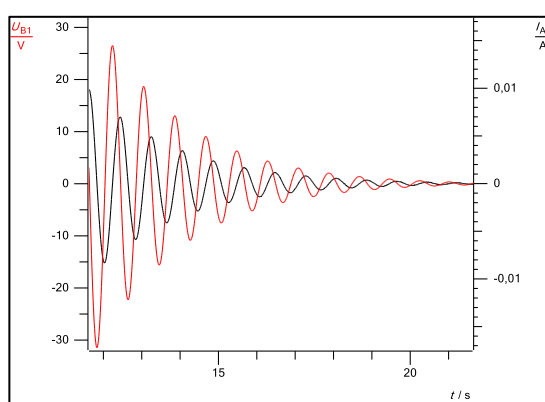


O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INOVATSIYALAR VAZIRLIGI

NAMANGAN MUHANDI SLIK-QURILISH INSTITUTI
"FIZIKA" KAFEDRASI

M.O. QOSIMOVA



FIZIKADAN
LABORATORIYA ISHLARINI BAJARISH UCHUN
METODIK QO‘LLANMA

NAMANGAN

Mazkur ko'rsatma "Fizika" kafedrasining 2023 yil "___" dagi "___" - son yig'ilishida muhokamadan o'tgan fan dasturi asosida tuzilgan.

Fan dasturi Namangan muhandislik-qurilish instituti kengashida muhokama etilgan va foydalanishga tavsiya qilingan (2023 yil ____ dagi ____ -sonli bayonnoma).

Uslubiy ko'rsatma Namangan muhandislik-qurilish institutining Transportda tashishni tashkil etish va boshqarish (avtomobil transporti) yo'nalishida tahsil olayotgan bakalavr talabalari uchun mo'ljallangan.

Tuzuvchi:

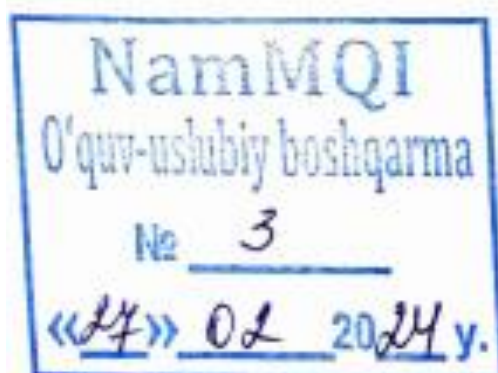
PhD. M. Qosimova

Taqrizchi:

dots. S. Boydedayev

Fizika kafedraasi uslubiy seminarida muhokamadan o'tkazilib, chop etishga tavsiya qilingan. Majlis bayoni № 6 2024 yil "13" 02

Namangan muxandislik-qurilish institutining ilmiy metodik kengashida ko'rib chiqilgan va laboratoriya darslarida foydalanishga ruxsat etilgan (yig'in bayoni № 7 14.02.24)



MUNDARIJA

KIRISH.....	3
YAKKA PLASTINA METODI BILAN ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIKNI ANIQLASH.5	
QUYOSH KOLLEKTORINING EFFEKTIVLIGINI ISSIQLIK IZOLYASIYASINING	
FUNKSIYASI SIFATIDA ANIQLASH.	15
YASHIRIN BUG'LANISH ISSIQLIGINI ANIQLASH.	21
UITSTON KO'PRIGIDAN FOYDALANIB QARSHILIKLARNI ANIQLASH	25
YORITKICHNING QARSHILIGI VA QUVVATINI ANIQLASH.....	31
VAKUUMLI DIODNING VOLT-AMPER XARAKTERISTIKASINI O'RGANISH.	38
MAGNIT O'ZAKKA EGA BO'LMAGAN INDUKTIV G'ALTAKNING MAGNIT	
MAYDONINI O'LCHASH	46
ERKIN ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR	53
MIKROSKOP YORDAMIDA SHISHA PLASTINKANING SINDIRISH	
KO'RSATKICHINI ANIQLASH.....	59
YIG'UVCHI VA SOCHUVCHI LINZANING FOKUS MASOFASINI ANIQLASH.....	63
DISPERS SUYUQLIKLARNING SINDIRISH KO'RSATKICHINI ANIQLASH.....	69
DIFRAKSION PANJARA YORDAMIDA YORUG'LIKNING TO'LQIN UZUNLIGINI	
ANIQLASH.....	75
DIODLARDAN FOYDALANIB O'ZGARUVCHAN KUCHLANISHNI O'ZGARMAS	
KUCHLANISHGA AYLANTIRISH.....	81
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR	92

SO‘Z BOSHI

Mamlakatimizda uzluksiz ta'lim tizimini yanada rivojlantirish, ta'limni barcha bosqichlarini, xususan oily ta'limni sifatini yaxshilash va xalqaro miqyosdagi raqobatbardosh mutaxassislar tayorlash ishlariga g'oyat katta e'tibor berilmoqda. Bu sohada tabiiy va aniq fanlarni xususan fizika ta'limini o'rni yuqori darajada ekanligi alohida ta'kidlanadi. Respublikamiz energetika, elektronika, tibbiyot, agrar va boshqa yo'nalishlaridagi inqilobiy o'zgarishlar islohotlarni amalga oshirish uchun ko'plab yuqori saviyadagi zamonaviy bilimlarga ega bo'lgan malakali kadrlarni tayorlashni taqozo etmoqda. Fizika ta'limi boshqa fanlardan farqli ravishda chuqur nazariy bilimlar bilan bir qatorda talabalarni amaliy ko'nikmalari ham yuqori bo'lishini talab qiladi. Shu munosabat bilan ularga sifatli laboratoriya mashg'ulotlarini tashkil etish, fizika ta'limini muhim bo'limlaridan biri hisoblanadi. Ohirgi paytlarda fan va texnikada bo'layotgan o'zgarishlarga mos ravishda fizikaviy tajribalar va namoyish texnikalari ham keskin o'zgarmoqda. Avvalo laboratoriya ishlari mazmuni va mohiyati, fizikani asosiy qonuniyatlarini saqlab qolgan holda zamonaviy dolzarb yo'nalishlarni aks ettirishga qaratilmoqda. Laboratoriya ishlarini bajarishda yangi elektron qurilmalar, optik va lazerlar texnikasi elementlaridan foydalanilmoqda. Tok va kuchlanishni magnit maydoni kuchlanganligi, yorug'lik kuchi, temperatura, uzunlik, qarshilik, takroriylik, sig'im va ular orasidagi bog'lanishlarni, o'zaro ta'sirlashuvlarni kuzatish, o'lchash va aniqlash uchun yangi texnologiyalar elektron va lazerlar qurilmalaridan foydalanilmoqda. Shuning uchun talabalardan nafaqat laboratoriya ishiga qo'yilgan maqsadni amalga oshirish, balki ish uchun ajratilgan murakkab asbob-uskunalarni tuzilishi, ishlash tamoyillari hamda ularni funksional imkoniyatlarini ham bilishlari talab etilmoqda. Zamonaviy laboratoriya asbob va jixozlar chiroyli dizayn va texnika xavfsizligi talablarini bajarish maqsadida ishning barcha elementlari chiroyli qutichalarga joylashtirilib, juda qulay xolatga keltirilgan. Shu bilan bir vaqtda bajarilayotgan ishni mohiyatini anglab olish uchun zarur

bo'lgan jarayon ishni elektik yoki optik sxemasini talabani o'zi yig'ishi, xar bir elementni o'ziga xos parametrlarini ko'rib, tajribaga mos keluvchilarini mustaqil ravishda tanlab olish kabilardan talaba ozod etilmoqda. Aslida laboratoriya ishi uchun zarur asbob va jihozlarni talabani o'zi yig'ib, jarayonni yutuq va kamchiliklarini his qila olishi kuzatiladigan hodisa yoki o'rganilayotgan qurilmani chuqur o'zlashtirilishiga olib kelgan bo'lar edi. Lekin hozirgi davrda fizika fanidan laboratoriya ishlari majmuasi barcha oliy o'quv yurtlari uchun bir xil andozada jamlanib yuborilayotganini e'tiborga olgan xolda ushbu uslubiy ko'rsatmada har bir laboratoriya ishini boshlanishida ishga ta'luqli qisqa nazariy ma'lumotlar kerakli asbob va jihozlar ro'yhati, ishni bajarish tartibi hamda talaba uchun sinash savollari keltirilgan.

Ushbu uslubiy ko'rsatmaga Transportda tashishni tashkil etish va boshqarish (avtomobil transporti) hamda yo'nalishi talabalari uchun Fan dasturida keltirilgan laboratoriya ishlari kiritilgan. Muhandis tayyorlash mutaxassisligini tayyorlashdagi o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olib Fizika fanining asosiy qonunlarini o'rganish tanlab olinadi. Elektromagnitizm va optikaga oid ishlar talabalarning bilimlarini chuqur asosga ega bo'lishiga xizmat qiladi.

Ushbu uslubiy ko'rsatmadan professor – o'qituvchilar va bakalavr ta'limining barcha talabalari foydalanishi uchun mo'ljallangan.

Har bir talaba ishni bajarishdan oldin nazariy ma'lumotlar bilan tanishib chiqishi, tavsiya etilgan kitoblarni o'rganishi kerak. So'ngra talaba ishning nazariy qismini o'qituvchiga topshiradi. O'qituvchidan ishni bajarishga ruxsat olinadi va laboratoriya ishini bajarishga kirishiladi.

Tajribalar o'tkazilib kerakli natijalar olingach, ular tegishli jadvallarga yoziladi. Tajriba natijalari tegishli formulalar yordamida qayta ishlanadi va har bir ish yuzasidan o'qituvchiga hisobot topshiriladi.

Tajriba ishi № 1

YAKKA PLASTINA METODI BILAN ISSIQLIK O'TKAZUVCHANLIKNI ANIQLASH.



Ishning maqsadi:

1. Qurilish materiallarida issiqlik o'tkazuvchanlik fizikaviy hodisasini va issiqlikning jamg'arilishini o'rganish.
2. Turli qurilish materiallarining temperaturaviy o'zgarishlarini vaqt funksiyasi sifatida qayd qilish. Qurilmaning issiqlik muvozanatini sifatli kuzatish.
3. Qurilish materiallarining issiqlik o'tkazuvchanligini aniqlashda temperaturalar farqidan foydalanish.

Nazariy ma'lumotlar

Yakka plastina metodi bilan issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini λ aniqlashda, Δt vaqt ichida qurilish materiallari ichidan o'tgan issiqlik miqdori ΔQ , plastinaning tashqi va ichki tomonlaridagi temperaturalar farqiga ΔT va plastinaning yuzasiga S to'g'ri proporsionalligi, plastina qalinligiga d esa teskari proporsionalligi faktlaridan foydalaniladi.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \lambda \frac{S}{d} \Delta T \quad (1)$$

Bu formuladan λ uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$\lambda = \frac{\Delta Q d}{\Delta t S \Delta T} \quad (2)$$

O'lchashlar o'tkazilayotganda, issiqlik oqimi faqat namuna orqali o'tayotganiga (issiqlik miqdori sizib ketishining boshqa yo'llari yo'q) va u bir jinsli ekanligiga amin bo'lish kerak. Shuni e'tiborga olish kerakki, mazkur ishda issiqlikni izolyasiyalovchi devorli kalorimetrik kameradan foydalaniladi.

Issiqlik oqimi qurilish materiali namunasining ichidan o'tishi uchun quyidagilar zarur:

- kamerani ichki qismdan elektr qizdirish va

- muzni bevosita namunaning tashqi tomoniga joylashtirish.

Issiqlik muvozanatida, ya'ni har bir nuqtada temperatura uzoq vaqt mobaynida doimiy bo'lgan stasionar holatda, uzatilayotgan elektr energiya quvvati P aynan issiqlik oqimiga mos keladi.

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (3)$$

yoki

$$P\Delta t = W = Q \quad (4)$$

Shunday qilib, t vaqt ichida qizdirgichdan nurlantirilgan elektr energiya qiymati W , shu vaqt ichida qurilish materiali namunasidan o'tgan issiqlik miqdoriga Q teng. Buni hisobga olgan holda, qurilish materiali namunasining issiqlik o'tkazuvchanligi λ quyidagi munosabat yordamida hisoblanishi mumkin.

$$\lambda = \frac{d}{S\Delta T} P \quad (5)$$



1-rasm. Yakka plastina metodidan foydalanib, qurilish materiali namunasining issiqlik o'tkazuvchanligini aniqlash uchun qurilma.

Kerakli asboblari: 1ta Kalorimetrik kamera, Kalorimetrik kamera uchun qurilish materiallari, transformator, Datchik-CASSY 2, CASSY Lab 2, NiCr-Ni Adapter S, NiCr-Ni – temperatura datchigi, biriktiruvchi simlar 19 A, biriktiruvchi simlar 32 A, muz, yupqa plastikli plyonka, kompyuter.

Mazkur tajribada kameraning ichidagi qurilish materialini pastki qismining temperaturasi va kameraning tashqi qismining (bu holda muz) temperaturasi o'lchanadi. Elektr plita ulanganidan sistema birdaniga issiqlik muvozanatiga erishmaydi. Temperatura muvozanati holatida, temperaturalar farqini saqlash uchun, yetarli darajada uzoq vaqtdan keyin (taxminan 1 soat) temperaturaning o'zgarishini yozib boring. Ichki temperaturaning vaqt o'tishi bilan o'zgarishi temperaturaga va plyus qandaydir konstantaga proporsional:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = at - b \quad (6)$$

Bu tenglamaning vaqt funksiyasi $T(t)$ sifatidagi yechimi quyidagi ko'rinishga ega:

$$T(t) = T_{IM} - T_{farq} \cdot e^{\frac{t}{T}} \quad (7)$$

bu yerda, T_{IM} - issiqlik muvozanati holatidagi ichki temperatura, $T_{farq} = T_{IM} - T_{bosh}$ temperaturalar farqi, t - vaqt doimiysi.

Issiqlik muvozanatida qurilish materiali namunasini qizdirilayotgan qismining temperaturasi quyidagi ko'rinishdagi funksiya bilan ifodalanishi mumkin:

$$f(x) = A - B \cdot \exp^{-\frac{x}{c}} \quad (8)$$

va u tajribadagi o'lchanayotgan temperatura qiymatlarini aks etiradi.

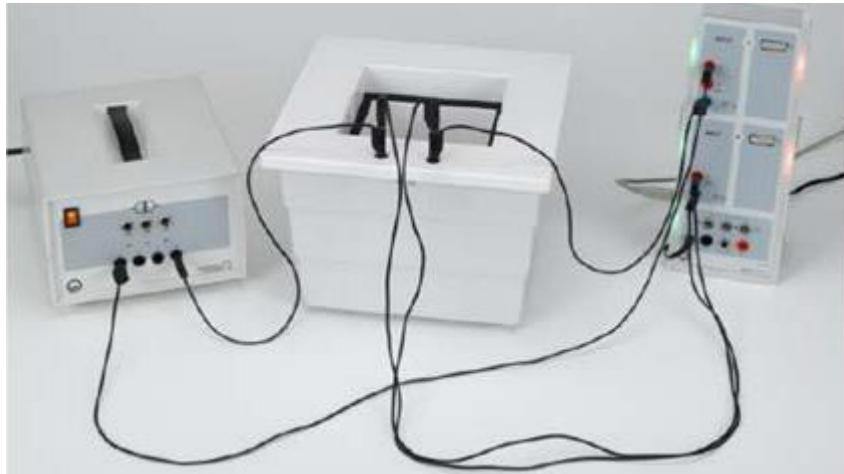
Mos keltirish uchun olingan parametr A berilgan temperaturaga aynan to'g'ri keladi. Kamera tashqarisida joylashgan muz, qurilish materiali namunasi ustining temperaturasi past va eng asosiysi doimiy qilib ushlab turadi. Ammo, bunda temperatura qiymatining kichik tebranishlari bo'lishi mumkin, shuning uchun tashqi temperaturaning qiymati o'rtachalashtiriladi va shu o'rtacha qiymatdan temperaturalarining farqini hisoblashda foydalaniladi.

$$\Delta T = T_{IM} - T_{sovuq}$$

va provardida issiqlik o'tkazuvchanlik hisoblanib topilishi mumkin.

Tajriba qurilmasi

a) Quvvatni o'lchash



2-rasm. Elektroplitkani quvvatini aniqlash.

2-rasmda tajriba qurilmasi keltirilgan. Odatda tajribani boshlashdan oldin, elektroplitkani quvvatini P aniqlash kerak. Buning uchun kalorimetrik kamerani qurilish materiali plastinkasiz qisqa vaqt ulang.

- Elektroplitkani kalorimetrik kameraga joylashtiring. Biroq hali transformatorni ulamang!
- 2-rasmda tasvirlaganidek kuchlanish va tok kuchini o'lchash uchun transformator va kalorimetrik kamerani CASSY datchigiga (Sensor-CASSY) ulang.

b) Temperaturani o'lchash

1-rasmda tajriba qurilmasi keltirilgan.

- Elektroplitkani kalorimetrik kameraga joylashtiring.
- Qurilish materiali plastinkasini kalorimetrik kameraga joylashtirish uchun tayyorlang.
- Qurilish materiali plastinkasida o'rnatish uchun mo'ljallangan aylana o'yiqlar ichiga, issiqlik o'tkazuvchi pastadan foydalanib, alyuminiyli kontakt disklarni

oʻrnatishda kontakt diskda qilingan belgi oʻyiqdagi chiziq bilan mos kelsin.

- Kontakt disklarni oʻrnatishda faqat issiqlik oʻtkazuvchi pastadan foydalaning.
- Diqqat bilan, egmasdan, yupqa alyuminiy plastinani (qalinligi 0.3 mm) qora tarafi bilan qurilish materiali namunasining issiqlik oʻtkazuvchi pasta surilgan tashqi tomoniga oʻrnatib, bu ikki plastinani bir biriga qising.
- Bu amalni qurilish materiali namunasining boshqa tomoni uchun ham bajaring.
- Diqqat bilan, egmasdan, temperatura datchigining uchini rezinali tiqindagi teshik (diametri 1.5 mm) orqali siljiting. Uni hali kalorimetrik kameraga oʻrnatmang!
- Tayyor qurilish materiali namunasini ochiq kameraga oʻrnatish va temperatura datchiklarini asosga hamda namuna ustiga qoʻying. Agar qurilish materiali namunasini koʻtarishga ehtiyoj tugʻilsa, ilgakli tutgichdan foydalaning.
- Adapter NiCr-Ni S dan foydalanib, 1-rasmda keltirilganidek qilib, temperatura datchigini SASSUga ulang.
- Transformatorni elektroplitka bilan ulang. Hali transformatorni ishga tushirmang!
- Kalorimetrik kamerani yupqa va suv oʻtkazmaydigan plastmassali plyonka (masalan, plastmassa oʻram) bilan qoplang. Muz kubiklarini sumkani alyuminiy plastinaning tepasiga qoʻying. Suv kameraga kirib ketmasligiga yoki kabellar bilan kontaklashmasligiga amin boʻling.

Eslatmalar: Sumka juda kichik boʻmasligi kerak. Muz iloji boricha alyuminiy plastina bilan zichroq kontaklashuvi kerak. Muz kubiklari qanchalik kichik boʻlsa, qurilish materiali namunasi bilan muz shunchalik yaxshi kontaklashadi. Sumkaga zarar yetkazmaydigan qilib joylashtiriladigan ogʻir obyekt ham foydadan xoli emas.

Tajribani oʻtkazish tartibi

a) Quvvatni o'lchash

- Laboratoriya o'rnatmalarini CASSY ga yuklang (CASSY Lab 2).
- Tanlangan namunaga mos ravishda kalorimetrik kamerani transformatorga ulang.

Eslatma: *Roxasell (Rohacell) plastinkasi past issiqlik o'tkazuvchanlikga ega bo'lganligi uchun ishchi kuchlanish 6 V chegaradan katta bo'lmasligi kerak, aks holda kalorimetrik kamera o'ta qizib ketishi mumkin!*

- Transformatorni ishga tushiring, ekranda UB1 kuchlanishni va IA1 tok kuchini kuzating hamda yozib oling.
- P quvvatni yozib oling.
- Transformatorni o'chiring

Eslatma: *o'lchash vaqtida transformator iloji boricha qisqaroq vaqt davomida ulangan holatda bo'lishi kerak. Shundan keyin, to issiq plastina xona temperaturasiigacha sovugincha kuting*

Texnika xavfsizligi

Kalorimetrik kamerani, devoriy materiallarni yoki qurilish materiali namunalarini 60 °C temperaturadan yuqoriroq qizishiga yo'l bermang.

b) Temperaturani o'lchash

- Laboratoriya o'rnatmalarini CASSY ga yuklang (CASSY Lab 2).

Eslatma: *zarur bo'lgan hollarda temperatura datchiklarini o'lchash kamerasiga o'rnatmasdan oldin tekshirib oling. Buning uchun ularni bir xil temperaturaga ega obyektga joylashtiring- masalan, ular bir xil temperaturani ko'rsatyotganini aniqlash uchun, turg'un suvga yoki CASSY 2 laboratoriyasiga (CASSY Lab 2) o'rnatib.*

- Ikkala temperatura datchiklari o'zgarishlarini kuzating.
- Eng past temperatura o'zgarmay qolguncha kuting.

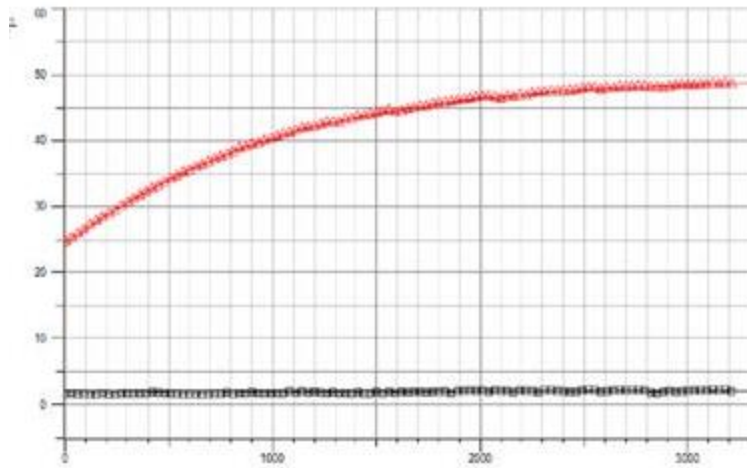
Eslatma: muz temperaturasiga bog'liq ravishda, agar temperatura $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan ancha past bo'lsa, bu maqsadga muvofiq bo'lishi mumkin. Shu temperaturani o'lchash mobaynida imkoni boricha doimiy qilib ushlab turish kerak, bu temperatura $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha oraliqda bo'lishi tavsiya etiladi.

