

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

БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

Sharipov M.Z., Vahobova M.A., Hayitov D.E

FIZIKADAN
TAJRIBA ISHLARI TO'PLAMI
(I – Qism)

310000 – Muhandislik ishi va
320000 – Ishlab chiqarish texnologiyalari ta'lim sohalarining
barcha ta'lim yo'nalishlari uchun

БУХОРО-2020

Fizikadan tajriba ishlari to'plami. [Matn]: O'quv qullanma / M.Z.Sharipov, M.A.Vahobova, D.E.Hayitov – Buhoro, 2021.

Taqrizchilar:

f.-m.f.d. S.Kh.Umarov – BuxDTI “Biofizika va tibbiyotda axborot texnologiyalar” kafedrası mudiri, professori

f.-m.f.d. D.R. Djuraev - BuxDU “Fizika” kafedrası professori

Ushbu o'quv qo'llanma fizika fanining “Mexanika, molekulyar fizika va termodinamika, elektr, magnetizm va optika” bo'limlariga doir tajriba ishlarini o'z ichiga oladi. O'quv qo'llammaga kirgan tajriba ishlari Buxoro muhandislik texnologiya instituti “Fizika” kafedrası pedagog xodimlari tomonidan yangi o'quv tajriba ishlari asosida tayyorlandi. Fizika kursi bo'yicha mavjud amaliy darsliklardan farqli holda, ushbu o'quv qo'llanma zamonaviy tajriba jihozlari bilan ta'minlangan, ishlarning mazmun mohiyati aks ettirilgan va institutimizning barcha yo'nalishlarida ta'lim olayotgan talabalarning bajarishi uchun mo'ljallangan maxsus tajriba ishlari ham keltirilgan. Bu ishlarni bajaruvchi bo'lajak muhandis-texnologlar, turli texnologik jarayonlarni xarakterlovchi fizik kattaliklar orasidagi bog'lanishlarni ham sifat, ham miqdor jihatdan aniqlash imkoniyatiga ega bo'ladilar.

Mazkur darslik Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining
20__ yil _____ - sonli buyrug'iga asosan chop qilishga ruxsat etilgan



LD Physics Leaflets. LD Didactic GmbH. Leyboldstrasse

Ushbu o'quv qo'llanma oily ta'lim muassasalarining "310000 – Muhandislik ishi" va "320000 – Ishlab chiqarish texnologiyalari" ta'lim yo'nalishlari bo'yicha tahsil olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan. O'quv qo'llanmada xalqaro andozalar hamda yetakchi xorijiy oily ta'lim tashkilotlarida qo'llayotgan namunaviy dasturlar va adabiyotlar asosida "Fizika" fanidan tajriba mashg'ulotlarini bajarish tartibi batafsil bayon etilgan. Fanni o'qitishdan maqsad Respublikada texnik soha mutaxassislarining chuqur bilimli va yuqori sahohiyatli, keng fikrlovchi, xorijiy hamkasblari bilan raqobatlasha oladigan yetuk mutaxassis bo'lishini taminlashdan iborat.

Данное учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений обучающихся по направлениям сферы обучения «310000 – Инженерное дело» и «320000 – Промышленные технологии». В учебном пособии подробно описан порядок проведения экспериментальных занятий по предмету "физика" на основе международных стандартов, а также типовых программ и литературы, используемых в ведущих зарубежных образовательных организациях. Целью преподавания данного предмета является подготовка высококвалифицированных, инженерно-технических кадров конкурентоспособных зарубежным специалистам.

This educational handbook is intended for students of higher educational institutions studying in all areas of the study field "310000 – Engineering" and "320000 – Industrial technology". The educational handbook describes in detail the procedure for conducting experimental laboratory exercises on "Physics" on the basis of international standards, as well as standard programs and literature used in leading foreign educational organizations. The purpose of teaching this subject is to train highly qualified engineering and technical personnel who are competitively capable of foreign specialists.

SO'Z BOSHI

Fizika kursi bo'yicha mavjud amaliy darsliklardan farqli holda, ushbu o'quv qo'llanma zamonaviy tajriba jihozlari bilan ta'minlangan ishlarning mazmun mohiyati aks ettirilgan va 310000 – Muhandislik ishi va 320000 – Ishlab chiqarish texnologiyalari ta'lim sohalarining barcha ta'lim yo'nalishlari bakalavr talabalarining bajarishi uchun mo'ljallangan maxsus tajriba ishlari ham keltirilgan. Bu ishlarni bajaruvchi bo'lajak muhandis-texnologlar, turli texnologik jarayonlarni xarakterlovchi fizik kattaliklar orasidagi bog'lanishlarni ham sifat, ham miqdor jihatdan aniqlash imkoniyatiga ega bo'ladilar.

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

Bizning fikrimizcha bundan quyidagi uch asosiy maqsadga erishish mumkin:

- zerikarli matematik hisoblashlardan talabani ozod etish,
- uning vaqtini tejash,
- topilayotgan fizik kattalikni yuqori aniqlikda hisoblab, yo'l qo'yiladigan xatoliklarni kamaytirish,

talabalarni kompyuter bo'yicha olgan nazariy bilimlarini qo'llash borasida ularda amaliy ko'nikmalar hosil qilishdan iboratdir.

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

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

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

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

Laboratoriya qurilmalari O'zbekiston Respublikasi Prezidenti qaroriga asosan Germaniyaning "LD Didactic GmbH" ishlab chiqarish korxonasida ishlab

chiqilgan va O'zbekiston Oliy ta'lim muassalariga yetkazilgan. Ushbu tajriba ishlarining 54 nomdagisi Buxoro muhandislik-texnologiya instituti "Fizika" kafedrasining o'quv jarayonlarida tadbiq etilmoqda va fizika faning barcha bo'limlarini o'ziga qamragan holda o'quv jarayoniga qo'llanilmoqda.

1. TAJRIBA VA ULARNI TASHKIL QILISH USULLARI

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

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

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

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

2. O'LCHASH XATOLIHLARI HAQIDA TUSHUNCHA

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} |\bar{N} - N_1| &= \Delta N_1 \\ |\bar{N} - N_2| &= \Delta N_2 \\ |\bar{N} - N_3| &= \Delta N_3 \\ &\dots\dots\dots \\ |\bar{N} - N_n| &= \Delta N_n \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

Nisbiy xatoliklar foizlarda ifodalanadi:

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

O'lchash kattaliklarni haqiqiy qiymati:

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

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

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

intervalida ekanligini ko'rsatadi, ya'ni

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

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

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

Bu holda o'lchanayotgan kattalikning natijalovchi qiymati:

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

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

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

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

O'lchashlar soni	N_i	ΔN_i	$\frac{\Delta \bar{N}}{\bar{N}} \cdot 100\%$	$N_x = \bar{N}' \pm \Delta N_{mex}$
1.	N_1	ΔN_1		
2.	N_2	ΔN_2		
3	N_3	ΔN_3		
N	N_n	ΔN_n		

I BOB. MEXANIKA

1.1. GRAVITATSIYA DOIMIYSINI KAVENDISHNING TORSION TAROZILARI BILAN ANIQLASH

Tajriba maqsadi:

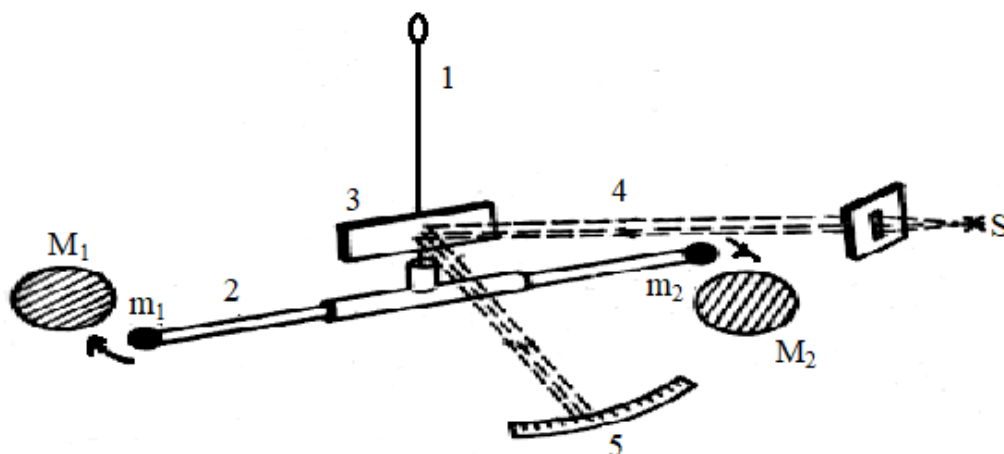
- Aylanma mayatnikning muvozanat vaziyati atrofida tebranishlari so'nishining vatqa bog'liqligini qayd qilish.
- Gravitatsiya doimiysini eng chekka og'ishni aniqlash usulida topish.
- Gravitatsiya doimiysini tezlanish usulida aniqlash.

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

NAZARIY TUSHUNCHA

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

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

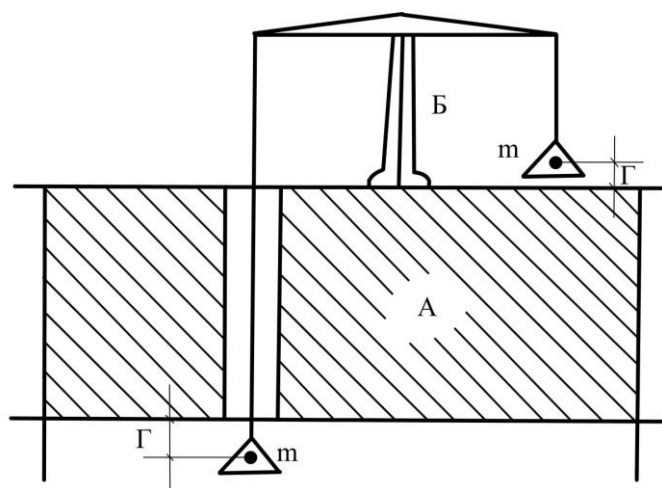


1- rasm

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

1798 yilda Kevendesh gravitasion doimiylikning son qiymatini birinchi bo'lib tajribada o'lchadi. Kevendish gravitasion doimiylikni o'lchashda buralma

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



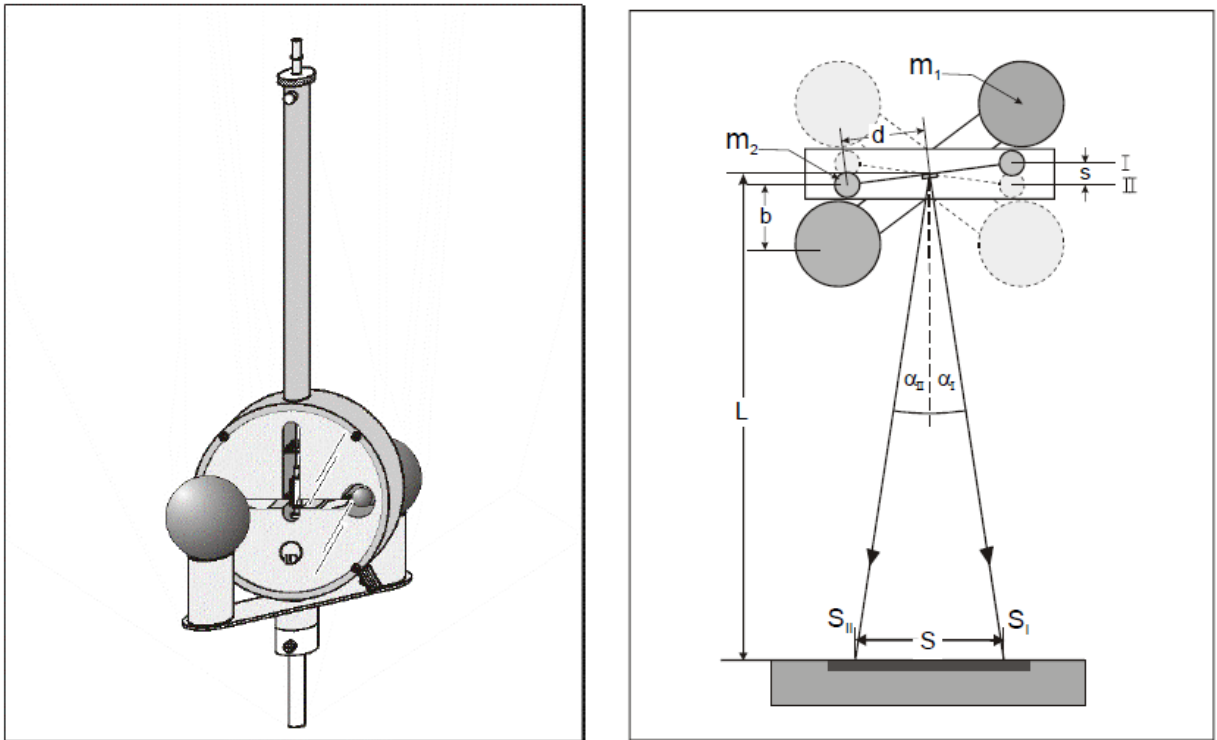
2-rasm

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

Tajribalar natijasiga asosan gravitasion doimiysi uchun quyidagi natij olingan.

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

Torsion balansir – Kevendish tarozisi asosini uchlariga osilish nuqtasidan d masofada m_2 massali sharchalar o'rnatilgan, ingichka elastik torga osilgan yengil ko'ndalang tayoqcha tashkil qiladi. Bu ikki sharchalar m_1 massali ikkita katta sharlar ta'sirlashadilar. Ta'sirlashuv kuchi $10^{-9} N$ tartibida bo'lishiga qaramasdan bu kuchni o'ta sezgir gravitatsion torsion balansir bilan kuzatish mumkin. Kichik sharlar harakati infraqizil harakat detektori bilan payqaladi va o'lchanadi (1-rasmga qarang).



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

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

a) Maksimal og'ish usuli

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

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

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

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

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

II vaziytdagi katta qo'rg'oshin sharchalarni siljitib kuch simmetrik inverterlanadi(kompensatsiyalanadi). Endi jismlarga ta'sir qiluvchi kuch momentlari uchun $M_{II} = -M_I$ tenglik o'rinli. Mayatnik tebranishlari S_{II} muvozanat vaziyati atrofida so'nadi. Bu ikki kuch momentlari farqi mos ravishda α_I va α_{II} burchaklar farqiga bog'liqdir.

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

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

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

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

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

Unda (4) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi

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

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

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

Geometrik munosabatdan (vaziyatlari bo'yicha)

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{S_1}{L}$$

kichik burchaklar uchun quyidagi kelib chiqadi:

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

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

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

b) Tezlanish usuli

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

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

Bundan gravitatsiya doimiysi kelib chiqadi:

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

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

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

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

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

a'_0 harakatning birinchi fazasi umumiy tenglamasi

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

dan keltirib chiqirilishi mumkin.

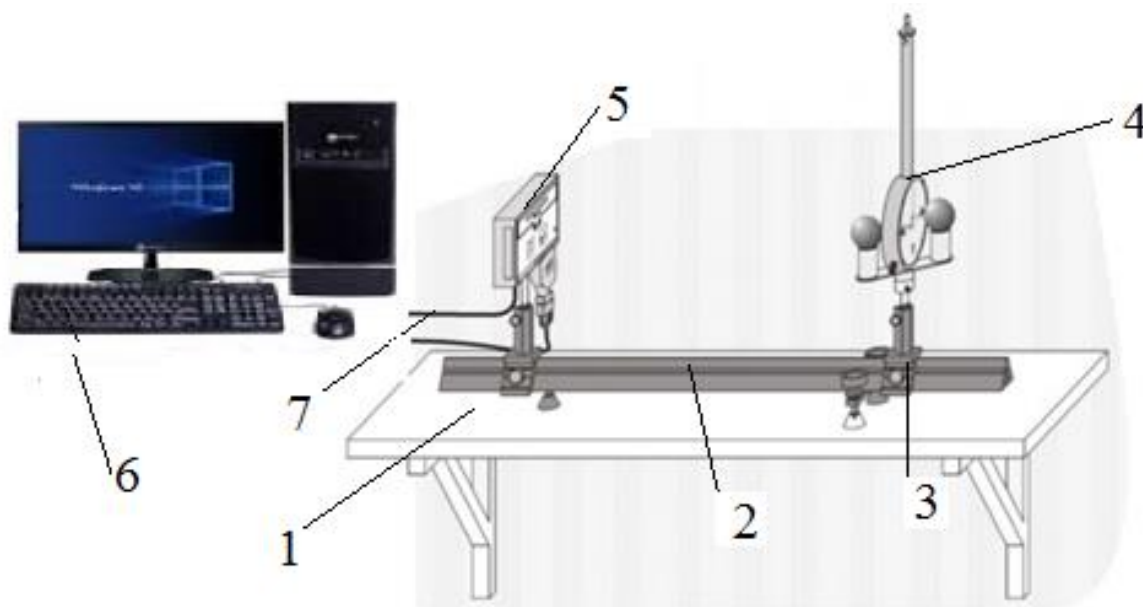
(13) tenglamani (14) tenglama bilan solishtirib quyidagini olamiz:

$$a'_0 = 2A$$

(12) tenglama bilan gravitatsiya doimiysi ham aniqlanadi

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

QURULMANING TAVSIFI



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

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

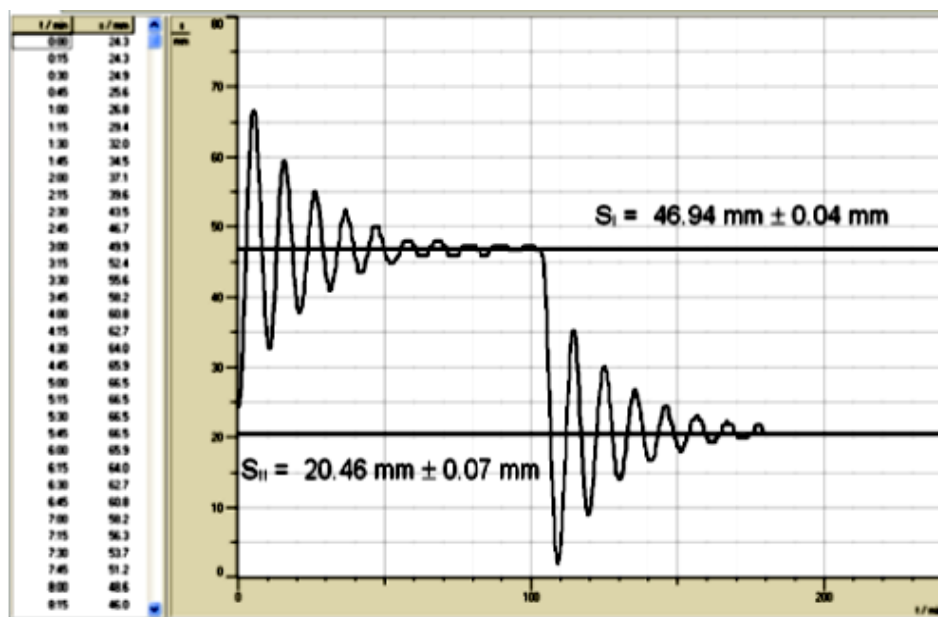
O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1. Tajriba uchun ishchi stolini 4-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing.
2. Gravitatsion torsion balansir mahkamlangan optik relsni o'rnatib.
3. Gravitatsion torsion balansirni shunday holatga keltiringki (katta sharlar qo'yilmagan holda) katta sharlar o'qi uchun yetarlicha joy bo'lsin.
4. Torsion mayatnikning tutib turish mexanizmini bo'shating va shunday sozlangki mayatnik osmalari uchlaridagi ignalari teshik o'rtasida bo'lib, mayatnik erkin aylana olsun.
5. IQ harakat detektorini optik relsga o'rnatilgan taglik sterjeniga orqa paneli bilan qistiring(mahkamlang).
6. IQ harakat detektorni optik relsga shunday o'rnatibki, gravitatsion balansir oynasi va IQ detektor orasidagi masofa 70 sm bo'lsin.
7. 12V o'zgaruvchan tok ta'minlash manbaini IQ harakat detektoriga ulang va IQ yorug'lik diodlarini gravitatsion torsion balansir bilan bir sathga qo'ying.
8. Ikkita qizil yorug'lik diodlari shunday yorqin yonadiki ularning akslangan tasviri qurilma tekisligida ko'rinsin yoki uning yoniqa qo'yilgan oq qog'ozda akslansin.
9. Agar tasvir oynaning chap yoki o'ng tomonida paydo bo'lsa gravitatsion torsion mayatnikni tebranishini shunday kamaytiringki LED diodlar nuri akslanishi old panelda ko'rinsin.
10. Agar tasvir oynadan pastda yoki yuqorida bo'lsa IQ detektorni pastga yoki yuqoriga harakatlantirib nurni markazga olib keling.
11. Amin bo'lingki, fototranzistorlar qatori oynadan qaytgan nurlar bilan to'la qoplangan bo'lib barcha tranzistorlar o'lchashda qatnashsin.
12. Balandlik sathini yashil va qizil yorug'lik diodlari nuri bilan to'g'irlab oling. Fototranzistorlar yorug'lik nurlari kuchiga qarab ochiladi yoki yopiladi (kalit sifatida ishlaydi).
13. Qizil LED miltillasa: yoritilganlik/sozlanganlik yetarlicha
Yashil LED miltillasa yoritilganlik/sozlanganlik yaxshi

1-topshiriq. Maksimal og'ish usuli

1. Sistema to'la muvozanat holatiga kelgunicha kuting (dastlabki tayyorgarlik ko'rsatmasiga qarang).
2. Axborot yig'ishni  tugmasini yoki F9 klavishi bosib boshlang.
3. Qo'rg'oshin sharli kronshteynni I holatdan II holatga tez (ammo ehtiyotkorlik bilan) o'tkazib.

18. Qo'rg'oshinli sharlarni *II* holatdan *I* holatga olib keling va *I* holat atrofidagi tebranishlarni o'lchashni takrorlang.
4. Axborot yig'ishni  tugmasi yoki F9 klavishi bilan to'xtating.
5. Ikkita qo'rg'oshin sharlarning tugal stabil muvozanatda bo'luvchi *I* va *II* holatlarini quyidagicha aniqlash mumkin.
6. O'rtacha qiymatini aniqlang, masalan "Draw the Mean" amalini tanlab *I* holat uchun.
7. Qayd qilinadigan tebranish chegarasini sichqoncha ko'rsatkichi bilan tanlang (tanlangan ma'lumotlar ko'k tusga o'tadi
8. "Set marker" menyusidan (yoki Alt+T) "Text" amalini tanlab ekranda hisoblash natijasini chiqaring. Muqobil ravishda qayd qilingan natijalar ishchi oynaning chap tomonida alohida oynada ko'rish ham mumkin. Chap quyi qaorda kursor turgan nuqtadagi qiymat ko'rsatiladi(5-rasm).
9. Tahlil qilishni *II* holat uchun ham takrorolang.



5-rasm: Tebranish oxirida S_I va S_{II} qiymatlar o'rtacha qiymatini hisoblab *I* va *II* muvozanat holatlarni aniqlash

Tebranish davrini aniqlash

10. Alt+D tugmalarini bosib "Measure Difference tool" amalini tanlang (yoki sichqonchaning o'ng tugmasini bosib "Select Marker" funksiyasini tanlab bajaring).
11. Tebranish davrini aniqlang. Buning uchun kamida 5 ta davrni tanlang, tanlashni dastlabki va yakuniy tebranishlar fazasining bir qiymatidan boshlang va tugallang.

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

13. II muvozanat holati atrofidagi baholash va tahlillarni takrorlang.

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

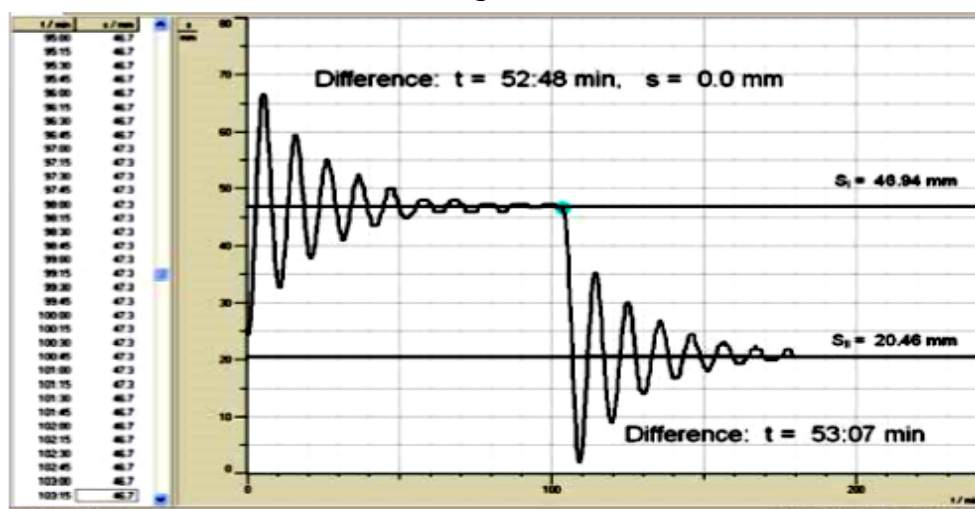
Tebranish davri $T = 634s$

Ikki vaziyatlari orasidagi masofa: $S = S_{II} - S_I = 26,5mm$

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

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

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



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

2- topshiriq. Tezlanish usuli

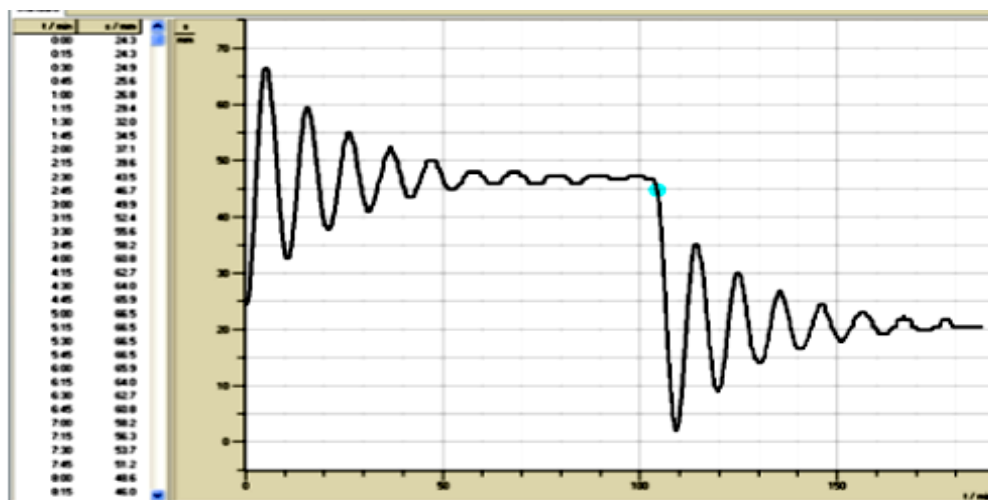
1. Sistema to'la muvozanat holatiga kelgunicha kuting (dastlabki tayyorgarlik ko'rsatmasiga qarang).

2. Qo'rg'oshin sharli kronshteynni I holatdan II holatga tez (ammo ehtiyotkorlik bilan) o'tkazing va harakatning birinchi fazasini yozib oling

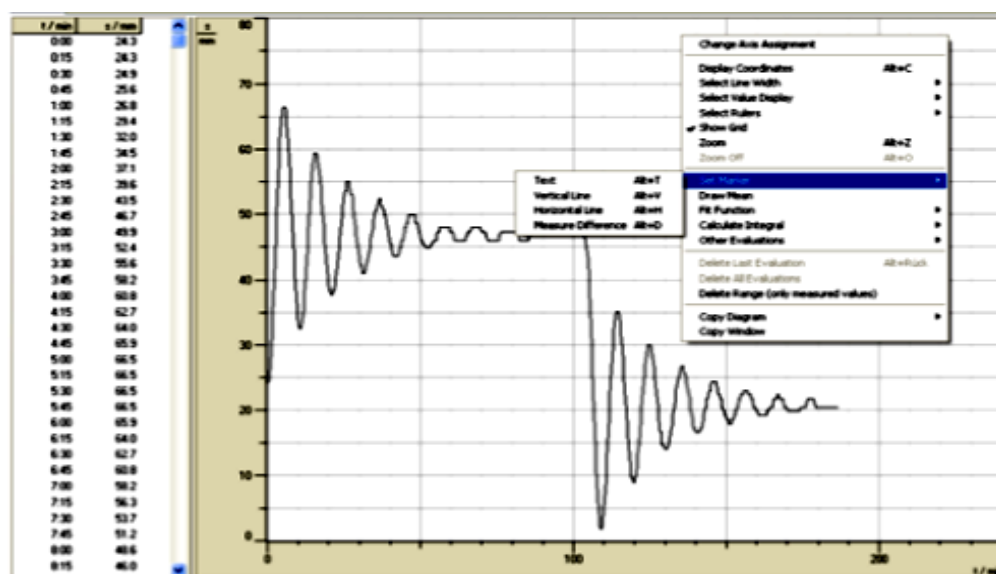
3. Axborot yig'ishni tugmasi yoki F9 klavishi bilan to'xtating.

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

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



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



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

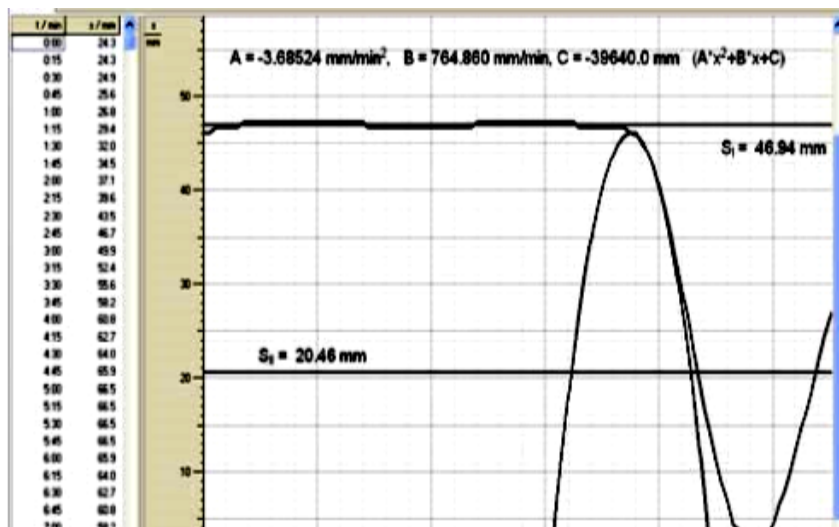
5. Harakatning birinchi fazasidagi tasvir masshtabini kattalashtiring, masalan *II* holat uchun qayd qilingan natijalar uchun parabolaik qonuniyatni o'rnatish.

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

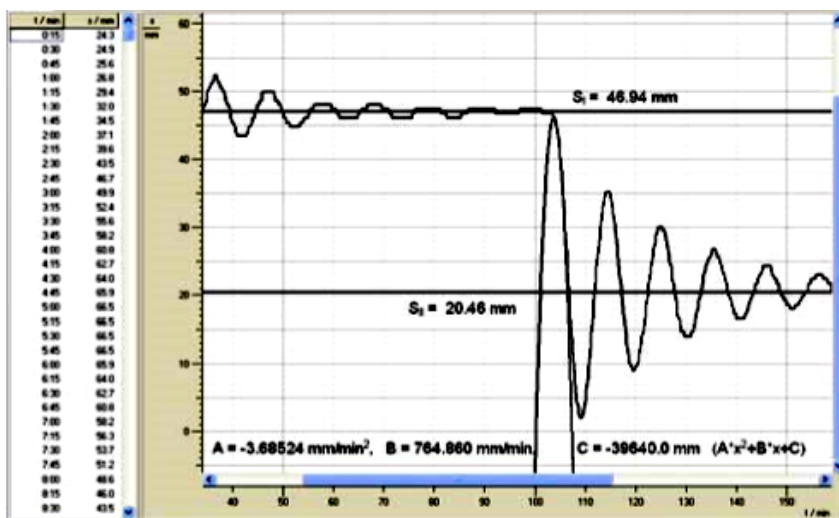
7. Tezlanish usuli Qo'rg'oshin sarchalar *II* holatdan *I* holatga aylanib qaytganda tebranishlarning birinchi fazasiga muvofiq (9-rasmga qarang) quyidagiga ega bo'lamiz:

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

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



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



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

SINOV SAVOLLARI

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

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

Tajriba maqsadi:

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

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

NAZARIY TUSHUNCHA

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

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

Absolyut elastik urilishning xususiyatlari:

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

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

$$m_1 \mathcal{G}_1 + m_2 \mathcal{G}_2 = m_1 \mathcal{G}'_1 + m_2 \mathcal{G}'_2 \quad (1)$$

$$\frac{m_1 \mathcal{G}_1^2}{2} + \frac{m_2 \mathcal{G}_2^2}{2} = \frac{m_1 \mathcal{G}'_1^2}{2} + \frac{m_2 \mathcal{G}'_2^2}{2} \quad (2)$$

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

$$\mathcal{G}'_1 = \frac{2m_2 \mathcal{G}_2 + (m_1 - m_2) \mathcal{G}_1}{m_1 + m_2}, \quad \mathcal{G}'_2 = \frac{2m_1 \mathcal{G}_1 + (m_2 - m_1) \mathcal{G}_2}{m_1 + m_2} \quad (3)$$

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

Absolyut noelastik urilishning xarakterli xususiyatlari quyidagilar:

- a) urilishda jismlar deformatsiyasi saqlanadi.
- b) deformatsiya energiyasi vujudga kelmaydi.

v) jismlar kinetik energiyasi bir qismi jismning deformatsiyasiga sarf bo'ladi. Deformatsiya saqlanganligi tufayli energiya mazkur qismi kinetik energiya tarzida tiklanmaydi, balki jismlar ichki energiyasiga aylanadi.

g) urilishdan so'ng jismlar umumiy tezlik bilan harakatlanadi yoki nisbiy tinch holatda bo'ladi.

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

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

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

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

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

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

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

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

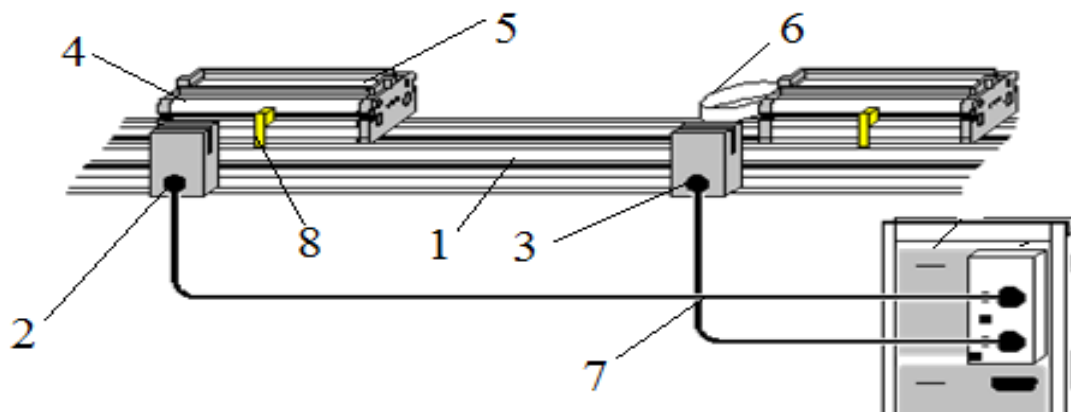
va urilishdan so'ng aravachalarning kinetik energiyasi

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

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

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

QURULMANING TAVSIFI



1- rasm

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

To'rtta turli joylashish holatlari mavjud:

- a) Ikkala arava ham yorug'lik datchigi orqasida.
 - b) Chap aravacha yorug'lik datchiklari orasida, o'ng aravacha esa yorug'lik datchigi orqasida.
 - c) O'ng aravacha yorug'lik datchiklari orasida, chap aravacha esa yorug'lik datchigi orqasida.
 - d) Ikkala aravacha ham ichkarida (tutashgan holda).
6. Raqamli sanagichni ishga tushirib. Made tugmasi yordanida $t_{E,F}$ funksiyasini tanlang.
 7. To'qnashuvni yuzaga keltiring (agar to'qnashuvdan oldin tezlik qiymati noldan farq qilsa $\rightarrow 0 \leftarrow$ amali bilan nolga keltiring).
 8. Raqamli sanagichda START tugmasini bosing.
 9. To'qnashuvdan oldin va keying tezliklarni raqamli sanagich ko'rsatkichidan foydalanib yozib oling.
 10. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

1- jadval.

t/r	m_1 (kg)	m_2 (kg)	l (m)	g_1 (m/s)	g_2 (m/s)	g'_1 (m/s)	g'_2 (m/s)	Impuls (kg·m/s)					Energiya (J)				
								p_1	p_2	p'_1	p'_2	Δp	W_1	W_2	W'_1	W'_2	ΔW
A																	
B																	
C																	
D																	

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

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

2- topshiriq. Absolyut noelastik to'qnashuv.

1. 1- topshiriqdagi 1-11 bandlarni takrorlang.

2- jadval.

t/r	m ₁ (kg)	m ₂ (kg)	l (m)	g ₁ (m/s)	g ₂ (m/s)	g' (m/s)	Impuls (kg·m/s)					Energiya (J)		
							p ₁	p ₂	p'	Δp	W ₁	W ₂	W'	ΔW
A														
B														
C														
D														

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

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

SINOV SAVOLLARI.

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

1.3. ERKIN TUSHISHNI VIDEO-COM DASTURI YORDAMIDA QAYD QILISH

Tajriba maqsadi:

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

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

NAZARIY TUSHUNCHA

Agar jism h balandlikdan pastga gravitatsiya maydonida erkin tushsa jismga g o'zgarimas tezlanish ta'sir qiladi va tushish balandligi kichik bo'lganda ishqalanishni hisobga olmaslik mumkin. Bunday harakat erkin tushish deyiladi. Erkin tushish to'g'ri chiziqli tezlanuvchan harakatga misol bo'la oladi. Time $t = 0$ vaqtdagi boshlang'ich tezlik $g_0 = 0$ bo'lsa oniy tezlik quyidagicha

$$g(t) = gt \quad (1)$$

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

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

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

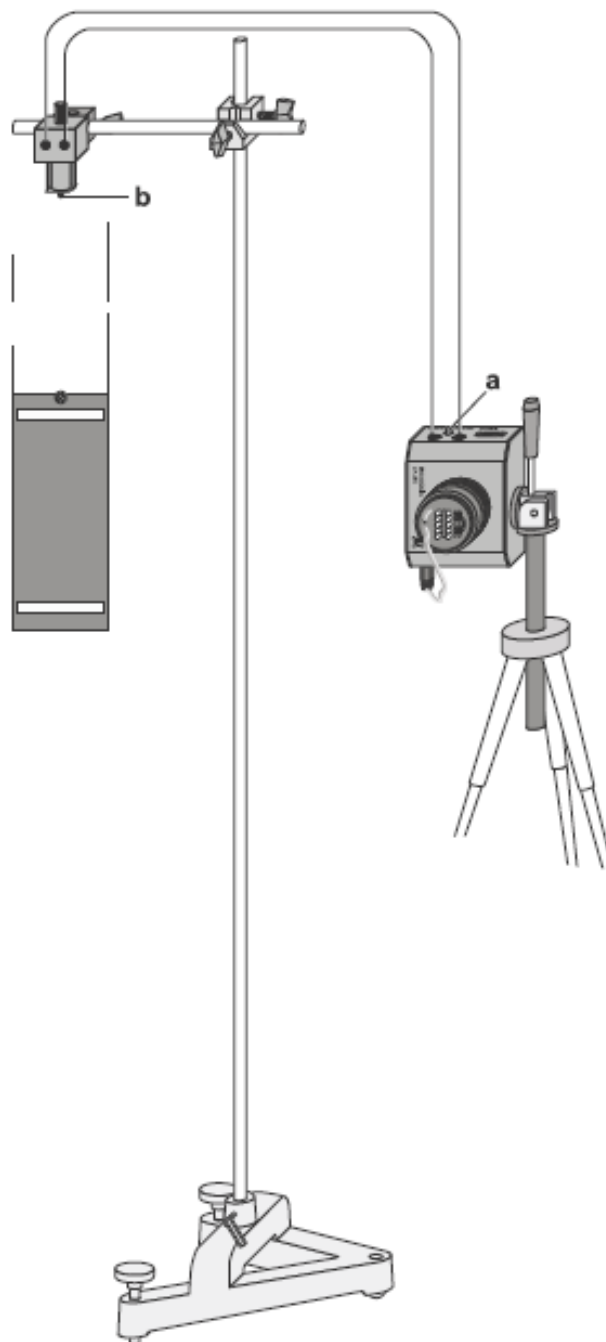
$$g(t) = \frac{s(t + \Delta t) - s(t - \Delta t)}{2\Delta t} \quad (3)$$

va tezlanish

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

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

QURILMA TAVSIFI

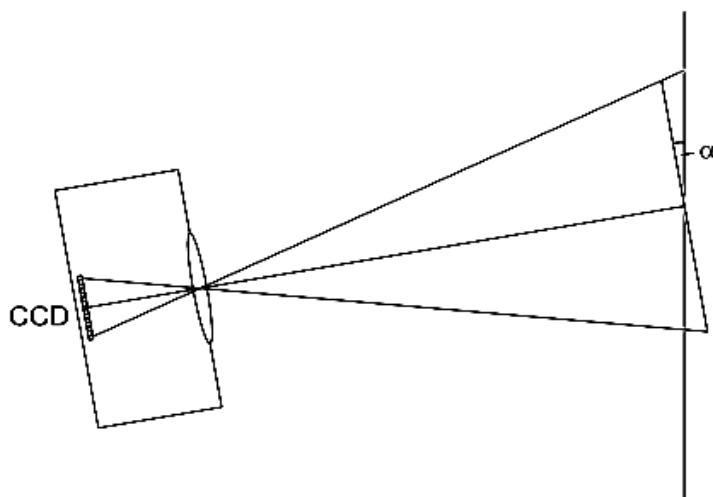


1-rasm. Erkin tushishni VideoCom bilan qayd qilish tajribasi qurilmasi.

O'LCHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

1. Tutib qoluvchi magnitni taglik materialiga 1-rasmda ko'rsatilgabi kabi pastga qarab o'rnatish va VideoCom simlarini ulash.
2. VideoCom uch oyoqli kamerani qat'iy vertikal joylashuvini ta'minlang va u erkin tushish nuqtasidan taxminan 3 m masofada bo'lsin. VideoCom kamerasini iloji boricha erkin tushish traektoriyasiga parallel bo'lishini ta'minlang.

3. VideoCom kamerani tutashtiruvchi blok orqali tarmoqqa ulang va kompyuterning serial (COM1) portiga ulang.
4. VideoCom uchun mo'ljallangan erkin tushuvchi jismni ushlab turuvchi magnetga osilib turishi uchun elektromagnetga kuchlanish bering.
5. Kuchlanishni VideoCom korpusidagi (a) pin bilan sozlang va erkin tushuvchi jism magnetga kuchsiz yopishib turishini ta'minlang.
6. Tutib turuvchi elektromagnetning ferromagnet o'zagini moslovchi vint (b) bilan shunday rostlangki erkin tushuvchi jism vertikal tik bo'lsin.
7. "VideoCom Motions" dasturida "Intensity Test" ga bosing.
8. Yo'lning vaqtga bog'liqlik diagrammasini qayd qilish uchun: – "Settings/Path Calibration" menyusini tugmasi yoki – "Path Calibration" registridagi ikkita akslantiruvchi folgalarning birinchi vaziyati uchun 0.2 m va ikkinchi vaziyati uchun 0 m qiymatlarni kiriting. – "Read Pixels from Display" tugmasini bosing va "Apply Calibration" funksiyasini faollashtiring.

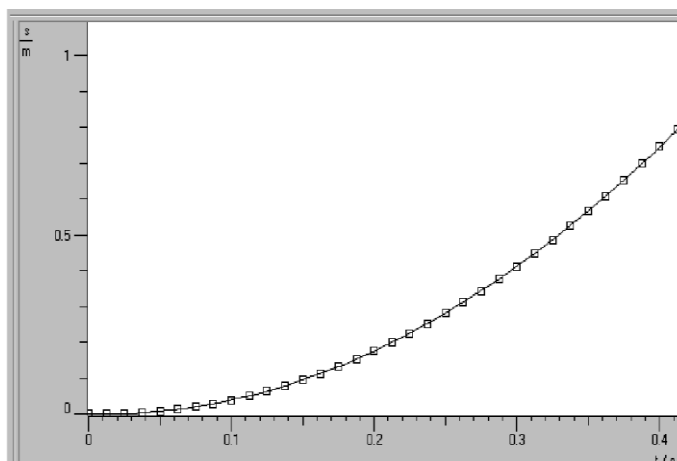


2-rasm. VideoCom va erkin tushish traektoriyasi orasidagi α burchakni aniqlash chizmasi.

9. O'lchanqan qiymatlarni  yoki F5 klavishi bilan chaqiring. tugmasi bilan yoki F2 klavishi bilan saqlang va faylni nomlang. "Path Calibration" registratoridagi "Read Pixels from Table" tugmasini bosib so'l kollibrovkasini takrorlang, "Apply Calibration" funksiyasini faollashtiring va "OK" bosib tasdiqlang.
10. Sichqonchanning "s1/m" o'lchangan qiymatlar ustuniga olib kelib o'ng tugmasini bosing va chiqqan menyudan "Delete Column" buyrug'ini tanlang.
11.  Tugmasini bosib natijalarni saqlang va fayl nomini kiritish uchun F2 dan foydalaning.

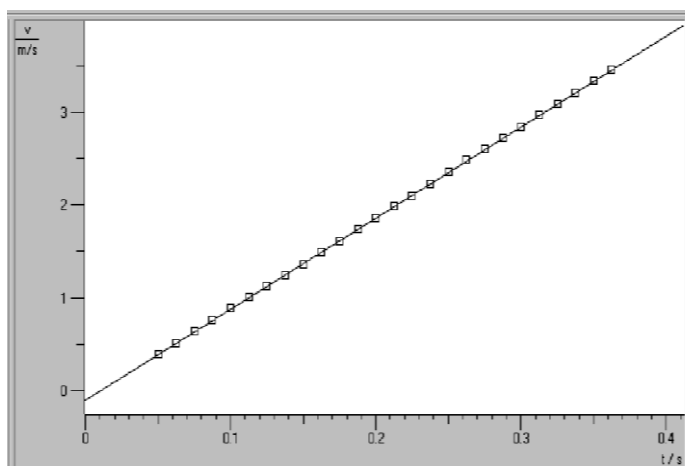
O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1. 3-rasmda erkin tushayotgan jismning yo'l - vaqt diagrammasi (bosib o'tilgan yo'lning vaqtga bog'liqligi) keltirilgan. Bundan ko'rinadiki s yo'l t vaqtga chiziqli bog'liq emasligini ko'rsatadi. Vaqtga bog'liqligi paraboloid qonuniyatga ega. Parabola $Ax^2 + Bx + C$ asosida erkin tushish tezlanishi aniqlanadi. U quyidagicha $g = 2A = 9,82 \frac{m}{s^2}$.



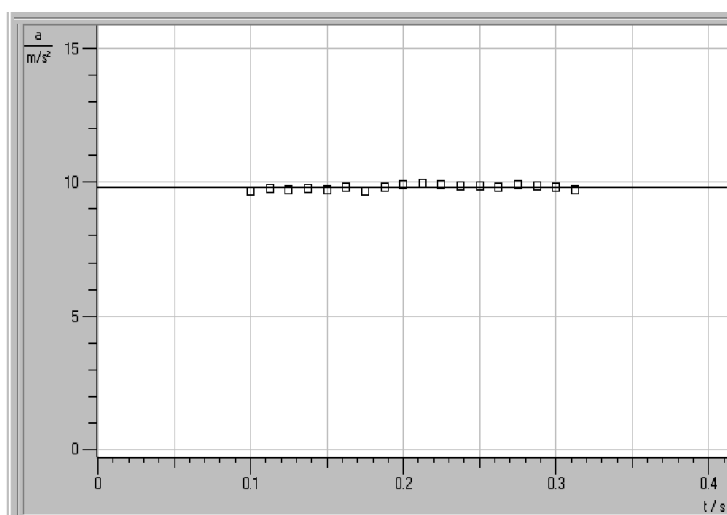
3-rasm. Erkin tushuvchi jism uchun yo'l-vaqt diagrammasi.

2. Oniy g tezlikning "Velocity" registratorini bosib hisoblangan qiymati vaqtga chiziqli bog'liqdir (4 - rasimga qarang va (II) bilan solishtiring). $Ax + B$ to'g'ri chiziq qiyaligidan erkin tushish tezlanishi aniqlanadi: $g = 2A = 9,82 \frac{m}{s^2}$.



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

3. Agar a oniy tezlanishning nazariy hisoblanadigan qiymati vaqt funksiyasidan topilsa, doimiy qiymati esa "Acceleration" tugmasi bosilib aniqlik chegarasida o'lchnadi (5-rasimga qarang). Uning o'rtacha qiymati quyidagicha $g = 9,82 \frac{m}{s^2}$.



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

Adabiyotlarda keltirilgan erkin tushish tezlanishining Evropa uchun qiymati:

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2}.$$

4. Qo'shimcha ma'lumot 4 - va 5 - rasmlarda keltirilgan erkin tushuvchi jism boshlang'ich tezligining qiymatlari manfiydir $B = -0,1 \frac{m}{s^{-1}}$ (fizik jihatdan mantiqsiz). Amalda natijalarni qayd qilish harakat boshlanishidan sal oldinroq boshlanadi chunkin uslab turuvchi magnit jismni kichik vaqtga kechiktiradi.

5. O'lchangan va hisoblangan kattaliklar jadvalga yoziladi.

N _o	h	t	t ²	g	g _{o'rt}	Δg	ε	g _{Ha3}
1.								
2.								
3.								

$$g = \frac{2h}{t^2} \quad \text{orqali aniqlash mumkin.}$$

SINOV SAVOLLARI

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

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

Tajriba maqsadi:

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

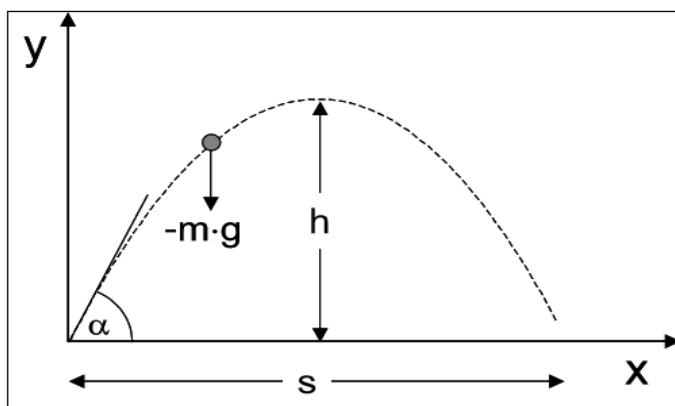
Kerakli jihozlar: katta proeksion qurilma, qisqich, vertikal shkala, o'lchov lentasi, egarsimon asos, laboratoriya tagligi, lotok, kvarts qum, sekundomer.

NAZARIY TUSHUNCHA

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

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

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



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

Quyidagi boshlangich shartlar asosidagi

$$\vec{r}(0) = 0 \text{ va } \vec{g}(0) = (g_0 \cos \alpha, g_0 \sin \alpha)$$

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

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

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

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

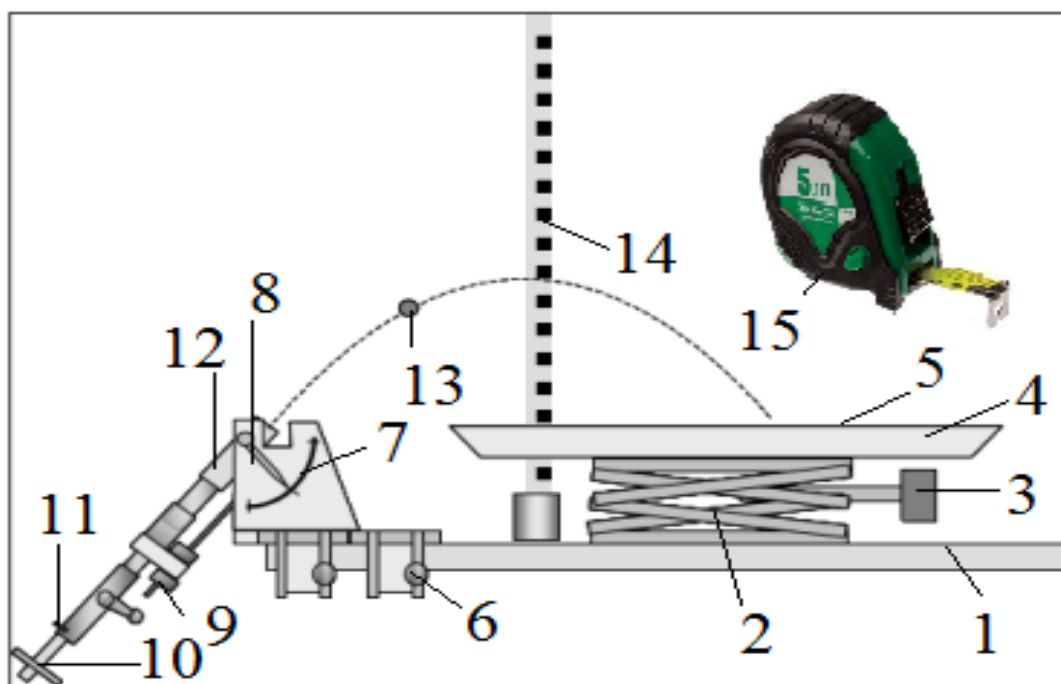
$$h = \frac{g_0^2}{2g} \sin^2 \alpha \quad (4)$$

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

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

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

QURULMANING TAVSIFI



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

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

Proyeksion qurilmani 2-rasmda ko'rsatilgani kabi stolga o'rnatish. Lotokni (4) laboratoriya tagligiga (1) o'rnatish. Qum to'shalma sathi (I usulda) yoki oq

qog'oz varagi ustidagi nusxa olish qog'ozi (II usulda) sathi proyeksion qurilmadagi sharcha sathi (10 sm) bilan bir xil sathda bo'lsin. Metall sharcha tutqichi (12) ga sharcha (13) joylashtiring (10) orqali burchak qiymati (7) belgilang, (10) orqali purjinani siqish darajasini belgilab (11) ni chap tomonga mahkamlang va (4) ni sharchaning traektoriyasiga moslab qo'ying (11) ni o'ng tomonga o'tkazib sharchani uchish traektoriyasini kuzating. O'lchov tasmasi (15) yordamida sharchaning traektoriyasini o'lchang.

O'LCHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

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

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

1-jadval. Turli boshlang'ich tezliklarda uchish uzoqligining α otilish burchagiga bog'liqligi.

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

10. O'lchash natijalaridan foydalanib uchish uzoqligini sharchani otilish burchagiga bog'liqlik garfigini chizing. $s = f(\alpha)$ funksiya ko'rinishda chizing.

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

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

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

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

10. O'lchash natijalaridan foydalanib ko'tarilish balandligini sharchaning otilish burchagiga bog'liqlik $h = f(\alpha)$ garfigini chizing

SINOV SAVOLLARI

1. Gorizontga burchak ostida otilgan jismning harakat tenglamasini keltirib chiqaring va uning amaliy tadbir'ini tushintiring.
2. Gorizontga nisbatan qiya otilgan jismning uchish uzoqligi qanday kattaliklarga bog'liq?
3. ϑ_0 boshlang'ich tezlik bilan burchak ostida otilgan jism tushayotgan paytdagi tezligi qanday bo'ladi va gorizont bilan qanday burchak tashkil qiladi?

1.5. MURAKKAB HARAKAT: QIYA HARAKAT VA ERKIN TUSHISHNI SOLISHTIRISH

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

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

NAZARIY TUSHUNCHA

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

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

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

ifodadan aniqlash mumkin.

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

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

t vaqtdan keyin jismning koordinatalari

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

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

hosil bo'ladi. Bu yerda $k = \frac{g}{2v_0}$ belgilash kiritdik. (5) parabolaning tenglamasi

bo'lganligidan gorizontal jismning harakat traektoriyasi paraboladan iborat bo'ladi degan xulosaga kelamiz.

Tajribada g_0 boshlang'ich tezlikli jism (sharcha) gorizontga nisbatan α burchak ostida $t = 0$ vaqtda otilgan. Jism ko'chishini aniqlash uchun koordinatalar

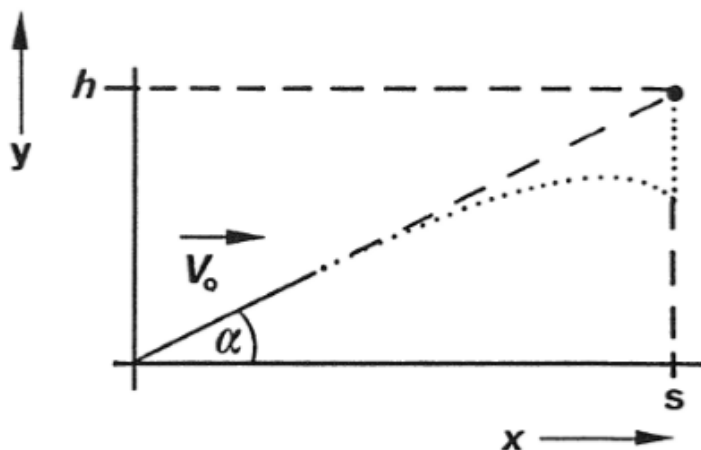
sistemi kiritilgan bo'lib, harakat trayektoriyasi x, y - tekislikka chiziladi va jismning boshlang'ich vaziyati koordinatalar boshi bilan mos tushadi (1-rasmga qarang). Harakatning x_1 va y_1 tashkil qiluvchilari quyidagilardir.

$$x_1(t) = g_0 t \cos \alpha \quad (6)$$

$$y_1(t) = g_0 t \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2 \quad (7)$$

bu yerda g -erkin tushish tezlanishi.

x_1 tashkil qiluvchi ilgari lanma harakatni y_1 tashkil qiluvchi esa $g_0 \sin \alpha$ boshlang'ich tezlikli vertikal harakatni tavsiflaydi.



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

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

$$y_2(t) = h - \frac{1}{2} g t^2 \quad (8)$$

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

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

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

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

teng vaqt o'tadi.

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

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

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$$

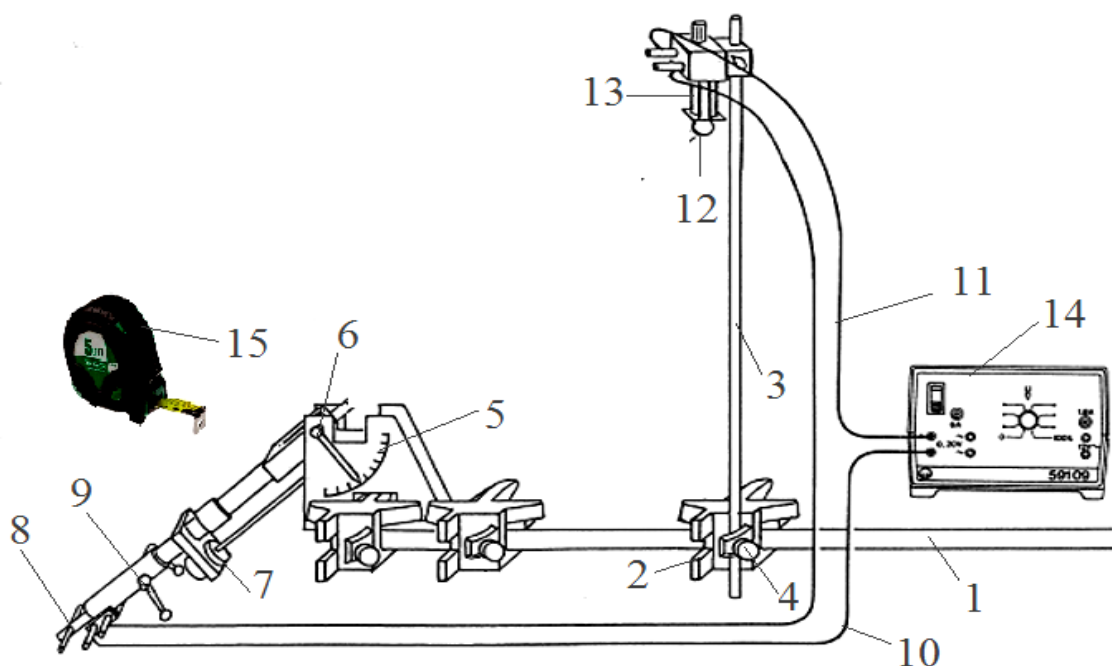
Bu tenglama t_s vaqtda erkin tushayotga ikkinchi jism harakat tenglamasi bilan yaxshi mos tushadi.

