir etuvchi kuchlarning ifodasini yozib tushuntiring.
4. Sharning suyuqlikda tekis harakatlanish shartlarini tushuntiring.
5. Nima uchun Stoks qonuni kichik tezlikda harakatlanuvchi sharchalar uchun o'rinli bo'ladi?
6. Ishchi formulani keltirib chiqaring.

5 – laboratoriya ishi

Galiley tarnovida dumalanish ishqalanish koeffitsientini va shar to'siqqa urilgandagi kuch impulsini aniqlash.

Kerakli asboblari va materiallar: Galiley tarnovi, chizgich, sekundomer, sharcha, tarozi toshlari bilan, shtangentsirkul

Nazariy qism

Tarnovdan dumalab tushayotgan sharga bir necha kuch ta'sir etadi: ogirlik kuchi, ishqalanish va xavoning qarshilik kuchi.

Ogirlik kuchi

$$P = mg \quad (5.1)$$

1-rasmda ko'rsatilganidek ikkita tashkil etuvchiga ajratish mumkin:

P_n – sharni qiya tekislikka siquvchi kuch

$$P = P \cos \alpha \quad (5.2)$$

va qiya tekislik buylab xarakatlantiruvchi kuch (og'irlik kuchini tashkil etuvchisi)

$$F = P \sin \alpha \quad (5.3)$$

Qiya tekislik bo'ylab xarakatlana yotgan shar xarakat yo'nalishiga karshi ishqalanish kuchi ta'sir etadi. Bu ishqalanish kuchi normal bosim kuchiga (ushbu xolda R_n) ishqalanish koeffitsienti va shar radiusiga (R) bog'lidir.

$$F_{\text{uuk}} = \frac{K}{R} P_n = \frac{K}{R} P \cos \alpha \quad (5.4)$$

K – ishqalanish koeffitsienti bo'lib shar xamda qiya tekislik materialiga bog'lik va uzunlik birligiga ega.

Quyidagi muloxazalar asosida xam (5.4) formulaga ega bo'lish mumkin.

Dumalanayotgan jismga bir necha kuch ta'sir etadi:

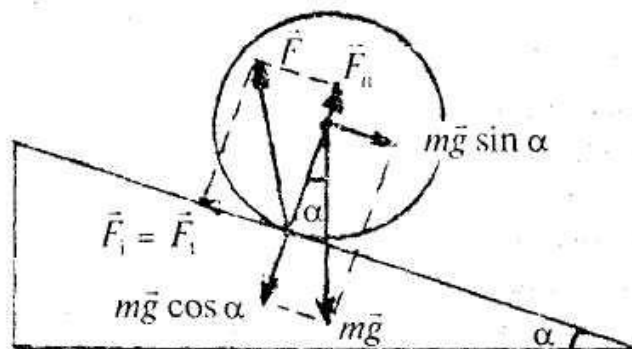
R – og'irlik kuchi

F_{ishk} – ishqalanish kuchi

F – ta'sir etuvchi kuch (tezlanish beruvchi, ogirlik kuchini tashkil etuvchisi) sharga ta'sir etuvchi kuchlarning teng ta'sir etuvchisi orka tomonga yo'nalgan bo'lsa, shar qiya tekislik buylab dumalanganda tezlanish manfiy bo'lgani uchun:

N – kuch chizig‘i shar markazidan yuqoriroqda o‘tishi kerak aks xolda kuch musbat tevlanish beradi. Kuchlarning teng ta’sir etuvchisining qo‘yish nuqtasi «K» masofaga siljigan $K \ll R$ bo‘lganligi uchun qiya tekislik burchagi xam juda kichik bo‘ladi. Shu sababli 5.1-rasmdan

$$N=P, \quad P=N \cos \alpha \quad F=N \sin \alpha \approx F_{\text{uuuk}} \quad F=N\alpha \approx F_{\text{uuuk}}$$

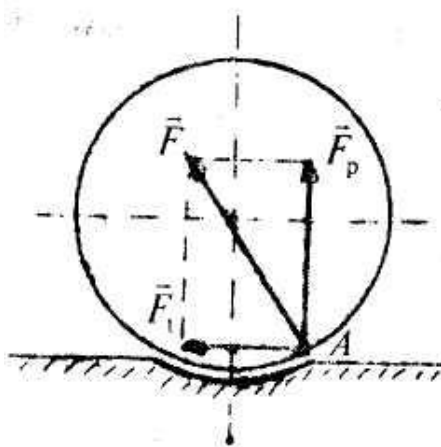


5.1-rasm. Galiley tarnovi

$$\sin \alpha \frac{K}{R} \text{ bo'lganda } F_{\text{uuuk}} = N\alpha = N \frac{K}{R} \text{ yoki } F_{\text{uuuk}} = P \frac{K}{R} \cos \alpha$$

$$\text{yoki } F_{\text{uuuk}} R = P_n K$$

Bu tengliklardan ko‘rinadiki «K» kuch elkasi vazifasini bajarar ekan shu sababli uzunlik birligida o‘lchanadi. Ishqalanish kuchlari momenti normal bosim kuchini «K» ga kupaytmasiga teng «K» kattalikni dumalanish ishqalanish kuchlarini momentini koeffitsienti deyiladi.



5.2-rasm

$$F_{uuuk} = \frac{K}{R} P_n = \frac{K}{R} P \cos \alpha \quad (5.4) \text{ formulaning uzginasidir.}$$

Qarshilik kuchi (F_{kar}) esa jism shakli va uni muxitdagi xarakat tezligiga bog'lik. Ushbu ishda kuchni qiymati kichik bo'lganligi sababli unga ta'sir etuvchi qarshilik kuchini xisobga olinmasa xam bo'ladi.

Dumalanayotgan shar ishqalanish (F_{ishk})

va og'irlik kuchlarining tashkil etuvchisi tufayli tezlanish olib tekis tezlanuvchan xarakatlanadi ya'ni:

$$ma = F - F_{ishk} \quad (5.5)$$

(5.1) dan «m» ni, (5.3) dan F ni

(5.4) dan F_{ishk} xisobga olinsa

$$\frac{P}{g} a = P \sin \alpha - \frac{K}{R} P \cos \alpha \quad (6)$$

(5.6) dan

$$a = g \left(\sin \alpha - \frac{K}{R} \cos \alpha \right) \quad (5.7)$$

Dumalanayotgan sharni tezlanishi qiya tekislikni og'ish burchagi (α) ishqalanish koeffitsienti va shar radiusiga bog'liq . Agar $F = F_{ishk}$ va $a=0$ bo'lsa, shar tekis dumalaydi ya'ni

$$P \sin \alpha = \frac{K}{R} P \cos \alpha \quad \frac{K}{R} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$F > F_{ishk} \text{ da esa} \quad P \sin \alpha > \frac{K}{R} P \cos \alpha$$

$$F < F_{ishk} \text{ da esa} \quad P \sin \alpha < \frac{K}{R} P \cos \alpha$$

$\frac{K}{R} > \operatorname{tg} \alpha$ da xarakat sekinlashuvchan,

$\frac{K}{R} < \operatorname{tg} \alpha$ da xarakat tezlanuvchan bo'ladi.

(7) formuladan ishqalanish koeffitsientini aniqlash mumkin.

$$K = \frac{R}{\cos \alpha} \left(\sin \alpha - \frac{a}{g} \right) \quad V_0 = 0 \text{ da } 1 = \frac{at^2}{2} \text{ va } a = \frac{2l}{t^2}$$

bu erda l – sharni bosib utgan yo'li

t - uni xarakatlanish vaqti

“ a ” ni qiymatini xisobga olsak:

$$K = \frac{R}{\cos \alpha} \left(\sin \alpha - \frac{2l}{gt^2} \right) \text{ yoki } K = R \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{2l}{gt^2 \cos \alpha} \right) \quad (5.8)$$

K – ga dumalanishdagi ishqalanish koeffitsienti deyiladi.

(5.8) – da esa uni aniklanish ishchi formulasidir.

Unga shar radiusi (R) masofa (5.1), xarakatlanish vaqti (t) va qiya tekislik turchagi (α) o'lchab qo'yiladi. Sharni to'siqqa urilgandagi kuch impulsini o'lchash uchun Nyutonning ikkinchi qonunidan foydalanamiz.

$$F\Delta t = mV'_1 - mV_1 \quad (9)$$

Jism impulsining o'zgarishi kuch impulsiga teng. Jism massasini uning tezligiga ko'paytmasi bilan o'lchanadigan kattalikka jism impulsi deyiladi. (mV). Moduli bo'yicha

$\Delta(F \cdot t) = m(V'_1 - V_1)$ (6) ga teng chunki shar to'siqqa urilib qaytganida tezlikni yo'nalishi o'zgaradi.

V_1 – sharni urulguncha bo'lgan tezligi

V'_1 – sharni to'siqqa urilib kaytish vaqtidagi tezligi

Sharni urulguncha bo'lgan tezligi

$$V_1 = at = \frac{2l}{t^2} t = \frac{2l}{t} \text{ urilgandan keyingi tezligi } V'_1 = \frac{2l_1}{t_1}$$

l_1 – qaytish masofasi. t_1 – o'sha masofani bosib utish uchun ketgan vaqtni tajribada o'lchash qiyin bo'lganligi uchun t_1 aniqlashda sharni to'siqqa urilguncha va urilgandan keyingi kinetik energiyalarning nisbatlaridan foydalanamiz. (V'_1) E_k – sharni urilguncha to'lik kinetik energiyasi bo'lib balandlikka potentsial energiya bilan ishqalanish kuchi bajargan ishi ayirmasiga teng.

$$E_k = E_{nom} - A$$

$$E_k = mgh_3 - \frac{K}{R} pl \cos \alpha$$

$$h_3 = l \sin \alpha$$

Urilgandan keyingi shar kinetik energiyasi l_1 masofadagi ishqalanish kuchini engish vaqtdagi bajarilgan ishga, h_4 – balandlikka ko'tarilishdagi berilgan potentsial energiyalarga sarf bo'ladi.

(5.1-rasm) ya'ni

$$h_4 = l_1 \sin \alpha$$

$$E'k = mgh_4 + \frac{K}{R} mgl_1 \cos \alpha \text{ yoki } E'k = mgl_1 \sin \alpha + mgl_1 \cos \alpha$$

Sharni urulguncha to'liq kinetik energiyasi;

$$E_k = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{IW^2}{2}$$

Bu yerda I – shar inertsiya momenti bo'lib

$I = \frac{2}{5} mR^2$ ga teng. $V = \omega R$ bog'lanishni xisobga olinsa

$$E_k = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{2mV_1^2}{10} = \frac{7mV_1^2}{10}$$

Shunga o'xshash shar urilgandan keyingi kinetik energiyasi

$$E_k = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{1W^2}{1} = \frac{7mV_1^2}{10} \text{ nisbat;}$$

$$\frac{E'_k}{E_k} = \frac{mgl_1 \sin \alpha + \frac{K}{R} mgl_1 \cos \alpha}{mgl \sin \alpha - \frac{K}{R} mgl \cos \alpha} \text{ dan}$$

$$\frac{V_1'^2}{V_1^2} = \frac{mgl_1 \sin \alpha + \frac{K}{R} mgl_1 \cos \alpha}{mgl \sin \alpha - \frac{K}{R} mgl \cos \alpha} = \frac{l_1 (\sin \alpha + \frac{K}{R} \cos \alpha)}{l (\sin \alpha - \frac{K}{R} \cos \alpha)}$$

$$V_1' = V_1 \frac{l_1 (\sin \alpha + \frac{K}{R} \cos \alpha)}{l (\sin \alpha - \frac{K}{R} \cos \alpha)} = V_1 \cdot \frac{l_1}{l} (1 + \frac{2k}{R \operatorname{tg} \alpha - k})$$

Shunday qilib

$$F \Delta t = m(V_1' + V_1) = mV_1 (1 + \frac{l_1}{l} (1 + \frac{2k}{R \operatorname{tg} \alpha - k}))$$

$$F \Delta t = m \frac{2l}{t} (1 + \frac{l_1}{l} (1 + \frac{2k}{R \operatorname{tg} \alpha - k})) \quad (10)$$

(5.10) formula bo'yicha kuch impulsi xisoblanadi

Ishni bajarish tartibi

1. Galiley tarnovini o'qituvchi tomonidan berilgan uzunlikka (1) kuying. h_1 va h_2 balandliklarni o'lchang va $h_2 - h_1$ qiymatini ezing.
2. Shar radiusini (R) o'lchang.
3. Sharni tortib, uni massasini (m) aniklang
4. To'siq qo'yib shar dumalanishi vaqtida bosib utgan masofani o'lchang (1)
5. Sekundomer ishlashini tekshiring va shar dumalanishi uchun ketgan vaqt (t) ni o'lchang (kamida 3 marta takrorlab toping)
6. Sharni to'siqqa urilib kaytish masofasi (l_1) ni o'lchang
7. Xamma o'lchashlarni kamida 5 marta takrorlang va ularni qiymatini jadvalga ezing
8. (8) formula bo'yicha dumalanish ishqalanish koeffitsientining (10) formula bo'yicha kuch impulsini xisoblang.

KUZATISH JADVALI

№	m	h ₁ - h ₂	l	l ₁	t	R	K	ΔK	ΔK / n	FΔt
1										
2										
3										
4										
5										

Sinov savollari

1. Ishqalanish kuchlari nimalarga boglik? Dumalanish ishqalanish-chi?
2. Tarnovda dumalanayotgan shar tezlanishi nimalarga boglik?

3. Jism impuls deb nimaga aytiladi?
4. Kuch impuls nima?
5. $\frac{h_2 - h_1}{l} = \sin \alpha$ α ning qiymati bo'yicha $\cos \alpha$ va $\operatorname{tg} \alpha$ lar topiladi.

6 – laboratoriya ishi

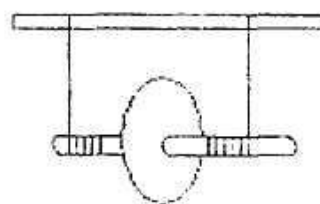
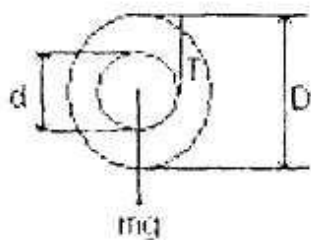
Maksvell mayatnigida aylanma harakat dinamikasining asosiy qonunini tekshirish va o'rganish.

Ishdan maqsad: (9) va (10) formulalarni solishtirish va taranglik kuchini hisoblash.

Kerakli asboblari: 1. Maksvell mayatnigi, shtangensirkul, o'zgaruvchan metrli lineyka, sekundomer

Nazariy ma'lumot.

Maksvell mayatnigi markazidan perpendikulyar o'q o'tgan yassi diskdan iborat. Diskning ikkala tomonidan o'qqa bir xil uzunlikdagi iplarni bog'laymiz va uni biror bir gorizontal tayanchga mahkamlaymiz



6.1-rasm.

Bunday fizik jismga **mayatnik** deyiladi, chunki ip o'ralmayotgan paytda disk pastga tushadi, o'ralayotganda esa, disk yuqoriga ko'tariladi. Mayatnikda pastga- yuqoriga davriy tebranishi yuzaga keladi. Bunda diskning potensial energiyasi kinetik energiyaga aylanadi va aksincha. Agar M aylanma moment bilan harakat qilsa, unda u jismning inersiya momentiga bog'liq bo'lgan burchak tezlanishini yuzaga keltiradi, aylanma harakat dinamikasi asosiy qonuni shu bilan xulosalanadi.

Bu bog'lanish quyidagi ko'rinishga ega: $M = J\varepsilon$ (6.1)

Tenglama (6.1) aylanma harakat uchun mexanikaning asosiy qonuni deyiladi.

$$F = ma$$

$$Fr = mar$$

$$Fr = m\varepsilon rr$$

$$a = \varepsilon r$$

Va xuddi shunday $Fr = M$ va $mr^2 = J$ unda $M = \varepsilon J$

Kuch momenti deb, kuchning elkasiga ko'paytmasiga aytiladi:

$$M = F r$$

Jismning inersiya momenti deb, uning massasi bilan aylanma o'qigacha bo'lgan kvadrating ko'paytmasiga teng. Disk uchun:

$$I = \frac{1}{2}mr^2$$

bunda: r - disk yurituvchi

m - disk massasi

Jismning burchak tezlanishi vaqt birligi ichida burchak o'zgarishi bilan xarakterlanadi, ya'ni:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (6.2)$$

Mayatnikni pastga qo'yib yuborganimizda, uning massalar markazi a chiziqli tezlanish bilan harakatlansa, diskning qolgan nuqtalari va o'qi mayatnikning hamma nuqtalarida bir xil bo'lgan « ε » burchak tezlanishi bilan aylanadi.

Disk va o'qining ixtiyoriy nuqtasidagi chiziqli tezlanish disk radiusi bilan burchak tezlanishiga bog'liq:

$$\alpha = \varepsilon r \quad (6.3)$$

mayatnikning massalar markaziga nisbatan aylanishi o'qqa urinma bo'ylab yo'nalgan ipning taranglik kuchini yuzaga keltiradi, moment:

$$M = Tr_0 \quad (6.4)$$

Og'irlik kuchi va ipning taranglik kuchi farqi disk tezlanishi (α) vujudga keltiradi:

$$mg - T = ma \quad (6.5)$$

(6.5) ni (6.4) ga qo'ysak:

$$M = (mg - ma) * r_0 \quad (6.6)$$

Agar (6.1) qonunidan foydalansak, biz nazariy tezlanishni (a_{naz}) hisoblaymiz, mayatnik tushayotganda va a tajribadagi tezlanishni aniqlaymiz va agar natijalar mos tushsa, unda (6.1) qonun to'g'ri hisoblangan bo'ladi.

(6.1) va (6.3) dan foydalansak, unda (6.6) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$I \frac{\alpha}{r_0} = \frac{mr^2 \alpha}{2r_0} = (mg - ma) r_0$$

$$\frac{1}{2} mr^2 \frac{\alpha}{r_0^2} + ma = mg$$

$$\alpha = g \frac{1}{1 + \frac{r^2}{2r_0^2}} = g \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \frac{D_1}{D_2}} \quad (6.7)$$

(6.7) tenglama shuni ko'rsatadiki, D_1 qancha katta, D_2 o'qi qancha kichik bo'lsa, unda disk harakatida ip shuncha sekin o'raladi.

Bunday sistemaning inersiya momenti disk va o'qning inersiya momentlari yig'indisiga teng:

$$I = \frac{1}{2} m_2 \frac{D_2^2}{2} + \frac{1}{2} m_1 \frac{D_1^2}{2} \quad (6.8)$$

(6.8) dan foydalanib (6.6) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$I \frac{\alpha}{r_0} = (mg - ma) r_0; \quad a = g \frac{1}{1 + \frac{I}{mr_0^2}} \quad (6.9)$$

bunda $m = m_1 + m_2$;

Mayatnik o'qi markazi harakatining tezlanishini bunday topish mumkin: t vaqtda h balandlikdan diskning massalar markazi tushayotgan bo'lsin, unda:

$$a = \frac{2h}{t^2} \quad (6.10)$$

bunda ipning taranglik kuchi:

$$T = mg \pm ma \quad (6.11)$$

(11) formuladan taranglik kuchi topiladi.

Ishni bajarish tartibi.

1. Disk o'qiga ip o'ralib, mayatnik ko'tariladi va uning harakati kuzatiladi.
2. Diskning D_1 diametri, o'qning D_2 diametri o'lchanadi.
3. h balandlikdan mayatnikni qo'yib yuboring va t vaqtni belgilang, tekshirishni bir necha bor takrorlang.
4. Jismning a_{taj} tajriba tezlanishini (10) dan foydalanib hisoblang.

5. Sistemaning inersiya momentini (8) dan, nazariy tezlanishni a_{naz} nazariy formula (9) dan va ipning taranglik kuchini (11) dan hisoblang.
6. (9) va (10) formulalardan olingan a tezlanishni taqqoslang.
7. $E = \frac{a_{taj} - a_{naz}}{a_{taj}} 100\%$ dan nisbiy xatolikni hisoblang.
8. Natijalarni quyidagi jadvalga yozing.

№	D_1	D_2	a_0	m_1	m_2	$m_{o'q}$	h	t	a_{taj}	a_{naz}	T
1.											
2.											
3.											
4.											
O'rt											

Sinov savollari.