- Transformatorni ishga tushiring. Hali o'lchashni boshlamang!
- Ikkala temperaturaning ham o'zgarishlarini kuzating va to yuqoriroq temperaturaning oshishi boshlanmaguncha kuting.
- O'lchashni 0 dan boshlang.
- Ichki temperatura ortishni boshlaganda, muz tagidagi tashqi temperatura doimiy qoladi. Tashqi temperatura $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ga oshsa, muz bilan kontaktlashishni yaxshilang. Zaruriyat tug'ilganda, o'lchash vaqtida bunday tuzatishlarni qaytaring.
- Agar ichki temperatura $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ga erishsa, transformatorni o'chiring va tajribani pastroq kuchlanish yoki quvvat bilan takrorlang.
- Agar ichki temperatura juda sekin yoki o'zgarmay qolsa (yoki taxminan minutiga $0.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ga o'zgarsa), dan o'lchash to'xtatilishi mumkin.
- Transformatorni tarmoqdan uzing.

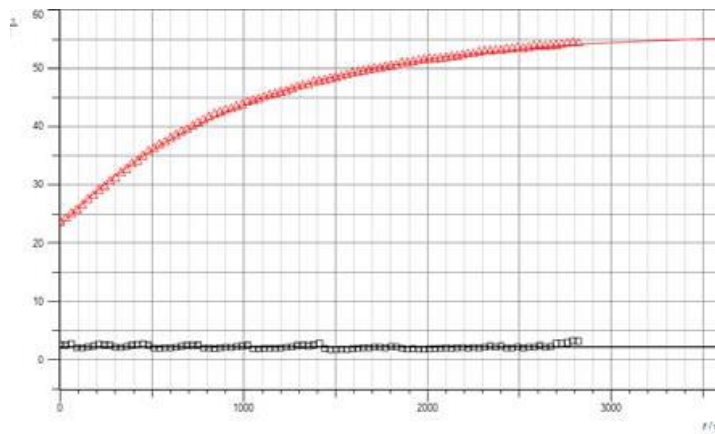
Eslatma: Qismlarga ajratish vaqtida, birinchi navbatda temperatura datchiklarini oling va keyin idgakli tutqichdan foydalanib, qurilish materialini namunasini chiqarib oling.

Tajriba namunasi

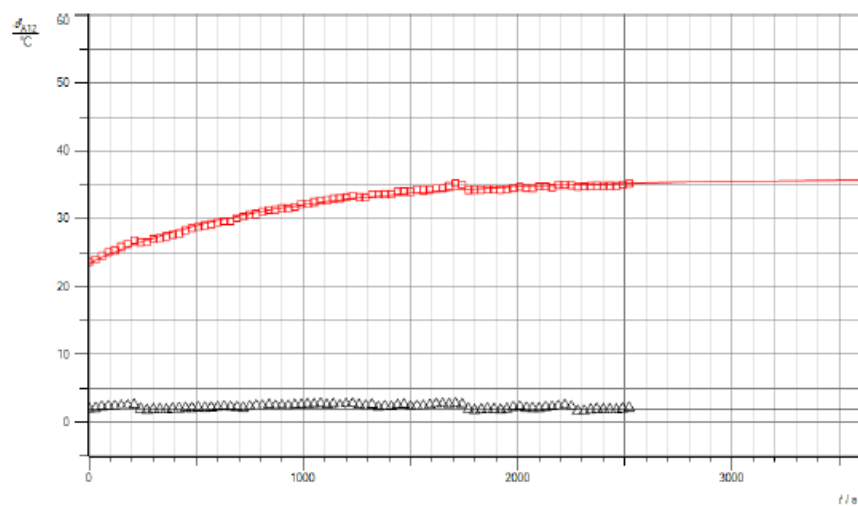
3 – 6 - rasmlarda turli qurilish materiallari namunalari uchun uzoq vaqt davomida temperaturaning o'zgarishi tasvirlangan. Temperatura T_{IM} ichki temperatura (namuna asosining temperaturasi) egriligidan T_{A11} moslashtirish orqali aniqlangan. Uzluksiz chiziq aynan moslashtirishdan olingan funksiya. Tashqi past temperaturaning (namunaning muzli tepasi) o'rtacha qiymati T_{A12} temperatura T_{sovuq} ni beradi. U temperatura farqini hisoblash uchun xizmat qiladi. $\Delta T = T_{IM} - T_{sovuq}$



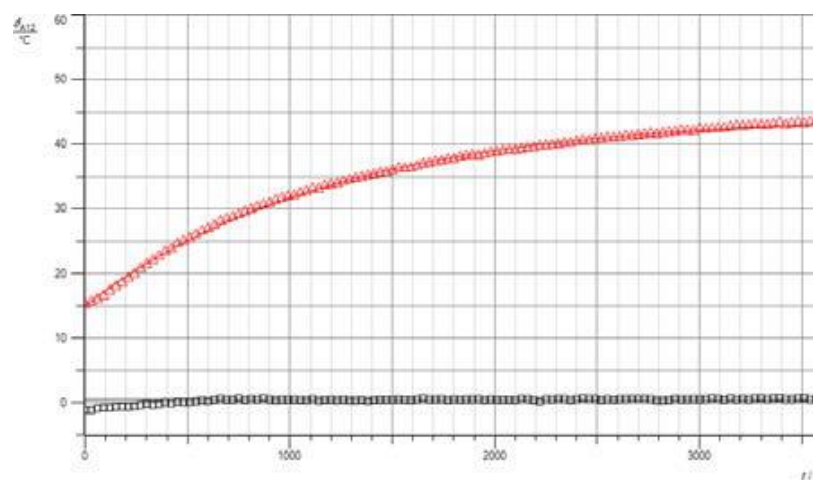
3-rasm. Polistirol



4-rasm. Yog'och qipikli plita (DSP)



5-rasm. Fermacell (gips)



6-rasm. Rohacell (izolyasion material)

1-Jadval. Tajribalarning yakuniy natijalari. λ_N ning qiymatlari mahsulot ishlab chiqaruvchilardan olingan

	Polistrol	Yog‘och qipikli plita	Farmasil (Gips)	Roxasel (izolyasion material)
A, m^2	0.0225			
d, m	0.01			
U, V	12	12	12	6
P, W	21.2	21.2	21.2	5.3
$\Delta T, K$	48	54	34	45
$\lambda, W/mK$	0.19	0.17	0.28	0.05
$\lambda_n, W/mK$	0.16-0.18	0.07-0.17	0.23-0.28	0.02-0.05

Issiqlik o‘tkazuvchanlik qanchalik kichik bo‘lsa, shunchalik ichki temperatura yuqori. Shuni qayd qilish kerakki, bunday temperaturaga erishish uchun Roxasel (izolyasion material) ancha pastroq quvvatni talab qiladi.

Sharh

Hisoblangan issiqlik o'tkazuvchanlik real issiqlik o'tkazuvchanlikdan doimo yuqori. Uni issiqlik yo'qotishlar orqali tushuntirish mumkin. Hisoblashlarda elektr quvvati P aynan issiqlik oqimiga teng deb olinadi.

Issiqlik o'tkazuvchanlikni λ hisoblash uchun

$$P = \lambda \frac{S}{d} \Delta T$$

ga egamiz.

Ammo, o'lchash vaqtida faqat issiqlik oqimi $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ namunadan o'tadi va shu sababli real issiqlik o'tkazuvchanlik uchun

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = Q = \lambda_{real} \frac{S}{d} \Delta T$$

ga ega bo'lamiz.

Bundan quyidagini olamiz

$$\lambda = \lambda_{real} \frac{P}{Q}$$

Plastina orqali o'tayotgan issiqlik oqimi Q , elektr quvvat P ga nisbatan kam, shu sababli $\frac{P}{Q}$ nisbat 1 ga nisbatan katta. Shuning uchun o'lchangan issiqlik o'tkazuvchanlik real issiqlik o'tkazuvchanlikka nisbatan kattaroq.

Sinov savollari

1. Moddalarni issiqlikdan nurlanishi haqida ma'lumot bering.
2. Issiqlik o'tkazuvchanlik haqida ma'lumot bering.
3. Yakka plastina metodi haqida ma'lumot bering.
4. Yakka plastina metodidan foydalanib issiqlik o'tkazuvchanligini aniqlaydigan qurilmani ishlash prinsipi tushuntiring.



Tajriba ishi №2



QUYOSH KOLLEKTORINING EFFEKTIVLIGINI ISSIQLIK IZOLYASIYASINING FUNKSIYASI SIFATIDA ANIQLASH.

Ishning maqsadi:

1. Temperatura egriligini majburiy sirkulyasiya vaqtining funksiyasi sifatida olish.
2. Quyosh kollektorining effektivligini baholash

Kerakli asboblari va jihozlari: Quyosh kollektori, quvvati 1000 Wt li cho'g'lanma lampa, suv nasosi, boshqariladigan past kuchlanishli kuchlanish transformatori, qizil-sariq rangli uzunligi 100 sm li bir juft kabellar, mobil cassy qurilmasi, K tipli NiCr-Ni-adapter, NiCr-Ni-temperatura datchigi, qo'l sekundomeri, V shaklsimon shtativ asosi, multiqisqich, universal tutgich, shtativ ustunchasi, plastic stakan, silikon quvurlar

Nazariy ma'lumotlar

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:

$$\eta = \frac{\Delta Q}{\Delta E} \quad (1)$$

Bu yerda radiasion energiya quyidagidan aniqlanadi: $\Delta E = \Phi \Delta t$, 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 xarakteristikalari o'lchanadi.



1-rasm.Tajriba qurilmasi

Tajriba qurilmasi

1-rasmda tajriba qurilmasi keltirilgan.

Nakonechniklar bilan quvurlarni ulash uchun mos silikon quvurlar va ulagichlardan foydalaning.

- Suv nasosini shunday ulangki, u suvni quyosh kollektorining tubidan quyosh kollektori orqali haydasin, ya'ni nasos nakonechnigini kirish kamerasining nakonechnigi bilan ulash kerak.
- Temperatura datchigini bevosita rezinali jipslagich yordamida quyosh kollektorining chiqish kamerasidagi, 1,5 mm qilib parmalangan teshikka o'rnatib. Temperaturani o'lchashning bu bandi quyosh kollektorini qizib ketishining oldini olish uchun ham qo'llaniladi. Kollektordagi suvning temperaturasi 60 °C dan ortib ketmasligi kerak.
- Chiqish kamerasining nakonechnigini bak nakonechnigi bilan ulang.
- Bak chiqish nakonechnigini suv nasosining kirishi bilan ulang.
- Bakga 1000 ml suv soling.

-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 joydagi) bo'lishi kerak

-Bakni shtativ ustunidagi oldindan belgilangan joyga o'rnatib.

-Suv nasosining elektr ta'minotini ulang va qutbga rioya qilib, taxminan 6 V kuchlanish o'rnatib.

- Quvur shlanglar sistemasida pufaklar yo'qligiga amin bo'ling.

a) Temperaturani o'lchash

- Universal tutgich yordamida ikkinchi temperatura datchigini bakdagi suvga o'rnatib. Temperatura datchiklarini NiCr-Ni- adapteri bilan CASSY ko'chma qurilmasiga ulang.

a) Yoritish vositasi

-Cho'g'lanma lampani shtativga o'rnatib va uni quyosh kollektorining old tomonidan taxminan 50 sm masofada joylashtiring.

- Cho'g'lanma lampani ulang va uni shunday joylashtiringki, bunda kollektorning aktiv qismi to'liq yoritilsin. Ehtiyoj bo'lganda, korpusning plastmassa qismi yoritilmasligiga erishing.

- Cho'g'lanma lampani o'chiring va quyosh kollektorining sovushiga yo'l qo'ying.

Tajribalarni o'tkazish tartibi

a) Tajribaga tayyorgarlik

-Temperaturani suv sikli ulangan holda o'lchang va temperatura o'zgarmay qolguncha kuting.

a) O'lchash

- 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.

-Bakdagi temperaturani yozib oling va chiqish kamerasidagi temperaturaning o'zgarishini kuzating.

- Bir vaqtda cho'g'lanma lampani va taymerni ulang. O'lchashni har minutdan keyin davom ettiring.

Xavfsizlik bo'yicha eslatma!

Suvning temperaturasi 60 °C dan oshib ketmasligi kerak!

Boshlaganigizdan keyin 30 minut o'tganda o'lchashni to'xtating

Diqqat: Uzoqroq vaqt mobaynida o'lchashlarni o'tkazganingizda maksimal ruxsat etilgan temperaturaning qiymatini e'tiborga oling.

-Issiq suvni shunchalik miqdordagi sovuq suv bilan almashtiring. Tajribalarni boshlash iloji boricha boshlang'ich temperaturadagidek temperaturada amalga oshirilishi kerak.

- Quyosh kollektorining old qismiga issiqlik izolyasiyasini o'rnatish

- Tajribani takrorlang.

Tajriba namunasi

Bakdagi suvning temperaturaviy xarakteristikalarini

1-jadval

	Oqim tezligi		
	Sekin	O'rtacha	Katta
vaqt	Temperatura		
t, (min)	$\Delta T_1, (^{\circ}C)$	$\Delta T_2, (^{\circ}C)$	$\Delta T_3, (^{\circ}C)$
0	21.2	21.2	21.2
1	22.0	22.5	22.9
2	23.5	24.6	24.7
3	25.7	26.2	26.6
4	27.4	28.0	28,3
5	28.7	29.7	30.3
6	29.9	31.4	31.9
7	31.6	32.9	33.6

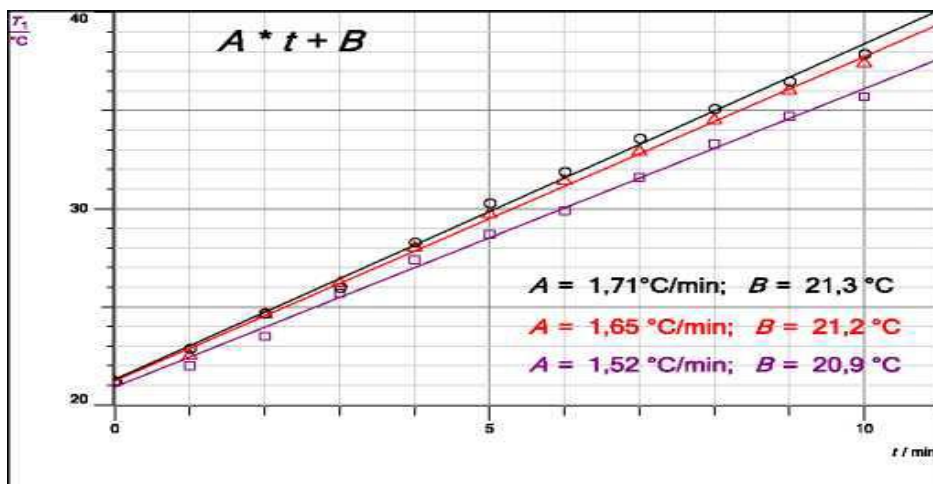
8	33.3	34.5	35.1
9	34.7	36.0	36.5
10	35.7	37.4	37.9

Quyosh kollektori bilan bak orasidagi temperaturalar farqi

2-jadval

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

Temperaturaning vaqtga bog'liklik rafigi (kvadratlar sekin, uchburchaklar o'rtacha, doiralar katta oqim tezligiga mos keladi)



Grafikdan yaqqolki, o'lchash vaqti o'tishi bilan temperatura chiziqli ortadi. Oqim tezligi ortishi bilan temperatura tezroq ko'tariladi, chunki bu holda suv ko'proq nur energiyasini oladi. Shunday qilib, bu holda nur energiyasidan suv olgan issiqlik energiyasining ulushi ko'proq. Oqimning past tezliklarida quyosh kollektorining bevosita chiqishidagi temperatura yuqori (2 jadval ga qarang). 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:

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

Yutilgan radiasion energiyaning boshqa qismi sistemani qizdirishga sarf bo'ladi.

Kichik qiymatli tezlikka misol:

$$4.2 \frac{kJ}{kgK} \cdot 1kg \cdot 1.52 \frac{K}{min} = 100 \frac{J}{s} = 1000Wt$$

Sistemaning effektivligi oqimning past tezliklarida 0,1 tartibida va oqimning katta tezliklarida 0,12 tartibida. Real effektivlik (foydalanilayotgan energiyaning tushayotgan radiasion energiyaga nisbati) odatda bu miqdorlarga nisbatan ancha katta. Real quyosh kollektorlari sistemasida effektivlikning 80% gacha qiymatiga erishilgan.

Nazorat savollari

1. Quyosh kollektori haqida ma'lumot bering.
2. Quyosh kollektorining effektivligini tushuntiring.
3. Quyosh kollektorini qizib ketishining oldini olish uchun qanday usullar qo'llaniladi?
4. Kollektor atrof muhitga qanday holatlarda issiqlik tarqatadi?

Tajriba ishi №3

YASHIRIN BUG'LANISH ISSIQLIGINI ANIQLASH.

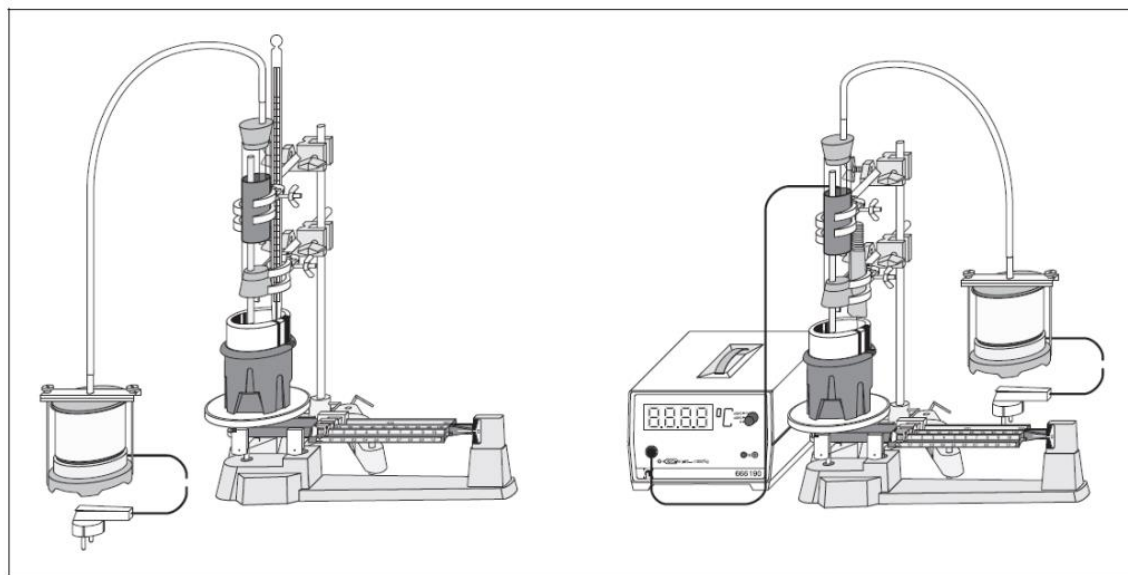


Ishning maqsadi

- ♣ Sovuq suv va bug' aralashmasining temperaturasi T aniqlash
- ♣ Suv bug'lari hosil bo'lishining yashirin issiqligini aniqlash

Nazariy ma'lumotlar

O'zgarmas bosimda moddaga qandaydir issiqlik miqdori uzatilsa, odatda moddaning temperaturasi oshadi. Ammo, agar fazaviy o'tish mavjud bo'lsa, moddaning temperaturasi oshmaydi, chunki uzatilayotgan issiqlik fazaviy o'tishga sarf bo'ladi. Agar issiqlik uzatish jarayoni fazaviy o'tishdan keyin ham davom etsa, moddaning temperaturasi yana orta boshlaydi. Suvning bug'lanishi fazaviy o'tishning yaqqol misoli hisoblanadi. Moddaning birlik massasi iste'mol qiladigan issiqlik bug'lanishning yashirin issiqligi Q_v deyiladi.



1-rasm. Suv bug'lari hosil bo'lishining yashirin issiqligini aniqlash uchun mo'ljallangan tajriba qurilmasi: chap tarafdagida temperatura termometr yordamida o'lchanadi, o'ng tarafdagida esa temperatura temperatura datchigi yordamida o'lchanadi.

Tajribada bug' hosil bo'lishining yashirin issiqligi Q_v quvurdan kalorimetrga toza bug' uzatish orqali aniqlanadi. Bug' sovuq suvni aralashma temperaturasi T qizdiradi va so'ngra suvga kondensasiyalanadi. Bug' hosil qilish issiqligi bug'ni suvga aylantiradi. Aralashma temperaturasi qo'shimcha boshlang'ich temperatura T_2 , sovuq suvning massasi m_2 hamda kondensirlangan suvning massasi m_1 o'lchanishi va bug' hosil bo'lish issiqligi quyidagi formuladan hisoblab topilishi mumkin:

$$\Delta Q_1 = cm_1(100 - T) \quad (1)$$

bu yerda c - suvning solishtirma issiqlik sig'imi koeffitsiyenti

Chunonchi, bug'dan ajralib chiqqan issiqlik suvning $T_1 = 100^\circ\text{C}$ dan aralashma temperaturasi T gacha ajralgan issiqlik bilan bug'ning kondensasiyalanishida ajralgan issiqlik ΔQ_2 yig'indisiga teng. Oxirgi issiqlik $T_1 \approx 100^\circ\text{C}$ temperaturadagi suvni bug'ga aylantirish uchun zarur bo'lgan issiqlikka ham teng. Shunday qilib biz quyidagilarga egamiz:

$$Q_2 = m_1 Q_v \quad (2)$$

Sovuq suv bug' bilan aralashganda yutilgan issiqlik

$$\Delta Q_3 = cm_2(T - T_2) \quad (3)$$

Shu bilan bir vaqtda kalorimetr issiqlik yutadi, bu issiqlik miqdori kalorimetrning ma'lum suv ekvivalenti m_K bilan hisoblab topilishi mumkin:

$$\Delta Q_4 = cm_K(T - T_2) \quad (4)$$

bu yerda $m_K = 20 \text{ g}$

Ajralgan issiqlik miqdori $\Delta Q_1 + \Delta Q_2$ va yutilgan issiqlik miqdori $\Delta Q_3 + \Delta Q_4$ o'zaro teng, ya'ni:

$$\frac{Q_v}{c} = \frac{m_2 + m_K}{m_1} \cdot (T - T_2) - (100 - T) \quad (5)$$

Kerakli asboblari: 1ta G'ilofga ega Dyuar idishli kalorimetr, 1ta o'quv laboratoriya torozisi 610 Tare, 610 g, 1ta Termometr, -10° dan $+110^{\circ}\text{C}$ gacha yoki 1 ta NiCr-Ni tipli temperatura datchigi, 1 ta Raqamli termometr, 1ta Bug' generatori, 550 W/230 V, 1ta Suvni ajratgich, 1ta Ichki diametri 7×1.5 mm, 1 m bo'lgan silikon trubkalar, 1 ta Mustahkam shishadan tayyorlangan, hajmi 400 ml bo'lgan menzurka shaklidagi shtativ asosi, 1 ta uzunligi 47 sm bo'lgan shtativ ustun 2 multi qisgichlar Leybold 2ta diametri $0\div 80$ mm bo'lgan universal qisgichlar. Qo'shimcha talab qilinadi: distillangan suv.