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

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

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

QURULMANING TAVSIFI



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

Laboratoriya tagligi (1), tutqich (2), sterjen (3), multi qisqichlar (4), burchak qiymatlar (5), burchak ko'rsatkichi (6), burchakni o'zgartiruvchi vint (7), prujinani siquvchi dastak (8), prujinani bo'shatish mexanizimi (9), prujinani siquvchi dastakni ta'minlash manbaiga ulovchi kabel (10), ushlab turuvchi magnitni

ta'minlash manbaiga ulovchi kabel (11), po'lat sharcha (12), ushlab turuvchi magnit (13), ta'minlash manbai (14), olchov tasmasi(metr) (15).

Proyeksion qurilmani 2-rasmda ko'rsatilgani kabi stolga o'rnatib. Lotokni (4) laboratoriya tagligiga (1) o'rnatib. Stvol (12) ga sharchani joylashtirib, (7) orqali burchak qiymati (5) belgilang, (8) orqali prujinani siqish darajasini belgilab (9) ni chap tomonga mahkamlang va to'minlash manbai (14) ni tarmoqqa ulang, ikkinchi sharchani (13) mahkamlang, (9) ni o'ng tomonga o'tkazib sharchani uchish traektoriyasini kuzatib. O'lchov tasmasi (15) yordamida sharchaning traektoriyasini o'lchang.

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

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

SINOV SAVOLLARI

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

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

Tajriba maqsadi:

- Aylanuvchi modelda ikki jismning ω burchak tezligi to'qnashuvdan oldin va keyin yorug'lik datchli ayrilar orasidan o'tishi orqali o'lchash.

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

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

NAZARIY TUSHUNCHA

Qattiq jism qo'zg'almas OZ o'q atrofida ω burchak tezlik bilan aylanayotgan bo'lsin. Shu qattiq jismni elementar moddiy nuqtalarga ajrataylik. Burchakning chiziqli tezligi

$$\mathcal{G}_i = \omega R_i$$

impulsi esa $p = \Delta m_i \mathcal{G}_i = \Delta m_i \omega R_i$ bo'ladi.

Impuls momenti

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

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

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

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

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

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

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

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

Formula aylanish dinamikasining asosiy qonunini ifodalaydi.

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

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

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

l - jismning aylanish burchak tezligi ω_0 dan ω gacha o'zgarishi uchun ketgan vaqt oralig'i.

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

$$F = M l$$

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

Bu yerda J_1 va ω_1 - izolyatsiyalangan sistemani tashkil qiluvchi jismning inersiya va burchak tezligi. (5) formula impulsning saqlanish qonunini ifodalaydi.

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

Aylanma harakatlanayotgan jismning kinetic energiyasi

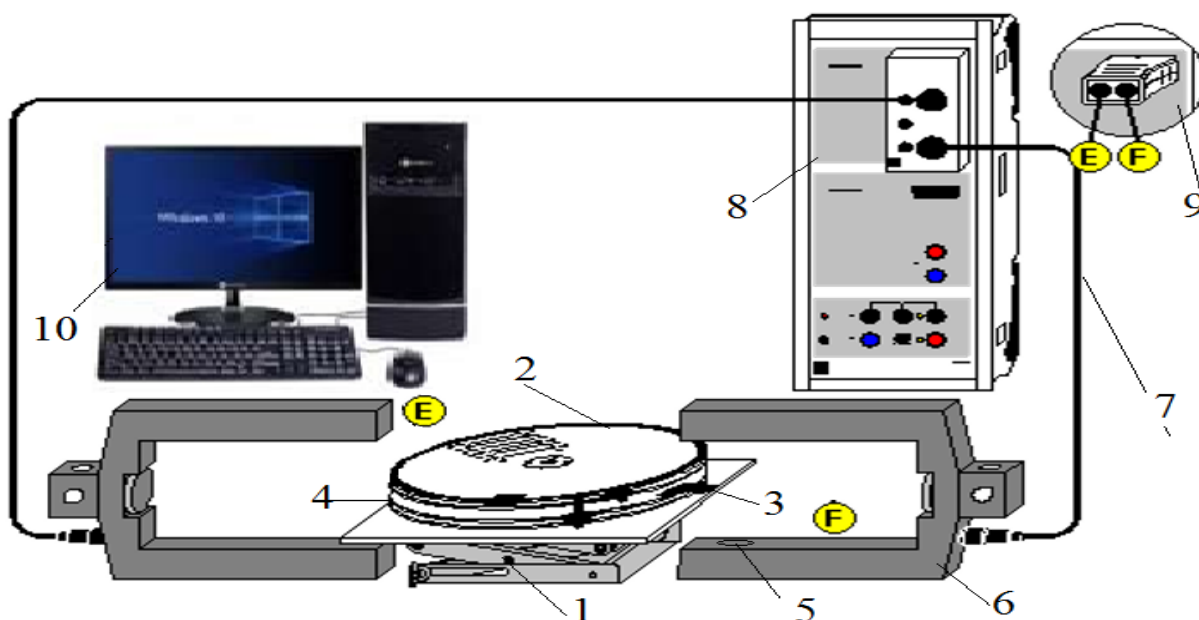
$$W_{q, ayl} = \frac{J \omega^2}{2} \quad (6)$$

J - aylanayotgan jismning inersiya momenti,

ω - aylanish burchak tezligi.

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

QURULMANING TAVSIFI



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

Taglik (1), yuqori aylanuvchi disk (2), bayroqcha (3), quyi aylanuvchi disk (4), yorug'lik datchigi (5), U- simon yorg'lik dotchigining dastagi (E va F)

yorug'lik datchiklari uchun) (6), U- simon yorg'lik dotchigining sensorga ulovchi kabel (7), Sensor- Cassiy qurulmasi (8), sensor va U- simon yorg'lik dotchigining sensorga ulovchi qism (9), kompyuter (10).

Aylanuvchi model va yorug'lik datchili ayrining dastlanki vaziyati shunday bo'lsinki to'qnashudan keyin aylanuvchi jismlarga o'rnatilgan bayroqchalar yorug'lik datchili ayri ichidan o'tsin. Bayroqchalar ayri ichidan o'tayotganda yorug'likni to'sib o'tishlari zarur.

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

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

1. Tajriba uchun ishchi stolini 1-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing.
2. Gassiy Lab 2 dasturidan Открыть пример buyurug' tanlang, Physcis bo'limini belgilab sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing, ekranda mavzular ro'yxati shakillanadi, undan P1.4.2.1-2. Consevation of angular momentum and energy ni tanlab sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing, kompyuter oynasidan Load settings yozuvini tanlang sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing ekranda Открыть bo'lini tanlang va sichqonchani chap tugnasini bir marta bosilgandan so'ng kompyuter ekranida ishchi oyna namayyon bo'ladi.
3. Inertsia momentlari J_1 va J_2 larni jadvalga kiriting (sichqoncha bilan J_1 va J_2 qiymatlarini jadvalga kiritishni faollashtiring).
4. To'qnashuvdan oldin bayroqchalarning E va F yorug'lik datchiklariga nisbatan vaziyatini kiriting (Parametrlar ω_1 , ω_2 , ω'_1 va ω'_2)
5. **To'rtta turli joylashish holatlari mavjud:**
 - ikkala bayroq ham yorug'lik datchigi orqasida,
 - chap bayroq yorug'lik datchiklari orasida, o'ng bayroq esa yorug'lik datchigi orqasida,
 - o'ng bayroq yorug'lik datchiklari orasida, chap bayroq esa yorug'lik datchigi orqasida,
 - ikkala bayroq ham ichkarida (tutashgan holda).
6. Qurilmani harakatga keltiring, aylanma harakat vaqtida harakatni xarakterlovchi kattaliklarni  tugmani bosib yozib oling.
7. To'qnashuvdan oldin va keyin impuls momenti, kinetik energiya, to'la kinetik energiya va kinetik energiya yo'qotilishini qiymatlarini mos jadvaldan yozin oling
8. Siz olgan natijalaringizni nazriya bilan solishtirish uchun quyidagi formulalardan foydalanishingiz mumkin.

1- Jadval.

t/r	Kattaliklarning nomlanishi	Kattaliklar	I holat	II holat	III holat	IV holat
1	Birinci bayroqchanning to'qnashuvgacha burchak tezligi	ω_1 (rad/s)				

	Ikkinchi bayroqchanning to'qnashuv gacha burchak tezligi	ω_2 (rad/s)				
	Birinchi bayroqchanning to'qnashuvdan keyingi burchak tezligi	ω'_1 (rad/s)				
	Ikkinchi bayroqchanning to'qnashuvdan keyingi burchak tezligi	ω'_2 (rad/s)				
2	Birinchi bayroqchanning inersiya momenti	J_1 (kg·m ²)				
	Ikkinchi bayroqchanning inersiya momenti	J_2 (kg·m ²)				
3	Birinchi bayroqchanning to'qnashuv gacha impuls momenti	L_1 (J·s)				
	Ikkinchi bayroqchanning to'qnashuv gacha impuls momenti	L_2 (J·s)				
	Birinchi bayroqchanning to'qnashuvdan keyingi impuls momenti	L'_1 (J·s)				
	Ikkinchi bayroqchanning to'qnashuvdan keyingi impuls momenti	L'_2 (J·s)				
	To'qnashuv gacha impuls momentining farqi	ΔL (J·s)				
	To'qnashuvdan keyin impuls momentining farqi	$\Delta L'$ (J·s)				
4	Birinchi bayroqchanning to'qnashuv gacha energiyasi	W_1 (J)				
	Ikkinchi bayroqchanning to'qnashuv gacha energiyasi	W_2 (J)				
	Birinchi bayroqchanning to'qnashuvdan keyingi energiyasi	W'_1 (J)				
	Ikkinchi bayroqchanning to'qnashuvdan keyingi energiyasi	W'_2 (J)				
	To'qnashuv gacha energiyasi farqi	ΔW (J)				
	To'qnashuvdan energiyasi farqi	$\Delta W'$ (J)				

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

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

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

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

1. 1- topshiriqning 1-8 bandini takrorlang.

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

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

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

SINOV SAVOLLARI

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

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

Tajriba ishining maqsadi:

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

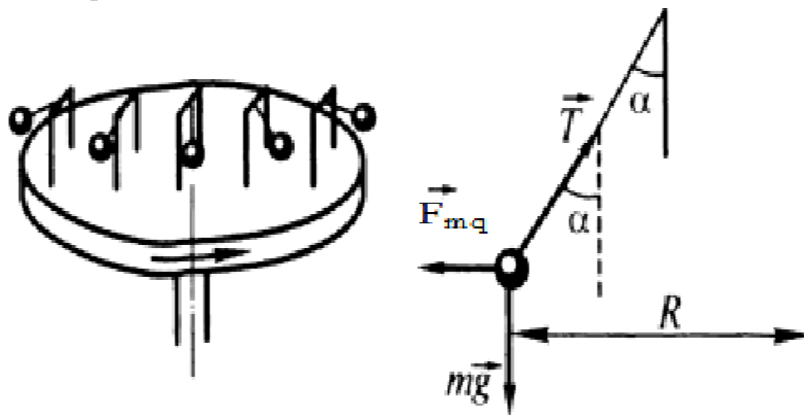
Kerakli jihozlar: CASSY-sensori, markazdan qochma kuch qurilmasi, ta'minlash manbai, U simon yorug'lik datchigi, ko'p o'zakli kabel, sterjen asos-taglik, sterjen ustun, ulovchi kabellar, kompyuter.

NAZARIY QISIM

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

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

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



1- rasm

Aylantiruvchi sanoq tizimidagi jismga ta'sir etadigan markazdan qochma inersiya kuch jismning massasiga, aylanayotgan qurulmaning burchak tezligining kvadratiga va aylanish radiusiga mutanosibdir. Markazdan qochma inersiya kuchlari faqat noinersial sanoq tizimlaridagina mavjuddir. Inersial sanoq tizimlarida esa bunday kuchlar yo'q.

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

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

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

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

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

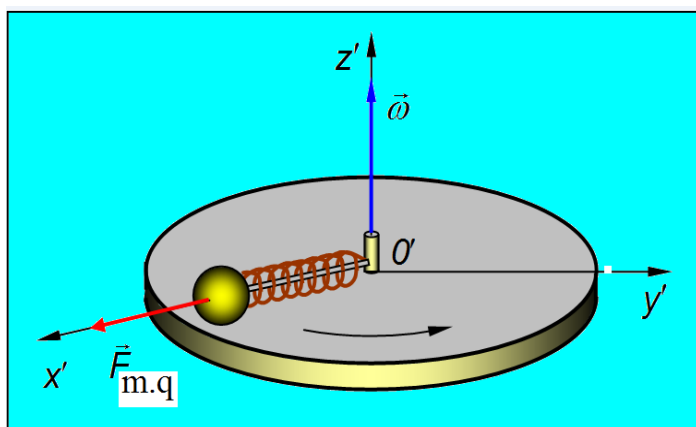
(2) tenglamani Nyutonning II qonuniga qo'ysak markazdan qochma kuch quyidagi ko'rinishni oladi.

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

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

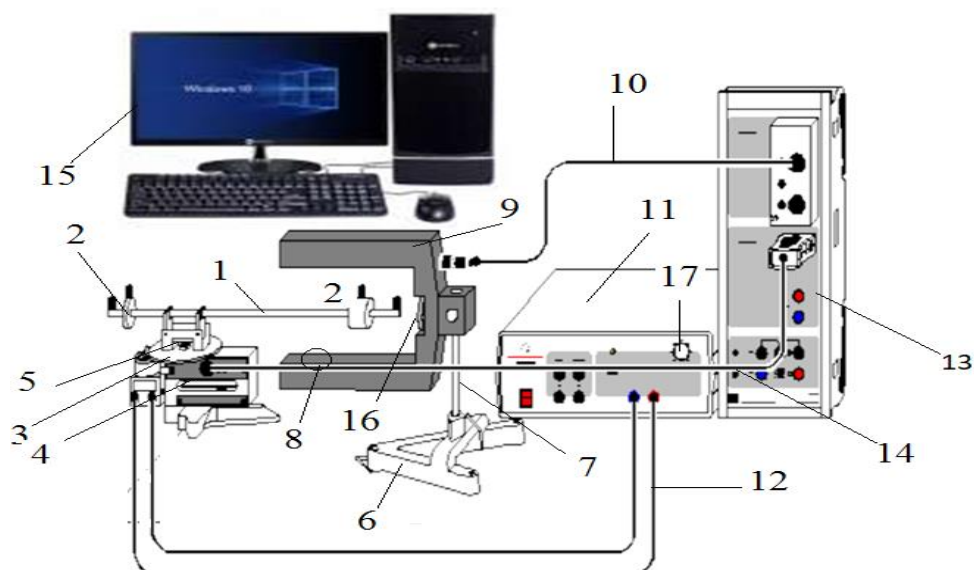
Markazdan qochma kuch qurilmasida sterjenga mahkamlangan m massali yukka ta'sir qiluchi F_{mq} - markazdan qochma kuch sterjen orqali va aylanuvchi o'qqa o'rnatilgan tenzodatchikka beriladi. Tenzodatchikka qo'yilgan kuch elektrik usulda o'lchanadi. Tajriba uchun mo'ljallangan aniqlik darajasida prujina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

Tenzodatchik – deformatsiyani kuch miqdori bilan bog'lovchi qurilma.



2- rasm

QURULMANING TAVSIFI



3- rasm. Markazdan qochma kuchni aniqlash uchun qurulma tavsifi.

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

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

Kompyuter monitorida mavjud bo'lgan Gassiy Lab 2 dasturini ishga tushuring. Gassiy Lab 2 dasturidan Открыть пример buyurug' tanlang, Phycis bo'limini belgilab sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing, ekranda mavzular ro'yxati shakllanadi, undan P1.4.3.3. Centrifugal force ni tanlab sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing, kompyuter oynasidan Load settings ($r = const$)

yozuvini tanlang sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing ekranda Открыть bo'lini tanlang va sichqonchani chap tugnasini bir marta bosilgandan so'ng kompyuter ekranida ishchi oyna namayyon bo'ladi. Ekrandagi kuchni 0 ga o'rnatib. Kompensatsiyalovchi yuklarni qurilmaning qisqa dastagiga shunday o'rnatibki bunda o'lchangan F kuch yuksiz ammo xavfsizlik vintlari bilan mahkamlanganligini nazorat qiling.

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1-topshiriq

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

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

t/r	U (V)	ω (rad/s)	m			r (m)	F			$\overline{F}$ (N)	ΔF (N)	$\Delta \overline{F}$ (N)	$\mathcal{E}$ %
			m_1 (kg)	m_2 (kg)	m_3 (kg)		F_1 (N)	F_2 (N)	F_3 (N)				
1													

2													
3													
...													

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

2-topshiriq

1. Qator o'lchashlar o'tkazishda r ning turli qiymatlarida, Load settings ($m = const$) hollarda o'lchashlar olib boring.
2. 1- topshiriqdagi 13-19 bandlarni bajaring.

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

t/r	U (V)	ω (rad/s)	r			m (kg)	F			$\overline{F}$ (N)	ΔF (N)	$\Delta \overline{F}$ (N)	ε %
			r_1 (m)	r_2 (m)	r_3 (m)		F_1 (N)	F_2 (N)	F_3 (N)				
1													
2													
3													
...													

SINOV SAVOLLARI

1. Aylanish o'qiga ega bo'lgan jism muvozanatda bo'lishi uchun qanday shart bajarilishi kerak.
2. Massa markazi nima?
3. Aylanma harakat dinamikasining asosiy formulasi.
4. Markazdan qochma kuch aylanma harakat qilayotga jismni qaysi parametrlariga bog'liq.

1.8. GIROSKOP PRESSESIYASINI O'RGANISH

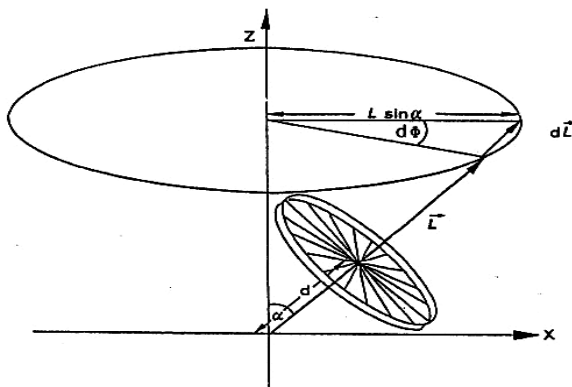
Tajriba maqsadi: giraskop harakati xususiyatlari bilan tanishish va giraskop inersiyasi va pressesiya burchak tezligini aniqlash.

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

NAZARIY TUSHUNCHA

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

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



1-rasm. Giroskop pressesiyasi

Giroskopning impuls momenti quyidagiga teng

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

bu erda ω - giroskop aylanma chastotasi, J - giroskopning 3 - o'qqa nisbatan inertsia momenti.

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

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

shuning uchun

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

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

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

(1 - rasmga qarang), quyidagi kelib chiqadi

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

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

ω_p precession chastota

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

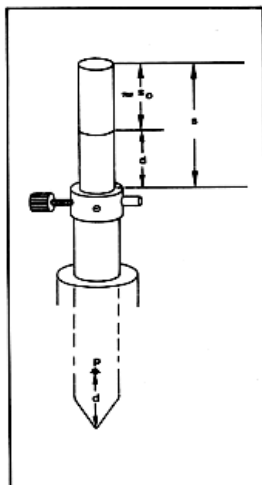
$$\omega_p = \frac{m \cdot g \cdot d}{L} = \frac{d}{\omega} \cdot \frac{m \cdot g}{J} \quad (6)$$

Bundan aytish mumkinki pressesiya chastotasi d og'irlik markazidan tayanch nuqtasigacha bo'lgan masofaga to'g'ri proporsional va giroskop aylanish chastotasiga teskari proporsionaldir. Bu giroskop shpindeli va Z - o'q orasidagi burchakka bog'liq emas. (bu yerda diferensiallash uchun $\omega_p \ll \omega$ giroskop tez deb qaralgan) d bevosita ayalana olmaydi chunki giroskop og'irlik markazi P noma'lumdir. O'lchashlardagi bu kattalik - masofa giroskop spindelining quyi nuqtasi va giroskop azimuti yuqori nuqtasi orasidagi masofadir. s_0 giroskop spindeli yuqori nuqtasi va spindelidagi ochilgan pazi orasidagi masofa. Giroskop og'irlik markazi P bo'ladi agar yuqoridan qo'yilgan qismi aniq pazga joylashsa. Agar $s = s_0$ giroskop og'irlik markazi va tayanch nuqtalari ustma - ust tushsa, ya'ni giroskop muvozanat holatini saqlasa, chapga yoki o'ngga og'masa (erkin giroskop kabi). Tanlangan har qanday P uchun

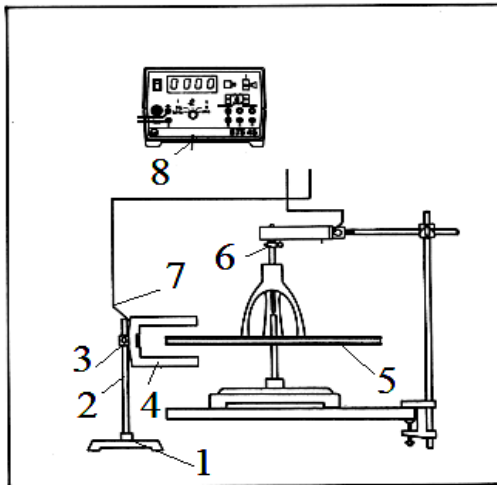
$$d = s_0 - s \quad (7)$$

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

QURULMA TAVSIFI



2- rasm



3-rasm

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

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

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

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T} \quad (8)$$

(N: sanagich ko'rsatishi)

J inertiya momentini aniqlash.

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

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

g-erkin tushish tezlanishi.

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1. Tajriba uchun ishchi stolini 3-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing.
2. Maqbul s_0 va s masofalarni stangensirkul bilan olchang. (2- rasmdagidek)
3. d masofani (7) ifoda orqali aniqlang.
4. Grooskop massasi m ni o'lchang (3 kg).
5. Grooskopning aylana radiusi R ni o'lchab oling.

3. Giroskopni vertikal o'qqa o'rnatish va asos taglikni shunday joylashtirishki giroskop spetsiyalari yirug'lik datchigi virtual o'qida yorug'lik nurini kesib o'tsin.
4. Giroskopni harakatga keltirish. O'ng qo'l bilan yuqori nuqtasidan mahkam ushlab chap qo'l bilan giroskop g'ildiragini aylantirish, giroskop tez aylansin ammo 3 Hz dan tezroq emas.
5. Giroskop shpindelini sekin qiyalatingki giroskop pressessiyasi shindellarning qo'shimcha tebranishisiz sodir bo'lsin.
6. Qurilmadagi (8) raqamli sanagichdan FREQUENCY tugmasini bosib giroskopning aylanma chastotasini (ν (Hz)) holaga o'tkazib yozib oling.
7. Olingan natijalarni quyidagi jadvalga kiritish.

1- jadval.

t/r	t (s)	ν (Hz)	ω (rad/s)	T (s)	J (kg·m ²)	L (kg·m ² /s)	ω_p (rad/s)
1							
2							
3							
....							

8. $L = f(t)$ funktsiya grafigini chizish.
9. Giroskop sekin-asta sekinlashguncha ω_p va ω qiymatlarni bir necha marta o'lchang.
10. $\omega_p = f(\omega)$ funktsiya grafigini chizish.
11. Bajarilgan tajriba ishi bo'yicha hisobot yozish va uni topshirish.

SINOV SAVOLLARI

1. Giroskop deb qanday qurilmaga aytiladi?
2. Giroskop prosessiyasini tushinirish.
3. Kuchlar moment qanday aniqlanadi.
4. Giroskopning inersiya moment qanday hisoblanadi?
5. Giroskopning qanday maqsadlarda foydalanishini tushinirish.

1.9. GIROSKOPNING HARAKATINI O'RGANISH

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

Kerakli jihozlar: FPM-01 qurilmasi, girooskop.

NAZARIY TUSHUNCHA

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

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

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

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

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

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

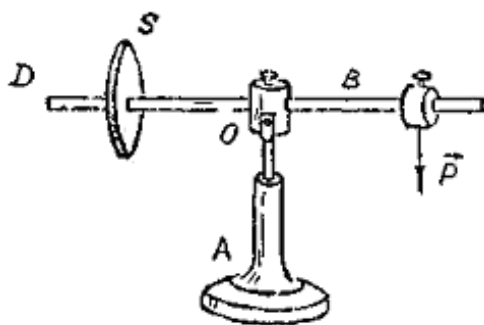
Harakat miqdorining bosh momenti, aylanishdagi oniy burchak tezligining qiymatlari o'zgarmasa, girooskopning simmetriya o'qi fazoda qo'zg'almaydi.

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

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

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

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

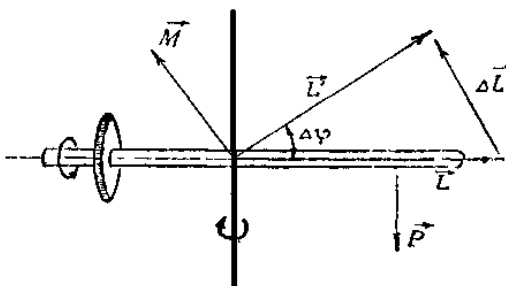


1-rasm

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

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

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



2-rasm

Kuch momenti M rasm tekisligiga tik bo'lib, o'quvchidan rasm orqasiga qarab yo'nalgan. Chizmadan ko'rinib turibdiki, $\vec{L}$ va $\Delta\vec{L}$ vektorlarning yig'indisi bo'lmish $\vec{L}^1$ vektor gorizonta tekislikda $\vec{L}$ vektorga nisbatan $\Delta\varphi$ burchakka burilgan bo'ladi.

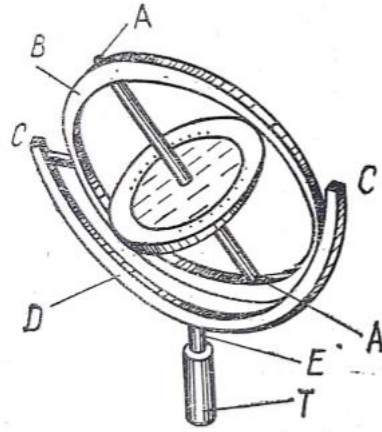
Burovchi moment ta'sirida giroskop qo'shimcha impuls momenti oladi:

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

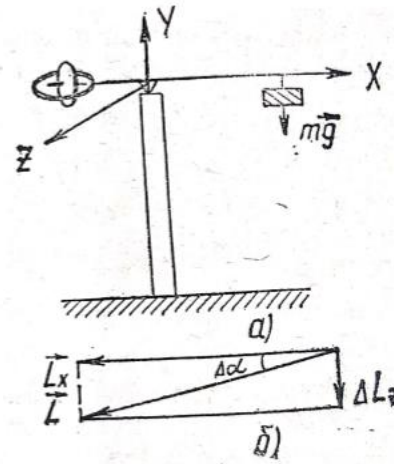
Bu qo'shimcha impuls momenti boshlang'ich impuls momenti $\Delta\vec{L}_x$ bilan vektorial qo'shiladi. Yig'indi moment $\Delta\vec{L}_x$ momentga nisbatan $\Delta\alpha$ burchakka buriladi. Bu burilish vertikal o'qqa nisbatan bo'ladi:

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

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



3-rasm



4-rasm

4 - b rasmda ifodalangan vektor diagrammada:

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

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

Endi presessiya burchak tezligini, ya'ni tashqi kuchlarning o'zgarmas momenti ta'siri ostida giroskop o'qining aylanish tezligini topish kerak. Harakat miqdorining bosh momenti vektori $\vec{L}$ ning Δt vaqt ichidagi o'zgarishi (2-rasmga qarang) $\Delta \vec{L} = \vec{L} \Delta \varphi$ bo'ladi, bundan

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

Bularning limitini olsak,

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

Ω - kattalik presessiya burchak tezligidir

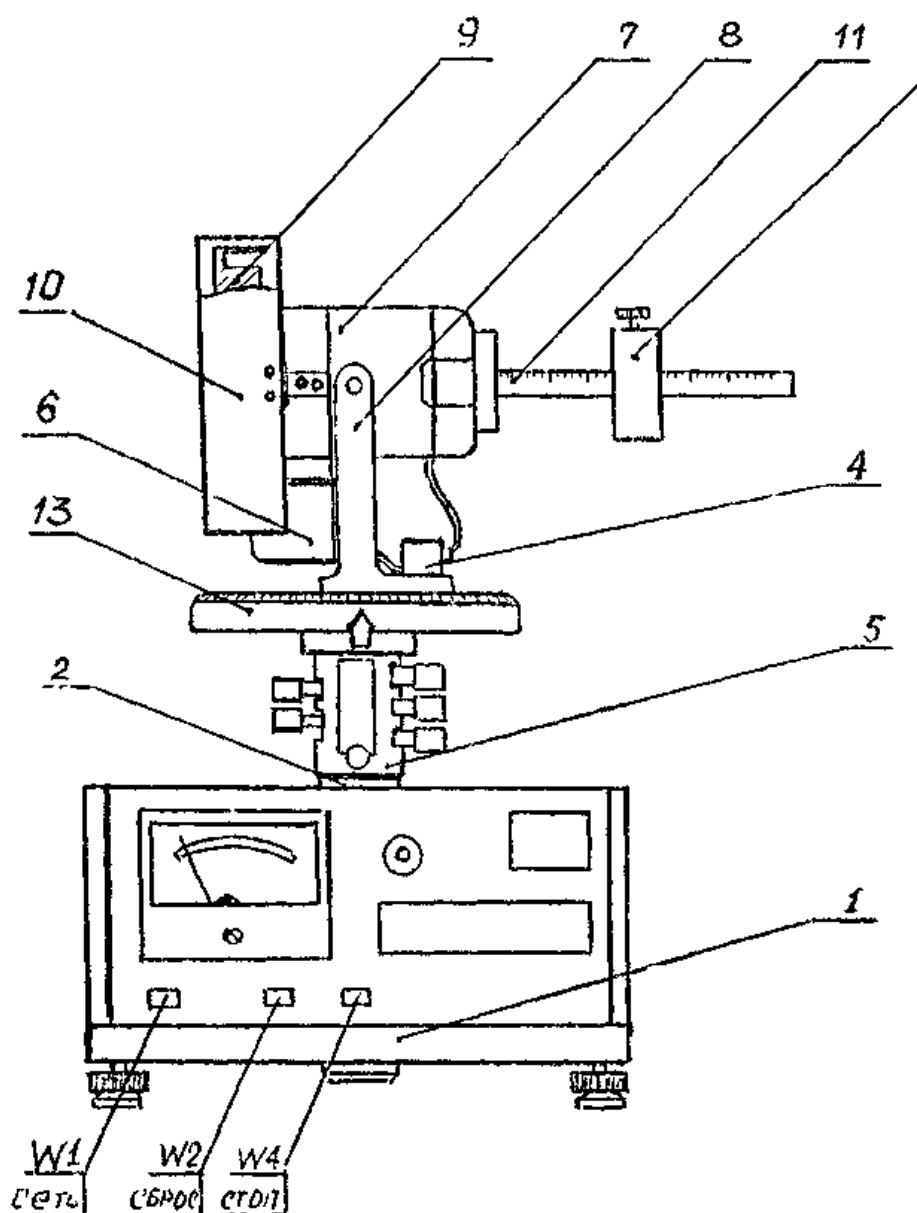
$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M} \quad \text{va} \quad \vec{L} = \omega \vec{I} \quad (8)$$

bo'lgani uchun

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

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

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



5-rasm

QURILMANING TAVSIFI

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

O'LGHASHLAR VA NATIJALARNI HISOBLASH

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

1- Jadval.

No	$\Delta l(m)$	$\varphi(rad)$	T(s)	$\Omega(rad/s)$	P(N)	M(N·m)	L(N·m·s)
1							
2							
3							
4							

SINOV SAVOLLARI

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

1.10. MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA ERKIN TUSHISH TEZLANISHNI ANIQLASH.

Tajriba maqsadi:

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

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

NAZARIY QISIM

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

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

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

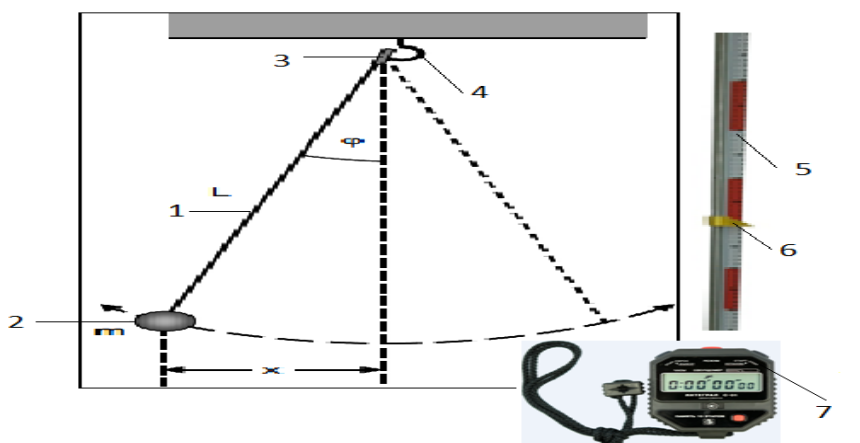
$D = mgl$: kuch momenti, g : erkin tushish tezlanishi, φ : og'ish burchagi, m : massa

Kichik burchaklar ($\sin \varphi \approx \varphi$) uchun (1) tenglama yechimi moddiy nuqta quyidagi tebranish davri bilan o'g'irlik kuchi ta'sirida tebranishini ko'rsatadi:

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

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

QURULMANING TAVSIFI



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

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

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

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

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

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

1- jadval.

t/r	L (m)	X (m)	φ (rad)	T (s)	N (ta)	T (s)
1						
2						
3						
...						

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

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

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

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

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

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

E_{kin} : kinetik energiya

E_{pot} : potensial energiya

E_0 : to'la energiya

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH.

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

2- jadval.

t/r	L (m)	X (m)	φ (rad)	t (s)	N (ta)	T (s)
1						
2						
3						
...						

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

10. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

3- jadval.

t/r	g (m/s ²)	$\bar{g}$ (m/s ²)	Δg (m/s ²)	$\Delta \bar{g}$ (m/s ²)	ε %
1					
2					
3					
...					

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

SINOV SAVOLLARI

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

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

Ishning maqsadi:

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

Kerakli jihozlar: FPM-01 qurilmasi.

NAZARIY TUSHUNCHA

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

Tebranma harakat qonunlarini o'rganishda mayatniklardan foydalaniladi.

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

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

$$F = -kx$$

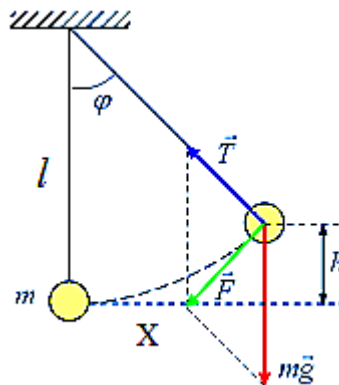
Bunda minus ishora elastiklik kuchi doim muvozonat holatiga teskari yo'nalishini ko'rsatadi, k- purjinaning elastiklik xususiyatini xarakterlaydigan koeffitsiyent. Nyutonning II qonuniga asosan (havoning qarshilik kuchi hisobga olinmasa): $m\ddot{x} = -kx$ yoki $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$ munosabat hosil qilinadi.

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

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

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

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



1- rasm.

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

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

yoki

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

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

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

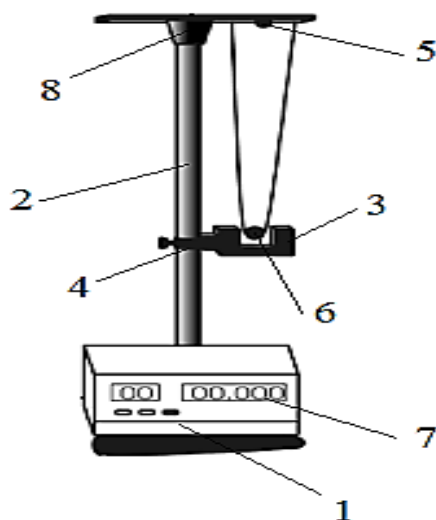
Tenglama hosil qilimadi. Matematik mayatnikning tebranish davri:

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

Bu ifoda yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash mumkin. Lekin bu ifodadagi fizik kattaliklarni yuqori aniqlikda o'lchash qiyin. Hisoblash va o'lchash xatoliklarini kamaytirish maqsadida quyudagi usuldan foydalanamiz. (2) ifodani kvadratga ko'tarib, $T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$ (3)

$$\text{bundan quyidagini hosil qilamiz: } g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \quad (4)$$

QURILMANING TAVSIFI



2-rasm.

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

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

O'LCHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

1-topshiriq. Tebranma harakat qonunlarini amalda kuzatish.

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

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

1. Matematik mayatnik uzunligini o'lchang. Shunga ahamiyat berish kerakki, sharchadagi chiziq belgi qayd qiluvchidagi chiziqqa mos kelsin.
2. Mayatnikni muvozanat vaziyatidan $4 - 5^0$ ga og'daring.
3. ZER - tashlash dastasini bosing.
4. O'n marta to'la tebranishdan so'ng, STOP dastasini bosing.
5. Matematik mayatnikni tebranish davrini $T = \frac{t}{N}$ formula yordamida aniqlang. t - N marta tebranish uchun ketgan vaqt.
6. 4 - formula yordamida og'irlik kuchi tezlanishini hisoblang.
7. Tajribani mayatnikning tebranish davrini o'zgartirib takrorlang.
8. Erkin tushish tezlanishi aniqlashda yo'l qo'yilgan absolyut xatoligini toping.
9. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

1- jadval.

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

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

SINOV SAVOLLARI

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

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

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

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

NAZARIY TUSHUNCHA

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

Agar muhit zarralarining tebranish chastotasi sekundiga 20 Hz dan 20000 Hz gacha tebranish bo'lsa, tovushni eshitamiz.

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

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

Tovush to'lqinlarining gazlardagi tezligi uchun quyidagini yozamiz.

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

P - bosim, ρ - to'lqinlanmagan gazning bosim zichligi va γ - gazlar uchun adiabetic kengaytma. .

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

Mendelyev - Klapayron tenglamasi

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

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

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

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

(4) tenglamadan tovushning tarqalish tezligi temperaturaga va gazni xarakterlovchi γ va μ kattaliklarining qiymatlariga bog'liq.

Molyar issiqlik harakatining o'rtacha tezligi

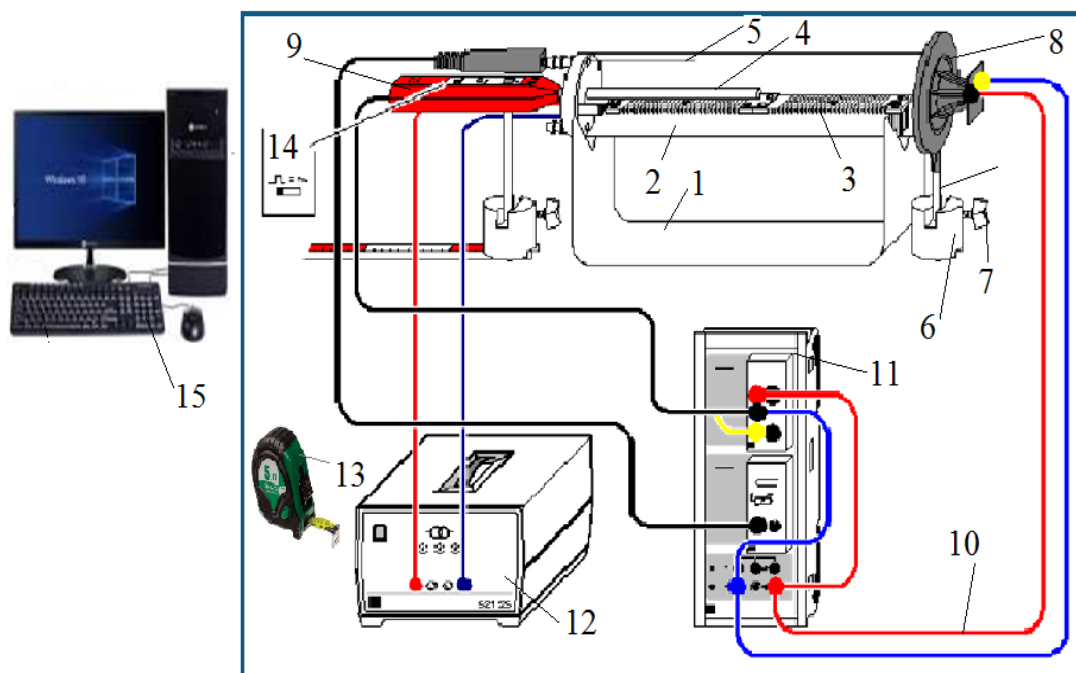
$$\bar{g}_{mol} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \quad (5)$$

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

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

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

QURULMA TAVSIFI



1- rasm

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

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH.

1-topshiriq. Xona haroratidagi o'lchashlar

1. 1 - rasmda tasvirlangandek qurulmani yig'ing.

2. Gassiy Lab 2 dasturidan Открыть пример buyurug' tanlang, Phycis bo'limini belgilab sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing, ekranda mavzular ro'tashi shakillanadi, undan P1.7.3.4. Velocity of sound in gases ni tanlab sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing, kompyuter oynasidan Load settings yozuvini tanlang sichqonchani chap tugnasini bir marta bosing ekranda Открыть bo'lini tanlang va sichqonchani chap tugnasini bir marta bosilgandan so'ng kompyuter ekranida ishchi oyna namayyon bo'ladi.
3. CASSY ni kopyuterga ulang.
4. Ishchi oynadan N tajribalar soni, c (m/s), tezlik, t (s) vaqtlar farqi, s (m) masofa va t ($^{\circ}\text{C}$) da yozib olinadigan natijalar jadvalini hosil qilinganligiga ishonch hosil qiling.
5. (9) ni (5) quvur ichiga 1 sm farq bilan siljitib bir necha tajriba o'tkazing va (9) ni quvur ichidagi harkatini quvur ko'ndalang kesimiga parallel qolishini ta'minlang.
6. Universal mikrofon rezhimlarni tanlash muruvatini "Trigger" (ishga tushurish) holatiga o'tkazing.
7. Mikrofonni ishga tushiring
8. Quvur ichiga kirgan (9) ni har bir holati uchun  belgi orqali o'lchashlarni bir necha marta takrorlang.
7. Kompyuter ekranida chiqqan qiymatlarni fan daftaringizga yozib oling.
8. Olingan natijalarni 1 - jadvalga kiriting.

1- jadval.

№	s (m)	Δt_{A1} (s)	c (m/s)	Δs (m)
1				
2				
3				
....				

9. $S = f(\nu)$ funksiya garfigini chizing.
10. Bajarilga tajriba ishi bo'yicha hisobot yozing va uni topshiring.

2- topshiriq. Haroratga bog'liqligini o'lchash

1. Universal mikrofonni o'rnatish.
2. Xona haroratida yana Δt_{A1} o'tish vaqtini aniqlang va aniqlangan tovush tezligidan foydalanib $S = c\Delta t_{A1}$ mikrofon va dinamik orasidagi masofani hisoblang,
3. Qizdirgichni ta'minlash manbaiga (12V, tok 3.5 A atrofida) himoyalangan kabell bilan ulang va sistemani ishga tushiring.
4. Tok o'tish vaqtini orqali har 5 $^{\circ}\text{C}$ da tovushning tarqalish tezlik qiymatini aniqlang.

5. 1- topshiriqdagi 1-8 bandlarni bajaring.

2- jadval.

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

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

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

SINOV SAVOLLARI

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

II BOB. MOLEKULAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA

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

Tajriba maqsadi:

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

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

NAZARIY TUSHUNCHA

Qattiq jismning uzunligi l temperaturaga t chiziqli bog'liq:

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

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

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

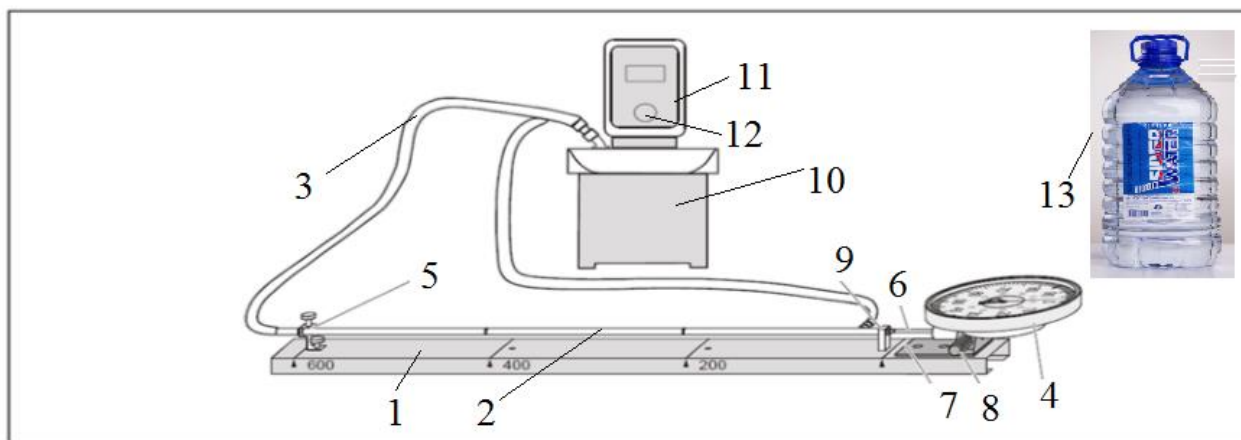
$$\Delta l = l - l_0 \quad (2)$$

temperaturaning funksiyasi t sifatida o'lchashda foydalaniladi.

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

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

QURULMANING TAVSIFI



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

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

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

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

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

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

1. Jadval: Δl -uzunlik o'zgarishining Δt - temperaturaga bog'liq o'zgarishi.

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

10. Qurilmadan latun quvurni ajratib oling va uning o'rniga po'latdan yasalgan quvurni o'rning.

11. 1-11 bandlarni takrorlang.

1.1. Jadval: Δl -uzunlik o'zgarishining Δt - temperaturaga bog'liq o'zgarishi.

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

12. Temperatura t funksiyasi $l = f(t)$ sifatida uzunlikning o'zgarish grafigini chizing.
13. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

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

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

2-jadval. Latunning chiziqli kengayish koefitsiyentini aniqlash.

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

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

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

2. Tajribani takrorlab α chiziqli kengayish koefitsiyentlarini aniqlashda yo'l qo'yilgan nisbiy va absolyut xatoligini toping.
3. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

SINOV SAVOLLARI

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

2.2. SUYUQLIKLARNING HAJMIY KENGAYISH KOEFFISIYENTINI ANIQLASH.

Tajriba maqsadi:

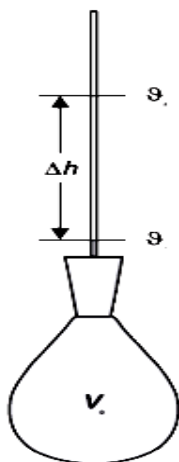
- Dilatometrning hajmini V_0 aniqlash.
- Suvni hajmining kengayishini temperaturaning funksiyasi sifatida o'lchash va uning hajmiy kengayish koefitsiyentlarini γ aniqlash.
- Etanol(spirt)ni hajmining kengayishini temperaturaning funksiyasi sifatida o'lchash va uning hajmiy kengayish koefitsiyentlarini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

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

NAZARIY TUSHUNCHA

Agar idish ichidagi V_0 hajmga ega suyuqlikning temperaturasi t , Δt ga o'zgarsa, qattiq jismda kuzatiladigandek, uning hajmi ΔV_0 ga o'zgaradi.

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



1-rasm

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

Dilatometr tor bo'g'izli shisha kolba bo'lib, uning ustki tomonidan, radiusi r ma'lum bo'lgan ochiq kapilyar mahkamlanadi. Kapilyardagi suyuqlikning sathi h , uning yon tomoniga chizib qo'yilgan milimetrli shkala bo'yicha aniqlanadi. Shisha kolba suvli vannada bir tekis qizdirilsa, suyuqlikning hajmi kengayishi evaziga

kapillyardagi suyuqlikning sathi ko'tariladi. Suyuqlik sathining o'zgarishi Δh hajmning o'zgarishiga mos keladi, ya'ni

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

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

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

bu yerda ΔV_d dilatometr hajmining o'zgarishi bo'lib, u quyidagidan aniqlanadi:

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

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

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

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

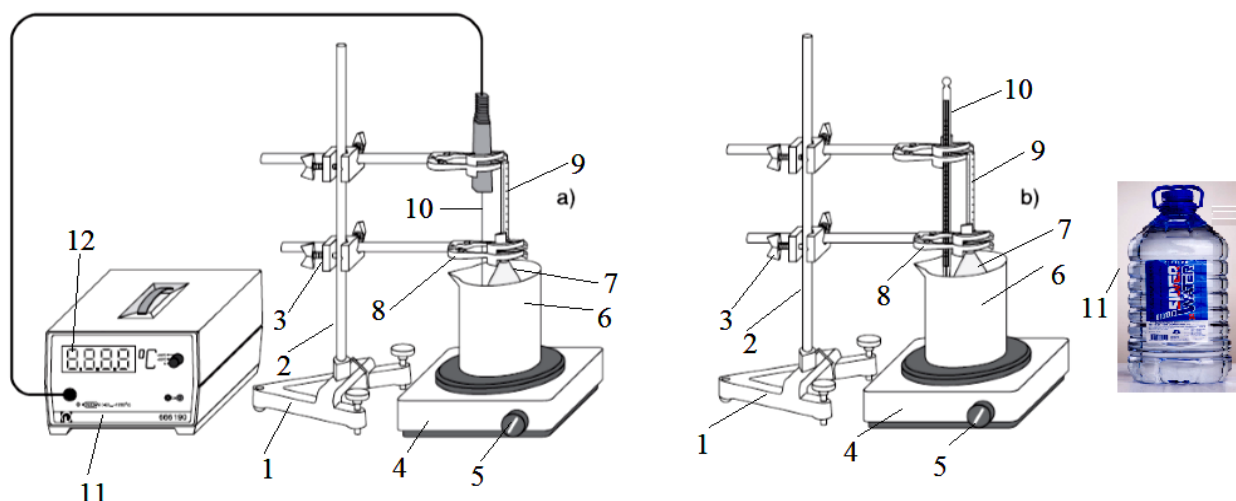
Dilatometning V_0 hajmini ham aniqlash kerak bo'ladi. U quyidagicha aniqlanadi: oldin bo'sh quruq dilatometrning massasi m_1 o'lchanadi, shundan so'ng ochiq kapillyarning pastki belgisigacha suv bilan to'ldirilgan dilatometrning massasi m_2 o'lchanadi. Turli temperaturalar uchun suv zichliklari keltirilgan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

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

1. Jadval. Toza suv zichligining ρ temperaturaga bog'liq ϑ funksiyasi sifatida adabiyotlarda keltirilgan natijalar.

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

QURULMA TAVSIFI.



2-rasm. Suyuqliklarning hajmiy kengayish ko'effitsiyentini aniqlash uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi.

a) temperatura datchigidan foydalanilganda;

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

b) termometrdan foydalanilganda.

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

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

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1- topshiriq. Suvni hajmining kengayishini temperaturaning funksiyasi sifatida o'lchash va uning hajmiy kengayish ko'effitsiyentlarini γ aniqlash.

1. Qurulma tavsifiga keltirilgan uskunani (2 - rasm) o'rganing va u yerda belgilangan barcha amallarni bajaring (uskunani ishga tayyorlang).
2. Bo'sh dilatometrning massasini m_1 tarozida tortish usulida aniqlang.
3. Dilatometrni suv bilan to'ldiring.

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

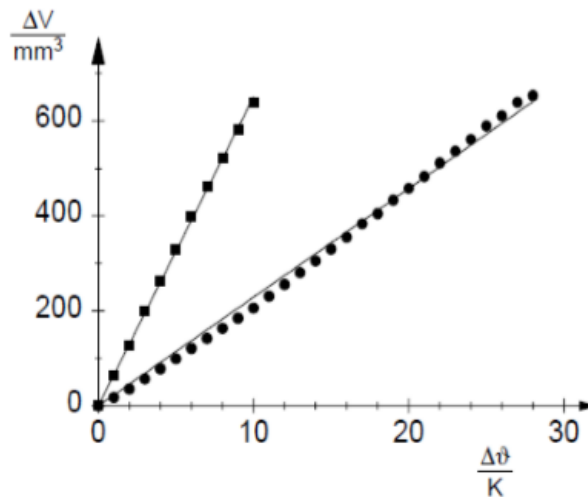
1. Jadval: h-uzunlik o'zgarishining t- temperaturaga bog'liq o'zgarishi.

t/r	m_1 (kg)	m_2 (kg)	ρ (kg/m ³)	V_0 (m ³)	h (m)	t (°C)	ΔV (m ³)	γ (K ⁻¹)	$\bar{\gamma}$ (K ⁻¹)	$\Delta\gamma$ (K ⁻¹)	$\bar{\Delta\gamma}$ (K ⁻¹)	ε (%)
1												
2												
3												
4												

12. Temperatura t funksiyasi $t = f(\Delta V)$ sifatida hajmning o'zgarish grafigini chizing. O'zingizni chizgan garfingizni 3- rasmdagi grafik bilan taqqoslang.
13. Tajribani takrorlab (5) – formula yordamida γ aniqlang natijalarni jadvalga kiriting.
21. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling va hisobot yozing.

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

1. 1-topshiriqdagi 1-21 bandlarni takrorlang.
2. Suv va etanol(spirt)ning hajmiy kengayish koeffitsiyentlarini taqqoslang.



3-rasm. Suv hajmining ΔV (doiralar) va etanol hajmining (to'rtburchaklar) temperaturalar farqi Δt funksiyasi sifatida issiqlikdan kengayishi

SINOV SAVOLLARI

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

2.3. QUYOSH KOLLEKTORINING EFFEKTIVLIGINI QIZDIRILAYOTGAN SUV HAJMINING FUNKSIYASI SIFATIDA ANIQLASH

Tajriba maqsadi:

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

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

NAZARIY TUSHUNCHA

Quyosh kollektori quyosh radiyasiyasini yutadi va o'zi hamda to'ldirilgan suvni qizdiradi. Quyosh kollektorining effektivligi η suv yutgan issiqlik energiyasining ΔQ kollektorga tushayotgan radiasion energiyaga ΔE nisbati bilan o'lchanadi:

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

Bu yerda radiasion energiya quyidagidan aniqlanadi:

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

bunda F radiasiya quvvati.

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

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

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

QURULMANING TAVSIFI



1- rasm

O'LGHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

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

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

1-jadval: Bakdagi suvning temperaturaviy xarakteristikalar

	Oqim tezligi		
	Sekin	O'rtacha	Katta
vaqt	Temperatura		
t (min)	ΔT_1 (°C)	ΔT_2 (°C)	ΔT_3 (°C)
0			
1	ΔT_1 (°C)		
2			
3			
4			
.....			

2-jadval: Quyosh kollektori bilan bak orasidagi temperaturalar farqi

Oqim tezligi		
Sekin	O'rtacha	Katta

Temperaturalar farqi		
$\Delta T_1(^{\circ}\text{C})$	$\Delta T_2(^{\circ}\text{C})$	$\Delta T_3(^{\circ}\text{C})$
Taxminan 6	Taxminan 3	Taxminan 1

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

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

SINOV SAVOLLARI.

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

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

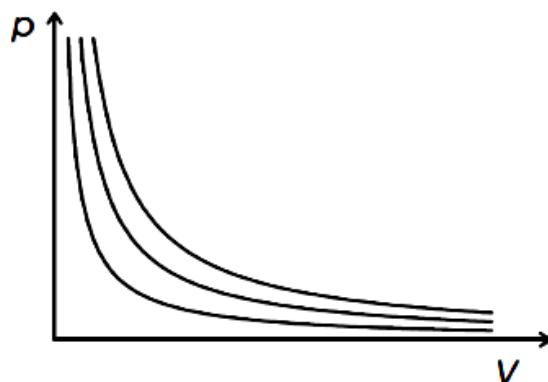
Tajriba maqsadi:

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

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

NAZARIY TUSHUNCHA

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



1-rasm. Ideal gaz uchun izotermalar bilan pV diagrammalar

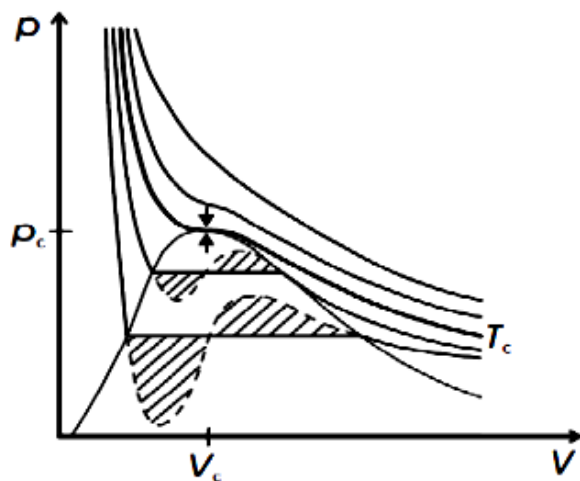
Ideal gazning bosimi P , temperaturasi T va molyar hajmi V orasidagi munosabatlar ideal gazlar uchun asosiy tenglama bilan ifodalanadi:

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

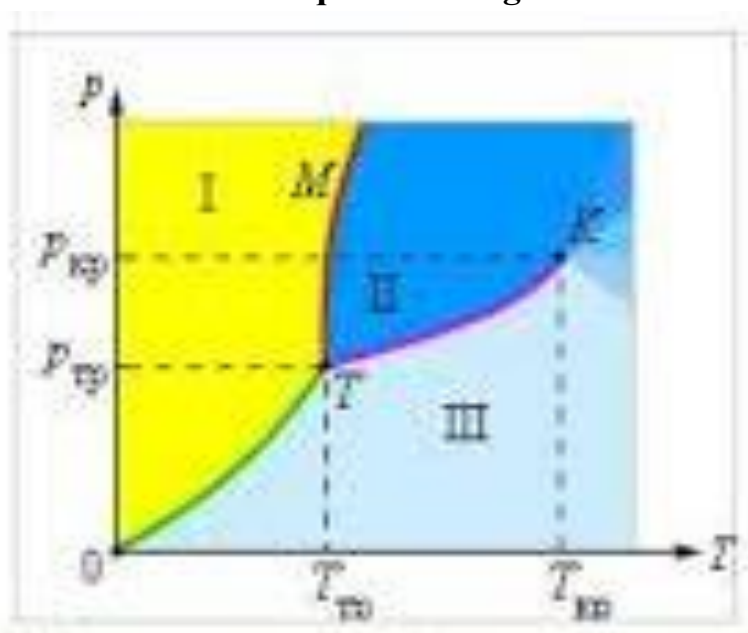
bu yerda $R = 8,31 \frac{J}{mol \cdot K}$ – universal gaz doimiysi. Ko'pchilik real gazlarning xossalari ideal gaz xossasiga yaqin bo'ladi, agarda ular kondensasiya yoki suyuqlanish temperaturasidan yetarli darajada yiroq holatda bo'lsa, masalan atmosfera bosimidagi xona temperaturasida. Gaz temperaturasi kondensasiya temperaturasiga yaqinlashganda, ya'ni yuqori P bosimda yoki past T temperaturada, uning xossalari ideal gaz xossalaridan ancha chetlashadi. Gazning zichligi ortganda ularning molekulalari orasidagi o'rtacha masofa haddan tashqari kichik bo'ladi. Real gazlarning o'zini tutishi taxminan Van-der-Vaals tenglamasi orqali ifodalanadi:

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

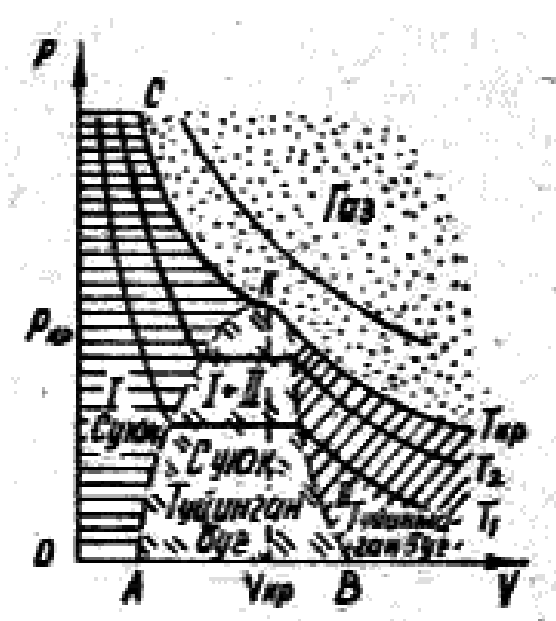
Bu tenglamadagi Van-der-Vaals konstantalari a , b gaz holatiga bog'liq va gaz zarrachalarining o'zaro tortilishini hamda ularning effektiv hajmlarini xarakterlaydi.