1. Kuch momenti? Jismning inersiya momenti-chi?
2. Qattiq jismning aylanma harakat asosiy qonunining fizik ma'nosini tushuntiring.
3. Qattiq jismning burchak tezlanishi deb nimaga aytiladi va uning chiziqli tezlanish bilan qanday bog'langan?
4. Berilgan ishdagi aylanma harakat dinamikasining asosiy qonunini tekshirish metodini ko'rsating.

7 – laboratoriya ishi

Havoning issiqlik sig'implari nisbatini adiabatik kengayish jarayoni yordamida aniqlash

Ishning maqsadi: Ideal gaz qonunlarini o'rganish va shu qonunlar yordamida havo uchun Puasson koeffitsientini aniqlash.

Kerakli asboblari: U simon suvli manometr, qo'l nasosi va havo damlanadigan ma'lum hajmli shisha idish.

Nazariy qism

Tekshirilayotgan jismlar to'plamiga *jismlar sistemasi* yoki *soddagina sistema* deb ataladi. Juda kichik o'lchamlar va massalarga ega bo'lgan jismlar sifatida qaraluvchi

ko'p sonli molekullardan tuzilgan sistemalarga misol kilib, gazlarni olish mumkin. O'zaro ta'sir kuchi hisobga olinmas darajada kichik bo'lib, betartib harakatlanuvchi va molekullarning o'lchamlari ular orasidagi masofaga nisbatan juda kichik bulgan sistemaga *ideal gaz* deb ataladi. Gazning holati quyidagi parametrlar deb yuritiluvchi fizik kattaliklar bilan xarakterlanadi: harorat T , bosim r va gaz massasi egallagan hajmi V .

Tashqi muhit o'zgarmas bo'lganda, barcha holat parametrlari uzoq vaqt davomida o'zgarmas qoladigan sistema holatiga *muvozanat holati* deyiladi.

Sistemaning bir holatdan ikkinchi holatga o'tishiga *jarayon* deyiladi, ya'ni (p_1, V_1, T_1) dan (p_2, V_2, T_2) ga.

Agar sistemaga (gazga) tashqaridan issiqlik miqdori berilsa, yoki undan issiqlik miqdori olinsa, sistema bir holatdan ikkinchi holatga o'tadi, ya'ni holati o'zgaradi. Natijada uning ichki energiyasi ham o'zgaradi. Ichki energiyaning o'zgarishini energiyaning saqlanish qonunidan iborat bo'lgan termodinamikaning birinchi qonuni izohlaydi.

Sistemaga berilgan issiqlik miqdori Q sistema ichki energiyasining o'zgarishi $U_2 - U_1$ ga va sistemaning tashqi kuchlar ustidan bajaradigan ishi A ga sarflanadi, ya'ni

$$Q = U_2 - U_1 + A. \quad (7.1)$$

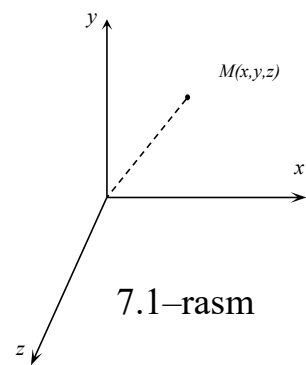
Sistema bajargan ishini yoki sistema olgan issiqlik mikdorini hisoblashda, odatda, tekshirilayotgan jarayon bir qator elementar jarayonlarga ajratiladi. Bu elementar jarayon uchun (7.1) tenglamani differensial ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin:

$$\delta Q = dU + \delta A, \quad (7.2)$$

bunda, δQ – issiqlikning elementar miqdori, δA – elementar ish va dU – sistema ichki energiyasining mana shu elementar jarayon davomidagi o'zgarishi. Molekullarning fazodagi vaziyati va konfiguratsiyasini aniqlovchi bir-biriga bog'lanmagan koordinatalar soniga *molekulaning erkinlik darajasi i* deyiladi va u molekulaning necha atomli bo'lishiga bog'liq.

Masalan, moddiy nuqtaning, shuningdek, bir atomli molekulaning harakati faqat ilgari tanilgan harakatdan iborat bo'lib, fazodagi holati uchta koordinata (x, y, z) bilan aniqlanadi (7.1–rasm).

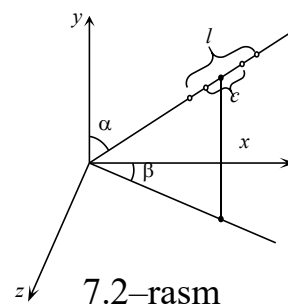
Demak, bir atomli molekulaning erkinlik darajasi $i=3$ bo‘ladi. Ikki atomli molekulada esa, uning atomlari bir-biri bilan kimyoviy qattiq bog‘langan bulib (7.2–rasm), uning inersiya markazi S uchta koordinata bilan aniqlansa, atomlarni birlashtiruvchi o‘q esa, sistema o‘qlariga nisbatan va β burchaklar orqali aniqlanadi.



7.1–rasm

α

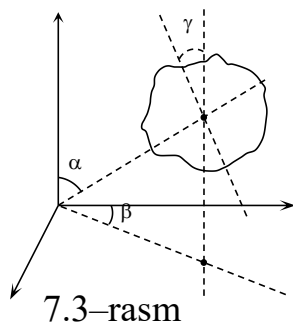
Demak, ikki atomli molekulaning erkinlik darajasi $i = 5$ bo‘lib, uning uchasi ilgarilanma, ikkitasi esa molekulaning aylanma harakatini xarakterlaydi. Agar ikki atomli molekulada harorat ortishi natijasida tebranma harakat vujudga kelsa, ya‘ni molekula tarkibidagi ikkala atom orasidagi masofa vaqt o‘tishi bilan o‘zgarsa, bunday molekulaning fazodagi vaziyatini aniqlash uchun x, y, z, α, β larni bilish etarli emas.



7.2–rasm

Bunday holda istagan vaqt uchun ikki atom orasidagi masofa l ni ham bilish kerak. Demak, bu holda molekulaning erkinlik darajasi 6 ga teng bo‘ladi.

Uch va undan ortiq atomlardan tashqil topgan molekularning, shuningdek, ixtiyoriy ko‘rinishga ega bo‘lgan qattiq jismning fazodagi vaziyatini 6 ta kattalik orqali ifodalash mumkin. Ularning 3 tasi inersiya markazini, 2 tasi inersiya markazidan o‘tuvchi o‘qning sistema kooordinatalari bilan hosil qilgan burchaklari α, β ni ifodalasa, bittasi molekulaning yoki qattiq jismning shu o‘qqa nisbatan burilish burchagi γ ni ifodalaydi (7.3–rasm). Molekulyar kinetik nazariyada bir atomli ideal gaz molekulasiining kinetik energiyasi quyidagicha aniqlanadi:



7.3–rasm

$$E = \frac{3}{2} kT. \quad (7.3)$$

Bir atomli molekula uchun $i = 3$ edi. Agar molekulalar sistemasi T haroratda muvozanat vaziyatda bo‘lsa, o‘rtacha kinetik energiya barcha koordinatalar bo‘yicha teng taqsimlanadi.

U holda, (7.3) ga asosan, molekulaning har bir erkinlik darajasiga to'g'ri kelgan o'rtacha energiya $\langle E \rangle = kT/2$ bulib, har qanday atomli bitta molekulaning o'rtacha kinetik energiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$\langle E \rangle = \frac{i}{2} kT. \quad (7.4)$$

Ushbu ishda muloxazalar 1 mol gaz uchun olib boriladi. SHuning uchun mol tushunchasining ta'rifi bilan tanishaylik.

Molekulalarning (atomlarning) son jihatdan, massasi 0,012 kg bo'lgan uglerod C_{12} izotopining tarkibidagi atomlari soniga teng bo'lgan modda miqdoriga shu moddaning *bir moli* deb ataladi.

Bir mol ideal gazdagi molekulalar (atomlar) soniga *Avogadro soni* N_A deb ataladi. U holda (7.4) formulaga asosan bir mol ideal gazning ichki energiyasi Avogadro soni bilan bitta molekula o'rtacha kinetik energiyasining ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$U_{\mu} = N_A \cdot \langle E \rangle = \frac{i}{2} kT \cdot N_A = \frac{i}{2} RT, \quad (7.5)$$

bu yerda, R – universal gaz doimiysi, T – absolyut harorat.

Ixtiyoriy m massali gazning T haroratdagi ichki energiyasi esa, bir mol gazning ichki energiyasi bilan m massadagi mollar soni (m/μ) ning ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$U = \frac{m}{\mu} U_{\mu} = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT. \quad (7.6)$$

Demak, har qanday berilgan ideal gazning ichki energiyasi uning absolyut haroratiga, molekulaning erkinlik darajasi va gaz massasiga tug'ri proporsional bo'lar ekan.

Agar bir mol gaz harorati dT ga o'zgarsa, (7.5) ga asosan uning ichki energiyasining o'zgarishi quyidagicha bo'ladi:

$$dU = \frac{i}{2} R dT. \quad (7.7)$$

Gaz hajmining kengayishida bajarilgan elementar ish quyidagiga teng:

$$\delta A = p dV. \quad (7.8)$$

(7.7) va (7.8) ifodalarni (7.2) ifodaga qo'ysak, termodinamikaning birinchi qonuni quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\delta Q = \frac{i}{2} R dT + p dV. \quad (7.9)$$

Massalari bir xil bo'lgan turli moddalar haroratini 1 K ga oshirish uchun, har xil issiqlik miqdori sarflanadi. Shuning uchun, termodinamikada sistemalarni tashkil qiluvchi moddalarning issiqlik olish xususiyatlarini xarakterlash maqsadida issiqlik sig'imi tushunchasi kiritilgan.

Moddaning issiqlik sig'imi deb, uning haroratini 1 K ga oshirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdoriga teng bo'lgan kattalikka aytiladi.

Demak, jismga δQ issiqlik miqdori berilganda uning harorati dT ga ortsa, ta'rifga ko'ra jismning issiqlik sig'imi $C = \frac{\delta Q}{dT}$ ga teng bo'ladi. Jism issiqlik sig'imining xalqaro birliklar sistemasidagi (**XBS**) o'lchov birligi J/K .

Modda massa birligining issiqlik sig'imiga *solishtirma issiqlik sig'imi* deyiladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$C = \frac{\delta Q}{m dT}. \quad (7.10)$$

XBS da solishtirma issiqlik sig'imi $J/(kg \cdot K)$ da o'lchanadi.

Modda molining issiqlik sig'imiga *molyar issiqlik sig'imi* debiladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$C_{\mu} = \frac{\delta Q}{dT}. \quad (7.11)$$

XBS da solishtirma issiqlik sig'imi $J/(mol \cdot K)$ da o'lchanadi.

Molyar issiqlik sig'imi bilan solishtirma issiqlik sig'imi orasida quyidagi bog'lanish mavjud:

$$C_{\mu} = C \cdot \mu. \quad (7.12)$$

Issiqlik sig'imi kattaligi, jismning isitilishi sodir bo'layotgan shartlarga bog'liq. Gazdagi sodir bo'layotgan jarayon davomida uning hajmi o'zgarmasdan qolsa, bunday molyar issiqlik sig'imi *o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imi* (C_V) deb ataladi. O'zgarmas hajmdagi jarayonga ($V = const$) esa *izoxorik jarayon* deyiladi. Bu holda, tashqaridan berilgan δQ issiqlik miqdori faqat gazning ichki energiyasi dU ni oshirishga sarf bo'ladi ($dA=0$). Demak, (7.7) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\delta Q = dU = \frac{i}{2} R dT. \quad (7.13)$$

(7.11) va (7.13) ifodalarni taqqoslab, moddaning hajmi o'zgarmas bo'lgandagi molyar issiqlik sig'imi uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$C_V = \frac{i}{2} R. \quad (7.14)$$

(7.14) ifodadan ko'rinadiki, S_V ning qiymati gaz molekulalarining erkinlik darajasi i ga bog'liq ekan.

Agar gaz o'zgarmas bosimda isitilsa, yani $p = \text{const}$ ($dp=0$), molyar issiqlik sig'imi *o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'im* deb ataladi va u C_p bilan belgilanadi. Bu xolda gazga berilgan δQ issiqlik miqdori uning ichki energiyasi dU ning ortishiga va tashqi jismlar ustida δA ish bajarishga sarf bo'ladi ((7.9) formulaga qarang).

Bir mol gaz uchun ideal gaz holat tenglamasini $p = \text{const}$ bo'lgan jarayon uchun differensiallab:

$$p dV = R dT \quad (7.15)$$

ifodaga ega bulamiz. (7.15) ifodani (7.9) ifodaga qo'yib, quyidagicha ifodani hosil qilamiz:

$$\delta Q = \frac{i}{2} R dT + R dT = dT \frac{i+2}{2} R. \quad (7.16)$$

Bundan

$$\frac{\delta Q}{dT} = \frac{i+2}{2} R \quad (7.17)$$

ekanligi kelib chikadi.

(7.17) ifodani (7.11) ifoda bilan taqqoslasak, o'zgarmas bosimdagi molyar issiqlik sig'imi ifodasi quyidagicha buladi:

$$C_p = \frac{i+2}{2} R. \quad (7.18)$$

(7.14) formulani hisobga olsib (7.18) ni

$$C_p = C_V + R \quad (7.19)$$

ko'rinishda yozish mumkin.

Gaz holati uchun izobarik va izoxorik jarayonlaridan tashqari, yana adiabatik jarayon ham mavjud. Sistema bilan tashqi muhit orasida issiqlik almashmasdan boradigan jarayonga *adiabatik jarayon* deyiladi. Bu xolda $\delta Q=0$ bo'lib, (7.2) formula quyidagi ko'rinishga keladi: $\delta A=-dU$. (7.20)

Bu formulada minus ishora adiabatik kengayishda sistema ichki energiyasining kamayishini ko'rsatadi, yani sistema o'zining ichki energiyasi hisobiga ish bajaradi.

Adiabatik jarayonni xarakterlovchi formula quyidagi ko'rinishga ega:

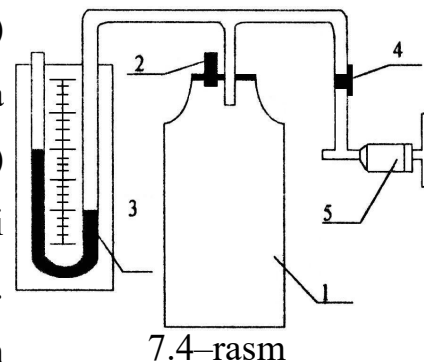
$$pV^\gamma = \text{const} \quad (7.21)$$

Bu ifoda *Puasson formulasi* deb ataladi. Bunda γ – *adiabata darajasi* yoki *Puasson koeffitsienti* deyiladi va u o'zgarmas bosimdagi molyar issiqlik sig'im (C_p) ning, o'zgarmas hajmdagi molyar issiqlik sig'im (C_v) ga nisbatiga teng:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i} = 1 + \frac{2}{i} \quad (7.22)$$

Asbobning tuzilishi va ishlash metodi

Qurilma havo bilan to'ldirilgan 20÷30 litr hajmli (1) shisha ballondan iborat (7.4–rasm). Rezina naycha yordamida ballonga suvli U simon M manometr (3) ulangan. Manometrning tirsaklaridagi havoning hajmini ballonning hajmiga nisbatan hisobga olmasa ham bo'ladi. Ballonga K_1 jo'mrak (4) orqali qo'l nasosi (5) ulangan bo'lib, uning yordamida ballonga havo xaydaladi. K_2



jo'mrak (2) esa ballondagi gazni tashqi atmosferadan ajratib turadi. K_2 jo'mrak ochilsa, ballon ichidagi bosim atmosfera bosimi p bilan tenglashadi. Bu holda, ballon ichidagi m massali gaz p_0 , V_0 va T_0 parametrlar bilan xarakterlanadi. Bunda T_0 – tashqi muhit (xona) harorati.

Agar K_1 jo'mrakni ochib (K_2 berk) ballonga nasos (5) yordamida biror m massali havo xaydasak, ballon ichidagi gaz (havo) ning bosimi ortadi, shu bilan birga ballonga havo tez xaydalishi natijasida, adiabatik siqilish sodir bo'lib, undagi havoning harorati tashqi muhit (xona) harorati T_0 ga nisbatan biror T gacha ($T > T_0$) ortadi. Lekin, vaqt o'tishi bilan idishdagi havoning harorati T issiqlik almashinuvi natijasida xona harorati

T_0 ga tenglashguncha asta-sekin kamayib boradi. Unga mos ravishda idishdagi havoning bosimi xam kamayib boradi. Nihoyat idishdagi havoning harorati T xona harorati T_0 ga teng bo'lgandagina, ortikcha bosimni ifodalovchi manometr sathlarining farqi aniq h qiymatga erishadi. Ballondagi $(m_0 + m)$ massali gazning bu birinchi holati T_0 va r_1 parametrlar bilan xarakterlanadi. Atmosfera bosimi p_0 bo'lsa, ballondagi gazning bosimi p_1 quyidagiga teng bo'ladi:

$$p_1 = p_0 + h, \quad (7.23)$$

bunda p_0 – mm suv ustunida ifodalangan atmosfera bosimi, h – mm suv ustunida ifodalangan idishdagi ortiqcha bosim.

Agar K_2 jo'mrak tez ochilsa, idishdagi havoning bosimi p_1 , tashqi bosim p_0 ga tenglashguncha idishdagi gaz adiabatik ravishda kengayib boradi, natijada idishdagi havo T_2 gacha soviydi. (Jumrak ochilganda idishdan havoni m massali bir qismi chiqib ketadi, kolgan havoning m_0 massali qismi kengayib idishning butun V_0 hajmini egallaydi).

Bu holat gazning ikkinchi holatidir (2-holat: r_0, T_2).

K_2 jo'mrak ochilishi bilan ($r_1 = r_0$) qaytadan tez berkitilsa, ballondagi m_0 massali gaz tashqi muhit bilan issiklik almashinishi natijasida izoxorik ravishda ($V_0 = const$) isiy boshlaydi. Gaz harorati ortishi bilan bosimi ham ortib boradi va nihoyat gazning harorati tashqi T_0 harorat bilan tenglashganda bosimning ortishi to'xtaydi. Bu holat gazning uchinchi holati buladi. (3-holat: p_2, T_0). Bunda ballondagi havoning bosimi quyidagiga teng bo'ladi:

$$p_2 = p_0 + h_1, \quad (7.24)$$

h_1 – mm suv ustunida ifodalangan idishdagi ortiqcha bosim.

Shunday qilib, gazning 1–holatdan 2–holatga o'tishi, adiabatik jarayondan iborat bo'lganligi uchun Puasson tenglamasining (7.23) ko'rinishini quyidagicha yozish mumkin:

$$T_0^\gamma \cdot p_1^{\gamma-1} = T_2^\gamma \cdot p_0^{\gamma-1}$$

yoki

$$\frac{p_1}{p_0}^{\gamma-1} = \frac{T_2}{T_0}^\gamma. \quad (7.25)$$

Gaz 2-holatdan 3-holatga izoxorik – o‘zgarmas hajmda o‘tganligi uchun Gey-Lyussak qonuniga binoan quyidagini yozamiz:

$$p_2 = p_0 \frac{T_2}{T_0}$$

yoki

$$\frac{p_2}{p_0} = \frac{T_2}{T_0} \quad (7.26)$$

(7.26) tenglikni γ darajaga ko‘tarib, (7.25) ifoda bilan taqqoslasak, quyidagi tenglikka ega bo‘lamiz:

$$\frac{p_1}{p_0}^{\gamma-1} = \frac{p_2}{p_0}^{\gamma} \quad (7.27)$$

(7.27) tenglamaga (7.23) va (7.24) lardan p_1 va p_2 larni olib kelib qo‘ysak, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\frac{p_0 + h}{p_0}^{\gamma-1} = \frac{p_0 + h_1}{p_0}^{\gamma}$$

yoki

$$1 + \frac{h}{p_0}^{\gamma-1} = 1 + \frac{h_1}{p_0}^{\gamma} \quad (7.28)$$

Bu tenglamada h/p_0 va h_1/p_0 lar birdan juda kichik bulganligi uchun, tenglamani Nyuton binomi buyicha yoyib, ikkita birinchi hadlari bilan chegaralansak, quyidagi ifodaga ega bo‘lamiz:

$$1 + (\gamma-1) \frac{h}{p_0} = 1 + \gamma \frac{h_1}{p_0}$$

yoki

$$(\gamma-1)h = \gamma h_1 \quad (7.29)$$

(7.29) dan γ ni topsak, y quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\gamma = \frac{h}{h-h_1} \quad (7.30)$$

(7.30) formula asosiy formula bo‘lib, undan gaz issiqlik sig‘imlari nisbati γ topiladi.