Tajriba qurilmasi,

Tajriba qurilmasi 1-rasmda keltirilgan. Tajriba o'tkazish vaqtida Dyuar idishi o'quv laboratoriya torozisining pallasida joylashgan bo'lishi kerak.

- termometrni yoki NiCr-Ni tipli temperatura datchigini o'rnatish;
- 2 sm balandlikgacha bug' generatoriga distillangan suv soling va qopqoqni berkiting. Shundan so'ng qisman vositani tartib va ehtiyotlik bilan mahkamlang.
- Bug' trubkasining kirishini suv ajratgichga shunday siljitingki, pastki stoporgacha bo'lgan masofa yuqorigi stoporgacha bo'lgan masofadan katta bo'lsin. Bug' trubkasining chiqishini u yuqorigi stoporgacha yetmaguncha siljiting.
- Silikon quvurlardan bug' trubkasini chiqishi bilan bug' generatorini va bug' trubkasining kirishi bilan suv ajratuvchi separatorni biriktirish uchun foydalaning. Hozircha suv ajratgichni o'rnatmang.

Tajribalarni o'tkazish

Dyuar idishini sovuq suv bilan to'ldirish:

- Bo'sh Dyuar idishining massasini o'lchang.
- Dyuar idishiga taxminan 150 gramm distillangan suv soling va uning massasini m_2 hamda temperaturasini T_2 o'lchang.
- Suv ajratgichni shunday o'rnatishki, bug' trubkasining chiqishi Dyuar idishi tubining o'rtasidan 1 sm yuqorida joylashsin. Zaruriyat tug'ilganda uni silikon quvur qisqa bo'lagi bilan tortish mumkin.

- Qurilmaning umumiy massasini aniqlang.

O'lchash namunasi

Sovuq suv massasi m_2 :	153.8 g
Sovuq suv temperaturasi T_2	28.1 °C
Haqiqiy massa	
Suv ajratgichni tushirgandan keyingi	154.3 g
Bug' chiqishini to'xtatishdan keyingi	174.0 g
Issiq suv aralashmaning temperaturasi T	88.3 °C

Natijalar va ularning tahlili:

$$m_1 = 174.0 \text{ g} - 154.3 \text{ g} = 19.7 \text{ g}$$

$$m_2 = 153.8 \text{ g}$$

$$T = 88.3 \text{ °C}$$

$$T_2 = 28.1 \text{ °C}$$

$$\text{Dyuar idishining suv ekvivalenti: } m_K = 20\text{g}$$

$$\text{Suvning solishtirma issiqlik sig'imi: } c = 4.19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Bu qiymatlarni (V) formulaga qo'yib quyidagilarni olamiz: $\frac{Q_v}{c} = 520\text{K}$ va

$$Q_v = 2.18 \cdot 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{Adabiyotlarda keltirilgan qiymat: } Q_v = 2.257 \cdot 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Sinov savollari

1. Yashirin bug'lanish issiqligi deb nimaga aytiladi?
2. Kalorometr qanday asbob?
3. Solishtirma bug'lanish issiqligiga ta'rif bering.
4. Sovuq suv va bug' aralashmasini temperaturasi qanday aniqlanadi.

Tajriba ishi 4

UITSTON KO'PRIGIDAN FOYDALANIB QARSHILIKLARNI ANIQLASH



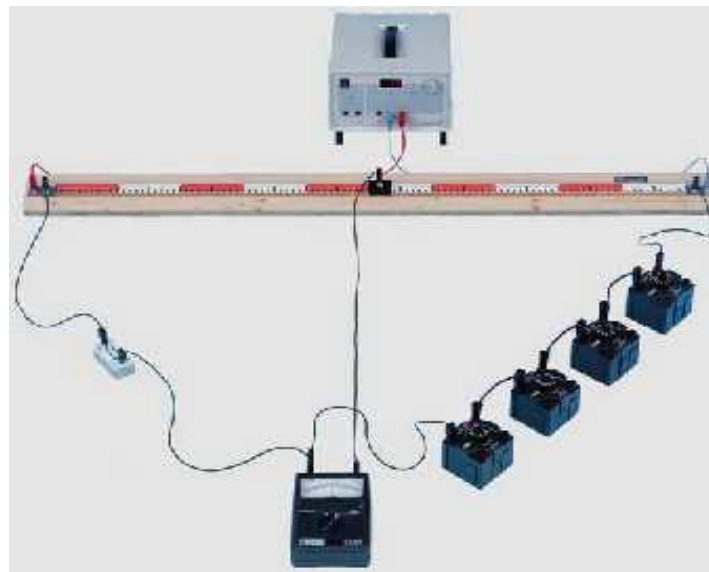
Tajribalar maqsadi:

- Uitston ko'prigi uchun nol metodni tushunish
- Qarshiliklarni yuqori aniqlik bilan o'lchash

Kerakli asboblari

1 ta Demonstration ko'priki, 1 m, 1 ta O'lchash resistori $10\ \Omega$, 4 W, 1 ta O'lchash resistori $1\ \text{k}\Omega$, 4 W, 1 ta Qarshiliklar decadi $0 \dots 1\ \text{k}\Omega$, 1 ta Qarshiliklar decadi $0 \dots 100\ \Omega$, 1 ta Qarshiliklar decadi $0 \dots 10\ \Omega$, 1 ta Qarshiliklar decadi $0 \dots 1\ \Omega$, 1 ta DC energiya manbai $0 \dots \pm 15\ \text{V}$, 1 ta Galvanometer C.A 403, 3 ta Ulash simlari, 50 cm, qora, 1 ta Kabel jufti, 1 m, qizil/ko'k.

Eksperimental qurilmaning tasviri.



Nazariy ma'lumot

O'tkazgichning qarshiligi uning tabiatiga va geometrik o'lchamlariga bog'liq bo'lgan kattalik. Hususan bir jinsli silindrik o'tkazgichning qarshiligi o'tkazgichning uzunligiga to'g'ri, ko'ndalang kesim yuzasiga teskari proporsional:

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

O'tkazgichning materialiga bog'liq bo'lgan kattalik ρ - solishtirma qarshilik deb ataladi. Uning teskari qiymati $\gamma = \frac{1}{\rho}$ solishtirma o'tkazuvchanlikni beradi. (1)

ifodani zanjirni bir qismi uchun Om qonuni ifodasiga kiritsak, bu qonunni yana bunday yozish mumkin.

$$I = \frac{US}{\rho \cdot l} = \gamma \frac{U}{l} S.$$

Bu ifodada $\frac{I}{S} = J$ tok zichligi, $\frac{U}{l} = E$ maydon kuchlanganlini e'tiborga olaylik, u holda yuqoridagi ifoda $J = \gamma E$ shaklini oladi. Demak, tokning zichligi elektr maydon kuchlanganligiga proporsional. Uning yo'nalishi kushlanganlik yo'nalishi bilan aniqlanadi:

$$\vec{J} = \gamma \vec{E} \quad (2)$$

Odatda, bu ifoda zanjirning bir jinsli qismi uchun Om qonunining diferensial ifodasi deyiladi.

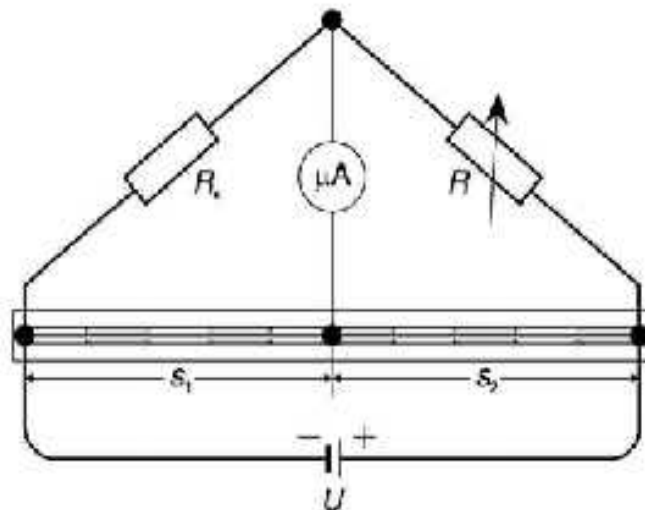
O'tkazgichning qarshiligi temperaturaga bog'liq:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad (3)$$

Bunda R_0 - o'tkazgichning 0° C dagi qarshiligi; R_t – temperaturaga mos bo'lgan qarshilik; α -qarshilikning termik koeffitsiyenti.

Charlz Uitston tomonidan 1843 yilda kashf etilgan ko'prik seximasi metodi qarshilikni o'lchashning bir imkoniyatini ifodalaydi. Noma'lum qarshilikning qiymati R_x boshqa bir juda yuqori aniqlikda ma'lum bo'lgan R qarshilikning qiymati bilan taqqoslanib katta aniqlik bilan o'lchanishi mumkin.

Tajriba paytida uzunligi 1 m va ko'ndalang kesimi o'zgarmas bo'lgan o'tkazgich simga U kuchlanish qo'yiladi. Simning uchlari noma'lum qarshilik R_x ga va qarshiliklari yuqori aniqlik bilan aniq bo'lgan va ketma-ket ulangan o'zgaruvchan qarshilik R ga ulangan (1-rasm).



1-rasm. Elektr zanjiri diagrammasi

O'tkazgich simning ustiga o'rnatilgan siljuvchi kontakt simni uzunliklari S_1 va S_2 bo'lgan ikki qismga ajratadi. Siljuvchi kontakt nol indikator vazifasini bajaruvchi ampermetr orqali R_x va R qarshiliklar tutashgan nuqtaga ulanadi. Agar ampermetr orqali o'tayotgan tok nolga teng bo'lsa va R_x noma'lum qarshilikdan o'tayotgan tok kuchi I_1 va kuchlanish U_1 , R qarshilikdan o'tayotgan tok kuchi I_2 va kuchlanish U_2 , S_1 va S_2 uzunlikdagi o'tkazgichlarning qarshiliklari mos ravishda R_1 va R_2 , o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchlari I_3 , I_4 va kuchlanishlari mos ravishda U_3 , U_4 ga teng bo'lsin. U holda

$$U_1 = I_1 R_x = U_3 = I_3 R_1$$

$$U_2 = I_2 R = U_4 = I_4 R_2$$

Bu tengliklarni xadma- xad bo'lib, quyidagi tenglikka ega bo'lamiz:

$$\div \begin{cases} U_1 = I_1 R_x = U_3 = I_3 R_1 \\ U_2 = I_2 R = U_4 = I_4 R_2 \end{cases}$$

$$\frac{R_x}{R} = \frac{l_1}{l_2}$$

$$R_x = R \frac{l_1}{l_2} \quad (4)$$

Bu ifodadagi S_1 va S_2 lar bilan R_1 va R_2 lar orasidagi bog'lanish quyidagicha:

$$R_1 = \rho_1 \frac{l_1}{S_1} \quad R_2 = \rho_2 \frac{l_2}{S_2} \quad \rho_1 = \rho_2, S_1 = S_2$$

tengliklarni xadma-xad bo'lib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

Shuning uchun qarshilikni o'lchashning nol balansli usuli qarshilikdan oqayotgan tokdan bog'liq bo'lmaydi va stabillanmagan tok manbayi yordamida ham bajarilishi mumkin. Bu eksperimental konfiguratsiya uchun eng yaxshi o'lchash aniqligiga simmetrik ulash yo'li bilan, ya'ni siljuvchi kontakt o'tkazgich simning o'rtasida joylashganda va shuning uchun l_1 va l_2 qisimlar bir-biriga teng uzunlikka ega bo'lganda yetishish mumkin. U vaqtda

$$R_x = R \quad (5)$$

bo'ladi. Shuning uchun ma'lum bo'lgan qarshilik R ning qiymati imkoni boricha to'g'ri o'lchangan bo'lishi kerak. Chunki aniqlanayotgan R_x qarshilik unga teng bo'ladi. Yuqoridagiga alternativ holda, noma'lum qarshilik (5) tenglama bilan to'g'ridan-to'g'ri o'lchanishi uchun, dastlab siljuvchi kontakt simning teng o'rtasiga joylashtirilishi lozim va o'zgaruvchan R qarshilikning qiymati ampermetr nolni ko'rsatguncha o'zgarib borilishi lozim. Bu holda R qarshilikning qiymati to'g'ridan-to'g'ri izlanayotgan R_x noma'lum qarshilikning qiymatiga teng bo'ladi.

Tajribalar uchun qurilma (1) rasmdagi sxemalarga mos ravishda bo'ladi. Noma'lum qarshilik sifatida qiymati 10 Om bo'lgan rezistorni o'rnatish. Tok manbaidagi kuchlanish qiymati 2 V dan kata bo'lmasligi va qarshiliklar dekadasi o'tayotgan tok kuchi 250 mA dan katta bo'lmasligi lozim.

Tajribalarni o'tkazish tartibi:

l_1 va l_2 larni tanlash bilan nol balansga keltrish:

- Qarshiliklar dekadasi $R = 0.5 \cdot R_x$ qarshilikni o'rnatish.
- DS tok manbaini ulang va unga $U = 1$ V kuchlanishni o'rnatish.

- O'tkazgich simda l_1 va l_2 uzunliklarni shunday o'rnatishingki, ampermetr eng sezgir diapazonida $I=0$ A ni ko'rsatsin.
- Qarshiliklar dekadasida R ning qiymatini orttiring va tajribani takrorlang.
- O'lchanishi lozim bo'lgan har xil qiymatli R_x qarshiliklar uchun tajribani takroriy o'tkazing.

Qarshiliklar dekadasida R ni tanlash bilan nol balansga keltring.

- O'tkazgich simda l_1 va l_2 uzunliklarni aniq 50 sm dan qilib siljuvchi kontaktini o'rnatish.
- Qiymati 10 Om bo'lgan o'lchanadigan qarshilik R_x ni sxema bo'yicha ulang va unga mos R ni qarshiliklar dekadasida o'rnatish
- Tok manbaining kuchlanishini 1 V ga o'rnatish.
- Qarshiliklar dekadasida R ni shunday tanlangiki ampermetr eng kichik diapozonida $I = 0$ A ni ko'rsatsin.
- R_x va R larning qiymatini yozib oling.
- O'lchanishi lozim bo'lgan har xil qiymatli R_x qarshiliklar uchun tajribani takroriy o'tkazing.

O'lchash misollari va ularning tahlili

l_1 va l_2 larni o'rnatish bilan nol balanslash

1-jadval. O'lchash razistori 10 Om

R_x, Ω	R, Ω	S_1, sm	S_2, sm	S_1, Ω
10+2%	3	77	22	10.1
	5	67	33	10.2
	10	50	50	10.0
	15	40	60	10.0
	20	34	66	10.3
	30	26	74	10.5

2-jadval. O'lchash razistori 100 Om

R_x, Ω	R, Ω	S_1, sm	S_2, sm	S_1, Ω
100+2%	30	77.3	22.7	103
	50	67.0	33.0	102
	100	51.0	49.0	104
	150	41.0	59.0	104
	300	26.0	74.0	105

3-jadval. O'lchash razistori 1k Om

R_x, Ω	R, Ω	S_1, sm	S_2, sm	S_1, Ω
1000+2%	300	77.0	23.0	1004
	500	66.7	33.3	1002
	1000	50.0	50.0	1000
	2000	33.2	66.8	994
	3000	24.8	75.2	989

Sinov savollari

1. Nima uchun o'tkazgichlar qarshilikka ega bo'ladi?
2. Solishtirma qarshilikni, o'tkazuvchanlikni elektron nazariyasi asosida tushuntiring.
3. Qarshilik temperaturaga qanday bog'langan?
4. O'ta o'tkazuvchanlik hodisasi va uning texnikada qo'llanish soxalari aytib bering.
5. Elektr ko'priklarning zanjirining ishlash printsiplarini aytib bering.

Tajriba ishi 5

YORITKICHNING QARSHILIGI VA QUVVATINI ANIQLASH



Ishning maqsadi: o'tkazgichlardagi tok kuchi va kuchlanish orqali elektr tokining quvvatini hamda o'tkazgich qarshiligining haroratga bog'liqligini o'rganish.

Kerakli asboblari: ikkita cho'g'lanma lampochka, ampermetr, voltmeter, reostat, kuchlanishi 220 V bo'lgan o'zgaruvchan tok manbai.

Ishni bajarish uchun asos

1. Nazariy qism va qurilmaning tuzilishi bo'yicha qisqa, ishni bajarish tartibi va jadval to'liq bo'yicha to'liq konspekt.
2. Ishni bajarish tartibini bilish.

Ishni himoya qilish uchun asos

1. Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da amalga oshirilgan hisob-kitob va rasmiylashtirilgan hisobot.
2. Sinov savollariga javob berish.

Nazariy qism

Elektr zaryadlarining ma'lum bir yo'nalishdagi tartibli harakatiga elektr toki deb ataladi. Metallarda vujudga keladigan elektr tokining tabiati bilan tanishib chiqaylik. Metallar kristall panjaraviy tuzilishga ega bo'lib, kristall panjara tugunlarida musbat zaryadli ionlar joylashgan. Bu musbat zaryadli ionlar o'z valent elektronini yuqotgan atomlardir. Valent elektronlar esa o'z atomi bilan zaif bog'langanligi sababli, nisbatan "past" xona haroratidan past haroratlarda ham atomdan ajralgan holda bo'luvchi "erkin" elektronlardir. Ular metall ichidagi fazoda ixtiyoriy yo'nalishda tartibsiz harakat qiladilar. 2.1 α -rasmda ionlar holati va erkin elektronlar harakati ma'lum darajada soddalashtirilgan tarzda tasvirlangan. Shuni ta'kidlash lozimki, har bir atomdan bittadan valent elektron ajralsa, birlik hajmda (1 cm^3 da) erkin elektronlar soni 10^{22} - 10^{23} taga teng bo'ladi.

O‘tkazgich, ya'ni metallni bir jinsli elektr maydoniga kiritaylik. Elektr maydoni ta'sirida elektronlar ma'lum yo‘nalishda tartibli harakat qila boshlaydilar. Buning natijasida metall ichida elektr toki vujudga keladi. Albatta, elektronlar bunda o‘zlarining dastlabki tartibsiz harakatlarini ham saqlab qoladilar. Odatda, elektr tokining yo‘nalishi sifatida musbat ishorali zaryadlarning tartibli yo‘nalishi qabul qilinadi.

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

$$I = \frac{dq}{dt} . \quad (1)$$

Xalqaro birliklar sistemasi (XBS) da tok kuchi birligi Amper (1 A) deb qabul qilingan. Shuni alohida ta'kidlash lozimki, Amper fizikaning “Elektr” qismida asosiy fizik kattalik hisoblanadi. Elektr zaryad birligi – Kulon Amper orqali quyidagicha aniqlanadi:

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

Agar vaqt o‘tishi bilan tok kuchining qiymati hamda yo‘nalishi o‘zgarmay qolsa, bunday tok **o‘zgarmas tok** deyiladi. O‘zgarmas tok uchun (1) ifoda quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$I = \frac{q}{t} \quad (2)$$

bu yerda q – o‘tkazgichning ko‘ndalang kesimidan t vaqt davomida o‘tgan zaryad miqdori.

Shu o‘rinda yana bir fizik kattalik – tok zichligi bilan tanishib o‘taylik. o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzasidan o‘tuvchi tok kuchi bilan aniqlanuvchi fizik kattalikka **tok zichligi** deyiladi. Bunda ko‘ndalang kesim tok yo‘nalishiga perpendikulyar bo‘lishi lozim. Bundan tok zichligining vektor tabiatga ega ekanligi

kelib chiqadi. Tok zichligi vektorining yo'nalishi musbat zaryadlar harakati yo'nalishiga mos keladi. Tok zichligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$J = \frac{I}{S} \quad (3)$$

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

$$dA = Uq = IUdt \quad (4)$$

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

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

$$P = \frac{dA}{dt} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (5)$$

(4) va (5) ifodalar yordamida tokning quvvatini topish mumkin.

Agar tok kuchi amperlarda, kuchlanish voltlarda, qarshilik esa omlarda o'lchansa, tokning ishi joulda, tokning quvvati esa vattlarda o'lchanadi. Elektr toki qo'zg'almas metall o'tkazgichdan o'tayotgan bo'lsa, bajarilgan ishning hammasi o'tkazgichni isitishga sarflanadi. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan

$$dQ = dA$$

Shunday qilib, ajralayotgan issiqlik miqdori uchun

$$dQ = UI dt = I^2 R dt = \frac{U^2}{R} dt \quad (6)$$

ifoda Joule-Lenz qonunini ifodalovchi tenglamadir.

O'tkazgichdan tok o'tayotganda issiqlik ajralishi sababini klassik nazariyaga ko'ra sodda qilib shunday tushuntirish mumkin. Tartibli harakat qiluvchi elektronlar o'z tartibli tezliklarini ionlar bilan to'qnashishi natijasida yo'qotishlari yuqorida aytib o'tilgan. Tartibli tezlikni yo'qotish mexanik energiyani yo'qotish bilan ekvivalent ekanligini eslasak, ionlarga muttasil energiya berilib turilar ekan, degan

xulosaga kelish mumkin. Bu energiya issiqlik energiyasi tarzida metallardan ajralib turishi Joule-Lenz qonunini sifatini izohlashga imkon beradi.