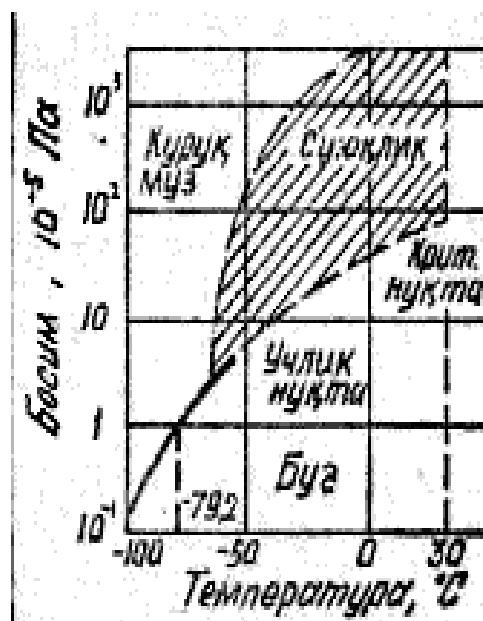
2-rasm. Real gazning izotermalar bilan pV diagrammasi. Suyuqlik-bug' aralashmasi diagrammaning bo'yalgan sohasida mavjud. Strelkalar bilan kritik nuqta ko'rsatilgan.



3-rasm.



4-rasm.



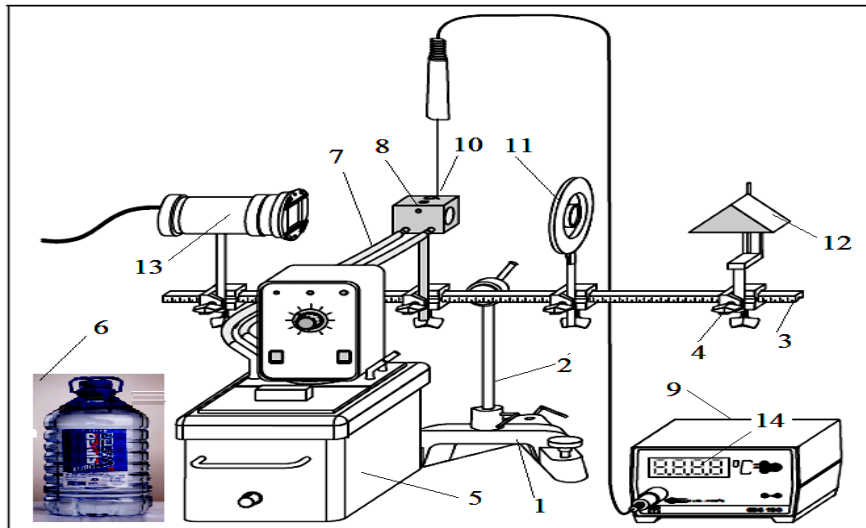
5-rasm.

2-rasmda real gazning PV diagrammadagi izotermalari keltirilgan. Gorizontall urinish burilish nuqtasi kabi aniqlanadigan izoterma o'zgacha ahamiyatga ega. Bu nuqta kritik nuqta deb ataladi; bu nuqtaga mos kelgan bosim qiymati p_c kritik bosim deb, molyar hajm kritik hajm V_c deb va temperatura T_c kritik temperatura T_c deb ataladi. Kritik temperaturadan yuqorida barcha

bosimlarda modda gazsimon holatda bo'ladi va izotermalar van der Vaalsa tenglamasiga mos kelib, ideal gaz uchun asosiy tenglamaga yaqinlashadi.

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

Temperatura ortishi bilan bug'ning zichligi ortadi, shu vaqtda esa, suyuqlikning zichligi kamayadi. Kritik temperaturada bu solishtirma og'irliklar tenglashadi va shu sababli suyuqlik bilan bug'ni bir biridan farq qilib bo'lmay qoladi, ya'ni ular to'liq aralashgan bo'ladi. Aralashma kritik temperaturaga yaqinlashganligi sababli, barokamera chegarasida yorug'likning sochilishi o'ta yuqori darajaga erishadi. Bu holisa kritik opalessensiya deb ataladi, va u zichlikning o'zgarishidan kelib chiqib, kritik temperatura yaqinida jiddiy ortadi, chunki siqiluvchanlik katta va zichlik o'zgarishining qarshiligi kichik bo'ladi. To'lqin uzunligi kichik bo'lgan yorug'lik sochiladi, bu vaqtda esa to'lqin uzunligi uzun yorug'likning tarqalishi davom etadi. Kritik temperaturani kuzatish uchun mo'ljallangan barokamera bu hodisalarni bizga namoyish qilish uchun imkon beradi. Barokameraning qobig'i issiq suv bilan qizdiriladi. Yuqori bosimga chidamli bo'lgan ikkita yassi shisha darcha vazifasini o'taydi va qizdirishda hamda xuddi shuningdek, sovushda temperatura kritik temperaturadan T_c ortganda, barokameradagi moddaning o'zini tutishini kuzatishga imkon beradi. Hodisani bevosita barokamerada kuzatish yoki devorga proyeksiyalash mumkin. Barokamera oltingugurt geksofiorid SF_6 bilan to'ldiriladi. Xona temperaturasida uning kritik zichligi qiymati (ya'ni kritik hajmning aksi) suyuqlik va gazlar zichliklarining qiymatlariga deyarli teng. Qizdirishda sistema kritik nuqta orqali o'tishi uchun, barokamera yarmigacha xona temperaturasida suyuq gaz bilan to'ldiriladi. SF_6 kritik temperaturada quyidagi termodinamik o'zgaruvchilarga ega: Kritik temperatura: $T_c = 318,7 \text{ K}$, kritik bosim: $P_c = 37,6 \text{ bar}$, kritik molyar hajm: $V_c = 200 \text{ sm}^3/\text{mol}$



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

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

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

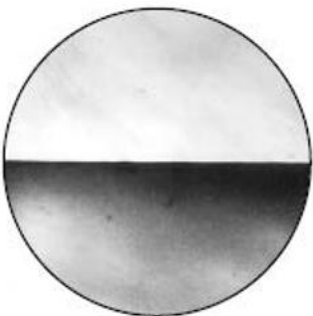
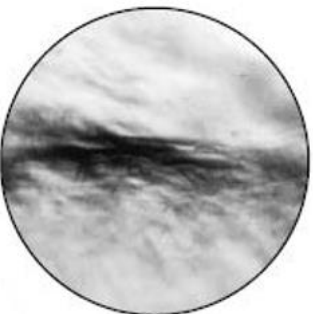
O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH.

1. Qurulma tavsifiga keltirilgan uskunani (6 - rasm) o'rganing va u yerda belgilangan barcha amallarni bajaring (uskunani ishga tayyorlang).
2. Sirkulyatsion termostatni elektr tarmog'iga ulang va boshlang'ich temperaturani yozib oling.
3. Barokamera ichidagi temperaturaning o'zgarishini qurulmadagi (14) bilan nazorat qiling. Har bir temperaturaning qiymatida jarayonini kuzatib boring.
4. Taxminan 40° C dan boshlab sirkulyatsiyalanayotgan suvning temperaturasi asta-sekin oshiring bunda barokamaradagi moddaning bir tekisda qizishi taminlanadi, bu esa ekranda fazalar chegarasining yo'qolishini yaqqol kuzatish imkoniyatini beradi va bunga ishonch hosil qiling.
5. Sistemaning temperaturasi kritik temperaturadan ortgandan keyin termostatning temperaturasi kritik temperaturadan past holatda o'rnatib ya'niyo termostatni elektr tarmog'idan using.
6. Sistema kritik temperaturasidan past holatga o'tganda kamera hajmi bo'yicha temperatura gradienti bilan bog'liq bo'ladigan nojo'ya effektlarni kamaytirish

uchun temperaturani yana sekin asta oshiring va tajribani takrorlang va kuzatishlardan aniqlangan kritik temperaturaning qiymatini yozib oling.

7. Olingan natijalarni jadvalga kiring.

1- Jadval. Qizish jarayonida.

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

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

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

10. Keyinchalik shtrixlarning hosil bo'lishi ortishini, to'satdan barokameraning ichki qismi qorong'ulashuvini, gaz zichlashadi va suyuqlik darajasining ortishini kuzating.

11. Gazli faza tumanli bo'lib, tuman asta sekin quyushlashishini kuzating.

12. Olingan natijalarni jadvalga kiring.

2-Jadval. Sovush jarayonida.

t/r	Barokameradagi suyultirilgan gazga temperaning ta'siri	Tavsif	Harorat
1			
2			
3			
.....			

13. Gazli faza oydinroq bo'lib suyuq faza qaynashda davom etadi.

14. Suyuqlik yana kuchliroq qaynaydi, gazli faza sarg'ichroq tuyuladi, suyuq faza esa qizg'ichjigarang (kritik opalessensiya) tus olishini kuzating.

15. Fazalar chegarasi kengayib boradi va keyin butunlay yo'qoladi.

16. Kritik temperaturadan bir oz yuqorida barokameraning butunlay tarkibi bir jinsliga o'tadi va shtrixlarning intensiv hosil bo'lishi va turbulentlik bilan birga sarg'ichjigar rang tusga kiririshini kuzating.

17. Kritik opalessensiya amalga oshadigan temperaturalar oralig'i yuqori va biz barokamerada faqat turbulentlik bilan bog'langan shtrixlar hosil bo'lishini kuzatishini kuzating.

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

SINOV SAVOLLARI

1. Ideal gaz izotermalari va PV diogramasini tushintring.

2. Ideal gazlar qanday xossalarga ega?

3. Real gazlar to'g'risida ma'lumot bering.

4. Real gazlar uchun Van-der-Vaals tenglamasi izohlab bering.

5. Kritik temperatura, kritik bosim va kritik molar hajm tushinchalarini qanday izohlaysiz?

2.5. STOKS USULI BILAN SUYUQLIKLARNING ICHKI ISHQALANISH KOEFFISIENITINI ANIQLASH

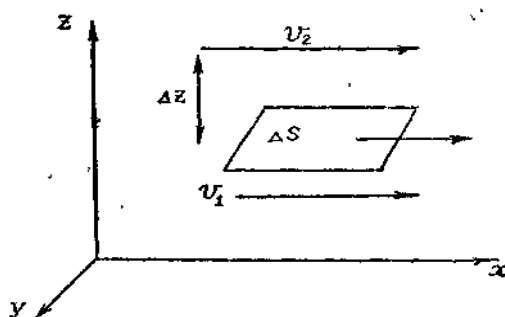
Ishning maqsadi: Suyuqliklarning ichki ishqalanish koefitsientini Stoks usuli bilan aniqlash.

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

NAZARIY TUSHUNCHA

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

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



1-rasm

Suyuqlikning xususiyatiga bog'liq bo'lgan kattalik η -ni suyuqlikning ichki ishqalanish koefitsienti yoki yopishqoqlik koefitsienti deb ataladi. Epishqoqlik koefitsienti suyuqlikning xususiyati va temperaturasiga bog'liq bo'ladi:

temperatura ko'tarilgan sari yopishqoqlik kamaya boradi. SI sistemasida yopishqoqlik birligi qilib Paskal qabul qilingan.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ishqalanish kuchi esa (2) ga asosan:

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

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

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

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

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

Buni (7) ga qo'yib, undan η ni topamiz.

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

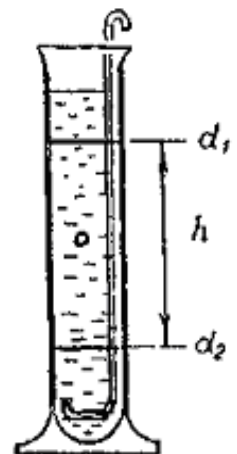
yoki

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

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

QURILMANING TAVSIFI

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



2-rasm.

O'LGHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

1. Suyuqlikka tashlanayotgan sharchaning diametrini mikrometr yordamida 0,01 mm aniqlikkacha o'lchanadi.
2. Sharchani silindr idishdagi suyuqlikka tashlanadi (bunda sharchani mumkin qadar silindr o'qiga yaqin tashlash kerak).
3. Sharcha silindrdagi d_1 belgi to'g'risidan o'tayotgan paytda sekundomer yurgizib yuboriladi va d_2 ning to'g'risidan o'tayotganda to'xtatiladi. Bu bilan sharchaning d_1 dan d_2 gacha bo'lgan masofa h ni o'tishi uchun ketgan vaqt hisoblanadi.
4. Shkalali chizg'ich yordamida d_1 bilan d_2 belgilar orasidagi masofa o'lchanadi. Shunday usul bilan tajriba kamida o'nta sharcha uchun takrorlanadi.

E S L A T M A: Agarda sharcha silindr devoriga tegib tushayotgan bo'lsa yoki atrofida havo pufakchalari bo'lsa bu sharcha bilan o'tkazilgan tajriba hisoblanmaydi.

5. r va r_0 larning qiymatlarini bilgan holda suyuqlikning ichki ishqalanish koeffisientini (8) formuladan foydalanib aniqlanadi. Topilgan natijalarni quyidagi jadvalga yoziladi.

1-jadval.

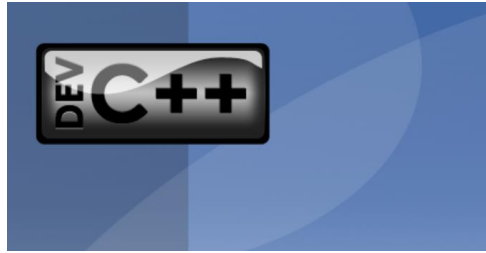
N	P(Pa)	P_0 (Pa)	h(m)	r(m)	r_2 (m)	t(s)	η	$\Delta\eta$	$\varepsilon(\%)$
1.									
2.									
3.									

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

SINOV SAVOLLARI

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

FIZIKADAN TAJRIBA MASHG'ULOTLARINI BAJARISHDA C++ KOMPYUTER DASTURIDAN FOYDALANISH.



C++ kompyuter dasturi asosida “Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishni aniqlash” tajriba ishi natijalarini hisoblash.

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

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

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

```
int main(){
```

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

```
    float L = 0.0 ,x = 0.0, t = 0.0, N = 0.0, s = 0.0, s1 = 0.0, gu, ab;
```

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

```
    cin >> n;
```

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

```
    cout << "Vaznsiz ip uzunligi (m): ";
```

```
    cin >> L;
```

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

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

```
        cout << "Belgilangan vaqt (s): ";
```

```
        cin >> t;
```

```
        cout << "Tebranishlar soni: ";
```

```
        cin >> N;
```

```
        cout << "Muvozanat vaziyatidan uzoqligi (m): ";
```

```
        cin >> x;
```

```
        a[i] = ishchi_funksiya(L, x, N, t, i);
```

```
    }
```

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

```
        s+= a[i];
```

```
    }
```

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

```

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

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

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

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

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

```

Na'muna.

Tajriba sonini kirit: 3

Vaznsiz ip uzunligi (m): 1.85

1 - TAJRIBA

Belgilangan vaqt (s): 55.32

Tebranishlar soni: 20

Muvozanat vaziyatidan uzoqligi (m): 0.2

1 - TAJRIBA natijalari:

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

$Fi = 6.20645 \text{ gradus}$

2 - TAJRIBA

Belgilangan vaqt (s): 81.36

Tebranishlar soni: 30

Muvozanat vaziyatidan uzoqligi (m): 0.3

2 - TAJRIBA natijalari:

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

$\varphi_i = 9.33269 \text{ gradus}$

3 - TAJRIBA

Belgilangan vaqt (s): 105.64

Tebranishlar soni: 40

Muvozanat vaziyatidan uzoqligi (m): 0.4

3 - TAJRIBA natijalari:

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

$\varphi_i = 12.4873 \text{ gradus}$

g o'rtacha: 9.98186

1 - TAJRIBADA absolyut xatolik: 0.436298

2 - TAJRIBADA absolyut xatolik: 0.0523812

3 - TAJRIBADA absolyut xatolik: 0.488679

O'rtacha absolyut xatolik: 0.325786

Nisbiy xatolik: 3.26378

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

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

```
#include <iostream>
```

```
#include <cmath>
```

```
using namespace std;
```

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

```
int main(){
```

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

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

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

```
    cin >> n;
```

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

```
    cout << "Xona temperaturasi dagi uzunlik (m): ";
```

```
    cin >> l0;
```

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

```
        cin >> t0;
```

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

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

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

```
        cin >> L;
```

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

```

        cin >> t;
        a[i] = ishchi_funksiya(L, l0, t, t0, i);
    }
    for (int i=1; i<=n; i++){
        s+= a[i];
    }
    cout << "a o'rtacha qiymati: " << (s / n) << endl;
    for (int i=1; i<=n; i++){
        b[i] = abs((s / n) - a[i]);
    }
    cout << i << " - TAJRIBADA absolyut xatolik: ";
    cout << b[i] << endl;
}

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

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

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

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

```

Na'muna.

Tajriba sonini kirit: 3

Xona temperaturasidagi uzunlik (m): 0.6

Boshlang'ich harorat (0C): 17

1 - TAJRIBA

Uzunlik (m): 0.6008

Harorat (0C): 24

1 - TAJRIBA natijasi:

a = 0.000190465

2 - TAJRIBA

Uzunlik (m): 0.6025

Harorat (0C): 38

2 - TAJRIBA natijasi:

$$a = 0.000198412$$

3 - TAJRIBA

Uzunlik (m): 0.6035

Harorat (°C): 47

3 - TAJRIBA natijasi:

$$a = 0.000194444$$

a o'rtacha qiymati: 0.00019444

1 - TAJRIBADA absolyut xatolik: 3.97522e-006

2 - TAJRIBADA absolyut xatolik: 3.97206e-006

3 - TAJRIBADA absolyut xatolik: 3.15292e-009

O'rtacha absolyut xatolik: 2.65014e-006

Nisbiy xatolik: 1.36296

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

Tajriba natijalari:

1-tajriba.

Berilgan:

Formula:

Yechim:

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

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

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

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

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

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

$$\alpha_1 = ?$$

2-tajriba.

Berilgan:

Formula:

Yechim:

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

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

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

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

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

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

$$\alpha_2 = ?$$

3-tajriba.

Berilgan:

Formula:

Yechim:

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

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

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

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

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

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

$$\alpha_3 = ?$$

4-tajriba.

Berilgan:

Formula:

Yechim:

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

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

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

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

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

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

$$\alpha_4 = ?$$

5-tajriba.

Berilgan:

Formula:

Yechim:

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

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

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

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

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

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

$$\alpha_5 = ?$$

6-tajriba.

Berilgan:

Formula:

Yechim:

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

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

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

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

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

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

$$\alpha_6 = ?$$

7-tajriba.

Berilgan:

Formula:

Yechim:

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

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

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

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

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

$$t_7 = 51.21^\circ \text{C}, T_4 = 324.21 \text{ K}$$

$$\alpha_7 = ?$$

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

Natijalarning o'rtacha arifmetik qiymati:

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

Absolyut xatolik:

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

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

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

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

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

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

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

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

Nisbiy xatolik:

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

III BOB. ELEKTR VA MAGNITIZM.

3.1. UITSTON KO'PRIGIDAN FOYDALANIB ELEKTR QARSHILIKNI ANIQLASH

Ishning maqsadi: elektr qarshilikni aniqlash va ularni ketma-ket hamda parallel ulash usullari bilan tanishish.

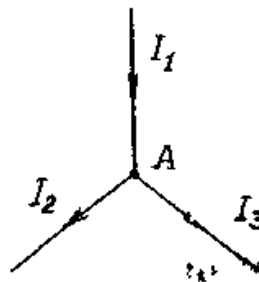
Kerakli jihozlar: Reoxord, galvanometr, qarshiliklar magazini, qiymati aniqlanishi lozim bo'lgan elektr qarshiliklar, tok manbai, kalit.

NAZARIN TUSHUNCHA

Tarmoqlangan zanjirlarni bevosita hisoblash murakkab ishdir. Bu muammoni KIRXGOFF ko'rsatib bergan ikkita qoidadan foydalanib, ancha osonlik bilan hal etish mumkin. Ulardan biri zanjirning tugunlariga taaluqlidir. KIRXGOFFning birinchi qoidasiga asosan (1 - rasm), tugunda uchrashuvchi toklarning algebraik yig'indisi nolga teng:

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0 \quad (1)$$

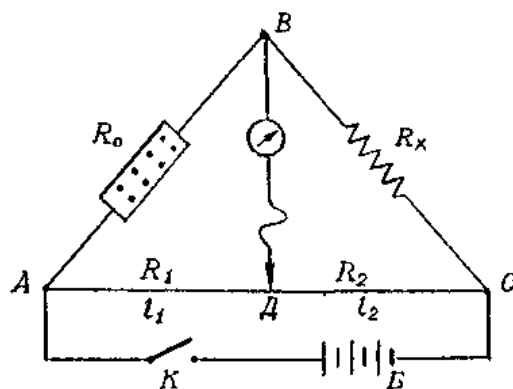
KIRXGOFF qoidalarining ikkinchisi biror tarmoqlangan zanjirdan ajratib olish mumkin bo'lgan ixtiyoriy berk konturga tegishlidir:



1-rasm

$$\sum_{i=1}^n I_i \cdot R_i = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (2)$$

KIRXGOFF tenglamalar sistemasidan foydalanib Uitson ko'prigi yordamida noma'lum R_x qarshilikni, ma'lum R_0 qarshilik bilan taqqoslab aniqlash mumkin. Uitson ko'prigi (2 - rasm) millimetrlarga bo'lingan yog'ochdan yasalgan chizg'ich bo'lib, uning o'rtasidan nixrom yoki solishtirma qarshiligi katta bo'lgan biror xil sim tortilgan AC reoxorddan iborat.



2-rasm

Simning AB tomoniga qarshiliklar magazini BC tomonga esa qarshiligi noma'lum bo'lgan R_x o'tkazgich ketma-ket ulangan. R_0 va R_H ning uchlari birlashtirilib B nuqtaga, ya'ni galvanometrning bir uchiga ulangan. Galvanometrning ikkinchi uchi esa reoxord bo'ylab sirpana oladigan kontaktli D-surilgichga ulangan. Zanjir kalit orqali ko'priknining A va C nuqtalariga ulangan E - tok manbai bilan ta'minlangan.

Mazkur zanjir yordamida R_x noma'lum qarshilikni topish mumkin. Buning uchun galvanometr orqali oquvchi tok nolga teng bo'ladigan shartli aniqlaymiz. R_x va R_0 hamda reoxord AD qismlarning R_1 va R_2 qarshiliklari orasida quyidagicha munosabat mavjud:

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2} \quad \text{bundan} \quad R_x = R_0 \cdot \frac{R_1}{R_2} \quad (3)$$

topiladi. Qarshiliklari R_1 va R_2 bo'lgan simlar bir xil o'tkazgichdan olinsa ko'ndalang kesim yuzi o'zgarmas bo'lgani uchun qarshiliklar nisbati o'rniga simlarning uzunliklari nisbatini olish mumkin. Chunki o'tkazgichlarning ko'ndalang kesim yuzi o'zgarmas bo'lganda, qarshilik o'tkazgichning uzunligiga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$R_1 = \rho \cdot \frac{l_1}{S}, \quad R_2 = \rho \cdot \frac{l_2}{S} \quad (4)$$

Bunda ρ - AC-simning solishtirma qarshiligi; $S=AC$ - simning ko'ndalang kesimini yuzasi; l_1 -AD- qismning uzunligi; l_2 -DC- qismning uzunligi. (4)

tenglamalardan $\frac{R_2}{R_1} = \frac{l_2}{l_1}$ (5)

(5) ni (3) ga qo'ysak: $R_x = R_0 \cdot \frac{l_2}{l_1}$ (6) bo'ladi,

O'LCHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH.

1. Qarshiligi noma'lum (R_x) bo'lgan reostat dastasini o'ram o'rtasiga qo'yib, qarshiliklar magazinida qarshilik (R_0) tanlanadi.

2. K -kalit yordamida zanjirga tok manbai ulanadi.
3. AC - reoxord ustida harakatlanadigan D - surilgichni o`ng yoki chap tomonga siljitib, galvanometr strelkasi nolni ko`rsatadigan D nuqta topiladi.
4. I_1 va I_2 ni o`lchab olib (6) ifoda yordamida noma'lum R_{x1} qarshilik topiladi.
5. Birinchi reostatni sxemadan olib, uning o`rniga, ikkinchi reostat dastasini o`ram o`rtasiga qo`ygan holda sxemaga ulang va uning qarshiligi R_{x2} ni aniqlang.
6. Reostatlarni ketma-ket va parallel ulab R_{kk} va R_{par} larni aniqlang.
7. R_{kk} va R_{par} ning tajribada topilgan qiymatlari bilan

$$R_{kk} = R_{x1} + R_{x2} \quad \text{hamda} \quad R_{par} = \frac{R_{x1} \cdot R_{x2}}{R_{x1} + R_{x2}}$$

formulalar yordamida nazariy hisoblangan natijalarni solishtirib javoblarni izohlang.

SINOV SAVOLLARI.

1. Uitston ko`prigi yordamida o`tkazgichni qarshilikni aniqlash metodi, ampermetr-voltmetr metodiga nisbatan qanday afzalliklarga ega?
2. Agar galvanometr va tok manbai o`rinlari almashtirilsa ko`prikning muvozanat sharti o`zgaradimi?
3. Uitston ko`prigida ishlatiladigan galvanometr nima uchun 0 dan ikki tomonlama shkalaga ega?
4. Muvozat shartidan foydalanib KIRXGOFF qoidalarini chiqaring.

3.2. O`TKAZGICHNING SOLISHTIRMA QARSHILGINI ANIQLASH.

Ishning maqsadi: texnikaviy usul yordamida tok kuchi va kuchlanishni aniq o`lchash orqali xromonikel o`tkazgichning solishtirma qarshiligini aniqlash.

Kerakli jihozlar: O`tkazgichning solishtirma qarshiligini hisoblash uchun mo`ljallangan FPM-01 qurilmasi va solishtirma qarshiligi aniqlanadigan o`tkazgichlar.

NAZARIY TUSHUNCHA.

Tajribalar o`tkazgichlarning  $R$  qarshiligi uning  $l$  uzunligiga to`g`ri proporsional va  $S$  ko`ndalang kesim yuziga teskari proporsional ekanligini ko`rsatadi, yani

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (1)$$

bunda ρ - o`tkazgichning solishtirma qarshiligi bo`lib, u o`tkazgichning materialiga bog`liq. (1) tenglamadan

$$\rho = \frac{RS}{l} \quad (2)$$

SI sistemasida o`tkazgich solishtirma qarshiligining birligi qilib uzunligi 1 m, ko`ndalang kesimi 1m^2 va 1 Om qarshilikka ega bo`lgan o`tkazgichning solishtirma qarshiligi qabul qilingan. Uning birligi $\text{Om}\cdot\text{m}$ dir.

O`tkazgichning solishtirma qarshiligini aniqlash uchun mo`ljallangan qurilma 1-rasmda tasvirlangan. Bunda 1 metrli shkala bo`lib, yuqori va pastki kronshteynlar orasida o`tkazgich (2) tortilgan. O`tkazgichning tarangligi (3) kubchalardagi burovchi vintlar yordamida sozlanishi mumkin. FPM-01 qurilmaning elektr sxemasida tarmoqdan kelaetgan o`zgaruvchan elektr toki transformator orqali diodlar asosida qurilgan to`g`rilovchi ko`prikka beriladi.

Doimiy kuchlanish tokni chegaralovchi R qarshilik (va potensiometr R) orqali R_x solishtirma qarshilikli o`tkazgichga beriladi. Bu o`tkazgichdagi kuchlanish tushishi V - voltmetr va tok kuchi mA - milliampermetr orqali o`lchanadi.

W_3 - ulagich yordamida ish uslubi tanlansa W_2 - ulagich yordamida tok kuchining yoki kuchlanishning aniq qiymatini o`lchashga o`tish mumkin.

O`LCHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH.

1. Qurilmaning o`lchovchi asboblari o`rnatilgan old qismi 1 - rasmda ko`rsatilgan.
2. Kronshteynda o`lchanayotgan o`tkazgichning uzunligi l tanlanadi.
3. W_1 ulagich yordamida qurilma ishga tushiriladi
4. W_3 ulagichni ulang, bunda voltmeter va milliampermetrning strelkalari ma'lum bir qiymatni ko`rsatadi.
5. Tok kuchining (I_{mA}) va kuchlanishning U_b aniq qiymatini o`lchash uchun ish uslubiga qarab  $W_2$  ulagich ulanadi va tok kuchi milliampermetrdan kuchlanish voltmeterdan yozib olinadi. Bunda  $W_2$  ulagichning bosilmagan holati tok kuchining, bosilgan holati esa kuchlanishning aniq qiymatini o`lchash uchun xizmat qiladi.
6. Aktiv qarshilikni texnik metod bilan tok kuchnning aniq qiymati orqali quyidagi formula yordamida hisoblanadi.

$$R_p = R_{p1} \cdot \left(1 - \frac{R_a}{R_{p1}}\right) \quad (1)$$

bu yerda $R_{p1} = \frac{U}{I}$

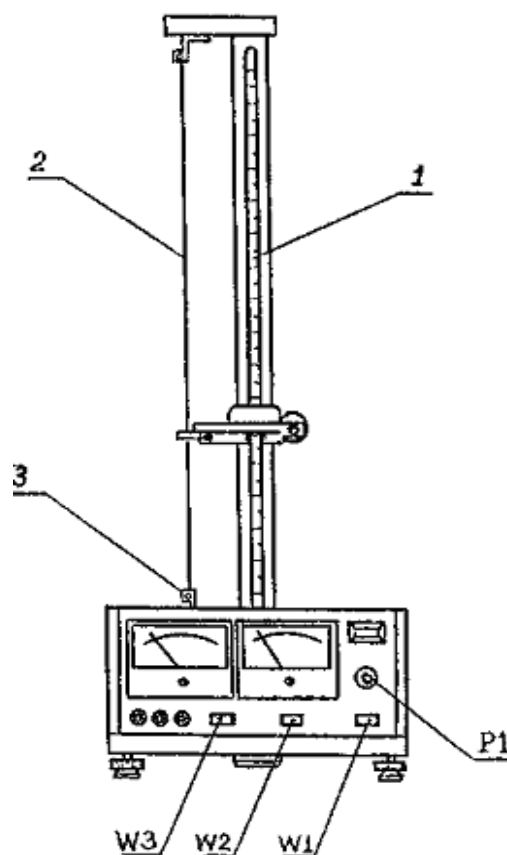
bunda R_a – milliampermetrning ichki qarshiligi bo`lib, $R_a = 0,15 \text{ Om}$
 V – voltmeterning ko`rsatishi, V
 I – milliampermetrning ko`rsatishi mA.

7. Aktiv qarshilikni texnik usul bilan kuchlanishning aniq qiymati orqali quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$R_\rho = R_{\rho2} \cdot \left(1 + \frac{R_{\rho2}}{R_v}\right) \quad (2)$$

bu yerda $R_{\rho2} = R_{\rho2} \cdot \left(1 + \frac{R_{\rho2}}{R_v}\right)$

bunda R_v - voltmeterning ichki qarshiligi bo`lib, $R_v = 2500 \text{ Om}$.
 V - voltmeterning ko`rsatishi V.
 I - milliampermetrning ko`rsatishi mA.



1-rasm

8. Potensiometrning P_1 dastasini burab milliampermetr va voltmeterdan tok kuchi va kuchlanishning bir necha qiymati yozib olinadi. Tajriba bir necha marotaba takrorlanadi.
9. Har ikkala usul bilan o'tkazgichning solishtirma qarshiligi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\rho_1 = R_{\rho_1} \cdot \frac{S}{l_1} \qquad \rho_2 = R_{\rho_2} \cdot \frac{S}{l}$$

bunda S - o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasi bo'lib, u $S = \pi r^2$ formula orqali aniqlanadi, bunda $d = 3,4 \times 10^{-4}$ m.

l - o'tkazgichning uzunligi.

SINOV SAVOLLARI.

1. O'tkazgichning solishtirma qarshiligi nima?
2. O'tkazgichning qarshiligi nimalarga bog'liq?
3. O'tkazgichning qarshiligi qanday usullar bilan aniqlanadi?

3.3. CHO`G`LANMA ELEKR LAMPA TOLASINING TEMPERATURASINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Cho`g`lanma lampa ishini o`rganish, uning qarshiligi, quvvatini aniqlash va temperatura o`zgarishi bilan qarshilikning o`zgarishini kuzatish.

Kerakli jihozlar: Ampermetr, voltmetr, cho`g`lanma lampochka, o`zgaruvchan tok, manbai, potensiometr, kalit.

NAZARIY TUSHUNCHA.

Elektr qarshiligi o`tkazgichdagi erkin elektronlarning tartibsiz harakati va kristall panjara tugunlarida joylashgan musbat ionlarning tebranma harakatlari tufayli yuzaga keladi. Bu harakatlar temperaturaga bog`liq bo`lgani uchun o`tkazgichning solishtirma qarshiligi ham temperaturaga bog`liq.

$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha t) \quad (1)$$

bu yerda ρ_0 - 0°C dagi o`tkazgichning solishtirma qarshiligi  $\alpha$  - termik koeffisient. O`tkazgichning qarshiligi temperaturaga bog`liq.

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad (2)$$

R_0 - 0°C dagi o`tkazgich qarshiligi. Shuningdek, elektr maydoni ta'sirida tartibli harakat qilayotgan erkin elektronlar o`zlarining xaotik harakati tufayli o`tkazgich kristall panjarasidagi musbat ionlar bilan to`qnashib, o`z energiyalarining bir qismini ularga uzatadi. Bu energiya o`tkazgichda issiqlik tarzida ajralib chiqadi, uning integral ko`rinishdagi ifodasi

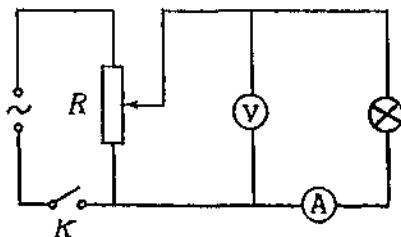
$$Q = I^2 R \cdot \tau = IU \cdot \tau = N \cdot \tau \quad (3)$$

bu yerda $N = I \cdot U \quad (4)$

tashqi qarshilikda ajralib chiqqan quvvat.

O`LCHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

- 1-rasmda ko`rsatilgan elektr zanjiri yig`iladi.



1 - rasm

2. K-kalit yordami bilan L lampochkani zanjirga ulanadi, potensimetrdan foydalanib har xil kuchlanishlar berib, ularga mos tok kuchlari aniqlanadi.
3. $N = I \cdot U$ va $R_2 = \frac{U}{I}$ ifodalar yordami bilan lampochka tolasining quvvati va qarshiligi aniqlanadi.
4. Qarshiliklarning temperatura bilan bog`lanish ifodasi $R_1 = R_0(1 + \alpha t_1)$; $R_2 = R_0(1 + \alpha t_2)$ dan $\frac{R_1}{R_2} = \frac{T_1}{T_2}$ yoki $T_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot T_1$ (1) hosil qilinadi.
 T_1 -xona temperaturasi;
 R_1 -xona temperaturasidagi tola qarshiligi bo`lib, u avometr bilan aniqlanadi.
5. Har bir tola qarshiligi (R_2) uchun tola temperaturasi (1) formula yordamida hisoblanadi va $R_2 = f(t)$ bog`lanish grafigi chiziladi.
6. Elektr lampa tolasining quvvati topiladi.

SINOV SAVOLLARI

1. Elektr toki nima?
2. Qarshilik temperaturaga qanday bog`langan?
3. Joule-Lenz qonunini tushuntiring.
4. Quvvat qaysi birlikda o`lchanadi?
5. Nega voltmetr elektr zanjiriga parallel ulanadi?

3.4. VAKUUMLI DIODNING VOLT - AMPER XARAKTERISTIKASINI O'RGANISH.

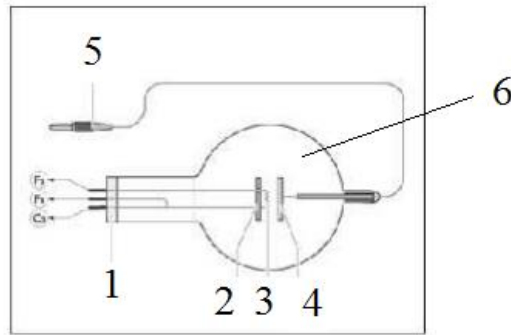
-Vakuumli diodning VAX (volt - amper xarakteristikasi)ni katodni qizdirish kuchlanishining uch qiymatida o'lchash.

-Hajmiy manfiy zaryadning anod maydoniga qarshi ta'sir sohasini va VAX (volt - amper xarakteristikasi)ning to'yinish sohasini aniqlash.

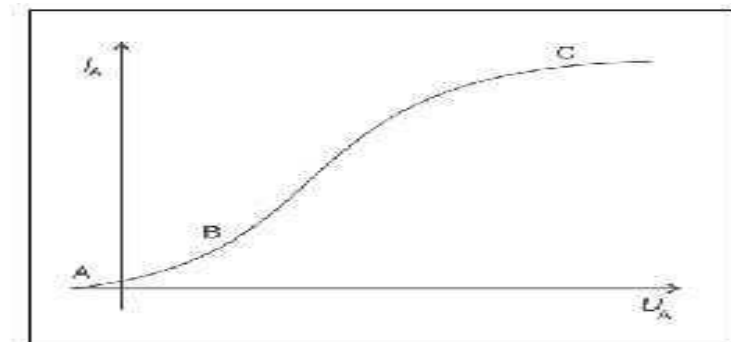
Kerakli asboblari. diod, universal taglik, energiya manbai, ampermetr, voltmeter, taqsimlash qutisi, xavfsiz ulash kabellari.

NAZARIY TUSHUNCHALAR.

Vakuumli diod ichida vakuum hosil qilingan, germetik yopiq ikki elektrodni o'z ichiga olgan shisha lampadan iborat o'zidan elektronlar chiqaradigan termoionik katod va anod.(1 - rasmga qarang). Agar lampaning katodi va anodi orasiga yetarlicha kuchlanish qo'yilsa shu ikki qutb o'rtasida elektr toki vujudga keladi. Katod elektr toki yordamida qiziydigan simdan iborat bo'lib u elektr kuchlanishi ta'sirida elektronlarni ajratib chiqaradi. Qizigan katod o'zidan elektronlarni chiqaradi (termoelektron emissiya). Agar anod potentsiali katod potentsialiga nisbatan musbat bo'lsa elektronlar anodga tomon tezlanish oladi va anod toki hosil bo'ladi. Anod tokining qiymati, boshqa parametrlardan tashqari, anod va katod o'rtasidagi kuchlanishga (anod kuchlanish) bog'liq bo'ladi. Agar anod kuchlanishning yo'nalishi qarama - qarshiga o'zgartirilsa katoddan chiqayotgan elektronlar qarama - qarshi yo'nalgan maydonga qarshi harakatlana olmaganligi uchun anod toki hosil bo'lmaydi. Shuning uchun vakuumli diod filtrlash bloki sifatida yoki o'zgaruvchan toklarning to'g'rilagichi sifatida foydalanish mumkin. Demak, umuman olganda, vakuumli diod yarim o'tkazgichli diodga o'xshash xossalarga ega. Yarim o'tkazgichli diodlar rivojlanish bilan vakuumli diodlar tobora muhimligini yo'qotib bormoqda. Bugungi kunda integral zanjirlarda kam joy egallaganliklari uchun asosan yarim o'tkazgichli qurilmalardan foydalanilmoqda. Bu tajribada vakuumli diodning VAX o'rganiladi. VAX anod toki I_A ning anod kuchlanishi U_A ga bog'liqligini ifodalaydi. 2 - rasmda diodni VAXning tipik shakli ko'rsatilgan.



1-rasm. 1 - qizdiruvchi vilka, 2 - katod plastinkasi, 3 - katod qizdirgich simi, 4 - Anod, 5 - anodni ulash simi, 6 - havosi so'rib olingan shisha bolon.



2-rasm. Diiodning VAXning tipik shakli: A-teskari kuchlanish sohasi, B-hajmiy zaryadlar chegaralanish sohasi va C - to'yinish sohasi.

Volt - amper xarakteristikasida uch sohani bir - birida farqlash mumkin. Teskari kuchlanish sohasi (A):

Anod potentsiali katod potentsialiga nisbatan manfiy soha. Bu sohada elektronlar elektr maydoniga qarshi yo'nalishda harakatlana olmaydi. Elektronlar katoddan $E_{kin} > 0$ kinetik energiya bilan ajralib chiqqanlari uchun anod kuchlanishi eng tez elektronlarni to'xtatib qolguniga qadar anod toki mavjud bo'ladi.

Hajmiy zaryadlar chegaralanish sohasi (B): Kichik maydon kuchlanganligida katoddan ajralib chiqayotgan elektronlarning barchasi ham anodga yetib bora olmaydi. Ular katodni atrofida xuddi bulutga o'xshab manfiy fazoviy zaryadni hosil qiladi. Shuning uchun past kuchlanishlarda anodda boshlanadigan elektr maydon kuch chiziqlari katodgacha yetib bormasdan shu elektronlarning fazoviy manfiy zaryadida tugaydi. Anoddan boshlanib chiqayotgan elektr maydon shunday qilib to'siqqa uchraydi. Qachonki kuchlanishning ortishi maydon kuch chiziqlarini katod atrofi sferasiga chuqurroq kirita olganda anod toki orta boradi. Anod tokining katod kuchlanishiga bog'liqligini Lengmyur - Chayld tenglamasi yordamida ifodalanadi:

$$I_A^{2/3} \sim U_A^{2/3}$$

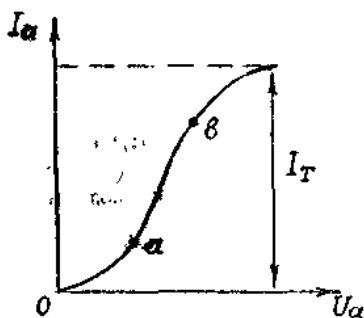
To'yinish sohasida emissiya toki anod kuchlanishiga bog'liq emas. Ammo u katoddan ajralib chiqayotgan elektronlar sonini oshirish bilan ortishi mumkin. Bunga esa qizdiruvchi kuchlanishni o'ttirish bilan erishish mumkin. Shunday qilib to'yinish tokining kattaligi katodning temperaturasi bog'liq bo'ladi va har bir qizdirish kuchlanishiga alohida VAX mos keladi.

Anod va Katod orasidagi potensiallar farqi voltmetr yordamida o'lchanadi. Zanjirdan o'tayotgan tokning qiymati katod temperaturasi hamda katod bilan anod orasidagi potensiallar ayirmasi ya'ni anod kuchlanishiga bog'liq holda o'zgaradi.

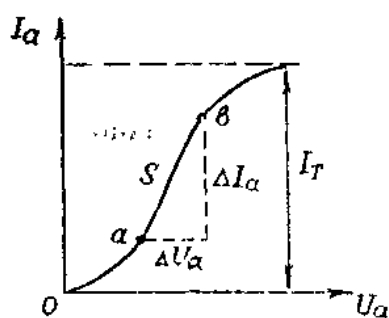
Kuchlanishli anod batareyasi, milliampermetr, anod va katoddan iborat zanjir odatda anod zanjiri deb ataladi. Agar katod temperaturasi o'zgarishsiz saqlab, anod kuchlanishni asta-sekin 0 dan boshlab oshira borsak, milliampermetr yordamida o'lchanuvchi anod tokining anod kuchlanishiga bog'liq holda o'zgarishni ko'ramiz, ya'ni

$$I_a = f(U_a) \quad (1)$$

Anod toki bilan anod kuchlanishi orasidagi bog'lanish 3 - rasmda ko'rsatilgan. Grafikdan ko'rinadiki, anod tokining anod, kuchlanishiga bog'lanishi Ohm qonuniga bo'ysunmaydi. Tok kuchi potensiallar ayirmasining o'sishi bilan dastlab sekin, keyin tezroq, so'ngra yana sekin orta borib, kuchlanishning biron qiymatidan boshlab o'zgarmay qoladi. Shu vaqtdagi tok kuchining qiymati to'yinish toki (I_t) deb ataladi.



3-rasm



4-rasm

Odatda, elektron lampa xarakteristikasi egri chizig'ining tikligi (4-rasm) va ichki qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_a} \quad (2)$$

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \quad (3)$$

(2) va (3) formulalardan lampa xarakteristikasining tikligi uning ichki qarshiligiga teskari proporsional ekanligi kelib chiqadi

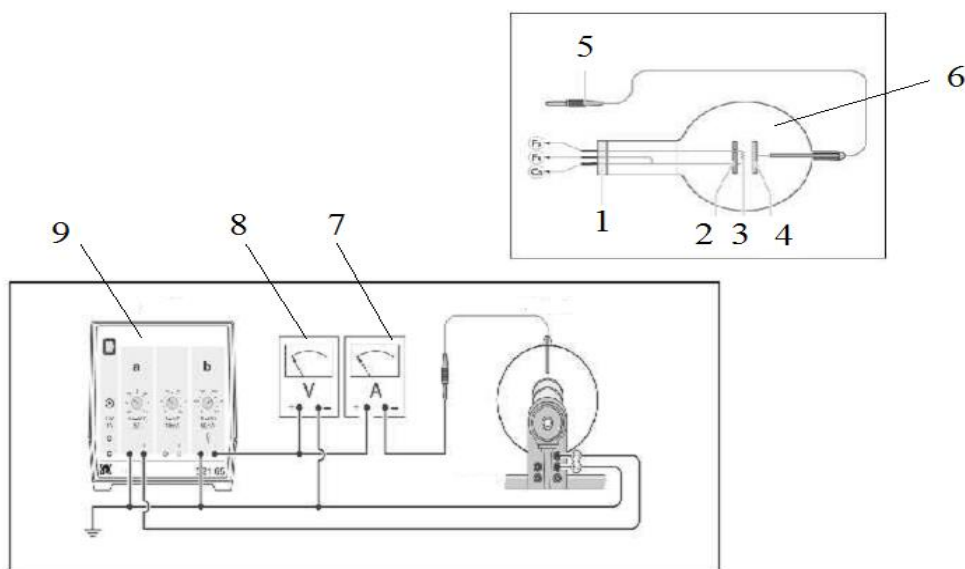
$$S = \frac{1}{R_i} \quad (4)$$

Kuchlanishning kichik qiymatlarida anod tokining o'zgarishi Boguslavskiy - Lengmyur qonuni asosida bo'ladi:

$$I_a = k \cdot U_a^{3/2} \quad (5)$$

Bunda, k-proporsionallik koeffisienti. Anod potentsiali barcha hollarda katod potentsialidan katta bo'lishi zarur, aks holda dioddan tok o'tmaydi. Diodning bu xossasi elektr tokining faqat bir tomonga o'tish imkonini beradi va shu sababli ular o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka to'g'rilashda ishlatiladi.

QURULMANING TAVSIFI



3-rasm. Diodning xarakteristikasini o'lchash uchun eksperimental qurilma. qizdiruvchi vilka(1), katod plastinkasi(2), katod qizdirgich simi(3), anod(4), anodni ulash simi(5), havosi so'rib olingan shisha bolon(6), ampermetr(7), voltmeter(8), tok manbai(9).

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH.

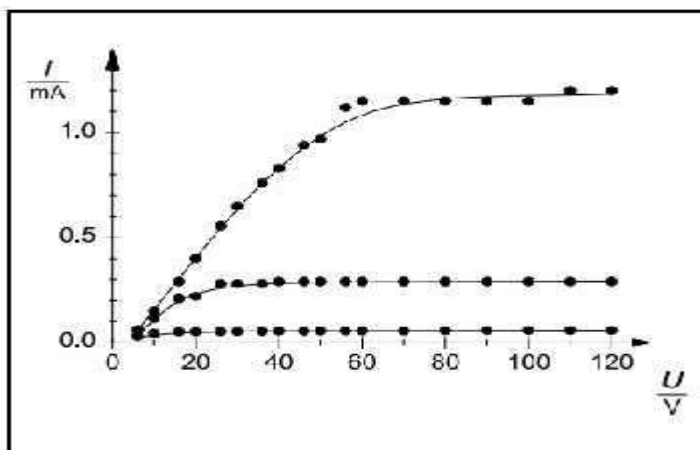
1. Aylanma potentsiometr yordamida 4,5 V qizdirish kuchlanishini o'rnatish.
2. U_A anod kuchlanishini aylanma potentsiometr (b) yordamida 0 V dan boshlab orttira borib bir qancha kuchlanishlar uchun anod toki I_A ni yozib oling.
3. Kuchlanishning 4,5 V, 5 V va 5,5V qiymatlari uchun ham tajribalarni takrorlang.
4. Har bir o'lchashlarni kamida 3 - 4 marta bajarib, ularning o'rtacha qiymatlari jadvalga yoziladi.
5. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

t/r	$U_1 = 4,5 \text{ V}$		$U_2 = 5 \text{ V}$		$U_3 = 5,5 \text{ V}$	
1	I(A)	U(V)	I(A)	U(V)	I(A)	U(V)

6. Jadvalda keltirilgan tajriba natijalaridan foydalanib, millimetrli qog'ozga $I_a = f(U_a)$ bog'lanishning grafigi chiziladi
7. S hamda R_i parametrlar har bir xarakteristik Egri chiziq, uchun alohida hisoblanadi.
8. (5) formuladan foydalanib, egrilikning qismi uchun k aniqlanadi.

N _o	I _a	U	S	R _i	k
1.					
2.					
3.					

I_A ning U_A ga bog'liqlik grafigidan namuna



5-rasm. Qizdirish kuchlanishining uch har xil qiymati U_1 , U_2 va U_3 lar uchun anod toki I_A ning anod kuchlanishi U_A dan bog'liqligi.

SINOV SAVOLLAR.

1. Termoelektron emissiya hodisasini tushuntiring
2. Nima uchun vakuumli diodlarda Om qonuni o'rinli emas?
3. To'yinish toki nima?
4. Anodning volt-ampere xarakteristikasi qanday hosil bo'ladi ?

3.5. TOKLI TO'G'RI O'TKAZGICH VA AYLANMA TOKLI HALQANING MAGNIT MAYDONINI O'RGANISH.

Tajribalarning maqsadi:

-To'g'ri o'tkazgich va aylanma halqaning magnit maydonining tok kuchiga bog'liqligini, turli nuqtalarda o'zgarishini o'rganish.

-Aylanma halqa shaklidagi o'tkazgich va magnit maydonini halqa radiusiga bog'liqligi sifatida va halqa o'qida va halqa markazidan tashqari nuqtalarda o'zgarishini o'rganish.

Kerakli asboblari. Teslametr, o'tkazgichlar to'plami, turli shakldagi o'tkazgichlar o'rnatiladigan taglik, turli shakldagi o'tkazgichlar.

NAZARIY TUSHUNCHA.

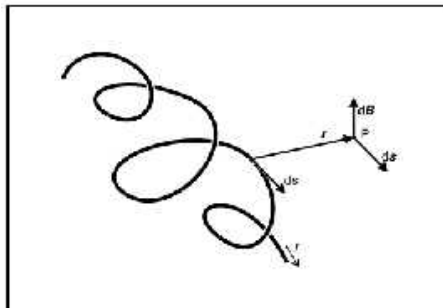
Biot – Savar Laplas qonuniga asosan I tok o'tayotgan o'tkazgich atrofidagi P nuqtadagi magnit maydoni o'tkazgichning cheksiz kichik qismlarining magnit maydonlarining ulushlarining yig'indisidan iborat bo'ladi

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I}{r^2} dl \quad (1) \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Gn}{m} \quad \text{magnit doimiysi}$$

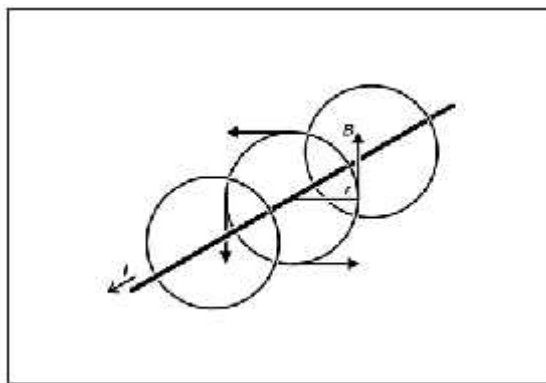
O'tkazgichning uzunligi va yo'nalishi dl vektor yordamida ifodalanadi. O'tkazgichning kichik qismidan P nuqtaga o'tkazilgan radius vector r orqali berilgan (1 - rasmga qarang). Shuning uchun umumiy magnit maydon integral hisob yordamida aniqlanadi. Bu holda analitik yechim faqat ma'lum simmetriyaga ege bo'lgan o'tkazgichlar uchun hisoblanishi mumkin bo'ladi. Masalan cheksiz uzun o'tkazgichning magnit maydoni o'tkazgich o'qidan r masofada

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot 2 \frac{I}{r^2} dl \quad (2)$$

va maydon kuch chiziqlari silindr o'qi atrofida konsentrik shaklda bo'ladi. (2 – rasmga qarang)



1 – rasm. Tokli o'tkazgich magnit maydonini integral usulda hisoblash.

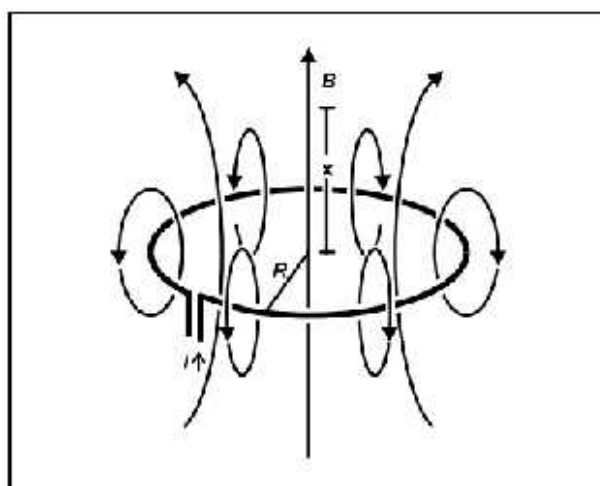


2 – rasm. Cheksiz uzun tokli to'g'ri o'tkazgichning magnet maydoni.

Radiusi R bo'lgan aylanma halqa shaklidagi o'tkazgichning aylana o'qi ustida halqa markazidan x masofadagi nuqtaning magnet maydoni

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} I \cdot 2\pi \cdot \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (3)$$

Uning maydon kuch chiziqlari aylana o'qiga parallel bo'ladi. (3-rasmga qarang) Bu tajribada yuqorida qayd etilgan o'tkazgichlarning magnet maydoni mos ravishda aksial yoki tangensial B - probe metodi yordamida o'lchanadi. B - probe ning Xoll datchigi yupqa plastinka shaklida bo'lib, u magnet maydonining o'z yuzasiga perpendikulyar bo'lgan komponentalariga sezgir bo'ladi. Shuning uchun magnet maydoni kuchlanganligining nafaqat qiymatini balki uning yo'nalishini ham aniqlash mumkin. To'g'ri o'tkazgich uchun magnet oqimi zichligi B ning r masofadan bog'liqligi o'rganiladi, aylanma shakldagi otkazgich uchun esa fazoviy koordinata x dan bog'liqligi o'rganiladi. Bundan tashqari, magnet maydon induksiyasi B va tok kuchi I o'rtasidagi proporsionallik ham tekshirib ko'riladi.



3-rasm. Aylanma halqa shaklidagi o'tkazgichning magnet maydoni.

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH.

1 - topshiriq. To'g'ri o'tkazgich shaklidagi o'tkazgichning magnit maydon induksiyasini o'lchash.

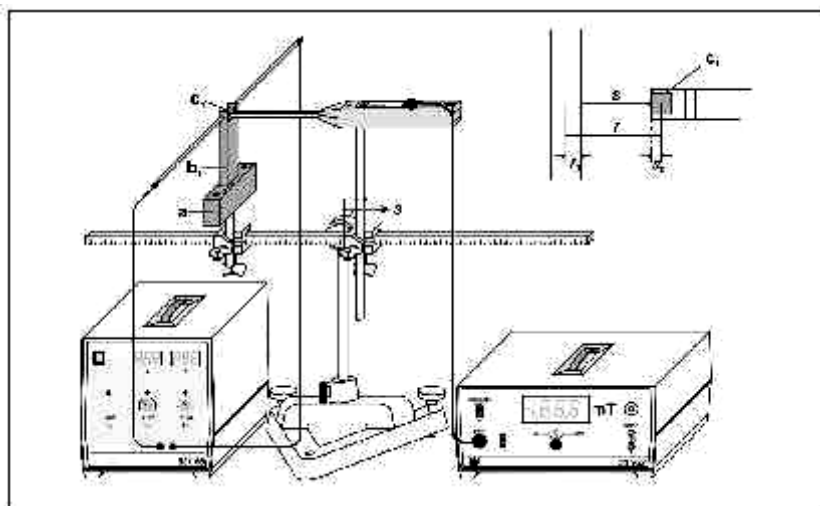
4 – rasmdagi qurilmaga asosan:

1. To'g'ri o'tkazgich uchun tutgichni mahkamlang, to'g'ri o'tkazgichni unga o'rnatish va katta tokli manbaga ulang.
2. Tangensial B - probe ni teslametrga ulang va teslametrni nolini o'rnatish. (teslametr uchun ko'rsatmalarga qarang).
3. Tangensial B - probe ning chap uchini Leyboldga shkalada 50 sm belgiga To'g'irlab va to'g'ri o'tkazgich o'rtasining balandligiga to'g'irlab o'rnatish.
4. To'g'ri o'tkazgichni Xoll datchigi tomon deyarli unga tegadigan darajada yaqin qilib o'rnatish. ($S=0$ bo'lsin)
5. Tok kuchi I ni har 2 A qiymatga 0 A dan, 20 A gacha oshirish, har safar B magnit maydonini o'lchang, qiymatini yozib oling.
6. $I=20$ A ga B - probe ni unga tomon qadam - ba qadam siljiting, B magnit maydonini masofaning funksiyasi sifatida o'lchang va qiymatlarini yozib oling.