Ishni bajarish tartibi

1. 7.4–rasmda keltirilgan kurilmadagi K_2 jo‘mrak ochiladi va manometrdagi suyuqlik ustunlarining sathlari tenglashtiriladi.
2. K_2 jo‘mrakni yopib K_1 jo‘mrak oching va ballonga nasos yordamida gaz qamang. Suyuklik sathlari orasidagi farq $100 \div 160$ mm ga etganda, K_1 jo‘mrakni yoping. Suyuqlik sathlari orasidagi farq turg‘un holatga kelganda uni o‘lchab jadvalga yozing. Bu kattalik h bo‘ladi.
3. K_2 kranni ochib, suyuqlik sathlari tenglashishi bilan uni yana yoping. Bunda gaz adiabatik kengayadi, natijada uning harorati bir oz pasayadi. Bir oz o‘tgach, issiqlik almashinuvi natijasida gaz harorati xona haroratigacha ko‘tarilib, gazning bosimi bir oz oshadi va sathlar farqi h_1 hosil bo‘ladi. Manometrdan uning kursatishini yozib oling.
4. (7.30) tenglama yordamida γ ni hisoblang.
5. Tajribani 5÷6 marta takrorlang.
6. Absolyut va nisbiy xatoliklarni hisoblab, natijani quyidagi jadvalga yozing.

№	h, m	h_1, m	γ	$\langle \gamma \rangle$	$\Delta \gamma$	$\langle \Delta \gamma \rangle$	ε
1							
2							
3							
4							
5							

7. Tajribadan topilgan γ ning qiymatini (7.22) formulaga asosan hisoblangan qiymat bilan taqqoslang.

Sinov savollari

1. Issiqlik sig‘imi, solishtirma va molyar issiqlik sig‘imlari nima? Ularning o‘lchov birliklari qanday?
2. Termodinamikaning birinchi konunini yozing va tushuntiring.

3. Izojarayonlar tenglamalarini yozing va ularga termodinamikaning birinchi qonunini tatbiq eting.
4. C_p va C_V larni bog'lovchi ifodani keltirib chiqaring.
5. C_p va C_V larning farqini tushuntirib, nima uchun $C_p > C_V$ ekanini izohlang.
6. Universal gaz doimiysining fizik ma'nosini tushuntiring.
7. Molekulalarning erkinlik darajasi nima? Turli atomli molekulalarda ularning qiymati har xil bo'lish sababini tushuntiring.
8. Adiabatik jarayon nima? Adiabata tenglamasi $p-V$, $V-T$ i $p-T$ o'zgaruvchilarda qanday yoziladi?
9. γ ni aniqlashda qanday termodinamik jarayonlar kuzatiladi?
10. Hisoblash formulasini keltirib chiqaring.

8 – laboratoriya ishi

Sirt taranglik koeffitsientini halqani suyuqlikdan uzish usuli bilan aniqlash.

Ishni bajarishdan maqsad: Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini turli xil usullar bilan laboratoriya sharoitida aniqlab, suyuqlikning tuzilishi, uning sirtida sodir bo'luvchi hodisalar haqidagi bilimlarni mustahkamlash.

Ishning nazariyasi

Suyuqlikning tuzilishi shuni ko'rsatadiki, molekulalar orasidagi o'rtacha masofa $3 \cdot 10^{-10} - 8 \cdot 10^{-10} m$ orasida bo'lib, ularning molekulyar ta'sir radiusi $\sim 10^{-9} m$ ga tengdir. Suyuqlik ichidagi molekula hamma tomondan boshqa molekulalar bilan o'ralgan bo'lib, chekli vaqt oralig'ini olib qaralganda, u hamma yo'nalishlar bo'ylab deyarli bir xil ta'sirga uchraydi. Suyuqlik sirtidagi molekulalarga esa o'zidan chuqurroqda va yon tomonlarida yotgan molekulalargina ta'sir qiladi. Shuning uchun bunday molekulalarga ularni ichkariga olib kirishga intiluvchi kuch, boshqacha aytganda, suyuqlik sirtiga normal yo'nalgan kuch ta'sir qilib turadi. Shu sababli $10^{-9} m$ qalinlikdagi sirt qatlamda molekulalar umuman bir-biriga paralel joylashgan.

Bundan ko'rinadiki $\sim 10^{-9} m$ qalinlikdagi sirt qatlami alohida holatda turar ekan. Molekulalar bu qatlamda qattiq jismlardagiga o'xshab ma'lum tartib bilan joylashgan bo'lib, xuddi shu qatlamda sirt tarangligi vujudga keladi.

Sirt taranglik kuchi hamma vaqt suyuqlik yuzasiga urinma bo'lgan tekislikda yotadi va uning erkin yuzasini chegaralovchi chiziqqa tik yo'nalgan bo'lib, suyuqlik yuzasini qisqarishga majbur etadi.

Suyuqlik sirtida sodir bo'luvchi bu hodisani xarakterlash uchun sirt taranglik koeffitsienti kattaligi kiritilgan.

Suyuqlik sirtini chegaralovchi chiziqning uzunlik birligiga ta'sir etuvchi kuch sirt taranglik koeffitsienti deyiladi. Agar sirt taranglik kuchini F bilan, suyuqlik yuzasini chegaralovchi chiziqning uzunligini l desak, sirt taranglik koeffitsienti

$$\alpha = \frac{F}{l} \quad (8.1)$$

formula bilan ifodalanadi, uning birligi $\frac{H}{M}$

Sirt taranglik koeffitsienti suyuqlik yuzasining tozaligiga, temperaturaga bog'liqdir. Temperatura ortganda sirt tarangligi kamayadi va kritik temperaturada nolga teng bo'lib qoladi. A.I.Bachinskiy sirt taranglik suyuqlik va uning to'yingan bug'ining zichliklari ayirmasining to'rtinchi darajasiga proporsional ekanligini aniqlagan, ya'ni:

$$\alpha = C(\rho_c - \rho_{\text{ovz}})^4 \quad (8.2)$$

bu yerda C – proporsionallik koeffitsientidir. Bu tenglama temperaturalarning keng oralig'ida yaroqlidir.

Birinchi marta Etvesh ko'rsatganidek, turli suyuqliklarning sirt tarangligi temperatura ortganda quyidagi qonun bo'yicha kamayadi:

$$\alpha = \frac{k}{V^{2/3}}(T_{kp} - T) \quad (8.3)$$

bu yerda V – suyuqlikning molekulyar hajmi, k – doimiy kattalik bo'lib, ba'zi birikmaydigan suyuqliklar uchun 2,1 ga teng.

Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini laboratoriya sharoitida aniqlashning bir necha usullari mavjud: tomchi usuli, suyuqlik sirtidan halqani uzib olish usuli, suyuqlikning kapillyar naychalardan ko'tarilish balandligiga qarab topish usuli, Rebinder usuli.

1-mashq

Sirt taranglik koeffitsientini halqa usuli bilan aniqlash

Kerakli asbob va materiallar: Maxsus qurol (Jolli tarozisi), shtangentserkul, tarozi toshlari, tekshiriladigan suyuqlik.

Ma'lum diametr va qalinlikka ega bo'lgan halqani (8.2-rasm) suyuqlikning erkin yuziga tekkizsak, suyuqlik va halqa molekulalarining o'zaro tortishishi natijasida halqa suyuqlikning erkin sirtiga yopishadi. Bu uning ichki va tashqi aylanasi sirti bo'ylab joylashgan molekulalari bilan suv molekulalarining o'zaro ta'siridan yuzaga keluvchi tutinish kuchi natijasidir.

Agar suyuqlik yuzasidan ajratishga harakat qilinsa, molekulalar orasidagi tutinish kuchlari bunga qarshilik qiladi. Bu kuch halqaning ichkarisidan va tashqarisidan tegib turgan suyuqlikning sirt taranglik kuchiga teng. Suyuqlik sirtining halqaga tegib turgan chegarasining uzunligi

$$\pi d_1 + \pi d_2 = L \quad (8.9)$$

bunda d_1 – halqaning ichki diametri, d_2 – halqaning tashqi diametri. U holda halqani ushlab turuvchi sirt taranglik kuchi

$$\alpha L = \alpha(\pi d_1 + \pi d_2) \quad (8.10)$$

bo'ladi. Halqani suyuqlikdan uzib olgan kuch $P = \alpha L$ bo'lsa, (10) ifoda quyidagicha yoziladi:

$$P = \alpha(\pi d_1 + \pi d_2)$$

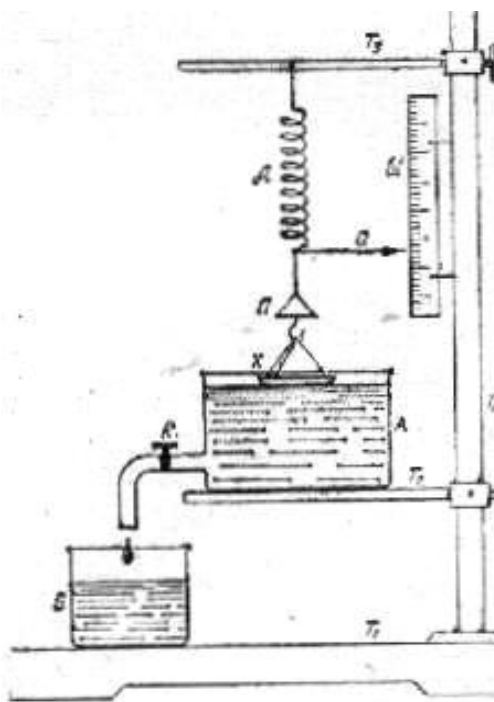
yoki

$$\alpha = \frac{P}{\pi d_1 + \pi d_2} \quad (8.11)$$

Agar halqani qalinligini h desak, $d_2 = d_1 + 2h$ bo'ladi, bunda (11) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\alpha = \frac{P}{2\pi(d_1 + h)} \quad (8.12)$$

Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini topish uchun halqa bilan suyuqlik orasidagi tortishish kuchi P tajribada topilib, halqaning ichki diametri d_1 va h qalinligi o'lchanadi.



8.1-rasm

Asbobning tavsifi

Halqa usuli bilan sirt taranglik koeffitsientini topishga mo'ljallangan qurilma 8.3-rasmda keltirilgan. Asbob quyidagicha tuzilgan: T_1 asosga T_4 tayanchga mahkamlanib, unga Sh shkala vertikal o'rnatilgan. T_3 -sterjen bilan T_2 taxta gorizontal o'rnatilgan. T_3 sterjenga D dinamometr ilinib, unga Π palla bilan X halqa osib qo'yiladi. T_2 taxta ustidagi ichiga suyuqlik qo'yilgan A idish halqa ostiga qo'yiladi. A idishning tubiga yaqin joyda K jo'mrak o'rnatilgan. Jo'mrakni ochib, A idishdagi suvni oqizish mumkin. Suv B idishga tushadi. A idishga suyuqlik quyib, uning sathi ma'lum darajada ko'tarilsa, halqaga yetgan suyuqlikning erkin sirti unga yopishadi. Agar K jo'mrakni ochib suyuqlik oqiza boshlansa, A idishdagi suyuqlik sathi pasayib, sirt taranglik kuchi halqani pastga torta boshlaydi. Halqaga ta'sir etuvchi sirt taranglik kuchi dinamometrning deformatsiya kuchidan salgina kichik bo'lishi bilanoq halqa suyuqlik sirtidan uziladi. Dinamometr strelkasining III shkalada shu holdagi ko'rsatishini va dastlabki ko'rsatishini bilgan holda halqaga ta'sir etuvchi kuch kattaligini topa olamiz.

Ishning bajarish tartibi:

A idishga tekshiriladigan suyuqlik quyib, halqa ostidagi T_2 taxtachaga qo'yiladi.

T_2 taxtani vertikal harakatlantirib, X halqaga suyuqlikning erkin sirtini yaqinlashtirib, halqaning gorizontaal ekanligini tekshiramiz.

D dinamometr strelkasining III shkaladan dastlabki ko'rsatishi, F_1 bilan belgilanadi.

Suyuqlikning erkin sirti halqaga tegizilgach, T_2 taxta mahkamlanadi.

K jo'mrakni ochib, A idishdagi suyuqlik sekin oqiza boshlanadi. Halqaning suyuqlik sirtidan ajralish paytida dinamometr strelkasining III shkaladan keyingi ko'rsatilishi F_2 bilan belgilanadi.

Π pallaga tosh qo'yish yo'li bilan strelka F_2 vaziyatga keltiriladi, ya'ni $P = F_2 - F_1$ bo'ladi.

SHTangentsirkulda halqaning ichki diametri d_1 va qalinligi h o'lchab olinadi.

(12) formula yordamida α hisoblanadi.

9. Tajriba 3-5 marta takrorlanib, quyidagi jadvalga yoziladi.

T/n	$P,$ H	$d_1,$ M	$h,$ M	$\alpha,$ n/m	$\Delta\alpha,$ n/m	$\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$ 100%
1						
2						
3						
O'rt.						

Savol va topshiriqlar

Sirt tarangligini keltirib chiqaruvchi sabablarni tushuntiring.

Sirt taranglik koeffitsienti deb nimaga aytiladi va uni birligini ayting.

Halqaning suyuqlik yuzasiga tegib turgan sirtiga qanday kuchlar ta'sir etadi?

Kapillyarlik hodisani tushuntiring.

9 – laboratoriya ishi

Sirt taranglik koeffitsientini suyuqlikning kapillyar naylarda ko'tarilish balandligiga qarab aniqlash.

Ishni bajarishdan maqsad: Sirt taranglik koeffitsientini suyuqlikning kapillyar naylarda ko'tarilish balandligi bo'yicha topish

Kerakli asbob va materiallar: 1) *KM* tipidagi katetometr; 2) «Mir» tipidagi o'lchov lupa mikroskopii; 3) har xil diametrli kapillyar naylar to'plami; 4) qurilma; 5) yoritkich.

Ishni nazariya

Ma'lumki, keng idishga solingan suyuqlikka kapillyar nay tushirilsa, undagi suyuqlik sathi keng idishdagi ho'llovchi suyuqlik sathidan balandroqda, ho'llamaydigan suyuqlik uchun pastroqda bo'ladi. Bu hodisani tushunish uchun menisk shaklini va molekulyar bosimning suyuqlik sirtining egriligiga bog'liqligini hisobga olish kerak. Suyuqlikning yassi sirtidan H chuqurlikdagi bosim (1-rasm) quyidagiga teng:

$$P_a + \rho g H + p, \quad (9.1)$$

bu yerda P_a - atmosfera bosimi, $\rho g h$ – gidrostatik bosim, p – suyuqlikning yassi sirti ostidagi molekulyar bosim. O'sha chuqurlikda tsilindrik kapillyardagi bosim esa

$$p_a + \rho g(H + h) - \frac{2\sigma}{R} + p, \quad (9.2)$$

bu yerda R – sferik shaklda deb hisoblanuvchi botiq sirtning radiusi, σ -suyuqlikning sirt taranglik koeffitsienti. Muvozanat holatda (1) va (2) tenglashadi, undan

$$\rho g h = \frac{2\sigma}{R}. \quad (9.3)$$

Ma'lumki, naydagi suyuqlik sirtining egrilik radiusini kapillyar radiusi r va chegaraviy burchak θ orqali (9.1-rasm) quyidagicha ifodalash mumkin:

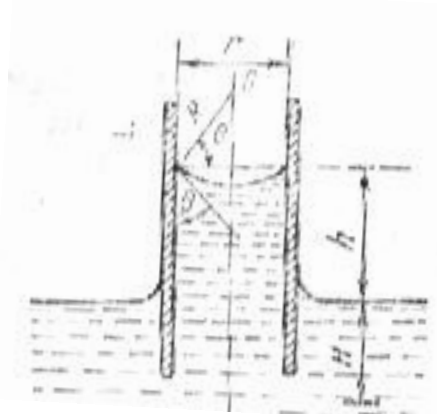
$$R = \frac{r}{\cos \theta}$$

unda (9.3) ni h ga nisbatan yechilsa,

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r} \cos \theta.$$

CHegaraviy burchak juda kichik bo'lganda (to'la ho'llash) bu tenglamani soddalashtirib, quyidagicha yozish mumkin:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}.$$



9.1-rasm

SHunday qilib, suyuqlikning sirt taranglik koeffitsienti qancha katta yoki kapillyarning radiusi qancha kichik bo'lsa, uning kapillyar nay bo'yicha ko'tarilish balandligi shuncha katta bo'ladi. Agar suyuqlik kapillyarni ho'llamaydigan bo'lsa, chegaraviy burchak 90° dan katta, ya'ni suyuqlik meniski qavariq bo'ladi. Bunday hollarda kapillyardagi suyuqlik sathi keng idishdagidan pastroqda bo'ladi. Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini (4) dan aniqlash uchun kapillyar radiusi r ni, suyuqlik zichligi ρ ni, suyuqlikning kapillyar buyicha ko'tarilish balandligi h ni bilish kerak.

Metodning nazariyasi va eksperimental qurilma.

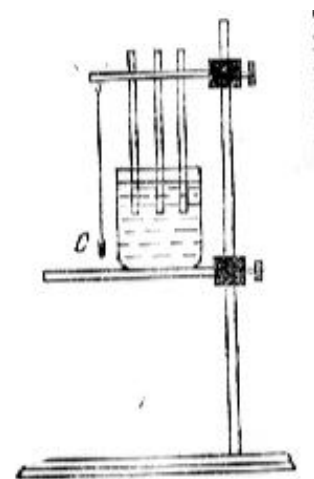
Agar radiuslari r_1, r_2, r_3 bo'lgan kapillyar naylarni to'la ho'llaydigan suyuqlik ichiga tushirilsa, (4) ga asosan ulardagi suyuqliklarning ko'tarilish balandliklari mos ravishda

$$h_1 = \frac{2\sigma}{\rho g r_1}, h_2 = \frac{2\sigma}{\rho g r_2}, h_3 = \frac{2\sigma}{\rho g r_3}$$

bo'ladi. Bulardan foydalanib, σ ni hisoblash uchun quyidagilarni olamiz:

$$\sigma = \frac{r_1 r_2 \rho g}{2(r_1 - r_2)} (h_1 - h_2) = \frac{r_1 r_3 \rho g}{2(r_3 - r_1)} (h_1 - h_3) = \frac{r_2 r_3 \rho g}{2(r_3 - r_2)} (h_2 - h_3). \quad (9.5)$$

SHunday qilib, naylarning radiuslarini va suyuqlikning ularda ko'tarilish balandliklarini o'lchab, suyuqlik zichligining xona temperaturasidagi qiymatini jadvaldan olib, uning sirt taranglik koeffitsientini (9.5) bo'yicha hisoblash mumkin. Bu



9.2-rasm

ishda 9.2-rasmda ko'rsatilgan qurilmadan foydalaniladi. Qurilma maxsus tutqichga mahkamlangan kapillyar naylar, ulardan tashqari, tekshiriladigan suyuqlikli idish uchun shu tutqichga biriktirilgan ko'chma polka bor. Naylar C shovun yordamida vertikal o'rnatiladi va tutqichning yon tomonida o'rnatilgan elektr lampa vositasida yoritiladi. Naylarning r_1, r_2, r_3 radiuslarini «MIR» tipidagi o'lchov mikroskopi yordamida, h_1, h_2, h_3 vertikal masofalarni esa «KM» tipidagi katetometr vositasida o'lchanadi.

	r_1	r_2	r_3	h_1	h_2	h_3
1						
2						
3						

2. Naylar maxsus eritmada, so'ngra distillangan suvda tozalab yuviladi va issiq havo o'tkazilib quritiladi.
 3. Naylar tutqichda vertikal o'rnatiladi va distillangan suvda idishga yarmidan ortiqrog'i botirilib, bir oz vaqt shunday qoldiriladi.
 4. Nay devorlari ho'llangandan keyin ularni bir necha santimetr ko'tariladi va katetometr orqali qarab, kapillyar ichidagi suyuqlik meniski cho'qqisining holati aniqlab olinadi.
 5. Naylarning suvga botish holatini yana 2 — 3 marta o'zgartirib, har safar menisk halati diqqat bilan o'lchanadi, olingan natijalar 1-jadvalga yoziladi.
- 1-jadval asosida suvning sirt taranglik koeffitsienti (5) formula bo'yicha hisoblab topiladi. O'lchash xatoligi

$$\Delta\sigma = t_{\alpha}(n) \sqrt{\frac{(\bar{\sigma} - \sigma_i)^2}{n(n-1)}}$$

dan hisoblanadi.