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

$$A_{12} = q_{12} + q(q_1 - q_2) \quad (7)$$

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

$$dQ = I^2 R dt = IR(I dt) = I r q \quad (8)$$

(7) va (8) formulalardan

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

ifodani olish mumkin yoki

$$I = ((\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon_{12}) R \quad (9)$$

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

Agar zanjir berk bo'lsa, u holda 1 va 2 nuqtalar ustma-ust tushadi, demak $q_1=q_2$ va (1.9) ifoda quyidagicha yoziladi:

$$I = \frac{\varepsilon}{R}$$

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

$$U_1 = IR, \quad U_2 = Ir$$

U_1 va U_2 larning yig'indisi tok manbaining EYK iga teng:

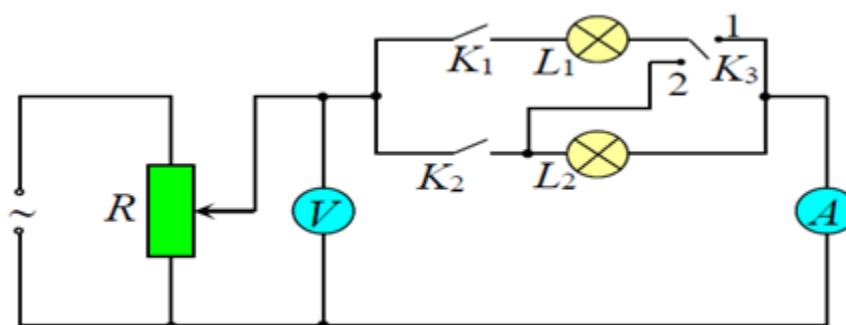
$$\varepsilon = U_1 + U_2 \quad \text{yoki} \quad \varepsilon = IR + Ir$$

Bundan

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad (10)$$

(10) tenglik **berk zanjir uchun Om** qonunining ifodasidir

Ushbu laboratoriya ishida cho‘g‘lanma lampochkalarining qarshiligi, quvvati va lampochka ichidagi sim tolasining tok o‘tayotgan paytdagi harorati aniqlanadi. 1.2-rasmda tajribaning elektr sxemasi tasvirlangan. Bu yerda R – potensiometr bo‘lib, uning yordamida voltmetr (V) dagi kuchlanish va ampermetr (A) orqali o‘tayotgan tok kuchi qiymati o‘zgartirilib turiladi



1-rasm. Tajriba ishining ulanish sxemasi

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

Ishni bajarishda har bir lampochkani alohida, ketma-ket va parallel ulashdagi V voltmetrning, shuningdek A ampermetrning ko‘rsatishlari yozib boriladi.

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

$$R_t = R_0 \alpha T$$

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

$$R_{t_1} = R_0 \alpha T_1 \text{ va } R_{t_x} = R_0 \alpha T_x \quad (12)$$

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

$$T_1 = R t \quad (13)$$

bu yerda T_x – xona harorati, T_1 – lampochkaning cho‘g‘lanish harorati, α – qarshilikning harorat koeffitsienti, R_x va R_1 lar T_x va T_1 haroratlarga mos keluvchi lampochka tolasining qarshiliklari, R_0 – lampochka tolasining $t=0^\circ\text{C}$ haroratdagi qarshiligi.

Ishni bajarish tartibi

- 1.2-rasmda tasvirlangan elektr zanjiri yig‘iladi. O‘lchash va hisoblash natijalarini yozish uchun quyidagi jadval tuziladi:

	№	U, V	I, A	R, Ω	P, W	T, K		№	U, V	I, A	R, Ω	P, W	T, K
I	1						1 va 2 lampochkalar ketma-ket ulangan	1					
	2							2					
	3							3					
	4							4					
	5							5					
II	1						1 va 2 lampochkalar parallel ulangan	1					
	2							2					
	3							3					
	4							4					
	5							5					

- L_1 lampochka zanjirga K_1 kalit yordamida ulanib (K_2 ochiq, K_3 1-holatda bo‘ladi), kuchlanishning 60, 80, 100, 120 va 140 V qiymatlari uchun tok kuchi aniqlanadi.
- $R=U/I$ formula yordamida tok kuchi va kuchlanishning har bir qiymati uchun Rt qarshilik hisoblanadi.
- (1.5) formula yordamida lampochkaning quvvati aniqlanadi.
- Ommetr yordamida xona haroratidagi lampochkaning qarshiligi va termometr yordamida uning absolyut shkala bo‘yicha haroratining qiymati aniqlanadi, ya’ni $T_x=273+t$.

6. (1.13) formuladan Rt ning har bir qiymati uchun qizigan lampochkaning harorati aniqlanadi.
7. Elektr zanjiriga L_2 lampochka K_2 kalit orqali ulanadi. (K_1 ochiq, K_3 ixtiyoriy holatda) va 2-6 bandlarda o'tkazilgan tajriba va hisoblashlar takrorlanadi.
8. L_1 va L_2 lampochkalar elektr zanjiriga ketma-ket ulanadi (K_1 ulangan, K_3 2-holatga o'tkaziladi). So'ngra 2-6 bandlar takrorlanadi va umumiy qarshiliklar topiladi.
9. L_1 va L_2 lampochkalar elektr zanjiriga parallel ulanadi (K_1 va K_2 ulangan, K_3 1-holatga o'tkaziladi). So'ngra 2-6 bandlar takrorlanadi va umumiy qarshiliklar topiladi.

Sinov savollari:

1. Tok kuchi nima? U qanday birliklarda o'lchanadi?
2. O'tkazgichlarda qarshilikning mavjud bo'lishini klassik elektron nazariyasi asosida tushuntiring.
3. O'tkazgichlarning qarshiligi va bu qarshilikning haroratga bog'liqlik formulasini tushuntiring.
4. O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulashdagi natijaviy qarshilik, tok kuchi, kuchlanish va quvvat formulalarini yozing.
5. Zanjirning bir qismi, to'liq zanjir va bir jinsli bo'lmagan qismlari uchun Om qonuni, tok kuchining ishi va quvvati formulalarini yozing.
6. Ishning sxemasini chizing va ishlashini tushuntiring.

Tajriba ishi 6

VAKUUMLI DIODNING VOLT-AMPER XARAKTERISTIKASINI O'RGANISH.



Tajribalarning maqsadi:

- Vakuumli diodning volt-amper xarakteristikasini katodni qizdirish kuchlanishining uch qiymatida o'lchash.
- Xajmiy manfiy zaryadning anod maydoniga qarshi ta'sir sohasini va VAX ining to'yinish sohasini aniqlash.
- Lengmyur-Chayld qonunini tekshirish.

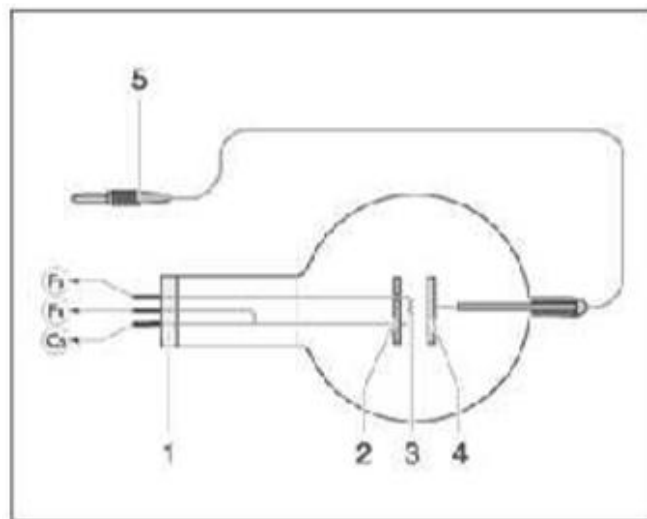
Kerakli asboblari.

1ta planar diod P, 1 ta universal taglik P, 1 ta DC energiya manbai 0 ... 500 V, 1 ta amperemeter, AC, $I < 10$ mA, 1 ta voltmeter, DC, $U < 500$ V, 1 ta taqsimlash qutisi, 3 ta xavfsiz ulash kabellari, 100cm, qizil 2 ta xavfsiz ulash kabellari, 100cm, ko'k, 1 ta xavfsiz ulash kabellari, 50cm, ko'k, 1 ta ulash kabeli, sariq/yashil, 200 cm

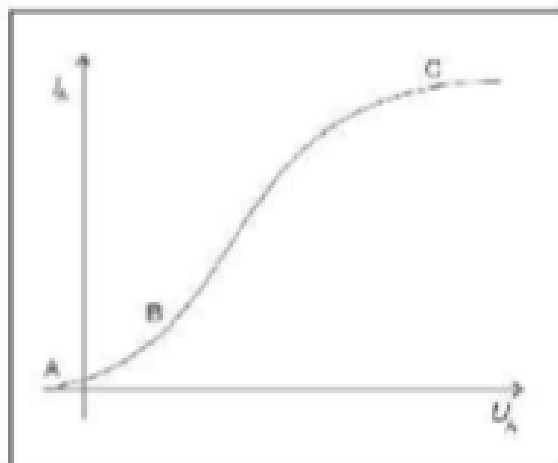
Asosiy ma'lumotlar.

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.(1rasmga 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 narsalardan tashqari, anod va katod o'rtasidagi kuchlanishdan (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 olmasligi uchun anod toki hosil bo'lmaydi. Shuning uchun vakuumli diod filtrlash bloke sifatida yoki o'zgaruvchan toklarning to'g'rilagichi sifatida foydalanish mumkin. Demak, umuman olganda, vakuumli diod yarim o'tkazgichli diodga o'xshash xossalarga ega. Yarimo'tkazgichli diodlar rivojlanish bilan vakuumli diodlar tobora muhimligini yo'qotib bormoqda. Bugungi kunda integral zanjirlarda kam joy egallaganliklari uchun asosan yarimo'tkazgichli qurilmalardan foydalanilmoqda. Bu tajribada vakuumli diodning VAX o'rganiladi. VAX anod toki I_A ning anod kuchlanishi U_A dan bog'liqligini ifodalaydi. 2-rasmda diodni VAXning tipik shakli ko'rsatilgan.



1-rasm. P diodning diagrammasi: 1-qizdiruvchi vilka, 2-katod plastinkasi, 3-katod qizdirgich simi, 4-Anod, 5-anodni ulash simi.



2-rasm. Diodning 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 baechasi 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 va chuqurroq kiritib olganda anod toki orta boradi. Anod tokining katod kuchlanishidan bog'liqligini Lengmyur-Chayld tenglamasi yordamida ifodalanadi:

$$I_A \sim U_A^{3/2} \text{ yoki } I_A^{3/2} \sim U_A(I)$$

Xavfsizlik choralari (eslatmalar).

-Vakuumli diod P yupqa shisha devorli vakuum lampa hisoblanadi. Uning portlash xavfi mavjud!

-Vakuumli diod ishlayotganda universal shtativning ulash sohasida xavfli kontakt kuchlanish bo'lishi mumkin!

-Vakuumli diodga mexanik kuchlanish ta'sir etkazmang.

-Universal shtativning ulash sohasida faqat xavfsiz ulash kabellaridan foydalaning.

-Diod P (555210) ning va universal shtativ P (555200) ning instruktsiyalaridagi izohlarni o'qing.

-Tok kuchi to katodning atrofidagi faziviy zaryadlar tarqalib ketguncha ortadi. Keyin anod toki o'zining to'yinish qiymatiga erishadi. Anod kuchlanishining keying ortishi anod tokiga boshqa ta'sir etmaydi.

To'yinish sohasi (C).

To'yinish sohasida emissiya toki anod kuchlanishidan bog'liq emas. Ammo u katoddan ajralib chiqayotgan elektronlar sonini oshirish bilan orttirilish mumkin. Bunga esa qizdiruvchi kuchlanishni orttirish bilan erishish mumkin. Shunday qilib to'yinish tokining kattaligi katodning tempraturasidan bog'liq bo'ladi va har bir qizdirish kuchlanishga alohida VAX mos kaladi.

Tajriba qurilmasi.

Tajriba qurilmasi 3-rasmda tasvirlangan. Qurilmani ulash quyidagi ketma-ketlikda bajarilishi mumkin:

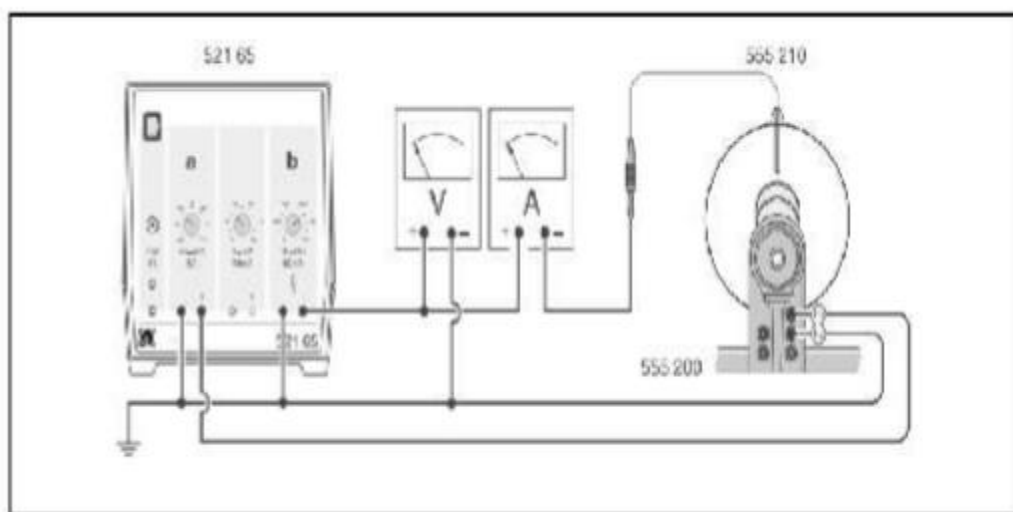
- P diodni universal shtativga kiritish uchun shisha shtiftlarni yaxshilab joyiga yo'naltiring va keyin barcha shtift kontaktlari ularning rozetkalariga o'rnatguncha ehtiyotlik bilan bising.
- Tok manbaini taqsimlash shiti orqali tarmoqqa ulang.
- Qizdirish kuchlanishi chiqishining(a) manfiy qutbini vat ok manbaidagi 500 V chiqish (b)ni xavfsiz ulash kabellari bilan ulang va bundan tashqari ularni taqsimlash shitining "yer" rozetkasiga ulang.
- Qizdirish kuchlanishi chiqishning manfiy qutbini universal shtativning F4 rozetkasiga va musbat qutbini F3 rozetkasiga ulash uchun xavfsiz ulash kabellaridan foydalaning.
- I_A anod tokini o'lchash uchun anod ulash kabelini ampermetrning minus klemmasiga ulang va ampermetrning plyus klemmasini 500 V chiqishning musbat qutbiga ulang.
- U_A anod kuchlanishini o'lchash uchun voltmetrni 500 V chiqishga ulang.
- Mos keluvchi o'lchash diapazonini tanlang (maslan, ampermetrda mA va voltmetrda 500 V).

- Tok manbaini va ampermetrni kuting. Diodning qizdirish simi birdaniga qizil bolib yonish kerak.
- Agar zarurat tug'ilsa diodni tekshirib ko'rish uchun oling va universal shtativ P diod o'rtasidagi kontaktlar yaxshi ulanganligini tekshirib ko'ring.

Tajribalarni o'tkazish

Eslatma: Vakuumli diodga qizdirish kuchlanishi ulanganda yoki kuchlanishning qiymati o'zgarganda qizdirgich yangi temperaturaga bir necha sekund ichida erishadi. Shuning uchun qizdirgich ulangandan tajribalarni boshlash mumkin.

- Aylanma potensimetr yordamida 5.0 V qizdirish kuchlanishini o'rnating.
- U_A anod kuchlanishini aylanma potensimetr (b) yordamida 0 V dan boshlab orttira borib bir qancha kuchlanishlar uchun anod toki I_A ni yozib oling (o'lchash misollariga qarang).
- Kuchlanishning 5.5 V va 6.0 V qiymatlari uchun ham tajribalarni takrorlang.



3-rasm. Diodning xarakteristikasini o'lchash uchun eksperimental qurilma.

O'lchash misollari

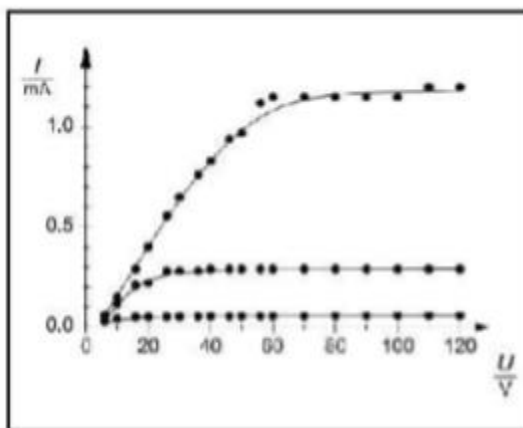
1 – Jadval. Qizdirish kuchlanishining uch har xil qiymati U_1 , U_2 va U_3 lar uchun anod toki I_A ning anod kuchlanishi U_A dan bog'liqligi.

U_A, V	$U_1 = 5.0 V$ I_A, mA	$U_2 = 5.5 V$ I_A, mA	$U_3 = 6.0 V$ I_A, A
6	0.03	0.06	0.06
10	0.045	0.115	0.15
16	0.0515	0.21	0.29
20	0.052	0.22	0.40
26	0.053	0.28	0.555
30	0.053	0.28	0.65
36	0.054	0.28	0.76
40	0.055	0.29	0.83
46	0.055	0.29	0.94
50	0.0555	0.29	0.97
56	0.056	0.29	1.12
60	0.056	0.29	1.15
70	0.056	0.29	1.15
80	0.057	0.29	1.15
90	0.058	0.29	1.15
100	0.058	0.29	1.15
110	0.058	0.29	1.2

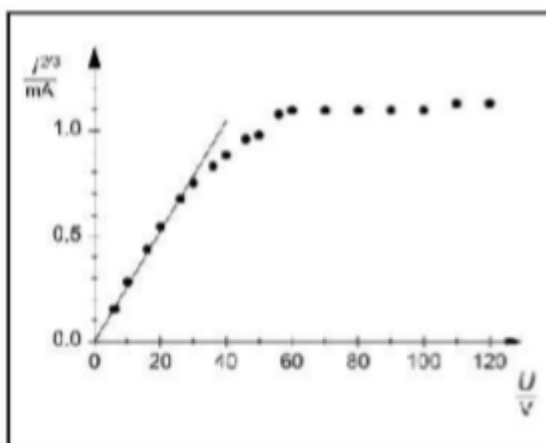
Hisoblashlar va natijalar

4-rasmda 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 keltirilgan. Hajmiy zaryadlarning chegaralash sohasi va to'yinish sohasi C aniq ajralib turibdi. Qizdirish kuchlanishining kattaroq bo'lishi to'yinish tokining kattaroq bo'lishiga olib keladi. Bu esa to'yinish tokining katoddan ajralib chiqayotgan elektronlar soniga tog'ri proporsional bo'lish faktini tasdiqlaydi.

Lengmyur-Chayld tenglamasini tekshirib ko'rish uchun $I_A^{2/3}$ anod tokining anod kuchlanishi U_A dan bog'liqligi 5-rasmda chizilgan. (1) tenglamaga asosan chiziqli bo'lishi kutilayotgan bog'lanish grafikdan aniq ko'rinadi va bu qonunning to'g'riligini tasdiqlaydi.



4-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.



5-rasm. Hajmiy zaryadlarning chegaralash sohasi: anod kuchlanishi U_A ning funksiyasi sifatida. Lengmyur-Chayld tenglamasiga asosan natija to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi.



Tajriba ishi 7
MAGNIT O'ZAKKA EGA BO'LMAGAN
INDUKTIV G'ALTAKNING MAGNIT MAYDONINI
O'LCHASH



Tajribalarning maqsadi

- Magnit o'zakka ega bo'lmagan induktiv g'altakning magnit maydonini undan o'tayotgan I tok kuchining funksiyasi sifatida o'lchash
- Magnit o'zakka ega bo'lmagan induktiv g'altakning magnit maydonini uning uzunligi L va o'ramlar soni N ning funksiyasi sifatida o'lchash.

Kerakli asboblari:

1ta o'ramlar konsentratsiyali o'zgaruvchan g'altak, 1ta yuqori tokli manba, 1ta teslametr, 1ta axial B-probe, 1 ta ko'p o'zakli kabel, 6-qutb, 1.5m, 1ta g'altak va trubka uchun tutqich, 1ta egarsimon asos

Asosiy ma'lumotlar

Bio– Savar qonuniga asosan I tok o'tayotgan ixtiyoriy o'tkazgich atrofida P nuqtadagi magnit maydon quydagi ulushlarining yig'indisidan iborat bo'ladi.

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} ds \frac{r}{r} \quad (1)$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$ magnit doimiysi (1) tenglamada ds o'tkazgich qismining

uzunligini va yo'nalishini ifodalovchi vektor, r o'tkazgichning berilgan qismida P nuqtaga o'tkazilgan radius vector. Demak to'liq magnit maydonni xisoblash (1) tenglamani integralini talab qiladi. Ko'p xollarda bu xisoblashlar ancha murakkab bo'lib faqat ma'lum bir simmetriyaga ega bo'lgan o'tkazgichlar uchun analitik yechim xisoblanib chiqilgan. Boshqa xollarda masalan, uzun induktiv g'altak uchun, Make bele Tenglamalaridan keltirib chiqarilgan Amper qonunini qo'llash ancha yengilroq,

Ya'ni

$$\oint_S B dS = \mu_0 \oint_A I dA = \mu_0 I_A \quad (2)$$

Bu yerdaj-tok zichligi, I_A - A yuzadan o'tuvchi tok, S- A yuzani chegaralovchi berk kontur.

Uzun induktiv g'altakning magnit maydonini xisoblash uchun A va S lar 1-rasmda ko'rsatilganidek tanlab olingan. Agar induktivlik g'altagi yetarlicha uzun bo'lsa, magnit maydon uning ichiga g'altak o'qiga parallel bo'ladi va g'altak tashqarisida deyarli yo'qoladi.