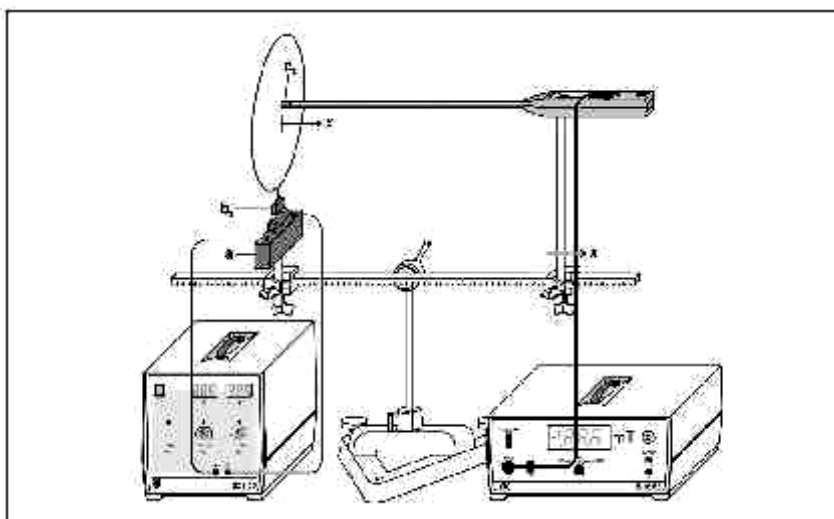
2- topshiriq. Aylanma halqa shaklidagi o'tkazgichning magnit maydoni induksiyasini o'lchash

5 – rasmdagi qurilmaga asosan:

1. To'g'ri o'tkazgich uchun tutgichni o'tkazgich halqa uchun adapter bilan almashtirish va unga diametri 40 mm bo'lgan o'tkazgich halqani biriktirish.
2. Otkazgich halqani ulash kabellari yordamida tutgichning (a) shtepselli elementining pozetkalariga ulang.
3. Aksial B - probe ni teslametrga ulang va teslametrning nolini o'rnatish (teslametr uchun ko'rsatmalarga qarang)
5. Aksial B - probe ni Leybold ga chap uchi 70.0 sm shkala belgisiga to'g'irlab joylashtirish. B - probe ni o'tkazgich halqa markaziga to'g'irlab joylashtirish.
6. O'tkazgich halqani imkoni boricha Xoll datchigiga aniq joylashtirish.
7. I tok kuchini har safar 2 A qiymatga 0 A dan to 20 A qiymatgacha oshirish. Har safar magnit maydonini o'lchang va qiymatini yozib oling.
8. $I=20$ A da B – probni chap tarafga va ong tarafga qadam – baqadam siljiting, har safar magnit maydonini o'lchang, ya'ni magnit maydonini fazoviy koordinata x ning funksiyasi sifatida o'lchang. O'lchagan qiymatlarni yozib oling.
9. 40 mm li o'tkazgich halqani 80 mm li o'tkazgich halqa bilan almashtirish va keyin 120 mm li o'tkazgich halqa bilan almashtirish. Barcha hollarda magnit maydonini fazoviy koordinata x ning funksiyasi sifatida o'lchang.



4 – rasm. To'g'ri o'tkazgichning magnit maydonini o'lchash uchun eksperimental qurilma



5 – rasm. Aylanma halqa shaklidagi o'tkazgichning magnit maydonini o'lchash uchun eksperimental qurilma.

Tajriba namunalari

a) To'g'ri o'tkazgichning magnit maydoni.

1 - jadval. To'g'ri o'tkazgichning magnit maydoni tok kuchining funksiyasi sifatida (s masofa = 0)

I, A	B, mT
0	0.00
2	0.13
4	0.27

b) Aylanma halqa shaklidagi o'tkazgichning magnit maydoni

3 - jadval. 40 mm li aylanma halqa magnit maydoni I tok kuchining funksiyasi sifatida

I, A	B, mT
0	0
2	0.07
4	0.13

- Olingan natijalarni $B = f(I)$ bog'lanish grafigini chizing.

Sinov savollari:

1. Bio - Savar Laplas qonunini ta'riflang.
2. Magnit maydon induksiya vektori bilan kuchlanganlik vektori qanday bog'lanishga ega?
3. Aylana markazida magnit maydon kuchlanganligi nimaga teng?

3.6. MAGNIT O'ZAKKA EGA BO'LMAGAN INDUKTIV G'ALTAKNIG MAGNIT MAYDONINI ANIQLASH.

Tajribaning maqsadi:

1. Magnit o'zakka ega bo'lmagan induktiv g'altakning magnit maydoni undan o'tayotgan I tok kuchining qiymatiga bog'ligini aniqlash.
2. Magnit o'zakka ega bo'lmagan induktiv g'altakning magnit maydonini uning uzunligi L va o'ramlar soni N ning bog'lanishini o'rganish.

Kerakli asbob va jihozlar: o'ramlar soni o'zgarmaydigan induktiv g'altak, yuqori tokli manba, teslametr, Xoll datchigi, ulash kabellari, trubka uchun tutgich, egarsimon asos.

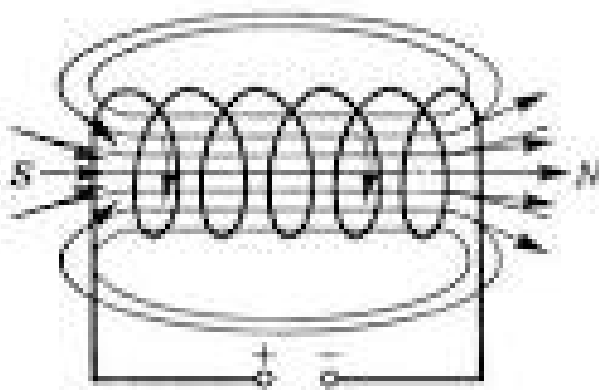
NAZARIY TUSHUNCHALAR.

Bio – Savar – Laplas qonuniga asosan I tok o'tayotgan ixtiyoriy o'tkazgich atrofida istalgan nuqtadagi magnit maydon induksiyasi quyidagicha topiladi:

$$\Delta B = \frac{\mu\mu_0 I \Delta l}{4\pi r^2} \sin \alpha \quad (1)$$

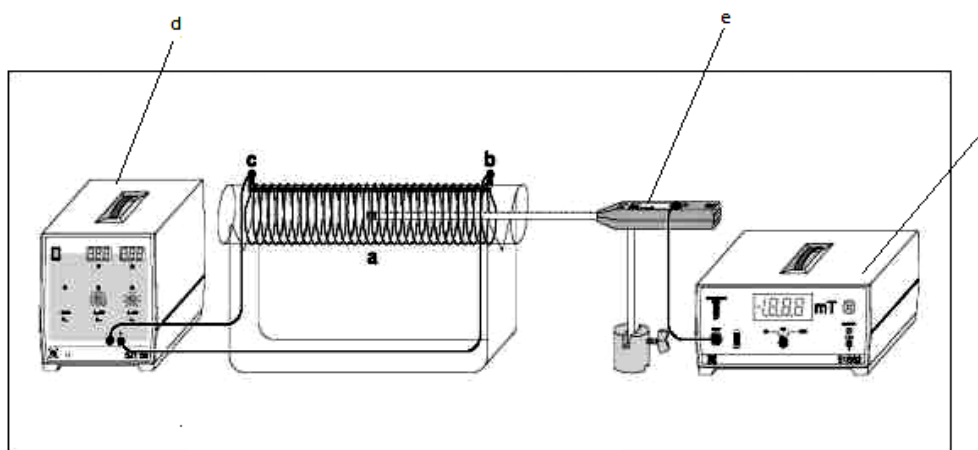
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N / A}^2$$

O'ramlari bir yo'nalishda o'ralgan simdan qilingan silindrik shakldagi g'altakga solenoid deyiladi. N ta o'ramlar soniga ega bo'lgan solenoidda yopiq kontur bo'yicha magnit maydon induksiya vektorining sirkulyasiyasi 1 - rasmda tasvirlangan.



1 - Rasm. Solenoid

Magnit maydon induksiya vektorlar yo'nalishidagi abc nuqtalarni belgilab olamiz.



2 - rasm: o'zaksiz g'altakning induktivligini aniqlash

a - Induktiv g'altak (solenoid) b - b,c klemmlar, d – tok manbai, e - Xoll datchigi, f - teslametr.

Yopiq kontur bo'yicha B vektor quyidagicha ifodalanadi;

$$\oint_S B_l dS = \mu_0 NI \quad (2)$$

S yuza bo'yicha integrallash ikki xil ko'rinishda yoziladi: tashqi soha bo'yicha

(bunda $\vec{B} = 0$) va ichki S_1 soha bo'yicha: $\oint_S B_l dS = \mu_0 \oint_{S_1} B_l dS \quad (3)$

S_1 sohadagi $\vec{B}$ vektorning induksiyasi: $\oint_S B_l dS = Bl = \mu_0 NI \quad (4)$

3.4 - formuladan $\vec{B}$ magnit induksiya vektori: $\vec{B} = \frac{\mu_0 NI}{l}$ (4) ga teng bo'ladi.

Demak, solenoid ichidagi magnit maydon bir jinsli ekan.

Induktiv g'altak (solenoid) ichidagi magnit maydon aksial B - probe yordamida

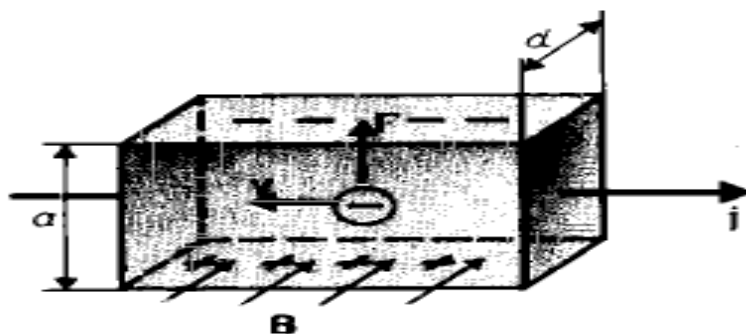
$$B = \frac{\mu_0 NI}{l}$$

formulani tekshirish mumkin.

Namuna Xoll datchigidan iborat bo'lib, u namuna o'qiga parallel bo'lgan yo'nalishida sezgir hisoblanadi. Xoll datchigining ishlash prinsipi Xoll effektiga asoslanadi.

Xoll effekti quyidagicha tushuntiriladi:

Parallelepiped shaklidagi tokli o'tkazgichni magnit maydonga kiritsak, tok tashuvchi zaryadlarga Lorens kuchi ta'sir qiladi. Magnit maydon induksiya vektori $\vec{B}$ o'tkazgichning yon sirtlaridan bo'yicha tik va yetarlicha kichik bo'lsin (2-rasm)



3- rasm. Magnit maydonida zaryadlangan zarra

Lorens kuchi o'tkazgichning magnit maydonga perpendikulyar joylashgan yon sirtlarida erkin zaryadlarning ortishiga, qarshi sirtida ularning kamayishiga olib keladi.

O'tkazgichning ko'ndalang yo'nalishida kuchlanish vujudga keladi:

$$\Delta\varphi = \frac{1}{en} \cdot \frac{IB}{d} = R \cdot \frac{I \vec{B}}{d} \quad (5)$$

Bunda, d - plastinka qalinligi;

R -Xoll doimiysi bo'lib $R = \frac{1}{en}$ bunda e - elektron zaryadi; n - elektronlar

konsentratsiyasi (5) tenglamadan $\vec{B}$ ni topish mumkin;

$$\vec{B} = \frac{\Delta\varphi d}{RI} \quad (6)$$

Biror sirt orqali magnit induksiya oqimi Φ shu sirtga kirgan induksiya l chiziqlari soniga teng. Agar maydon bir jinsli bo'lib, sirt esa induksiya chiziqlariga perpendikulyar bo'lsa, u holda

$$\Phi = BS \quad (7)$$

7 - formulaga ko'ra, magnit oqimi birligi uchun magnit induksiyasi 1 Tesla bo'lgan magnit maydoniga perpendikulyar bo'lgan 1m^2 yuzadan o'tgan magnit oqimi qabul qilinadi. Bu birlik Veber (vb) deyiladi.

Toki o'zgarayotgan kontur faqat boshqa qo'shni konturlardagi tokni induksiyalay qolmaydi, balki o'z - o'zida ham tokni induksiyalaydi; bu hodisa o'zinduksiya deyiladi. Kontur bilan bog'liq magnit oqimi Φ konturdagi I tok kuchiga to'g'ri proporsional: $\Phi = Bl$ (8)

L - o'zinduksiya koeffitsiyenti yoki g'altakning induktivligi (3.7) va (3.8) – tenglamalarni tenglashtirsak: $BS = LI$ (9) hosil bo'ladi

$$(3.9) \text{ dan } L \text{ ni topsak: } L = \frac{\vec{BS}}{I} \quad (10)$$

(3.10) dan g'altakning induktivligini hisoblab topish mumkin.

Ishni bajarish tartibi:

1. 2 - rasmdagi sxema asosida elektr zanjir yig'iladi.
2. Yig'ilgan elektr zanjirini tok manbaiga ulang.
3. 2 - rasmdagi ulash klemmlarini birgalikda simmetrik ravishda siljitib, g'altak uzunligini 15 smga tenglashtiring.
4. Solenoid o'tkazgichlaridan bir o'ramining tok o'tkaziladigan aylana shaklidagi bo'sh sohaning yuzasi $S_1 = \pi r^2$ orqali topiladi.
5. O'ramlar soni N bitta o'ram egallagan yuzaga (S_1) ga ko'paytirilib g'altakning umumiy yuzasi topiladi: $S_{um} = S_1 \cdot N$
6. Tok kuchining qiymati $2 \div 10A$ gacha $2A$ intervalda ortirib boriladi va unga mos keluvchi magnit induksiya B ning qiymatlari yozib olinadi.
7. Tajribani kamida 3 marta takrorlang.
8. Jadvalga olingan natijalarning qiymatini kiriting.
9. Olingan natijalarni (10) formulaga qoyib o'zaksiz g'altakning induktivligini aniqlang va jadvalga kiriting.
10. Olingan natijalarga ko'ra absolyut va nisbiy xatoliklarni hisoblang.
11. Tajriba natijalarni umumlashtirib hisobot yozing.

O'lchash lar soni	I (A)	B (Tl)	L (H)	ΔL (H)	ΔL_{ort} (H)	E (%)
1						
2						
3						

SINOV SAVOLLARI.

1. Magnit maydon induksiyasi vektorining yopiq kontur bo'yicha sirkulyasi nimaga teng bo'ladi?
2. Magnit oqim ta'rifini ayting
3. G'altakning magnit maydoni induksiyasi qaysi kattaliklarga bog'liq.
4. Tokli solenoidga ta'sir qiluvchi kuchlar haqida ma'lumot bering .
5. Muhitning magnit singdiruvchanligi qanday xossalarga ega?

3.7 YER MAGNIT MAYDONINI AYLANUVCHI INDUKSION G'ALTAK YORDAMIDA O'LCHASH

Tajribaning maqsadi.

-Yer magnit maydonining komponentlarini va og'ish burchagini aniqlash.

Kerakli asbob va jihozlar: Gelmgolts g'altaklari, mikrovoltmetr, Sensor Cassy, Cassy lab, experimental motor, kompyuter

NAZARIY TUSHUNCHA.

O'ramlar soni N ta, yuzasi $S = \pi R^2$ bo'lgan aylanma induksion g'altak aylanish o'qining diametridan o'tuvchi o'q atrofida o'zgarmas ω burchak tezlik bilan bir jinsli B magnit maydonida aylansa uni kesib o'tuvchi magnit oqimi

$$\Phi = \pi R^2 \cdot N \cdot B \cdot \cos(\omega t) \quad (1)$$

Bu yerda ω – burchak tezlik, R – induksion g'ltakning radiusi, N - induksion g'ltakning o'ramlar soni. (1) tenglamada aylanish o'qi B magnit maydoniga perpendikulyar yonalgan.

B magnit maydonini induksiyalanayotgan kuchlanish U ning amplituda qiymatidan aniqlash mumkin $U = -\frac{d\Phi}{dt} = \pi R^2 \cdot N \cdot B \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$ (2)

$T = \frac{2\pi}{\omega}$ aylanish davridan foydalanib, induksiyalangan kuchlanishning maksimal qiymati uchun quyidagini hosil qilamiz

$$U = \frac{2\pi^2 \cdot N \cdot R^2}{T} \cdot B = a \cdot B \quad (3)$$

$$a = \frac{2\pi^2 \cdot N \cdot R^2}{T} \quad (4)$$

Induksion g'altakning z – yo'nalish atrofida aylanish uchun Dekart koordinatalar sistemasida (1 – rasm) kuchlanish amplitudasi

$$U_z = a \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \quad (5)$$

Induksion kuchlanish yerning quyidagi magnit maydonida induksiyalanadi

$$B = \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix} \quad (6)$$

Simmetriya tufayli x - yoki y – yo'nalishlar uchun quyidagilar o'rinli bo'ladi

$$U_x = a \sqrt{B_y^2 + B_z^2} \quad (7)$$

$$U_y = a \sqrt{B_z^2 + B_x^2} \quad (8)$$

Yer magnit maydonining komponentalari (5), (7) va (8) tenglamalar sistemasini yechish orqali hisoblanishi mumkin

$$B_x = \sqrt{\frac{\{-U_x^2 + U_y^2 + U_z^2\}}{2a^2}} \quad (9)$$

$$B_y = \sqrt{\frac{\{U_x^2 - U_y^2 + U_z^2\}}{2a^2}} \quad (10)$$

$$B_z = \sqrt{\frac{\{U_x^2 + U_y^2 - U_z^2\}}{2a^2}} \quad (11)$$

Xususiyl holda yer magnit maydonining umumiy qiymati

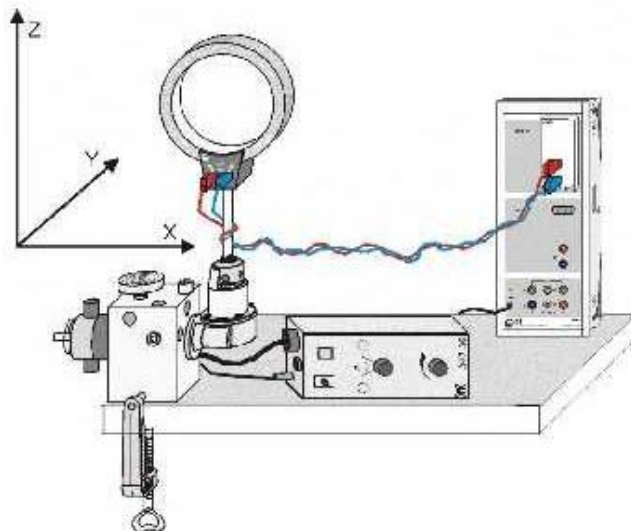
$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} = \sqrt{\frac{\{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2\}}{2a^2}} \quad (12)$$

Yer magnit maydonining qiyalik burchagi ϑ quyidagi tenglamadan topilishi mumkin

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{B_z}{\sqrt{B_x^2 + B_y^2}} = \sqrt{\frac{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2}{2U_z^2}} \quad (13)$$

Bu formula matematik jihatdan to'g'ri, ammo o'lchash noaniqligi tufayli kvadrat ildizning argument ekvatorga yaqin joylardagi tajribalar uchun manfiy bo'lishi mumkin. Masalaning yechimi uchun qo'llanmaning oxiriga qarang. Bu tajribada induksion g'altakning aylanish o'qi to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasining x -, y - va z - yo'nalishlari bo'yicha o'rnatiladi. Har bir holda induksiyalangan kuchlanish amplitudasi vaqtning funksiyasi sifatida CASSY bilan o'lchanadi. O'lchangan signallardan amplituda va chastota yerning magnit maydon kuchlanganligi va og'ish burchagini aniqlash uchun foydalaniladi.

Tajriba qurilmasi.



1-rasm. Eksperimental motor bilan o'lchanadigan eksperimental qurilmaning sxemaviy korinishi.

1 - Tajriba motorini stol ustining burchagiga 1 - rasmda ko'rsatilgandek qo'yinki, uning x -, y - va z - yo'nalishlarda buralishi mumkin bo'lsin.

2 - mikrovoltmetrni va induksion g'altakni bir - biriga ulash uchun 2m uzunlikdagi aylanma ulash kabelidan foydalaning.

Ishni bajarish tartibi.

a)Tajribani motor yordamida o'tkazish

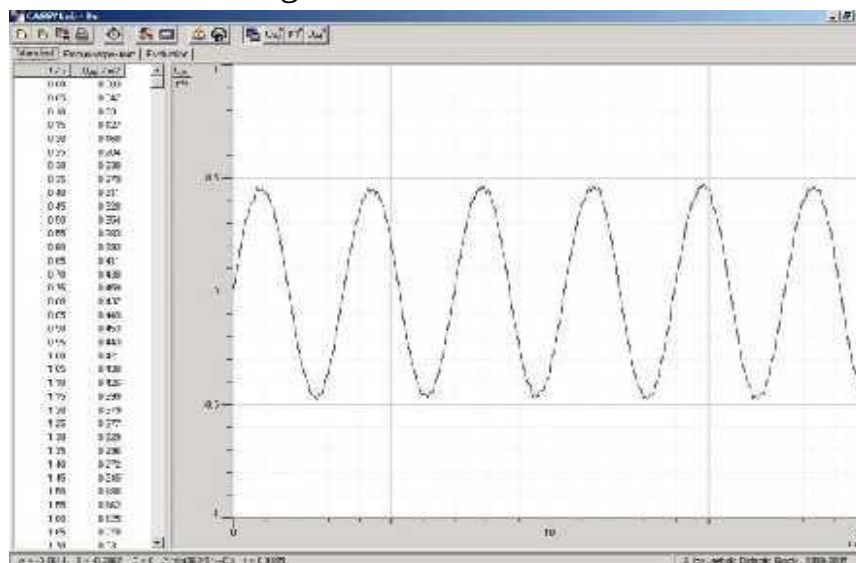
- 1 - CASSY misollar faylidan "Earth magnetic field" ni ishga tushiring.
- 2 - Misollar faylidagi berilganlarni funksional knopka F4 ni bosish bilan tozalang.
- 3 - Tajriba motorining tezligini 0 ga o'rnatish.
- 4 - Motorni ehtiyotkorlik bilan qo'shing va uning tezligini taqriban sekundiga 0.3 aylanishgacha oshiring.
- 5 - Aylanma ulash kabelini qo'l bilan shunday yo'naltiringki, ular tajriba motori bilan o'rab olinsin. O'tkazgich halqa aylanayotganida u tugunlarda ushlab qolinmasligiga amin bo'ling.
- 6 - Induksion kuchlanishni vaqtning funksiyasi sifatida o'lchashni F9 funksional knopkani bosish yordamida boshlang.
- Eslatma: O'lchash 20 sekunddan keyin avtomatik ravishda to'xtaydi. O'lchash parametrlarining detallari uchun knopkasini bosish va "measuring parametr" menyusidan ularni ko'ring.
- 7 - O'lchashlar tugagandan keyin motorning o'chirilganligiga ishonch hosil qiling. Tajriba motorini teskariga aylantiring va uni qulay fursatda to'xtatish.
- 8 - Aylanish o'qini x – yo'nalishga o'zgartiring va o'lchashlarni dastlabki burchak tezlik bilan takrorlang.
- 9 - Induksion kuchlanishni vaqtning funksiyasi sifatida aylanish o'qining y – yo'nalishi uchun tajriba motorini 90° ga buquring.
- 10 - Induksion g'altakning d diametrini o'lchang.

b)Tajriba motorisiz o'lchashlarni bajarish.

- 1 - CASSY misollar faylidan "Earth magnetic field" ni ishga tushiring. Eslatma: Bu fayl CASSY misollar faylida saqlanmagan. U kompyuter "Hard disk" idan funksional knopka F3 ni bosish bilan ishga tushirilishi lozim.
- 2 - Misollar faylidagi berilganlarni funksional knopka F4 ni bosish bilan tozalang.
- 3 - Tajriba motorining tezligini 0 ga o'rnatish.
- 4 - Induksion kuchlanishni vaqtning funksiyasi sifatida o'lchashni F9 funksional knopkani bosish yordamida boshlang.
- 5 - Induksion g'altakni z o'qi atrofida qo'l bilan aylantiring.
- Eslatma: O'lchash 20 sekunddan keyin avtomatik ravishda to'xtaydi. O'lchash parametrlarining detallari uchun knopkasini bosish va "measuring parametr" menyusidan ularni ko'ring.
- 6 - O'lchashlarni y - va x - o'qlar atrofida aylantirishlar uchun takrorlang.

O'lchash misollari

Misol sifatida, x - o'qi atrofida aylantirishlar uchun kuchlanish grafiga 2 - rasmda keltirilgan. y - va z - o'qlar atrofida aylantirishlar uchun tajriba natijalari 5-rasm va 6 - rasmlarda ko'rsatilgan.



2 - rasm. U_x induksiyalangan kuchlanish vaqtning funksiyasi sifatida (z - yo'nalish aylanish o'qi)

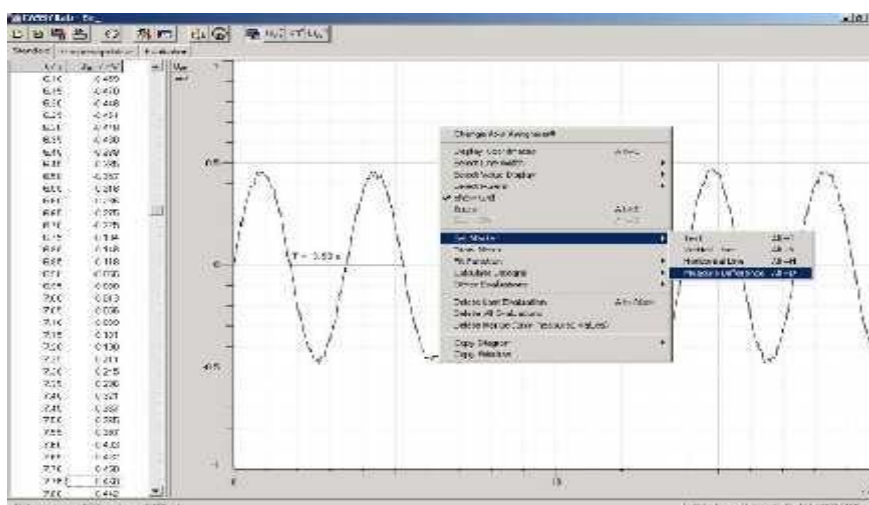
Topshiriq – 1

1 - Display ustida sichqonchani o'ng knopkasini bosing va "Set Marker / Measure Difference" ni tanlang. (3 - rasm)

2 - Sichqonchani nol kuchlanish holati ustiga bosing va buni maksimum kuchlanish ustida takrorlang.

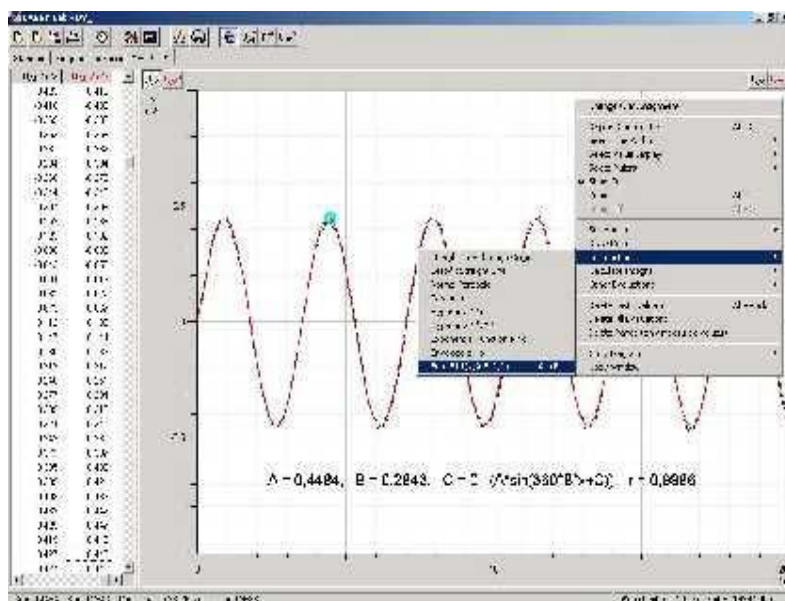
3 - Alt - T sizga asosiy chiziqning natijasini displayda ko'rishga imkon beradi.

- Alt T sizga asosiy chiziqning natijasini displayda ko'rishga imkon beradi. (3 - rasm)



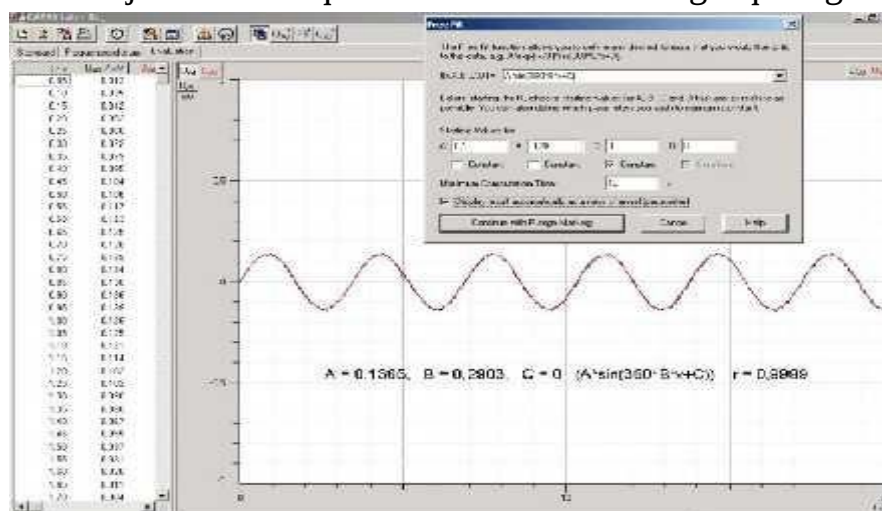
3 - rasm. Chastotani aniqlash (Metod 1).

(4) va (5) rasmlarni taqqoslang



5-rasm.

Eslatma: Chaqirish qurollini sichqonchani o'ng knopkasini displeyga bosib va "Fit Function" / "Free Fit" larni tanlash bilan displeyga chiqarish mumkin 5 - rasm va 6 - rasmlarda kuchlanishning o'lchangan qiymatlari ko'rsatilgan. O'lchash xatoliklari chegarasida qiymatlar sinusoidal korinishga ega. CASSY Lab ning boshqa hisoblash natijalari uchun qo'shimcha ma'lumotlarga qarang.



6-rasm.

Induksiyalangan kuchlanish U_Z (qora chiziq) vaqtning funksiyasi sifatida. (z - yo'nalish = aylanish o'qi). Qizil chiziq kuchlanish grafigining pastidagi parametrlarga mos keladi. Eslatma: Chaqirish qurollini "Alt - F" ni bosish bilan displeyga chiqarish mumkin. Aylanishning uchta har xil o'qlari uchun natijalar quyidagi jadvalda keltirilgan.

1 - jadval. 14 – tenglamani tajribaviy natijalar uchun qo'llash bilan olingan induksion kuchlanish komponentlari. Davr o'qlar aylanishining o'rtacha qiymatiga to'g'ri keladi.

U_x	U_y	U_z	T
mV	mV	mV	s
0.47	0.45	0.13	3.51

Induktiv g'altakning $d = 13,5$ sm va $N = 320$ parametrlari bilan yer magnit maydoni kuchlanganligi (4) va (12) tenglamalardan foydalanib aniqlanishi mumkin

$$B = \sqrt{\frac{0,47^2 + 0,45^2 + 0,13^2}{2 \cdot 8,2^2}} = 73,9 \mu T$$

(13) tenglamadan foydalanib og'ish burchagi aniqlanadi

$$\operatorname{tg} \vartheta = \sqrt{\frac{0,47^2 + 0,45^2 + 0,13^2}{2 \cdot 0,13^2}} = 3,48$$

bundan $\vartheta = 73^\circ$

Olingan bu natija og'sh konturidan (54102) foydalanib oson tekshirilishi mumkin.

Og'ish konturidan foydalanib topilgan qiymat $\vartheta = 70^\circ$

Qoshimcha ma'lumotlar

Tajribadagi asosiy xatolik o'tkazgich halqa yaqinida joylashgan magnitlangan po'lat jismlar sababli magnit maydonining buzilishidan hosil bo'ladi. Yuqori o'lchash aniqligiga erishish uchun g'altakning parametrlari imkoni boricha katta qilib tanlab olinishi zarur.

Yer magnit maydonining og'ishi bo'lmaganda (magnit ekvatorida) yer magnit maydonining qiymati $31.2 \mu T$ ga teng va magnit qutblarida 2 marta kattaroq bo'ladi. Ekvatorga yaqin joyda tajribani bajarishda muammo tug'iladi. Ekvatorida magnit maydonining qiyalik burchagi 0 ga yaqin va xuddi shu holda B_z ham nolga yaqin bo'ladi. (11) va (13) tenglamalar katta sonlarni ayiradi va nazariyada kichik musbat sonlarni hosil qiladi. Bu kichik farq kichik o'lchash xatoliklari tufayli ham (po'lat bo'lagi) manfiy bo'lib qolishi mumkin va (11) va (13) tenglamalardagi kvadrat ildiz yechimga ega bo'lmaydi. Ekvatorga yaqin joylarda og'ish burchagi uchun natijalar olish uchun B_z to'g'ridan – to'g'ri o'lchanishi kerak. (7) tenglamadan foydalanib biz gorizonta aylanish o'qi bo'yicha tajriba o'tkazamiz va $B_z = 0$ ga aylanish o'qini shimol janubga to'g'rilab erishamiz. Bu esa kuchlanishning minimumini izlash bilan bajarilishi mumkin. Keyin B_z ning qiymati (7) tenglamadan hisoblanadi va (13) tenglamaning o'ta qismiga qo'yiladi. Bu tajribada biz B_z ning qiymatini uning ishorasisiz o'lchaymiz, chunki ekvatorning janubida (11) va (13) tenglamalar kvadrat funksiyaning manfiy natijalaridan foydalanish lozim.

Sinov savollari:

1. Magnit oqimi formulasini ifodalang.
2. Magnit induksiyasi chiziqlari yo'nalishi qanday?

3. Solenoid ishidagi magnit induksiyasi qanday formula bilan aniqlanadi?
4. Magnit induksiya qanday kattalik?
5. Magnit oqimini o'lchov birligi qanday nomlanadi?

3.8. FARADEY DOIMIYSINI ANIQLASH

Tajribaning maqsadi.

1. Elektroliz yordamida vodorod olish va uning hajmini aniqlash.
2. O'zgarmas kuchlanish U_0 da elektr toki ishini W o'lchash, Faradey doimiysini F hisoblash.

Kerakli asboblari va jihozlari: Suyultirilgan sulfat kislota, termometr, o'zgarmas quvvat manbai, voltmeter, joul - vattmeter, patnis, ulovchi similar.

NAZARIY TUSHUNCHA.

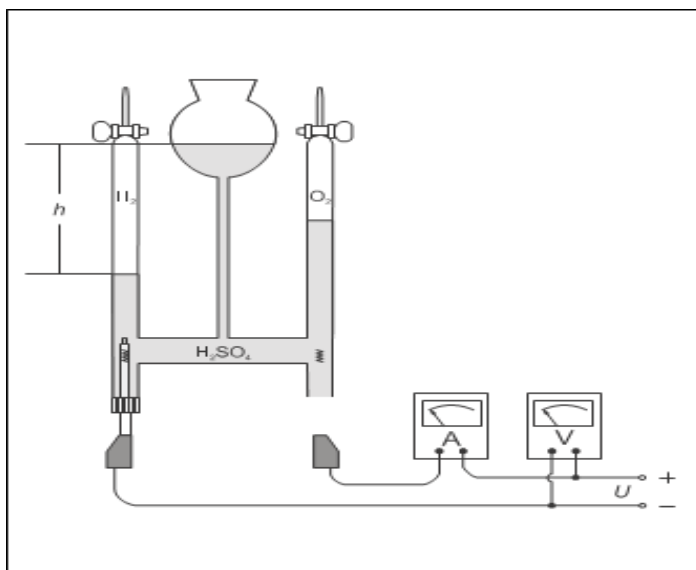
Elektrolizda tok oqimi kimyoviy ajralish bilan birgalikda keladi. Ajralgan modda miqdori elektrolit orqali o'tgan zaryad miqdoriga Q proporsional bo'ladi. Tashilgan zaryad Faradey doimiysi F yordamida hisoblanishi mumkin. Bu doimiylik, elementar zaryad e va Avogadro soni N_A orasida quyidagi bog'liqlik bor:

$$F = N_A \cdot e \quad (1)$$

Bu esa Faradey doimiysi F 1 mol elektronlarning zaryad miqdori ekanligi anglatadi.

Ajralgan modda miqdori n va ajralgan ionlarning valentligi z ni kiritib, tashilgan zaryad uchun quyidagi bog'liqlikni hosil qilamiz:

$$Q = n \cdot F \cdot z \quad (2)$$



Bu tajribada Faradey doimiysi elektroliz yordamida aniq miqdordagi vodorodni hosil qilish orqali aniqlanadi. Elektrolizda ajralgan vodorod gazi tashqi bosim p va xona temperaturasi T da yig'iladi. So'ngra uning hajmi V o'lchanadi. Hosil bo'lgan vodorod molekulalari miqdori n_1 ideal gaz holat tenglamasi yordamida hisoblanadi:

$$n_1 = \frac{PV}{RT} \quad (3)$$

bu yerda $R = 8,314 \frac{J}{mol \cdot K}$ (universal gaz doimiysi).

Har bir H^+ ioni elektrolit tokidagi elektron bilan neytrallanadi, bunda vodorod ionlarining valentligi z 1 ga teng. 1 mol H^+ ionlarini neytrallash 1 mol elektronlarni talab qiladi va 1 mol H_2 olish uchun 2 mol elektron kerak. Olingan vodorod atomlarining modda miqdori n_1 talab etilgan elektronlarning mol miqdoriga to'g'ri keladi:

$$n = 2 \cdot \frac{PV}{RT} \quad (4)$$

Shu paytda doimiy kuchlanish U_0 da bajarilgan ish W ham o'lchanadi. Unda zaryad miqdori quyidagicha aniqlanadi.

$$Q = \frac{W}{U_0} \quad (5)$$

Faradey doimiysi esa (II), (IV) va (V) tenglamalarga ko'ra quyidagicha

$$F = \frac{1}{2} \frac{WRT}{PVU_0} \quad (6)$$

Xavfsizlik belgisi

Distillanga suvning elektr o'tkazuvchanligi pastligidan suvning elektrolizida $1 \frac{mol}{l}$ konsentratsiyali suyultirilgan sulfat kislota qo'llaniladi.

Suyultirilgan sulfat kislota ko'z va teriga tushsa yallig'laydi. Ko'zga sulfat kislota tekkanda yaxshilab oqar suvda yuving va shifokorga murojaat qiling.

Izoh: Suvni elektroliz qilish qismi tajribadan keyin ham to'la qolishi va undan darhol boshqa tajriba uchun foydalanish mumkin. Tajriba qurilmasi 1 rasmda ko'rsatilgan.

Ishni bajarish tartibi.

a) Suvni elektroliz qilish qismi.

1. Suvni elektroliz qilish qismini yig'ing va uni patnisga qo'ying.
2. Darajalash idishini (a) gaz jo'mragi (b) balandligigacha ko'taring va har ikkala jo'mrakni oching.
3. Darajalsh idishi suyultirilgan sulfat kislota ($1 \frac{mol}{l}$ atrofidagi) bilan suyuqlik sathi gaz jo'mraklari balandligiga yetgunicha to'ldiring.
4. Har ikkala gaz jo'mraklarini yoping.
5. O'zgarmas quvvat manbaining musbat va manfiy qutblarini (c) joule - vattmetr va voltmetrga (o'lchash sohasi: 30V-) rozetkalariga parallel ulang.

6. Suvni elektroliz qilish qismining elektrodlarini joul - vattmetr rozetkalariga (d) ulang.

b)Suyuqlikni gaz bilan to'yintiirsh uchun:

1. O'zgarmas quvvat manbaini yoqing, kuchlanish U_0 ni 30 V (quvvat manbaining musbat va manfiy qutblari orasida) ga to'g'irlang, va 5 daqiqalar atrofida elektroliz borishini kuzating.

2. Kuchlanish U_0 ni o'chiring.

3. Har ikkala gaz jo'mraklarini ehtiyotkorlik bilan oching. Shundan keyin kislotada balandligini darhol darajalash idishi ko'tarish orqali gaz jo'mraklari balandligidan pastga tishiring.

4. Ikkala gaz jo'mraklarini yoping.

5. Joul - vattmetrni yoqing va 15 daqiqa qizish uchun kuting.

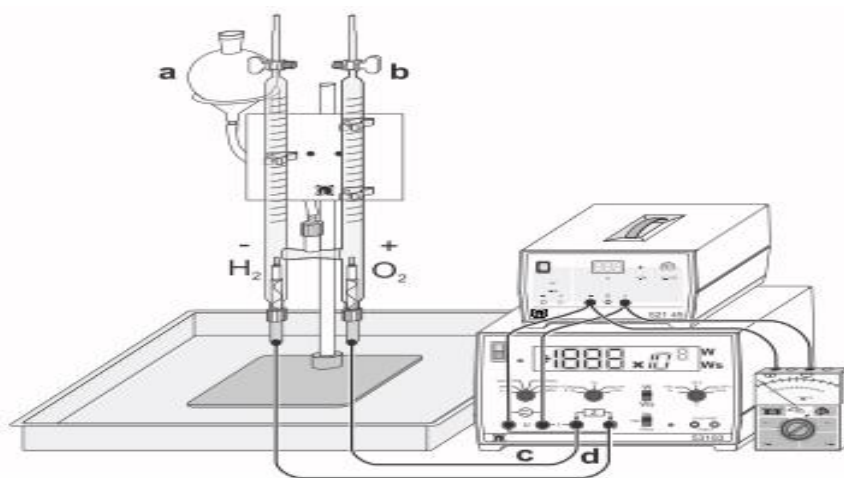
6. Vaqt doimiysini 1 s, kuchlanish o'lchash sohasini 30 V va vazifa tanlagichni "Ws" ga to'g'irlang.

Chetlashishlarni to'g'irlash:

7. Nazorat murvatini "Reset", so'ngra "Run" ga to'g'irlang.

8. Displeyni nol moslagich bilan barqaror holga keltiring.

9. Nazorat murvatini yana "Reset" ga to'g'irlang



1-rasm. Faradey doimiysini suvni elektroliz qilish qismi yordamida aniqlash qurilmasi.

1. Kuchlanish U_0 ni 30 V ga to'g'irlang.

2. Suvni elektroliz qilish qismining H_2 oyoqchasidan (manfiy qutb) gaz ajralishi kuzating. Darajalash idishini to'xtovsiz ravishda pastlatib boring, natijada H_2 oyoqchasi bilan bir xilda suyuqlik sathiga ega bo'lsin.

3. Suyuqlik sathi 5 - ml belgiga kelgandan so'ng: Joul - vattmetr nazorat murvatini "Run" ga to'g'irlang.

4. Suyuqlik sathi 25 - ml belgiga kelgandan so'ng: U_0 ni o'chiring va joul - vattmetrdagi elektr toki ishini W qayd qiling.

5. Xona temperaturasi o'lchang va bosim p bilan birga yozib oling.

Sinov savollari:

1. Elektrodlar va elektrometallar qanday farqlanadi?
2. Elektroliz jarayonida ajralib chiquvchi mudda massasi qanday aniqlanadi?
3. Dissotsiasiyalangan darajasi deganda nimani tushunasiz?
4. Elektroliz hodisasining qo'llanish sohalarini ayting?
5. Faradey doimiysi va formulasini ifodalang?

3.9. VOLTENGOFEN MAYATNIGI: AYLANMA TOKNING KAMAYISHINI NAMOYISH ETISH.

Tajribaning maqsadi:

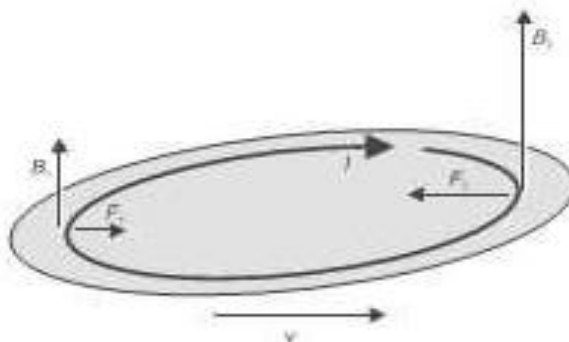
-Magnit maydonda Voltengofen mayatnigining tebranishlarini aylanma tok ta'sirida so'nishini o'rganish.

-Teshikli metal plastinkada aylanma toklarning kamayishini namoyish qilish.

Kerakli asboblari: voltengofen mayatnigi, O'tkir uchli tutgich, U - simon o'zak, 250 o'ramli g'altak, Bir juft magnit qutblari, DC energiya mandai, 0-16 V / 0-5 A, shtativ, V - shakldagi, 20 sm, shtativ tayoqchasi, 47 sm, to'g'ri burchakli shtativ tayoqchasi, Ulash kabellari.

NAZARIY TUSHUNCHA.

Agar metal plastinka bir jinsli bo'lmagan magnit maydonida harakatlansa plastinkaning alohida qismlaridan o'tayotgan magnit oqimi o'zgaradi va bu o'z navbatida shu qismlar aylanmasida sirkulyatsiyalanadigan kuchlanishning davomli ravishda hosil bo'lishiga olib keladi. Shuning uchun metal plastinkaning ixtiyoriy qismida aylanma toklar oqadi. Magnit maydonda bu aylanma toklarga Lorens kuchi ta'sir etish natijasida metal plastinkaning harakatlanishi susayadi (1-rasm). Agar metal plastinkada teshiklar hosil qilinsa aylanma toklar qiymati kamayadi, chunki toklar bir teshik atrofida boshqasiga aylanib o'tishga majbur bo'ladi.

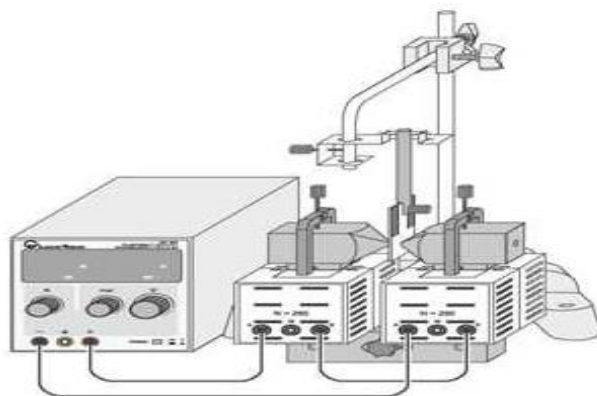


1 - rasm.

Metal plastinkada hosil bo'ladigan aylanma tok va uning ikki qismiga ta'sir etuvchi F_1 va F_2 Lorens kuchlari (B_1 va B_2 : bir jinsli bo'lmagan magnit maydoni, plastinka tezligi). Harakat yo'nalishida ta'sir etadigan kuch harakat yo'nalish bo'yicha ta'sir etadigan kuchdan kattaroq.

Voltengofen mayatnigi yordamida aylanma toklarning hosil bo'lishini va kamayishini ajoyib tarzda namoyish etish mumkin. U kuchli elektromagnit qutblari o'rtasida tebranadigan metal plastinkadan iborat. Tebranib turgan mayatnik yetarlicha kuchli magnit maydon qo'shilganda maydonga kirayotganda to'xtaydi. Ammo teshiklari mavjud bo'lgan mayatnikning tebranma harakati shu magnit maydon qo'shilganda kuchsiz so'nadi.

Tajriba qurilmasi:



2 - rasm

Voltengofen mayatnikli tajriba qurilmasi 2-rasmda keltirilgan.

-Elektromagnitni U shaklidagi o'zak, 250 o'ramli 2 ta induktiv g'altak va ikki bo'lak qutblardan tuzing

-Induktiv g'altaklarni DC tokmanbaiga ketma - ket ravishda ulang.

Voltengofen mayatnigini ish holiga keltirish.

-Dastlab alyuminiy plastinkaning teshikli tomonini mayatnik o'qiga mahkamlang.

-O'tkir uchli tutqichga ega bo'lgan shtativni tuzing va Voltengofen mayatnigini unga osib qo'ying.

-Alyuminiy plastinkaning teshikka ega bo'lmagan tomonini shunday o'rningki, u to'xtab turganda magnit qutblarining teng o'rtasida joylashsin va harakatlanganda qutblar o'rtasida erkin tebrana olsun.

-Qutblar orasidagi masofani mumkin qadar kichik qilib o'rning ammo ular mayatnik tebranma harakatiga halaqit bermasin. Qutb bo'laklarini o'zakka mahkamlang.

Ishni bajarish tartibi.

1. Elektromagnit orqali o'tayotgan tok kuchini qadam - baqadam orttirib boring. (5A dan katta tok kuchi faqat qisqa vaqt davomida o'tkazilishi mumkin).

2. Mayatnik tinch turgan paytdan unga turtki bering va tebranishlarini kuzating.

3. Alyuminiy plasinkaning teshiklarga ega bo'lmagan tomonini mayatnik o'qiga o'rnatish va tajribalarni taqqoslang.

O'lchash natijalarini qayd qilish.

1 - jadval. Alyuminiy plastinkaning tinch holatidan turtki berilgandan keyin magnit maydonida tebranishlar soni.

I, A	Tebranishlar soni	
	Teshiksiz soha	Teshikli soha

Sinov savollari.

1. Magnit materiallar va ferritlar haqida ma'lumot bering
2. Dia -, para-, ferromagnetiklar haqida ma'lumot bering
3. Magnit zanjiri nima?
4. Magnit oqimdan texnikada foydalanish

3.10. TAQASIMON MAGNIT MAYDONIDA TOKLI O'TKAZGICHGA TA'SIR ETUVCHI KUCHNI O'LCHASH.

Ishning maqsadi:

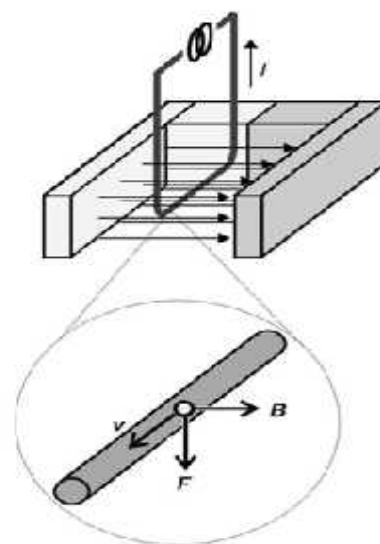
1. Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni, o'tkazgich uzunligi va magnit induksiyasi yo'nalishi orasidagi burchakka bog'lanishini o'rganish.
2. Galtakning magnit maydonini aniqlash.

Kerakli jihozlar:

Taqasimon magnit, kuch sensori, dinamometr, leybold ko'ptutgich, ko'ndalang kesimi $2,5 \text{ mm}^2$ bo'lgan ulash kabellari.

NAZARIY TUSHUNCHA

Magnit induksiyasi, yoki soddaroq qilib aytganda magnit maydoni $\mathbf{B}$ vektor kattalik hisoblanadi. B magnit maydonida v tezlik bilan harakatlanayotgan q zaryadga tezlikning kattaligi va yo'nalishidan hamda magnit maydoni



Magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchning sxemali ko'rinishi.

kuchlanganligidan va yo'nalishidan bog'liq bo'lgan kuch ta'sir etadi. Bu kuchni topish uchun quyidagi munosabatdan foydalaniladi.

$$F = q \cdot [v \cdot B] \quad (1)$$

Lorens kuchi deb ataluvchi F kuch ham vektor kattalik bo'lib u v va B lar bilan aniqlanadigan tekislikka perpendikulyar ravishda ta'sir etadi. Tokli o'tkazgichga magnit maydonida ta'sir etayotgan kuchni tokni hosil qiluvchi va shu maydonda harakatlanayotgan individual zaryad tashuvchilarga ta'sir etuvchi kuch komponentlarining yig'indisi deb tushunish mumkin. (1) tenglamaga asosan Lorents kuchi v dreif tezlik bilan harakatlanayotgan har bir individual q zaryadga ta'sir etadi. To'g'ri o'tkazgich uchun bu umumiy kuch

$$F = q \cdot ndS[v \cdot B] \quad (2)$$

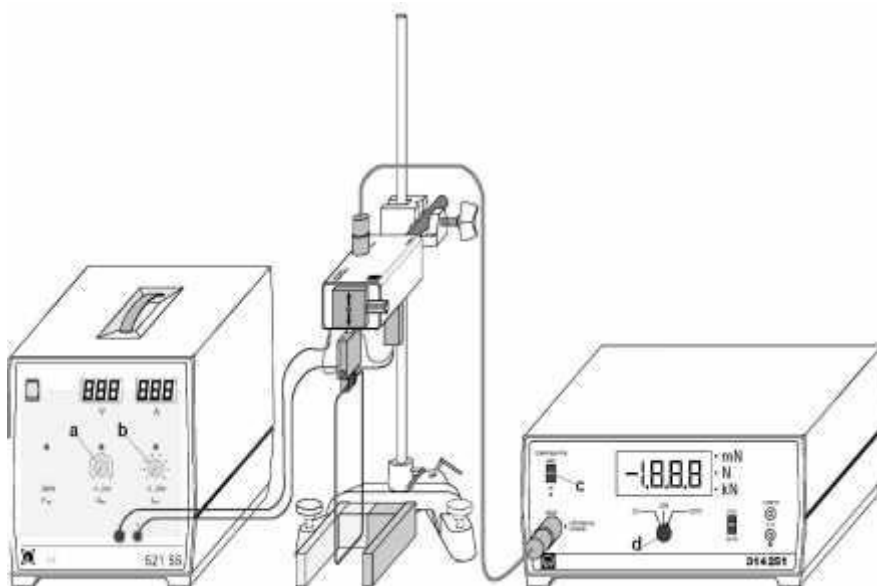
Umumiy holda o'tkazgich kesimining yo'nalishini ko'rsatuvchi s vektorni kiritish qulay hisoblanadi. Bundan tashqari $qnAv$ ko'paytma I tok kuchiga teng. Shunday qilib magnit maydonining tokli o'tkazgichga segmentiga ta'sir etuvchi kuchi quyidagi tenglamadan topiladi

$$F = I(S \cdot B) \quad (3)$$

Bu kuchning absolyut qiymati quyidagi tenglamadan topiladi

$$F = ISB \sin \alpha \quad (4)$$

Bu yerda α - magnit maydoni va tok kuchi yo'nalishi orasidagi burchak.



1-rasm. Magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni o'lchash qurilmasi.

Bu tajribada 20 A gacha tok o'tkazadigan to'g'ri to'rt burchak shaklidagi otkazgich halqa taqasimon magitning gorizontal maydoniga joylashtiriladi. O'tkazgichning gorizontal qismiga ta'sir etuvchi kuch o'lchanadi. O'tkazgichning ikki vertikal qismiga ta'sir etuvchi kuchlar o'zaro kompensatsiyalanadi. O'tkazgich

halqa kuch sensoriga ulanadi. U egilgan qismga ega bo'lib unga o'lchash asbobiga biriktiriladi. Bu elementlarning elektr qarshiligi o'zgartirilishi mumkin. Qarshilikdagi o'zgarish hosil bo'ladigan kuchga to'g'ri proporsional. Unga ulangan dinamometr qarshilikdagi o'zgarishni o'lchaydi va unga mos kuchni ko'rsatadi.

Eslatmalar: O'lchanayotgan kattalikning qiymati juda kichik bo'lganligi sababli o'lchashlarga tashqi ta'sirlar oson xalaqit berishi mumkin. Atrofdagi temperaturaning o'zgarishidan, siljishlardan va taqillashlardan saqlanang.

Ishning bajarish tartibi.

a) Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni $F = f(v)$ bog'lanishini toping.

1. 1 – pasmda ko'rsatilgandek qurilmani yig'ing.
2. Dastlab kengligi 8 sm bo'lgan o'tkazgich halqani kuch sensoriga ulang.
3. Tokni kontrol qilish (b) knopkasini hamma vaqt chap tarafga burilgan holda va kuchlanishni kontrol qilish knopkasi (a) ni hamma vaqt o'ng tarafga burilgan holda o'rnatang. Keyin yuqori tok manbaini ulang.
4. Dinamometrning nol nuqtasini kompensatsiyalash uchun **SET** pozitsiyasida **COMPENSATION** kalitini (c) tanlang.
5. Tokni kontrol qilish knopkasi (b) yordamida tokni 2 A qadam bilan 20 A gacha oshiring. Tokning har bir qiymati uchun dinamometrdan kuchni yozib oling va bu qiymatlarni tajriba kitobingizga yozing. Tok kuchini $I=0$ A ga o'rnatang va kuchning nol nuqtasini tekshiring. Tok kuchi va dinamometrta ta'sir etuvchi kuchning grafigini chizing.

b) . Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni o'tkazgich uzunligining bog'lanishini $F = f(l)$ tasvirlang.

1. Dastlab kengligi 4 sm bo'lgan o'tkazgich halqani kuch sensoriga ulang.
2. Dinamometrning nol nuqtasini kompensatsiyalash uchun **SET** pozitsiyasida **COMPENSATION** kalitini (c) tanlang.
3. Tok kuchini $I=20$ A sathga o'rnatang. Tokning bu qiymati uchun dinamometrdan kuchni yozib oling va bu qiymatlarni tajriba kitobingizga yozing.
4. Tok kuchini $I=0$ A ga ornating va kuchning nol nuqtasini tekshiring.
5. Tajribani 2 sm li o'tkazgich halqa uchun takrorlang. O'tkazgich uzunligiga va dinamometrta ta'sir etuvchi kuchning grafigini chizing.

c) Magnit maydoni va tokning yo'nalishlari orasidagi burchakning $F = f(\alpha)$ bo'glanishini aniqlang.

Rekomendatsiya: Magnit maydonining bir jinslilikmasligini kompensatsiyalash uchun va xususiy aylanish burchagini o'rnatish uchun moslama yasang (1 - rasimga qarang). Bu moslama taqasimon magnitni kerakli holda joylashtirishni

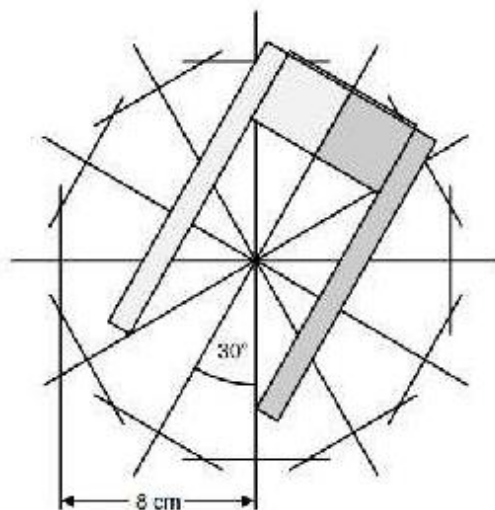
osonlashtiradi va aniqlashtiradi. Tokni kontrol qilish tugmasini chap tarafga buring va 4 sm kenglikdagi o'tkazgich halqani kuch sensoriga ulang. Moslamani o'tkazgich halqaning octiga shunday joylashtiringki, moslamaning markazi o'tkazgich halqaning gorizontal qismining o'rtasiga joylashsin va moslama chiziqlaridan biri o'tkazgich gorizontal qismiga parallel bo'lsin.

Taqasimon magnitni shunday joylashtiringki, magnit maydon va o'tkazgich gorizontal qismi parallel bo'lsin.

1. Dinamometrning nol nuqtasini kompensatsiyalash uchun **SET** pozitsiyasida **COMPENSATION** kalitini (c) tanlang.
2. Tok kuchi sathini $I = 10\text{ A}$ qilib o'rning.
3. Magnitni 30° burchakli qadam bilan 360° gacha buring va har bir burchak uchun dinamometrdan kuchni yozib oling.
4. Tok kuchini $I = 0\text{ A}$ ga ornating va kuchning nol nuqtasini tekshiring.
5. Dinamometrga ta'sir etuvchi kuch va burchakka bog'liq grafigini chizing.