Savollar

1. Sirt taranglik koeffitsienti temperaturaga qanday bog'liq?
2. Nay kanalining toza bo'lmasligi natijaga qanday ta'sir qiladi?
3. Yuqorida bayon qilingan metod bilan kapillyar devorlarini ho'llamaydigan suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini aniqlash mumkinmi?
4. Sirt taranglik koeffitsientini aniqlashning yana qanday usullarini bilasiz?

10 – laboratoriya ishi

Katta qarshiliklarni o'lchash

Kerakli asbob va jihozlar: o'zgarmas tok manbai, ampermetr, voltmetr, reostat, kalit, noma'lum qarshilikli beshta rezistor, ulash simlari.

Ishning maqsadi: zanjirning bir qismi uchun Om qonunining to'g'riligini tajribada tekshirib ko'rish. Qarshiliklarni aniqlashning ampermetr va voltmetr usuli bilan tanishish. O'tkazgichlarni turli usullarda ulaganda natijaviy qarshilikni hisoblashni o'rganish.

1-mashq

Qisqacha nazariya: metall ichida tartibli harakatlanayotgan erkin elektronlar kristal panjara ionlari bilan to'qnashishi natijasida uzluksiz ravishda tormozlanadi. Bu o'tkazgich elektr qarshiligining yuzaga kelishiga sabab bo'ladi. Bir jinsli silindrik yoki prizmatik o'tkazgichning qarshiligi uning uzunligiga to'g'ri proporsional, ko'ndalang kesimi yuziga teskari proporsional va o'tkazgich materialiga bog'liq:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (10.1)$$

ρ - o'tkazgichning solishtirma qarshiligi.

O'tkazgichning qarshiligi ko'pgina hollarda ampermetr va voltmetr yordamida aniqlanadi. Bu metod bilan qarshilikni aniqlash usuli o'tkazgichning bir jinslilik darajasiga bog'liq bo'lib, zanjirning bir qismiga oid Om qonunining amalda qo'llanilishi asos qilib olinadi. Zanjirning bir qismiga oid Om qonuniga asosan o'tkazgichning qarshiligi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$R_x = \frac{U}{I} \quad (10.2)$$

bu erda U – qarshiligi aniqlanayotgan o'tkazgichdagi voltmetr bilan o'lchanadigan kuchlanish tushuvi, I - o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi, u ampermetr bilan o'lchanadi.

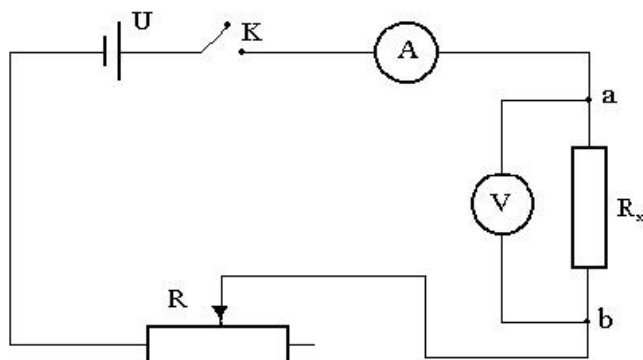
O'tkazgichlarni elektr zanjiriga uch xil usulda 1) ketma-ket, 2) parallel, 3) aralash ulanadi.

Maqsadga yo'naltiruvchi savollar:

1. O'tkazgich qarshiligi deganda nimani tushunasiz?
2. O'tkazgichning qarshiligi nimalarga bog'liq?
3. Qarshilik birliklarini ayting.
4. Zanjirning bir qismiga oid Om qonunini ta'riflang va uning matematik ifodasini yozing.
5. O'tkazgichlarni ketma-ket ulagandagi natijaviy qarshilikni hisoblash formulasini keltirib chiqaring.
6. O'tkazgichlarni parallel ulagandagi natijaviy qarshilikni hisoblash formulasini keltirib chiqaring.

Ishni bajarish tartibi

1) 10.1-rasmda berilgan sxema bo'yicha elektr zanjirini yig'ing. Noma'lum qarshilik R_x sifatida laboratoriya qurilmasidagi beshta bir xil rezistorlardan ixtiyoriy bittasini zanjirga kiriting.



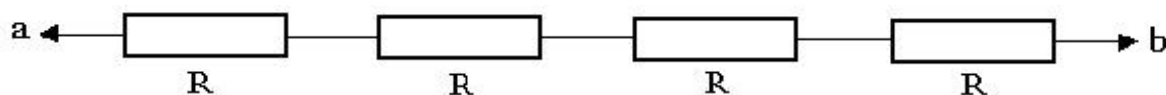
10.1-rasm

2) kalitni ulang, ampermetr va voltmetrning ko'rsatishlaridan tok kuchi va kuchlanishning qiymatlarini yozib oling. So'ngra reostat jilgichini surish bilan ampermetr va voltmetrning ko'rsatishlarini kamida uch, to'rt marta turli qiymatlarda yozib oling.

3) (10.2) formula yordamida rezistorning R_x noma'lum qarshiligini hisoblang (har bir olingan qiymatlar uchun alohida).

4) R_x larning o'rtacha arifmetik qiymatini toping.

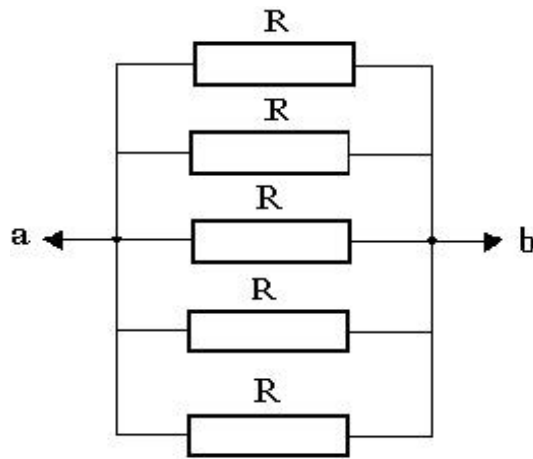
5) o'tkazgichlarni ketma-ket ulang (10.2-rasm). Bunda a va b nuqtalar orasidagi R_x o'rniga to'rtta rezistorning ketma-ket ulangan holini zanjirga kiriting.



10.2-rasm

6) tajribani yuqoridagi tartibda takrorlab ketma-ket ulangan qarshiliklar batareyasining natijaviy qarshiligini aniqlang.

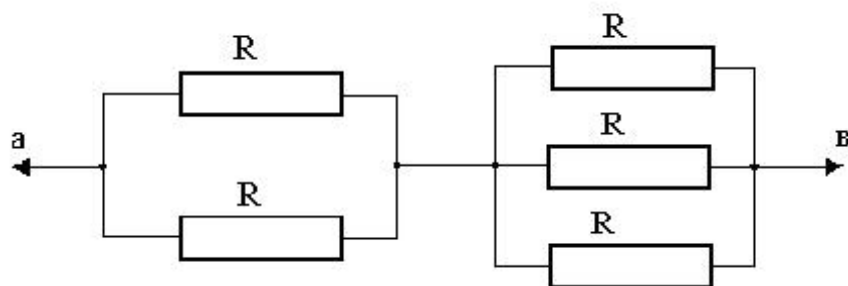
7) rezistorlarni 10.3-rasmda ko'rsatilgan sxema ko'rinishida parallel ulang.



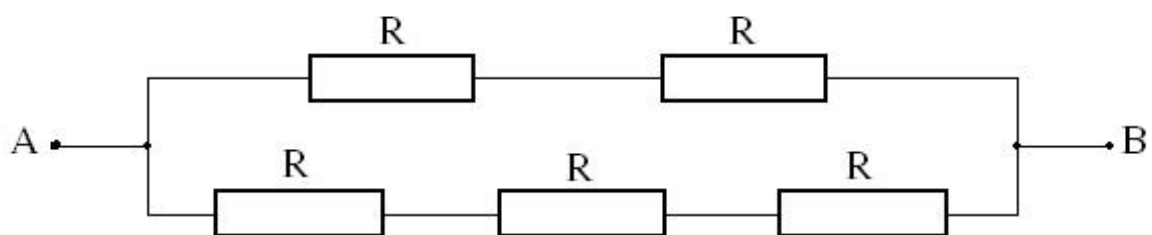
10.3-rasm

8) tajribani yuqoridagi tartibda takrorlab, parallel ulangan qarshiliklar batareyasining natijaviy qarshiligini aniqlang.

rezistorlarni aralash ulang. Bunda aralash ulashning bir nechta variantlarini tavsiya qilish mumkin (10.4 va 10.5-rasmlar).



10.4-rasm



10.5-rasm

9) tajribani yuqoridagi tartibda takrorlab, aralash ulangan qarshiliklar batareyasining natijaviy qarshiligini aniqlang.

10) rezistorlarni ketma-ket, parallel va aralash ulagan holatlardagi tajriba natijalarining o'rtachasini ularni formulalar yordamida nazariy hisoblaganda chiqadigan natija bilan solishtiring.

11) tajriba xatoliklarini hisoblang.

12) tajribalarda olingan natijalarni quyidagi jadvalga kiriting.

№	Zanjirga kiritiladi	I_1 A	U_1 B	R_1 Om	I_2 A	U_2 B	R_2 Om	I_3 A	U_3 B	R_3 Om	$\langle R \rangle$ Om	Nazariy formula
1	Bitta rezistor											
2	Ketma-ket ulangan to'rtta rezistor											$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$
3	Parallel ulangan beshta rezistor											$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_5}$
4	Aralash ulangan beshta rezistor											Qaysi variant

Mustahkamlash savollari:

1. Elektr sxemalarda rezistorlar quvvatiga qarab qanday belgilanadi?
2. Solishtirma qarshilik deb nimaga aytiladi?
3. Solishtirma qarshilikning birligi qanday?
4. Zanjirning bir qismiga oid Om qonunining differensial va integral shakllarini aytib bering.
5. Yuqorida berilgan zanjirda reostat qanday vazifani bajaradi? Agar uni olib tashlasak zanjirda qanday o'zgarish ro'y beradi?

11 – laboratoriya ishi

Cho‘g‘lanma lampochkalarining qarshiligi va quvvatini aniqlash.

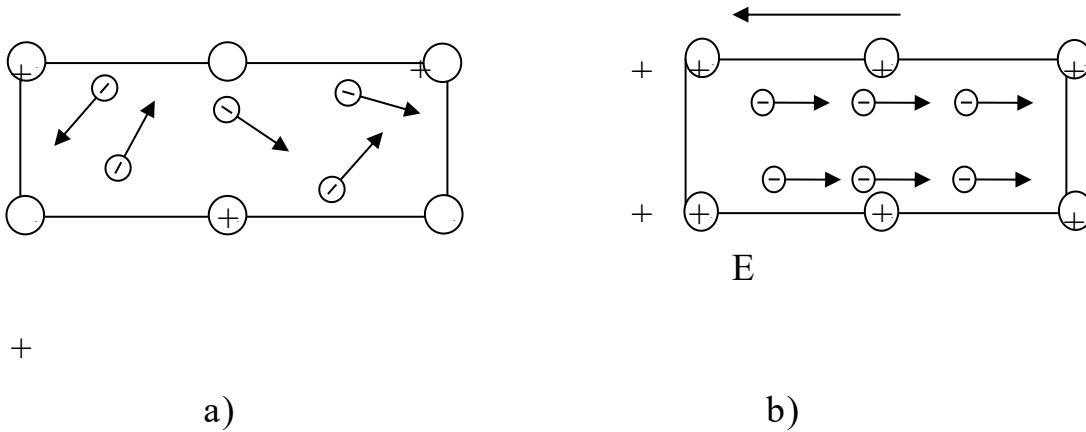
Ishdan maqsad: o‘tkazgichlardagi tok kuchi va kuchlanishi orqali elektr tokining quvvatini hamda o‘tkazgich qarshiligining haroratga bog‘liqligini o‘rganish.

Kerakli asbob va buyumlar: ikkita cho‘g‘lanma lampochka, ampermetr, voltmetr, reostat, kuchlanishi 220 V bo‘lgan o‘zgaruvchan tok manbai.

Nazariy qism

Elektr zaryadlarining ma’lum bir yo‘nalishdagi tartibli harakatiga elektr toki deb ataladi. Metallarda vujudga keladigan elektr tokining tabiati bilan tanishib chiqaylik. Metallar kristall panjaraviy tuzilishga ega bo‘lib, kristall panjara tugunlarida musbat zaryadli ionlar joylashgan. Bu musbat zaryadli ionlar o‘z valent elektronini yuqotgan atomlardir. Valent elektronlar esa o‘z atomi bilan zaif bog‘langanligi sababli, nisbatan “past” xona haroratidan past haroratlarda ham atomdan ajralgan holda bo‘luvchi “erkin” elektronlardir. Ular metall ichidagi fazoda ixtiyoriy yo‘nalishda tartibsiz harakat qiladilar. I,a-rasmda ionlar holati va erkin elektronlar harakati ma’lum darajada soddalashtirilgan tarzda tasvirlangan. SHuni ta’kidlash lozimki, har bir atomdan bittadan valent elektron ajralsa, birlik hajmda /1sm³ da/ erkin elektronlar soni 10²²-10²³ taga teng bo‘ladi.

O‘tkazgich, ya’ni metallni bir jinsli elektr maydoniga kiritaylik. Elektr maydoni ta’sirida elektronlar ma’lum yo‘nalishda tartibli harakat qila boshlaydilar. Buning natijasida metall ichida elektr toki vujudga keladi. Albatta, elektronlar bunda o‘zlarining dastlabki tartibsiz harakatlarini ham saqlab qoladilar. Metall o‘tkazgichdagi elektronlarning tartibli harakati, 11.1-brasmda tasvirlangan.



11.1-rasm

Odatda, elektr tokining yo‘nalishi sifatida musbat ishorali zaryadlarning tartibli yo‘nalishi qabul qilinadi.

Elektr tokining miqdoriy o‘lchovi sifatida tok kuchi ishlatiladi. Tok kuchi skalyar fizik kattalik bo‘lib, o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzasidan vaqt birligi ichida oqib o‘tgan elektr zaryadi qiymatiga son jihatdan tengdir:

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (11.1)$$

Xalqaro birliklar sistemasi (SI) da tok kuchi birligi Amper /1A/ deb qabul qilingan. SHuni alohida ta’kidlash lozimki, Amper fizikaning “Elektr” qismida asosiy fizik kattalik hisoblanadi. Elektr zaryad birligi - Kulon Amper orqali qo‘yidagicha aniqlanadi:

$$1\text{Kl}=1\text{A}\cdot 1\text{s}$$

Agar vaqt o‘tishi bilan tok kuchining qiymati hamda yo‘nalishi o‘zgarmay qolsa, bunday tok o‘zgarmas tok deyiladi. o‘zgarmas tok uchun 11.1 ifoda qo‘yidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$I = \frac{q}{t} \quad (11.2)$$

Bu erda q -o‘tkazgichning ko‘ndalang kesimidan t vaqt davomida o‘tgan zaryad miqdori.

Shu o‘rinda yana bir fizik kattalik - tok zichligi bilan tanishib o‘taylik. o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzasidan o‘tuvchi tok kuchi bilan aniqlanuvchi fizik kattalikka tok zichligi deyiladi. Bunda ko‘ndalang kesim tok yo‘nalishiga perpendikulyar bo‘lishi lozim. Bundan tok zichligining vektor tabiatga ega ekanligi kelib chiqadi. Tok zichligi vektorining yo‘nalishi musbat zaryadlar harakati yo‘nalishiga mos keladi. Tok zichligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$j = \frac{I}{S} \quad (11.3)$$

Kuchlanish qo‘yilgan bir jinsli o‘tkazgichning ko‘ndalang kesimidan dt vaqt davomida q zaryad o‘tayotgan bo‘lsin. Zaryadning ko‘chishida bajarilgan ish quyidagiga teng bo‘ladi

$$dA = U q = I U dt \quad (11.4)$$

Agar o‘tkazgichning qarshiligi R ga teng bo‘lsa, Om qonuniga ko‘ra

$$dA = I^2 R dt = \frac{U^2}{R} dt$$

$$P = \frac{dA}{dt} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (11.5)$$

(11.4) va (11.5) ifodalar yordamida tokning quvvatini topish mumkin.

Agar tok kuchi Amperlarda, kuchlanish Voltlarda, qarshilik esa Om larda o‘lchansa, tokning ishi Joulda, tokning quvvati esa Vattlarda o‘lchanadi. Elektr toki qo‘zg‘almas metall o‘tkazgichdan o‘tayotgan bo‘lsa, bajarilgan ishning hammasi o‘tkazgichni isitishga sarflanadi. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan

$$dQ = dA$$

SHunday qilib, ajralayotgan issiqlik miqdori uchun

$$dQ = IUdt = I^2 R dt = \frac{U^2}{R} dt \quad (11.6)$$

ifoda Joule-Lens qonunini ifodalovchi tenglamadir.

O'tkazgichdan tok o'tayotganda issiqlik ajralishi sababini klassik nazariyaga ko'ra sodda qilib shunday tushuntirish mumkin. Tartibli harakat qiluvchi elektronlar o'z tartibli tezliklarini ionlar bilan to'qnashishi natijasida yo'qotishlari yuqorida aytib o'tilgan. Tartibli tezlikni yo'qotish mexanik energiyani yo'qotish bilan ekvivalent ekanligini eslasak, ionlarga muttasil energiya berilib turar ekan, degan xulosaga kelish mumkin. Bu energiya issiqlik energiyasi tarzida metallardan ajralib turishi Joule-Lens qonunini sifatiy izohlashga imkon beradi.

Bir jinsli bo'lmagan zanjir deganda biz zanjirda yoki uning bir qismida ham elektr yurituvchi kuchlar va ham potentsiallar ayirmasi qo'yilgan holni ko'zda tutamiz. Agar tok o'tayotgan o'tkazgich qo'zg'almas bo'lsa, barcha (tashqi hamda elektrostatik) kuchlarning bajargan ishi issiqlikka ajraladi. Bu ishning miqdori

$$A_{12} = q\varepsilon_{12} + q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (11.7)$$

ifoda yordamida aniqlanadi. jz navbatida bu ish ajralib chiqayotgan issiqlik miqdoriga teng, ya'ni

$$dQ = I^2 R dt = I R (I dt) = I R q \quad (11.8)$$

(11.7) va (11.8) formulalardan

$$IR = (\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon_{12}$$

ifodani olish mumkin yoki

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon_{12}}{R} \quad (11.9)$$

(11.9) ifoda bir jinsli bo'lmagan zanjirning bir qismi uchun Ohm qonuni deyiladi.

Agar zanjir berk bo'lsa, u holda 1 va 2 nuqtalar ustma-ust tushadi, demak $\varphi_1 = \varphi_2$ va (11.9) ifoda qo'yidagicha yoziladi.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

Har qanday berk zanjirni ikki qismga: tashqi R qarshilikli U_1 kuchlanish tushuvchi qismga va ichki r qarshilikli, U_2 kuchlanish tushuvchi qismga ajratish mumkin. Bu erda r - ichki qarshilik deyilib, u tok manbaining ichida sodir bo'luvchi jarayonlar bilan bog'liqdir. Om qonuniga asosan

$$U_1 = I R, \quad U_2 = I r$$

U_1 va U_2 larning yig'indisi tok manbaining EYUK ga teng:

$$\mathcal{E} = U_1 + U_2 \quad \text{yoki} \quad \mathcal{E} = IR + Ir$$

bundan
$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} \quad (11.10)$$

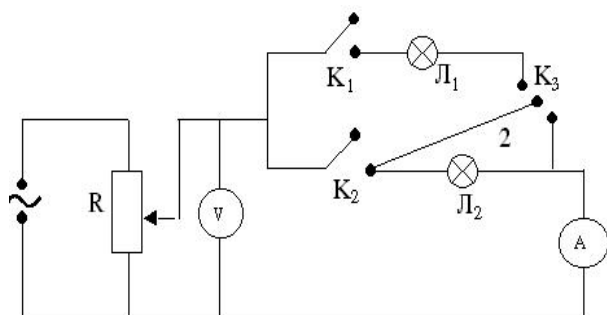
(11.10) tenglik berk zanjir uchun Om qonunining ifodasidir.

Ushbu laboratoriya ishida cho'g'lanma lampochkalarining qarshiligi, quvvati va lampochka ichidagi sim tolasining tok o'tayotgan paytdagi harorati aniqlanadi. 11.2-rasmda tajribaning elektr sxemasi tasvirlangan. Bu erda R -potensiometr bo'lib, uning yordamida voltmetr (V) dagi kuchlanish va ampermetr (A) orqali o'tayotgan tok kuchi qiymati o'zgartirilib turiladi.