Ya'ni S chegaralovchi konturning S_1 qismida magnit maydon komponenti chegaralovchi kontur yo'nalishida noldan farqli bo'ladi. Shuning uchun biz quydagiga ega bo'lamiz;

$$\oint_S B dS = \mu_0 \oint_{S_1} B dS = \mu_0 I_A \quad (3)$$

Bu yerda L – S_1 qismning uzunligi.

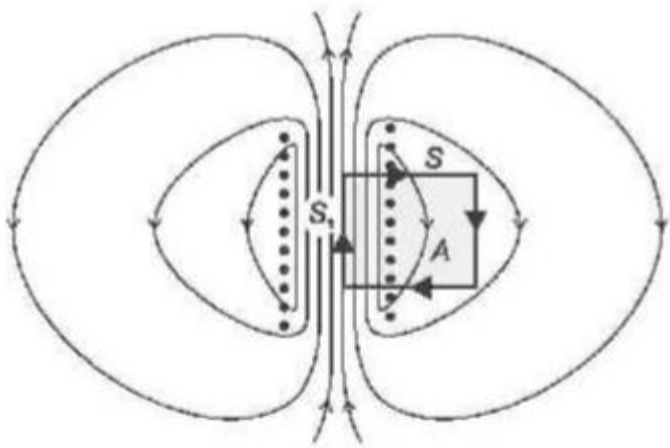
Bundan tashqari,

$$I_A = NI \quad (4)$$

Bu yerda; N- A soha ichidagi o'ramlar soni, I-g'altakdan oquvchi tok kuchi va shuning uchun;

$$B = \mu_0 I \frac{N}{L} \quad (5)$$

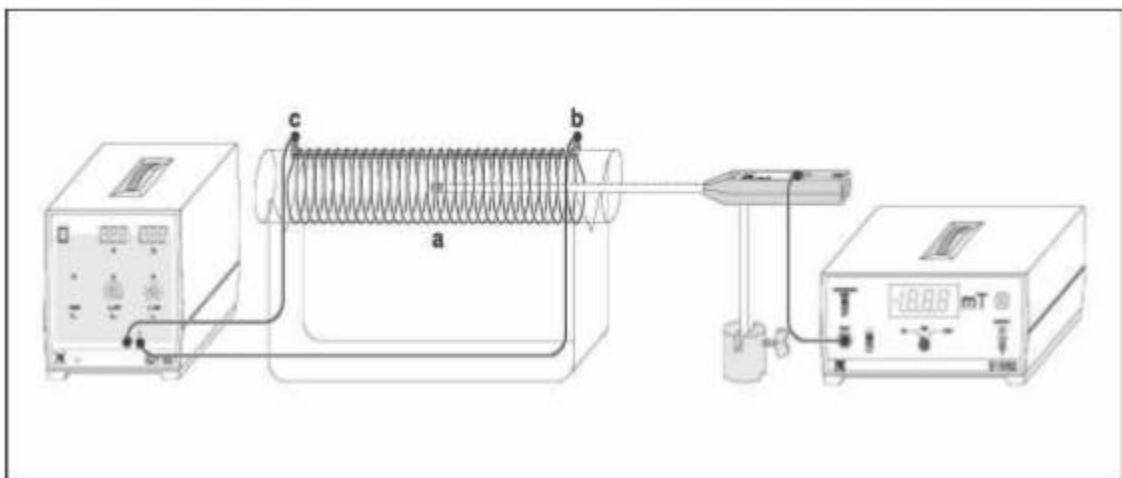
Bu tajriba uzun induktiv g'altak ichidagi magnit maydon aksial B-probe yordamida (5) natijaviy tenglamani tekshirish uchun o'tkaziladi. Namuna Xoll datchigidan iborat bo'lib, u namuna o'qiga parallel bo'lgan yo'nalishda sezgir hisoblanadi.



1-rasm. Uzun induktiv g'altak magnit maydonini hisoblash .

Tajriba qurilmasi.

Tajriba qurilmasi 2-rasmda tasvirlangan. Uzunlik birligi to'g'ri keluvchi o'ramlar o'ramlar soni o'zgaruvchan bo'lgan induktiv g'altakni trubka va g'altak uchun moslangan shtativga o'rnatish va uni yuqori tokli manbaga ulash.



2-rasm. Uzun g'ltakning magnit maydonini o'lchash uchun qurilma Aksial B-namunani teslametrga ko'p o'zakli kabel orqali ulash , uni namuna manbasidan chiquvchi shtativ tayoqchasiga maxkamlang va Xoll datchigi (a) induktiv g'altakning ichki qismining markaziga joylashadigan qilib yo'naltiring.

Tajribalarni o'tkazish.

a) Tok kuchi I ning funksiyasi sifatida o'lchashlar.

- Teslametrda 20mT o'lchash diapazonini tanlang va uni kompensatsiya ruchkasi yordamida 0 ni kalibrovka qiling.
- (b,c) ulash klemmlarini birgalikda simmetrik ravishda Shunday o'rnatilgiki g'altak uzunligi 15 sm bo'lgan (b klemma 12.5 sm da, c klemma 27.5 sm da joylashsin)
- Tok kuchi I ni xar safar 2A dan orttirib borib unga mos keluvchi B magnit maydonini aniqlang. ($I=20$ A gacha)
- Tok kuchi I ni xar safar 2A dan kamaytirib borib unga mos keluvchi B magnit maydonini aniqlang. ($I=0$ A gacha) va teslametr nolini tekshirib ko'ring.

b) G'altak uzunligi L ning funksiyasi sifatida o'lchashlar .

- G'altakdan o'tayotgan tok kuchini $I=20$ A ga o'rnatilgiki .
- G'altakning uzunligi L ni o'zgartirish uchun b va c klemmlarni simmetrik ravishda ikki tarafga siljiting va xar safar B magnit maydonini o'lchang.
- Xar bir yangi tajribada tok kuchini kamaytira borib uning qiymati 0 ga borguncha takrorlang va teslametr nolini tekshirib ko'ring .

O'lchash misollari

a). Tok kuchi I ning funksiyasi sifatida o'lchashlar.

1-jadval. $N=30$ va $L=15$ sm uchun o'lchashlar

I, A	B, mTl
0	0
2	0.5
4	1.02
6	1.52
8	1.96
10	2.48
12	2.94
14	3.46
16	3.96
18	4.49
20	4.98

c) **G'altak uzunligi L ning funksiyasi sifatida o'lashlar .**

2-jadval. N=30 va I=20 A uchun o'lchashlar

L, sm	B, mTl
8	6.7
10	6.09
15	4.98
20	3.97
25	3.11
30	2.62
35	2.32
40	2.05

Hisoblashlar va natijalar

a) Magnit maydonni I tok kuchining funksiyasi sifatida o'lchaslar.

3-rasmda B magnit maydonining tok kuchi I dan bog'liqligi grafik ravishda ko'rsatilgan. O'lchash xatoliklari chegarasida tajriba natijalari (1-jadvalga qarang) koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziq ustida yotadi ya'ni magnit maydoni B tok kuchi I ga to'g'ri proportsional.

Bu koordinat boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziqning qiyaligi

$$a_1 = 0.248 \text{ mT/A}$$

(5) tenglamaga asosan to'g'ri chiziqning qiyaligi $N = 30$ va $L = 15 \text{ sm}$ uchun

$$\alpha_1 = \mu_0 \frac{N}{L} = 0.251 \frac{\text{mTl}}{\text{A}}$$

b) Magnit maydonni g'altak uzunligi L ning funksiyasi sifatida o'lchashlar.

4– rasmda B magnit maydonining g'ltakning birlik uzunlikka to'g'ri keluvchi o'ramlar soni $n = N/L$ dan bog'liqligi grafik ravishda ko'rsatilgan. $n < 3 \text{ sm}^{-1}$ qiymatlar uchun 2– jadvaldagi qiymatlar koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziq bilan yaxshi mos keladi. Uzunlik birligiga to'g'ri keluvchi o'ramlar sonining katta qiymatlari uchun, yoki boshqacha aytganda, g'ltakning kichik uzunliklari L uchun 2 – tenglama yordamida uzun g'altaklar uchun hisoblangan natijalarga ko'ra to'g'ri chiziqdan chetlanishni oson tushuntirish mumkin. Koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziqning qiyaligi

$$a_2 = 2.58 \text{ mT} \cdot \text{sm}$$

(5) tenglamaga asosan $I = 20 \text{ A}$ qiymat uchun

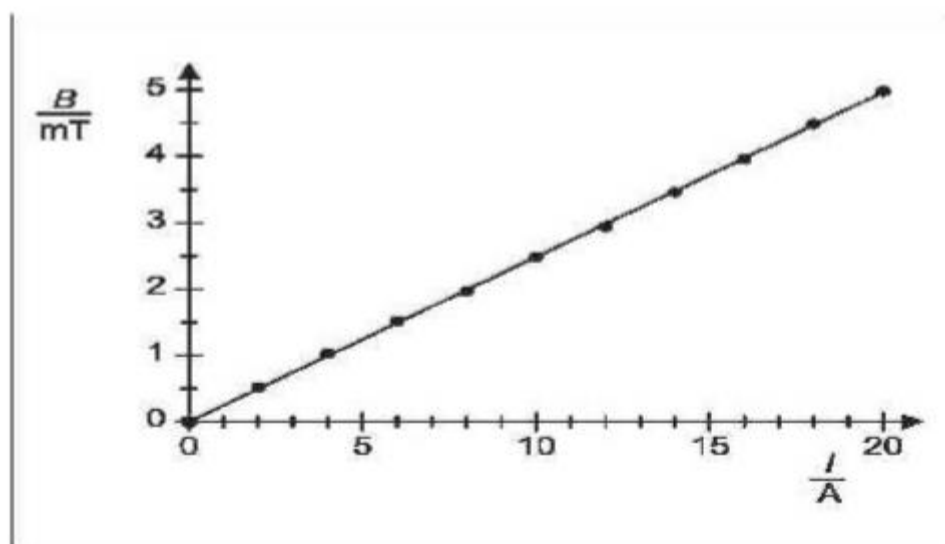
$$a_2 = \mu_0 I = 2.51 \text{ mTl} \cdot \text{sm}$$

(5) rasmda magnit maydonining g'altakning uzunligidan bog'liqligi grafik ravishda ko'rsatilgan. $L > 10 \text{ sm}$ bo'lganda o'lchash natijalari

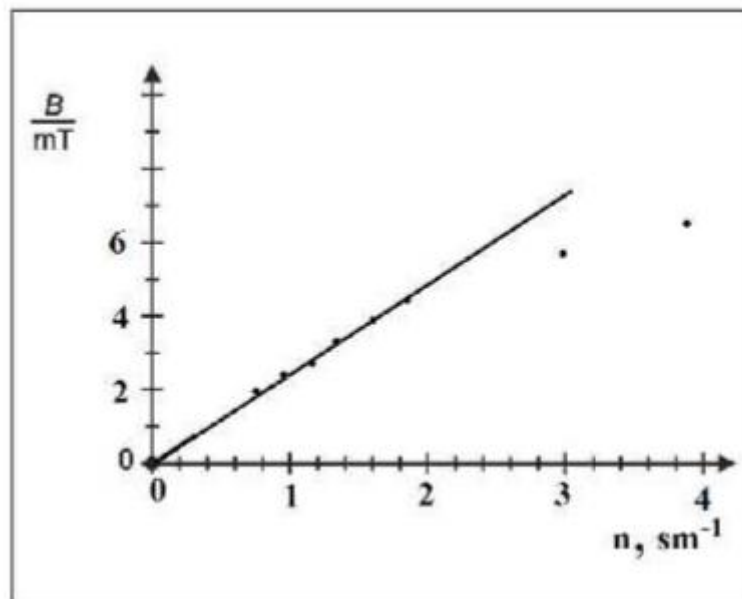
$a_3 = 77.5 \text{ mTl} \cdot \text{sm}$ qiymat uchun $B = \frac{a_3}{L}$ giperbola bilan yaxshi mos

keladi. (5) tenglamaga asosan $I = 20 \text{ A}$ va $N = 30$ qiymatlar uchun

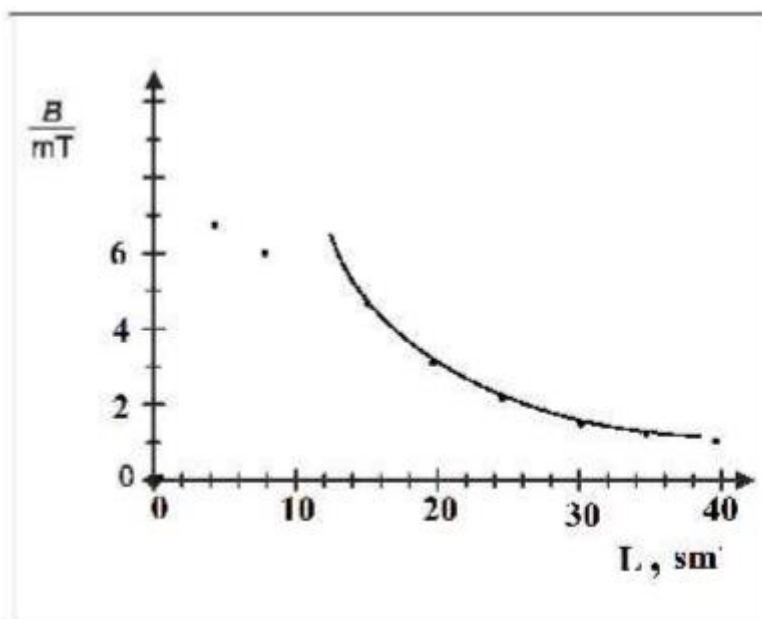
$$a_3 = 75.4 \text{ mTl} \cdot \text{sm}.$$



3– rasm. Magnit maydonni I tok kuchining funksiyasi sifatida o'lchashlar.



4-rasm. Magnit maydonni g‘altakning uzunlik birligiga to‘g‘ri keluvchi o‘ramlar sonining funksiyasi sifatida o‘lchashlar.



5-rasm. Magnit maydonni o‘zgarmas o‘ramlar sonida g‘altakning markazidagi nuqta uchun g‘altak uzunligi L ning funksiyasi sifatida o‘lchashlar.

Tajriba ishi 8



ERKIN ELEKTR OMAGNIT TEBRANISHLAR

Tajriba maqsadi:

- Elektr tebranishlar konturi bilan tanishish
- Tebranish konturining xususiy chastotasini aniqlash
- Tebranish zanjirida tok va kuchlanish o'zgarishini tahlil qilish

Qurilma tarkibi

1ta Yuqori induktivli chulg'am, 1ta Kondensator, 40 μF , 2 ta Asos taglik, bir juft, 1ta Bridging plugs, STE 2/19, set of 10, 1ta DC ta'minlash manbai 0... ± 15 V, 1 ta Multimeter LD analogli 20, 1 ta Qo'l sekundomeri, mexanik, 2ta Ulash simlari, 19 A, 100 sm, qizil/ko'k, juftli.

Qisqacha nazariya

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'nuvchi 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'rinlidir(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:

$$I\omega_0^2 + I\gamma + I = 0 \quad (3)$$

Be erda $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ -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.

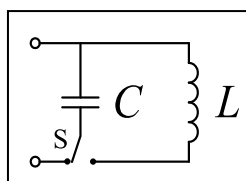
Bu tajribada faqat oxirgi holatni kuzatish mumkin. Kondensatordai boshlang'ich kuchlanish U_0 bo'lsa, induktiv g'altakda o'tuvchi tok kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$I(t) = I_0 e^{-\gamma t} \cdot \sin(\omega t)$$

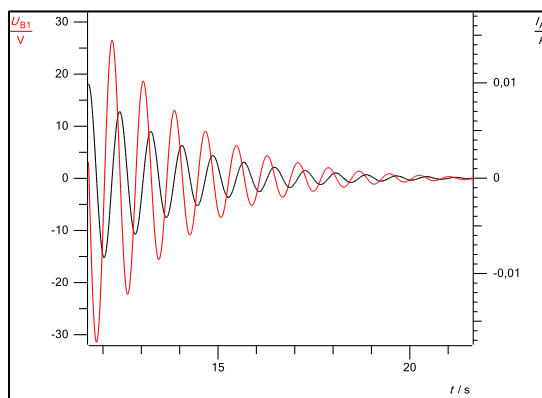
bu erda boshlang'ich tok kuchi $I_0 = \frac{U_0}{\omega L}$, ω - yuqorida keltirilgani kabi.

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.

$$U(t) = U_0 e^{-\gamma t} \cdot \cos(\omega t) . \quad (5)$$



1-rasm: Kalitli tebranish konturi.



2-rasm: Kuchlanish va tok tebranishlari.



3-rasm. Tajriba qurilmasi.

Tajriba qurilmasi

Qurilma 3-rasmda keltirilgan.

- Dastlab, kondensatorni razryadlash uchun qisqa tutashtiring.
- Induktiv g'altak va kondensatorni asos taglikka o'rnatish.
- Induktiv g'altak va kondensatorni bir chiziqda joylashtiring va ularni ikkita shtepsellar bilan ulang.
- Kondensatorga o'zgarmas tok manbaini ulang, o'rtadagi yerga ulash chiqishiga ualamang.
- Kuchlanish muruvatini 0 V ga qo'ying.
- Multimeterni induktiv g'altakka parallel ulang va DC kuchlanishni 3 V ga qo'ying.
- Ta'minlash manbai ni stendga ulang.
- Qo'l sekundomerini ishga tayyorlaang.

Tajribaning borishi

- Kondensator ostidagi kalitni chap tomonga ulang, 3-rasm asosida (kalit 1-rasmda «S» biklan belgilangan).
- Ta'minlash manbaini ulang.
- Ta'minlash kuchlanishini 3 V qilib tanlang.
- Kuchlanish ortishdan to'xtamaguncha va kondensator to'la zaryadlanmaguncha kuting.
- Endi kalitni manbadan induktiv g'altakga ulang va tebranish konturiga kuchlanish bering.
- Kuchlanishning ikki maksimumi orasidagi vaqtni aniqlash uchun qo'l sekundomeridan foydalaaning.
- Kondensatorni zaryadlash uchun oxirgi uch amalni takrorlang va boshqa kuchlanish maksimumlari orasidagi vaqtni 4 marta o'lchang.

- Ta’minlash manbaini tarmoqdan uzing va kondensatorni ta’minlash manbidan ajrating.
- Razryadlash uchun kondensator qutblarini qisqa tutashtiring.

O'lchashlar	Δt
1	0.80
2	0.84
3	0.83
4	0.82
5	0.83
O'rtacha qiymat	0.824

Baholash-solishtirish

Dastlab, Ikki maksimum orasidagi Δt vaqtning o'rtacha qiymatini hisoblang. Bunda Δt ni topish uchun T davrni topishning Tomson formulasidan foydalaning:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (6)$$

Bundan, L va C ko'paytmasini toppish mumkin.:

$$LC = \frac{\Delta t^2}{4\pi^2} \quad (7)$$

Nazariya va tajribani solishtirish uchun LC ning aniq qiymatlarini HF ni bilgan holda (qurilmaga qarang) aniqlash mumkin:

	Nazariya bo'yicha	Tajribada
$L \cdot C$	0.02 s^{-2}	0.0172 s^{-2}

Natijalar

Ko'rish mumkinki LC qiymatlarning nazariya va tajribada olinganlari orasida farq bor. Elektr qarshilik nazariya qiymatidan taqriban 0.4% ga kamroq. Shuning uchun farqning sababini boshqa joydan qidirish lozim. Bu yerdagi asosiy sabab induktivlikning tok kuchiga bog'liqligidir. G'altak o'zagi magnit singdiruvchanligi

magnit maydoni kuchlanganligiga bog‘liq va u o‘z navbatida tok kuchiga chiziqli bog‘liq bo‘ladi.

Texnika xavfsizligi yo‘riqnomasi

Tajriba qurilmasida tajribalar hayot uchun xavfsiz-past kuchlanishlarda olib borilishi zarur:

- DC –o‘zgarmas tok kuchlanishi maximum- 60 V,
- AC –o‘zgaruvchan tok kuchlanishi maximum- 25 V.

Quyidagilar bilan tajriba o‘tkazilganda hamisha hayot uchun xavfsiz-past kuchlanishdan foydalanish zarur:

- Yuqori induktivlikli g‘altak
- STE plug-in elements

Kuchlanish xavsiz kuchlanishdan katta bo‘lganda doimo maxsus xavfsiz ulash konnektorlardan foydalaning.

Zanjirga kondensator ulashdan oldin kondensator uchlarini qisqa tutashtirib razryadlang(Kondensatorda katta kuchlanish saqlangan bo‘lishi mumkin).

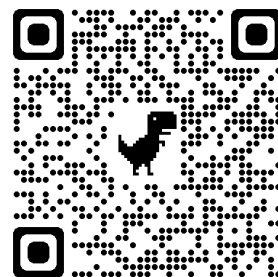
Induktiv g‘altaklarni darhol manbadan ajratmang, razryadlanishini kuting. Kuchlanishning sakrashi kuztilishi mumkin.

Sinov savollari.

1. Erkin elektromagnit tebranish konturi qanday elementlardan tashkil topadi?
2. Elektromagnit tebranishlar qanday hosil qilinadi?
3. Krixgofning ikkinchi qonunini tajriba bilan bog‘liqligini tushuntiring.
4. Tajriba qurilmasini ishlash mehanizimini tushuntiring.

Tajriba ishi 9

MIKROSKOP YORDAMIDA SHISHA PLASTINKANING SINDIRISH KO'RSATKICHINI ANIQLASH



1-mashq. *Shishaning sindirish ko'rsatkichini aniqlash.*

Nazariy ma'lumotlar

Sindirish ko'rsatkichining fizikaviy ma'nosi yorug'likning to'lqin nazariyasi asosida tushuntiriladi.

Yorug'likning to'lqin nazariyasiga asosan,

$$n = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} \quad (1)$$

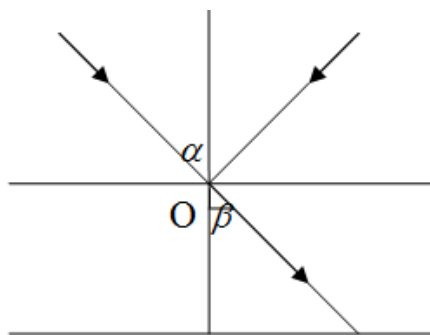
bo'ladi. n - sindirish ko'rsatkichi (1) ni keltirib chiqarish (1) berilgan.