Nazorat savollari:

1. Amper qonuni va chap qo'l qoidasini tushuntiring.
2. Qachon Amper kuchi nolga teng bo'ladi.
3. $F/F_{\max} = (\alpha)$ bog'lanish grafigini chizing.
4. Lorens kuchi deb nimaga aytiladi va uning formulasini ifodlang?
5. Magnit induksiya birliklarini keltirib chiqaring.



2 – rasm. Taqasimon magnitni kerкли holda joylashtirish uchun moslamadan foydalanish.

3.11. FERROMAGNITNING MAGNITLANISH EGRI CHIZIG'INI VA GISTEREZIS HALQASINI O'RGANISH.

Tajribaning maqsadi:

1. Ferromagnitning magnitlanish egri chizig'i va gisterezis halqasini o'rganish.

Kerakli asbob uskunalar: Pover – Cassy, Sensor Cassy, Cassy lab - 2, U ko'rinishli o'zak, Mahkamlash qurilmasi, 2500 o'ramli g'altak, kompyuter.

NAZARIY TUSHUNCHA

Transformatorning o'zagidagi (ferromagnitdagi) magnit maydon g'altakdan oqayotgan tok kuchiga va birlamchi g'altakdagi effektiv o'ramlar zichligiga to'g'ri proporsional bo'ladi.

$$H = \frac{N_1}{l} \cdot I \quad (1)$$

Ammo hosil bo'ladigan magnit oqimining zichligi yoki magnit induksiyasi H ga to'g'ri chiziqli proporsional bo'lmaydi

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H \quad (2)$$

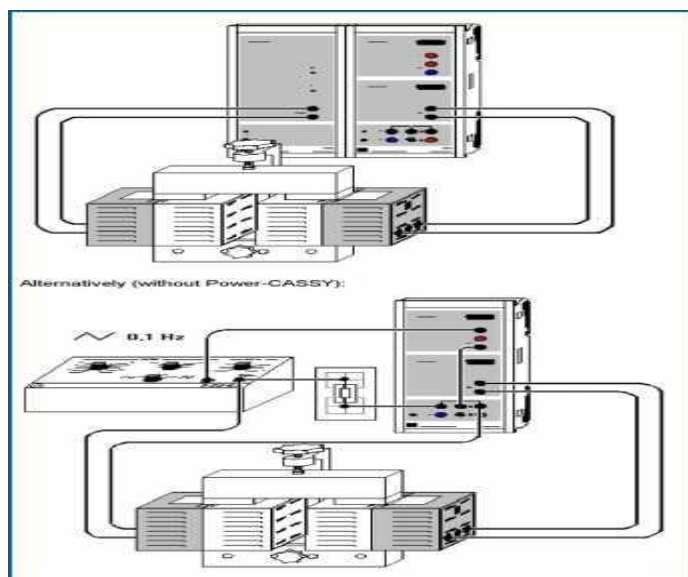
Bu yerda $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Gn}}{\text{A}}$

Magnit maydon kuchlanganligi H ning ortishi bilan magnit induksiyasi B_s to'yinish qiymatiga erishadi. Nisbiy magnit singdiruvchanlik μ_r ning qiymati magnit maydon kuchlanganligi H dan va ferromagnitning dastlabki magnit holatidan bog'liq bo'ladi. Magnisizlantirilgan ferromagnetikda magnit maydon kuchlanganligi $H=0$ A/m bo'lganda magnit induksiyasi $B=0$ T bo'ladi. Ammo, oddiy hollarda ferromagnit $H=0$ A/m bo'lganda ham nolga teng bo'lmagan qoldiq magnit oqimi zichligi B ga ega bo'ladi.

Shunday qilib, magnit induksiyasi B ning maydon kuchlanganligi H ning ortib borgandagi va kamayib borgandagi qiymatlarining funksiyasi sifatida gisterezis halqasi shaklida ifodalash qulay bo'ladi. Gisterezis halqasi butunlay magnitsizlantirilgan materialning $H=0$ A/m va $B=0$ T bo'lganda koordinatalar sistemasining 0 nuqtasidan boshlanadigan magnitlanish egri chizig'idan farq qiladi. Bu tajriba misolida H va B lar to'g'ridan to'g'ri (bevosita) o'lchanmagan, balki ularga proporsional bo'lgan kattaliklar, - birlamchi chulg'amdagi tok kuchi $I = \left(\frac{L}{N}\right) \cdot H$ va ikkilamchi chulg'amdagi magnit oqimi $\Phi = N_2 \cdot A \cdot B$ dan

foydalanilgan (N_2 – ikkilamchi chulg'amdagi o'ramlar soni, A – ferromagnit o'zagining ko'ndalang kesimi). Magnit oqimi Φ ikkilamchi chulg'amda induksiyanadigan U kuchlanishning integrali sifatida hisoblab topilgan.

Qurilmaning tavsifi



1 - rasm: Transformator o'zagining gisterezisi

Esperimental qurilma

Power - CASSY transformatorning birlamchi chulg'amini tok bilan taminlaydi. Φ magnit oqimi ikkilamchi g'altakda induksiyanadigan Sensor - CASSY kirishi B da o'lchanadigan kuchlanish qiymatidan hisoblab topiladi.

Bunga alternative ravishda siz tajribani Power - CASSY dan foydalanmasdan bog'lanish generator S_{12} dan foydalanib bajarishingiz mumkin. Bu apparat chastotasi 0,1 Gerts amplitudasi 2 V bo'lgan arrasimon signalga ulangan bo'lishi lozim. Magnitlanish egri chizig'ini o'lchash $I=0$ A da moslashtirilgan. U nuqtada aniq egri chiziq uchun tok rele yordamida transformator orqali shuntlangan va egri chiziqni o'lchashdan oldin qarshiligi 1 Om bo'lgan rezistordan oqadi.

Ishni bajarish tartibi.

1. Agar zarurat bo'lsa offset ni korrektirlang: Setting UB ni oching, "Correct" ni tanlang, dastlabki raqam qiymati "0V"ni o'rnatish va "Korrekt Offset"ni bosish.
2. Transformatorning o'zagini magnitsizlantirish.
3. Gizterezis halqasining bir davrdan keyin yoki $\Phi=0$ Vs da o'lchashni to'xtatish (bu holda o'zak qayta magnitsizlantirilmayligi mumkin), agar gizterezis ikkinchi va to'rtinchi kvadrantlarda yotgan bo'lsa, ikki g'altakdan birini ulash nuqtalarini qarama-qarshisiga almashtirish.
4. Agar tajriba o'tkazish davomida grafik displeyda tashqarida bo'lsa, setting UB dan o'lchash diapozonini kengaytirish.

O'lchashlar.

Gizterezis halqasi $B(H)$ ning yuzasi $\int B \cdot dH = \frac{E}{V}$ magnitsizlantirilgan materialning V hajmida qayta magnitlashdagi energiya isrofiga mos kelganligi uchun $\Phi(I)$ diagrammadagi berk soha

$$\int \Phi dl = \int N_2 \cdot A \cdot B \cdot \frac{L}{N_1} dH = \frac{N_2}{N_1} V \int B dH = \frac{N_2}{N_1} E$$

Ifoda bizga $N_1=N_2$ uchun qayta magnitlanishdagi energiya isrofi E ni aniq beradi. diagrammada siz gisterezis halqasining "Peak integration" bo'limidan foydalanib bu energiya ifodasini hisoblashingiz mumkin.

Sinov savollari.

1. Troid deb nimaga aytiladi?
2. Troid ichidagi nuqta uchun magnitmaydon induksiyasi qanday topiladi?
3. Gisterezis hodisasi qanday xarakterlanadi?
4. Ferromagnitlar deb nimaga aytiladi?
5. Ferromagnitlar deb nimaga aytiladi?
6. Qaysi haroratda ferromagnitlar xususiyatlarini yo'qotadilar?

3.12. ERKIN ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLARNING XUSUSIYATLARINI O'RGANISH

Tajriba maqsadi:

1. Elektr tebranishlar konturi bilan tanishish va tebranish konturinin xususiy chastotasini aniqlash.
2. Tebranish zanjirida tok va kuchlanish o'zgarishini tahlil qilish.

Kerakli jihozlar: Yuqori induktivli chulg'am, Kondensator, $40 \mu F$, asos taglik, (bir juf), DC ta'minlash manbai ($0 \dots \pm 15V$), Multimeter, Qo'l sekundomeri, (mexanik), Ulash simlari.

NAZARIY TUSHUNCHA

Bugungi kunda kommunikatsiya va hisoblash texnikalarini elektromagnit tebranish konturlarisiz ta'savur qilib bo'lmaydi. Ideal LC elektromagnit tebranish konturida energiya yo'qotilishi, so'nish bo'lmaydi. Ammo bu hol faqat nazariy jihatdan mumkin. Amalda esa tebranish konturlarida elektromagnit tebranishlar kam bo'lsada so'nadi. Misol qilib so'nuvchi garmonik ossilyatorni keltirish mumkin.

Tebranish konturi bir biriga ulangan kondensator va induktiv g'altakdan iborat bo'ladi. So'navchi tebranish konturida L va C zanjirga ketma-ket ravishda aktiv qarshilik ham mavjud bo'ladi.

Kirxgofning ikkinchi qonuni bo'yicha,

$$\sum_i U_i = 0, \quad (1)$$

Bu tenglama zanjirdagi barcha kuchlanishlar yig'indisi nolga teng ekanligini bildiradi. Bu qonun ichki qarshilikka ega bo'lgan tebranish konturida ham o'rinalidir (1 - rasmga qarang):

$$U_C + U_R - U_{ind} = \frac{Q}{C} + RI + LI = 0, \quad (2)$$

Ma'lumki, kondensator sig'imi $C = \frac{Q}{U_C}$, aktiv qarshilik kuchlanishi $U_R = RI$ (Om qonuni) va g'altakdagi reaktiv kuchlanishi $U_{ind} = -LI$ kabi aniqlanadi.

I tok kuchining diferensial tenglamasini (2) tenglama hadlarini L ga bo'lib, $\dot{Q} = I$, deb hisoblab hosil qilamiz:

$$I\omega_0^2 + \dot{I}\gamma + \ddot{I} = 0, \quad (3)$$

Bu yerda $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ – xususiy chastota, $\gamma = \frac{R}{L}$ konturning asilligi. Bu matematik differensial tenglamani yechish uchta xususiy holga olib keladi. Tenglama

$$I(t) = I_0 e^{-i\omega t}$$

Kabi yechimga olib keladi, bu erda I_0 tebranish amplitudasi, $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$: - tebranish chastotasi.

- Birinchi hol $\omega_0^2 - \gamma^2 < 0$.
- Bu holda sistema muvozanat holatiga eksponenta qonuniyat asosida tebranishlar hosil qilmasdan qaytadi.
- Ikkinchi hol $\omega_0^2 - \gamma^2 = 0$.
- Bu hol kritik(keskin) so'nish holati deyiladi. Sistema tebranishlarsiz tezda muvozanat holatiga qaytadi.
- Uchinchi hol $\omega_0^2 - \gamma^2 > 0$.
- Bunda sistemada tebranishlar kuzatiladi va amplitude eksponensial qonun bo'yicha kamayib boradi, so'nish kuzatiladi. 2 - rasmga qarang.

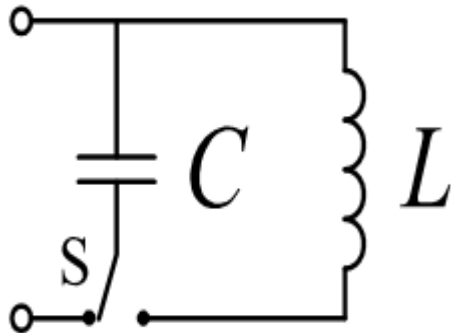
Bu tajribada faqat oxirgi holatni kuzatish mumkin. Kondensatordai boshlang'ich kuchlanish U_0 bo'lsa, induktiv g'altakda o'tuvchi tok kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$I(t) = I_0 e^{-\gamma t} \sin(\omega t), \quad (4)$$

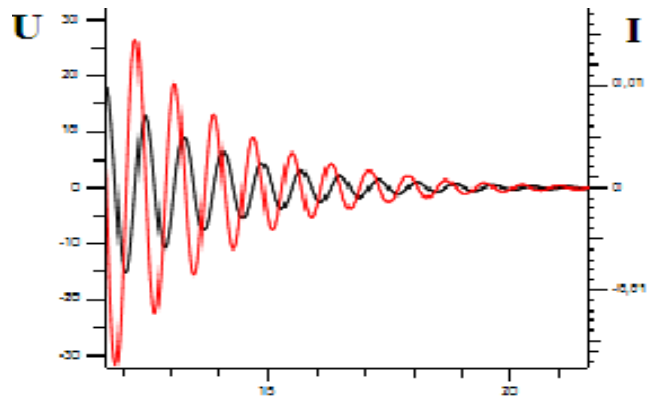
bu erda boshlang'ich tok kuchi $I_0 = \frac{U_0}{\omega L}$, ω - yuqorida keltirilgani kabi.

Kondensatordagi kuchlanish undagi zaryad miqdoriga mutanosib, shuning uchun zaryad miqdori tok kuchining integraliga proporsional bo'ladi. 4 tenglamadagi kosinus tok kuchi va kuchlanish qiymatlari orasida 90° faza siljishi borligini bildiradi.

$$U(t) = U_0 e^{-\gamma t} \cos(\omega t). \quad (5)$$



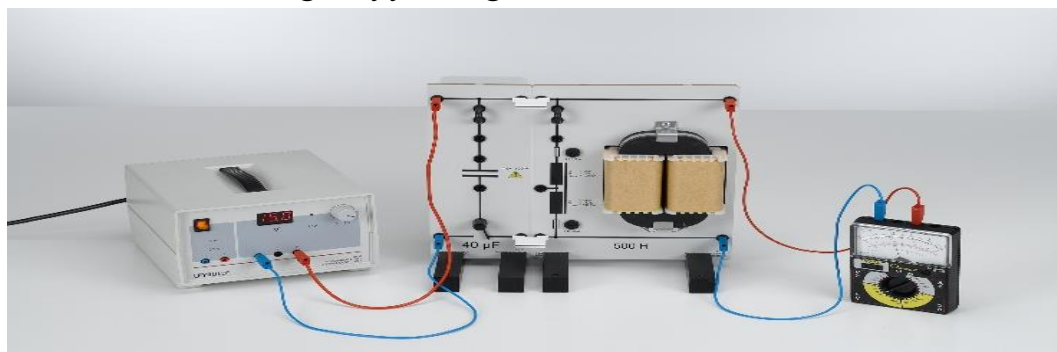
1-rasm: Kalitli tebranish konturi.



2-rasm: Kuchlanish va tok tebranishlari.

TAJRIBA QURILMASI

1. Qurilmani 3-rasmida keltirilgandek yig'ing.
2. Kuchlanish muruvatini 0 V ga qo'ying.
3. Multimeterni induktiv g'altakka parallel ulang va DC kuchlanishni 3V ga qo'ying.
4. Ta'minlash manbaini standga ulang.
5. Qo'l sekundomerini ishga tayyorlang.



3- rasm: Elektr tebranishlar konturi

ISHNI BAJARISH TARTIBI.

1. Kondensator ostidagi kalitni chap tomonga ulang, 3 - rasm asosida (kalit 1 - rasmda «S» biklan belgilangan).
2. Ta'minlash manbaini ulang.
3. Ta'minlash kuchlanishini 3V qilib tanlang.

4. Kuchlanish ortishdan to'xtamaguncha va kondensator to'la zaryadlanmaguncha kuting.

5. Endi kalitni manbadan induktiv g'altakga ulang va tebranish konturiga kuchlanish bering.

6. Kuchlanishning ikki maksimumi orasidagi vaqtni aniqlash uchun qo'l sekundomeridan foydalaning.

7. Kondensatorni zaryadlash uchun oxirgi uch amalni takrorlang va boshqa kuchlanish maksimumlari orasidagi vaqtni 4 marta o'lchang.

8. Ta'minlash manbaini tarmoqdan uzing va kondensatorni ta'minlash manbidan ajrating. Razryadlash uchun kondensator qutblarini qisqa tutashtiring.

O'LCHASH NAMUNASI

Dastlab, Ikki maksimum orasidagi Δt vaqtning o'rtacha qiymatini hisoblang. Bunda Δt ni topish uchun T davrni topishning Tomson formulasidan foydalaning:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (2.6)$$

Bundan, L va C ko'paytmasini topish mumkin.:

$$LC = \frac{T^2}{4\pi^2} \quad (2.7)$$

Nazariya va tajribani solishtirish uchun (2.7) formuladan foydalanib jadvalni to'ldiring.

Tajribalar	Formula	Nazriya bo'yicha	Tajribada
1	LC	0.02 s^{-2}	0.0172 s^{-2}
2			
3			
4			

SINOV SAVOLLAR.

1. Erkin elektromagnit tebranish deb nimaga aytiladi?
2. Elektromagnit tebranishlarning qo'llanilish sohasini tushuntiring?
3. Ideal tebranish konturi nima?
4. Solenoid uchun induktivlik formulasi va birligi?

IV – BOB. OPTIKA.

4.1. LINZALARNING FOKUS MASOFASINI VA LINZA TASVIRIDA SFERIK BUZILISHLARNI ANIQLASH.

Tajriba maqsadi:

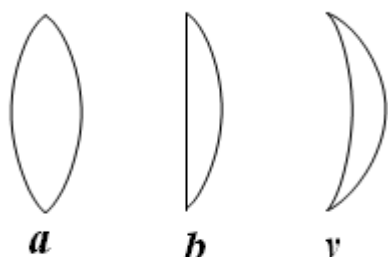
- Yig'uvchi linzaning fokus masofasini, buyumning tasvir kattaligini linza bilan tasvir orasidagi masofani o'lchamiga bog'liq aniqlash.
- Linzaning sferik aberrasiyasini o'rganish.
- monoxromatik yorug'lik yordamida linza fokus masofasini aniqlash.

Kerakli jihozlar: yig'uvchi linza, buyum, masshtabli chizg'ich, ekran, yoritgich, diafragma, yurug'lik filtirlari.

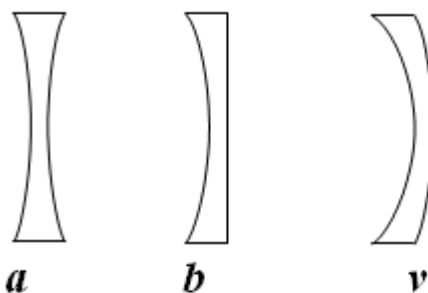
NAZARIY TUSHUNCHA

Linza - bu ikki sferik sirtlar bilan chegaralangan, yorug'lik nurlari uchun shaffof bo'lgan jism.

Linzalarning turlari. Linza ikki qavariq egrilik radiuslari teng bo'lgan sferik sirtlar bilan chegaralangan bo'lishi mumkin (ikki yoqlama qavariq linza, 1 - a rasm), qavariq sferik sirt va tekislik bilan chegaralangan (tekis - qavariq linza, 1 - b rasm), egrilik radiuslari turlicha bo'lgan qavariq va botiq sferik sirtlar bilan chegaralangan (botiq qavariq linza, 1 - v rasm) bo'lishi mumkin. Bu linzalarning o'rtasi chetlariga nisbatan qalinroq bo'ladi va shuning uchun ularni qavariq linzalar deb aytiladi. O'rtalari chetlariga nisbatan yupqa bo'lgan linzalar botiq linzalar deb aytiladi.



1 - rasm

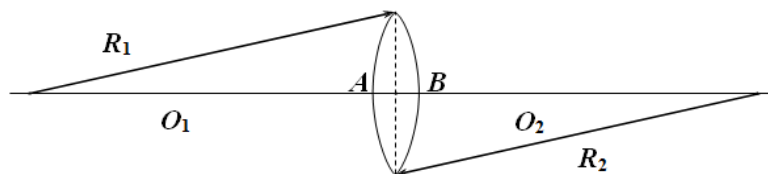


2 - rasm

Botiq linzalarning uch turining ko'rinishi 2 - rasmda keltirilgan: ikkiyoqlama botiq - a, tekis botiq - b va qavariq botiq - v. Qavariq linzalar - nurlarni yig'uvchi linzalar, botiq linzalar - nurlarni sochuvchi linzalar deyiladi.

Yupqa linza. Agar linzaning qalinligi $h=AB$ (3 - rasm), linzani chegaralovchi sferik sirtlarning egrilik radiuslari R_1 va R_2 ga nisbatan e'tiborga olmasa ham bo'ladigan darajada kichik bo'lsa, bunday linza yupqa linza deyiladi. Yupqa linzadagi A va B nuqtalar orasining o'rtasidagi O nuqtani linzaning optik markazi deb aytilish qabul qilingan. Linzaning bu optik markazidan o'tgan yorug'lik nuri

amalda sinmaydi. Linzani chegaralovchi sferik sirtlarning markazlaridan o'tuvchi O_1O_2 to'g'ri chiziq linzaning bosh optik o'qi deb aytiladi.

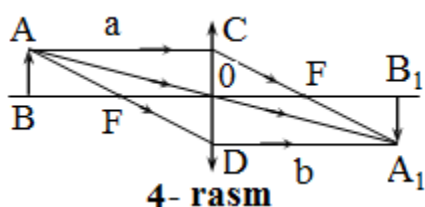


3-rasm

Linzada tasvir yasash

Yuqorida ko'rganimizdek, buyumning biror nuqtasidan chiqqan hamma nurlar linzadan o'tib, bir nuqtada kesishadi. Yupqa linza xuddi ana shu xossasi tufayli buyumning ixtiyoriy nuqtasi tasvirini va demak, butun buyumning tasvirini beradi.

Fokuslari va optik markazi ma'lum bo'lgan yig'uvchi linza yordamida hosil qilinadigan tasvirlarni yasash uchun nurlarning asosan uchta turidan foydalanish mumkin. Yuqorida aytib o'tilgandek, bosh optik o'qqa parallel bo'lgan nurlar linzada singandan so'ng uning fokusidan o'tadi. Nurlar yo'lining qaytuvchanligidan linzaga uning fokusi orqali boruvchi nurlar singandan so'ng bosh optik o'qqa parallel ravishda yo'naladi, degan xulosa chiqadi. Nihoyat, linzaning optik markazi orqali o'tuvchi nurlar o'z yo'nalishini o'zgartirmaydi. Ular faqat parallel ravishdagina siljiydi, yupqa linza bo'lgan holda bu siljish katta bo'lmaydi va uni hisobga olmasa ham bo'ladi.



4- rasm

Berilgan $AB(d)$ buyumning tasvirini hosil qilishni ko'rib chiqaylik (4-rasm). A nuqtani tasvirini topish uchun AC nurni linzaning bosh optik o'qiga parallel holda yo'naltiramiz. Bu nur singandan so'ng linza fokusi orqali o'tadi.

Ikkinchi AD nurni fokus orqali yo'naltirish mumkin. Bu nur singandan so'ng linzaning bosh optik o'qigavparallel ravishda ketadi. Bu ikkala singan nurlarning kesishuv nuqtasida A nuqtaning tasviri A_1 bo'ladi. Tasvirning qolgan hamma nuqtalarini ham xuddi shu tarzda hosil qilish mumkin. Tasvir ikki yoki uch nurdan hosil bo'ladi deb o'ylash yaramaydi. Tasvir A nuqtadan chiqib, A_1 nuqtaga yig'iladigan sanoqsiz nurlardan hosil bo'ladi. Jumladan A_1 nuqtaga linzaning optik markazi O dan o'tuvchi AOA_1 nur tushadi. Shunday qilib, nuqtaning tasvirini yasash uchun linza orqali boradigan yo'li ma'lum bo'lgan quyidagi uch xil nurlarning istalgan ikkitasidan foydalanish mumkin:

- 1) linzani optik markazidan o'tuvchi nur;
- 2) linzaga uning bosh optik o'qiga parallel ravishda yo'nalgan nur;
- 3) linzaning fokusidan o'tuvchi nur.

Yupqa linzaning formulasi. Linzaning kattalashtirishi

Uchta kattalikni: buyumdan linzagacha bo'lgan d masofani, tasvirdan linzagacha bo'lgan f masofani va fokus masofa F ni bir - biriga bog'lovchi formulani keltirib chiqaramiz. AOB va A_1B_1O uchburchaklarning o'xshashligidan (4 - rasmga qarang):

$$BO/OB_1=AB/A_1B_1$$

COF va FA_1B_1 uchburchaklarning o'xshashligidan: $CO/A_1B_1=OF/FB_1$ $AB=CO$ bo'lgani uchun

Bundan $AB/A_1B_1=OF/FB_1$ yoki $BO/OB_1=OF/FB_1$

$$\frac{a}{b} = \frac{F}{b-F}$$

Sodda shakl almashtirishlardan so'ng:

$$bF + Fa = ab.$$

Hosil qilingan ifodaning barcha hadlarini Fab ko'paytmaga bo'lsak, quyidagi munosabat chiqadi:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}, \quad (1)$$

$$F = \frac{ab}{b+a} = \frac{1}{D}. \quad (2)$$

Yuqoridagi (1) yoki (2) munosabatni yupqa linza formulasi deb atash qabul qilingan.

Linzaning kattalashtirishi

Linza hosil qiladigan tasvir, odatda, tasviri tushirilgan buyumdan katta - kichikligi jihatdan farq qiladi. Buyum bilan uning tasviri o'lchamlari orasidagi farq kattalashtirish degan tushuncha bilan xarakterlanadi. Tasvirning chiziqli o'lchamining buyumning chiziqli o'lchamiga nisbati chiziqli kattalashtirish deb ataladi. Agar AB buyumning balandligi h ga; AB buyum tasvirning balandligi esa $H(A_1B_1)$ ga teng bo'lsa, u holda nisbat chiziqli kattalashtirish bo'ladi.

$$k = \frac{H}{h}, \quad (3)$$

AOB va OAB uchburchaklarning o'xshashligidan quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$\frac{H}{h} = \frac{b}{a}.$$

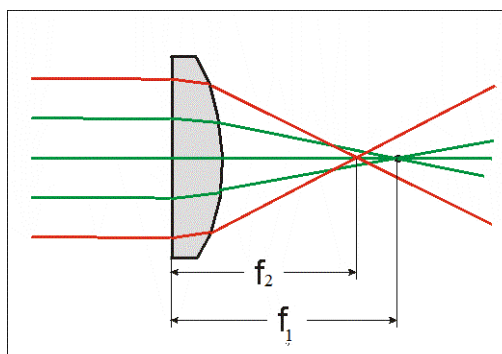
Binobarin, linzaning kattalashtirishi tasvirdan linzagacha bo'lgan masofaning linzadan buyumgacha bo'lgan masofaga nisbatiga teng:

$$k = \frac{b}{a}. \quad (4)$$

Linzalar (raqamli) kameralar, mikroskoplar, teleskoplar, shishalar, spektroskoplar va optoelektron asboblari kabi ko'pchilik qurilmalarda qo'llaniladigan optik elementlar hisoblanadi. Linza sistemalari tuzilishidagi bunday optik xatoliklar va akslantirish xatoliklari tuzatilishi kerak.

Agar nur yo'li optik o'qni kichik burchak ostida kesib o'tsa, va linzadan o'tayotgan nur uchun tushish burchagi va sindirish burchagi ham unchalik katta bo'lmasa sferik linza nuqtani ideal nuqta sifatida tasvirlaydi. Gauss optikasi deb ataladigan bunday sharoit cheklangan holatlardagina bajariladi, amaliyotda esa aberrasiyalar (tasvir nuqsonlari) muqarrar.

Mazkur tajribada “sferik aberrasiya” o'rganiladi. Linza akslantirishidagi boshqa xatoliklar, ya'ni “xromatik aberrasiya”, “akslantirish buzilishlari” (barrel va yostiqlar) va boshqalar.



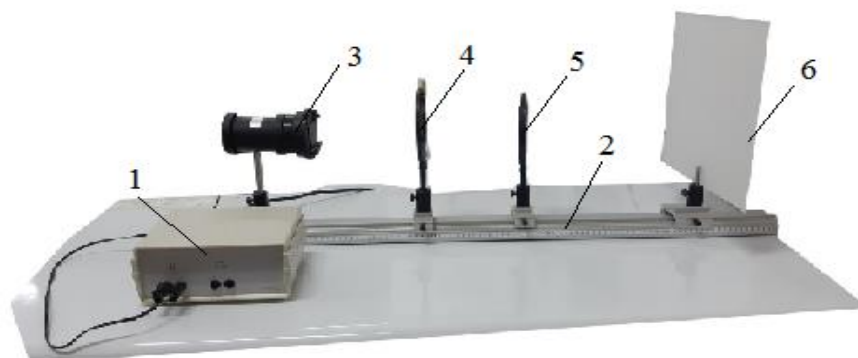
5-rasm: Paraksial va abaksial nurlarning kesishuvi.

Faqat optik o'qqa yaqin nurlarga linza fokusining nuqtasida kesishadi. Chetki nurlar optik o'qni linza bilan fokus nuqtasi oralig'ida kesadi.

Sferik aberrasiya tasvirning linzada kuzatiladigan turli nuqsonlaridan biri hisoblanadi. Optik o'qqa parallel tushayotgan barcha nurlar ham linzadan o'tgandan keyin fokus masofada yig'ilmaydi. Optik o'qqa yaqin nurlarga nisbatan chetki nurlar uchun fokus masofa (5-rasm). Natijada optik o'q oldidagi (atrofida) fokal tekislikda nurlar uncha katta bo'lmagan aylana sohasini shakllantiradi.

Linzalarning aberrasiyasi turli usullar bilan kamaytirilishi mumkin, masalan linzaning oldingi va orqa sirtlarining egrilik radiuslarini munosib tanlash orqali kamaytirish mumkin.

QURULMANING TAVSIFI



6 – rasm.

(1) transformator, (2) optik taglik, (3) yoritgich, (4) difragmma, (5) qavariq linza, (6) ekran.

6 voltli lampa cho'g'langanda, korpusdagi lampa qo'yilmasini shunday buringki, lampa tolasining yorqin siymosi ekranda aniq ko'rinsin. Buyumni lampaga korpusiga o'rnatib difragma bilan chetki nurlarni kamaytiring. Kerakli o'lchamlarni yozib oling.

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1 - topshiriq. Yig'uvchi linzaning fokus masofasi va linza kattalashtirishini aniqlash.

1. Lampani optik kursida 6-rasmda tasvirlanganidek sozlang.
2. Lampa tolasining tasviri gorizonttal bo'lishi uchun lampa qo'yilmasini to'g'rilang.
3. Yarim shaffof ekranni sozlang va lampa bilan yarim shaffof ekran orasiga linzani qavariq tomoni bilan joylashtiring.
4. Biror - bir aniq o'lchamga ega bo'lgan buyumni o'lchamini aniqlab(h), lampa tutqichiga joylashtiring.
5. Gulsafsarsimon shaklli diafragmani lampa oldiga joylashtiring va uni to'liq oching. Yarim shaffof ekranda buyumning ravshan tasviri hosil bo'lguncha, linzani (lampa tomon) siljiting.
6. Ekranni yoritkichdan (buyumdan) uzoqroq o'rnatib, ularning orasiga linza qo'yiladi va ekranda buyumning tasviri aniq ko'ringuncha linza u yoq bu yoqqa suriladi.
7. Taglik bo'ylab o'rnatilgan chizg'ichdan buyum va linza orasidagi masofa(a), linza va ekran vaziyatlari (b) aniqlanib fan daftaringizga yozing.
8. Ekranda buyumning aniq tasviri hosil qiling va uni o'lchab oling(H).
9. (3) ifoda orqali linza kattalashtirishini aniqlang.
10. (2) ifoda orqali linzaning fokus masofasini toping.
11. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

1 - jadval. Linza fokusini topish.

№	h(m)	H(m)	k	a(m)	b(m)	F(m)	F _{o'r} (m)	D(dpтр)	ΔF	$\varepsilon(\%)$
1										
2										
3										

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

2- topshiriq. Monoxromatik to'lqin yordamida linza fokus masofasini aniqlash.

1. Lampa korpusiga monoxromati yorug'lik filtni o'rnatib.
2. 1- topshiriqdagi 1 - 12 bandlarni takrorlang.

2-jadval. Linza fokusini topish.

№	$\lambda(\mu\text{m})$	$h(\text{m})$	$H(\text{m})$	K	$a(\text{m})$	$b(\text{m})$	$F(\text{m})$	$F_{\text{or}}(\text{m})$	$D(\text{dptr})$	ΔF	$\varepsilon(\%)$
1											
2											
3											

3 - topshiriq. Linzaning sferik aberrasiyasini aniqlash.

1. Chetki yorug'lik nurlarini blokirovka qilish uchun markazi tuynukli diafragmmani linzaning tekis tomoniga qotiring.
2. Linzani siljitish orqali buyumning ravshan tasvirini oling. Linza f_1 o'rnini yozib oling.
3. Kichik tuynukli diafragmmani xalqasimon diafragma bilan almashtirib markaziy nurlarni kesing.
4. Nurni ravshan tasvir kuzatish mumkin bo'lguncha linzani siljiting. Chetki nurlar hosil qilgan tasvirlar kichik ravshanlikka ega.
5. Linza f_2 o'rnini yozib oling.
6. Tasvirning nuqsoning $\Delta f = f_2 - f_1$ orqali aniqlang.

3 - jadval. Linzaning sferik aberrasiyasini aniqlash.

№	$a(\text{m})$	$b(\text{m})$	$f_1 (\text{m})$	$f_2 (\text{m})$	$\Delta f(\text{m})$
1					
2					
3					

7. Buyum tekisligidan ekrangacha masofani o'zgartirib, tajriba bir necha marta takrorlang.

SINOV SAVOLLARI

1. Yupqa linza deb nimaga aytiladi?
2. Linzalarning qanday turlari bor?
3. Linzaning bosh optik o'qi, fokusi va fokal tekisligi deb nimaga aytiladi?
4. Yupqa linza formulasini keltirib chiqaring?
5. Linzaning optik kuchi deb nimaga aytiladi?
6. Linzaning fokus masofasini aniqlash usullarini tushuntiring.

4.2. NYUTON HALQALARI YORDAMIDA LINZANING EGRILIK RADIUSINI VA YORUG'LIKNING TO'LQIN UZUNLIGINI ANIQLASH

Tajriba maqsadi:

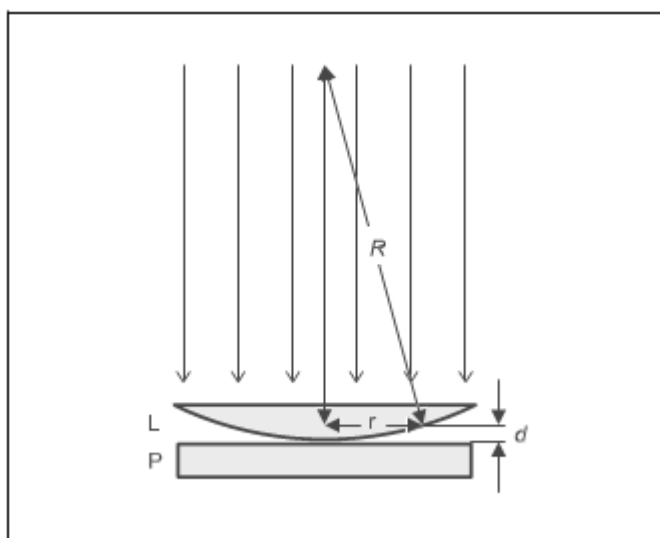
- Interferensiya hodisasini kuzatish.
- Nyuton halqalari yordamida linzaning egrilik radiusini aniqlash.
- Nyuton halqalari yordamida yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlash.

Kerakli jihozlar: pretsezion optik stol, naezdniklar, galogen lampa, ulovchi similar, yorug'lik filtirlari, linza, ekran.

NAZARIY TUSHUNCHA

Suvdagi yupqa neft qatlamlaridagi juda yupqa sovun pardalaridagi va yupqa havo qatlamlaridagi rangli hodisalar yorug'lik to'lqinlarining interferensiyasi sababli yuzaga keladi. Bugungi kunda yupqa qatlamlardagi yorug'likning interferension hodisalaridan shisha sirtidan akslanishlarni kamaytirish maqsadida foydalaniladi.

Nyuton xalqalari bir - biriga juda yaqin bo'lgan ikkita sindiruvchi sirtlardan yorug'likning qaytishi va sinishi natijasida yuzaga keladi. Mazkur tajribada Nyuton xalqalari egrilik radiusi katta bo'lgan va juda sust qavariq tomoni yassi shisha plastina bilan tutashgan yassi qavariq linza orqali generasiyalanadi. Agar bu birikma perpendikulyar tushayotgan parallel oq yorug'lik bilan yoritilsa, ikki sirt tutashgan nuqta atrofida rangli shakldagi konsentrik xalqalar hosil bo'ladi. Interferension xalqalar qaytgan yorug'likda ham, o'tgan yorug'likda ham kuzatiladi. interferension xalqalar orasidagi masofa doimiy emas, chunki bitta tutashuvchi sirt egik.



1 - rasm.

Monoxramatik yorug'lik to'ldin bir - biriga jips tegib turuvchi shisha plastinka va qavariq linza sistemasidan o'tganda (yoki qaytganda) navbatlashib keluvchi qorong'i va yorug' xalqalar ko'rinishidagi interfrension manzara kuzatiladi, ular Nyuton xalqalari deb ataladi. Bu manzara yupqa shaffof plastinkalarga nur tushib qaytganda hosil bo'ladigan kogerent nurlarning ko'shilishi natijasida hosil bo'ladi. 1 va 2 nurlarning yo'l farqini (2 - (a) - rasm) aniqlash uchun quyidagi ifodani hosil qilishi mumkin:

Nyuton xalqalari kuzatiladigan qurilmada (2(b) - rasm) havo qatlami juda kichik bo'lgani uchun

$$\Delta = 2d + \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

$$\Delta = 2d + 2\frac{\lambda}{2} = 2d + \lambda \quad (3)$$

d juda kichik masofa, uni bevosita o'lchash qiyin. Uni 2(b) - rasmdan foydalanib aniqlab, (2) va (3) munosabatlarni mos ravishda quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2} \quad (2,a)$$

$$\Delta = \frac{r^2}{R} + \lambda \quad (3,a)$$

bu yerda r – Nyuton xalqalarining, R ($r \ll R$) esa linzaning egrilik radiusi, (2) va (3) ifodani qurilmadan qaytgan nur qorong'i xalqalari radiuslari uchun

$$r_k = \sqrt{kR\lambda} \quad (4)$$

va yorug' xalqalari radiuslari uchun esa

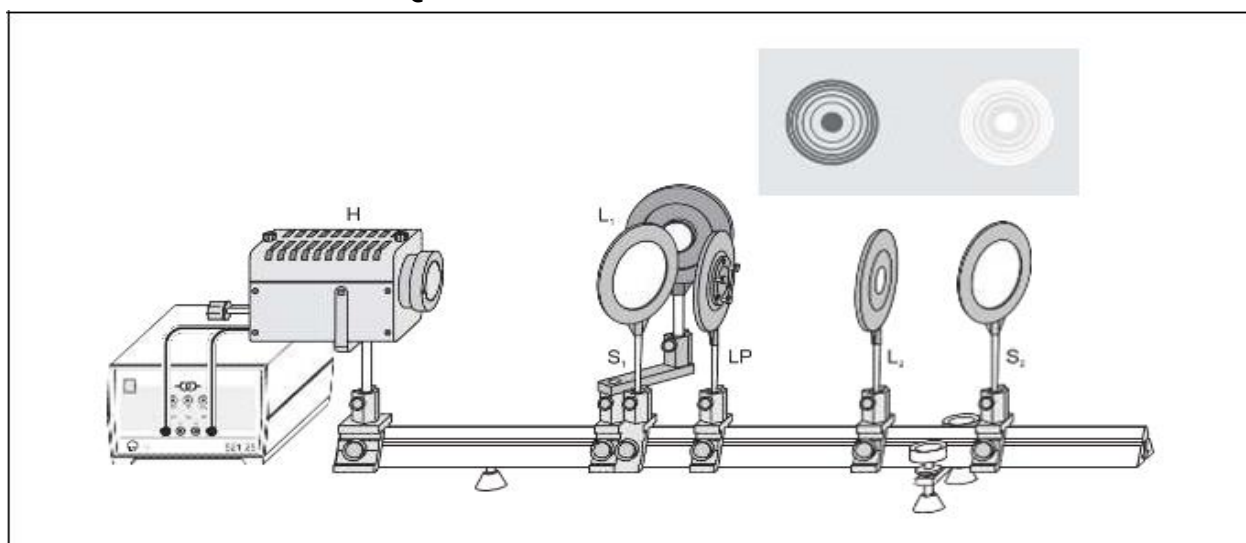
$$r_k = \sqrt{(2k+1)\frac{R\lambda}{2}} \quad (5)$$

ifodani hosil qilish mumkin. Qurilmadan o'tgan nurlar (2(v) - rasm) uchun bu ifodalarning o'rni almashtiriladi.

(4) va (5) ifodalardan linzaning egrilik radiusi R ni yoki monoxramatik yorug'lik to'lqin uzunligi λ ni aniqlash mumkin. Biroq shisha mo'rt materiallardan bo'lgani uchun linza bilan jips joylashtirish qiyin (juda kichik qalinlikda bo'lsa ham havo qatlami mavjud bo'ladi). Ushbu holatni yuzaga keltiradigan (kamchilik) xatolikni yo'qotish maqsadida R kattalik ikki xalqa radiuslari ayirmasidan foydalanib aniqlanadi:

$$R = \left(\frac{r_m^2 - r_n^2}{m - n} \right) \frac{1}{\lambda} \quad (6)$$

QURULMANING TAVSIFI



3- rasm. Nyuton xalqalarini kuzatish uchun tajriba qurilmasi.

H: galogen lampa, LP yassi-qavariq linza va shisha plastina, S_1 , S_2 nur ajratgichlar

L_1 , L_2 xalqalarni shakllantirish uchun linzalar.

H: galogen lampa tutqichiga yorug'lik filtrini o'rnatish. LP va S_1 , S_2 nur ajratgichlar

L_1 , L_2 xalqalardan yorug'lik dastasi o'tib interferensiya manzaraning ekranda namoyon qiling.

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

- 3 - rasmda tasvirlangandek tajriba jihozlarini ishga sozlang.
- Oq yorug'likda Nyuton halqalarini kuzating.
- Yorug'lik filtrini galogen lampa nurini yo'lga o'rnatish va ekranda Nyuton halqalarining radiuslari aniq ko'rinsin.
- Proyeksiyalangan masshtab orqali markazning yorqin (n) va qoramtir (m) diametrini o'lchang.
- (6) ifoda orqali linzaning egrilik radiusini aniqlang.
- Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

1 - jadval. Linza egrilik radiusini aniqlash.

N _o	N	m	r_n	r_m	$\lambda(\mu)$	R(m)	$R_{o,r}(m)$	ΔR	$\varepsilon(\%)$
1									
2									
3									

- Yorug'lik filtri to'lqin uzunligi (λ) ni 2 - ilovadan foydalanib yozib oling.
- Yorug'lik filtrini o'zgartirib linzaning egrilik radiusi aniq deb (5) ifodadan (λ) ni toping.
- Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

SINOV SAVOLLAR

- Yorug'lik interferensiya hodisasi va uning tajriba sharoitida kuzatish usullarini ayting.
- Interferensiya hodisasi qaysi sohada va nima maqsadlarda foydalaniladi.
- Nyuton halqalari qanday hosil bo'ladi.
- Qaytgan nur qorong'u halqalari radiuslarining ifodasi nimaga teng?
- linzaning egrilik radiusini formulasini ifodalang.

4.3. DIFRAKSION PANJARA YORDAMIDA YORUG'LIK TO'LQIN UZUNLIGINI ANIQLASH

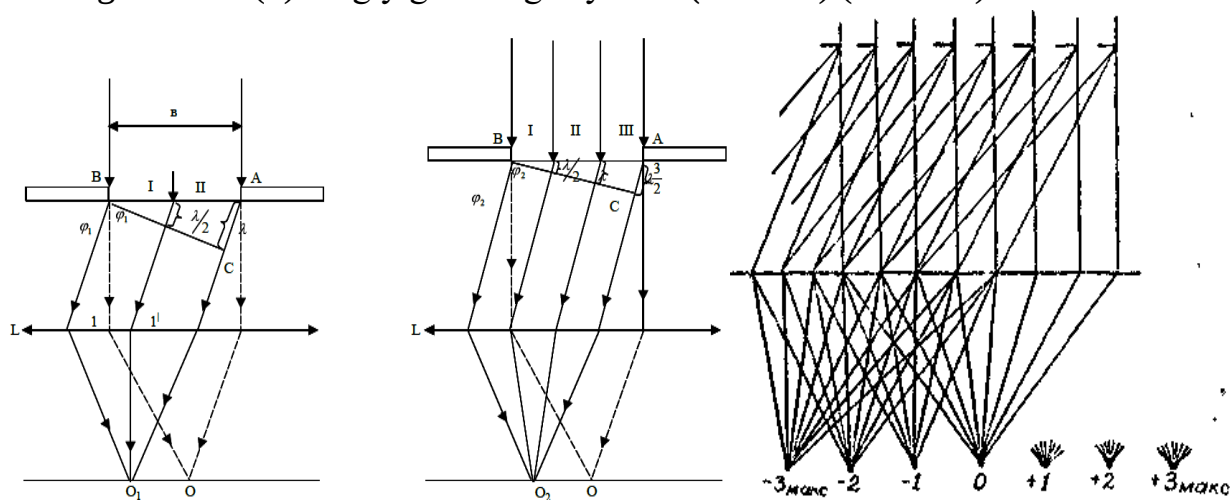
Tajriba maqsadi: spektrning turli sohalarida yorug'lik to'lqin uzunligi aniqlash.

Kerakli jihozlar: Yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash uchun mo'ljallangan qurilma, difraksion panjara, cho'glanma elektr lampasi.

NAZARIY TUSHUNCHA

Yorug'lik nurlarini yo'lida uchraydigan kichik tirqish orqali o'tib ekranda yorug' va xira yo'llar hosil qilishiga, ya'ni nurlarning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishidan chetlashishiga, yorug'lik difraksiyasi deyiladi. Difraksiya hodisasini yuygens prinsipi asosida tushintirish mumkin. Bu prinsipga ko'ra, to'lqin frontning har bir nuqtasini elementar to'lqinlar hosil qiluvchi mustaqil manba deb qarash mumkin. Nurning to'lqin uzunligi qisqa bo'lganligi uchun to'g'ri chiziqli tarqalishdan chetga chiqishi oz bo'lsa buni kuzatishda nurni juda kichik tirqishdan o'tkazish lozim. Odatda laboratoriya ishlarida har bir millimetrida 100 tagacha tirqishlari bo'lgan oddiy shisha difraksion panjara ishlatiladi.

Difraksion panjaraning parametrlaridan biri difraksion panjara davri. Difraksion panjara davri (doimiysi) deb tirqish kengligi (a) bilan tirqishlar orasidagi masofa (b) ning yig'indisiga aytiladi ($d = a + b$) (1 - rasm).



1 - rasm

1 - rasmda esa ko'p burchaklar ostida beriladigan nurlar ko'rsatilgan. Agar yorug'lik manбайдan chiqadigan nur murakkab yorug'likdan iborat bo'lsa, ekranda hosil bo'ladigan tasvir rangli bo'ladi. Bunda rangli tasmlar qora tasmlar bilan ajratilgan bo'ladi. Ekrandagi bundan rangli tasvirga difraksion spektr deyiladi. Spektrlarda hosil bo'ladigan difraksion maksimumlar quyidagi shartga asosan topiladi:

$k \sin \varphi = \delta$ bunda δ - ikki chetki nurlar orasidagi yo'l farqi. Agar butun to'liqin uzunligiga karrali bo'lsa, ya'ni $\delta = k\lambda$, unda A nuqtada maksimum kuzatiladi.

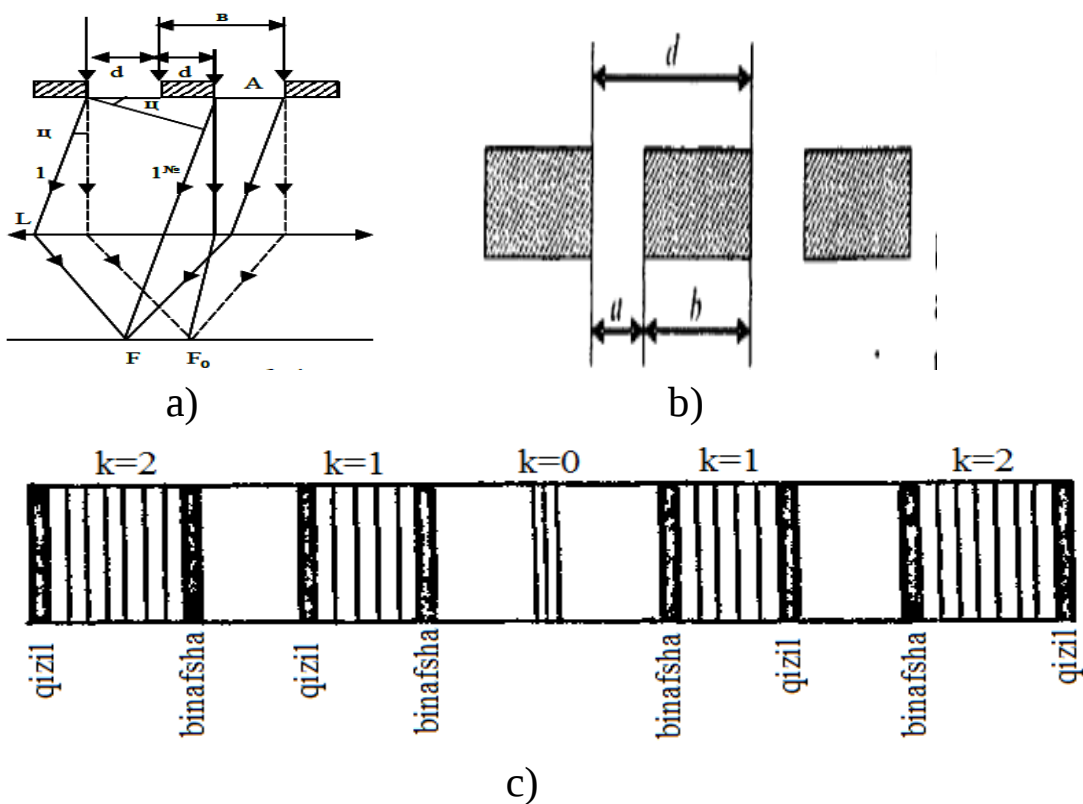
$$d \sin \varphi = k\lambda \quad (1) \quad k = 0, 1, 2, 3...$$

(1) tenglamadan λ - ni topamiz

$$\lambda = \frac{d \cdot \sin \varphi}{k} \quad (2)$$

Odatda difraksion panjaraga murakkab yorug'lik tushganda bitta spektr o'rnida spektrlar seriyasi hosil bo'ladi (1-rasm).

$k = 0$ bo'lganda (3-rasm) $\varphi = 0$, bunda markaziy oq tasma, yorug'lik manbaining rangiga mos keladi. $k = 1$ bo'lganda, oq tasmaning ikki tomonidan simmetrik ravishda rangli tasmlar hosil bo'ladi, bu tasma binafsha nurdan boshlanib, qizil rangda tugallanadi.



2-rasm

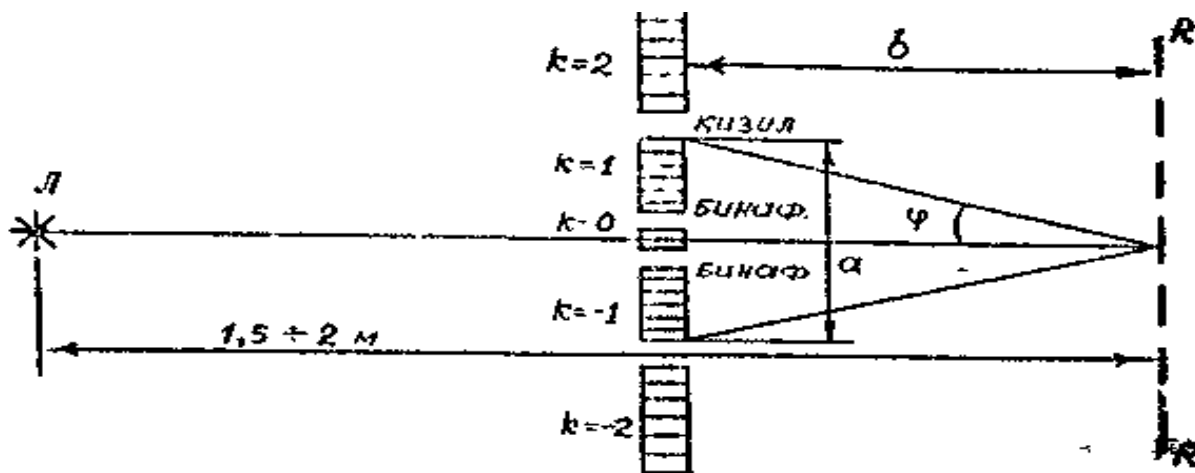
Hosil bo'lgan spektrga birinchi tartibli spektr deyiladi. Spektrning qizil sohasi binafsha nurga nisbatan kattaroq burchakka siljigan bo'ladi. $k = 2$ bo'lganda ikkinchi tartibli spektr va hokazo tartibli spektrlar hosil bo'ladi.

Difraksion panjara yordamida to'liqin uzunligini laboratoriya usulida aniqlash maqsadida 3 - rasmda keltirilgan sxemadan foydalanish mumkin. Bu sxemada lampadan parallel nurlar tirqish orqali difraksion panjaraga tushiriladi. Kuzatuvchi difraksion panjara orqali qaraganda tirqish joylashgan shkalada spektrlarni kuzatadi. Birinchi tartibli spektrda binafsha nurlar orasidagi masofa "a"

va shkala bilan difraksion panjara orasidagi masofa "b" bo'lsin (2) formuladan λ ni topish uchun $b \gg a$ shartidan foydalanib $\sin \varphi \approx \tg \varphi$ va 3-rasmdan

$$\sin \varphi = \tg \varphi = \frac{a}{2b} \quad (3)$$

ekanini ko'rish mumkin

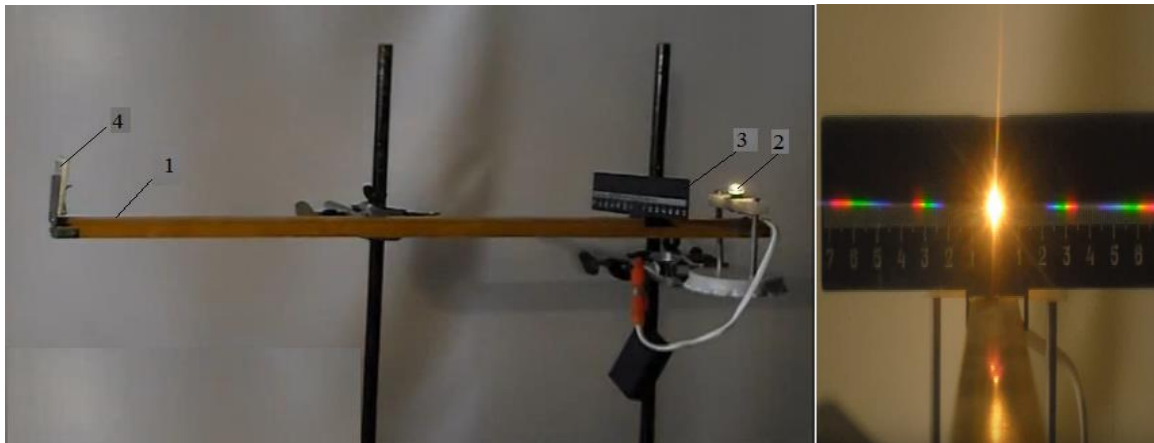


3-rasm

(3) ifodani (2) formulaga qo'ysak:

$$\lambda = \frac{d \cdot a}{2k \cdot b} \quad (4)$$

QURULMANING TAVSIFI



4-rasm.

(1) Chizg'ich, (2) cho'glanma elektr lampa, (3) millimetrli shkala, (4) difraksion panjara. (3) millimetrli shkala tirqishidan (2) nurlarini shunda o'tazingki nurlar parallellik shartini bajarib (4) ga yetganda millimetrli shkalada bir necha yorug'lik to'lqining maksimumlar (spektrlar: binafshadan to qizilgacha bo'lgan ranglar) hosil bo'lsin.

O'LCHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

1. Yorug'lik manbaini difraksion panjaradan 1,5-2 m uzoqlikda o'rnatib, tok manbaiga ulang. Bunda nurlar dastasini tirqish orqali o'tib, difraksion panjaraga tushishini ta'minlang.

2. To'liq uzunligini aniqlash uchun mo'ljallangan qurilmaning old qismiga difraksion panjarani o'rnatib, lampa, tirqish va difraksion panjara lampa bilan bir xil balandlikda bo'lishini ta'minlang.

3. Spektr tasviri shkala shitida hosil bo'lgan shitni brusok ustida harakatlantiring.

4. Shitdagi shkaladan 1 va 2-tartibdagi qizil va binafsha nurlarning chegaralarini aniqlab ular orasidagi masofa " a " ni ulchang. (a masofani birinchi tartibli qizil yoki binafsha, xuddi shunday ikkinchi tartibli va hokazo tartibli spektrlar uchun ham olish mumkin).

5. Brusok bo'ylab difraksion panjaradan shkalagacha bo'lgan masofa " b " ni yozib oling.

6. " a " va " b " qiymatlarini (4) formulaga quyib λ ni aniqlang.

7. Topilgan qiymatlarni jadval ko'rinishida rasmiylashtiring.

1- jadval. Yorug'lik to'liq uzunligini aniqlash.

№	K	d(m)	a(m)	b(m)	$\lambda(10^{-7}\text{m})$	$\Delta\lambda(10^{-7}\text{m})$	$\epsilon(\%)$
1							
2							
3							
4							

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

SINOV SAVOLLARI

1. Yorug'likning to'liq tabiatini tushintiring.
2. Yorug'lik difraksiyasi nima?
3. Dispersion spektr difraksion spektrdan qanday farq qiladi?
4. Qaysi nur difraksiya spektorda eng katta og'ish burchagiga ega bo'ladi?

4.4. QO'SH TIRQISHDA VA KO'P SONLI TIRQISHDA DIFRAKSIYA - VIDEOCOM VOSITASIDA QAYD QILISH VA HISOBLASH.

Tajriba maqsadi:

Quyidagi hollar uchun difraksion tasvirlarni qayd qilish va intensivlik taqsimotini modellashtirish:

-tirqishning turli kengliklari uchun, tirqish kengligi doimiy qo'sh tirqishlar va tirqish kengligini aniqlash bilan.

-tirqishning turli intervallari uchun, tirqish kengligi doimiy qo'sh tirqishlar va tirqish intervalini aniqlash bilan.

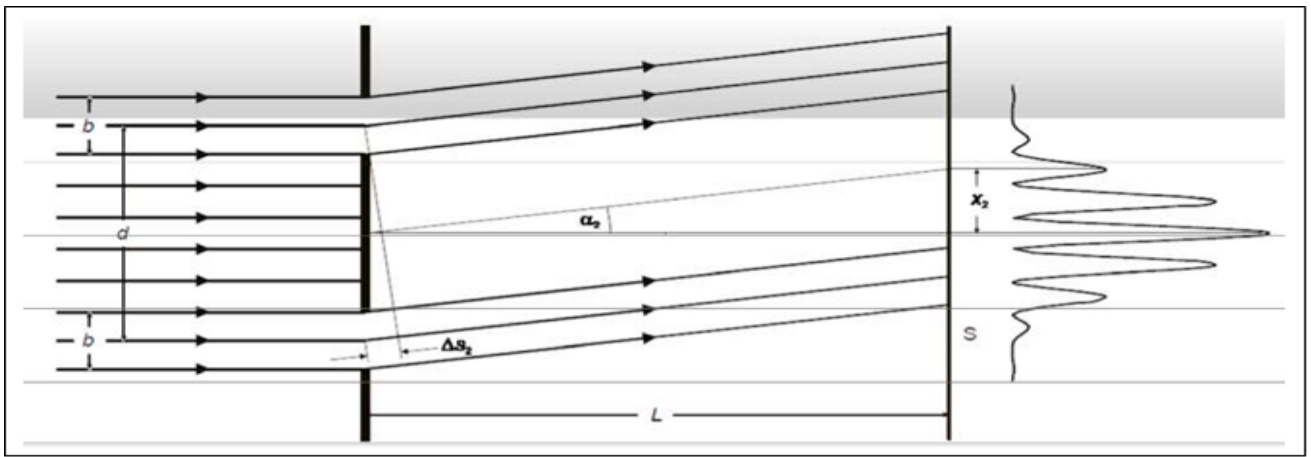
-tirqishlar turli soni uchun ko'p tirqishlar va tirqish kengligini va tirqish intervalini aniqlash bilan.