L_1 va L_2 cho'g'lanma lampochkalar. K_1 , K_2 va K_3 -kalitlar. Kalitlar yordamida lampochkalarni elektr zanjiriga alohida-alohida, ketma-ket va parallel ulash mumkin.

Ishni bajarishda har bir lampochka hamda lampochkalarining ikkalasini ketma-ket va parallel ulashdagi V-voltmetrning, shuningdek A-ampermetrning ko'rsatishlari yozib boriladi.

Lampochkaning cho‘g‘lanish haroratini aniqlash uchun, qarshilikning absolyut haroratga bog‘liqlik formulasidan foydalanamiz:



11.2-rasm

$$R_t = R_0 \alpha T \quad (11.11)$$

/11/ formulani o‘tkazgich haroratining ikki xil qiymati uchun yozib,

$$R_{t_1} = R_0 \alpha T_1 \quad \text{va} \quad R_x = R_0 \alpha T_x \quad (11.12)$$

formulalarni olamiz. Ularning o‘zaro nisbatini olsak, lampochkaning cho‘g‘lanish haroratini aniqlaydigan formulaga ega bo‘lamiz:

$$T_1 = R_t \frac{T_x}{R_x} \quad (11.13)$$

Bu erda T_x -xona harorati, T_1 -lampochkaning cho‘g‘lanish harorati, α - qarshilikning harorat koeffitsienti, R_x va R_{t_1} lar T_x va T_1 haroratlarga mos keluvchi lampochka tolasining qarshiliklari, R_0 - lampochka tolasining $t=0^\circ\text{C}$ haroratdagi qarshiligi.

Ishni bajarish tartibi

1. 2-rasmda tasvirlangan elektr zanjiri yig‘iladi. o‘lchash va hisoblash natijalarini yozish uchun qo‘yidagi jadval tuziladi:

	No	U	I	R	N	T		U	I	R	N	T
	1						1 va 2 lampochkalar					

I	2							ketma-ket ulangan					
	3												
II	1							1va 2 lampochkalar parallel ulangan					
	2												
	3												

- L_1 lampochka zanjirga K_1 kalit yordamida ulanib K_2 - ochiq, K_3 - 1-holatda bo‘ladi, kuchlanishning 60,80,100, 120 va 140 V qiymatlari uchun tok kuchi aniqlanadi.
- Ishning (11.9) formulasi yordamida tok kuchi va kuchlanishning har bir qiymati uchun R_t qarshilik hisoblanadi.
- Ishning (11.5) formulasi bo‘yicha lampochkaning quvvati aniqlanadi.
- Ommetr yordamida sovuq holda xona haroratidagi lampochkaning qarshiligi va termometr yordamida uning absolyut shkala bo‘yicha haroratining qiymati aniqlanadi: $T_x=273+t$.
- (11.13)-formuladan R_t ning har bir qiymati uchun cho‘g‘langan lampochkaning harorati aniqlanadi.
- Elektr zanjiriga L_2 lampochka K_2 kalit orqali ulanadi. K_1 - ochiq va 2-6 bandlarda o‘tkazilgan tajriba va hisoblashlar takrorlanadi.
- L_1 va L_2 lampochkalar K_1 va K_2 ketma-ket kalitlar yordamida elektr zanjiriga ketma-ket va parallel ulanad / K_3 -kalit 1-holatga o‘tkaziladi/. So‘ngra 2-6 bandlar takrorlanadi va umumiy qarshiliklar topiladi.

Sinov savollari

1. Tok kuchi deb qanday fizik kattalikka aytiladi? U qanday birliklarda o'lchanadi?
2. O'tkazgichlarda qarshilikning mavjud bo'lishini klassik elektron nazariyasi asosida tushuntiring.
3. O'tkazgichlarning qarshiligi va bu qarshilikning haroratga bog'liqlik formulasini tushuntiring. (11.4) ifodani keltirib chiqaring.
4. O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulashda hosil bo'ladigan natijaviy qarshiliklar formulasini yozing.
5. Butun zanjir, zanjirning bir qismi va bir jinsli bo'lmagan qismlari uchun Om qonuni hamda tok kuchining ishi va quvvati formulalarini yozing.
6. Ishning sxemasini chizing va bajarish tartibini tushuntiring.

12 – laboratoriya ishi

Erning magnit maydon kuchlanganligining gorizonttal tashkil etuvchisini hamda tangens-galvanometr doimiysini aniqlash

Ishdan maqsad: Er magnit maydon gorizonttal tashkil etuvchisini va tangens-galvanometr doimiysini aniqlashdan iborat.

Kerakli asbob va buyumlar: tangens-galvanometr, o'zgarmas tok manbai, reostat, milliampermetr, qayta ulagich (pereklyuchatel).

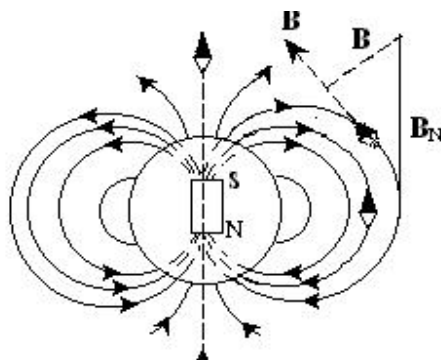
Nazariy qism.

Er atrofida magnit maydon mavjudligi insonga qadimdan ma'lum. SHuning uchun ham Erni juda katta magnitga qiyoslash yoki Erning markazida joylashgan ML magnit dipoli mavjud, deb qarash mumkin. Bu magnit dipolning magnit qutblari Erning geografik qutblariga yaqin joylashgan bo'ladi, ya'ni Er magnit maydonining janubiy qutbi (*S*) shimoliy geografik qutb (*Sh*)ga yaqin va shimoliy qutbi (*N*) esa janubiy geografik qutbi (*J*) ga yaqin joylashgan bo'ladi. Magnit dipolning maydon induksiyasi (*B*) chiziqlarining ko'rinishi va uning yo'nalishi tajriba asosida aniqlangan (12.1-rasm).

Bundan kelib chiqadiki, Er sirtini magnet maydoni o‘rab olgan ekan. Buni 12.1-rasmda tasvirlangan magnet strelkalarining har xil yo‘nilishda joylashishi tasdiqlaydi.

12.1-rasmdagi B - Erning magnet maydon induksiyasi, B_N - uning gorizontal tashkil etuvchisidir. $B = \mu\mu_0 H$ bu erda μ muxitning magnet singdiruvchanligi, μ_0 - magnet doimiysi, H -magnet maydon kuchlanganligi

Erning magnet maydon kuchlanganligi vektorining gorizontal tekislikka proeksiyasi Erning magnet maydoni kuchlanganligi vektorining gorizontal tashkil etuvchisi H_N deyiladi.



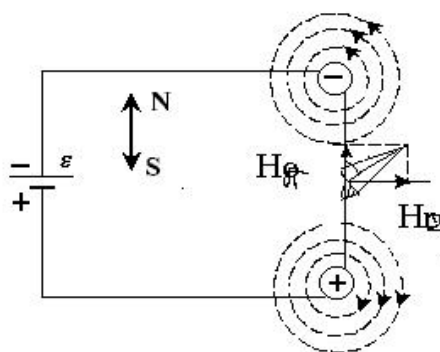
11.1-rasm

Magnet maydon induksiyasi geografik kengligi shunga o‘xshash bo‘lgan joylardagi magnet induksiyasi qiymatidan keskin farq qiladi. Er Masalan, Erning magnet qutblarida (S nuqtada) magnet strelka Er sirtiga tik yo‘nalgan bo‘lsa, Er ekvatoriga mos keluvchi nuqtalar (D) da gorizontal joylashadi. Er sirtining qolgan ixtiyoriy nuqtalarida (A nuqtada) esa magnet strelka magnet induksiya chiziqlariga urinma bo‘ylab induksiyasi yo‘nalishi bilan gorizontal tashkil etuvchisi orasidagi burchak (β) magnet enkayishi deyiladi. Er sirtida shunday joylar borki, bu joylarda sirtidagi magnet maydon induksiyasi qiymatining keskin o‘zgarish hodisasiga magnet anomaliyasi deyiladi. Magnet anomaliyasining mavjudligi shu joylarda temir rudalari to‘planganligini bildiradi. Er sharining har bir nuqtasidagi er magnetizmi elementlari vaqt o‘tishi bilan asta-sekin o‘zgarib borishi mumkin. Ammo shunday paytlar bo‘ladiki, Erning magnet maydoni bir necha soat ichida keskin o‘zgaradi. Bu hodisaga magnet bo‘roni deyiladi.

Magnet bo‘ronining vujudga kelishi Quyosh aktivligining o‘zgarishi bilan bog‘liq bo‘lib, Er sharoitidagi hayotga salbiy ta’sir etishi mumkin.

Erning magnit maydonini tadqiq qiluvchi juda ko'p asboblardan biri va eng oddiy kompasdir. Kompas vertikal o'q atrofida aylana oladigan magnit strelka bo'lib, o'q atrofida aylanishi magnit maydon kuchlanganligi gorizontal tashkil etuvchisi (H_g) ning ta'siriga asoslangan. Bu ta'sir natijasida kompas strelkasining bir uchi shimolni (Sh) ikkinchi uchi janubni (J) ko'rsatadi.

Er magnit maydon induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisining aniqlash uchun tangens bussoldan foydalanamiz. Tangens-bussol (TB) R -radiusli n ta o'ramli va markazida kompas joylashgan yassi vertikal g'altakdan iborat qurilmadir. R va n ning qiymatlari (TB) da ko'rsatilgan bo'ladi.



11.2-rasm

O'zgarmas tok manbaiga ulangan tangens-bussolning ishlash prinsipi bilan tanishib chiqaylik. 12.2-rasmda tokka ulangan tangens-bussolning kesimi tasvirlangan. Aylana ko'rinishdagi punktr chiziqlari magnit maydon induksiya chiziqlarini, magnit meridiani NS yo'nalishida bo'ladi.

Uning markazidagi musbat ishora tokning, chizma tekisligining orqa magnit strelkasi magnit meridiani NS yo'nalishida bo'ladi.

Magnit maydonning gorizontal tashkil etuvchisi yo'nalishiga mos kelgan yo'nalish magnit meridiani deyiladi.

Tangens-bussol o'ramlaridan o'zgarmas elektr toki o'tayotgan bo'lsa, magnit strelka dastlabki holatidan biror φ burchaka og'adi. Bunga sabab magnit strelkasiga Erning magnit maydoni induksiyasidan yoki aniqroq aytganda uning gorizontal tashkil etuvchisi B_g dan tashqari aylana shaklidagi o'ramlardan o'tayotgan tok kuchining

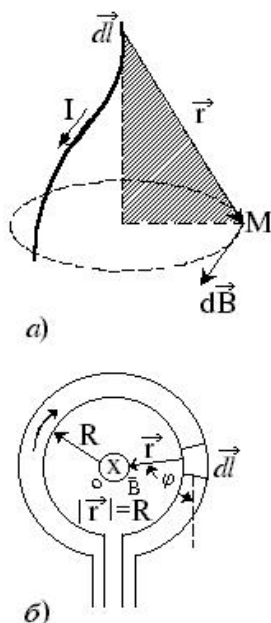
g'altak markazida hosil qilgan magnit maydon induksiyasi B_0 ham ta'sir qilishidir
 12.2-rasmdan burchak tangensi uchun quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{H_0}{H_z} \quad (12.1)$$

Bu ifodadan Erning magnit maydoni induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisi (B_g) topiladi, ya'ni

$$H_z = \frac{H_0}{\operatorname{tg} \varphi} \quad (12.2)$$

bu erdagi H_0 -kattalik Bio-Savar-Laplas qonunidan foydalanib aniqlanadi. Buning uchun ixtiyoriy shaklda bo'lgan L uzunlikdagi tokli o'tkazgichni ko'rib chiqaylik (12.3,a-rasm). O'tkazgichdan z masofada joylashgan M nuqtadagi magnit maydon



11.3-rasm

induksiyasini aniqlash uchun shu o'tkazgichni dl bo'laklarga bo'lamiz. Idl kattalik tok elementi deb ataladi. Har bir tok elementining M nuqtada hosil qilgan maydon induksiyasi dB ni Bio-Savar-Laplas qonuniga asosan quyidagi formula orqali ifodalash mumkin:

$$dB = \frac{Idl \operatorname{Sin} \varphi}{4\pi r^2} \quad (12.3)$$

bu erda μ_0 -magnit doimiysi ($\mu_0 = 12,5 \cdot 10^{-12} \text{ G/m}$)

M nuqtada L uzunlikdagi tokli o'tkazgich hosil qilgan natijaviy magnit maydon induksiyasini aniqlash uchun /3/ ifodani butun L uzunlik bo'yicha integrallash lozim bo'ladi:

$$H = dH = \frac{Id\ell}{4\pi r^2} \sin\varphi \quad (12.4)$$

Bio-Savar-Laplas qonunini aylana shaklidagi o'tkazgichdan o'tayotgan tokning shu aylana markazida hosil qilgan maydon induksiyasini aniqlashga tadbiiq etaylik/3,b-rasm/. Bu chizmadan ko'rinadiki, $\varphi = 90^\circ$, $\sin\varphi = \sin 90^\circ = 1$ shunindek, $r = R$

U holda aylana shaklidagi tokli o'tkazgichning aylana markazida hosil qilgan maydon induksiyasi

$$H_0 = \int_0^L \frac{I}{4\pi R^2} d\ell \quad (12.5)$$

ko'rinishga keladi. Integrallash amalini bajarib

$$H_0 = \frac{I}{2R} \quad (12.6)$$

ifodaga ega bo'lamiz. Bu qiymat bitta aylanma tokning markazida, bizning hol uchun tangens-bussol markazida hosil bo'layotgan magnit maydon induksiyasini ifodalaydi. V ning SI dagi o'lchov birligi Tesla (Tl) bo'ladi. Umumiy holda, ya'ni tangens-galvanometrda simning o'ramlar soni n ga teng bo'lganda /6/ ifoda

$$H_0 = \frac{nI_0}{2R} \quad (12.7)$$

ko'rinishda yoziladi. Bu ifodani (12.2) ga qo'yib, Erning magnit maydon induksiyasining gorizonta tashkil etuvchisini aniqlash formulasiga ega bo'lamiz:

$$H_\varphi = \frac{n_0 I}{2R \operatorname{tg}\varphi} \quad (12.8)$$

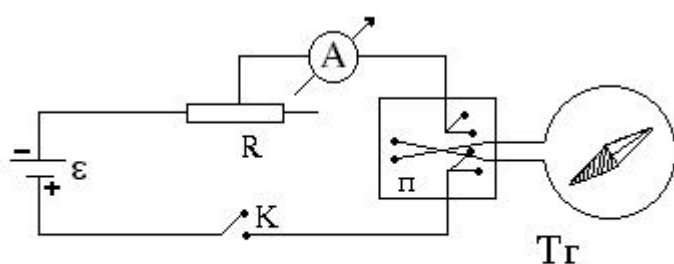
Agar $\frac{2RH_\varphi}{n_0} = C$ belgilash kiritsak (12.8) ifoda

$$C = \frac{I}{\operatorname{tg}\varphi} \quad (12.9)$$

ko‘rinishga keladi. C-tangens-galvanometr doimiysi deyilib, magnit maydon o‘lchanishi lozim bo‘lgan biror geografik kenglikda qo‘llaniladigan tangens-galvanometr uchun u o‘zgarmas kattalikdir.

Erning magnit maydon induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisini aniqlash uchun 12.4-rasmda tasvirlangan elektr zanjiri yig‘iladi.

Bu rasmda TG-tangens-galvanometr, R-reostat, \mathcal{E} -tok manbai, K-kalit, P-qayta ulangich /pereklyuchatel/. A-ampermetr. Bu ishda aylanasi bo‘ylab bir necha o‘ram sim



11.4-rasm

o‘ralgan katta diametrli aylanasimon yog‘och karkas tangens-galvanometr vazifasini o‘taydi. Karkas markazida g‘ilof ichida gorizontal tekislikda erkin aylana oladigan strelkani arretirdan qutichadagi maxsus richagni burish yo‘li bilan osongina bo‘shatish mumkin.

Ishni bajarish tartibi.

1. 4-rasmda ko‘rsatilgan elektr zanjir yig‘ildi.
2. Magnit strelka arretirdan bo‘shatiladi va tangens-bussol shunday o‘rnatiladiki, g‘altak tekisligi magnit merediani yo‘nalishda joylashgan bo‘lsin. Bunda strelkaning bir uchi 0^0 ni, ikkinchi uchi esa 180^0 ni ko‘rsatadi.
3. Sxema tekshirilgandan so‘ng elektr zanjir tok manbaiga ulanadi.
4. R-reostat yordamida 0,2 ga teng tok kuchi tanlanib, bunday tokda strelkaning har ikki uchining magnit merediani yo‘nalishdan og‘ish burchaklari qiymatlari α_1 va α_2 yozib olinadi.
5. P- qayta ulagich yordamida tokning yo‘nalishi o‘zgartirib, tokning 0,2 mA qiymati uchun strelka uchlarining α_3 va α_4 qiymatlari yozib olinadi. Og‘ish burchaklarining barcha qiymatlariga ko‘ra ularning o‘rtacha qiymati aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

SHu tartibda tok kuchining 0,3 mA 0,4 mA, qiymatlari uchun ham 4- va 5-bandlarda ko'rsatilgan mashqlar takrorlanadi.

6. (12.8) formuladan foydalanib, har bir o'lchash uchun Erning magnit maydoni induksiyasining gorizontal tashkil etuvchisi hisoblanadi. So'ngra B_g ning o'rtachi qiymati va bu qiymatdagi absolyut hamda nisbiy xatoliklar aniqlanadi.

7. (12.9) formula yordamida tangens-bussol doimiysi C hisoblab topiladi.

O'lchash va hisoblash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

№	I(A)	Strelkaning og'ishi				H_g	$N_{ro'r}$	ΔN_r	$\frac{\Delta H_r}{H_r}$	C	ΔC
		α_1	α_2	$\alpha_{o'r}$	$tg \vec{\alpha}$						
I	0,2										
II	0,3										
III	0,4										
	0,5										
IV	0,6										

Sinov savollari

1. Erning magnit maydoni induksiya vektori qanday yo'nalgan. Magnit anomaliyasi qanday hodisa?
2. Erning magnit maydoni kuchlanganligivektorining gorizontal tashkil etuvchisi deb nimaga aytiladi?
3. G'altak o'rami tekisligini magnit meridiani yo'nalishida o'rnatishning qanday zaruriyati bor?
4. Bio-Savar-Laplas qonunini tushuntiring va uning umumiy formulasini yozing

5. Erning magnit maydon kuchlanganligivektorining gorizontal tashkil etuvchisini aniqlaydigan /8/ formulani keltirib chiqaring.
6. Tangens- kattaliklarga bog'liq galvanometr doimiysi qanday?

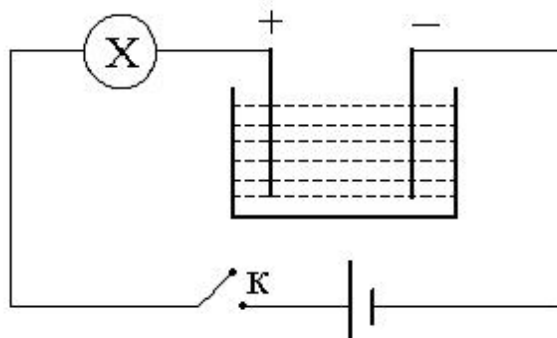
13 – laboratoriya ishi

Misning elektrokimyoviy ekvivalentini aniqlash

Kerakli asbob va jihozlar: O'zgarmas tok manbai, elektron tarozi va sekundomer, reostat, elektrolitik vanna, mis kuporasining eritmasi, ikkita mis elektrodlar, o'zgarmas tok ampermetri, ulash simlari.

Ishning maqsadi: Elektroliz qonunlarini o'rganish. Misning elektrokimyoviy ekvivalentini aniqlash orqali Faradey soni va elektronning zaryadini aniqlash.

Qisqacha nazariya: Kislotalar, tuzlar va ishqorlarning eritmalaridan elektr toki o'tishini qarab chiqaylik. Amalda toza distillangan suv dielektrik hisoblanadi. Buni quyidagi tajribada ko'rsatish mumkin: cho'g'lanma lampa bilan ketma-ket qilib ulangan ichiga metall plastinkalar tushirilgan va distillangan suv solingan vannani kalit orqali tok manbaiga ulansa, lampa yonmaydi (1-rasm).