ϑ_1 - Yorug'likning birinchi muxitda tarqalish tezligi

ϑ_2 - Yorug'likning ikkinchi muxitda ya'ni singandan keyingi muxitda tarqalish tezligi.

Laboratoriya ishida shishaning xavoga nisbatan sindirish ko'rsatkichi aniqlanadi. Xavoning sindirish qobiliyati juda kichik bo'lgani uchun shishaning nisbiy sindirish ko'rsatkichi n absolyut sindirish ko'rsatkichi bo'lishi mumkin. Sindirish ko'rsatkichini shisha plastinkasining nur sindirishidan kelib chiqadigan ko'rinma qalinligidan topiladi.

Plastinka qalinligidan O nuqtaga tanlab olamizki, bu nuqtaga nur tushayotgan bo'lsin. AO nur plastinkaga qirrasi (yoqiga) perpendikulyar bo'lib shishadan xavoga o'tganda o'z yo'nalishini o'zgartirmaydi.



1 – rasm. Yorug'likning qaytishi va sinishi

Qolgan nurlar dastasi sinadi, kuzatuvchi OA perpendikulyar yo'nalishida qirrasi O_1 , nuqtani ko'rganday bo'ladi. Bu nuqta O nuqtadan yuqoriroqda bo'lib O_1 nuqtaning mavxum tasviridir.

$OA = H$ shisha plastinkaning xaqiqiy qalinligi, $O_1A = h$ uning ko'rinma qalinligidir. Sin-dirish ko'rsatkichi aniqlanayotganda SGS va ODA nurlar shishadan xavoga emas xavodan shishaga tomon yo'llangan bo'lsin. U xolda tushish burchagi β va sinish burchagi α bo'ladi.

Ta'rifga ko'ra sindirish ko'rsatkichi n.

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

α - kichik bo'lganda

$\sin \alpha = \tan \alpha$, $\sin \beta = \tan \beta$ bundan:

$$n = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} \quad (2)$$

Shakldan: $\triangle AO_1V$ dan $\angle AO_1V = \alpha$ bo'lib $\tan \alpha = \frac{AB}{AO_1}$

burchak AOV dan $\angle AOV = \beta$

Tangensning bu qiymatlarini (2) formulaga qo'yib, AO_1 va AO kattaliklarni mos ravishda h va N bilan almashtirib qo'yidagini topamiz.

$$n = \frac{H}{h} \quad (3)$$

Demak, shisha plastinkaning xaqiqiy qalinligi H va ko`rinma qalinligi  $h$  dan foydalanib sindirish ko`rsatkichi n (3) formula yordamida topiladi.

Ishni bajarish tartibi.

Kerakli asboblari: Mikroskop, mikrometr, qarama-qarshi yoqlari tirlalgan shisha plastinka.

1. Mikroskopning buyum stoliga qarama-qarshi yoqlari tirlalgan shisha plastinkaning tirlilgan chiziqlarini ob'ektiv ostiga qo'yiladi. Mikroskop yordamida plastinkaning ustki qismidagi tirlalgan qismini aniq ko`riladi va mikrometrik vint konusning ko`rsatishini h_1 yoziladi.
2. Shisha plastinkaning qarshi yoqidagi, tirlalgan qismini aniq ko`rib mikrometrik vint yordamida h_2 topamiz.

$$h = h_1 - h_2 \quad (3)$$

(3) formuladagi H plastinkaning xaqiqiy qalinligi o`lchanadi.

4. Hamma kattaliklarni 3-4 marta o`lchanadi va olingan natija quyidagi jadvalga yoziladi.

2-mashq. Suyuqlik nur sindirish ko`rsatkichini yig'uvchi linza yordamida aniqlash.

Kerakli asboblari: Shisha akvarium, yig'uvchi linza, yorug'lik manbai, tekshirilayotgan suyuqlik (suv), o'lchash lineykasi.

Bo'sh idish qarshisiga yig'uvchi linza qo'yiladi idish ichiga plastinka (ekran) tushiriladi va bu oraliqga yorug'lik dastasi o'tkaziladi.

Linzadan o'tgan nur plastinkaning S nuqtasiga yig'iladi. Bunda aniq tasviri hosil bo'lishiga e'tibor berishi kerak. Idishni qo'zg'atmagan xolda unga suv qo'yiladi. Bu xolda plastinkada hosil bo'lgan nuqta xiralashadi.

Uning aniq tasvirini (oldingi xolatiga) hosil qilish uchun plastinkani orqaga suriladi. Nuqtaning nuqtaga ko'chishi bilan burchak o'zgaradi.

Tajriba ishi 10



YIG`UVCHI VA SOCHUVCHI LINZANING FOKUS MASOFASINI ANIQLASH

Kerakli asboblari: Optik taglik, chizg`ich, qavariq linza, bir tomonida darchasi bo`lgan maxsus qutichaga joylashtirilgan elektr lampa, tasvir hosil qiluvchi buyum,ekran.

Nazari ma'lumotlar

Sferik sirtlar bilan chegaralangan shaffof jism linza deyiladi. Yorug`lik nurini yig`ib beruvchi ikki yoqlama qavariq va yassi qavariq hamda yorug`lik nurini sohib beruvchi ikki yoqlama botiq linzalar mavjud. Linzaning chegaralovchi sferik sirtlarning egrilik markazlaridan o`tuvchi to`g`ri chiziq linzaning bosh optik o`q deyiladi.

Yorug`lik linzaning optik markazidan o`tganda o`z yo`lini o`zgartirmaydi. Yig`uvchi linzaning bosh optik o`qiga parallel tushayotgan yorug`lik linzaning orqa tomonida bosh optik o`qining biror nuqtasida yig`iladi, bu nuqta linzaning bosh fokusi deyiladi va F harfi bilan belgilanadi.

Linzaning optik markazidan fokusigacha bo`lgan masofa linzaning fokus masofasi deyiladi.

Fokus masofasiga teskarii bo`lgan kattalik linzaning optik kuchi deyiladi. Linzaning optik kuchi  $D$  harfi bilan belgilanib, quyidagiga teng bo`ladi.

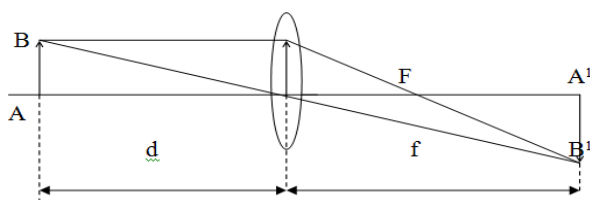
$$D = \frac{1}{F} \quad (1)$$

Optik kuch birligi qilib, ***dioptriya*** qabul qilingan.

Yig`uvchi linzaning bosh optik o`qiga parallel tushayotgan nur singandan keyin fokus nuqtadan o`tadi.

Yig`uvchi linzaning bosh fokusidan o`tuvchi nur singandan keyin bosh optik o`qqa parallel ketadi.

Linza ning optik markazidan o`tuvchi nur o`z yo`nalishini o`zgartirib ketadi.



1-rasm

Linza bilan buyum orasidagi masofani d deb va linza bilan tasvir orasidagi masofani f deb belgilasak, u holda linza ning fokus masofasi

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad \text{yoki} \quad F = \frac{df}{d + f} \quad (2)$$

formula bilan ifodalanadi.

Ishni bajarish tartibi.

1-mashq. Yig`uvchi linza ning bosh fokusini aniqlashni bir necha usullari bor bo`lib, ulardan biri linza bilan buyum va linza bilan tasvir orasidagi masofaga qarab aniqlashdir (1-rasm).

1. Ekranni yoritilganda uzoqroq o`rnatib, ularning orasiga linza qo`yiladi.
 2. Ekranda buyum tasviri aniq ko`ringuncha linza u yoki bu yoqqa suriladi.
 3. Ekran va buyum vaziyatlari aniqlanib tasvirni aniqligi ko`z bilan chamalab baxolanadi va ekranda aniq tasvir olinadi.
 4. Ekrandan linzagacha va linzadan tasvirgacha masofalar o`lchanib o`lchash natijalari (2) formulaga qo`yib bosh fokus masofasi aniqlaniladi.
- Tajriba 3-4 marta takrorlanib o`rtachasi olinadi.

2-mashq. Fokus masofani linza ning siljish kattaligiga qarab aniqlash (Bessel usuli).

Agar buyum bilan tasvir orasidagi masofa $l = 4F$ bo'lsa, unda shunday ikki vaziyatni topish mumkinki, linza bularni qaysi birida turmasin buyumning ekrandagi tasviri yaqqol: ammo birinchi xolda aslidan katta, ikkinchisida esa aslidan kichik bo'ladi.

Yig'uvchi linza ekranda OD buyumning kattalashgan tasvirini hosil qiladi. Yi-g'uvchi linzani ekran bilan buyum oralig'ida siljitib, OA kichiklashgan tasvirini xosil qilinadi.

Buyumdan ekrangacha bo'lgan masofa l bo'lgan tasvirlar hosil qilishda linzaning har ikki xolatining orasidagi masofani m bilan belgilanadi.

2-rasmga asosan

$$l = d + f \quad (3)$$

$$m = f - d \quad (4)$$

(3) va (4) tenglamalarni birgalikda yechib d va f kattaliklarni topamiz.

$$d = \frac{l - m}{2}, f = \frac{l + m}{2} \quad (5)$$

formuladagi d va f kattaliklarni (2) ga qo'yib F ga nisbatan yechamiz:

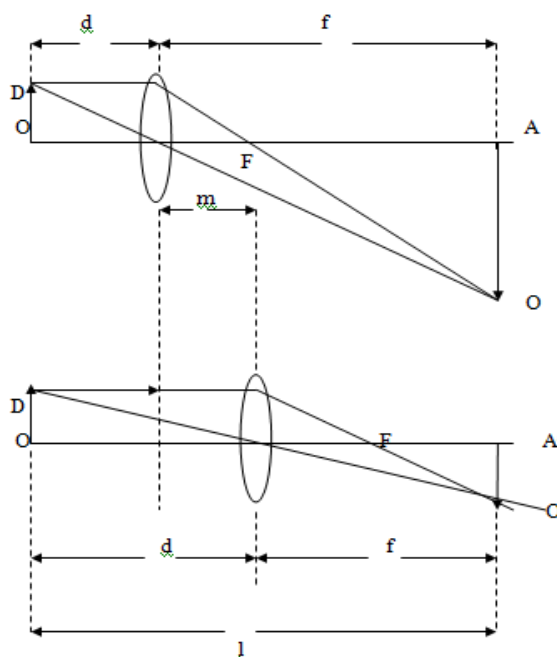
$$F = \frac{l^2 - m^2}{4l} \quad (6)$$

(6) formula yordamida bosh fokus oralig'i F ni aniqlanadi.

Ishni bajarish tartibi

1. Yoritgich bilan ekran orasiga linza joylashtirib, uni surib ekranda buyumning yaqqol tasviri masalan, kattalashgan tasvir hosil qilinadi.
2. Linzaning vaziyatini chizg'ich yordamida o'lchab yozib olinadi.
3. Linzani surib buyumning ikkinchi tasviri, lekin aslida kichik tasviri hosil qilinadi va linzaning vaziyati o'lchanadi.
4. Ekran bilan buyum orasidagi masofani, shuningdek siljishning o'tracha qiymati m ni o'lchab, (6) formuladan linzani fokus masofasini topiladi.

5. Olingan natijalar quyidagi jadvalga yoziladi.

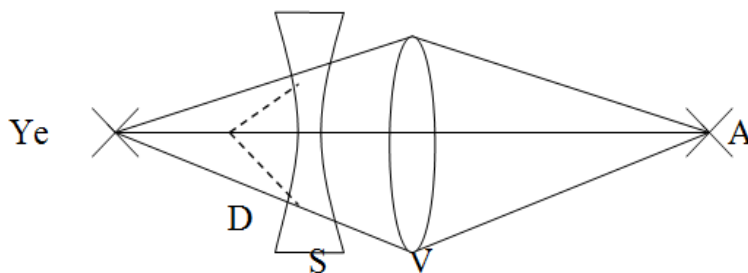


2-rasm.

3-mashq. BOTIQ LINZANING FOKUS MASOFASINI ANIQLASH.

Fokus oralig`ini linza bilan buyum, linza bilan tasvir orasidagi masofalarga qarab aniqlash.

Agar A yorug`lik manбайдan chiqayotgan nurlar yo`nalishiga V Yig`uvchi linza qo`yilsa, nurlar linzadan o`tib, biror D nuqtada to`planadi va yorug`lik manbaining tasvirini hosil qiladi



3-rasm. Sochuvchi linza

Agar V linza bilan D tasvir oralig'iga S sochuvchi linza o'rnatilsa, V linzadan o'tgan nurlar endi D nuqtada to'planmay, balki to'planish joyi uzoqlashadi. D S masofa S sochuvchi linzaning fokus masofasidan kichik qilib tanlab olinganda, bu linza uchun D tasvir buyum vazifasini bajarib, uning tasviri Ye nuqtada ko'zatiladi. Nurning linzalar sistemasida avvalgi yo'li buyicha qaytish prinsipiga asosan, Ye nuqtaga yorug'lik manbai o'rnatilganda uning mavxum tasviri D nuqtada kuzatilgan bo'lar edi. YeS masofani A va SD masofani V bilan belgilanadi va ularni o'lchab, l da f larning ishorasi manfiy ekanligini hisobga olgan xolda sochuvchi linza uchun

$$F = \frac{lf}{l - f} \quad (1)$$

formuladan botiq linzaning fokus masofasi hisoblanadi.

Ishni bajarish tartibi:

1. Optik taglikka A yoritiluvchi buyum V Yig'uvchi linza va D ekran o'rnatiladi.

2. Ekranni o'ng va chap tomonga surish bilan buyumning aniq tasviri hosil bo'lishiga erishiladi va linza bilan ekran oralig'i VD o'lchab olinadi. VD masofaning o'rtacha qiymatini topish uchun, tajriba 3-4 marta takrorlanadi.

3. V Yig'uvchi linza bilan ekran oralig'ida S botiq linza o'rnatiladi va ekran turgan joyidan uzoqlashtiriladi. Ekranni linzadan uzoqlashtirish bilan buyumning tasviri hosil qilinadi.

4. Tasvirni hosil bo'lishida nuqta S linza uchun buyum vazifasini o'taydi. O'lchashlarni 3-4 marta takrorlab, ekrangacha bo'lgan SE masofaning o'rtacha qiymati aniqlanadi. Ekranning bu vaziyati Ye nuqtani berganligidan, YeS=a va DS=v masofalarni o'lchab (1) formula yordamida sochuvchi linzaning fokus masofasi topiladi.

5. Sochuvchi linzaning optik kuchi D formula yordamida hisoblab topiladi.

Sinov savollari

1. Linza deb nimaga aytiladi?
2. Linzaning optik markazi, bosh optik o`qi va bosh fokusi deb nimaga aytiladi?
3. Linzaning optik kuchi deganda nimani tushunasiz? Uning o`lchov birligi qanday?
4. Yig`uvchi va sochuvchi linza deb nimaga aytiladi?
5. Linzalar qanday maqsadlarda ishlatiladi?

Tajriba ishi 11

DISPERS SUYUQLIKLARNING SINDIRISH KO'RSATKICHINI ANIQLASH

Tajriba maqsadlari:

1. Turli suyuqliklarning sindirish ko'rsatkichini solishtirish va hisoblash.
2. Suyuqliklarda yorug'lik dispersiyasini tahlil qilish.

Kerakli asboblari: 1ta g'ovak prizma, 1ta prizma stoli, 1 ta lamp patroni kabeli bilan, 1ta lampalar, 6 V/30 W, E14, 2 ta komplekt, 1 ta diafragma tutgichli kondenser, 1 ta transformator, 6/12 V, 1 ta pruzina qisqichli tutgich, 1 ta yorug'lik filtri, qizil, 1 ta yorug'lik filtri, sarg'ish-yashil, 1 ta yorug'lik filtri, ko'kish-binafsharang, 1 ta ramkali linza, $f=150$ mm, 1 ta optik stul, S1 profil, 1 m, 1 ta qisqichli rider, 3 ta qisqichli rider, 45/35, 1 ta po'lat o'lchash lentasi, 2 m, 1 ta voronka, 1 ta toluol, 250 ml, 1ta skipidar, tozalangan 250 ml, 1 ta etilsinamat, 100ml

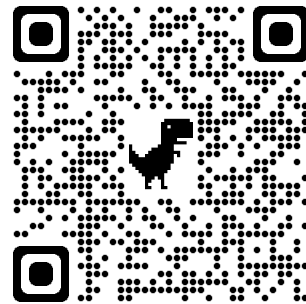
Nazariy ma'lumotlar

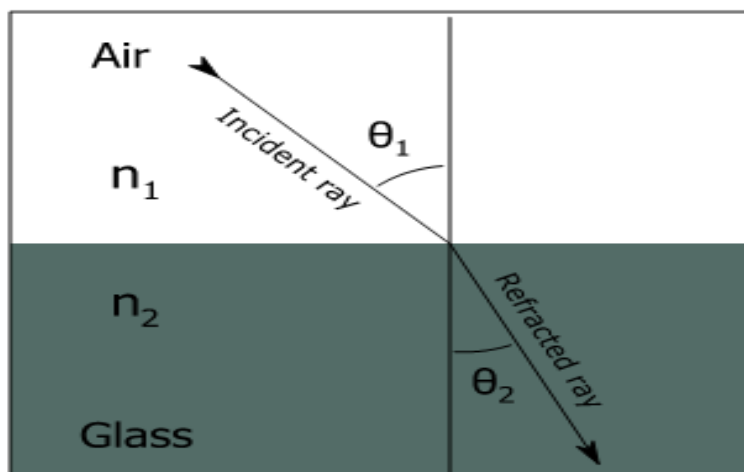
Oq yorug'likning ranglarga ajratilishi birinchilardan bo'lib ser Isak Nyuton tomonidan o'rganilgan. Yorug'lik tuli sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan ikkita material chegarasiga tushganda yorug'lik Snellius qonuni asosida sinadi (1-rasmga qarang):

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \quad (1)$$

bu erda n_1 va n_2 mos holda 1 va 2 materiallar sindirish ko'rsatkichi, va θ_2 va θ_1 burchaklar ikki material chegarasiga o'tkazilgan normalga nisbatan tushish va sinish burchaklari. Havoning sindirish ko'rsatkichi taqriban birga teng, vakuumniki esa aniq birga teng. Shuning uchun nur havodan biror materialga o'tganida Snellius qonuni quyidagicha bo'ladi:

$$n_{mat} \approx \frac{\sin \theta_{air}}{\sin \theta_{mat}} \quad (2)$$





1-rasm. Malyus qonuni bo'yicha sinish.

Sindirish ko'rsatkichi quyidagicha aniqlanadi

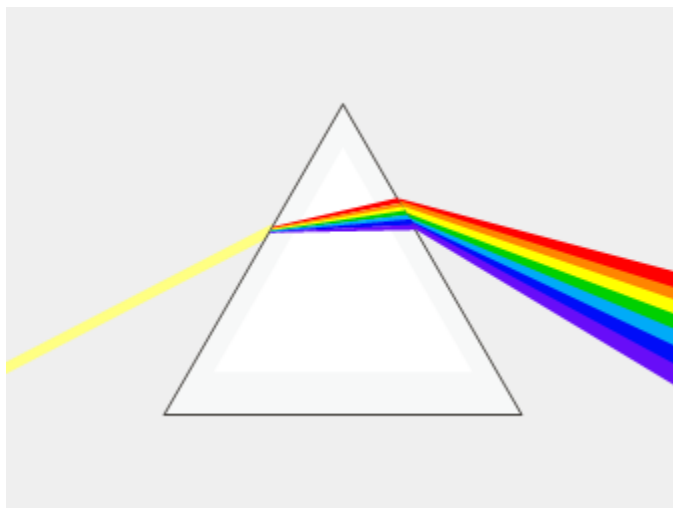
$$n = \varepsilon_r \mu_r = \sqrt{\varepsilon_r \mu_r} \quad (3)$$

bu erda ε_r dielektrik singdiruvchanli va μ_r magnit singdiruvchanlik.

Sindirish ko'rsatkichi n ma'lum darajada ko'rish sohasidan tashqarida yutilish polosalariga bog'liq, n ning chastotaga bog'liqligi Kramer-Kroning bog'liqligi deyiladi. Bu dispersiya hodisasiga olib keladi, n doimiyemas, to'lqin uzunligiga bog'liq ravishda o'zgaradi (2-rasmga qarang).

Ammo, Nyuton taxmin qilganidek dispersiya va sinish o'rtasida chiziqli bog'liqlik yo'q. Ko'p hollarda bu to'g'ri, ammo ba'zi bir hollar borki, unda katta sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan materiallar juda kichik dispersiyaga ega. Bunday materiallar linzalar uchun maqbul bo'lgan bo'lar edi.

Berilgan materialning ko'rish sohasidagi sindirish xossasini tavsiflash uchun material turiga bog'liq ikkida doimiy aniqlanadi. Birinchisi, n_d -sariq (589 nm) ko'rish sohasinin taxminan o'rtasiga to'g'ri keluvchi nur uchun. Ikkinchisi, dispersiya bilan bog'liq bo'lgan doimiy, spektr kengligidagi farq $n_F - n_C$. n_F ko'k Balmer chiziqlari uchun 486 nm va qizil (656 nm) nur uchun n_C .



2-rasm. Prizma orqali dispersiya

Mazkur tajribada 4 xil turlicha suyuqliklar bilan to'ldirilgan uchburchak shaklli g'ovak prizmadan foydalanamiz. Prizmaning har bir burchagi 60° ga teng, shuning uchun agar yorug'lik nuri prizmaning ikkala tomoniga uchunchi tomoniga nisbatan parallel tushsa, nprism sinish burchagi α orqali quyidagi formula bilan topilishi mumkin:

$$n_{prism}(\lambda) \approx 2 \sin\left(30^\circ + \frac{\alpha(\lambda)}{2}\right) \quad (4)$$



3-rasm: Tajriba qurilmasi.