Kerakli jihozlar: qo'sh tirqishli diafragma, qo'sh tirqishli diafragma, qo'sh tirqishli diafragma, prujinali siqib turuvchi tutgich, He - Ne - Lazer, chiziqli qutblangan, polyarizatsion filter, videoCom, gardishli linza, optik stol, profili standard optik reyder

NAZARIY TUSHUNCHA

Erkin tarqalayotgan yorug'lik nurining yo'liga to'siqlar, masalan gulsapsar tipli diafragma yoki tirqish qo'yilganda difraksion hodisalar yuz beradi. Yorug'likning to'g'ri chiziqli tarqalishdan og'ishi kuzatiladigan bunday holat difraksiya deb ataladi. Difraksion hodisalar o'rganilganda, tajriba bajariladigan ish tartibi ikki turga ajratiladi: *Fraungofer* difraksiyasi holida yorug'likning parallel to'lqin frontlari difraksion obyektning old tomonida va ortida o'rganiladi. Bu bir tomondan difraksion obyektдан cheksiz masofada joylashgan yorug'lik manbasiga va ikkinchi tomondan xuddi shuningdek difraksion obyektдан cheksiz masofada joylashgan ekranga mos keladi. Uni tajribada nur yo'liga joylashtirilgan yig'uvchi linzalar yordamida, masalan yorug'lik manbasi bilan difraksion obyekt orasiga joylashtirish orqali amalga oshirish mumkin.

Frenel difraksiyasi holida yorug'lik manbasi va ekran difraksion obyektдан chekli masofada joylashadi. Masofa ortib borgani sari *Frenel* difraksion tasvirlari *Fraungofer* difraksion tasvirlariga o'xshashroq bo'lib boradi. *Fraungofer* difraksiyasi holida difraksion tasvirlarni hisoblash ancha soddaroq. Shu sababli mazkur ishda bayon qilingan tajribalar *Fraungofer* nuqtai nazariga asoslangan



1-rasm. Qo'sh tirqishdan yorug'lik difraksiyasining

b : tirqish kengligi

g : tirqishlar oralig'i

L : tirqish bilan ekran orasidagi masofa

x_2 : markazdan 2 - intensivlik minimumigacha masofa

α_2 : 2-susaygan interferensiya kuzatiladigan yo'nalish

Δs_2 : yo'llar farqi

S : kuzatish tekisligi (VideoCom ning ZBA kanali)

T. Yungga asosan, ikkita kogerent nurni bir - biriga yaqin joylashgan teng kenglikdagi tirqishlar orqali intensiv va kogerent lazer nuridan olish mumkin. Bu esa tirqishlarning ikki (qo'sh) yorug'lik manbai sifatida namoyon bo'lishini anglatib, yorug'lik dastalari ancha darajadagi uzoq masofada birlashadi. Bu ikki tirqishdagi difraksiya kirayotgan parallel yorug'likni hattoki tirqish diafragmasining geometrik soyasida ham tarqalishiga olib keladi (1 - rasmdagi kul rang soha). Bundan tashqari, kuzatish tekisligida yorqin va qoramtir tasmalar namoyon bo'lib, ularni geometrik nur optikasi qonunlari bilan tushuntirib bo'lmaydi. Yorug'lik to'lqin xossalriga ega deb inobatga olinsa va ekranda kuzatilayotgan difraksion tasvirni tirqish aperturasidan kelyotgan ko'p sonli(cheksiz) dastalarning superpozitsiyasi deb qaralsagina uni tushuntirish mumkin.

Difraksion tasvirni hisoblash uchun, N tirqishlardan iborat, bir biridan teng masofalarda joylashgan tirqishlardan kelayotgan barcha dastalarning tebranish holatlari, fazalari farqi e'tiborga olingan holda qo'shiladi. Natijada kuzatish tekisligining ixtiyoriy joyidagi x difraksiyalangan yorug'lik maydon kuchlanganligining amplitudasi A olinadi. Bu metod orqali amplituda taqsimotidan $A(x)$ bevosita intensivlik taqsimoti $I(x)=A^2(x)$ hisoblanadi. Amalda, kichik difraksion burchaklar ($\sin\alpha\approx\alpha$) holida, kengligi d bo'lgan, N tirqishlar uchun quyidagi proporsionallik olingan

$$I(\alpha) = \frac{1}{N^2} \cdot \frac{\sin^2(2\pi \frac{b}{\lambda} \alpha)}{(2\pi \frac{b}{\lambda} \alpha)^2} \cdot \frac{\sin^2(N\pi \frac{d}{\lambda} \alpha)}{\sin^2(\pi \frac{d}{\lambda} \alpha)^2} \quad (1)$$

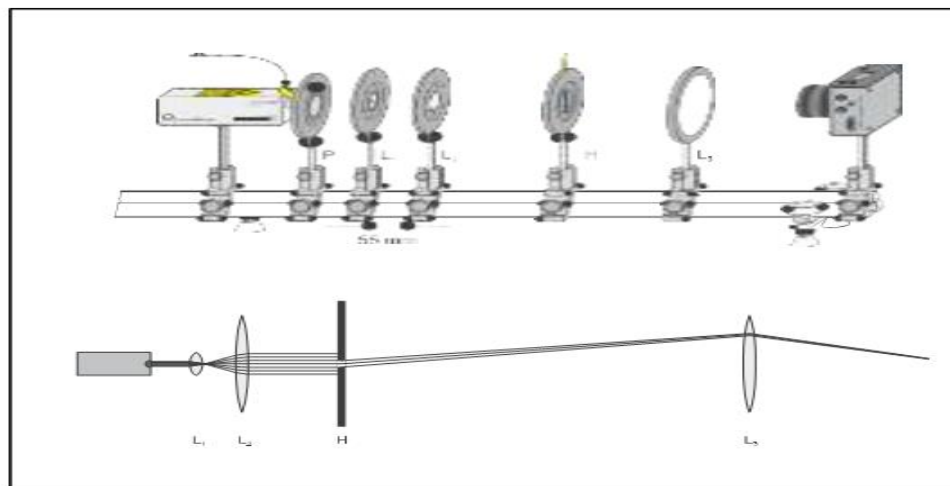
Tenglamaning (1) o'ng tomonidagi uchinchi had, cheksiz tor va bir tekis taqsimlangan N ta tirqishdan yorug'lik to'lqinining difraksiyasi kuzatiladigan intensivlikning maksimumi va intensivlikning minimumlari davriyligining ketma-ketligini ifodalaydi.

Tenglamaning (1) o'ng tomonidagi ikkinchi had chekli tirqish kengligining b ta'sirini ifodalaydi. Bu had difraksion tasvirning "qobig'i" hisoblanadi va yakka tirqish kengligi b ning difraksion ta'siriga mos keladi. Shunday qilib, ko'p sonli tirqishlarning ($N \geq 2$) difraksion tasviri yakka tirqishning difraksion tasviri orqali modulyasiyalanadi. Birinchi had $\frac{1}{N^2}$ intensivlikning tirqishlar soniga bog'liqligini ifodalaydi.

VideoCom bilan intensivlik taqsimotini qayd qilish

Tajribada difraksion tasvirning intensivlik taqsimoti $I(\alpha)$ VideoComning bir satrli ZBA kamerasi yordamida qayd qilinadi. Bunda difraksion tasvir 2048 pikselga ega bo'lgan ZBAda (ZBA: zaryad bog'lanishli asbob) aks etadi va ketma - ketli interfeys orqali kompyuterga uzatiladi. VideoCom bilan bog'langan kompyuter dasturi intensivlik taqsimotini $I(\alpha)$ ko'rsatadi va bu esa (IV) tenglamaga asosan nazariya bo'yicha kutilgan intensivlik taqsimoti bilan uni tez va bevosita taqqoslashga imkon beradi.

QURULMANING TAVSIFI



2-rasm. Tirqishdan keyingi difraksiyani kuzatish tajriba qurilmasi (yuqorida) va nurning sxematik yo'li (pastda)

L_1 : linza $f = +5$ mm, L_2 : linza $f = +50$ mm, L_3 : linza $f = +500$ mm, P: polarizatsion filtr, H: purjinali qisqichli tutqich, S: kuzatish tekisligi (VideoComning ZBA kanali)

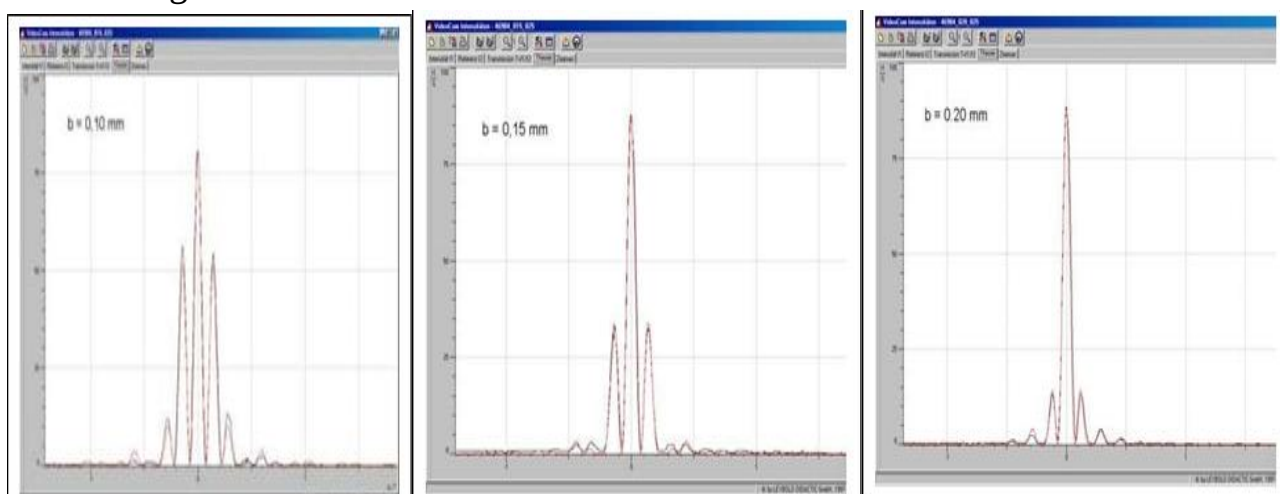
O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1. Optik reyderdan foydalanib, geliy - neonli lazerni optik stolga 2 - rasmda keltirilgandek o'rnatib.
2. Fokus masofasi $f=+5$ mm bo'lgan sferik linzani L_1 lazer old tomonidan taxminan 20 sm masofada o'rnatib $f=+50$ mm bo'lgan yig'uvchi linzani L_2 sferik linza L_1 orqasiga taxminan 6 sm masofada joylashtirib va fokus masofasi $f=+500$ mm bo'lgan yig'uvchi linzani L_3 nurning yo'liga VideoCom dan taxminan 50 sm da joylashtirib va uni lazer nurining tasviri VideoComning ZBA kanalida keskin bo'ladigan qilib o'rnatib.
3. Uchta qo'sh tirqishli diafragma bor prujinali siqib turuvchi tutgichni L_2 bilan L_3 oralig'iga nurning yo'liga joylashtirib.
4. Polyarizasion filtrni P lazer bilan linza L_1 oralig'iga o'rnatib.
5. VideoComni kompyuterga ketma-ket interfeys orqali ulang va "VideoCom Intensities" dasturini ishga tushirib.
6. Intensivlik taqsimotini qayd qilish uchun tugmachani (256 pikselga) yoki F8 klavishani bosib. (O'lchash davomida doimo o'lchangan qiymatlar yangilanadi, ya'ni ular jadvalga yozilib, grafikda namoyon qilinadi)
7. F5 klavishani bosib orqali «Calibration/Comparison with Theory» menyusini chaqirib.

1 - topshiriq. 3 xil qo'sh tirqishli diafragmada difraksiya ($g = 0,25$ mm):

1. $b=0,10$ kenglikdagi qo'sh tirqish uchun intensivlik taqsimotini $I(\alpha)$ qayd qiling. F8 klavishaga bosiladi va polyarizasion filtrning P optimal sozlanmasi tanlanadi.
2. Difraksion tasvirlarni qayd qilish uchun F9 klavishani bosib.
3. F2 klavishani bosib natijalarni saqlang (o'zingizga maqbul fayl nomi bilan).
4. O'lchashlarni $b = 0,15$ mm ba $b = 0,20$ mm bo'lgan qo'sh tirqishlar uchun takrorlang va har bir holat uchun natijalarni yangi fayl nomi bilan saqlang. Tirqish kengligi b ortgan sari intensivlik taqsimotidagi intensivlikning asosiy maksimumlari geometrik soya sohasi tomon siljiydi. Difraksion tasvirning yirik strukturasi (qobig') tirqish kengligiga b bo'g'liq. Doimiy tirqishlar oralig'i g intensivlik taqsimotidagi doimiy "nozik struktura"da namoyon bo'ladi. Past keskinlikli ikkilamchi maksimumlar orasidagi masofa sezilarli darajada o'zgaradi. Hisoblangan intensivlik taqsimotini $I(\alpha)$ o'lchangan taqsimot bilan taqqoslash orqali tirqishning kengligini b aniqlash mumkin.

5. Tirqishlar kengligi $b=0,1 \text{ mm}$ bo'lgan qo'sh tirqishdan intensivlik taqsimotini $I(a)$ modellashtirish uchun F5 klavishani bosib, "Calibration/Comparison with Theory" menyusini chaqiring (saqlangan o'lchashlar tugma F3 klavisha orqali qayta yuklanishi mumkin).
6. Intensivlik taqsimotini modellashtirishni bajarishdan oldin «Diffraction Angle» jadvalida "Zero Point Corresponds to Maximum" va "Background at Minimum" avtomatik tuzatishni o'rnatish. Intensivlik taqsimotini tenglama (1) bo'yicha modellashtirishda lazerning to'lqin uzunligi λ ma'lum parametr sifatida kiritiladi. Linza L3 ning effektiv fokus masofasi $f = +500 \text{ mm}$ ham ma'lum o'lchash miqdori hisoblanadi. Parametr sifatida kiritilishi mumkin bo'lgan maksimal amplituda $I(\alpha)$ joriy o'lchashlardan «Theory» jadvalidagi «Automatic Maximum» tugmasiga chertish orqali avtomatik tarzda aniqlanadi.
7. «Theory» jadvalidan "Grating" difraksion panjarani tanlang va tirqishlarning sonini N hamda tirqishlar orasidagi masofani g kiriting.
8. Kiritilgan tirqishning kengligini modellashtirish uchun boshlang'ich qiymat deb qabul qiling.
9. O'lchangan va hisoblangan intensivliklar egriliklari orasida yetarli darajada muvofiqlikga erishilmaguncha, tirqish kengligi b parametrini o'zgartirishni takrorlang.



3 - rasm. Qo'sh tirqishning ($N=2$) tirqishlar oralig'iga b (qora chiziq) bog'liq difraksion tasvirlari. Qizil chiziqlar tenglama (1) bilan modellashtirishga mos keladi.

10. Olingan tajriba natijalaridan tegishli xulosa chiqaring va fan daftaringizga hisobot yozing.

2 - topshiriq. 4 xil qo'sh tirqishli diafragmada difraksiya ($g = 0,20 \text{ mm}$):

1. $g = 0,25 \text{ mm}$ tirqishlar oralig'i uchun intensivlik taqsimotini $I(\alpha)$ qayd qiling va natijani saqlang.

2. O'lchashlarni $g = 0,50 \text{ mm}$, $g = 0,75 \text{ mm}$ va $g = 1,00 \text{ mm}$ bo'lgan qo'sh tirqishlar uchun takrorlang va har bir holat uchun natijalarni yangi fayl nomi bilan saqlang.
3. 1 - topshiriqdagi 3 - 9 bandlarni takrorlang.
4. Olingan tajriba natijalaridan tegishli xulosa chiqaring va fan daftaringizga hisobot yozing.

3 - topshiriq. 5 x il ko'p sonli tirqishli diafragmada difraksiya ($b = 0.20 \text{ mm}$ va $g = 0.25 \text{ mm}$):

1. $N = 2$ tirqish uchun intensivlik taqsimotini $I(\alpha)$ qayd qiling va natijani saqlang.
2. O'lchashlarni $N=3,4,5$ va 40 uchun takrorlang va har bir holat uchun natijalarni yangi fayl nomi bilan saqlang.
3. 1 - topshiriqdagi 3 - 9 bandlarni takrorlang.
4. Olingan tajriba natijalaridan tegishli xulosa chiqaring va fan daftaringizga hisobot yozing.

SINOV SAVOLLARI

1. Yorug'lik difraksiyasini qanday usullar bilan aniqlanadi?
2. Ko'p sonli tirqishli diafragmada difraksiya bilan oddiy difraksion panjarad bo'ladigan difraksiyaning farqi nimada?
3. Difraksiya hodisasi qaysi sohalarda ishlatiladi?

4.5. MAYKELSON INTERFEROMETRI YORDAMIDA GELIY - NEON LAZER NURINING TO'LQIN UZUNLIGINI ANIQLASH

Tajriba maqsadi: Maykelson interferometri yordamida geliy - neon lazer nurining to'lqin uzunligini aniqlash, uslubiyotini shakillantrish.

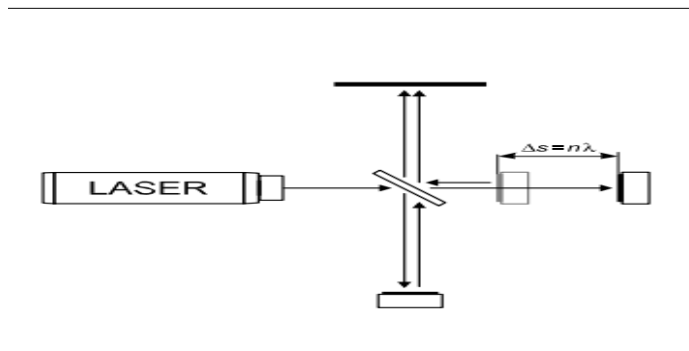
Kerakli jihozlar: Geliy neon lazeri, yarim yaltiroq plastinka, ikkita ko'zgu, siferik linza va mikrometrik shkala.

NAZARIY TUSHUNCHA

Interferometriya nihoyatda aniq va sezgir o'lchash metodidir hisoblanadi, masalan uzunlikning kichik miqdorini o'zgarishini, moddalar, sindirish ko'rsatkichlarini va yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash. Maykelson interferometri ikki nurli interferometrlar oilasiga mansub.

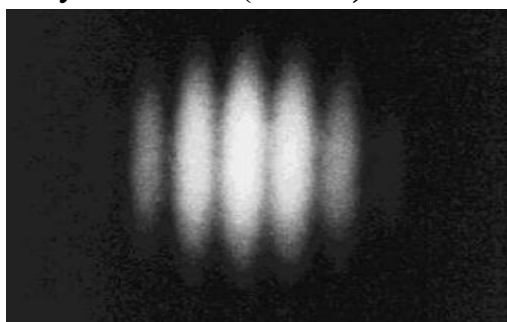
Manbadan kelayotgan kogerent yorug'lik nuri optik komponentda (yarim yaltiroq plastinka) tushganda ikki qismga ajraladi (1 - rasm). Nurning bu qismlari turli yo'llardan harakatlanadi va ko'zgulardan qaytib, boshqa optik komponentga

yo'naladi va ular bu yerda ustma - ust tushadi. Natijada interferension manzara yuzaga keladi. Agar bu nurlar birining yo'lda sindirish ko'rsatgichi linza geometrik holati o'zgarsa, parametri o'zgarmagan nurga nisbatan faza siljishiga olib keladi. Bu esa o'z navbatida interferension manzaraning o'zgarishiga olib keladi. Interferension manzarani o'zgarishiga qarab tegishli fizik kattaliklardan sindirish ko'rsatgichining yoki optik yo'l farqini aniqlash mumkun.



1 - rasm.

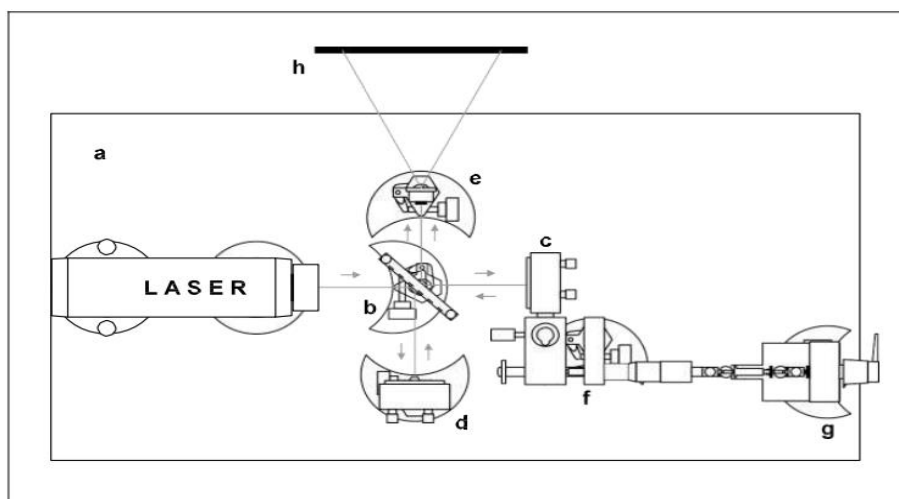
Maykelson interfrometrining ishlash prinsipi bilan tanishaylik. Lazer qurilmasidan chiqayotgan monoxromatik yorug'lik nurlari yarim shaffof plastinkaga tushadi (1 - rasm). Yorug'lik nuri plastinkada ikkita tashkil etuvchiga ajraladi. Qaytgan va o'tgan nurlar o'zaro perpendikulyar ravishda joylashgan 1 va 2 ko'zgulardan orqaga qaytadi. 1 - ko'zgudan qaytgan nur plastinkadan qisman o'tib, kuzatuvchining ko'zi tomon yo'naladi. 2 ko'zgudan qaytgan nur plastinkadan qaytib, u ham kuzatuvchi tomon yo'naladi. Bu nur birinchi nur bilan interfrensiyalashishi tufayli ekranda qorong'u va yorug' tasmlardan iborat bo'lgan interfrension manzara namoyon bo'ladi.(2 rasm)



2 - rasm

QURULMA TAVSIFI

Sirti shikastlangan yoki iflos optik elementlar interferension tasvirning buzilishiga sababchi bo'lishi mumkin. Yassi ko'zgu dastasini, nur ajratgichni va sferik linzani ehtiyotkorlik bilan changlardan saqlang va qurilmaning optik qismlariga qo'l tegizishdan saqlaning. 3 - rasmda optik tayanch plitadagi yaratilgan lazer va Maykelson interferometri qurilmasi tasvirlangan.



3 - rasm.

(a) Lazerni tutib turgichga o'rnatib va uni tayanch plitaning chap chetiga joylashtiring, lazerni tarmoqqa ulang va uni qo'shing. Lazerni regulirovka vintlar orqali plitaga qotiring.

Nurni bo'lgich: (d) Qaytgan va (c) o'tgan nurlar bir xil intensivlikka ega bo'lishini ta'minlang, nur bo'lgichni nur yo'liga 45° burchak ostida qo'ying.

O'LCHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

1. Taglikka 3 - rasmga keltilgan shaklga qurilmalarni yig'ing.
2. Lazer va qurilmalar plitasiga mexanik zarbalardan ehtiyot bo'ling va taminlang. (masalan stolni silkitmang va urmang). Qurilmada havo oqimi tushishiga yo'l qo'ymang.
3. Yarim shafof ekranda (z) interferension tasmlarni sanash mumkin bo'lgan, intensivliklar maksimumlarining o'rnini belgilang.
4. Reduktor dastasiga yengilgina qo'lingizni qo'yib reduktorni to interferension tasmlar harakatlanishni boshlaguncha sekin va bir tekis aylantiring (sizga bir necha aylanish talab qilinishi mumkin) va to'liq bir marotiba dastagni aylantrishda ($N=1$), o'tadigan interferension tasmlar soni (z) ni sanang.
5. Reduktorni aylantirishni davom eting va shu bilan birgalikda o'tadigan interferension tasmlarning belgidan o'tishini va reduktor aylanishlar sonini qayd qiling.
6. Reduktor aylanishlar soni N yassi kuzguning umumiy siljishi ds , lazer nurlanishining to'lqin uzunligi λ va sanalgan maksimumlari orasidagi munosabatdan foydalanib to'lqin uzunligi λ aniqlang.

$$ds = 5\mu\kappa N \quad \text{va} \quad Z\lambda = 2ds \quad (1)$$

bu tenglamadagids oldidagi 2 soni va qaytgan nur uchun ham ta'luqli bo'lgani uchun. Bu vaqtda λ – to'lqin uzunligi quydagicha topishimiz mumkin.

$$\lambda = 2 \frac{ds}{Z} \quad (2)$$

Keltrilgan tenglamada 2 soni, lazer nuri ko'zguga tushish va undan qaytayotganligi uchun ds masofani 2 marta o'tishi hisobga olingan.

7. O'lchangan va hisoblangan fizik kattaliklarni hamda ularni aniqlashda yo'l qo'yilgan absolyut va nisbiy xatoliklar qiymatlarini 1 - jadvalga kiriting.

1-Jadval.

№	N	Z	ds	λ	λ_0	$\Delta \lambda$	$\Delta \lambda$	H
1								
2								
3								

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

SINOV SAVOLLARI

1. Yorug'lik interferensiyasini qanday uslubiyotlar asosida kuzatiladi?
2. Maykelson interferometrida kogerent manbaalar qanday yaratiladi
3. Maykelson interferometrida interferensiya hodisasini kuzatish uchu qanday optik qurollardan foydalaniladi?
4. Maykelson interferometrida muhit sindrish ko'rsatgichining o'zgarishi yoki interenfiyani hosil qiluvchi yorug'liklarning yo'l ayirmasining kattaligi qanday aniqlanadi?

4.6. LAZER OPTIKASI QURILMASIDA O'TKAZUVCHI GOLOGRAMMANI OLISH

Tajriba maqsadi:

- o'tkazuvchi gologrammani olish,
- amplitudaviy gologramma bilan fazaviy gologramma orasidagi farqni va ularga fotoximik ishlov berishdagi farqlarni bilish,
- o'tkazuvchi gologrammani o'zgartirish.

Kerakli jihozlar: lazer optik kursi, chiziqli qutblangan He - Ne lazer, lazerni ushlab turgich, optik asos, nurni boshqaradigan ajratgich, ajratgich uchun ushlab turgich, plyonkani ushlab turgich, namunani ushlab turgich, sferik linzalar, pilot tipli udlinitel, Temir (III) nitride, kompekt 6 ta kichik patnischa, polietilen butilka, gologramma plyonkasi, fotografik ximikatlar, Potash (KBr), tomchili tozalovchi suyuqlik, yutgich sirt, masalan qog'oz salfetka

NAZARIY TUSHUNCHA

Fotografiyada obyektning olingan tasviri plyonkada muhrlanadi. Golografiyada esa obyekt sirtidan qaytgan yorug'lik to'lqinlari plyonkada saqlanadi. Plyonkada nafaqat yorug'lik to'lqinining amplitudasi, balki uning fazasi ham yoziladi. Natijada gologrammada obyektning fazodagi har bir nuqtasining o'rni yoziladi. Gologrammani olish uchun lazer nuri qo'llaniladi. Bunda u predmet va tayanch nurlarga ajraladi. Predmet nur obyektни yoritadi. Obyektdan qaytgan nur plyonkada juda kichik va galma - gal keluvchi interferensiyon tasvirni hosil qiladi. U yerda ular turli burchaklarda tushayotgan tayanch nur bilan kogerent bo'lgan ko'zgudan qaytgan nur bilan mos keladi. Interferensiya natijasida obyekt bilan o'xshashlik bo'lmagan va uning mavhum tasavvuri hisoblangan, qoramtir dog'lar, spirallar va xalqalarning noregulyar obrazlaridan tashkil topgan gologramma hosil bo'ladi. Gologramma tiklanganda, mikroskopik naqshlardan difraksiyalanib qaytgan nurga mos keluvchi yorug'lik nuri aslida obyektdan dastlab qaytgan nur bilan aynan o'xshash. Shunday qilib kuzatuvchi obyektning uch o'lchamli tasvirini ko'rishı mumkin. Plyonka fotoximiyoviy proyavka (naqshlarni ko'rinadigan qilish) qilinishi qanday amalga oshirilishiga qarab, gologrammalar ikki xilga ajratiladi:

Amplitudaviy gologramma shakllanish jarayonida yuzaga kelgan shaffof va kumush donachalari bilan qoplangan shaffof bo'lmagan sektorlardan tashkil topgan. Fazaviy gologrammada hosil bo'lgan qatlam uni oqartirish jarayonida noshaffofligini yo'qotadi. Oqartirish jarayonining o'ziga xos xususiyatiga qarab, shakl to'g'risidagi ma'lumot gologrammaning sindirish ko'rsatgichining o'zgarishida, qalinligida va sirtidagi to'lqin o'rkachida saqlanadi. Gologramma tiklanganda yorug'lik nurlari turli optik va geometrik yo'llar bilan shunday tarqalishi kerakki, turli to'lqinlar optik yo'llarining farqi bir xil bo'lishi kerak. Bunday holatda gologramma faza bo'yicha modulyasiyalangan deyiladi.



1 - rasm. Gologramma fotografiyasi

Fazaviy gologrammalarda yorug'lik nuri yutilmaganligi sababli ular amplitudaviy gologrammaga qaraganda ancha ravshanroq. Fazaviy gologrammalarning shu jihati amaliyotda qo'llanilishining boisidir. Sifatli gologrammalar olish uchun aniqlik va batartiblikka rioya qilish talab qilinadi. Atrof muhit va noto'g'ri ishlatilish gologramma olishga xalaqit beradi yoki uning sifatini jiddiy pasaytiradi. Ko'p sonli xalaqitlarning ichidan interferensiya maydoni bilan qayd qiluvchi muhit orasidagi nazorat qilib bo'lmaydigan harakatlar asosiy hisoblanadi. Golografiyalash vaqtida obyekt bilan plyonka orasida optik farqning hatto $x/4$ darajaga o'zgarishi ham gologrammaning butunlay yo'qolishi uchun yetarli bo'ladi. Bunday xalaqitlar, masalan, qurilmaning tebranishi yoki havoning ko'tarilishida yuzaga keladi. Quyidagi keltiriladigan tajribada bunday ta'sirlar minimumga keltirilgan, chunki tajriba qurilmasi virasiyani so'ndiruvchi optik stolga o'rnatilgan. Stolning asosi havoli vibroizolyasiyalovchi yostiq ustiga qo'yilgan. Vibrasiyadan juda yaxshi izolyasiya qilinganiga qaramay, golografiya vaqtida interferensiya sohasiga ta'sir qila oladigan darajada kuchli atrofdagi mexanik tebranishlar tajriba qurilmasiga uzatilishi mumkin. Ularni masalan, eshik taqqilab yopilishi, poldagi oyoq qadamlari yoki harakatlanayotgan mashina keltirib chiqarishi mumkin. Bunday ta'sirlar bartaraf qilinishi kerak. Bosim va temperaturaning mahalliy o'zgarishi ham interferensiyani maydonga ta'sir qiladi, chunki bu parametrlar o'zgarganda havoning qaytarish koeffitsiyenti o'zgaradi. Ventilyasion sistemalar, havoni tortuvchi vositalar va yaqin atrofdagi radiasiyalar salbiy tashqi ta'sirlar hisoblanadi. Bu ta'sirlar ayniqsa ular ishga tushganda kuchli bo'ladi. Eksperimentatorlarning o'zlari ham havo oqimini yuzaga keltirishi mumkin. Tajriba vaqtida eksperimentatorlar qurilmaga yaqin turmasligi yoki o'tirmasligi va qurilma tarafga nafas olmasliklari kerak. Bu tajriba o'tkazilayotgan xonadagilarning barchasiga taalluqli. Bunday ta'sirlar qoplamalardan foydalanilganda bartaraf bo'lishi mumkin. Mexanik tebranishlar yoki havo oqimlari Maykelson interferometri qo'llanilganda osongina fosh qilinishi mumkin. Interferometr ham optik lazer kursiga o'rnatilishi mumkin (qarang «Maykelson interferometrini optik lazer kursiga o'rnatish»). Maykelson interferometri ishda qo'llanilayotgan golografiya qurilmasiga nisbatan bunday ta'sirlarga kuchliroq sezgir va u interferensiyani tasvirlardagi siljishlarning sababi aynan shunday xalaqitlar ekanligini ko'rsatadi. Shu sababli eksperimentatorlar uchun atrofdagi faktorlarning ta'sirini baholash juda foydali va muhimdir.

Obyektni tanlash:

Golografiyalash uchun obyektlar yetarli darajada qattiq bo'lishi kerak; mos materiallar, masalan, qattiq plastmassa, yog'och, tosh va sh.k. bo'lishi mumkin. Boshqa tarafdan tekstil, qog'oz yoki hattoki o'simliklar ham noqulay hisoblanadi, chunki ular golografiya vaqtida yengil siljishi mumkin.

Doimiy qo'zg'almas obyektlar tayanch plitada turg'unroq turishi uchun obyektни tutib turuvchi qisgichlardan foydalanib ishonchli qotirilgan bo'lishi kerak. O'yinchoq avtomobillarning ko'pincha prujinali osmasi bo'ladi; bunday obyektlar uchun massiv tayanch plitada obyektни tutib turuvchi uchun tor bo'rtik shunday yasalganki, avtomobillar o'rnatilganda ularning g'ildiragi yuzada qoladi. Lazer nurining to'liq quvvatidan foydalanish uchun, qoramtir obyektlar yorqin bo'yoq bilan bo'yalishi kerak

Optik komponentlarga ishlov berish

Yuqori kontrastli interferension hodisalar sferik linzalardagi chang zarrachalaridan, qirilgan joylardan yoki barmoq izlaridan va nurni boshqaradigan ajratgich bilan noto'g'ri munosabatda bo'lish sababli ham yuzaga kelishi mumkin. Yorug'lik bu nuqsonlarda difraksiyalanadi va natijada gologrammadagi difraksiyaning maksimumiga mos keluvchi sohalar ortiqchalanishi, difraksiyaning minimumiga mos keluvchi sohalar esa pastroqlanishi yuz beradi. Bu esa gologrammaning sifatini pasaytiradi. Shunday qilib, optik komponentlarga juda e'tibor bilan ishlov berilishi va ular toza saqlanishi zarur. Sirtlarga buzuvchi ta'sir qiluvchilardan chetlaning yoki ochiq qo'llingiz bilan komponentlarga tegmang. Siz iflos linzalarni tutib turgichdan ajratib olishingiz va toza hamda yumshoq mato bilan sayqallashingiz yoki maxsus qog'oz bilan linzani tozalashingiz mumkin. Optik komponentlarga ishlov berishdan oldin mos instruksiya varaqlarini diqqat bilan o'qib chiqish kerak.

Tajriba xonasiga qo'yiladigan talablar

Tajribalar yetarli darajada qorong'u, vibrasiyalardan xoli va temperaturasi doimiy xonada o'tkazilishi kerak. Bundan tashqari, lazer uchun ta'minlash manbasi va qorong'u xonada ishlash uchun lampa hamda yakuniy yuvib tozalash uchun oqar suv va mustahkam, uncha baland bo'lmagan kursi yoki stol bo'lishi zarur.

Plyonkani ishga tayyorlash

1. Plyonkaning materiali o'lchamlari 10.2 smx12.7 sm bo'lgan qoplangan plastikli list (listli plyonka) iborat bo'lib undan zarur o'lchamni qirqib olish kerak.
2. Butunlay qorong'u sharoitda yorug'lik o'tkazmaydigan paketdan kerakli sondagi listlarni chiqarib oling va plyonkaning saqlanish muddatini oshirishga imkon beradigan salqin joyda saqlash uchun paketni puxtalik bilan berkiting.
3. Plyonkadan 1 mm aniqlikda o'lchamlari 42 mm x 51 mm bo'lgan qismini qirqib olish uchun flomaster yordamida plyonkaning kerakli joylariga belgilar qo'ying. Kerakli o'lchamda qirqib olingan plyonkaning bo'lagini mutloq yorug'lik o'tkazmaydigan konteynerda saqlash kerak(shu bilan birga plyonkaning old tomoniga belgi qo'yish kerak) va undan bir hafta ichidayoq foydalanish zarur.

Fotografik ximikatlarni tayyorlash:

1. Ximiyoviy idishlarni (polietilen butilkalar) to'liq tozalang.

2. Proyavitelni alohida butilkada ishlab chiqaruvchi zavod instruksiyasiga muvofiq tayyorlang va ma'lum qismini mos keluvchi plastikli vannachaga qo'ying. Fazaviy gologrammalarni olish:
3. Oqartiruvchi vannaga 100g temir (III) gidrooksid nitratini soling. Keyin boshqa butilkaga 30g kaliy bromidi solib, 1l suv (imkoni bo'lsa, distillirlangan suvdan foydalaning) quyding va uning qandaydir qismini plastik vannaga quyding. va/yoki amplitudaviy gologrammalarni olish uchun:
4. Alohida butilkada ishlab chiqaruvchi zavod instruksiyasiga muvofiq tarzda fiksaj tayyorlang va uning ma'lum qismini mos keladigan plastikli vannaga quyding.
5. Boshqa vannani suv bilan to'ldiring (mustahkamlovchi vanna)
6. Yana bir vannani suv bilan to'ldirib, tozalovchi suyuqliq qo'shing (faqat bir tomchi)
7. Bitta vannani yakuniy tozalab yuvish uchun oqar suv oldiga joylashtiring.
8. Har bir vannachaga tarkibiga muvofiq yorliq biriktiring.

Lazer optik tayanch plita va lazer:

1. Havo yostig'ini damlang.
2. Qoplama (b) bilan lazer optik tayanch plitani(a) qoplang.
3. Lazer optik tayanch plitani havo yostig'i bilan birgalikda gorizontall qilib mustahkam laboratoriya kursisiga joydashtiring.
4. Lazerni ushlab turgichga o'rning.
5. Lazerni iloji boricha tayanch plitaning chap chetiga yaqin shunday joylashtiringki, qurilmani qoplashni muammosiz amalga oshirish imkoni bo'lsin.
6. Lazerni pilot tipli udlinitel bilan ulang va uni o'chiring
7. Lazerni ushlab turgichdagi sozlash vintlarining uchta kontrgaykasini bo'shating.
8. Sozlash vintlaridan foydalanib lazer balandligini va qiyaligini shunday moslashtiringki, nur amalda gorizontall va tayanch plitaga nisbatan taxminan 75 mm balandlikda yo'nalsin (bu yerda keyingi sozlashlar uchun yetarli imkoniyatlar bor).
9. Kontrgaykalarni qotiring.
10. Nur ajratgich lazer nurini gorizontall ajratayotganini tekshiring. Buning uchun ushlab turgich bilan birgalikda nur ajratgich bilan optik asosni lazer optik tayanch plitaning qarama - qarshi chetiga o'rning va yorug'lik nurini lazer emissiyasi aperturasi yonidagi keyingi nuqtaga akslantiring.
11. 1 - rasmda tasvirlanganidek optik asos bilan nur ajratgichni nur yo'liga shunday o'rningki, uning qisman shaffof qatlami old tomoni bilan lazerga qarasin va shunda ham qoplama bilan yopish imkoni bo'lsin.

Linza va plyonkani ushlab turgichlar:

1. Namunani ushlab turgichni (f) qaytgan nur yo'liga o'rning.

2. Agar mumkin bo'lsa, namunani tutib turuvchi mexanik qo'ldan foydalanib, ushlab turgichga obyektga tushayotgan nur markazga tushadigan qilib mahkamlang.
3. Plyonkani ushlab turgichni (g) o'tuvchi nur yo'liga shunday o'rnatib, uning old tomoni obyektga qarasin va shunda ham qurilmani qoplama bilan yopishga imkon bo'lsin.
4. Plyonkani ushlab turgich o'lchami bilan teng qilib qirqib olingan oq qog'oz parchasini plyonkani ushlab turgich bilan bir chiziqda shunday qo'yingki, nur qog'ozning bevosita markaziga (va keyinchalik qog'oz olinganda plyonkaning markaziga) tushsin.

Tayanch nurlar uchun sferik linzalar:

1. Sferik linzalarni (d) o'tuvchi nur yo'liga iloji boricha nur ajratgichga yaqin (linzani ushlab turgichdagi kichik teshik old tarafi bilan nur ajratgich tomonga qaragan bo'lishi kerak) o'rnatib. Optik asosdagi o'yiqlardan foydalaning.
2. Sferik linzalarni nur tarqalishi yo'nalishiga perpendikulyar tarzda ehtiyotkorlik bilan siljitib hamda ularni o'z o'qi atrofida burib va linzalarni ushlab turgichlarning balandligini o'zgartirib, ularni shunday sozlangki, lazer nuri iloji boricha asosiy optik o'qqa yaqinroq o'tsin. Bundan tashqari, obyekt iloji boricha plyonkani ushlab turgich tomondan ko'proq yorug'likni olishi kerak. Nur ajratgichga tegilmaganiga ishonch hosil qiling.

Obyekt nurlari uchun sferik linzalar:

1. Sferik linzalarni (e) o'tuvchi nur yo'liga iloji boricha nur ajratgichga yaqin (linzani ushlab turgichdagi kichik teshik old tarafi bilan nur ajratgich tomonga qaragan bo'lishi kerak) o'rnatib. Optik asosdagi o'yiqlardan foydalaning.
2. Sferik linzalarni nur tarqalishi yo'nalishiga perpendikulyar tarzda ehtiyotkorlik bilan siljitib hamda ularni o'z o'qi atrofida burib va linzalarni ushlab turgichlarning balandligini o'zgartirib, ularni shunday sozlangki, lazer nuri iloji boricha asosiy optik o'qqa yaqinroq o'tsin. Bundan tashqari, obyekt iloji boricha plyonkani ushlab turgich tomondan ko'proq yorug'likni olishi kerak. Nur ajratgichga tegilmaganiga ishonch hosil qiling.

Aniq sozlash:

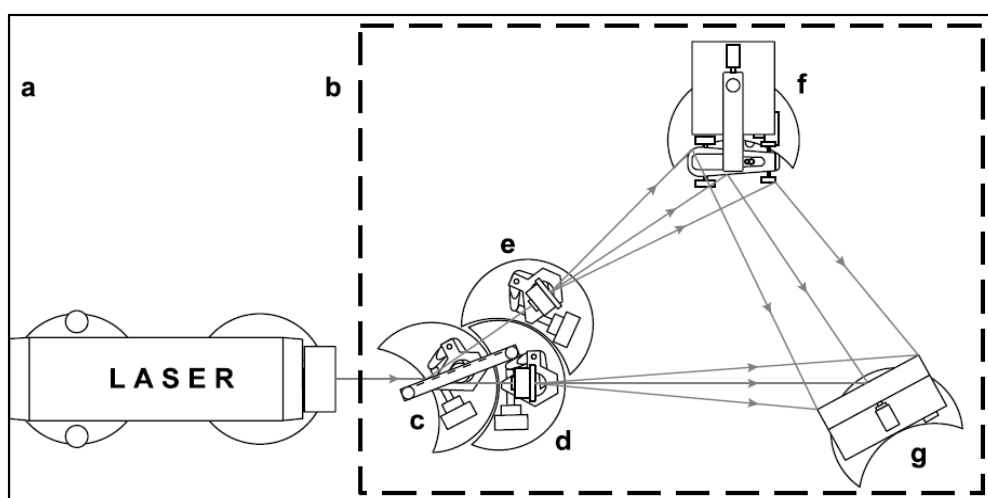
1. Lazerni chiqish quvvati 1 mVt li holatga o'zgartiring va nur kengaygan qisman nurlarning yo'lini va sifatini tekshiring. Zaruriyat bo'lsa, linzalarni korrektilovka qiling.
2. Qorong'ulashtirilgan xonada obyekt va tayanch nurlarni uzib, oq qog'oz varag'iga tushayotgan nur plyonkani ushlab turgichga o'tayotganda, ularning yorqinligini taqqoslang. Tayanch nur obyektidan plyonka tomon burilgan nur intensivligiga nisbatan besh yoki o'n marta kuchliroq bo'lganda intensivliklarning nisbati eng yaxshi hisoblanadi. Bu oddiy ko'z bilan baholanishi mumkin.

3. Agar zarur bo'lsa, nur ajratgichda ajratish nisbatini o'zgartiring. Buning uchun sferik linzalarni optik asos bilan nur yo'nalishi tarafdin siljiting va butun sistemani qayta sozlang.

4. Agar, o'tkir tushish burchagi sababli o'tuvchi lazer nuri maqbul ajralish nisbatida nur ajratgichning qarama - qarshi tomoni o'rniga xira shisha tomonida namoyon bo'lsa:

– Nur ajratgichni uni ushlab turgichga 180° ga burib o'rnatib (uni chapdan o'ngga buring; bunda ko'zguli tomoni lazerga qaragan bo'lishi kerak!). Har doimdagidek, shisha sirtlarga ochiq barmoqlaringiz bilan tegmang. Buning uchun paxtali qo'lqop yoki tuksiz materiallardan foydalaning. Agar asosiy qaytuvchi nur to'g'ri plyonkaga tushmasa, yuqori qaytaruvchi obyektlar holida, gologrammalar sifatli bo'ladi.

QURULMANING TAVSIFI



2 – rasm. O'tkazuvchi gologrammani olish uchun mo'ljallangan lazer optik plita asosidagi tajriba qurilmasi.

a) Lazer optik plita, b) Himoyalovchi qoplama, c) Nurni boshqaradigan ajratgich, d, e) sferik linzalar, f) Namunani ushlab turgich, g) Plyonkani ushlab turgich.

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1. 2 - rasmda keltirilganden tajriba qurulmasini yig'ing.
2. Lazerni using tajriba qurilmasi ekspozisiya vaqtida vibrasiyalanishini oldini oling.
3. Xonani qorong'ulashtiring.
4. Yorug'lik o'tkazmaydigan paketdan o'lcham bo'yicha qirqib olingan bitta plyonka parchasini chiqarib oling. Bunda plyonkaning emulsion sirtini shikastlantirmaslik uchun, faqat plyonkaning chetlaridan ushlang.

5. Kallagi taram - taram qilingan vintlardan foydalanib plyonkani ushlab urgich qisgichini oching.
6. Plyonka listini ushlab turgichga shunday mahkamlangki, qurilmaga ushlab turgichni qayta o'rnatganigizda plyonkaning qoplangan tarafi obyekt tomonga qarasin.
7. Qisgichni berkitib plyonkani batartib ushlab turgichga mahkamlang.
8. Plyonkani ushlab turgich asosining turg'unligini ta'minlash uchun yana barmoqlaringizdan foydalaning va plyonkani ushlab turgichni tajriba qurilmasiga o'rning.
9. Qoplamani yoping.

Ekspozisiya:

Lazer nurlanishi quvvati 1 mVt bo'lganda fazaviy gologrammalar uchun ekspozisiya vaqti taxminan 5 s dan 15 s gacha va bu vaqt qo'pol yaqinlashish sifatida qabul qilinishi mumkin. Amplitudaviy gologrammalar uchun ekspozisiya vaqti taxminan uch-to'rt marta qisqaroq.

Ko'kimtir filtrlardan foydalanilganda 0,2 mVt lazer quvvati chegarasiga erishiladi, bunda gologramma sifati yomonlashadi, keyinchalik qo'shimcha aralashish hodisalari sababli va ekspozisiya vaqti taxminan besh marta oshiriladi.

10. Plyonka va qurilmadagi zo'riqishlar so'nishiiga imkon berish uchun taxminan besh minut kuting.
11. Ekspozisiya vaqti davomida plyonkaning sirtidagi interferension tasvirni o'zgartira olishi mumkin bo'lgan ortiqcha hyech narsa qilmang.
12. Lazerni ulab, uzib qurilmani qimirlatmasdan plyonkani ekspozisiya qiling.
13. Kojuxni oching va plyonkani ushlab turgichni tajriba qurilmasidan oling. Keyin qisgichni ochib plyonkani ushlab turgichdan chiqarib oling. Plyonkani faqat chetlaridan ehtiyotlik bilan ushlang.

Plyonkaga ishlov berish

Agar siz ekspozisiya vaqtini tug'ri tanlasangiz proyavkadan keyin fazaviy gologrammalar to'q ko'kimtir, amplitudaviy gologrammalar esa och ko'kimtir tuyuladi. Tajribali golografistlar proyavka vaqtini o'zgartirib, optimal natijaga erishishadi. Eski yoki ishlatilgan proyavitellardan foydalanish ko'proq vaqtni oladi, chunki ximiyoviy reagentlar faolsizroq bo'lib qoladi.

– Pinsetdan foydalanib, plyonkaning bir burchagidan ushlang va uni proyavitelda 60 s davomida chayqaltiring.

– Proyavkani plyonkani suvli vannada (mustahkamlovchi vanna) 2 minut davomida chayqash bilan to'xtating. Endi yorug'likni sezish fazasi tugadi va siz agar zarur bo'lsa, normal chiroqni yoqishingiz mumkin.

- Fazaviy gologrammani olish uchun plyonkani oqartuvchi vannada to uncha katta bo'lmagan qoramtir sohalar ko'rinmaguncha, taxminan 5 minut cho'ktiring va ba'zida chayqang va turib qolishiga yo'l qo'ymang.
- Amplitudaviy gologramma olganingizda proyavkadan keyin plyonkani ishlab chiqaruvchi zavod instruksiyasiga binoan mustahkamlang.
- Oxirida plyonkani oqar suvda 5 dan 10 minutgacha yaxshilab yuving.
- Plyonkani qisqa vaqt davomida bir tomchi tozalovchi suyuqlik solingan suvda chayib olish kerak. Bu narsa plyonka qurishi vaqtida dog'chalar yuzaga kelishini bartaraf qiladi.
- Gologrammani tik holatda yoki plyonkani absorbsiyalovchi taglik ustiga qo'yib quriting
- Pinsetlarni suv bilan tozalang.

Sifatni baholash

Quritib bo'linganidan keyin siz tayyor gologrammani tiklashingiz mumkin. Buning uchun plyonkani plyonkani ushlab turgichga golografiya jarayondagi oriyentasiyasi qanday bo'lsa, xuddi shunday qilib joylashtiring. Shundan so'ng plyonkani ushlab turgichni qayta qurilmaga o'rnatib va obyektini oling. Lazer ulansa, obyektning uch o'lchamli tasviri namoyon bo'lishi kerak. Agar tiklangan gologramma yetarli darajada ravshan bo'lmasa, siz nurni ajratgichdagi ajratish nisbatini o'zgartirib yoki uni qurilmada siljitib uning ravshanligini oshirishingiz mumkin. Bunday usul faqat past ravshanlikli amplitudali gologrammalar uchun tegishli. Parallel siljishlarni kompensasiyalash uchun lazerni qayta sozlash talab qilinishi mumkin.

13. Olingan tajriba natijalaridan xulosa chiqarib hisobot daftaringizga yozing.

SINOV SAVOLLARI

1. Gologramma nima?
2. Gologrammada yorug'lining qanday qonuniyatida kuzatiladi?
3. Golografiyalash uchun obyekt qanday bo'lishi kerak?

4.7. SINISHNING FRENEL QONUNLARI

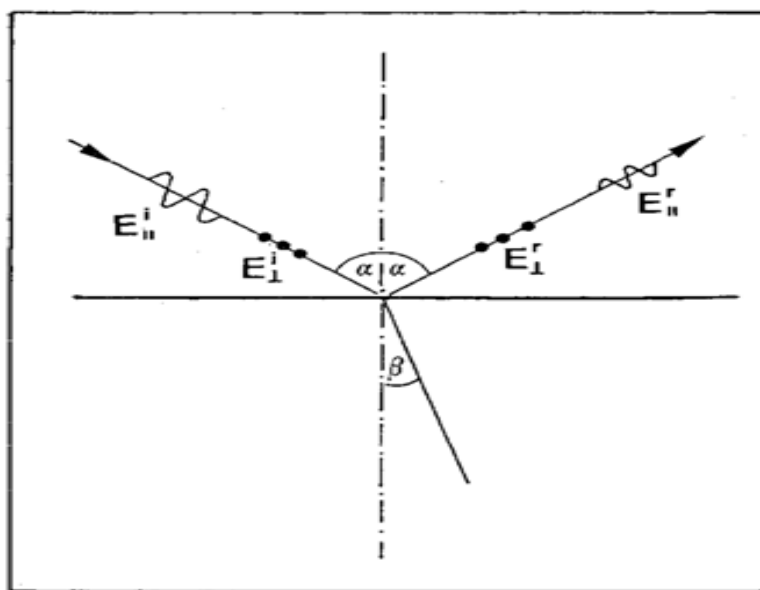
Tajriba maqsadi:

Qutblangan yorug'likda sindirish koeffitsiyenti uchun Frenel qonunlari miqdoriy jihatdan tekshiriladi.

Kerakli jihozlar: panjarali ko'zgusimon shisha 100 x 100 x 10 mm, stand sterjenida prizmal stol, galogen lampa, transformator, gulsapsarli diafragma, polarization filtr, gardishli linza, quyosh elementi, burchak shkalali sharnirli birikma, leybold qisqichi, V-simon taglik asos, ulash simlari.

NAZARIY TUSHUNCHA

Agar yorug'lik shisha sirtiga tushayotgan bo'lsa, tushish burchagi va qutblanish tekisligiga qarab, u ko'proq yoki kamroq darajada sinadi. Agar biz yorug'likni elektromagnit to'lqin deb faraz qilsak va elektr maydon kuchlanganligi E bilan magnit maydon kuchlanganligi B uchun Maksvell tenglamalarini tuzib "Frenel formulalari"ni keltirib chiqarishimiz mumkin. Qaytgan to'lqinning elektr vektori amplitudasi E^i tushayotgan to'lqin elektr vektori amplitudasi E^r orqali hisoblanishi mumkin. Shu sababli, biz ikki holatni farqlashimiz kerak (1 - rasmga qarang).



1 - rasm. Qutblanish yo'nalishlarini va amplitudalar belgilanishlarini tushuntirish.

Nuqtalar: E^i : tushayotgan to'lqin elektr maydonining vektori, Tushish tekisligiga parallel qutblanish, Tushish tekisligiga perpendikulyar qutblanish, E^r : qaytgan to'lqin elektr maydonining vektori, α : tushish burchagi, β : sinish burchagi

Qutblanish chizma yuzasiga perpendikulyar bo'lib, tushish tekisligi bilan mos ekanligini ko'rsatadi,

- a) Yorug'lik to'liqini tushish tekisligida qutblangan (belgilashlar $E_{\parallel}^i$ va $E_{\parallel}^r$).
- b) Yorug'lik to'liqini tushish tekisligiga perpendikulyar qutblangan (shisha sirtiga parallel) (belgilashlar $E_{\perp}^i$ va $E_{\perp}^r$);

Unda maydon amplitudalari nisbatlari uchun quyidagi tenglamalar qo'llaniladi:

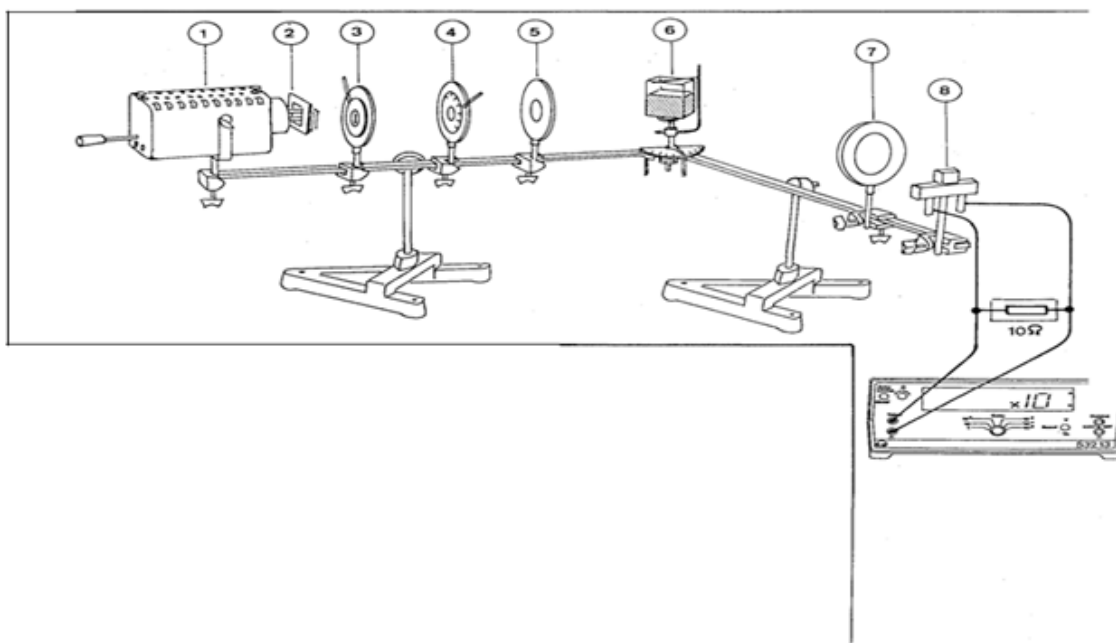
$$\frac{E_{\parallel}^r}{E_{\parallel}^i} = \frac{\operatorname{tg}(\alpha - \beta)}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)} \quad \text{yoki} \quad \left| \frac{E_{\parallel}^r}{E_{\parallel}^i} \right| = \left| \frac{\operatorname{tg}(\alpha - \beta)}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)} \right| \quad (1)$$

$$\frac{E_{\perp}^r}{E_{\perp}^i} = -\frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \quad \text{yoki} \quad \left| \frac{E_{\perp}^r}{E_{\perp}^i} \right| = \left| \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \right| \quad (2)$$

(1) va (2) nisbatlarni – ba'zida ularning kvadratlarini - sindirish koeffitsiyentlari deb atashadi. Yorug'lik amplitudasini bevosita aniqlab bo'lmaydi. Ammo, uning intensivligini vaqt birligidagi birlik yuzadagi energiya oqimi sifatida aniqlash mumkin, u esa amplitudaning kvadratiga proporsional. Tajribada biz quyosh elementining unga tushayotgan yorug'lik intensivligiga proporsional bo'lgan qisqa tutashuv tokini I o'lchaymiz. Bu maqsadda biz quyosh elementini kichik rezistor orqali qisqa tutashtiramiz va shu rezistordagi kuchlanish tushuvini U o'lchaymiz. Agar tushayotgan yorug'lik intensivligi o'lchanayotgan U_0 kuchlanishga mos kelsa, va biz qaytgan yorug'lik uchun kuchlanishni $U(\alpha)$ tushish burchagi α bo'yicha o'lchasak, ildizdan chiqarish va ko'rsatgichlarni shakllantirish orqali amplitudalar nisbatini olishimiz mumkin.

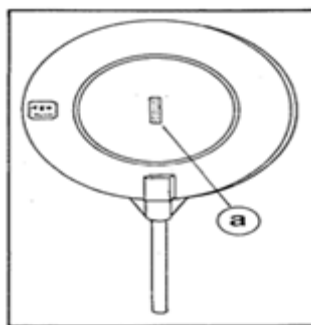
$$\left| \frac{E_{\parallel}^r}{E_{\parallel}^i} \right| = \sqrt{\frac{U(\infty)}{U_0}} \quad (3)$$

QURULMANING TAVSIFI



2 - rasm. Tashkil etuvchilarining optik kursidagi taxminiy o'rni bilan tajriba qurilmasi.