12.1-rasm

Agar tomizg'ich yordamida suvli vannaga bir nechta tomchi kislota solinsa lampa yorug' bo'lib yonadi. Bundan ko'rinadiki, kislotaning suvdagi eritmaları tokni yaxshi o'tkazar ekan. Bu hodisaning sababini qaraymiz. Suv molekulası tabiiy dipol hisoblanadi. Olaylik, suvda xlorid kislota HCl molekulası joylashgan bo'lsin. Bu molekula N^+ va $S1^-$ ionlaridan tashkil topgan. Ular Kulon kuchlari ta'sirida bir-birini ushlab turadi.

Suv elektr zaryadlarining o'zaro ta'sirini taxminan 80 marta susaytirishini esga olamiz.

Suv molekulari xaotik harakatlanib, xlorid kislota molekulasiga hamma

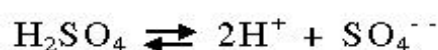
tomondan uriladi, natijada HCl molekulasini ionlarga parchalanadi. Suvdagi har xil ismli zaryadlangan ionlar bir-biriga tortishadi va ba'zan ular birikib yana qaytadan molekula hosil qilishi mumkin. Shuning uchun kislota suvga solinganda nafaqat molekularning ionlarga ajralishi emas, balki unga teskari jarayon, ya'ni ionlarning birikib neytral molekula hosil qilish hodisasi ham kuzatiladi:



Erituvchi ta'sirida molekularning ionlarga parchalanish hodisasi **elektrolitik dissotsiatsiya** deb ataladi. Molekulalar umumiy sonining qancha qismi parchalanganligini ko'rsatuvchi son **dissotsiatsiya darajasi** deyiladi. Eritmalarda harakatlanuvchi zaryad tashuvchilar faqat ionlar hisoblanadi. Dissotsiatsiya vaqtida vodorod va hamma metallarning ionlari musbat zaryadlangan bo'ladi. zaryad tashuvchilar faqat harakatlanuvchi ionlardan iborat bo'lgan suyuq o'tkazgich **elektrolit** deb ataladi.

Elektrolitlar ikkinchi jins o'tkazgichlarga mansub bo'lib, ionli o'tkazuvchanlikka ega bo'ladilar. Ularga tok hosil qiluvchi zaryadli erkin zarralar – ionlar elektrolitlar dissotsiatsiya hodisasi tufayli paydo bo'ladi. Elektrolitdagi qarama-qarshi ishorali ionlar tartibsiz issiqlik harakatida bo'ladi. Agar elektrolitda tashqi elektr maydoni hosil qilinsa, maydonning kuchi (e - ionning zaryadi) ta'sirida undagi ionlar tartibli harakatga keladi va elektrolitda elektr toki paydo bo'ladi. Shuning uchun elektrolitlarning elektr o'tkazuvchanligini **ionli o'tkazuvchanlik** deyiladi. Elektrolitdan o'zgarimas elektr toki o'tganda, elektrolit tarkibidagi moddalarning elektrodlarda ajralib chiqish hodisasi **elektroliz** deb ataladi.

Vannaga sulfat kislotaning suvdagi eritmasi solingan bo'lsin. Sulfat kislotaning molekulasining dissotsiatsiyasi quyidagi tenglama ko'rinishida ro'y beradi:

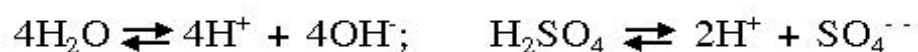


Vannaga ikkita elektrod kiritamiz. Tok manbaining musbat qutbiga ulangan elektrodni **anod**, manfiy qutbiga ulangan elektrodni esa **katod** deb ataladi. Agar kalit ulansa, elektrolitda elektrodlar orasida elektr maydon paydo bo'ladi. Bu maydon ta'sirida vodorod ioni H^+ katodga tomon, kislota qoldig'i ionlari SO_4^{2-} esa anodga tomon

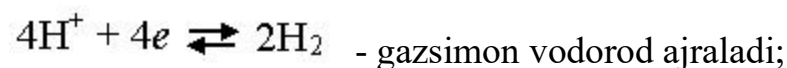
harakatlanadi. N^+ katodga etib borgach, o'ziga bitta erkin elektronni qo'shib oladi va neytral vodorod atomiga aylanadi. Bu atomlar juftlashib katodda ajraladigan gazsimon vodorod molekulasini hosil qiladi. Eritmada SO_4^{2-} ionlardan boshqa manfiy ionlarning borligi suv molekulalarining ham kichik miqdorda dissotsiatsiyalanishini ko'rsatadi:



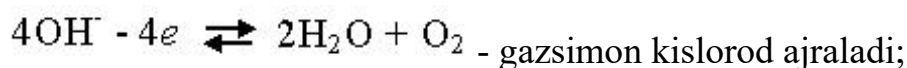
OH^- ionlar (gidroksil) o'zining ortiqcha elektronlarini oson beradi, SO_4^{2-} ionlar esa qattiqroq ushlaydi. Shuning uchun anodga etib kelgan OH^- ionlar zaryadsizlanadi, SO_4^{2-} ionlar esa eritmada qoladi. OH^- ionlarning razryadlanishi vaqtida suv va anodda ajraladigan neytral gazsimon kislorod molekulalari hosil bo'ladi. Elektron zaryadini e harfi bilan belgilab, bu jarayonlarni quyidagicha yozish mumkin: a) eritmada ionlarning hosil bo'lishi



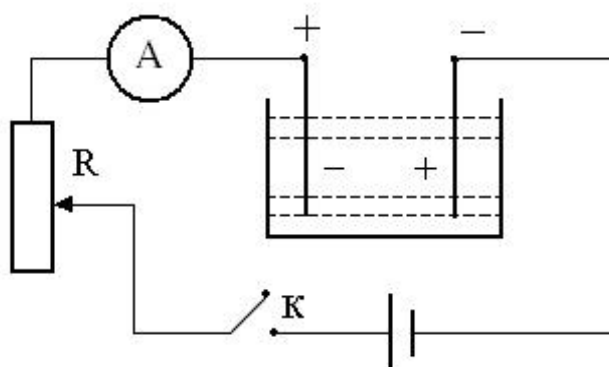
b) katoddagi jarayonlarda



v)



Eritmalardagi musbat ionlarni **kationlar** (elektroliz vaqtida katodga tomon harakatlanadi), manfiy ionlarni esa **anionlar** deb ataladi.



12.2-rasm

Elektroliz vaqtida elektrodda ajraladigan modda miqdori.

Faradey qonunlari.

Elektroliz hodisasiga oid qonunlarni ingliz fizigi M.Faradey tajribada kashf qilgan. Faradey qonunlarining ifodalarini quyidagicha nazariy mulohazalar yuritib,

keltirib chiqarish mumkin. Faraz qilaylik, elektrolitik dissotsiatsiya tufayli hosil bo'lgan ionning zaryadi $q=ze$ (z -ionning valentligi) bo'lsin. Elektrodga (katodga) etib kelgan N - ta ionning (masalan Cu ioni) katoddan olgan zaryadi

$$q=Nze \quad (13.1)$$

ga teng bo'ladi. Ikkinchi tomondan, elektrodga ajralgan modda (Cu ionlari) massasi

$$m=Nm_0 \quad (13.2)$$

ga (m_0 – bitta Cu ionning absolyut massasi) teng bo'ladi.

(1) va (2) ifodalardan quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{q}{m} = \frac{Ze}{m_0} \quad (13.3)$$

Bizga molekulyar fizika kursidan ma'lumki, moddaning M -molyar massasi bitta molekula massasi bilan Avogadro doimiysining ko'paytmasiga teng:

$$M=m_0N_A \quad (13.4)$$

(4) dan m_0 ni topib, (3) ifodaga qo'ysak, u quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\frac{q}{m} = \frac{Ze}{M} N_A \quad (13.5)$$

Bundan elektrodga ajraladigan moddaning massasini aniqlash formulasini keltirib chiqaramiz:

$$m = \frac{M}{N_A e Z} q \quad (13.6)$$

$k = \frac{M}{N_A e Z}$ kattalik har bir modda uchun o'zgarmas bo'lib, moddaning *elektrokimyoviy ekvivalenti* deyiladi. Shuni hisobga olib Faradeyning birinchi qonuni ifodasini quyidagi ko'rinishda yozamiz

$$m = kq = kIt \quad (13.7)$$

(7)ga ko'ra Faradeyning birinchi qonunini quyidagicha ta'riflaymiz: elektrolitdan elektr toki o'tganda elektrodga ajralib chiqadigan moddaning massasi elektrolit orqali o'tgan zaryad miqdoriga yoki tok kuchi va tokning o'tib turish vaqtining ko'paytmasiga to'g'ri proporsionaldir.

$q=1\text{Kl}$ bo'lganda, son jihatdan $k=m$ bo'ladi. Bundan k -ning fizik mohiyati kelib chiqadi: moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti shu elektrolitda erigan eritma orqali

1Kl zaryad o'tish vaqtida elektrodda ajralib chiqqan modda massasini aniqlaydi. Amalda uning o'lchov birligi uchun 1kg/Kl qabul qilingan.

(7) dan elektrokimyoviy ekvivalentni hisoblash mumkin bo'lgan ifodaga ega bo'lamiz:

$$k = m/It \quad (13.8)$$

Bir valentli ion zaryadini (elektron zaryadi) aniqlash formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$e = \frac{M}{mN_A Z} q \quad (13.9)$$

Faradeyning ikkinchi qonuni: moddalarning elektrokimyoviy ekvivalenti ularning kimyoviy ekvivalentiga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni $k \sim c$.

$$k/c = 1/F \quad (13.10)$$

(10) ifodadagi F-barcha moddalar uchun bir xil bo'lgan doimiy son hisoblanib, **Faradey soni** deb ataladi va uning son qiymati:

$$F = c/v = 96484,56 \text{ Kl/mol} \quad (13.11)$$

Elektroliz uchun Faradey qonunlarini birlashtirsak:

$$m = \frac{c}{F} It = \frac{1}{F} \frac{M}{Z} It \quad (13.12)$$

yoki
$$m = \frac{c}{F} q = \frac{1}{F} \frac{M}{Z} q \quad (13.13)$$

Eritma orqali $q = F$ zaryad o'tganda elektrodda ajraladigan moddaning massasi $m = c$ bo'ladi. (son jihatdan kimyoviy ekvivalentga teng). Bu shart Faradey sonining fizik mohiyatini aniqlaydi: elektroliz paytida elektrodda ajraladigan moddaning massasi, son jihatidan, uning kimyoviy ekvivalentiga teng bo'lishi uchun, elektrolit orqali shu vaqt ichida Faradey soniga teng kattalikdagi zaryad oqib o'tishi kerak. F – xalqaro birliklar sistemasida Kl/mol birlikda o'lchanadi.

Faradey soni aniq bo'lganda, elementar zaryad – elektronning zaryadini quyidagi ifoda yordamida hisoblash mumkin bo'ladi

$$e = F/N_A = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl.}$$

Ishni bajarish tartibi

1. 13.2-rasmdagi sxemaga ko'ra elektr zanjirini yig'ing.
2. Katod vazifasini bajaruvchi elektrodni yaxshilab quriting va uning m_1

massasini tarozida aniq tortib o'lchang.

3. Mis kuporasidan distillangan suvga ozroq solib eritma tayyorlang va eritmani vannaga quyning.

4. Eritmaga elektrodni tushirib, ularni qo'zg'almas qilib o'rning.

5. Kalitni ulang, reostat yordamida zanjirdagi tok kuchini taxminan 1,5 A qiymatga rostlang va shu zahoti vaqtni belgilab oling.

6. Tok kuchini o'zgartirmasdan zanjirdan 20–25 minut davomida tok o'tib tursin va t vaqtni belgilab oling. Kalitni uzning.

7. Katodni eritmada chiqarib, uni quriting va uning m_2 massasini tarozida tortib o'lchang. Katodda ajralib chiqqan mis massasini $\Delta m = m_2 - m_1$ ifodadan aniqlang.

8. (13.8) ifodadan foydalanib, misning k elektrokimyoviy ekvivalentini hisoblab toping.

9. Tajribani takrorlang va xatoliklarni hisoblang.

10. (13.9) ifodadan foydalanib, bir valentli ion zaryadini aniqlang.

11. Jadval tuzing va olingan natijalarni jadvalga kiriting.

Savol va topshiriqlar:

1. Elektr o'tkazuvchanlik xususiyatiga ko'ra suyuqliklar qanday guruhlarga ajratiladi?
2. Elektrolit nima? Elektrolitik dissotsiatsiya va rekombinatsiya jarayonlari haqida gapirib bering.
3. Qanday jarayonni elektroliz deb ataladi?
4. Elektrolizning texnikada qo'llanilishiga misollar keltiring.
5. Faradey qonunlarini aytib bering. Elektrokimyoviy ekvivalent deb qanday kattalikka aytiladi?
6. $ZnSO_4$ eritmasini elektroliz qilishda 2 kVt·soat energiya sarflangan va elektrolitik vanna klemmalariga berilgan potentsiallar ayirmasi 2V ga teng bo'lsa, katoda qancha Rux ajralib chiqadi?
7. 100 kPa bosim va 25 °C temperaturadagi 2,5 l vodorod olish uchun qancha elektr energiya sarf qilish lozim? Elektroliz 5V kuchlanish ostida amalga oshirilmoqda va qurilmaning FIK 75%.
8. Elektrolitlarda ionlar harakatchanligi deganda nimani tushunasiz?

9. Elektrolitlar uchun Om qonunini tushuntiring.

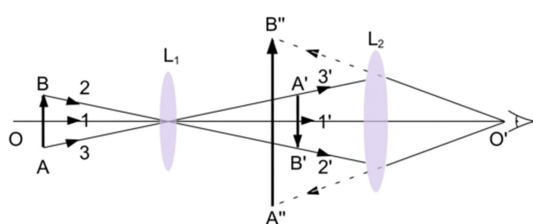
14 – laboratoriya ishi

Mikroskopning tuzilishini o`rganish va uning yordamida shisha plastinkaning sindirish ko`rsatkichini aniqlash

Kerakli asbob va jihozlar: mikrometrik vint o`rnatilgan o`lchash mikroskopi, mikrometr, sindirish ko`rsatkichi aniqlanadigan shisha plastinkalar.

Ishning maqsadi: mikroskopning tuzilishini o`rganish, shisha plastinkaning sindirish ko`rsatkichini mikroskop yordamida aniqlash, yorug`likning sinish qonunini o`rganish.

Nazariy qism



14.1-rasm.

Ko`p marta kattalashtirish uchun lupa sifatida qisqa fokusli linzalardan foydalanishadi. Lekin bunday linzalar katta emas, ularda anchagina aberratsiyalar hosil bo`ladi. Bu esa lupaning kattalashtirishini cheklaydi.

Ko`p marta kattalashtirishni qo`shimcha linzalar sistemasi yordamida amalga oshirish mumkin. Buning uchun bitta lupa – *okulyar*, qo`shimcha linza yoki linzalar sistemasi esa *ob`ektiv* deyiluvchi linzalar sistemasi ishlatiladi. Mikroskop ana shunday qurilmalardan biridir. Mikroskopning optik tuzilishi 14.1-rasmda keltirilgan.

Optik mikroskopning kattalashtirish quyidagi formula orqali aniqlanadi.

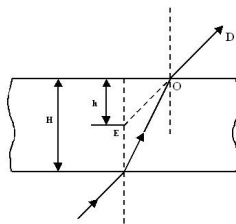
$$\Gamma = \frac{\Delta}{f_1} \frac{L_0}{f_2} = \Gamma_{ob} \Gamma_{ok}$$

Bunda Δ - tubusning optik uzunligi, L_0 – eng yaxshi ko`rish masofasi, f_1 va f_2 – ob`ektiv va okulyarning fokus masofalari. Ob`ektiv va okulyarning kattalashtirishi quyidagicha topiladi:

$\Gamma_{ob} = \frac{\Delta}{f_1}$ - ob'ektivning kattalashtirish, $\Gamma_{ok} = \frac{L_0}{f_2}$ - okulyarning kattalashtirish.

Mikroskop bilan qaraganda, alohida ikki nuqta bo`lib ko`rinishga, ya'ni jismning ajratila olinadigan ikki nuqtasi orasidagi eng kichik masofaga *ajrata olish chegarasi* deyiladi.

Ajrata olish qobiliyati deganda mikroskopning ko`rilayotgan jism mayda detallari tasvirini ayrim – ayrim qilib ko`rsata olishiga aytiladi.



14.2-rasm.

Mikroskopning ajrata olish chegarasi quyidagi formula orqali aniqlanadi.

$$Z = \frac{0,5\lambda}{A}, \text{ bundan } A = n \sin \frac{U}{2}$$

bunda λ - yorug`likni to`lqin uzunligi, A – sonli apertura, n – nisbiy sindirish ko`rsatkichi, $U/2$ – burchakli apertura.

Mikroskopning foydali kattalashtirish

$$\Gamma = \frac{AZ'}{0,5\lambda};$$

bunda Z' - tasvir o`lchovi.

Mikroskopning foydali kattalashtirishi qiymatlari intervali quyidagicha $500 A^0 < G < 1000 A^0$. Agar immersion sistemalarni sonli aperturasi $A=1,43 A^0$ ni qo`ysak $700 < G < 1400$ bo`ladi.

Ma'lumki, sindirish ko`rsatkichini bir necha xil usullar bilan o`lchash mumkin. Bu laboratoriya ishida shisha plastinkaning sindirish ko`rsatkichini mikroskop yordamida o`lchash usulini ko`rib chiqamiz.

Biror shaffof plastinka, masalan, shisha plastinka yuzasidagi (A) nuqtaga yorug`lik nuri α burchak ostida tushayotgan bo`lsin (14.2-rasm).

Plastinka yuzasiga tushayotgan nur ikki marta sinadi va yana avvalgi yo`nalishiga parallel holda (OD) yo`nalish bo`ylab tarqaladi.

Agar kuzatuvchi (D) nuqtada turib, (OD) yo`nalish bo`yicha (A) nuqtaga qarasa, yorug`likning sinishi natijasida (A) nuqtani o`zining haqiqiy o`rnida emas, balki ma'lum masofaga ko'tarilgan holda, ya'ni (E) nuqtada ko`rinadi. Buning natijasida plastinka o`zining (H) qalinligidan "yupqalashib", h qalinlikda ko`rinadi.

Ma'lumki, burchakning kichik qiymatlarida burchak sinusini uning tangensiga almashtirish mumkin. SHuning uchun quyidagi formulani yozish o`rinlidir:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} \quad (14.1)$$

Ikkinchi tomondan esa shaklda ko`ringanidek,

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{H}{h} \quad (14.2)$$

Bu formulalardan foydalanib, shishaning sindirish ko`rsatkichini aniqlash mumkin:

$$n = \frac{H}{h} \quad (14.3)$$

SHisha plastinkaning haqiqiy qalinligi (N) mikrometr yordamida o`lchanadi, uning ko`rinma qalinligi h esa mikroskopga o`rnatilgan mikroskopik vint yordamida o`lchanadi.

Yuqorida keltirilganidek biror narsani shaffof plastinka orqali kuzatishda uning balandga kutarilgan xodisasidan, mikroskop yordamida shaffof plastinkani sindirish ko`rsatkigichini aniqlashda foydalaniladi.

Ishni bajarish tartibi:

1. Tekshirilayotgan plastinkani mikroskopning predmet stolchasiga qo`yiladi.
2. Mikroskopdan shisha plastinkaning yuqorigi sirtidagi belgini kuzatib, aniq tasviri paydo bo`lgunicha mikroskopning makrovinti buraladi.
3. Mikroskopdan shisha plastinka ustki qismidagi belgini kuzatib, aniq tasviri paydo bo`lgunicha mikrovinti buraladi. Shisha plastinkaning optik (ko`rinma) qalinligi h o`lchanadi. Buning uchun mikrovintning to`liq aylanishlar soni N ni 50 ga ko`paytirib va yana qancha n bo`lakcha o`tilganini unga qo`shib, uni 0,002 mm ga ko`paytirish kerak.

4. Plastinkaning kuzatilayotganda kelib chiqqan optik (“ko`rinma”) qalinligi hisoblanadi:

$$h=(N \times 50+n) \times 0,002 \text{ mm.}$$

5. Plastinkaning haqiqiy qalinligi H mikrometr yoki shtangentsirkul yordamida o`lchanadi.

6. SHisha plastinkaning sindirish ko`rsatkichi bu formuladan topiladi:

$$n = \frac{H}{h}.$$

7. O`lchash ishlarini 3 marta har xil qalinlikdagi shisha plastinkalarda takrorlab, absolyut va nisbiy xatolik hisoblanadi va quyidagi jadvalga yoziladi.