Tajriba qurilmasi 3-rasmda keltirilgan.

- To'rtta qisqichli riderlarni optik stolga o'rnatib, kattasini chap tomonga.

- Lampani qisqichli katta riderga oʻrnating va oʻng tomonga optik stol boʻylab yoʻnaltiring.

- Lampaga diafragma tutgichi bor kondensorni oʻrnating va unga bir tirqishli diafragmani oʻrnating.

Keyin chapdan boshlab oʻngga tutgich, ramali linzani optik stolga oʻrnating

–Gʻobak prizmani prizma stoliga oʻrnating, qopqogʻini yoping va qopqogʻidagi tirqishga trubka joylashtiring.

–Transformatorni taʼminlash manbaiga ulang.

– Suv va spirt aralashtirib suyuqlikni oʻlchash uchun tayyorlang.

- Mavjud yorugʻlik filtrlarini tayyorlang

Tajribaning borishi

– Optik stolni devorga perpendikulyar joylashtiring.

– Lampani transformatorga ulang.

– Devor va prizma oʻrtasidagi masofani oʻlchang va sinmagan nur tushayotgan devordagi nuqtani nol nuqta deb oling.

– Prizmanisuvbilantoʻldiring.

– Nur prizmaning bir tomoniga parallel ravishda tarqalganida nurning sisnishi minimal boʻlishigacha prizmani rostlang.

– Yorugʻlik filtrlarini birma-bir tutgichga oʻrnating va har safar nol nuqta va spektr chizigʻi tushgan nuqta orasidagi masofani har safar oʻlchang.

– Prizmani olib tashlang va uni ikkinchi suyuqlik uchun tayyorlang.

– Suv oʻrniga spirt, skipidar va etilsinnamat solib tajribaning 4-7 bandlarini takrorlang.

– Lampani transformatoridan va transformatorni taʼminlash manбайдan uzing.

– Foydalanilgandan keyin gʻovak linza suyuqlikdan boʻshatilishi va qorongʻu joyda saqlanishi zarur, chunki etilsinnamat uzoq vaqt yoritilsa quyuq holatga oʻtib qoladi. Prizma suyuqlik bilan mutloq qorongʻu joyda saqlansa ham vaqt oʻtishi bilan devorlari dogʻ bilan qoplanishi mumkin va bir necha yildan keyin dogʻ devorda qotib qoladi.

Buning oldini olish uchun har safar tajribalardan keyin suyuqlikdan bo'shatilishi va suv bilan yuvilihi zarur. Prizma mutloq quruq bo'lganda etilsinnamat solish yaramaydi.

O'lchash namunasi va baholash

Distances from zero point in <i>cm</i>	Qizili nur	Sariq nur	Ko'k nur
Suv	21,7	21,9	22,2
Spirt	23,9	24,1	24,5
Toluol	37,0	37,6	38,6
Skipidar		34,5	
Sinamik etil spirti	44,5	45,6	48,8

Prizmagacha bo'lgan masofa: 0,5 m

Endi nurlar orasidagi burchakni hisoblang

$$\alpha_{\lambda} = \tan(\lambda) \alpha(\lambda) = \tan \frac{d(\lambda)}{D} \quad (5)$$

Double refraction angle α in $^{\circ}$	Qizili nur	Sariq nur	Ko'k nur
Suv	23,44	23,62	23,90
Spirt	25,61	25,69	26,08
Toluol	36,49	36,92	37,70
Skipidar	34,18	34,61	35,39
Sinamik etil spirti	41,70	42,34	44,28

nur qo'sh sinish natijasida α burchakka buriladi:

Keyin n farqini (3) formula asosida hisoblang:

Natija

Keltirilgan suyuqliklar orasida suvning sindirish ko'rsatkichi eng kichik bo'lsa, sinamikeltilspirtisindirishko'rsatkichiengkatta. Nazariyada keltirilgani kabi materiallar dispersiyasi nurning sinishiga to'g'ridan to'g'ri bog'liq emas, ammo ma'lum bir korrelatsiya mavjud.

Sinov savollari

1. Yorug'lik dispersiyasi deb nimaga aytiladi?
2. Dispersiya va sinish o'rtasidagi bog'liqlikni tushuntiring?
3. Yorug'lik dispersiya turlarini sanang?
4. Nima uchun oq yorug'lik 7 xil rangga ajraydi?

Tajriba ishi 12

DIFRAKSION PANJARA YORDAMIDA YORUG'LIKNING TO'LQIN UZUNLIGINI ANIQLASH



Ishning maqsadi: Geometrik optikaning qo'llanish chegarasini aniqlash; yorug'lik manbalarining o'lchamlarini aniqlash va difraksion panjara yordamida yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlash.

Kerakli asboblari: yorug'lik manbai, difraksion panjara, chizg'ich

Nazariy qism.

Yorug'lik nurining kichik tirqishlardan o'tishi natijasida og'ishiga yoki to'siqni aylanib o'tishiga **difraksiya hodisasi** deyiladi.

Oddiy sharoitlarda yorug'lik to'lqinlarining difraksiya hodisasi kuzatilmaydi. Yorug'lik difraksiyasini kuzatish uchun maxsus shart-sharoitlar yaratish zarur. Buning sababi, avvalo yorug'likning to'lqin uzunligi λ to'siqlar (yoki tirqishlar) « a » o'lchamlaridan ko'p marta kichik bo'lishidir. Shuning uchun difraksiyani, ya'ni yoritilganlikning oddiy tasvirdan farqlanishini kuzatish (geometrik optika asosida)

to'siqqa nisbatan katta l masofalarda ($l \geq \frac{a_2}{\lambda}$) mumkin bo'ladi. Misol uchun

o'zgaruvchan tirqishning kengligidan to'lqin fronti yassi bo'lgan yorug'likning (lazer nuri dastasining) o'tishida quyidagi tasvirni kuzatish mumkin (13.1-rasm).

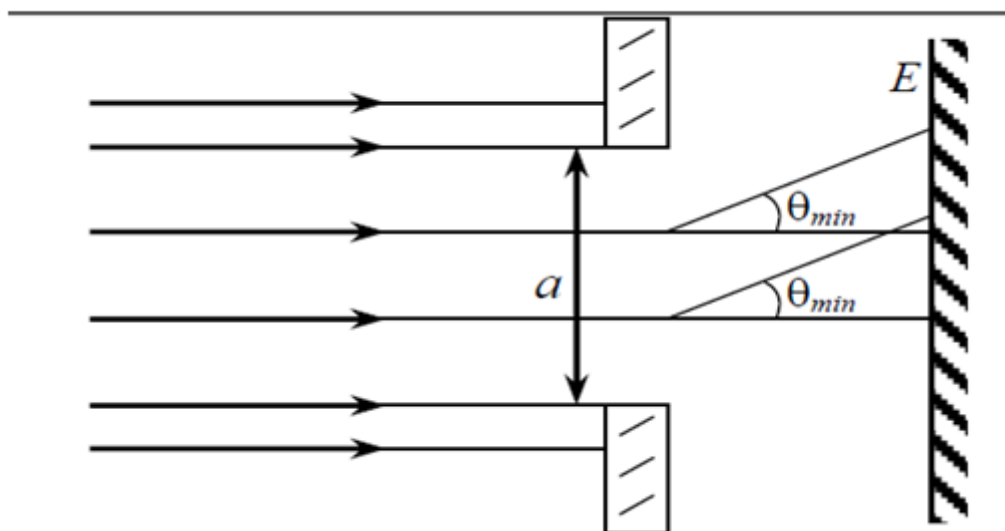
Tirqish kengligi a nisbatan katta bo'lganda ($l \gg \frac{a_2}{\lambda}$) tirqish kengligini kamayishi

tasvir o'lchamining kamayishiga olib keladi. Tirqish kengligi a to'lqin o'lchamiga tenglashgani sari ($l \geq \frac{a_2}{\lambda}$) tasvir o'lchami kuzatilayotgan masofada kattalashib boradi

va bir necha tasvirlarga ajralib ketishi mumkin.

Difraksiya hodisalarini Gyuygens- Frenel prinsipi asosida tushuntirish mumkin. Bu prinsipga asosan **to'lqin sirtining har bir nuqtasini ikkilamchi sferik to'lqinlar manbalari sifatida qarash mumkin**. Shuning uchun ekranning biror nuqtasidagi

yorug'lik tebranishlarini, shu nuqtaga keluvchi ikkilamchi to'lqinlarning amplituda va fazalarini e'tiborga olib, ularning qo'shilishidan iborat deb qarash mumkin.



1-rasm. Cheklangan nur dastasining burchakli yoyilishi

Yassi to'lqinning tirqishdan o'tishidagi to'lqin frontining cheklanishi nurlarning og'ishiga olib keladi: ko'ndalang kesimi chegaralangan yorug'lik oqimi tarqalgan sari kengayib boradi. Ikkilamchi to'lqinlarning interferensiya natijasida so'nishi ro'y beradigan eng kichik θ_{min} difraksiya burchagi, to'lqin sirtining tirqish a kengligining yarmiga teng masofada turuvchi nuqtalaridan keluvchi nurlarning Δ yo'l farqi kamida $\frac{\lambda}{2}$ ga teng bo'lish shartidan aniqlanadi:

$$\Delta = \frac{a}{2} \sin \theta_{min} \approx \frac{a}{2} \theta_{min} = \frac{\lambda}{2} \quad \text{ya'ni} \quad \theta_{min} \cong \frac{\lambda}{a} \quad (1)$$

To'lqinlarning to'la so'nishi ushbu

$$\theta_n = \frac{n\lambda}{a}, \quad (n = 1, 2, 3 \dots) \quad (2)$$

shartni qanoatlantiruvchi yo'nalishlarda ro'y beradi.

Tirqish kengligi qanchalik kichik bo'lsa nur dastasi shunchalik katta burchakka yoyiladi. Difraksion kengayishning nur dastasini boshlang'ich a kengligiga teng

bo‘lishini ta’minlovchi tirqishdan ekrangacha bo‘lgan l masofa, $l\theta_{\min} \approx a$ shartdan aniqlanadi. Yuqorida aytilganidek $\theta_{\min} = \frac{\lambda}{2}$ bo‘lsa, u holda

$$l \approx \frac{a^2}{\lambda} \quad (3)$$

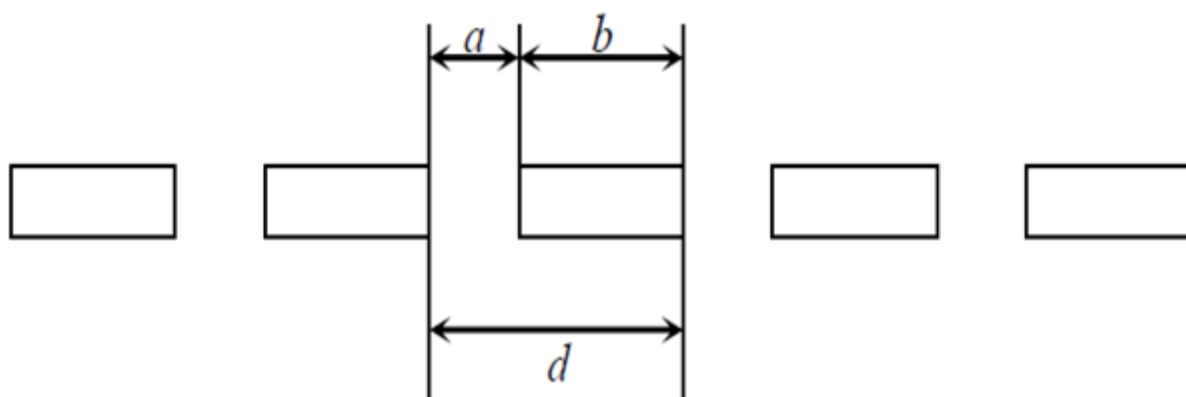
Difraksion panjara

Yorug‘likning difraksiya hodisasini difraksiya hosil qiluvchi panjara yordamida ham kuzatish mumkin. Difraksiya hosil qiluvchi panjara deganimizda shaffof shisha plastinkaga davriy ravishda parallel qilib, nurni o‘tkazmaydigan qora chiziqlar tushirilgan, oralari esa nurni o‘tkazuvchi optik moslamaga aytiladi. Demak qora chiziqlar orasini tirqish deb qarash mumkin (tirqishlar soni 1 mm da 1700 ta gacha bo‘lishi mumkin). Difraksiya hosil qiluvchi panjaraning d davri deganda, qora chiziqlar eni b bilan tirqishlar eni a yig‘indisiga aytiladi. (13.4-rasm).

Demak,

$$d = a + b \quad (4)$$

Difraksiya hosil qiluvchi (difraksion) panjaraning sirtiga parallel nurlar dastasi (yassi to‘lqinlar) tushayotgan bo‘lsin. Gyuygens-Frenel prinsipiga asosan difraksion



2-rasm. Difraksion panjara tuzilishi

panjaradagi tirqishning har bir nuqtasini turli yo‘nalishlarda nurlar tarqatish markazi deb qarash mumkin.

Tirqishlardan chiqayotgan nurlar o‘zaro interferensiyalashadi va bir xil yo‘nalishlarda bir-birini kuchaytiradi, boshqa yo‘nalishlarda susaytirishi, mumkin.

Difraksiyalashgan nurlarning interferensiyasi natijasida linzaning fokal tekisligida joylashgan ekranda tiniq maksimum va minimumli intensivlik taqsimotiga ega bo‘lgan difraksion manzara hosil bo‘ladi. (3-rasm).

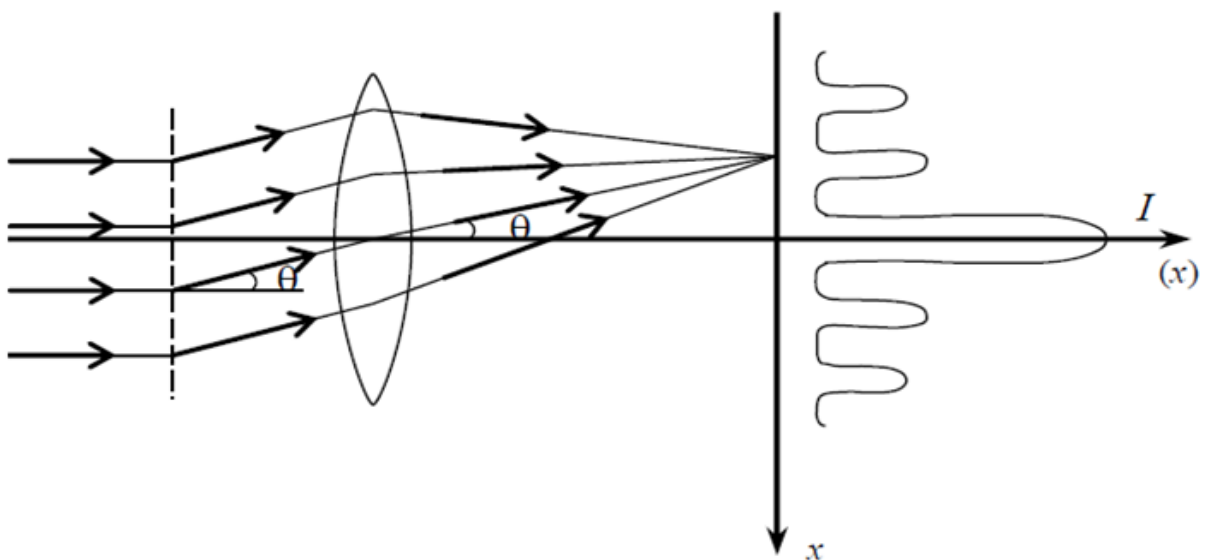
Manzaradagi bosh maksimumlarga bo‘lgan θ_n yo‘nalishlar (ularning fokal tekislikdagi holati) qo‘shni tirqishlardan chiqqan ikkilamchi to‘lqinlarning o‘zaro kuchayishidan aniqlanadi (yo‘l farqi butun songa karrali to‘lqin uzunligiga teng):

$$d \sin \theta_n = \pm k \lambda$$

bu yerda k – har qanday butun ($0, \pm 1, \pm 2, \dots$) son. Bu son markaziy maksimumdan boshlab, qolgan maksimumlar tartibini (nomerini) bildiradi.

Bosh maksimum uchun $k = 0$, $\sin \theta = 0$ bo‘ladi va uning yorqinligi katta bo‘ladi. Undan chapda va o‘ngda 1-chi, 2-chi va hokazo tartibli yoritilganlik maksimumlari bo‘ladi. Agar difraksiyalanayotgan nur monoxromatik bo‘lsa, maksimumlar oralig‘i ingichka qorong‘i yo‘lkalar bilan ajralgan bo‘ladi.

Nolinchi va n tartibli maksimumlar orasidagi x_n -masofa quyidagi ifoda bilan aniqlanadi.



3-rasm. Difraksion panjarada tasvirning xosil bo‘lishi.

Difraksiyaning kichik burchaklarida $\text{tg} \theta_n \approx \sin \theta_n$ deb qarashimiz mumkin. Shuning uchun (3) va (4) formulalardan quyidagi munosabatni olish mumkin:

$$\frac{dxk}{F} = k\lambda \quad (5)$$

Bu ifodadan ko‘rinib turibdiki, bizga λ – to‘lqin uzunligi, F – linzaning fokus masofasi ma‘lum bo‘lsa, xk – kattalikni o‘lchash natijasida panjaraning d – doimiysini aniqlash mumkin.

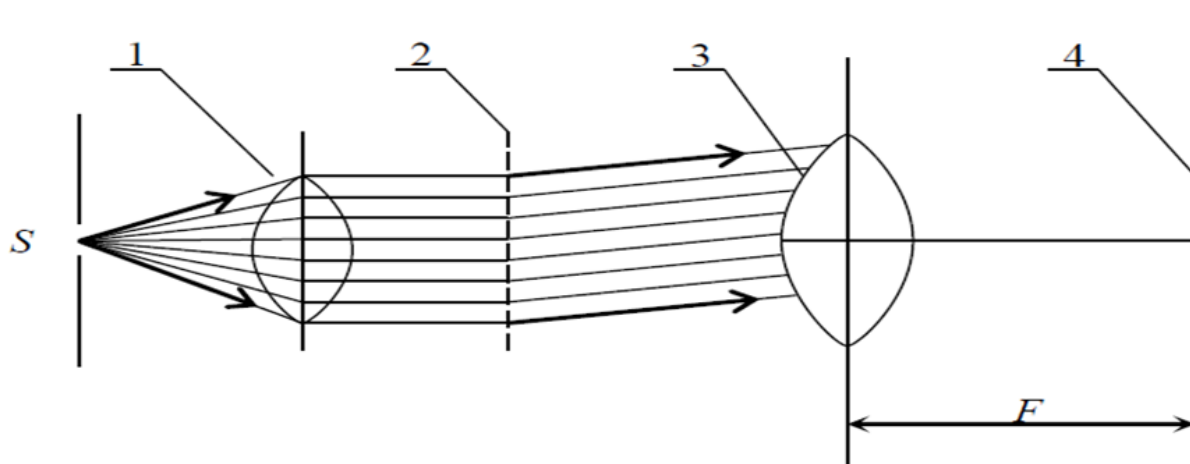
$$d = a + b = \frac{Fk\lambda}{xk} \quad (6)$$

Ishni bajarish tartibi

1. Qurilmani 4-rasmga ko‘rsatilgandek yig‘ing. Ekranni linzaning fokal tekisligida joylashtiriladi.
2. Difraksion panjara tirqishdan 50-70 sm uzoqlikda optik taglikka o‘rnatiladi.
3. Yorug‘lik manbai tok manbaiga ulanadi va difraksion panjara orqali difraksion manzara kuzatiladi.
4. Tirqishdan difraksion panjaragacha bo‘lgan Z masofa o‘lchanadi.
5. Tirqishning chap va o‘ng tomonida joylashgan birinchi va ikkinchi tartibli qizil, yashil va binafsha nurlarning maksimumlarigacha bo‘lgan l_1 va l_2 masofalar o‘lchanadi va ular uchun o‘rtacha masofa $l_{o'r} = \frac{(l_1 + l_2)}{2}$ hisoblanadi.
6. $tg\varphi = \frac{l_{o'r}}{Z}$ nisbat topiladi. Kichik burchaklar uchun $tg\varphi = \sin\varphi = \frac{l_{o'r}}{Z}$ bo‘lganligi uchun (6) formula quyidagi ko‘rinishga keladi: $\frac{d \cdot l_{o'r}}{Z} = \pm k\lambda$. Bu formuladan to‘lqin uzunligini topsak

$$\lambda = \frac{dl_{o'r}}{kZ}$$

bo‘ladi. Bu formula bo‘yicha to‘lqin uzunliklarini hisoblaymiz.



4-rasm. Tajriba qurilmasi. 1. Yorug'lik manbai, 2. Difraksion panjara, 3. Linza, 4. Ekran.

7. O'lchash va hisoblash natijalarini quyidagi jadvalga yozamiz

Rang	d, m	k	Z,m	l ₁ , m	l ₂ , m	l _{o,r} ,m	λ,μm	<λ>	Δλ	<Δλ>	ε
Binafsha		1									
		2									
Yashil		1									
		2									
Qizil		1									
		2									

8. Tajribadagi o'lchashlarning hatoliklarini aniqlanadi.

Sinov savollari

1. Difraksiya hodisasini tushuntiring va difraksiya kuzatish shartini yozing.
2. Gyuygens va Gyuygens-Frenel prinsiplarini tushuntiring.
3. Bir tirqish orqali difraksion manzarani chizing va difraksion maksimum va minimumlarning hosil bo'lishini tushuntiring.
4. Difraksion panjara uchun maksimum va minimum shartlarini yozing.

Tajriba ishi 13
DIODLARDAN FOYDALANIB O'ZGARUVCHAN
KUCHLANISHNI O'ZGARMAS KUCHLANISHGA
AYLANTIRISH



Tajriba ob'ektlari

- O'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmas kuchlanishga aylantirishda yarim davrli va to'liq davrli to'g'rilagichlar funksiyalarini o'rganish;
- Diodlar bilan elektr tarkibiy qismi sifatida tanishib chiqish.