Qavs ichidagi o'lchamlar santimetrlarda chap tarafdagi tashqi qisqichdan boshlab berilgan: Galogennoy lampani tutib turgich (1), issiqlikdan saqlovchi filtrli tasvir siljitgich(2), tirqish (3) , polyaroid (4), linza(5), prizma stoli bilan montaj qilingan sharnirli birikma(6), Linza, $f = 150 \text{ mm}$ (7), montajdagi foto element (8).



3 - rasm. Tirqishning linza romi markazidagi tasviri. (a) Tirqish tasviri
O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1. Mikrovoltmetr kirishiga ta'minlash simlarini, simlarning chiqishini esa, 10Ω rezistorga ulang. Voltmetrdagi siljish kuchlanishini 10 minut davomida qizdirish yo'li bilan kompensasiya qilib, ta'minlash simlarini fotoelementga ulang va shu vaqtdan keyin mikrovoltmetrni 10^{-3} V o'lchash chegarasiga o'tkazing.
 2. Galogen lampa korpusiga 100 Vt lampani va akslantiruvchi ko'zguni o'rnatish va lampani ulang. Kondensor va tasvir siljitgichni (polyaroidni himoya qilish uchun issiqlikdan saqlovchi filtr) joylashtiring.
 3. Optik kursini siljitib, ularni bir chiziqqa keltiring (burchak shkalali sharnirli birikma 180° burchakda) Lampa korpusi tagligini siljitib, lampa tolasining tasvirini linzaning (5) markazida shakllantiring.
 4. Linzani shunday siljitingki, tirqishning yorqin obrazi fotoelement oldidagi gardishli linzaning(7) aniq markazida bo'lsin. Fotoelementda tirqishning tasvirini linza(7) yordamida shakllantiring.
 5. Polyaroidni 0° ga o'rnatish. Tirqishning kengligini shunday o'rnatishki, millivoltmetr 10.00 mV ni ko'rsatsin. Shunda tushayotgan nurning yorug'lik oqimi qayd qilinadi. Ko'zgusimon shishaning panjaralarini suyultirilgan siyoh yoki tush bilan to'ldiring.
 6. Suv shisha devorining orqa tomonidan yorug'likning qaytishini qisman bartaraf qiladi, siyoh esa uzatilayotgan yorug'likni yutish uchun xizmat qiladi.
 7. Lampa kamida 5 minut yonganidan so'ng o'lchashni to'xtatish.
- a) qutblanish yo'nalishi tushish tekisligiga perpendikulyar. Optik kursilar orasidagi burchakni 160° ga to'g'rilang. Shisha panjarani prizmalı stolga qo'ying va uni shunday to'g'rilangki:

- tushayotgan yorug'lik paketi to'liq panjaraning akslantiruvchi tomoniga kelsin va shuningdek - tirqishning tasviri linza(7) gardishining markazida shakllansin. Mikrovoltmetrdagi kuchlanishni $U_{\perp}$ (80^0) qayd qiling va uni yozib oling.

b) qutblanish yo'nalishi tushish tekisligida Polyaroidni 90^0 ga o'rnatib, optik kursilarni bir chiziqda qilib joylashtiring (180^0) va tirqish kengligini mikrovoltmetr yana 10 mV ko'rsatadigan qilib sozlang. Agar o'lchanayotgan kuchlanishlar $U_{\parallel}\alpha$ 1mV dan kichik bo'lsa, 10^{-4} o'lchash diapazoniga o'ting. Tushish burchagi α , kuchlanish (α) (tajriba a) va $U_{\parallel}\alpha$ (tajriba b).

1 - jadval.

$\alpha(\text{grad})$	$U_{\perp}(\text{mV})$	$U_{\parallel}(\text{mV})$
90		
80		
70		

SINOV SAVOLLAR

1. Yorug'lik dualizimi deganda nimani tushinasiz?
2. Firenel qonunini tushuntirib bering.
3. Yorug'lik intinsivligi nima?

4.8. OQ YORUG'LIKNING DISPERSIYASI VA REKOMBINASIYASI BO'YICHA NYUTON TAJRIBASINI O'RGANISH

Tajriba maqsadi:

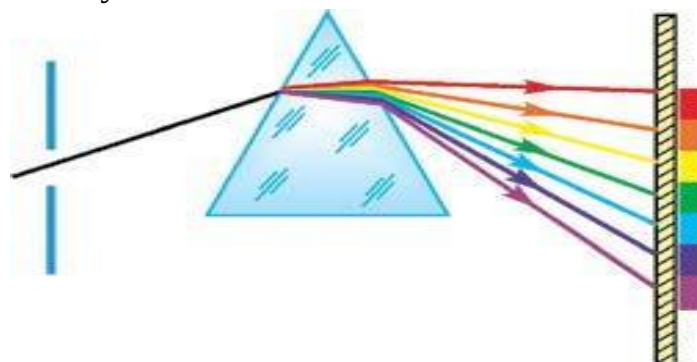
Oq yorug'likni shisha prizmada spektral tashkil etuvchilarga hamda nurning sindirish ko'rsatkichlarining to'liq uzunligiga bog'liqligini kuzatish.

Kerakli jihozlar: shisha prizma, lampa, transformator, prujinali qisqichli tutqich, kichik optik kursi, V - shaklsimon shtativ.

NAZARIY TUSHUNCHA

1666 yilda Isaak Nyuton 23 yoshida prizmalar bilan qilgan tajribalari, optikaning salmoqli tarraqiyotiga olib keldi, chunki u aksariyat yaxshi o'ylangan tajribalari yordamida shisha prizmada yorug'lik singanda yuzaga keladigan yorug'likning dispersiyasini tajriba yo'li bilan tushuntirib berdi. Nyuton o'z

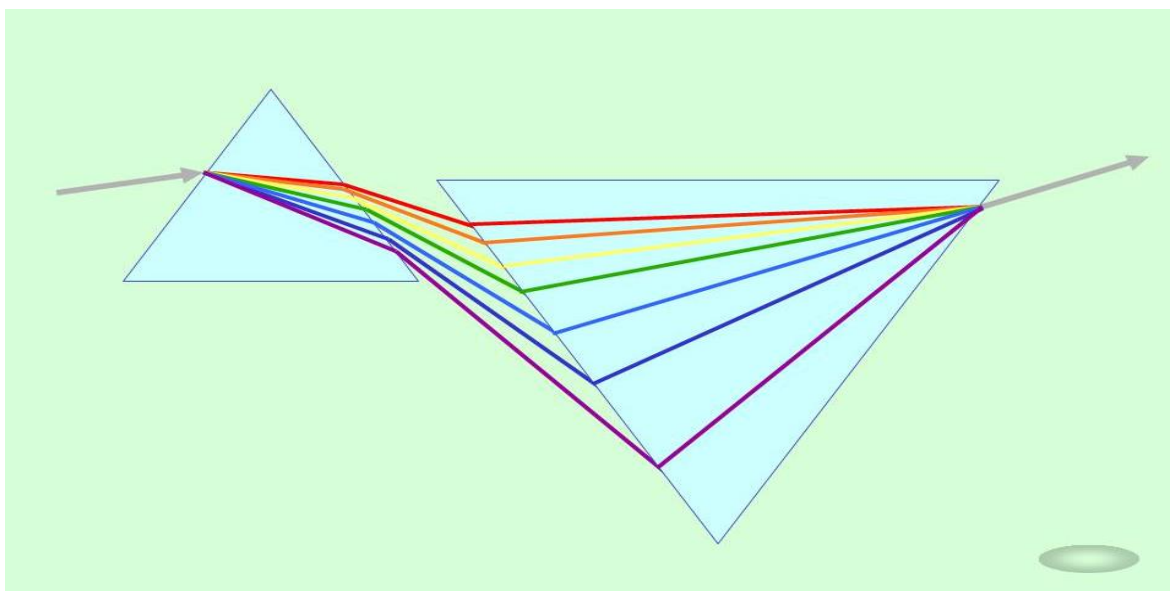
tajribalarida quyoshni yorug'lik manbasi sifatida olganini va proyeksion obyektiv bilan umuman ishlamaganini e'tiborga olish kerak. DC 535.853.2 da bayon qilingan tajribalarda yorug'lik manbasi sifatida cho'g'lanma lampadan foydalanilgan. Cho'g'lanma lampaning ekranga proyeksiyalangan dispersiyalangan "oq" yorug'ligining spektri kamalakda yuzaga keladigan ma'lum ranglar ketma - ketligidan iborat. Bundan tashqari, turli rangli yorug'lik filtrlaridan foydalanilganda, alohida ranglarning og'ishini namoyon qilish mumkin. Hatto filtrlardan foydalanganigizda ham, har bir rang spektrdagi o'rniga mos tarzda og'adi: spektrning turli sohalari uchun prizmaning sindirish ko'rsatgichi farq qiladi. Nyuton spektrdagi alohida sohalari mustaqil tarzda yana ranglarga ajralmasligini ko'rsatdi. Uning qurilmasida tirqish spektr ko'rinadigan ekranga yo'nalgan. Tirqishdan o'tgan yorug'lik monoxromatik va u boshqa ekranga tushishdan oldin minimal og'ishli ikkinchi prizmadan o'tadi. Ushbu ekranda garchi tasvir bir oz kengaysa ham, faqat tirqishdan o'tgan rang kuzatiladi. Ammo, boshqa ranglar ko'rinmaydi.



1 - rasm.

Nyuton xuddi shunday natijani kesishgan prizmalar bilan olgan. Mazkur tajriba uchun ikkinchi prizma gorizontall joylashtirilgan sindiruvchi qirrasi bilan birinchisining ortiga o'rnatilgan. Bunda yorug'lik dastasi ikkala prizma bilan shunday og'adiki, og'gan spektr ekranga tushadi. Yorug'likning rangli spektral sohalari ikkinchi prizmada ham xuddi birinchi prizmadagidek og'adi. Rangli spektral sohalarning rekombinatsiyasi oq rangning shakllanishiga olib kelishi nazorat tajribalarining asosini ifodalaydi.

Spektral ranglar prizma vositasida oq rangdan hosil qilinganidek, spektrning hamma sohasini ustma - ust tushushidan oq yorug'lik olinishi mumkin. Bu maqsadda linza dispersiyalangan yorug'lik yo'liga joylashtiriladi, linza prizma sirtidan nurlarni ekranga yig'adi. Ekrandagi tasvir oq va shu linza tenglamasi uchun mos kattalashgan bo'ladi. Spektr linza ortidagi fokal tekislikda yaxshi fokuslanadi.



2 - rasm.

QURULMANING TAVSIFI



3 - rasm.

(1) lampa, (2) diafragma, (3) pirizma, (4) tirqish, (5) pirizma, (6) multi qisqichlar, (7) optik taglik, (8) V-shaklsimon taglik.

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1. 3 - rasmda keltirilgandek tajriba jihozlarini yig'ing.
2. Oq yorug'likni tarkibiy qismlarga bo'linishini ya'ni yorug'lik dispersiyasini kuzating.

3. 3 - rasmda ko'rsatilgandek, birinchi prizmadan o'tgan yorug'lik yo'lida ikkinchi prizmani joylashtirib oq yorug'lik hosil bo'lishini kuzating.
4. Birinchi prizmada dispersiyalangan yorug'likni ikkinchi prizmadan o'tkazganimizda rangli nurlar birlashib oq yorug'lik hosil bo'ladi.
5. Hosil qilingan natijani rasmga olib hisobot daftaringizga kiriting.
6. Spektr to'lqin uzunligi va shishaning nur sindirish ko'rsatkichi $n = f(\lambda)$ bog'liqlik grafigini chizing
7. Olingan natijalarni jadvalga yozing.

1 - Jadval.

№	Spektr rangi	$\lambda(\text{Å})$	n
1	Binafsha		
2	Ko'k		
3	Yashil		
4	Sariq		
5	Zarg'aldoq		
6	Qizil		

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

SINOV SAVOLLARI

1. Yorug'lik dispersiyasi qanday nurlardan iborat?
2. Shishaning nur sindirish ko'rsatkichi to'lqin uzunligiga bog'liqligini tushuntiring.
3. Oq yorug'likning prizmadagi dispersiyasini optik sxemasini chizing.
4. Dispersiya hodisasi qaysi sohalarda ishlatiladi?

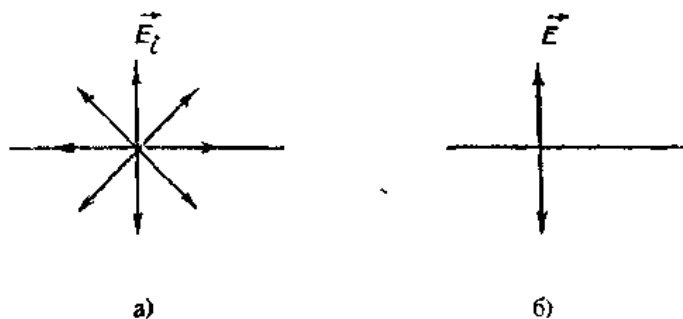
4.9. YORUG'LIK QUTBLANISHIGA OID MALYUS QONUNINI O'RGANISH

Tajriba maqsadi: Yorug'lik qutblanishini o'rganish va Malyus qonunini tekshirish.

Kerakli jihozlar: optik taglik, yorug'lik manbai, polyarizator (yoki to'qimachilik ipidan doir shaklida yasalgan) va analizator, yorug'likni qayt qiluvchi qurilma va mikroampermetr.

NAZARIY TUSHUNCHA

Yorug'lik elektromagnit to'lqin bo'lib, u ikkita o'zaro perpendikulyar tebranishlarning yig'indisidan iborat, ya'ni elektr $\vec{E}$ va H magnit maydon kuchlanganlik vektorlarining tebranishidan hosil bo'ladi. Nurlanayotgan har bir yorug'lik manbai: quyosh, cho'qlanma lampa va h.k. ixtiyoriy yo'nalishda ya'ni turli tebranishlar tekisligi bo'yicha yorug'lik to'lqinlarini chiqaruvchi milliardlab molekulyalardan tashkil topgan. Bunday yorug'lik qutblanmagan bo'lib, unga tabiiy yorug'lik deyiladi (1.a - rasm). Elektr $\vec{E}$ tebranishlari faqat bir tekislikda yuz beradigan yorug'likka yassi qutblangan yorug'lik deb atiladi (1.b-rasm) va u tekislik tebranishlar tekisligi deyiladi. Unga perpsndikulyar bo'lgan $\vec{H}$ vektorining tebranishlar tekisligi esa qutblanish tekisligi deb aytiladi.

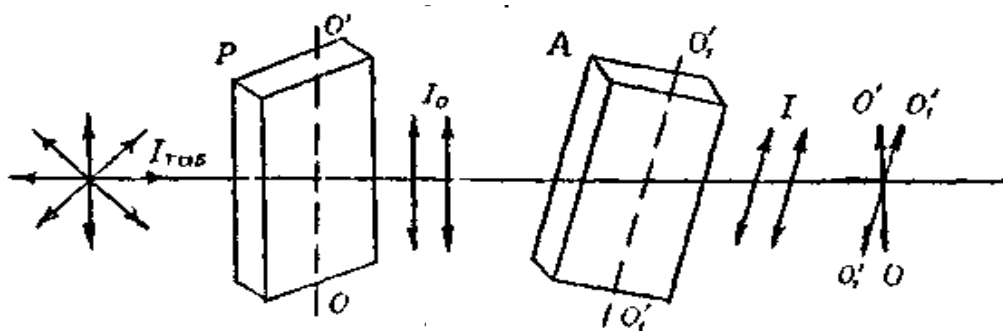


1 – rasm.

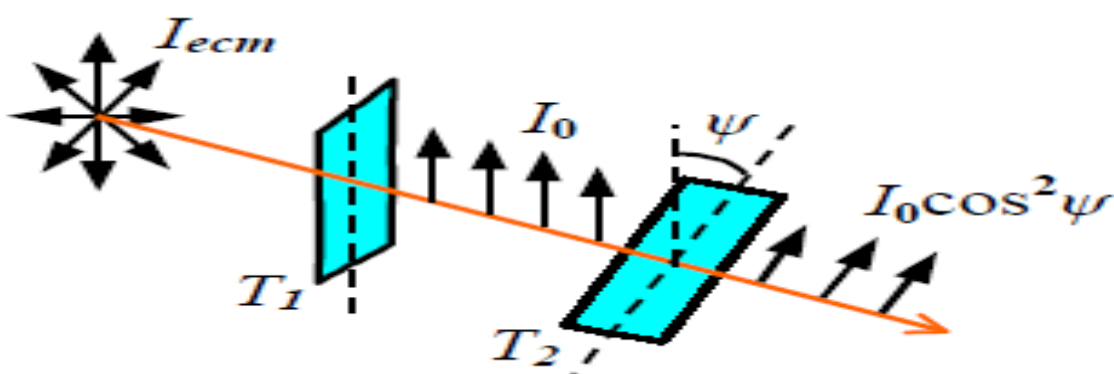
Turmalin plastinkasiga tushayotgan tabiiy nur undan o'tgandan so'ng plastinkaning optik o'qi bo'ylab to'la qutblangan bo'ladi. Shuning uchun tabiiy nurni yassi qutblangan yorug'likka aylantiruvchi qurilma (turmalin platinkasi) ga polyarizator deb aytiladi. Yorug'likning qutblanganlik darajasini tekshirish uchun ham polyarizatorlardan foydaniladi. Bu o'rinda ular analizatorlar deb ataladi. Ikkita polyarizator olib (2 - rasm) ularning biri P - polyarizatorga tabiiy nurni tushursak u yorug'likni yassi qutblaydi (uning intensivligi I_0). Yassi qutblangan yorug'lik yo'lga A analizatorni shunday qo'yamizki, uning O_1O_1 optik o'qi P - polyarizatorning OO' o'qi bilan φ burchak hosil qilsin. Malyus qonuniga asosan analizatordan o'tadigan I yorug'lik intensivligi polyarizatordan o'tadigan yorug'lik

intensivligining polarizator va analizator tebranish tekisliklari orasidagi burchak kosinusi kvadrati ko'paytmasiga teng:

$$I = I_0 \cos^2 \varphi \quad (1)$$



2 - rasm.



3 - rasm.

Bizga ma'lumki,

$$I_0 = \frac{I_{\text{tabiiy}}}{2} = 0,5 I_{\text{tabiiy}}$$

Bunda I tabiiy. polarizatorga tushayotgan tabiiy yorug'likning intensivligi. U paytda polarizator va analizator orqali o'tayotgan yorug'lik intensivligi

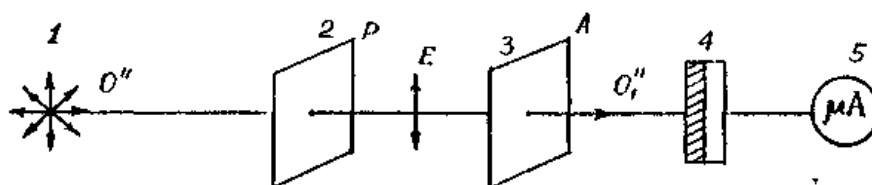
$$I = 0,5 I_{\text{tabiiy}} \cos^2 \varphi \quad (2)$$

ifoda Malyus qonunining matematik ifodasidir. Analizatoridan o'tadigan yorug'likning intensivligi $\varphi=0$ (polarizator va analizatorning optik o'qlari o'zaro parallel bo'lgan holat) bo'lganda maksimalda qiymatga (I_{max}) erishadi. $\varphi=90$ (ya'ni, bu o'qlar o'zaro perpendikulyar) bo'lganda yorug'lik intensivligi (I_{min}) nolga teng bo'ladi. Demak, analizatoridan yorug'lik o'tmaydi. Boshqa hollarda esa intensivlik φ - burchak kattaligiga bog'liq ravishda o'zgarib uning qiymati (1) ifoda yordamida aniqlanadi. Polarizatorni tushayotgan nur yo'nalishi atrofida 0° dan 90° gacha aylantirganimizda yorug'lik intensivligi I_{max} dan I_{min} gacha o'zgaradi. U paytda yorug'likning qutblanish darajasini quyidagi ifoda bilan hisoblash mumkin:

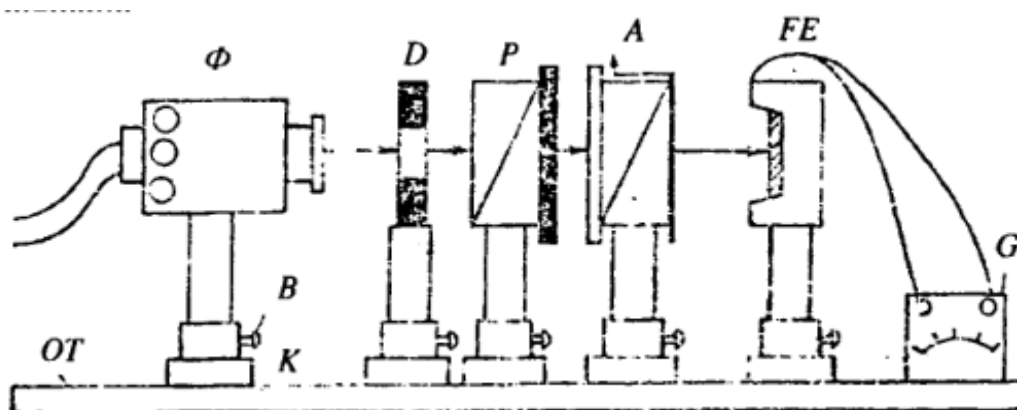
$$P = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}} \quad (3)$$

QURILMANING TAVSIFI

Tajriba 4 - rasmda ko'rsatilgan qurilmada olib boriladi. Bu yerda 1 - tabiiy yorug'lik manbay, 2 - polyarizator, 3 - analizator, 4 - fotoqayd qilgich (fotoelement) va 5 - mikroampermetr.



4 - rasm



5 - rasm.

Eksperimental qurilmaning perinsipial sxemasi 5- rasmda keltirilgan. Bunda Φ - yoritgich lamp (fonar), D - diafragma, P - polarizator, A - analizator, $\Phi\Xi$ - fotoelement, G - galvanometer, ularning hammasi reyterlar yordamida OT optik taglikka o'rnatiladi. P pollarizator va A analizator doira shaklida yasalgan va maxsus halqa ko'rinishidagi asbobga o'rnatilgan polaroidlardan iborat. Analizator o'rnatilgan halqaning gardishiga graduslarda darajalangan shkala yopishtirilgan. Analizatorni aylantirib, halqadagi shkaladan analizatorning polarizatorga burilish burchagini o'lchash mumkin.

O'LCHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

1. Qurilmani 5 - rasmda ko'rsatilganidek yig'ing.
2. Yoritgich lamp (1) ni manbaga ulang.
3. Analizator (3) ni O "O_i" o'q atrofida burash bilan analizator (yoki to'qimachilik ipidan doira shaklida yasalgan) va polyaroid (2) ning optik o'qlari o'zaro parallel bo'lgan holatda fotoelement (4) ga tushayotgan yorug'lik intensivligiga mos

keluvchi maksimal fototokning qiymati (i_0) ni mikroampermetr (5) orqali yozib oling.

4. Mikroampermetr ko'rsatgichining maksimal qiymatidan boshlab analizatorni burab φ burchakning 0° , 10° , 20° ..., 360° holatlari uchun fototokning qiymatlari yozib olinadi.

5. O'lchash natijasidan foydalanib φ ning ma'lum qiymati uchun fototokning $i_\varphi = \frac{i_\varphi + i_\varphi}{2}$ qiymati va har bir burchak uchun i_φ/i_0 nisbat hisoblanadi.

6. Natijalar quyidagi jadvalga yoziladi.

1- Jadval.

N_2	I_φ	0°	10°	...	350°	360°
1						
2						
3						

7. Jadvaldan foydalanib i_φ/i_0 ning φ burchakka bog'lanish grafigi $i_\varphi/i_0=f(\varphi)$ chiziladi.

8. Shu rasmning o'zida $f(\varphi)=\cos^2 \varphi$ funksiya grafigi ham chiziladi. Olingan ikkala (eksperimental va nazariy) egri chiziqlari o'zaro solishtirib natijalar izohlanadi.

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

SINOV SAVOLLARI

1. Yorug'lik qutblanishi nima?
2. Tabiiy qutblangan yorug'lik nimadan iborat?
3. Malyus qonunini ta'riflang.
4. Optik asboblarning qutblanish darajasi qanday aniqlanadi?

4.10. YORUG'LIK QUTBLANISHIDA CHORAK VA YARIM TO'LQIN PLASTINKALARINING ROLI

Tajriba maqsadi:

- yorug'lik intensivligini analizator o'rning funksiyasifatida o'rganish,
- chorak va yarim to'lqinli plastinkani yorug'likning davriy qutblanishini olish uchun qollash.

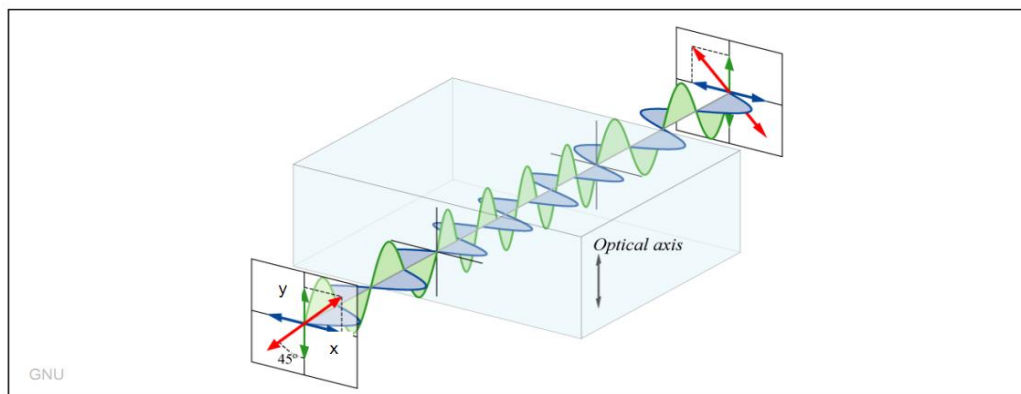
Kerakli jihozlar: Chorak va yarim to'liq plastinkalar, polyarizator, analizator, sariq yorug'lik filtr, issiqlik filtiri, kremniy fotoelementi, reytorlar, optik skamy, gologen lampa va uning tutqichi, avtotrasfarmator, yarim yaltiroq ekran, mikroampermetr.

NAZARIY TUSHUNCHA

To'lqin plastinka yoki sekinlashtirgich optik qurilma bo'lib, u undan o'tayotgan yorug'lik nurining qutblanish turini o'zgartiradi. Tipik to'lqin plastinka oddiy ikki yoqlama sindiruvchi kristall yoki qalinligi puxta tanlangan ikki marta sindiruvchi polimer plyonkadir.

Agar parallel yorug'lik nuri to'lqin plastinkaga perpendikulyar tushsa, ikki arta sindirish xossasi tufayli yorug'lik nuri ikkita komponentga ajraladi. Bu ikki komponentaning tebranish tekisliklari bir - biriga perpendikulyar va ularning fazaviy tezliklari bir - biridan bir oz farq qiladi. Chorak to'lqin plastinka uchun folganing qalinligi shunday tanlanganki, yorug'lik elektr maydoni komponentining vektori yorug'lik tarqalishi yo'nalishi atrofida yorug'lik chastotasiga teng tarzda aylanadi va boshqa perpendikulyar tebranayotgan yorug'lik komponentidan $\lambda/4$ fazaga orqada qoladi. Yarim to'lqin plastinka uchun qalinlik shunday tanlanganki, yuzaga keladigan $\lambda/2$ qiymatga ega bo'ladi.

Bu tajribada monoxromatik yorug'lik chorak to'lqin yarim to'lqin plastinkaga tushadi. Chiqayotgan yorug'likning qutblanishi to'lqin plastinkalar optik o'qi bilan tushayotgan yorug'lik yo'nalishi orasidagi turli burchaklarda tadqiq qilinadi.



1 - rasm.

Rasm.1: Yarim to'liqin plastinka sxemasi. To'liqin plastinkaga kirayotgan chiziqli qutblangan yorug'lik to'liqin plastinkaning optik o'qida ikkita to'lqinga ajralishi mumkin, parallel (yashil rangda tasvirlangan) va perpendikulyar (ko'k). Plastinada parallel to'liqin perpendikulyar to'lqinga nisbatan ancha sekinroq tarqaladi. Plastinaning qarama - qarshi tarafida parallel to'liqin perpendikulyar to'lqinga nisbatan aniq yarim to'liqin uzunligiga tutib qolinadi.

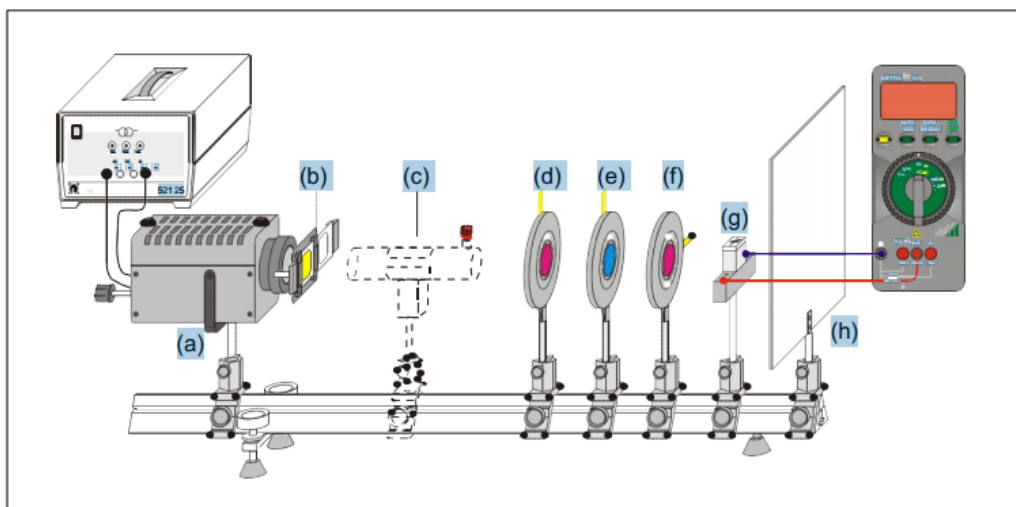
Nur yo'li bo'yicha izohlar:

- Galogen lampadan (a) chiqayotgan yorug'lik, kondensorda (b) konsentrsiyalanadi va optik komponentlarni qizishdan saqlash uchun xizmat qiladigan issiklikka chidamli filtrdan o'tadi.
- Bundan tashqari fotoelementda namoyon bo'ladigan katta fon nurlanishi signalini yuzaga keltiradigan infraqizil nurlanishni susaytiruvchi suv bilan to'ldirilgan (Rasm.2 da punktir chiziqlar bilan ko'rsatilgan) issiqlikdan saqlovchi filtr qo'llanilishi mumkin.

Optik yustirovka:

- Lampa korpusiga kondensor va tasvir uchun polzunokni mahkamlang va akslantiruvchi ko'zguli galogen lampani (a) o'rning.
- Tasvir uchun polzunokdagi issiqlik filtri oldiga sariq yorug'lik filtrini qo'ying.
- Optik kursiga polyarizator, $\lambda/4$ - plastinkani va analizatorni Rasm.2 da keltirilganidek o'rning. Polyarizator va galogen lampa orasidagi masofa taxminan 20 dan 30 sm gachani tashkil qiladi.
- Kremniyli fotoelementni analizator orqasiga o'rning va yorug'lik nuri yo'lini shunday sozlangki, fotoelement yaxshi yoritilsin.
- Galogen lampani tutib turgichni aylantirish orqali yorug'lik sozlanishi mumkin. Kremniyli fotoelement markazida joylashtirilgan kichik oq varaqda (g) lampa spiralining yorqin tasvirini hosil qiling.

QURILMANING TAVSIFI



2 - rasm.

Rasm. 2: Chiqayotgan yorug'likning qutblanish turini o'rganish uchun tajriba qurilmasi (soddalashtirilgan) (a) galogen lampa, (b) tasvir uchun polzunok filtr bilan, (c) issiqlikdan himoyalovchi filtr, (d) polyarizator, (e) $\lambda/4$ yoki $\lambda/2$ to'lqin plastinka, (f) analizator, (g) kremniyli fotoelement, (h) yarim shaffof ekran.

O'LCHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

1. 2 - rasmda keltirilgan tajriba qurilmasini yig'ing.
2. Galogen lampadan (a) chiqayotgan yorug'lik, kondensorda (b) konsentrsiyalanadi va optik komponentlarni qizishdan saqlash uchun xizmat qiladigan issiqlikka chidamli filtdan o'tadi.
3. Fotoelementda namoyon bo'ladigan katta fon nurlanishi signalini yuzaga keltiradigan infraqizil nurlanishni susaytiruvchi suv bilan to'ldirilgan (2 - rasmda punktir chiziqlar bilan ko'rsatilgan).
4. Lampa korpusiga kondensor va tasvir uchun polzunokni mahkamlang va akslantiruvchi ko'zguli galogen lampani (a) o'rnatish.
5. Tasvir uchun polzunokdagi issiqlik filtri oldiga sariq yorug'likfiltrini qo'ying.
6. Optik kursiga polyarizator, $\lambda/4$ - plastinkani va analizatorni 2 - rasmda keltirilganidek o'rnatish. Polyarizator va galogen lampa orasidagi masofa taxminan 20 dan 30 sm gachani tashkil qiladi.
7. Kremniyli fotoelementni analizator orqasiga o'rnatish va yorug'lik nuri yo'lini shunday sozlangki, fotoelement yaxshi yoritilsin.
8. Galogen lampani tutib turgichni aylantirish orqali yorug'liksozlanishi mumkin. Kremniyli fotoelement markazida joylashtirilgan kichik oq varaqda (g) lampa spiralining yorqintasvirini hosil qiling.
9. Chorak to'lqin plastinkani olib qo'ying va polyarizatorni nol holatga o'rnatish.
10. Yorug'lik intensivligini analizator o'rni funksiyasi sifatida $+90^\circ$ dan -90° gachadiapazonda o'lchang va 1 - jadvalga kiritish.
11. 1 - jadvalda keltirilgan natijalarga asosan qurilmadan o'tgan yorug'lik intensivligini $I=f(\phi)$ bog'liqlik grafigini chizing.
12. Optik kursidagi polyarizator bilan analizator oralig'iga chorak to'lqin plastinkani o'rnatish.
13. Yorug'lik intensivligini analizator o'rni funksiyasi sifatida (ya'ni: 0° , 30° , 45° va 60° burchaklarda) -90 dan $+90^\circ$ gacha diapazonda o'lchang va 1 - jadvalga kiritish.

1 - jadval. Tokning analizator holati α funksiyasi sifatida chorak to'lqin plastinkaning turli holatlari ϕ uchun o'lchangan qiymatlari

N ^o	Holat ϕ	–	0°	30°	45°	60°
	α , grad	$I, \mu A$	$I, \mu A$	$I, \mu A$	$I, \mu A$	$I, \mu A$
1						

2						
3						

14. 1 - jadvalga keltirilgan natijalarga ko'ra $I=f(\varphi)$ bog'liqlik grafigini chizing.
15. Polyarizatorni nol holatga o'rnatish.
16. Optik kursidagi polyarizator bilan analizator oralig'iga yarim to'lqin plastinkani o'rnatish.
17. Yorug'lik intensivligini analizator o'rni funksiyasi sifatida (ya'ni: 0° , 30° , 45° va 60° burchaklarda) -90 dan $+90^\circ$ gacha diapazonda o'lchang va 2 - jadvalga qo'ying.

2 - jadval. Tokning analizator holati α funksiyasi sifatida yarim to'lqin plastinkaning turli holatlari ϕ uchun o'lchangan qiymatlari.

№	Holat ϕ	–	0°	30°	45°	60°
	α , grad	$I, \mu A$	$I, \mu A$	$I, \mu A$	$I, \mu A$	$I, \mu A$
1						
2						
3						

18. 2 - jadvalda keltirilgan natijalarga asoslanib $I=f(\varphi)$ ni chizing.
19. Olingan grafiklardan tegishli xulosa qilib hisobot yozing.

SINOV SAVOLLARI

1. Tabiiy va qutublangan nurlar deb nimaga aytiladi?
2. Qutublangan nurlar necha xil turlarga bo'linadi?
3. Qutublangan nurlar haqidagi Malyus qonuni mohiyati nimada?
4. Chorak va yarim to'lqinli plastinalar nima vazifani bajaradi?
5. Chorak va yarim to'lqinli plastinalardan o'tgan nurlarda qanday o'zgarishlar sodir bo'ladi?

4.11. QUTBLANISH TEKISLIGINI SHAKAR ERITMASI BILAN BURISH

Tajriba maqsadi:

Qutblanish tekisligining konsentrlangan shakarli eritmada burilishini bir-biriga ko'ndalang o'rnatilgan ikki polyarizator bilan kuzatish hamda uchta turli yorug'lik ranglari uchun burish burchagini aniqlash.

Kerakli jihozlar: D(+) - saxaroza, galogen lampa, transformator, yorug'lik filtri ko'zgusimon shisha yacheyka, linza, leybold multiqisqichlari, kichik optik kursi, yarim shaffof ekran.

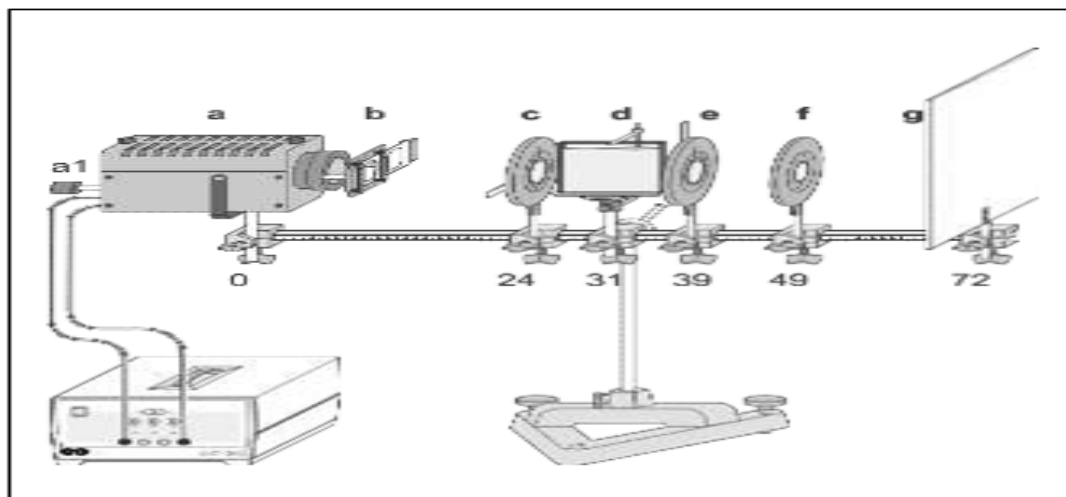
NAZARIY TUSHUNCHA

Optik aktivlik bir qator moddalar uchun xos bo'lib, bu moddalardan chiziqli qutblangan yorug'lik o'tganda qutblanish tekisligi buriladi. Bunday hodisa ba'zi eritmalarda ham yuz beradi. Erigan moddaning molekulyar strukturasi yorug'likning o'ng aylanishli va chap aylanishli qutblanishiga olib kelib, ular eritmada turli fazaviy tezlikda harakatlanadi. Eritmaga tushayotgan chiziqli qutblangan yorug'lik o'ng va chap aylanishli qutblangan to'lqin qismlariga ajralishi mumkin. To'lqinning ikki qismlari turli fazaviy tezlikda tarqalib, bosib o'tgan masofasiga proporsional bo'lgan fazalar farqini keltirib chiqaradi. To'lqinning ikki qismi bu masofani bosib o'tganidan so'ng, superpozisiya natijasida yo'nalishi asl to'lqinga nisbatan burilgan chiziqli qutblangan to'lqinga aylanadi.

Burilish burchagi molekulyar strukturaga, eritmada yorug'lik yo'li davomligidagi erigan modda konsentratsiyasiga va yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liq. Kuzatuvchi yorug'lik nuri tarqalishi yo'nalishiga qarama-qarshi qaraganida, yorug'likning qutblanish tekisligi soat strelkasi bo'yicha burilsa(o'ng aylanish) unga musbat qiymat beriladi. Aksincha, soat strelkasiga teskari aylanishni chap aylanish deb atashadi va unga manfiy qiymat beriladi. Asosan har qanday optik aktiv moddada o'ng aylanishli va chap aylanishli modifikasiyalar bo'lishi mumkin. Bu ikki modifikasiyaning mo'ayyan aylantirish qiymati bir - biriga teng va qarama - qarshi ishoraga ega. Ikkala modifikasiyaning aralashmasi burish burchagini kamaytiradi. Ikkala modifikasiya teng proporsiyada bo'lgan aralashma resemat deb ataladi.

Tajribada qutblanish tekisligining burilishi bir - biriga ko'ndalang o'rnatilgan ikkita polyarizatorida kuzatiladi. Konsentrlangan eritma D(+) - suvdagi saxaroza optik aktiv modda sifatida qo'llaniladi. D(+) belgi qutblanish tekisligini modda o'ng tomonga aylantirishini anglatadi.

QURILMANING TAVSIFI



1 - rasm. Qutblanish tekisligini shakar eritmasi bilan burilishini kuzatish uchun tajriba qurilmasi

a) Galogen lampa korpusi, b) Yorug'lik filtri (tasvir siljitgichda), c) Polyarizator, d) Shakar eritmasi, e) Analizator, f) Linza, g) Kuzatish ekrani.

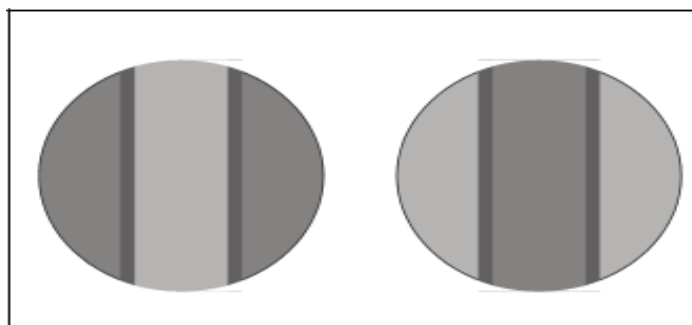
O'LCHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

1. Rasm.1 da keltirilganidek, kichik optik kursiga komponentlarni yig'ing, rasmda chapdagi Leybold multiqisqichidan o'rinlar berilgan.
2. Polyarizasiya filtrlarini shunday to'g'rilangki, ularning shkalasidagi belgilar kuzatish ekraniga qaragan bo'lsin va ikkalasi ham 90° ga o'rnatilsin.
3. Galogen lampani lampa korpusidagi sterjen yordamida (a1) to'g'rilang va optik kursidagi linzani shunday siljitingki, kuzatish ekranidagi ko'rish maydoni bir jinsli yoritilsin.
4. Ko'zgusimon shisha yacheykaga 50ml suv soling uni prizmalı stolga joylashtiring va uni kuzatish maydoniga markazlashtirib to'g'rilang.
5. Galogen lampa korpusining chiqish aperturasidagi tasvir siljitgichga qizil yorug'lik filtni o'rnatib va analizator bilan ko'rish maydonining o'rta qismida maksimal qorong'ulikga erishing.

a) Oq yorug'likni kuzatish:

1. Analizatorni 0° ga o'rnatib va butun ko'rish maydonini kuzating.
2. Chayqash orqali D(+) - saxarozani maksimal to'liq eriting.
3. Ko'zgusimon shisha yacheykani qayta nur yo'lining markaziga joylashtiring va ko'rish maydonini kuzating.
5. Analizatorning qutblash yo'nalishini buring va buning barchasini ko'rish maydonida kuzating

6. Analizator o'rmini qizil yorug'lik uchun eritmaning burish burchagi sifatida qabul qiling.
7. Qizil yorug'lik filtrini yashil bilan almashtiring va burishburchagini yana aniqlang.



3 - rasm. Shakarli eritma nur yo'liga qo'yilgandan keyin monoxromatik yorug'lik uchun ko'rish maydoni (chapdagi: analizator o'rni 0^0 , o'ngdagi: ko'rish maydonining markaziy qismida maksimal qorong'ulik)

b) Monoxromatik yorug'likni kuzatish:

1. Galogen lampa korpusining chiqish aperturasidagi tasvir siljitgichga qizil yorug'lik filtrni o'rning va analizator bilan ko'rish maydonining o'rta qismida maksimal qorong'ulikga erishing.
2. Analizator o'rmini qizil yorug'lik uchun eritmaning burish burchagi sifatida qabul qiling.
3. Qizil yorug'lik filtrini yashil bilan almashtiring va burish burchagini yana aniqlang.
4. Ko'k yorug'lik filtri uchun burish burchagini aniqlang.
5. olingan natijalarni jadvalga kiriting.

1 - jadval . Yorug'likning turli ranglari uchun burish burchakla

№	Yoruglik filtri	Burish burchagi
1	Qizil	
2	Ko'k	
3	Yashil	

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

SINOV SAVOLLARI

1. Tabiiy yorug'likning qutublangan yorug'likdan farqini izohlang.
2. Malyus qonuniga asosan analizator va polyalizatordan o'tgan yorug'likning intinsivligini hisoblang.
3. Optikaviy moddalarga qanday moddalar kiradi?
4. Polyarizatsion tizimlar qayerlarda qo'llaniladi?

4.12. FOTOEFFEKT HODISASINI O'RGANISH

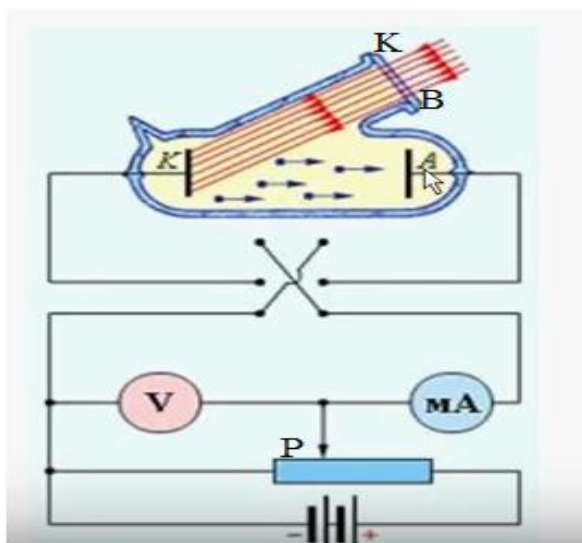
Tajriba maqsadi:

Fotoelementning voltamper xarakteristikasini olish va fotoeffekt qonuniyatlarini o'rganish.

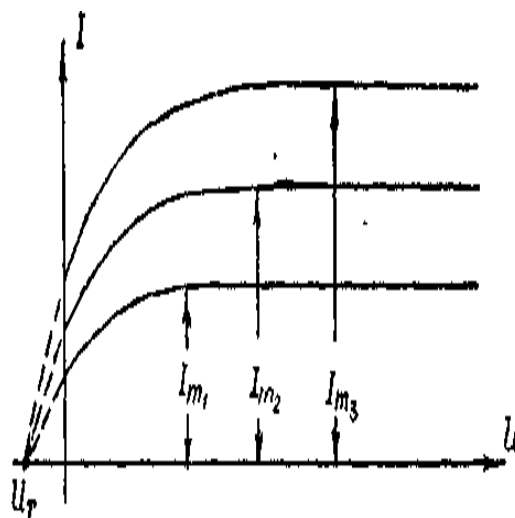
Kerakli jihozlar: Yorug'lik manbai, o'zgarmas tok manbai, o'zgaruvchan va o'zgarmas tokka mo'ljallangan voltmetr va ampermetr, vakuumli fotoelement FEU-2, o'lchov lineykasi.

NAZARIY TUSHUNCHA

Fotoeffekt - yorug'lik ta'sirida jism sirtidan elektronning ajralib chiqishidir. Bu hodisani birinchi bo'lib, 1887 yilda G.Gerts kuzatgan. Rus fizigi A.G. Stolotov fotoeffekt hodissasini chuqurroq o'rgandi. A.G. Stolotov tajribasining sxemasi 1 - rasmda keltirilgan. Havosi so'rib olingan ballon ichidagi katod K ning sirtiga monoxromatik nurlar dastasi kvarts "KB" darcha orqali tushadi. Sxemadagi potensiometr P elektrodlar orasidagi kuchlanishning qiymatlarini hamda ishorasini o'zgartirishga yordam beradi.



1-rasm



2-rasm

Voltmetr yordamida kuchlanish, fototok esa galvanometr bilan o'lchanadi.

2 - rasmda Φ_1 , Φ_2 va Φ_3 yorug'lik oqimi uchun fototokning anod va katod orasidagi kuchlanishga bog'liqligini ifodalovchi grafik, ya'ni volt - amper xarakteristikasi tasvirlangan. Rasmdan ko'rinishicha kuchlanishning biror qiymatidan boshlab fototok o'zarmay qoladi, ya'ni to'yinadi. Boshqacha qilib aytganda, fotoelektronlarning barchasi anodga yetib boradi. Fototokning bu qiymati to'yinish toki deb ataladi. Fotokatodga tushayotgan yorug'lik oqimi o'zgartirilsa, to'yinish tokining qiymati ham o'zgaradi. Bu tajribalardan fotoeffektning birinchi qonuni kelib chiqadi. Muayyan fotokatodga tushayotgan

yorug'likning spektral tarkibi o'zgarmas bo'lsa, fototokning to'yinish qiymati yorug'lik oqimiga tug'ri proporsional. Rasmdan ko'rinadiki anod va katod orasidagi kuchlanish nolga teng bo'lgan holda ham fototok mavjud bo'ladi. Bu shuni ko'rsatadiki kinetik energiyasi katta bo'lgan elektronlar maydon kuchlanganligiga qarshi ish bajaradi va anodga etib borib anod tokini hosil qiladi. Agar elektr maydon yetarlicha kuchli bo'lsa fotoelektronlar anodga etib bormasdan o'z energiyalarini sarflab qo'yadilar. Natijada zanjirdagi fototok to'xtab qoladi. Bu holga mos keluvchi tormozlovchi kuchlanishning qiymati " U_t " to'xtatuvchi kuchlanish deb ataladi. Bu vaqtdagi chegaraviy hol uchun

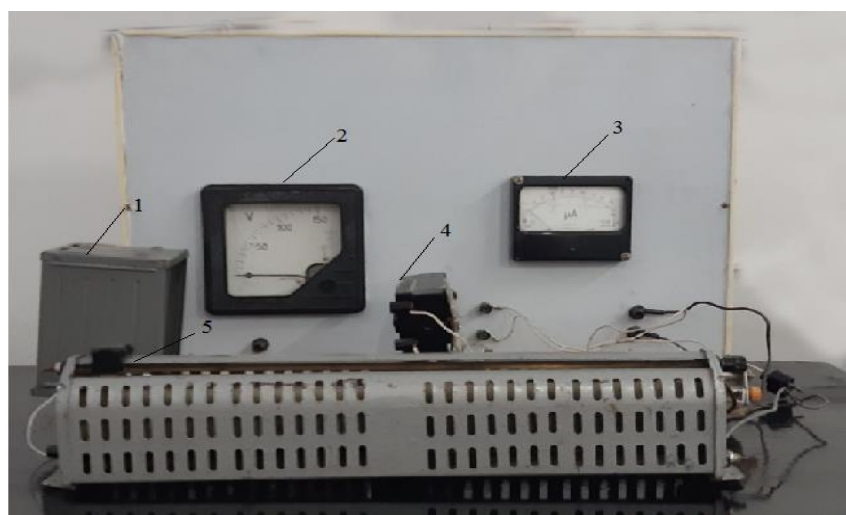
$$\frac{m\vartheta^2}{2} = eU_t \quad (1)$$

bu yerdan fotoeffektning ikkinchi qonuni kelib chiqadi: muayyan fotokatoddan ajralib chiqayotgan fotoelektronlar boshlang'ich tezliklarining maksimal qiymati yorug'lik intensivligiga bog'lik emas. Yorug'likning to'lqin uzunligi o'zgarsa, fotoelektronlarning maksimal tezliklari ham o'zgaradi. Fotoeffekt vujudga kelishi uchun tushayotgan fotonning energiyasi Eynshteyn qonuniga bo'ysunadi.

$$\frac{hc}{\lambda} = h\nu = A + \frac{m\vartheta_{\max}^2}{2} \quad (2)$$

Bu yerda, $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ Plank doimiysi, ν - yorug'lik chastotasi, λ - sirtiga tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligi, A - metall sirtidan elektronning chiqish ishi, ϑ - fotoelektronlarning maksimal tezligi, m - elektron massasi.

QURULMANING TAVSIFI



2 - rasm.

(1) yorug'lik manbai, (2) voltetr, (3) milliampermetr, (4) fotoelement, (5) potensiometr.

O'LGHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

1. Yorug'lik manbaiga reostat orqali 30 V kuchlanish bering.
2. Fotoelementni yorug'lik manбайдan 15 sm uzoqlikda o'rnatib.
3. R qarshilik orqali 10 V oralig'ida, fotoelementning anodi va katodi orasidagi kuchlanish tushishini o'zgartirib borib, milliampermetr orqali fototokning qiymati I_f ni o'lchab boring.
4. Fotoelementni yorug'lik manбайдan 30, 45 sm masofaga qo'yib, tajribani takrorlang.
5. Olingan natijalarni quyidagi jadvalga yozing.

1- Jadval.

U_a	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I_f											

6. Jadval asosida abtsissa o'qi bo'yicha U_a qiymatini va ordinata o'qi bo'yicha fototokning qiymati I_f ni qo'yib fotoelementning voltamper xarakteristikalarini chizing.
7. Grafikni interpolyasiyalash yo'li bilan U_t to'xtatiluvchi potensialning qiymatini aniqlang.
8. (1)-formuladan foydalanib fotoelektronlarning tezligini aniqlang.
9. (2) foydalanib katod materiali uchun elektronlarning chiqish ishini aniqlang.

SINOV SAVOLLARI

1. Fotoeffekt hodisasi nima va uning qonunlarini tushuntiring.
2. Ichki va tashqi fotoeffekt hodisasini farqi nimada?
3. Eynshteyn tenglamasini yozing va tushuntirib bering.

4.13. PLANK DOIMIYSINI ANIQLASH

Tajriba maqsadi:

Tashqi fotoeffekt hodisasidan foydalanib Plank doimiysini aniqlash.

Kerakli jihozlar: FE-STSV fotoelementi, voltmetr, yoritgich, mikroampermetr, reostat, filtrlar.

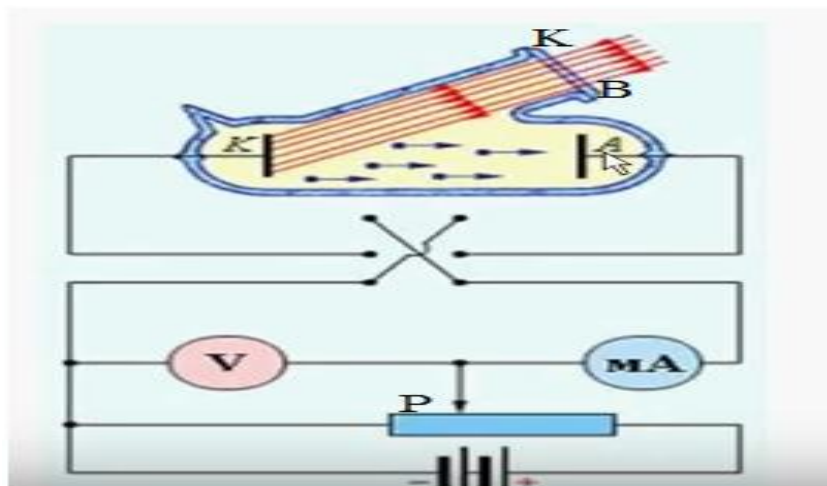
NAZARIY TUSHUNCHA

Kuzatishlar, tajriba va nazariyalar asosida yorug'likning to'liq hamda zarra (kvant) tabiatiga ega ekanligiga ishonch hosil qilindi. Kvant tabiatiga asoslanib, yorug'likni "elementar zarra" - fotonlar oqimi sifatida tasavvur etiladi. Fotonning tinch holatdagi massasi nolga teng, u faqat harakat jarayonida mavjud bo'lib, to'xtasa yo'qoladi, ya'ni yutilish xossasiga ega.

Yorug'lik ta'sirida moddalardan erkin elektronlarning ajralib chiqishi fotoeffekt deyiladi. Ikki xil fotoeffektni kuzatish mumkin: tashqi fotoeffekt yorug'lik ta'sirida metall sirtidan elektronlarning uchib chiqishi va ichki fotoeffekt yorug'lik ta'sirida yarim o'tkazgich va dielektriklarda elektronlarning energetik satrlar bo'yicha qayta taqsimlanish hodisasi. Tashqi fotoeffekt hodisasi

$$h\nu = A + \frac{m\vartheta_{\max}^2}{2}$$

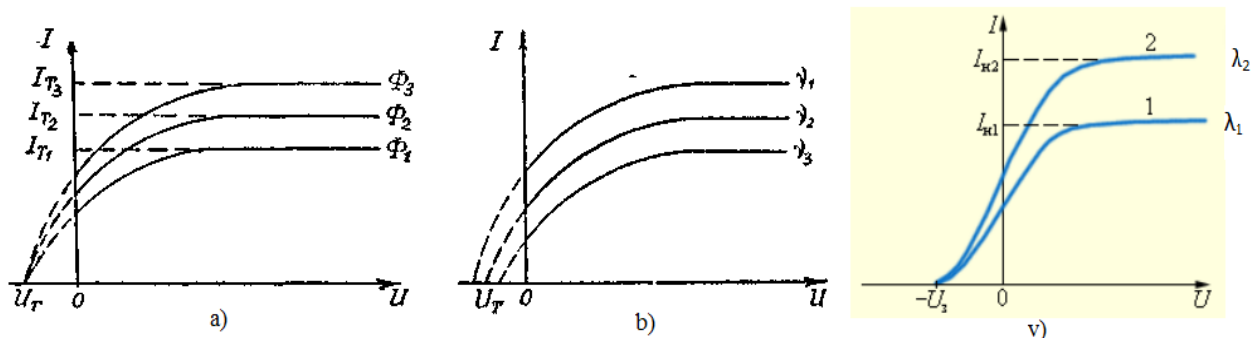
ifoda bilan tushuntiriladi. bu yerda, A - elektronlarning metall sirtidan chiqishi uchun sarflanadigan ish, m - elektron massasi, $\vartheta_{\max}$ - uchib chiqqan elektronlarning maksimal tezligi. Tashqi fotoeffekt hodisasini kuzatish uchun mo'ljallangan qurilmaning sxemasi 1 - rasmda ko'rsatilgan.



1 - rasm

K - katod yorug'lik bilan yoritilganda undan fotoelektronlar ajralib chiqib, K -katod hamda A - anod orasidagi maydon ta'sirida harakatlanadi va fototok hosil qiladi. Bu tokning kuchlanishga bog'liqligi voltamper karakteristikalarini hosil qiladi. Yorug'likning turli oqim va chastota qiymatlari uchun bunday

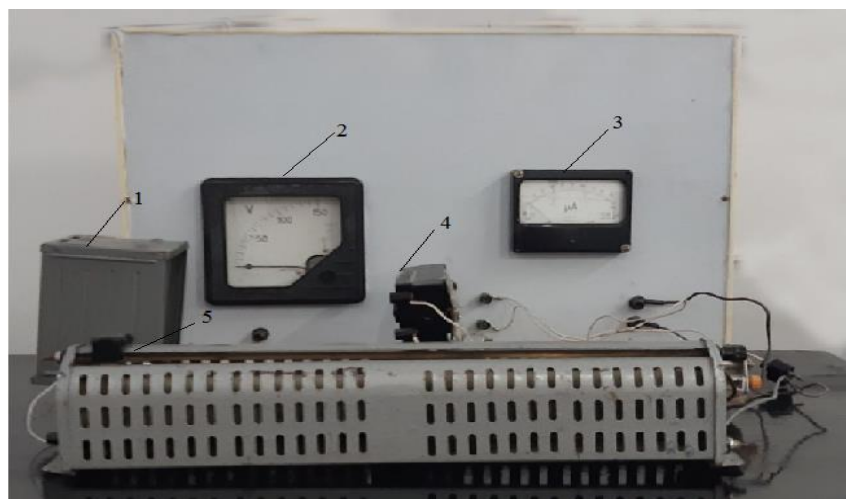
harakteristikalar 2 - a, b, rasmda keltirilgan Bu yerda I_t - katoddan chiqayotgan elektronlar soniga proporsional. U anodga borib etgan elektronlar soni bilan xarakterlanadi.