№	H_i	h_i	n_i	\bar{n}	Δn	$\Delta \bar{n}$	$E = \frac{\Delta \bar{n}}{\bar{n}} 100\%$
1							
2							
3							

Nazorat uchun savollar:

1. Mikroskopning tuzilishini gapirib bering.
2. Mikroskopning kattalashtirish qanday topiladi?
3. Burchakli apertura nima?
4. Sonli apertura nimaga teng?
5. Foydali kattalashtirish qaysi formula orqali aniqlanadi?
6. Plastinkaning ko`rinma qalinligi qanday aniqlanadi?
7. Plastinkaning sindirish ko`rsatkichini qaysi formula bilan aniqlanadi?
8. Sinish qonunini so`zlab bering.
9. Qaytish qonunini so`zlab bering.

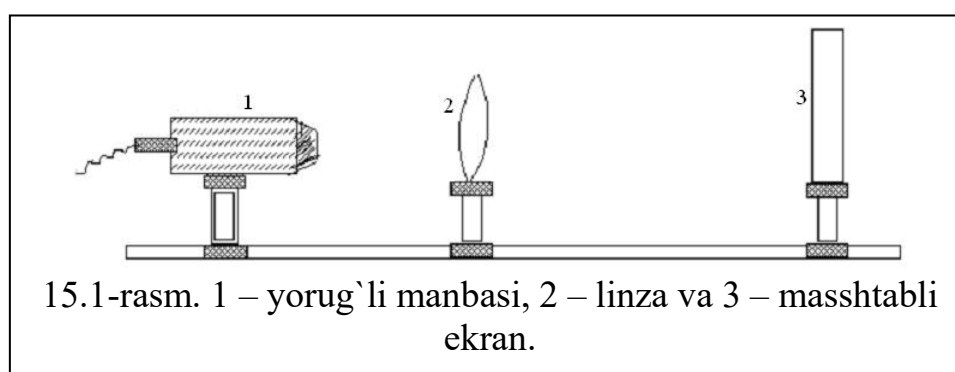
15 – laboratoriya ishi

Yig‘uvchi linzaning fokus masofasini aniqlash

Kerakli asbob va jihozlar: optik taglik, yig`uvchi linza, yorug`lik manbasi, masshtabli ekran.

Ishning maqsadi: Yig`uvchi linzaning fokus masofalarini turli usullar yordamida aniqlash.

Qurilmaning tavsifi



Ekran, yorug`lik manbasi va linzalar 15.1-rasmda ko`rsatilgani kabi bir optik o`q bo`yicha joylashtiriladi. Manbaning old qismidagi qog`ozga tushirilgan strelka buyum vazifasini o`taydi.

Ishning bajarilish tartibi:

Dastlab uch xil usul bilan qavariq linzaning fokus oralig`i topiladi.

Birinchi usul. Fokus masofasini linza bilan buyum va linza bilan tasvir o`rtasidagi masofalarga asosan topish.

Linzani optik taglik ustida ohista siljitib, strelkaning ekrandagi aniq tasviri hosil qilinadi. Bu holda buyumdan ya`ni strelkadan linzagacha bo`lgan masofa α_1 hamda linzadan tasvirgacha, ya`ni ekrangacha bo`lgan masofa α_2 yozib olinadi. Bularning qiymatlari optik taglikning shkalasidan santimetrlarda yozib olinadi. α_1 va α_2 ning qiymatlarini bilgan holda (2) formuladan foydalanib, linzaning fokus masofasini hisoblash mumkin.

$$f = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad (15.1)$$

Ikkinchi usul. Fokus masofasini buyum bilan tasvirning kattaligidan va linza bilan tasvir orasidagi masofadan foydalanib topish. Bu holda ham 1-mashqdagi singari strelkaning aniq tasviri hosil qilinadi. Tasvir kattalashtirilgan bo`lishi lozim. Buyumning (strelkaning) chiziqli o`lchami ℓ lineyka yordamida, tasvirning o`lchami L

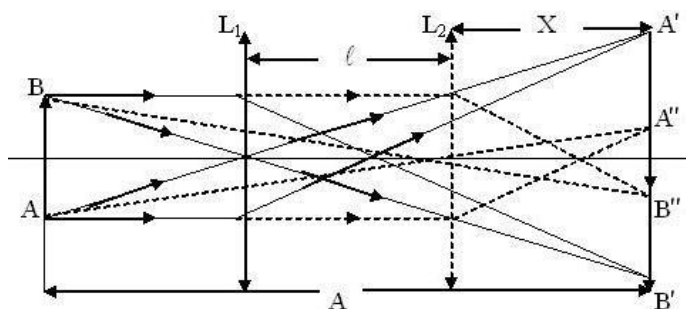
esa masshtabli ekrandan topiladi. Bularni bilgan holda linzaning fokus masofasini quyidagi formula bilan hisoblash mumkin:

$$f = a_2 \frac{\ell}{\ell + L} \quad (15.2)$$

Uchinchi usul. Fokus masofasini linzani siljitish yo`li bilan o`lchash. Agar buyum bilan uning tasviri orasidagi (A) masofa linzaning to`rtlangan fokusi $4f$ dan katta bo`lsa, linzaning ikki vaziyatida buyumning tasviri hosil bo`ladi. 15.2-rasmdan ko`rinadiki, linzaning birinchi vaziyatida

$$a_1 = A - (\ell + x), \quad a_2 = x + \ell \quad \text{bo`lgani uchun,}$$

$$f = \frac{(A - \ell - x)(x + \ell)}{A} \quad (15.3)$$



15.2-rasm.

Ikkinchi vaziyatda esa $a_1 = A - x$, $a_2 = x$ bo`lganidan,

$$x = \frac{A - \ell}{2} \quad (15.4)$$

Linza birinchi vaziyatda turganda buyum bilan linza orasidagi masofa

$$a_1 = \frac{A - \ell}{2} \quad (15.5)$$

Linza bilan tasvir orasidagi masofa esa

$$a_2 = \frac{A + \ell}{2} \quad (16.6)$$

α_1 va α_2 larning bu qiymatlarini (2) formulaga qo`yib, linzaning fokus masofasini topamiz:

$$f = \frac{A^2 - \ell^2}{4A} \quad (16.7)$$

Buyum bilan ekranni bir-biridan $A > 4f$ masofaga qo'yib, ularning orasiga qavariq linza joylashtiriladi. Linzani optik taglikda surish yo'li buyumning aniq tasviri hosil qilinadi. Optik taglikka o'rnatilgan shkaladan linzaning vaziyati yozib olinadi. Linzani surish yo'li bilan ikkinchi aniq tasvir hosil qilinadi. Bu tajriba bir necha marta takrorlanib linzalar orasidagi (A) masofa hamda linzaning ikkita vaziyati orasidagi ℓ masofa aniqlanadi. Olingan natijalar asosida (13) formula yordamida qavariq linzaning fokus masofasi topiladi va jadvalga tushiriladi.

№	A_i	l_i	f_i	\bar{f}	Δf	$\overline{\Delta f}$	$E = \frac{\overline{\Delta f}}{\bar{f}} 100\%$
1							
2							
3							

Nazorat uchun savollar:

1. Linza deb nimaga aytiladi?
2. Linzalarning asosiy parametrlarini aytib bering.
3. Abbening sinuslar shartini tushuntiring.
4. YUpqa linzalarning asosiy formulasini chiqaring.
5. Linzalar qanday kamchiliklarka ega?
6. Ishning bajarish tartibi.
7. Bessel usuli boshqa usullardan qanday farqlanadi?

16 – laboratoriya ishi

Spektroskopni darajalash, darajalangan egri chiziq bo'yicha yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash

Ishdan maqsad: dispersiya xodisasi bilan tajribada tanishish. Spektroskopni darajalashni urganish. Turli gazlar spektral chiziqlarining to'lqin uzunliklarini aniqlash. Spektroskop yordamida nurlanish spektrlarini kuzatish.

Kerakli asboblari: mikrometrik vintli spektroskop, spektral trubkalar, spektral trubkalarni yondirish asbobi, chiqishidagi kuchlanish 6 V ga yaqin bo'lgan to'g'rilagich,

ulovchi simlar, kalit, uchiga paxta o`rab taglikka o`rnatilgan sim, spirtli kolba, gugurt, osh tuzi, millimetrli qog`oz.

Ishdan kutiladigan natijalar: talabalar nurlanish turlarini, ularning qo`llanish sohalarini, yorug`likning nurlanish qonunlarini bilib oladilar.

Nazariy qism.

Moddalarning optik hossalari. Moddaning optik hossalari nurlarni qaytarish, sindirish va yutishi bilan xarakterlanadi. Bu hodisalar sindirish ko`rsatkichi, yutilish koefitsientlari orqali ifodalanadilar. Optik muhitlarning nohiziqlik xususiyatini bu erda ko`rmaymiz, sindirish ko`rsatkichi va yutilish koefitsientlarini nurlanish quvvatiga bog`liq emas, deb hisoblaymiz. Muhitda X o`qi bo`yicha tarqalayotgan ω chastotali yassi monoxromatik to`lqinning elektr maydoni kuchlanganligi:

$$E(x) = E(0)e^{-i\omega(t - \frac{x}{v})}; \quad (16.1)$$

qonun bo`yicha o`zgaradi, bu erda $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$ to`lqinning muhitdagi tarqalish tezligi. s – yorug`lik vakuumdagi tezligi,

$$\epsilon' = \epsilon + iG \quad (16.2)$$

ϵ, G - mos ravishda muhitning dielektrik sindiruvchanligi va elektr o`tkazuvchanligi, ϵ' - kattalik, n - sindirish ko`rsatkichi va κ - yutilish koefitsienti bilan quyidagicha bog`langan.

$$\sqrt{\epsilon} = n = n + i\kappa; \quad (16.3)$$

Biz monoxromatik, ya`ni bitta rangga ega bo`lgan yorug`likni nazarda tutdik. Agar to`lqinlar chastotalar gruppasi ko`rinishida mavjud bo`lsa unda umumiy hol yuz beradi. Masalan, oq yorug`lik taxminan 4000 A^0 dan to 7600 A^0 gacha bo`lgan tutash spektrga ega bo`ladi.

Xususiy holni ya`ni ikkita bir xil amplitudali, lekin bir -birlaridan kichik farq qiluvchi ω_1 va ω_2 chastotali to`lqinlarning qo`shilishini ko`rib chiqaylik. (16.1) formulaning haqiqiy qismidagi elektr maydon kuchlanganligining o`zgarishlarini

$$E_{1x} = E_0 \cos(\omega_1 t - k_1 x) \quad \text{va} \quad E_{2x} = E_0 \cos(\omega_2 t - k_2 x) \quad (16.4)$$

formulalar orqali ifodalaymiz. Amplitudalarini qo`shib:

$$E = E_{1x} + E_{2x} = 2E_0 \cos \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2} t - \frac{(k_1 - k_2)}{2} x \cos \frac{(\omega_1 + \omega_2)}{2} t - \frac{(k_1 + k_2)}{2} x \quad (16.5)$$

ifodani hosil qilamiz. $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ ifoda chastotalari bir-biridan kam farq qilganligi uchun u (4) ifodaning istagan birini chastotasiga yaqin bo'lgan to'lqinni ifodalaydi. To'lqinning amplitudasi kattaligi $2E_0$ bo'ladi. U $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ chastota va $\frac{k_1 + k_2}{2}$ to'lqin sonining o'zgarishiga qarab juda ham sekin o'zgaradi. Ko'pchilik moddalarda keng diapozondagi chastotaga ega bo'lgan oq yorug'lik to'lqinlari amalda susaymasdan tarqaladi. Misol tariqasida ko'zga ko'rinadigan yorug'likni shisha, havo, suv va boshqa shaffof gaz va suyuqliklardan o'tishini keltirishimiz mumkin. Natijada bunday yorug'likni yutmaydigan muhitlarning dielektrik singdiruvchanligi $\varepsilon(\omega)$ qaralayotgan chastotalar uchun haqiqiy va musbat bo'ladi. U holda vektori haqiqiy va moduli bo'yicha

$$\kappa = \frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon'(\omega)} = \frac{\omega}{c} n(\omega) \quad (16.6)$$

ga teng, bu erda n – muhitning sindirish ko'rsatkichi. $n(\omega)$ – moddalarning optik xossasining juda muhim xarakteristikasi. Sindirish ko'rsatkichi orqali to'lqinning fazoviy tezligi ham ifodalanadi.

$$v_{\phi} = \frac{\omega}{k} = \frac{c}{n(\omega)}; \quad (16.7)$$

Fazaviy tezlik chastotaga bog'liq bo'lishi hodisasi *dispersiya* deb ataladi. Dispersiyaning mavjud bo'lishi, eksperimentda tutash spektrning monoxromatik tashkil etuvchilarini ajratish imkonini beradi, chunki prizma qirrasiga biror burchak ostida yorug'lik tushayotganida sinib o'tgan spektrda bu tashkil etuvchilar turli yo'nalishlarda tarqaladilar. Ana shu printsipta prizmalı spektral asbob (stilaskop, spektrograflar va monoxramatorlar) ishlatiladi.

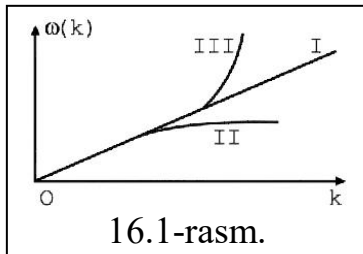
Yuqorida ko'rilgan monoxromatik to'lqinlarda turli fazaviy tezliklar bor.

$$\frac{\omega_1}{k_1} \neq \frac{\omega_2}{k_2};$$

To'lqin amplitudasi maksimumining tezligi, ya'ni gruppaviy tezligi

$$\frac{\omega_1 - \omega_2}{k_1 - k_2} = \frac{\Delta\omega}{\Delta k}; \quad (16.8)$$

ifoda bilan aniqlanadi



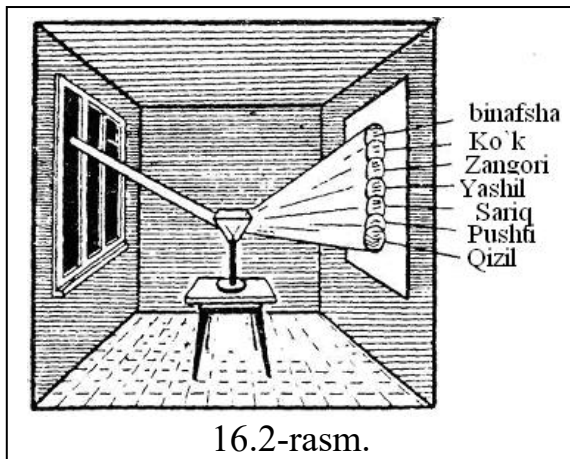
Ikki to'liqin superpozitsiyasining ko'rinishi turg'un saqlanmaydi va paket profili vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. Agar to'liqlar gruppasi bir-biridan kam farq chastotalardan tashkil topgan bo'lsa, u holda gruppaviy tezlik uchun ifoda:

$$\frac{\Delta\omega}{\Delta k} = \frac{d\omega}{dk} \quad (16.9)$$

ko'rinishida yoziladi. Gruppaviy tezlik paket amplitudasining maksimal tezligidir. SHuning uchun bu tezlik paket energiyasining tarqalish tezligi hisoblanadi. Gruppaviy va fazaviy tezliklar orasidagi bog'lanish

$$v_{gp} = \frac{d\omega}{dk} = \frac{d}{dk} \left(k v_{\phi} \right) = v_{\phi} + k \frac{dv_{\phi}}{dk} = v_{\phi} - \lambda \frac{dv_{\phi}}{d\lambda} \quad (16.10)$$

ga teng bo'ladi. Bunda $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, odatda $\frac{dv_{\phi}}{d\lambda} > 0$ hosil musbat, chunki $v_r < v_f$ bo'ladi. Bu



hol *normal dispersiyani* ifodalaydi. Biroq, anomal dispersiya ham yuz berishi mumkin. Bu hol $\frac{dv_{\phi}}{d\lambda} < 0$ - manfiy va $v_r > v_f$ bo'lganda yuz beradi.

YOrug'likni yutmaydigan muhitlar asosan dielektrik hisoblanadi. Ular uchun normal dispersiya yuz beradi, faqat dielektrikni tashkil

etuvchi atomlarning xususiy rezonans chastotalaridan uzoq spektral sohalardagina normal dispersiya yuz beradi. 16.1-rasmda uchta egri chiziq, keltirilgan bo'lib, ular:

- I. Dispersiya yuz bermaydigan muhit uchun o'zgarmas va $v_r = v_f$ (bunda masalan vakuum)
- II. Normal dispersiya sohasi, bunda - $v_r < v_f$
- III. Anomal dispersiya sohasi, bunda - $v_r > v_f$

Buyuk ingliz fizigi I.Nyuton 1666 yilda oq yorug`likni uchburchakli shaffof prizma orqali o`tkazib, uni tarkibiy qismlarga ajratishga muvaffaq bo`ldi (16.2-rasm). Nyuton bunda ettita rangni: qizil, pushti, sariq, yashil, zangori, ko`k, binafsha ranglarni ajratdi. U bu ranglardan iborat polosani *spektr* deb atadi. Nyutonning tajribalaridan quyidagi xulosa kelib chiqadi: muhitning sindirish ko`rsatkichi yorug`likning rangiga bog`liq. Bu xodisa yorug`likning *dispersiyasi* deyiladi. Ana shu xodisaga asoslanib spektrlarni o`rganuvchi asbob *spektroskop* deyiladi. Ranglari bilan farq qiluvchi nurlar to`lqin uzunliklari bilan farq qiladi. Prizma orqali o`tayotgan yorug`lik nurlari sindirishi natijasida tashkil qiluvchi qismlar har xil rangli polosalar (yo`llar) ga ajraladi.

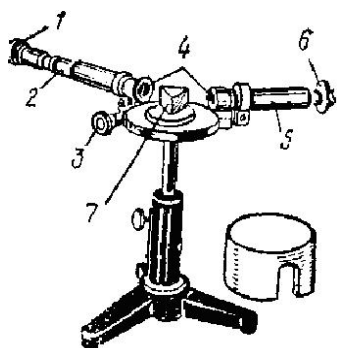
Qizil yorug`lik to`lqinining uzunligi $\lambda_q=7,6 \cdot 10^{-5}$ sm, binafsha yorug`lik to`lqinining uzunligi $\lambda_b=4 \cdot 10^{-5}$ sm.

Spektrdagi boshqa ranglarga to`g`ri keladigan to`lqinlarning uzunliklari qizil bilan binafsha nurlarning to`lqin uzunliklari oralig`ida bo`ladi.

Spektrni o`rganish uchun spektroskopdan foydalaniladi. Spektroskopning optik tuzilishi va unda nurlarning yo`li 16.4-rasmda ko`rsatilgan.

Umuman olganda jismlarning yorug`lik chiqarishining bir nechta turi bor. SHulardan biri jismlarning issiklik nurlanishidir.

Spektroskopning tuzilishi va ishlashi. Spektroskopning umumiy ko`rinishi 16.3-rasmda ko`rsatilgan. Bunda 1 – okulyar, 2 – ko`rish trubasi, 3 – mikrometrik vint, 4 – ob`ektivlar (O_1 va O_2 linzalar), 5 – kollimator, 6 – tirqish, 7 – prizma.



16.3-rasm.

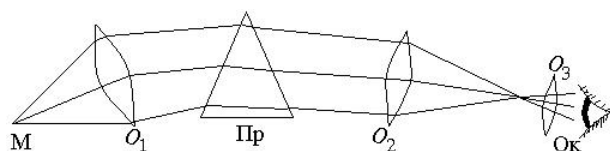
Spektr (va ip) ning haqiqiy tasviriga lupada qaralgandek, okulyar orqali qaralganda spektrning faqat bir qismigina ko`rinadi. Spektrning ayrim qismlarini ko`rish uchun ko`rish trubasini 3 mikrometrik vint yordamida burib kuzatish kerak.

Spektroskop ishini, hamda nurlanish va yutilish spektrlarini ko`rib chiqaylik (16.4-rasm). Spektroskop ikkita trubadan tashkil topgan: kollimator va ko`rish trubalarini ob`ektivlari fokus masofasi – 150 mm, okulyarning fokus masofasi – 32 mm, kollimator va ko`rish trubalari

teshigining nisbati 1:6,5, prizmasining o'rtacha dispersiyasi 0,019 bo'lib, ko'rish soxasidagi spektrlari (400 – 760 nm) soxasida spektral analiz bo'yicha tajriba o'tkazishga mo'ljallangan.