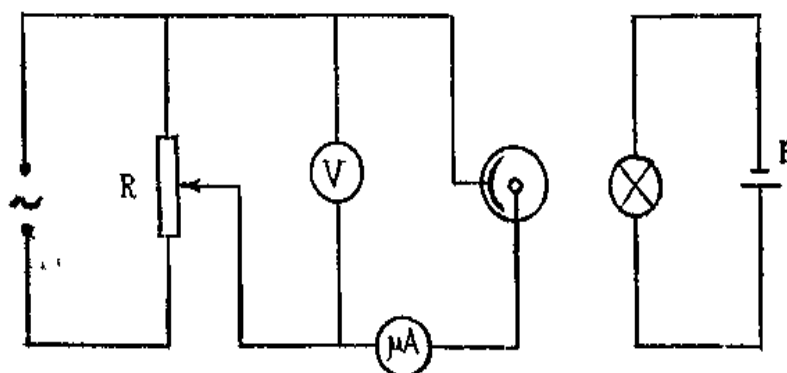
2 - rasm

Anod va katod orasidagi kuchlanish nolga teng bo'lganda ham fototok mavjud bo'ladi. Bunda fotoelektronlar kinetik energiyalari hisobiga maydon kuchlariga qarshi ish bajaradi. Agar manfiy elektr maydoni yetarlicha kuchli bo'lsa, elektronlar anodga etmay energiyalarini yo'qotadi. U holda fototok nolga teng bo'ladi. Ayni shu paytdagi kuchlanish U_T - to'xtatuvchi kuchlanish deyiladi. Tashqi fotoeffekt hodisasiga asoslangan asboblار фотоэлементлар deyiladi va ular ikki xil bo'ladi vakuumli fotoelementlar va gaz to'ldirilgan fotoelementlar. Vakuumli fotoelementlarni tuzilishi (1-rasmda) quyidagicha: havosi so'rib olingan balon hamda katod va anoddan iborat bo'lib, katod va anod orasida tashqi batareya elektr maydon hosil qiladi.

QURULMANING TAVSIFI



(1) yorug'lik manbai, (2) voltetr, (3) milliampermetr, (4) fotoelement, (5) potentsiometr.



3 - rasm

O'LGHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

1. 3-rasmda keltirilgan elektr zanjirini yig'ing.
2. Elektr zanjirini tok manbaiga ulang.
3. Sirtqi filtr ko'yilgan fotoelementni yorug'lik manbaidan 10 sm uzoqlikda o'rnatish ($\lambda_s=5,8 \cdot 10^{-7} \text{m}$)
4. R qarshilik orqali fotoelementning anodi va katodi orasidagi kuchlanish tushishini 10 V oraliqda o'zgartira berib mikroampermetr orqali fototokning qiymatini I_F o'lchab olinadi, ksyin fotoelementni yorug'lik manbaidan 15 sm, 20 sm o'rnatiladi va yuqoridagi ko'rsatma bajariladi. Abtssissa o'qi bo'yicha U kuchlanishning qiymati ordinata o'qi bo'yicha I_F fototokning qiymati quyib, fotoelementning oqim qiymatlari uchun voltametr harakteristikasi chiziladi ($U = f(I_f)$).
5. Yorug'lik chastotasi binafsha ($\lambda_b=4 \cdot 10^{-7} \text{m}$), yashil ($\lambda_{ya}=4,8 \cdot 10^{-7} \text{m}$), zarg'aldoq ($\lambda_z=6,2 \cdot 10^{-7} \text{m}$) filtrlar yordamida o'zgartiriladi ga 3-4 ko'rsatmalar bajariladi. Ranglar nurlanishning chastotasi $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ifodadan aniqlanadi. c - yorug'likning tezligi.
6. Turli chastotali yorug'liklar uchun fotoelementning volt-amper xarakteristikasi ($U=f(I)$) olinadi.
7. Volt-amper harakteristikasining to'g'ri chiziqli qismidan foydalanib, har bir chastoga uchun to'xatuvchi kuchlanish U_t aniqlanadi.
8. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

1-jadval.

№	I(A)	U(V)	$\nu(\text{Hz})$	$h(\text{J} \cdot \text{s})$	$\bar{h}$	Δh	$\Delta \bar{h}$	$\epsilon\%$
1								
2								
3								

9. $U_t = f(I)$ chiziladi. r burchak tipiladi.
10. $U_t = \frac{h \cdot \nu}{q_e \cdot c}$ ifodadan $h = \frac{U_t \cdot q \cdot c}{\nu}$. Plank doimiysi topiladi.
11. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

SINOV SAVOLLARI

1. Yorug'likning kvant tabiati qanday hodisalarda namoyon bo'ladi?
2. Foton nima?
3. Fotoeffekt hodisasi iima?
4. Fotoelement va uning qo'llanilish sohalarini ayting.

4.14. STEFAN-BOLSMAN QONUNI: «QORA JISM» NURLANISH INTENSIVLIGINING TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGINI O'LCHASH

Tajriba maqsadi:

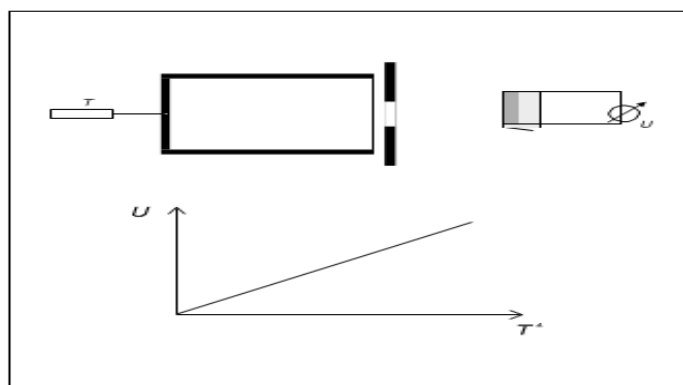
- Moll termoelementidan foydalanib, 300-750 K temperaturalar intervalida “qora jism” detallari bor elektr pechdagi nurlanishning nisbiy intensivligini o'lchashni amalga oshirish.
- Stefan-Bolsman qonunini tekshirish uchun nurlanish intensivligining absolyut temperaturaga bog'liqligi grafigini tuzish.

Kerakli jihozlar: elektrik pech, absolyut qora jism detallari, raqamli termometr, moll termoelementi, mikrovoltmetr, kichik optik kursi, katta V-shaklsimon shtativ, leybold multiqisqichlari, immersion suyuqlikli nasos, silikon quvurlar, ichki diametrik, suv uchun idish.

NAZARIY TUSHUNCHA

Barcha jismlar issiqlik nurlantiradi. Bu issiqlik elektromagnit nurlanishning intensivligi temperatura ortishi bilan ortadi va hamda shu jismning sirtiga ham bog'liq. Berilgan to'lqin uzunligida, u nurni qanchalik yaxshiroq yutsa, shunchalik ko'proq issiqlik nurlantiradi. Barcha to'lqin uzunlikli issiqlik nurlanishini yutuvchi jism *absolyut qora jism* deb ataladi. Aynan *Kirxgoff* birinchi bo'lib, berk bo'shliqdan virtual absolyut qora jism sifatida foydalanishni taklif qilgan. Absolyut qora jism eng katta yutish koeffisiyentiga ega va shu bilan, berilgan

temperaturada va to'liq uzunlikda maksimal mumkin bo'lgan nurlantirishga ega.



1 - rasm.

Stefan-Bolsman qonuni absolyut qora jismning umumiy chiqarayotgan nurlanishi T absolyut temperaturaning to'rtinchi darajasiga proporsional ekanligini tasdiqlaydi. Yanada aniqroq nurlanish manbasining nurlanuvchanligi M , ya'ni sirtning bir tomonidagi nurlanishning umumiy quvvati nurlanayotgan sirt sohasiga nisbatan quyidagidan aniqlanadi

$$M = \delta T^4 \quad (1)$$

$\delta = 5,67 \cdot 10^{-8} (W / m^2) K^4$ - *Stefan-Bolsman doimiysi*

Shu vaqtda absolyut qora jism atrof muhitdan nur ham yutadi.

Shunday qilib biz M umumiy nurlanuvchanlikni emas, anig'i absolyut qora jism nurlanishidan olingan M nurlanish manbasining nurlanuvchanligini o'lchaymiz. Atrof muhitdan yutilgan nurlanishning nurlanuvchanligi quyidagiga teng:

$$M_0 = \delta T_0^4 \quad (2)$$

Shuning uchun, quyidagini yozish mumkin

$$M' = \delta(T^4 - T_0^4) \quad (3)$$

Mazkur tajribada «absolyut qora jism» sifatida elektr pechdan foydalaniladi. Absolyut qora jism detallari jilvirlangan mis silindr va ekrandan iborat. Bir uchi izolyasiya qilingan mis silindr, elektr pechga kiritiladi va talab qilingan temperaturagacha qizdiriladi.

Zarur bo'lganda suv bilan sovutiladigan ekran elektr pechning oldiga shunday o'rnatilganki, qaynoq pechkaning tashqi devorlarining nurlanishini emas, faqat jilvirlangan silindrning issiqlik nurlanishini o'lchash mumkin. Temperatura datchigi NiCr - Ni mis silindrdagi temperaturani o'lchash uchun qo'llaniladi.

Issiqlik nurlanishi mikrovoltmetrga ulangan Moll termoelementidan foydalanib o'lchanadi. Termoelement ulangan termojuftliklar seriyasidan tashkil topgan. O'lchanayotgan nuqtalar tushayotgan nurni to'liq yutadi, qiyoslash nuqtalari esa atrof muhit temperaturasida bo'ladi. Biz shunday qilib, termoelektrik

batareyalarning chiqish kuchlanishini nurlanish manbasining M' nisbiy nurlanuvchanligi o'lchovi sifatida olishimiz mumkin.

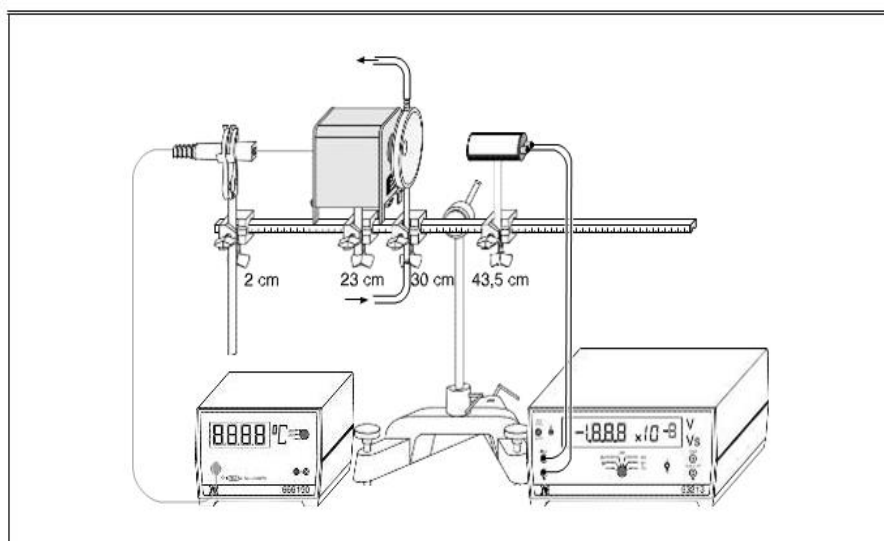


1 - rasm.

Suv bilan sovutishdan foydalanilganda:

- Silikon quvurni immersion nasosga va ekranga shunday biriktiringki, ekranga suvning oqib kelishi pastki patrubkadan, chiqishi esa ekranning asosiy patrubkasidan bo'lsin.
- Idishni suv bilan to'ldiring va immersion nasosni suvli idishning gardishiga montaj qisqichdan foydalanib shunday mahkamlangki, kirish teshigi to'liq suvga botsin va maksimal botish chuqurligi 17 sm dan ortiq bo'lmasin (2 - rasimga qarang; boshqa imkoni bor montaj uchun foydalanish bo'yicha instruktsiyalarga murojat qiling)

QURULMANING TAVSIFI



1 - rasm. Stefan-Bolsmanning issiqlikdan nurlanish qonunini tasdiqlash uchun tajriba qurilmasi.

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1. 2 - rasmda tasvirlangadek tajriba jihozlarini yig'ing.
2. Elektrik pechni, absolyut qora jism komplekti ekranini va termoelektrik batareyani 2 - rasmda keltirilganidek shunday o'rnatishki, termoelektrik batareyaning sterjeni elektr pechning ochiq tarafi oldidan taxminan 15 sm da joylashsin.
3. Absolyut qora jism komplekti ekrani metall tarafi bilan termoelektrik batareyaga qaralgan holda elektr pechning oldida taxminan 5-10 mm da joylashtiring.
4. Joyida temperatura datchigini universal qichqich bilan S montaj qiling va raqamli termometrni ulang (o'lchash diapazoni $> 200^{\circ}\text{C}$).
5. Elektrik pechning ochiq tarafini, absolyut qora jism komplekti ekranini va termoelektrik batareyani shunday to'g'irlangki, issiqlik nuri bevosita ochiq termoelektrik batareyaga tushsin.
6. Suv bilan sovutishdan foydalanilganda, immersion nasosni qo'llang.
7. Termoelektrik batareyani mikrovoltmetr bilan Rasm.1 da keltirilganidek ulang.
8. n mis silindrning temperaturasi va termoelektrik batareyaning boshlang'ich chiqish kuchlanishini o'lchang va bu qiymatlarni o'z tajriba daftaringizga yozib oling.
9. Elektr pechni ulang va temperatura har 5 dan 100°C ga oshganda. n va U ning qiymatlarini o'lchang va ularni o'z tajriba daftaringizga yozib oling.
10. Elektr pechni uzing; va temperatura har bir 5°C ga pasayganda, n va U ning qiymatlarini o'z tajriba jurnalangizga yozib boring.
11. Termoelektrik batareyani qoramtir karton bilan ekranlashtiring, voltmetrning nol ko'rsatishini tekshiring va bu qiymatni o'z tajriba daftaringizga yozib oling.
12. Olingan natijalarni jadvalga kitiring.

N _o	n($^{\circ}\text{C}$)	T(K)	$(T-T_0)^4(\text{K}^4)$	U _k (V)	U _{ch} (V)
1					
2					
3					

13. $U_k=f((T-T_0)^4)$ va $U_{ch}=f((T-T_0)^4)$ funksiya grafiklarini chizing.
14. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

SINOV SAVOLLARI

1. Absolyut qora jism tushunchasini izohlang.
2. Kirixgof qonunini izohlang.
3. Stefan-Botsiman qonunini tushuntiring.
4. $U_k=f((T-T_0)^4)$ va $U_{ch}=f((T-T_0)^4)$ funksiya grafiklarini izohlang.

4.15. VOLFRAM TOLASI TEMPERATURALI NURLANISH ENERGIYASINING ABSOLYUT QORA JISM TEMPERATURALI NURLANISH ENERGIYASIGA NISBATINI TOPISH

Tajriba maqsadi:

Cho'g'lanma lampaning energetik nurlanishini o'rganish va absolyut qora jism volfram tolasi nurlanish yutish koeffisientini aniqlash.

Kerakli jihozlar: LATR, o'zgaruvchan yuk kuchi va kuchlanishini o'lchashga mo'ljallangan ampermetr va voltmeter, volfram tolali elektr lampasi.

NAZARIY TUSHUNCHA

Termodinamik qonunlardan foydalaniib, Stefan-Boltsman absolyut qora jism nurlanish energiyasini uning temperaturasi bog'liqligini aniqladi. Absolyut qora jism deb tushuvchi nurlanish energiyasini to'liq yutuvchi jismlarga aytiladi. Bunday jismlar uchun yutish koeffisienti birga teng. Stefan-Boltsman qonuniga ko'ra absolyut qora jismning sirt birligidan bir sekunda nurlanadigan energiya, ya'ni absolyut qora jismning energetik nurlanishi undagi absolyut temperaturaning to'rtinchi darajasiga proporsionaldir, ya'ni:

$$R_e = \sigma T^4 \quad (1)$$

bu yerda, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$ Stefan-Boltsman doimiysi.

Agar nurlanayotgan jism absolyut qora jism bo'lmasa, u holda:

$$R_e = k \cdot \sigma T^4 \quad (2)$$

bu yerda k - absolyut qora bo'lmagan jism uchun energetik nurlanishni yutish koeffisienti. (1) va (2) tenglamalardagi R erkinlik bo'lib, son jihatidan yorug'lik chiqaruvchi jismning yuz birligidan chiqayotgan yorug'lik oqimiga teng.

$$R = \frac{\Phi}{S} \quad (3)$$

Yorug'lik oqimi esa yorug'lik to'lqinlarining mazkur yuzadan vaqt birligida olib o'tgan energiyasi bilan aniqlanadi.

$$\Phi = \frac{W}{t} \quad (4)$$

$$(4) \text{ ni } (3) \text{ ga qo'ysak } R = \frac{W}{t \cdot S} \quad (5)$$

(5) tenglamadagi $\frac{W}{t} = N$ lampa quvvati. Cho'g'lanma lampaning quvvati to'lqin nurlanish energiyasiga sarf bo'lsa (2) ni hisobga olib (5) ni qo'yidagi ko'rinishda yozamiz:

$$N = J \cdot U = k \cdot \sigma S \cdot T^4 \quad (6)$$

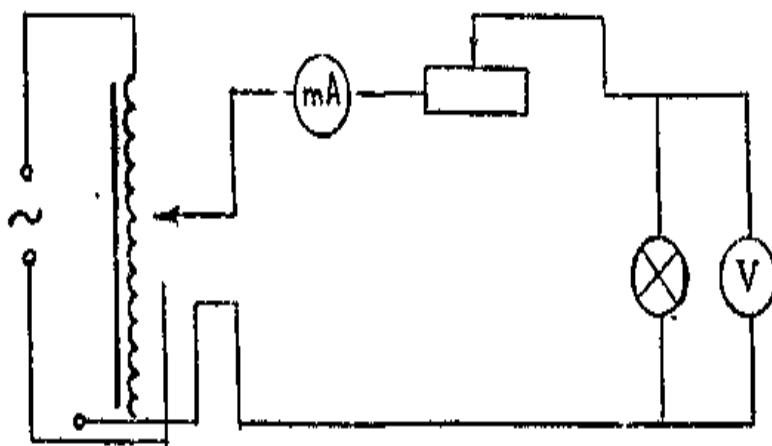
Cho'g'lanma lampa tolasining temperaturasi aniqlash uchun o'tkazgichlar qarshiligining temperaturaga bog'lanishidan foydalanamiz.

$$r_t = r_0 \cdot (1 + \alpha t) \quad (7)$$

bu yerda r_0 - volfram tolasining 0°C dagi temperaturasi. Ikkinchi tomondan o'tkazgichning qarshiligi Ohm qonuniga asosan quyidagi tenglamadan topilishi mumkin:

$$r_t = \frac{U}{I} \quad (8)$$

QURULMANING TAVSIFI



1 - rasm

O'LCHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

- 1- rasmda tasvirlangan sxema bo'yicha elektr zanjirini yig'ing.
- Zanjirni tok manbaiga ulab LATR yordamida volfram tola (lampochka) uchlaridagi kuchlanishni 100-200 V oralig'ida 20 V dan o'zgartirib borib, voltmetr va ampermetrlarning ko'rsatgichlarini yozib olnig.
- (7) va (8) formuladan foydalanib berilgan kuchlanish va tok kuchining qiymatlari uchun tola temperaturasi quyidagi formuladan foydalanib aniqlang:

$$T = \left(\frac{R_t}{R_0} - 1 \right) \frac{1}{\alpha} + 273 \quad (9)$$

bu yerda $R_0 = 484 \text{ Ohm}$, volfram uchun temperatura koeffisienti $\alpha = 5 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{grad}}$.

- (6) formuladan foydalanib k - koeffisientni aniqlang va olingan natijalarni quyidagi jadvalda yozing, bu yerda $S = 4,8 \text{ cm}^2$ - cho'g'lanuvchi volfram tolasining sirti

N_2	$U(V)$	$I(A)$	T	T_4	IU	k	$K_{o'r}$	Δk	$\Delta k_{o'r}$	$E, \%$
1	100									
2	120									
3	140									

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

SINOV SAVOLLARI

1. Cho'g'lanma lampaning volfram tolasi absolyut qora jismdan qanday farq qiladi?
2. Absolyut qora jismning nurlanish qobiliyati Stefan-Boltsman qonuniga asosan qanday qilib aniqlanadi?
3. Manbalarning yorqinligi qanday qilib aniqlanadi?

4.16. STEFAN - BOLSMAN DOIMIYSINI ANIQLASH

Tajriba maqsadi:

Temperaturali nurlanish hodisasiga asoslangan holda Stefan-Boltsman doimiysini aniqlash.

Kerakli jihozlar: voltmeter, ampermetr, reostat, kalit, tok manbai, cho'g'lanma elektr lampasi.

NAZARIY TUSHUNCHA

Modda atomlar va molekulalarining issiqlik harakati tufayli yuzaga keladigan elektromagnit nurlanishi issiqlik nurlanishi deyiladi. Barcha qizdirilgan qattiq va suyuq moddalarning issiqlik nurlanishi tutash spektrni beradi. Agar biror jism o'z atrofidagi jismlardan chiqqan nurlarni yoki issiqlikni yutish yo'li bilan o'zining nurlanish energiyasini tiklaydigan bo'lsa, unda nurlanish jarayoni muvozanatli tarzda o'tadi. Shu vaqtda nurlanuvchi jism holatini aniq bir o'zgarmas haroratli nurlanish deb ham yuritiladi.

Issiqlik nurlanishi muvozanatli jarayon bo'lganligi uchun termodinamika prinsiplaridan kelib chiqadigan ba'zi umumiy qonunlarga bo'ysinadi. Absolyut qora jismning to'la nurlanish qobiliyati jism absolyut haroratining to'rtinchi darajasiga to'g'ri proporsionaldir.

$$R_e = \sigma T^4 \quad (1)$$

Stefan Boltsman qonunini ifodalangan bu tenglamadagi Stefan-Boltsman doimiysi deyilib uning qiymati mazkur ishda tajribadan topiladi. Shu maqsadda 1 - rasmda ko'rsatilgan elektr sxema tuziladi. Bu sxemada elektr lampadagi volfram tola nurlanishi absolyut qora jism nurlanishiga yaqindir.

Bu tolani o'zgaruvchan tok manbaiga ulab nurlantirish mumkin. Tolaning iste'mol qiladigan elektr quvvati

$$N_e = IU \quad (2)$$

Tolaning iste'mol qiladigan to'la quvvati N_3 elektr quvvati (2) hamda atrofdagi jismlarning nurlanishi tufayli olayotgan yorug'lik quvvatidan iborat.

$$N_T = \sigma T_0^4 S \quad (3)$$

bunda, S - tolaning sirti, T_0 - muhitning harorati. Stasionar rejimda tolaning nurlanayotgan yorug'lik quvvati

$$N = \sigma T^4 S \quad (4)$$

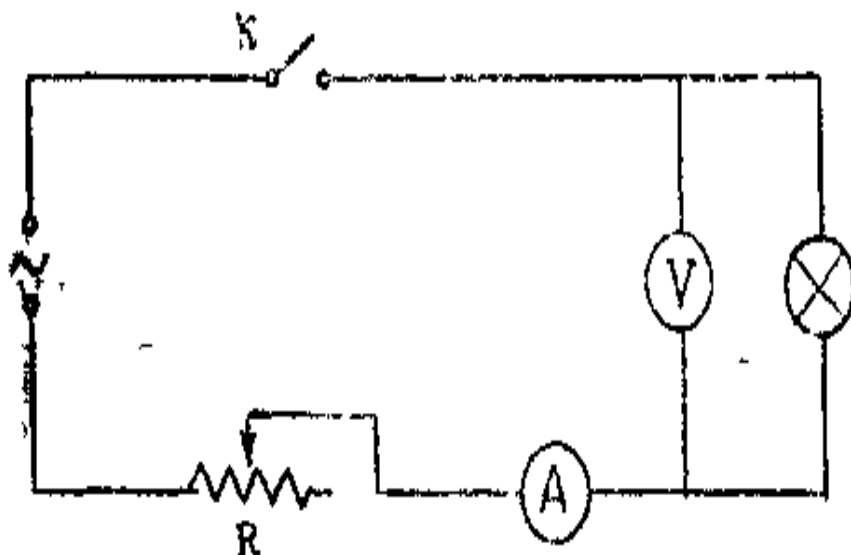
tola tomonidan iste'mol qilinayotgan to'la quvvatga teng bo'lishi kerak. T - cho'g'langan tolaning harorati. Demak, (2), (3), (4) formulaga asosan

$$\sigma T^4 S = IU + \sigma T_0^4 S$$

tenglikni yozish mumkin.

u holda
$$\sigma = \frac{IU}{(T^4 - T_0^4)S} \quad (5)$$

QURULMANING TAVSIFI



1 - rasm

O'LGHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

- 1 - rasmda ko'rsatilgan elektr zanjirni tuzing.

2. Kalitni ulab, (K) reostat (R) yordamida tolaga turli kuchlanishlar berib, voltmetr va ampermetr ko'rsatishlarini yozib oling.

3. O'lchab olingan kattaliklardan foydalanib, tok kuchi I va kuchlanishning U har bir qiymati uchun zanjirning bir qismi uchun Om qonuniga oid ifodadan $R_t = \frac{U}{I}$ aniqlash mumkin.

4. Tolaning uy haroratidagi qarshiligini (R_{uy}) bilgan holda, uning 0°C haroratdagi qarshiligi quyidagicha topiladi:

$$R_{uy} = R_0(1 + \alpha t), \quad R_0 = \frac{R_{uy}}{(1 + \alpha t)} \quad R_{uy} = 18\text{Om}, \quad \alpha = 4,3 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{grad}}$$

5. $T = \frac{R_t(R_0 - 1)}{(a + 273)}$ formuladan tolaning cho'g'lanish harorati aniqlanadi.

bu yerda, R_t - tolaning cho'g'langan paytidagi ya'ni, $t^\circ\text{C}$ haroratdagi qarshilash.

6. O'lchab olingan I , U , T_0 , T , S kattaliklardan foydalanib (5) ifodadan Stefan-Boltsman doimiysini hisoblang va uning o'rtacha qiymatini toping

$$(S = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{m}^2).$$

7. O'lchashda yo'l qo'yilgan absolyut va nisbiy xatoliklarni hisoblang.

SINOV SAVOLLARI

1. Jismning nurlanish qobiliyati va nurlanish energiyasi deb nimaga aytiladi?
2. Absolyut qora jismning nurlanish qonunlarini aytib bering?
3. Nurlanishning yana qanday turlarni bilasiz?

4.17. INERT GAZ VA METAL BUG'LARINING CHIZIQLI SPEKTRLARINI PRIZMALI SPEKTROMETR YORDAMIDA O'LCHASH

Tajriba maqsadi:

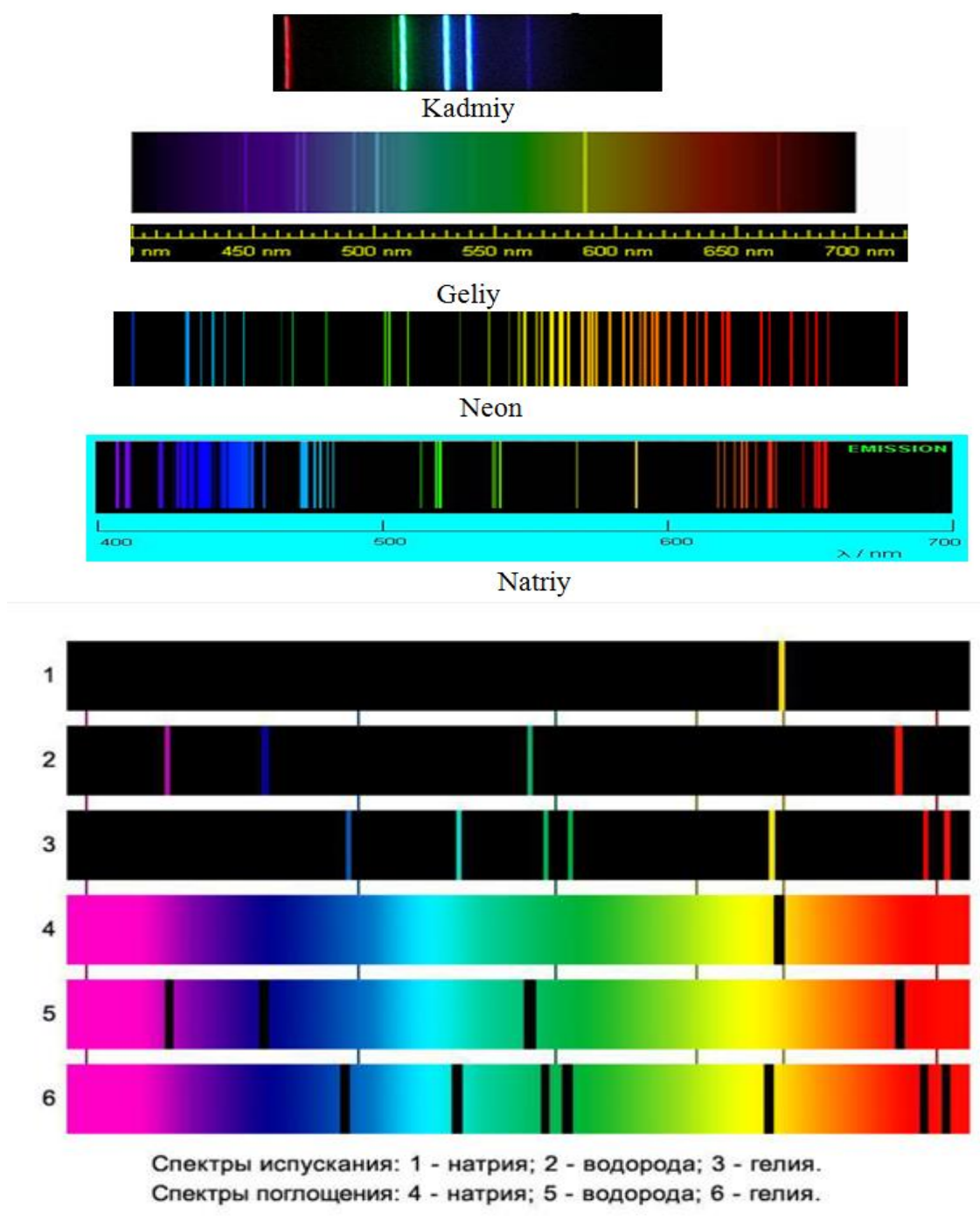
- Chiziqli spektrlarni prizmalı spektrometrda kuzatish hamda chiziqli spektrlar to'liq uzunligini burchak ko'rsatgichiga bog'liqligini o'rganish.

Kerakli jihozlar: prizmalı spektr, goniometr, He, Cd, Na lampalari, universal drosel, trasformator.

NAZARIY TUSHUNCHA

Odatda spektrlarni uzluksiz va chiziqli turlarga bo'linadi. Ushbu tushinchalarni ishlatilishi sabab nimada degan savol tug'iladi. Nurlanishlarni to'liq uzunliklar (ya'ni chastotalar) bo'yicha ajratib ularni ekranda yoki akulyarda tushuruvchi qurilmaga spektrometr deyiladi. Spektrometrning asosiy qismini prizma tashkil etadi. Tasmasimon tirqishdan o'tib prizmaga tushayotgan turli

to'liq uzunlikli (chastotali) nurlanishlar bu prizmada turlicha sinadi. Natijada ekranda spektrometr tirqishining turli chastotali nurlanishlar vujudga keltirgan tasvirlari paydo bo'ladi. Tirqish tasmasimon shaklda bo'lganligi uchun tasvir ham tasmasimon bo'ladi. Lekin spektrometr ajratish qobiliyatini oshirish maqsadida tirqishni nihoyat ensiz qilib olinadiki, natijada ekranda tasvir xuddi chiziqqa o'xshab ketadi. Shuning uchun bunday nurlanish spektri chiziqli yoki uzlukli deb ataladi. Shuni alohida, qayd qilaylikki, har bir "chiziq" ni ma'lum chastotali nurlanishga mos keladi, deyishimiz mumkin. Misol sifatida rasm 1 da kadmiy, geliy, neon, va natriy atomlarini chiziqli spektrlari keltirilgan.



1 - rasm.

1 - rasmdan ko'rinicha yorug'lik bilan uyg'otilgan inert gazlar va metall - bug'lari spektral chiziqlar, ya'ni mos element uchun xarakterli bo'lgan konkret to'lqin uzunliklar to'plamli chiziqlaridan iborat. Bu to'lqin uzunliklarni aniq o'lchash orqali, biz yorug'lik manbaining xarakteri haqida asosli xulosalar qilishimiz mumkin. Bu spektral chiziqlarni ajratish uchun biz prizmadan foydalanishimiz mumkin. Bu ishda sindirish ko'rsatgichi n prizma materialiga bog'liqligidan foydalaniladi (mazkur holda rangsiz shisha).

Yorug'lik nurlari prizmada sinib, to'lqin uzunliklariga bog'liq ravishda prizmada turli darajada og'adi. Spektrning ko'rinish diapazonidagi qisqa to'lqinli yorug'lik uzun to'lqinli yorug'likga qaraganda ko'proq og'adi.

QURULMANING TAVSIFI

Prizmalı spektrometrda kengligi va balandligini o'zgartirish mumkin bo'lgan vertikal S tirqishdan chiqqan yorug'lik sochilgan holda tarqaladi va O_1 obyektiv orqali linzaga tushadi: tirqishdan linzagacha bo'lgan masofa uning fokus masofasiga ekvivalent bo'ladi (2 - rasm ga qarang). Tirqish va linza birgalikda kollimatorni tashkil qiladi. Obyektivdan keyin, yorug'lik parallel dasta sifatida prizмага tushadi, ya'ni prizмага barcha nurlar bitta burchak ostida tushadi. Prizma yorug'likni sindiradi va har bir to'lqin uzunlikli nur turli burchakka og'adi. Va nihoyat, ikkinchi O_2 obyektivning linzasida ma'lum to'lqin uzunlikli barcha parallel nurlar fokuslanib, obyektivning fokal tekiligidan S tirqishning obrazini hosil qiladi.

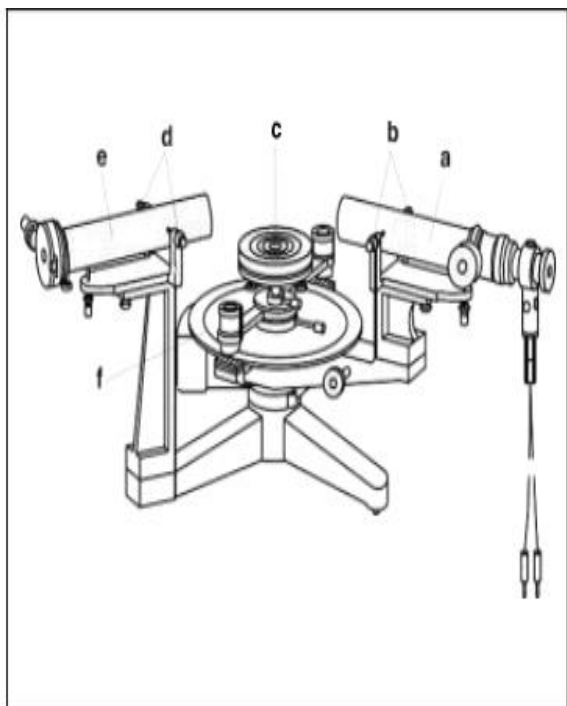
Shunday qilib, toza spektr fokal tekislikda shakllanadi va biz uni O' okulyar yordamida kuzatishimiz mumkin. O_2 obyektiv linza va O' okulyar birgalikda fokuslanishi cheksiz bo'lgan astronomik teleskopni tashkil qiladi.

Prizma shunday o'rnatiladiki, spektrning o'rtacha to'lqin uzunliklari (500 - 600 nmga yaqin) uchun nurning yo'li simmetrik va og'ish minimal bo'lsin. Bu o'z navbatida spektral ajrata olishni oshiradi.

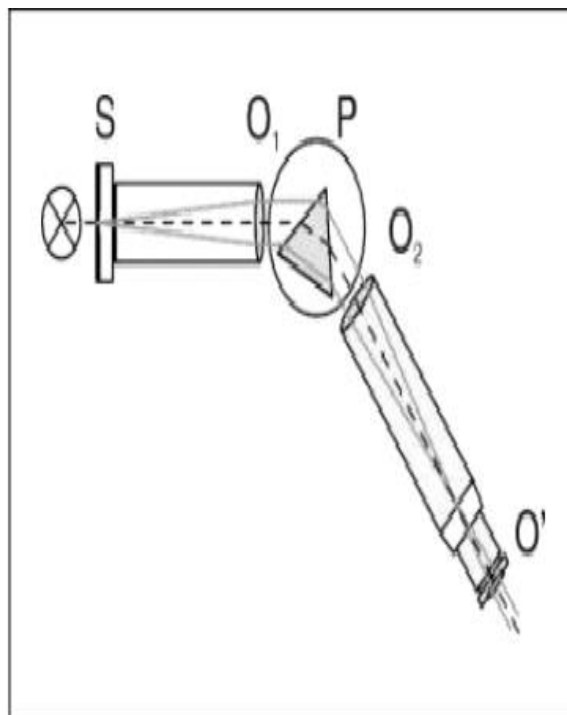
Spektrometrni sozlash.

Teleskopni (a), prizma stolini (c), va trubka tirqishini (kollimator) (e) gorizontaal yo'nalishda ko'z bilan chamalab to'g'rilang (Rasm.3 ga qarang).

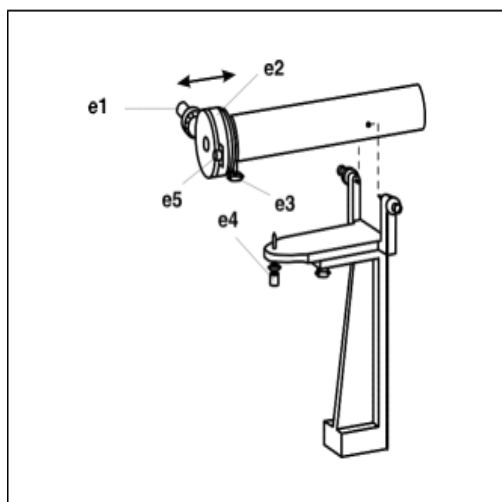
– Teleskop va kollimatorni yon tomonga sozlash vintlari (b), (d), yordamida markazlashtiring va keyin vintlarni qotiring. Sozlash vintlariini juda ko'p ochib yubormang, chunki ular teleskopni va kollimatorni tutib turadi.



2 - rasm

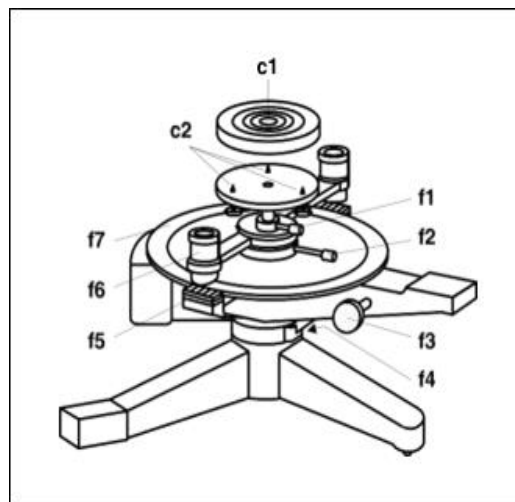


3 - rasm.



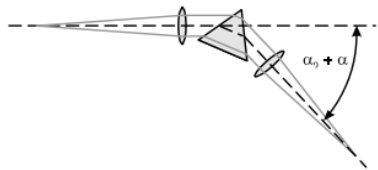
4 - rasm. Kollimator

- e1 Mikrometer dastazi
- e2 Kollimator trubasi
- e3 Kollimator trubkasini qotirish vinti
- e4 Kollimator balandligini korrektirovka qilish vinti
- e5 Tirqish balandligini pasaytirgich

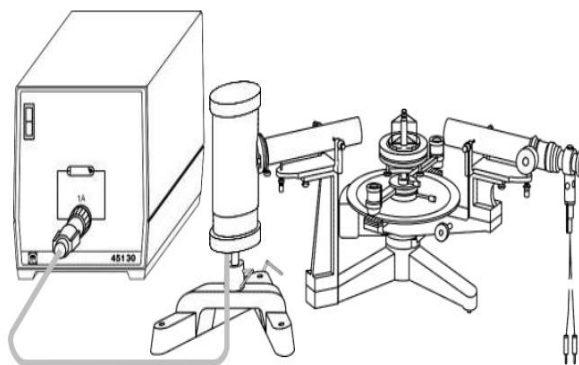


5 - rasm. Spektrometrnihg asosiy qurilmasi va prizma stoli

- c1 Prisma stoli
- c2 Prisma stolini to'g'rilash vintlari
- f1 Prisma stolini qotirish vinti
- f2 Graduirovka qilingan aylanani qotirish vinti
- f3 Teleskopni burish uchun nozik sozlash vinti
- f4 Teleskopni qotirish vinti (ko'rinmagan)
- f5 Noniuslar
- f6 Lupa
- f7 Graduirovka qilingan aylana



6 - rasm



7 - rasm

Spektral lampani korpusga mahkamlang, uni 5-rasm da keltirilganidek taglikka o'rnatib, uni universal drosselga ulab yoqing. He - spektral lampa bilan tirqishni yoritib. Lampa kollimatorning ko'rish o'qida joylashganiga ishonch hosil qiling. Prizmani prizma stoliga joylashtiring va teleskopni shunday to'g'rilangki, tirqishdan o'tgan yorug'lik prizma tushsin (agar yuqoridan qaralsa, Rasm.1 ga qarang) va spektrni teleskopda kuzatish mumkin bo'lsin.

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1-topshiriq. Spektrometrni He - spektral lampa bilan kalibrlash:

1. 7- rasmdagidek tajriba jihozlarini yig'ing.
2. Tirqish (e_1) kengligini o'zgartiruvchi mikrometrik vint yordamida, munosib tirqish kengligini o'rnatib.
3. Sekinlik bilan prizma stolini burib va teleskopda spektral chiziqlarning o'zgarishini spektr «markaz» chizig'i (masalan, sariq $\lambda=587,6$ nm) reversiv nuqtadan (minimal qiymat) o'tguncha kuzatib.
4. Prizma stolini minimal holatda, mos vintlarni (f_1) va (f_4) mahkamlashdan foydalanib qotirib.
5. Goniometrni 0° va 180° konius chizig'iga kelishini ta'minlang.
6. Kadmiyni chiziqli spektrni teleskop okulyarida hosil bo'lishini ta'minlang.
7. Hosil bo'lgan spektrni 1 - rasm dagi spektrlar bilan taqqoslang.
8. Har bir spektral chizig'iga mos keladigan goniometr burchak ko'rsatgichini oling.
9. Tajribani kamida 3 marta takrorlab goniometr ko'rsatgichini absolyut va nisbiy xatoligini aniqlang.
10. Goniometr o'rtacha qiymatidan foydalanib $\lambda = f(\alpha)$ bog'liq grafigini chizing. Buning uchun nurlar to'lqin uzunligini tegishli jadvaldan oling.
11. Olingan tajriba qiymatlarini quyidagi jadvalga qo'ying.

1 - jadval.

№	$\alpha(\text{rad})$	$\lambda_{\text{tajriba}}(10^{-7})\text{m}$	$\lambda_{\text{adabiyit}}(10^{-7})\text{m}$
1			
2			
3			

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

2- topshiriq. Boshqa yorug'lik manbailarining spektral chiziqlarini, masalan Cd spektral lampaning o'lchash.

1. He - lampa va korpusning sovushini kuting, keyin lampani almashtirib tirqishni yoriting.
2. Teleskopning to'r chizig'ini, yuqorida bayon qilinganidek, nozik sozlash (f_3) dastasi yordamida, ketma - ket har bir spektral chiziq bilan to'g'rilang.
3. 1 - topshiriqdagi 5 - 12 bandlarni takrorlang.

SINOV SAVOLLAR

1. Spektrometr qanday asbob?
2. Ishni bajarish uchun mo'ljallangan qurilma qanday asosiy qismlardan iborat?
3. Uzlukli yoki chiziqli spektrlar qaysi vaqtda kuzatiladi?
4. Ganiyometr qanday asbob?
5. Kadmiy chiziqli spektr nuriga mos keluvchi burchak qanday qilib o'lchanadi?
6. Nurlarkuzatish burchagi va ular to'qin uzunligi orasidagi bog'lanish qanday qonuniyatga bo'ysunadi?

FIZIK KATTALIKLAR JADVALI

I. Asosiy fizik doimiylar

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

2. Psixometrik jadval

t	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
P, P _a ning qiymatlari										
10	1228	1206	1244	1253	1261	1270	1278	1287	1295	1304
11	1313	1321	1330	1339	1348	1357	1366	1375	1384	1393
12	1403	1412	1421	1431	1440	1450	1459	1469	1478	1488
13	1498	1503	1518	1538	1548	1558	1568	1568	1579	1588
14	1599	1609	1620	1630	1641	1651	1662	1673	1684	1695
15	1706	1717	1728	1739	1750	1762	1773	1784	1796	1807
16	1819	1830	1842	1854	1866	1878	1890	1902	1914	1926
17	1938	1951	1963	1976	1988	2001	2013	2026	2039	2052
18	2065	2078	2091	2104	2117	2130	2144	2158	2171	2185

19	2198	2212	2226	2240	2254	2268	2282	2296	2310	2325
20	2339	2354	2368	2383	2398	2413	2428	2443	2458	2473
21	2488	2504	2419	2535	2550	2566	2582	2598	2613	2629
22	2646	2662	2678	2694	2711	2727	2744	2767	2777	2794
23	2811	2828	2846	2863	2880	2898	2915	2933	2950	2968
24	2986	3004	3022	3040	3059	3077	3096	3114	3133	3151
25	3170	3189	3208	3227	3247	3266	3286	3305	3325	3344
26	3364	3384	3404	3424	3445	3465	3486	3506	3527	3548
27	3568	3590	3611	3632	3653	3675	3696	3718	3740	3762
28	3784	3806	3828	3850	3873	3895	3918	3941	3964	3987
29	4001	4033	4056	4080	4103	4127	4151	4175	4199	4223
30	4248	4272	4297	4321	4346	4371	4396	4421	4446	4472

III. Ilova

3. Moddalarning zichligi va Yung moduli

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

IV. Ilova

4. Gazlama va charmning sirpanish ishqalanish koeffitsienti

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

5. Suyuqliklarning va qattiq jismlarning xossalari

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

6. Qattiq jismlarning chiziqli kengayish koeffisientlari

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

7. Neon spektridagi chiziqlarning to'liq uzunliklari

Chiziqlarning rangi va vavaziyati	To'liq uzunligi; A
Ravshan qizil	6400
Qirmizigizil, bir-biriga	
Yaqin ikki chiziqning	6140
Sariq	5250
Ravshan yashil	5760
Yashil	5400
Yashil bir xil uzoqlikdagi bitta chiziqning o'ngdagisi	5080
Ko'k yashil	4340

8. Elektronlarning metallar va qotishmalardan chiqish ishi, eV.

Volfram 4,5	Kumush 4,74
W+C _B 1,6	Litiy 2,4
W+Th 2,63	Natriy 2,3
Pt+ C _B 1,40	Kaliy 2,0
Platina 5,3	Seziy 1,9

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

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

MUNDARIJA

Soʻz boshi	4
I bob. Mexanika.	10
1.1. Gravitatsiya doimiysini Kavendishning torsion tarozilari bilan aniqlash	10
1.2. Elastik va noelastik toʻqnashuvda energiya hamda impulsning saqlanish qonunlarini oʻrganish	20
1.3. Erkin tushishni video-com dasturi yordamida qayd qilish	24
1.4. Parabolik shaklli trayektoriyaning tezlikka va otilish burchagiga bogʻliqligini nuqtaviy qayd qilish	29
1.5. Murakkab harakat: qiya harakat va erkin tushishni solishtirish	33
1.6. Aylanma elastik va noelastik toʻqnashuvda burchak momentining saqlanishi	37
1.7. Aylanayotgan jismga taʼsir qiluvchi markazdan qochma kuchni kompyuter dasturi yordamida oʻrganish	41
1.8. Girooskop pressesiyasini oʻrganish	46
1.9. Girokopning harakatini oʻrganish	50
1.10. Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishni aniqlash.	55
1.11. Tebranma harakat qonunlarini oʻrganish. Matematik mayatnik yordamida ogʻirlik kuchi tezlanishni aniqlash	59
1.12. Havodagi tovush tezligining haroratga bogʻliqligini oʻrganish	63
II bob. Molekulyar fizika va termodinamika	67
2.1. Qattiq jismlarni chiziqli kengayishining temperaturaga bogʻliqligini va chiziqli kengayish koeffitsiyentini aniqlash	67
2.2. Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsiyentini aniqlash	70
2.3. Quyosh kollektorining effektivligini qizdirilayotgan suv hajmining funksiyasi sifatida aniqlash	75
2.4. Kritik nuqtada suyuqlik-gaz fazaviy oʻtishni kuzatish	78
2.5. Stoks usuli bilan suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffitsientini aniqlash	85
Fizikadan tajriba mashgʻulotlarini bajarishda C^{++} kompyuter dasturidan foydalanish	89
III bob. Elektr va magnitizm	96
3.1. Uitston koʻprigidan foydalanib elektr qarshilikni aniqlash	96
3.2. Oʻtkazgichning solishtirma qarshilgini aniqlash.	99
3.3. Choʻgʻlanma elektr lampa tolasining temperaturasi aniqlash	102
3.4. Vakuumli diodning volt-amper xarakteristikasini oʻrganish	104
3.5. Tokli toʻgʻri oʻtkazgich va aylanma tokli halqaning magnit maydonini	109

o'rganish	
3.6. Magnit o'zakka ega bo'lmagan induktiv g'altaknig magnit maydonini aniqlash	114
3.7 Yer magnit maydonini aylanuvchi induksion g'altak yordamida o'lchash	118
3.8. Faradey doimiysini aniqlash	125
3.9. Voltengofen mayatnigi: aylanma tokning kamayishini namoyish etish	128
3.10. Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchni o'lchash	130
3.11. Ferromagnitning magnitlanish egri chizig'ini va gisterezis halqasini o'rganish	134
3.12. Erkin elektromagnit tebranishlarning xususiyatlarini o'rganish	136
IV BOB. OPTIKA	140
4.1. Linzalarning fokus masofasini va linza tasvirida sferik buzilishlarni aniqlash	140
4.2. Nyuton halqalari yordamida linzaning egrilik radiusini va yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlash	146
4.3. Difraksion panjara yordamida yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash	150
4.4. Qo'sh tirqishda va ko'p sonli tirqishda difraksiya – Videocom vositasida qayd qilish va hisoblash	154
4.5. Maykelson interferometri yordamida geliy-neon lazer nurining to'lqin uzunligini aniqlash	159
4.6. Lazer optikasi qurilmasida o'tkazuvchi gologrammani olish	162
4.7. Sinishning Frenel qonunlari	171
4.8. Oq yorug'likning dispersiyasi va rekombinasiyasi bo'yicha Nyuton tajribasini o'rganish	174
4.9. Yorug'lik qutblanishiga oid Malyus qonunini o'rganish	178
4.10. Yorug'lik qutblanishida chorak va yarim to'lqin plastinkalarining roli	182
4.11. Qutblanish tekisligini shakar eritmasi bilan burish	186
4.12. Fotoeffekt hodisasini o'rganish	189
4.13. Plank doimiysini aniqlash	192
4.14. Stefan-Bolsman qonuni: «qora jism» nurlanish intensivligining temperaturaga bog'liqligini o'lchash	195
4.15. Volfram tolasi temperaturali nurlanish energiyasining absolyut qora jism temperaturali nurlanish energiyasiga nisbatini topish	199
4.16. Stefan - Bolsman doimiysini aniqlash	201
4.17. Inert gaz va metal bug'larining chiziqli spektrlarini prizmalı spektrometr yordamida o'lchash	203

Fizik kattaliklar jadvali	209
Foydalanilgan adabiyotlar	213
Mundarija	214

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава I. Механика.	10
1.1. Определение гравитационной постоянной с помощью крутильных весов Кавендиша	10
1.2. Исследование законов сохранения энергии и импульса при упругих и неупругих столкновениях.	20
1.3. Регистрация свободного падения с помощью программного обеспечения video-com	24
1.4. Определение зависимости параболической траектории от скорости и угла падения	29
1.5. Сложное движение: сравнение движения по наклонной и свободного падения	33
1.6. Сохранение момента количества движения при вращательных упругих и неупругих столкновениях	37
1.7. Изучение центробежной силы, действующей на вращающееся тело, с помощью компьютерной программы	41
1.8. Изучение прецессии гироскопа	46
1.9. Изучение движение гироскопа	50
1.10. Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника	55
1.11. Изучение законы колебательного движения. Определение ускорение свободного падения с помощью математического маятника	59
1.12. Изучение температурной зависимости скорости звука в воздухе.	63
Глава II. Молекулярная физика и термодинамика	67
2.1. Определение температурной зависимости линейного расширения твердых тел и коэффициента линейного расширения	67
2.2. Определение коэффициента объемного расширения жидкостей	70
2.3. Определение КПД солнечного коллектора в зависимости от объема нагретой воды	75
2.4. Наблюдение фазового перехода жидкость-газ в критической точке	78

2.5. Определение коэффициента внутреннего трения жидкостей методом Стокса	85
Использование компьютерной программы C ++ для физических экспериментов	89
Глава III. Электричество и магнетизм	96
3.1. Определение электрического сопротивления с помощью моста Уитстона	96
3.2. Определение удельного сопротивления проводника	99
3.3. Определение температуры волокна лампы накаливания	102
3.4. Исследование вольт-амперных характеристик вакуумного диода	104
3.5. Исследование магнитного поля проводника постоянного тока и кругового тока	109
3.6. Определение магнитного поля индукционной катушки без магнитопровода	114
3.7. Измерение магнитного поля Земли с помощью вращающейся индукционной катушки	118
3.8. Определение постоянной Фарадея	125
3.9. Маятник Вольтенхофена: демонстрация уменьшения циркулирующего тока	128
3.10. Измерение силы, действующей на проводник в магнитном поле	130
3.11. Исследование кривой намагничивания ферромагнетика и кольца гистерезиса	134
3.12. Изучение свойств свободных электромагнитных колебаний	136
ГЛАВА IV. ОПТИКА	140
4.1. Определение фокусного расстояния объектива и сферического искажения изображения объектива	140
4.2. Определение радиуса кривизны линзы и длины волны света с помощью колец Ньютона	146
4.3. Определение длины волны света с помощью дифракционной решетки	150
4.4. Дифракция на двух и более щелях – запись и расчет с помощью video-com	154
4.5. Интерферометр Майкельсона для определения длины волны света гелий-неонового лазера	159
4.6. Получение проводящую голограмму на устройстве лазерной оптики	162
4.7. Френеля законы преломления	171
4.8. Изучение эксперимента Ньютона по рассеянию и рекомбинации белого света	174

4.9. Изучение закона Малюса для поляризованного света	178
4.10. Роль четверть и полуволновых пластинок в поляризации света	182
4.11. Вращение плоскости поляризации с помощью сахарного раствора	186
4.12. Изучение явления фотоэффекта	189
4.13. Определение постоянной Планка	192
4.14. Закон Стефана-Болцмана: Измерение температурной зависимости интенсивности излучения «черного тела»	195
4.15. Определить отношения энергии температурного излучения вольфрамового волокна к энергии температурного излучения абсолютного черного тела	199
4.16. Определение постоянной Стефана-Болцмана	201
4.17. Измерение линейных спектров инертного газа и паров металлов с помощью призмного спектрометра	203
Таблица физических величин	209
Использованная литература	213
Оглавление	214

CONTENT

Introduction	4
Chapter I. Mechanics.	10
1.1. Determining the gravitational constant with the gravitation torsion balance after Cavendish	10
1.2. Study of the laws of conservation of energy and momentum in elastic and inelastic collisions.	20
1.3. Record free fall with video-com software	24
1.4. Determining the dependence of the parabolic trajectory on the speed and angle of incidence	29
1.5. Difficult movement: comparison of incline movement and free fall	33
1.6. Conservation of angular momentum during rotational elastic and inelastic collisions	37
1.7. Computer study of centrifugal force acting on a rotating body	41
1.8. Study the gyroscope pressures	46
1.9. Study the motion of the gyroscope	50
1.10. Determining the acceleration of gravity using a mathematical pendulum	55
1.11. Study the laws of oscillatory motion. Determining the acceleration of gravity using a mathematical pendulum	59

1.12. Study the temperature dependence of the speed of sound in air.	63
Chapter II. Molecular physics and thermodynamics	67
2.1. Determining the temperature dependence of the linear expansion of solids and the coefficient of linear expansion	67
2.2. Determining the coefficient of volumetric expansion of liquids	70
2.3. Determining the efficiency of the solar collector depending on the volume of heated water	75
2.4. Observation of the liquid-gas phase transition at the critical point	78
2.5. Determining the coefficient of internal friction of liquids by the Stokes method	85
Using a C ++ program for physics experiments	89
Chapter III. Electricity and magnetism	96
3.1. Determining the electrical resistance using a Wheatstone bridge	96
3.2. Determining the resistivity of the conductor	99
3.3. Determining the fiber temperature of an incandescent lamp	102
3.4. Investigation of the current-voltage characteristics of a vacuum diode	104
3.5. Investigation of the magnetic field of a DC conductor and an annular current ring	109
3.6. Determining the magnetic field of an induction coil without a magnetic circuit	114
3.7 Measurement of the Earth's magnetic field using a rotating induction coil	118
3.8. Determining the Faraday constant	125
3.9. Woltenhofen's pendulum: demonstrating a decrease in circulating current	128
3.10. Measuring the force acting on a conductor in a magnetic field	130
3.11. Study of the magnetization curve of a ferromagnet and a hysteresis ring	134
3.12. Study of the properties of free electromagnetic oscillations	136
Chapter IV. OPTICS	140
4.1. Determining the focal length of the lens and the spherical distortion of the lens image	140
4.2. Determining the radius of curvature of the lens and the wavelength of light using Newton's rings	146
4.3. Determining the wavelength of light using a diffraction grating	150
4.4. Diffraction in double and multiple slits - recording and calculation on video-com	154
4.5. Michelson interferometer for determining the wavelength of light from a helium-neon laser	159

4.6. Receive a conductive hologram on a laser optics device	162
4.7. Fresnel's laws of refraction	171
4.8. Study of Newton's experiment on scattering and recombination of white light	174
4.9. Study of the Malus' law for light polarization	178
4.10. The role of quarter and half-wave plates in the polarization of light	182
4.11. Rotate the plane of polarization with the sugar solution	186
4.12. Studying the phenomenon of photo effects	189
4.13. Determining the Planck constant	192
4.14. Stefan-Boltzmann's Law: Measurement of the temperature dependence of the radiation intensity of the "black body"	195
4.15. Tungsten fiber is known for its ratio of thermal radiation energy to absolute blackbody thermal energy.	199
4.16. Determining the Stefan-Boltzmann constant	201
4.17. Measurement of linear spectra of inert gas and metal vapors using a prism spectrometer	203
Table of physical quantities	209
Reference	213
CONTENT	214