O_1 ob'ektivning fokal tekisligida tor tirqish joylashgan, tirqish rasm tekisligiga perpendikular xolda o'rnatiladi. Tirqish orqali o'rganilmokchi bo'lgan nur bilan yoritiladi.

Ob'ektivdan chiqayotgan parallell nurlar prizma orqali o'tadi. Prizmadan o'tgan nurlar to'lqin uzunliklariga bog'liq xolda har xil: qizil nurlar kichik, binafsha nurlar katta burchaklarga og'adilar, qolgan rangdagi boshqa nurlar ana shu ikki rang oralig'ida joylashgan xolda prizmadan o'tadi.



16.4-rasm.

To'lqin uzunligi bir xil bo'lgan nurlar prizmadan parallell xolda chiqadilar va O_2 ob'ektiv ularni S fokus tekislikda 1 nuqtaga yig'adi. Bu tekislikda bir xil

rangdagi nurlar S tirqishning tasvirini beradi.

Tekshirilayotgan nurlar dastasiga taalluqli hamma rangdagi nurlarning geometrik o'rni *berilgan nurlanishning prizmatik spektri* deb ataladi. S spektrning tasviri juda kichik o'lchamda hosil bo'lgani uchun, uni lupa kabi kattalashtirish qobiliyatiga ega O_3 okulyar bilan kattaytiriladi.

Kollimator trubka 4 tor tirqishdan tushayotgan nurlar dastasini prizмага yo'naltirish uchun xizmat qiladi. Tor tirqish esa prizmaning sindiruvchi prizmasiga parallell bo'lgan ob'ektiv fokal tekisligiga joylashtirilgan. Tirqishni aniq qilib o'rnatish uchun tirqish o'rnatilgan gardishni vertikal holatga burish mumkin.

Prizma B yorug'likni yoyish uchun xizmat qiladi. Kollimatordan chiqqan yorug'lik dastasi prizmaning oldingi yon qirrasiga tushadi, unda yoyiladi va prizmadan to'lqin uzunliklariga mos xolda har-xil rangdagi yorug'liklar parallel dastasi shaklida chiqadi.

16.1-jadval.

No	Chiziqlarning rangi va holati	To'lqin
----	-------------------------------	---------

		uzunligi, <i>nm</i>
1	Binafsha (pastki chegara)	390 – 450
2	Ko'k	450 – 480
3	Havo rang	480 – 510
4	Yashil	510 – 550
5	Yashil-sariq	550 – 570
6	Sariq	570 – 585
7	Zarg'aldoq	580 – 620
8	Qizil (yuqori chegara)	620 – 800

Vintli makrometr 7 rangli polosalarning spektrda bir-biriga nisbatan joylashishini aniqlash uchun zarur. Mikrometrning vinti qadamlari 1 *mm* dan bo'lib, barabanchasiga 50 ta bo'limga bo'lingan shkala joylashtirilgan

Spektrometrni graduirovka (shkala qiymatlarini aniqlash) lash uchun neon lampasidan foydalaniladi. Bu lampa tor tirqishga to'g'irlab qo'yilishi kerak.

Neon nurlari spektrida spektrning turli soxalarida joylashgan qator yorqin chiziqlar mavjud. Neon yorug'likdagi chiziqlar to'lqin uzunliklari jadvallarda keltiriladi. Neon nuri spektrining to'lqin uzunliklari bo'yicha tarkibi.

Ana shu chiziqlarning joylashish soni aniqlanib, mikrometrik baraban shkalasida belgilab qo'yiladi. To'g'ri burchakli koordinata sistemasida esa mikrometr uchun darajalash grafigi chiziladi.

Bunda abstsissa o'qiga baraban shkalasi bo'limlari qo'yilsa, ordinata o'qiga neon yorug'lik chiziqlarining to'lqin uzunliklari qo'yilib, unga mos keluvchi grafiu chiziladi. Bu grafik bizga spektrning xoxlagan chizig'ining to'lqin uzunligini aniqlashga imkon beradi.

Eslatma: to'lqin uzunliklari nanometr va angestremlarda o'lchanadi. 1 *nm* (nanometr) = 10^{-9} m, 1 $\overset{\circ}{\text{A}}$ (angestrem) = 10^{-10} m.

Ishni bajarish tartibi

1. Tabiiy yorug'lik manbai tomonga spektroskopning kollimatori to'g'irlanib, spektroskopning ko'rish trubasi orqali qaralganda tutash spektr kuzatiladi.
2. Spektroskopning mikrometr barabani vinti harakatga keltirilib, ko'rish trubasi ichidagi vizir ipi spektrning eng chekka qizil chegarasiga keltiriladi.
3. Mikrometr barabani shkalasidagi ko'rsatkichi belgilanib, spektrning navbatdagi rangi – zarg'aldoq rangiga vizir ipi mos keltiriladi va mikrometr barabani ko'rsatkichi yozib olinadi.
4. Qolgan ranglarga ham mos keluvchi mikrometr barabani ko'rsatkichlari shunday tartibda xuddi shunday usul bilan yozib olinadi va jadvalga tushiriladi (16.2-jadval).

6.2-jadval.

№	Chiziqlarning rangi va holati	To'lqin uzunligi, <i>nm</i>	Mikrometr barabani ko'rsatkichi
1	Binafsha (pastki chegara)	390 – 450	
2	Ko'k	450 – 480	
3	Havo rang	480 – 510	
4	Yashil	510 – 550	
5	Yashil-sariq	550 – 570	
6	Sariq	570 – 585	
7	Zarg'aldoq	580 – 620	
8	Qizil (yuqori chegara)	620 – 800	

1. Millimetrli qog'ozga mikrometr barabani ko'rsatkichlari koordinatining abstsissa o'qiga, ranglarning to'lqin uzunliklari orrdinata o'qiga joylashtirilib, nuqtalar belgilanadi va tutashtirilib, egri chiziq olinadi.

2. Spektroskopning kollimatori mahsus yoritgichga qaratiladi va undagi spektrning diskret chiziqlari kuzatiladi.
3. Mikrometr barabani harakatga keltirilib, vizir ipi diskret chiziq'larga mos keltiriladi, baraban shkalasidagi ko'rsatkich yozib olinadi.
4. Keyin mikrometrning darajalash grafigi bo'yicha bizni qiziqtirayotgan chiziq'larning mikrometr ko'rsatkichlari darajalash grafigining abstsissa o'qiga qo'yiladi va egri chiziq bilan kesishish joyidan ordinata o'qidan to'lqin uzunlik qiymati olinadi.
5. Shunday tarzda boshqa yorug'lik manbalarining ham to'lqin uzunliklari mikrometrning darajalash grafigi bo'yicha aniqlanadi.

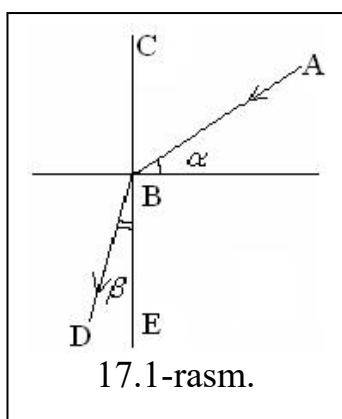
Nazorat uchun savollar:

1. Spektr nima?
2. Dispersiya deb nimaga aytiladi?
3. Dispersiyani so'zlab bering.
4. Nurlanish spektri qachon hosil bo'ladi?
5. Spektrlardan qaysi biri tutash, qaysinisi uzlukli bo'ladi?
6. Elektromagnit nurlanishning qanday turlarini bilasiz?

17 – laboratoriya ishi

Lazer nurlari yordamida shisha prizmada yorug'likning to'la qaytishi xodisasini o'rganish va uning sindirish ko'rsatkichini aniqlash. Geometrik optika qonunlarini tekshirish

Ishdan maqsad: Lazer nurlanishi yordamida shisha prizmada nurlanishning to'la qaytishi o'rganish va shisha prizmani sindirish ko'rsatkichini aniqlash.



Kerakli asboblari: 1) Xitoy yarimo'tkazgichli lazeri; 2) yarim doira shaklidagi shisha prizma; 3) maxsus qurilma.

Nazariy qism

Yorug'lik nurlari ikki muhit chegarasidan o'tayotganda o'z yo'nalishini o'zgartiradi.

Yorug'likning sinish qonuni: tushuvchi nur AB,

singan nur DB va CE nurning ikki muhitning ajralish chegarasidagi tushish nuqtasiga o'tkazilgan perpendikulyar o'zaro qanday joylashishini ta'riflaydi. Bunda α - tushish burchagi, β - sinish burchagi deyiladi (17.1-rasm).

To'lqinlarning sinish qonuni Gyugens printsipi yordamida keltirib chiqarilgan. Bu qonun quyidagicha tushuvchi nur, singan nur va ikki muhit chegarasiga nurning tushish nuqtasidan o'tkazilgan perpendikulyar bir tekislikda yotadi; tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati berilgan ikki muhit ushun o'zgarmas kattalikdir:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \quad (17.1)$$

bu yerda n – sindirish ko'rsatkichi. Sindirish ko'rsatkichi yorug'likning sinishi sodir bo'layotgan birinchi va ikkinchi muxitlardagi tezliklar nisbatiga teng.

$$n = \frac{g_1}{g_2} \quad (17.2)$$

shuning uchun sinish qonuni quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{g_1}{g_2} = n \quad (17.3)$$

Muhitning vakuumga nisbatan sindirish ko'rsatkichi shu muhitning *absolyut sindirish ko'rsatkichi* deyiladi. Nisbiy sindirish ko'rsatkichini birinchi va ikkinchi muhitlarning absolyut sindirish ko'rsatkichlari orqali ifodalash mumkin.

$$n_1 = \frac{c}{g_1} \quad \text{va} \quad n_2 = \frac{c}{g_2}$$

bo'lgani uchun bunda c – yorug'likning vakuumdagi tezligi bo'lsa, $n = \frac{g_1}{g_2} = \frac{n_2}{n_1}$ deb

yo'zish mumkin. Absolyut sindirish ko'rsatkichi kichik bo'lgan muhitni *optik jihatdan zichligi kichikroq muhit* deb atash qabul qilingan. Yorug'lik optik zichligini kichikroq muhitdan optik zichligi kattaroq muhitga, masalan, havodan shishaga o'tganda $\beta < \alpha$ bo'ladi va sinish qonuniga ko'ra $n > 1$ bo'ladi. Shuning uchun $g_1 > g_2$ singan nur muhitlarning ajralish chegarasiga perpendikulyar chiziqqa qarab yaqinlashadi. Agar

yorug`lik nuri teskari yo`naltirilsa, ya`ni optik zichligi kattaroq muhitdan optik zichligi kichikroq muhitga qaratib avvalgi singan nur bo`yicha yo`naltirilsa, u holda sinish qonuni quyidagicha yoziladi:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{g_2}{g_1} = \frac{1}{n}. \quad (17.4)$$

Singan nur optik zichligi kattaroq muhitdan chiqib, avvalgi tushuvchi nur bo`yicha yo`naladi. Shuning uchun $\alpha < \beta$ ya`ni singan nur perpendikulyar uzoqlashadi. Tushish burchagining muayyan qiymatida sinish burchagi 90° ga yaqinlashadi va singan nur deyarli ikki muhitning chegara chizig`i bo`yicha yo`nalgan bo`ladi. Eng katta sinish burchagi 90° bo`lib, bu burchakka α_0 tushish burchagi mos keladi. Bu burchak *to`la qaytish burchagi* deyiladi.

$\alpha > \alpha_0$ bo`lganda yorug`lik sinish mumkin emas. Demak, nur to`liq qaytishi kerak. Ana shu xodisa yorug`likning *to`la qaytishi* deyiladi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n} \quad (17.5)$$

Ishning bajarish tartibi:

1-mashq.

1. Bir tomonida, 360° ga bo`lingan doira va masshtabli katakchalar bo`lgan maxsus qurilma o`rtacha yoki kamroq yoritilgan joyga o`rnatiladi.
2. Qalinligi 1 sm li, yarim doira shaklidagi shisha prizma avval yarim doira tomoni pactga qaratib, uning markazi, 360° li doira markazi bilan ustma-ust tushiriladi va qo`lda yoki tutqich yordamida ushlab turiladi.
3. Lazer nuri havodan shisha prizma markaziga 360° li doirani biror α_1 burchagi orqali yo`naltiriladi.
4. Singan nur shisha prizmani R radiusi orqali yo`nalib, biror β_1 burchak orqali chiqib ketadi.
5. SHunday tarzda $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ va α_5 burchaklarda nurni yo`naltirib, singan nurning $\beta_2, \beta_3, \beta_4$ va β_5 burchaklarini o`lchash va jadvalga tushirish mumkin.
6. Sinuslar jadvalidan va (17.3) formuladan foydalanib n_1, n_2, n_3, n_4 va n_5 lar hisoblab topiladi.

t/r	α_i	β_i	n_i	$n_{o'rt}$	Δn_i	$\Delta n_{o'rt}$	$E = \frac{\Delta n_{o'rt}}{n_{o'rt}} 100\%$
1							
2							
3							
4							
5							

2-mashq

1. Yarim doira shaklidagi prizmaning markazini, 360° li doiraning markazi bilan ustma-ust tushirib, yarim doira tomonini yuqoriga qaratib joylashtiriladi.
2. Lazer nurini yuqori tomondan 360° li doiraning har xil burchaklari orqali yo'naltirib, yarim doira prizmaning markazidan (shisha-havo) qatlamda singan nurning to'la qaytishiga (chegara bo'ylab ketishiga) erishish kerak.
3. Tushish (yoki to'la qaytishi) burchagi α_0 ni o'lchab (5) formuladan n ni hisoblash mumkin.
4. Tajribani kamida 3 marta takrorlang.
5. 1-mashqda topilgan $n_{o'rt}$ bilan ushbu mashqda topilgan $n_{o'rt}$ bilan solishtiring.

Nazorat uchun savollar:

1. Yorug'likning sinishini tushuntirib bering.
2. Yorug'likning to'la qaytishi deb nimaga aytiladi?
3. Absolyut sindirish ko'rsatkichi deb nimaga aytiladi?
4. Ishning maqsadi va borishini tushuntiring.
5. Absolyut va nisbiy sindirish ko'rsatkichlari haqida tushuncha bering.
6. CHegaraviy burchak nima?
7. Sinish hodisasini Nyuton va Gyuygens nazariyalari asosida tushuntiring.
8. Sindirish ko'rsatkichini fizik ma'nosi nimadan iborat?
9. Sindirish ko'rsatkichi muhitni xarakterlovchi qanday kattaliklarga bog'liq?
10. Yorug'lik nuri shisha plastinkadan o'tishini chizib ko'rsating?
11. Ishning prinsipi nimadan iborat?

Ilovalar

Asosiy fizik doimiylar

Erkin tushishning normal tezlanishi	$g=9,81 \text{ m/c}^2$
Gravitatsion doimiy	$G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$
Avagadro doimiysi	$N_A=6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Molyar gaz doimiysi	$R=8,31 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$
Standart xajm	$V_m=22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$
Boltsman doimiysi	$k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
Faradey doimiysi	$F=9,65 \cdot 10^7 \text{ C/mol}$
Yorug'likning vakuumdagi tezligi	$c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Elektronning solishtirma zaryadi	$e/m_e=1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$
Proporsionallik koeffisienti (elektr)	$k=9 \cdot 10^9 \text{ M}/\Phi$
Elektr doimiysi	$\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}/\text{M}$
Magnit doimiysi	$\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7} \text{ ГН}/\text{M}$
Elementar zaryad	$e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Elektronning massasi	$m_e=9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Protonning massasi	$m_p=1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Neytronning massasi	$m_n=1,68 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Ba'zi bir astronomik kattaliklar

Yerning o'rtacha radiusi	$6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$
Yerning o'rtacha zichligi	5500 kg/m^3
Yerning massasi	$5,96 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Quyoshning radiusi	$6,95 \cdot 10^8 \text{ m}$
Quyoshning o'rtacha zichligi	1400 kg/m^3
Quyoshning massasi	$1,98 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
Oyning radiusi	$1,74 \cdot 10^6 \text{ m}$

Oyning massasi $7,33 \cdot 10^{22}$ kg

Yerning markazidan Quyoshning markazigacha

bo'lgan masofa $1,49 \cdot 10^{11}$ m

Yerning markazidan Oyning markazigacha

bo'lgan masofa $3,84 \cdot 10^8$ m

Oyning Yer atrofida aylanish davri 27 sutka 7 soat 43 min

O'nga karrali va ulushli birliklarni hosil qilishning

ko'paytuvchilari va old qo'shimchalari hamda ularning nomlari

Ko'paytu vchi	Nomlan ishi	Belgilani shi	Ko'paytu vchi	Nomlan ishi	Belgilani shi
10^{18}	eksa	E	10^{-1}	detsi	d
10^{15}	peta	P	10^{-2}	santi	c
10^{12}	tera	T	10^{-3}	milli	m
10^9	giga	G	10^{-6}	mikro	μ
10^6	mega	M	10^{-9}	nano	n
10^3	kilo	k	10^{-12}	piko	p
10^2	gekto	g	10^{-15}	femto	f
10^1	deka	da	10^{-18}	atto	a

Ba'zi qattiq jismlarning xususiyatlari

Modda	Zichlik, kg/m^3	Erish tempera turasi, $^{\circ}\text{C}$	Solishtir ma issiqlik sig'imi, $\text{J/kg}\cdot\text{grad}$	Solish tirma erish issiqligi, J/kg	Yung moduli, GPa	Solishtir ma qarshilik, $\text{n}\Omega\cdot\text{m}$
Qo'rg'oshin	11300	327	126	$2,26 \cdot 10^5$	15,7	
Kumush	10500	960	234	$8,8 \cdot 10^5$	74	
Mis	8930	110	395	$1,76 \cdot 10^5$	98	17

Jez	8400	0	386	—		
Temir	7870	900	500	$2,72 \cdot 10^5$	200	98
Alyuminiy	2700	153	896	$3,22 \cdot 10^5$	69	26
Muz	900	0	210	$3,35 \cdot 10^5$		
		659	0			
		0				

Ba'zi suyuqliklarning xususiyatlari

Suyuqlik	Zichlik, kg/m^3	20°C dagi solishtirma issiqlik sig'imi, $\text{J/kg} \cdot \text{grad}$	20°C dagi sirt taranglik koeffitsienti, N/m	20°C da suyuqliklarning dinamik qovushoqligi η ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)
Simob	136	138	0,5	1,58
Glitserin	00	2430	0,064	1480
Suv	120	4190	0,073	1,00
Zaytun moyi	0	1800	0,035	
Kerosin	100	2140	0,03	
Spirt	0	2510	0,02	
	900			
	800			
	790			

Gazlarning zichliklari ρ (kg/m^3) Dielektrik singdiruvchanlik, ϵ

Argon	1,78	Suv	81
Kislород	1,43	Moy (transformator moyi)	2,2
Havo	1,29	Parafin	2,0
Azot	1,25	Slyuda	7,0
Geliy	0,18	Shisha	7,0

Vodorod	0,09	Chinni	5,0
		Ebonit	3,0

Foydalanilgan adabiyotlar ro'xati

1. Risbaev A.S., Xolboyev A.M. va boshqalar. Mexanika va molekulyar fizika fanidan laboratoriya ishlari bajarishga doir metodik q'llanma. T. 2002 й.
2. Майсова В.В. Практикум по курсу общей физики. Учебник -М.: Наука, 1995.
3. Robert G.Brown. Introductory Physics I. Duke University Physics Department Durman. 2013
4. D.G. Simpson General Physics I.Maryland USA. 2014
5. Umirzakov. B. Y., Abduvayitov A. A., Boltayev X. X. Fizikadan laboratoriya mashg'ulotlar to'plami I, II, qismlar. Toshkent 2016.
6. Химматкулов О., Эшкулов А.А., Вахобов К.И. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Физика», част II - III. - Т: ТГТУ, 2016.
7. Юсупов Д.Б., Узоқов А.А. Методические указания к лабораторным работам по физике часть II, -Т: ТГТУ, 2010.
8. Q.P.Abdurahmanov, H.M.Xolmedov, V.S.Hamidov. Virtual laboratoriya islarini bajarish uchun uslubiy qo'llanma. Aloqachi. 2009 y.
9. Виртуальный лабораторный практикум. Абдурахманов К.П., Харитоновна Н.Ф. , Хамидов В.С. "Aloqachi", 2009.
10. Fundamentals of Physics hallidyy I Resnics io th edition. Jearl walker. Cleneland State University.