Kerakli asboblari: 1ta Olib qo'yiladigan plata DIN A4, STE, 4ta Diod 1N 4007, STE 2/19, 1ta Patron E10, yuqorigi, STE 2/19, 1ta Lampochka 12 V/3 W, E10, 10 tadan to'plamli, 1ta Sidirg'a tiqinlar STE 2/19, 10 tadan to'plamli, 1 ta O'zgarmas/o'zgaruvchan tok manbai 0...12 V/ 3 A, 1ta Ikki kanalli ossillograf 400, 1ta Ekranlashgan kabel BNC/4 mm shtepsel, 1ta Multimetr LDanalog 20, Biriktiruvchi sim 19 A, 50 sm, qizil/havo rang, bir juft.

Nazariy ma'lumot

Yarimo'tkazgich diod deb bir (yoki bir necha) elektr o'tishlarga ega ikki elektrodli elektron asbobga aytiladi. Diodlar radioelektron qurilmalarda ishlatilishi va bajaradigan vazifasiga muvofiq tasniflanadilar.

Barcha yarimo'tkazgich diodlarni ikki guruhga ajratish mumkin: to'g'rilovchi va maxsus vazifalarni bajaruvchi. To'g'rilovchi diodlar o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka o'zgartirish uchun qo'llanadi. To'g'rilanuvchi tok shakli va chastotasiga bog'liq holda ular past chastotali, yuqori chastotali va impuls diodlarga ajratiladi. Maxsus vazifalarni bajaruvchi diodlarda p-n o'tishlarning turli elektrofizik xususiyatlaridan, masalan, teshilish hodisalaridan, fotoelektrik hodisalardan, manfiy qarshilikka ega sohalari mavjudligidan va boshqalardan foydalaniladi. Maxsus vazifalarni bajaruvchi diodlar, xususan, o'zgarmas kuchlanishni barqarorlash, optik nurlanishni qayd etish, elektr sxemalarda signallarni shakllantirish va boshqa vazifalarni amalga oshirish uchun qo'llaniladi.

To'g'rilovchi diodlar

To'g'rilovchi diodlar o'zgaruvchan kuchlanishli elektr manbalarni o'zgarmasga o'zgartirish uchun ishlatiladi. To'g'rilovchi diodlarning asosiy xususiyati bir tomonlama o'tkazuvchanlikni namoyon qilishdan iborat. Diodga to'g'ri kuchlanish berilganda undan katta tok o'tadi, teskari kuchlanish berilganda esa, tok deyarli oqmaydi.

Past chastotalarda ishlovchi diodlar (past chastotali diodlar). Past chastotali to'g'rilovchi diodlarning asosiy vazifasi sanoat chastotali (50 Gts) o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka o'zgartirishdan iborat. Bunda diod to'g'rilangan tokning yuqori qiymatini tahminlashi zarur. To'g'rilovchi diodlar odatda kichik, o'rta va katta quvvatli diodlarga ajratiladi va mos ravishda 0,3 A gacha, 0,3 A dan 10 A gacha hamda 10 A dan katta toklarda ishlashga mo'ljallanadi. Past chastotali diodlarning p-n o'tish yuzasi boshqa diodlarnikiga nisbatan kattaroq bo'ladi.

To'g'rilovchi diodlar kremniy, germaniy, arsenid galliy asosida tayyorlanadi. Ularni tuzilishiga va tayyorlanish texnologiyasiga ko'ra tasniflash mumkin. Tuzilishiga ko'ra yarimo'tkazgich to'g'rilovchi diodlar yassi va nuqtaviy diodlarga, tayyorlanish texnologiyasiga ko'ra esa, eritib tayyorlangan, diffuziya va epitaksiya usuli bilan tayyorlangan diodlarga ajratiladi.

Yassi to'g'rilovchi diodlarda p-n o'tish yuzasi katta bo'ladi va ular katta qiymatli toklarni (30 A gacha) to'g'rilashda ishlatiladi. Nuqtaviy diodlarning p-n o'tish yuzasi kichik bo'lgani sababli, ular kichik toklarni (30 mA gacha) to'g'rilash uchun ishlatiladi.

Odatda yarimo'tkazgich to'g'rilovchi diod 1 kV gacha teskari kuchlanishlarda ishlaydi. Diod ishlaydigan kuchlanish qiymatini oshirish zarurati tug'ilganda bir nechta ketma – ket ulangan to'g'rilovchi diodlardan tashkil topgan to'g'rilovchi ustun deb ataluvchi yarimo'tkazgich asbobdan foydalaniladi. Bunday yarimo'tkazgich asbobda teskari kuchlanish qiymati 15 kV gacha yetishi mumkin.

Katta toklarni to'g'rilashga mo'ljallangan to'g'rilovchi diodlar katta quvvatli diodlar deb ataladi va 30 A gacha bo'lgan toklarni to'g'rilash imkonini beradi. Odatda bunday diodlar kremniy va arsenid galliy asosida yaratiladi. Germaniyli diodlarning teskari toklari qiymati temperatura o'zgarishi bilan tez ortgani sababli, germaniy asosida katta quvvatli diodlar yaratilmaydi.

Eritib tayyorlangan diodlar asosan kremniydan tayyorlanib, chastotasi 5 kGts gacha bo'lgan toklarni to'g'rilash uchun ishlatiladi. Kremniyli, diffuziya usuli bilan tayyorlangan diodlar yuqori chastotalarda (100 kGts gacha) ishlatilishi mumkin. Epitaksiya usuli bilan tayyorlangan kremniyli (SHottki bar'eri asosida ishlaydigan) diodlar 500 kGtsgacha bo'lgan chastotalarda qo'llanilishi mumkin. Arsenid galliy asosida tayyorlangan to'g'rilovchi diodlarning chastota xarakteristikalari eng yaxshi bo'lib, ular bir necha megagertslargacha ishlay oladi. Yarimo'tkazgich diodlarning VAXi tahlilidan uning asosiy parametrlarini aniqlash mumkin. Bunda p-n o'tish orqali o'tayotgan tokning dioddagi kuchlanishga bog'liqligi Ebers – Moll tenglamasi bilan aniqlanishini ehtiborga olish kerak:

$$I = I_0 \left(\exp\left(\frac{U}{A\varphi_T}\right) - 1 \right) \quad (1)$$

bu yerda I_0 - diodning to'yinish toki, $\varphi_T = \frac{q}{kT}$ - issiqlik potentsiali, A – p-n o'tishdan o'tayotgan tok mexanizmini aniqlashtiruvchi parametr bo'lib, u VAX idealligi parametri deb ham yuritiladi. $A=1$ bo'lganda tok o'tishining injeksiya, $A=2$ bo'lganda rekombinatsiya mexanizmlari ishlaydi.

Yarimo'tkazgich materiallar uchun $T=300$ K da issiqlik potentsiali qiymati $\varphi_T = 26$ mV ni tashkil etgani sababli, p-n o'tishdagi kuchlanish qiymati $U = 0,1$ V ni tashkil etganda ($U > T\varphi$), (1.1) formulaning soddalashgan ko'rinishidan

$$I = I_0 \exp\left(\frac{U}{A\varphi_T}\right) \quad (2)$$

foydalanish mumkin. Diod xususiyatlarini belgilovchi muhim parametr bo'lib p-n o'tishning differentsial qarshiligi hisoblanadi. U dioddagi kuchlanish o'zgarishlarini dioddan o'tayotgan tok o'zgarishlariga nisbati bilan aniqlanadi:

$$r_{dif} = \frac{dU}{dI} \quad (3)$$

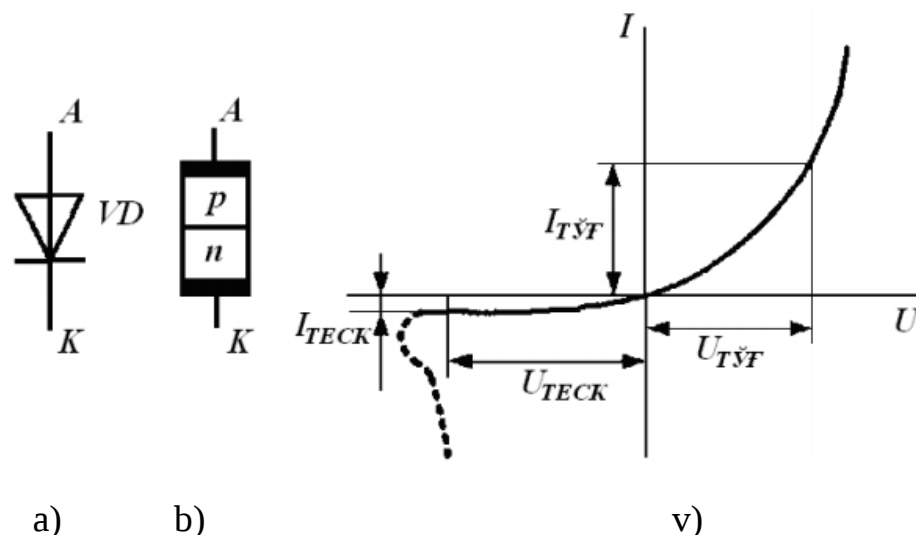
(2) va (3)lardan foydalanib differentsial qarshilikni hisoblash mumkin:

$$\frac{1}{r_{dif}} = \frac{dU}{dI} = \frac{1}{A\varphi_r} (I + I_0) \text{ yoki } r_{dif} = \frac{A\varphi_r}{I + I_0} \quad (4)$$

p-n o'tish orqali katta tok o'tganda (ushbu tokning qiymati, diod turiga bog'liq holda milliamperlardan bir necha o'n milliamperlargacha bo'lishi mumkin) yarimo'tkazgich hajmiy qarshiligi R hisobiga kuchlanish pasayishi sodir bo'ladi. SHu sababli Ebers - Moll tenglamasi quyidagicha yozilishi kerak:

$$I = I_0 \exp\left(\frac{U - IR}{A\varphi_r}\right) \quad (5)$$

bu yerda R – yarimo'tkazgich hajmiy qarshiligi, u ketma – ket qarshilik deb ham ataladi. Yarimo'tkazgich diodlarning elektr sxemalarda shartli belgilanishi 1-a – rasmda, uning tuzilmasi ko'rinishi 1-b – rasmda keltirilgan. Rasmlarda diodning chiqishlari A va K ko'rsatilgan bo'lib, ular diodning elektrodleri deb ataladi. Diodning p – tomoniga ulangan elektrod anod deb, n – tomoniga ulangani esa – katod deb ataladi. Diodning statik VAXi 1-v – rasmda keltirilgan. Yarimo'tkazgich diodning to'g'ri va teskari yo'nalishlaridagi qarshiliklari bir – biridan keskin farq qiladi: to'g'ri yo'nalishda siljirilgan diodning qarshiligi qiymati kichik, teskari siljirilgan diodniki esa – katta bo'ladi. Shu sababdan diod bir tomonga elektr tokini yaxshi o'tkazadi, ikkinchi tomonga esa – yomon o'tkazadi.



1 – rasm. Yarimo’tkazgich diodning shartli belgilanishi (a), tuzilmasi ko’rinishi (b) va statik VAX (v).

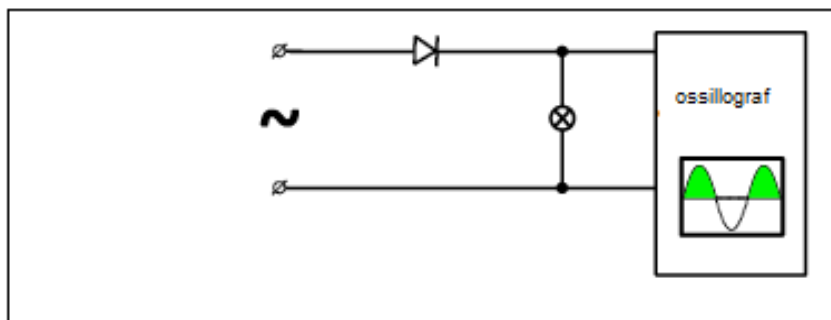
Asosiy tartib-qoidalar

Kundalik hayotda elektr tokining ikki turidan foydalaniladi. O’zgarmas tok ko’plab qurilmalarning ichki elektr sxemalarida ishlatiladi. O’zgaruvchan tok kundalik turmushda va butun dunyo bo’yicha elektr tarmog’i yirik qismlariga elektr energiya uzatish uchun qo’llaniladi.

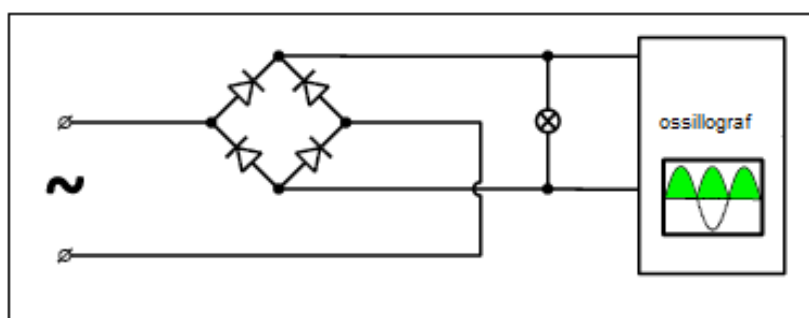
Diodlar o’zgaruvchan tokni o’zgarmas tokka aylantirish uchun ishlatiladi. Ushbu elektr tarkibiy qismi, odatda, turli legirlangan yarim o’tkazgichlarning kavsharlab ulanishidan tarkib topadi. Diod kuchlanishning bir yo’nalishida o’tkazgichga aylanadi, ayni paytda boshqa yo’nalishda u izolyator vazifasini bajaradi. Yarim o’tkazgichning voltamperli tavsifi 3-rasmda ko’rsatilgan.

Ushbu xossadan to’g’rilagichlarda foydalaniladi. Oddiy yarim davrli to’g’rilagich (1-rasmga qarang) o’zgaruvchan kuchlanishning faqat pastki yarim davrini blokirovka qiladigan bitta dioddan iborat. Shunday qilib, tokka nisbatan kuchlanish o’rtacha vaqti endi nolni tashkil qilmaydi, balki noldan yuqori yakuniy miqdorni tashkil qiladi va endilikda o’zgarmas tok/kuchlanish tarkibiy qismiga ega bo’ladi.

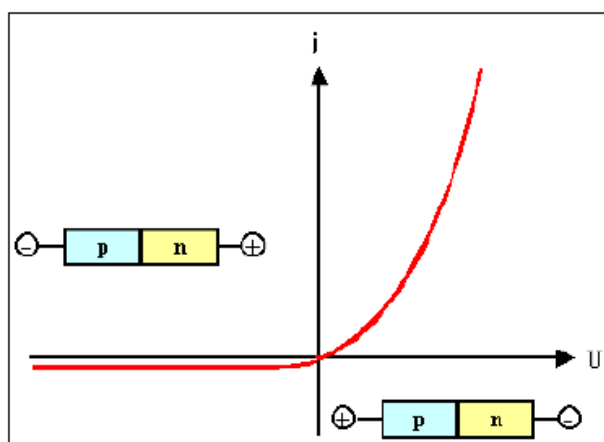
Yanada murakkab to'liq davrli to'g'rilagich 2-rasmda ko'rsatilgan. U 4 ta diod birlashishidan iborat bo'lib, pastki yarim davrni so'ndirmaydi, balki uni yuqorigi yarim davrga aylantiradi. Shunday qilib, ushbu sxema mahsuli o'zgarmas tok/kuchlanishdan iborat, biroq o'rtacha vaqt mobaynida yarim davrli to'g'rilagich mahsuliga nisbatan ikki baravar ko'proqdir. Bunga muvofiq, ichiga o'rnatilgan zanjirdagi lampochka boshqa sxemadagi kabi yorqinroq yoritiladi.



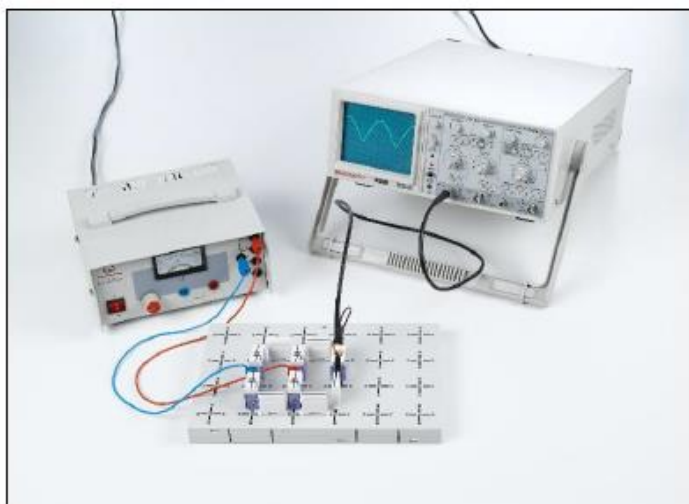
1-rasm. Yarim davrli to'g'rilagich



2-rasm. To'liq davrli to'g'rilagich



3-rasm. Yarim o'tkazgichli diodning voltamperli tavsifi. Tok “j” sifatida belgilangan.



4-rasm. Tajribaga tayyorgarlik

Tayyorgarlik

Tayyorgarlik 4-rasm, 6-rasm va 7-rasmda ko'rsatilgan.

- Qizil/havo rang biriktiruvchi simni, taalluqli ravishda, ta'minot bloking 12V/0V o'zgaruvchan tok portiga ulang;
- Ekranlangan simni bitta ossillograf kanaliga ulang;
- Burilma almashlab ulagichni (SEC/DIV) 10 ms.ga buring;
- Ossillografning GORIZONTAL bo'lmasidagi barcha tugmachalarni (YOYISH REJIMI bo'lmasidagi AUTO/AVTO tugmachasidan tashqari) va ISHGA TUSHIRISH SIGNALI MANBAI bo'lmasidagi CH1 tugmachalarini uzib qo'ying;
- VERTIKAL zonada, REJIM bo'lmasidagi CH1 tugmachalaridan tashqari, barcha tugmachalar uzib qo'yilishi kerak;
- Chap burilma almashlab ulagichni (VOLTS/DIV) 5 voltga buring;
- Ushbu sozlashlarni 5-rasmda ham ko'rish mumkin;
- Olib qo'yiladigan platani, sidirg'a tiqinni, lampochkali va diodlarga ega patronni tayyorlab qo'ying.

Xavfsizlik bo'yicha maslahat: chiqish kuchlanishini qisqa tutashtirmang. Bu ushbu tarkibiy qismlarning to'liq buzilishiga olib kelishi mumkin. Bunga yo'l qo'ymaslik maqsadida, tayyorgarligingiz, taalluqli ravishda, 6-rasm va 7-rasm bilan solishtirilgandan so'ng oddiygina ta'minotni ulang.

Ossillograf kanallari yerga ulanish qurilmalari bir-biriga ulangandan so'ng har ikki kanalidan foydalanishga urinmang, bu ayrim diodlarning buzilish xavfini yuzaga keltiradi

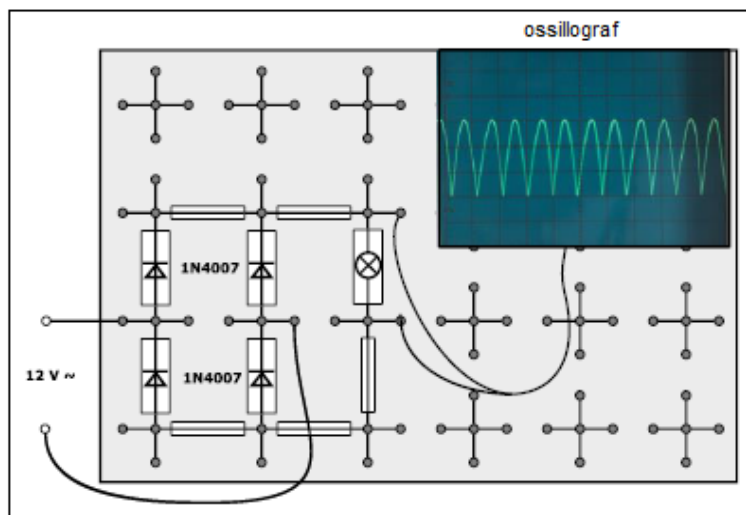


5-rasm. Ossillografni sozlash

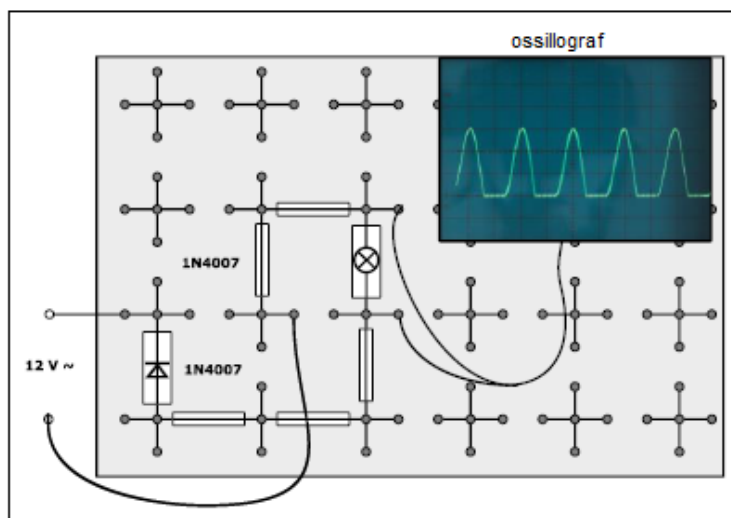
Tajriba o'tkazilishi

- Tajribaning dastlabki bosqichida 6-rasmga muvofiq elektron tarkibiy qismlarni ulang;
- Ossillograf va ta'minot blokini rozetkaga ulang;
- Ularni ishga tushiring va ossillograf signalini stabillashga urinib ko'ring. Buni yuqorida qayd etilgan katta burilma almashlab ulagich (SEC/DIV)ning yuqori qismidagi kichik burilma almashlab ulagich yordamida amalga oshirish mumkin;
- Ossillograf signali 6-rasmda ko'rsatilgandek bo'lishi kerak;
- Multimetr yordamida biriktiruvchi simlarning boshqa juftligidan foydalanib va ularni parallel tarzda ossillografga ulash orqali o'rtacha vaqtdagi kuchlanishni o'lchang. 10 V.gacha o'zgarmas kuchlanishni o'lchash diapazonidan foydalaning;
- Ossillograf va ta'minot blokini uzib qo'ying;
- Endi olib qo'yiladigan platadagi tarkibiy qismlarni 7-rasmda ko'rsatilgandek joylashtiring;
- Ossillograf va ta'minot blokini qayta ulang;
- Kichik burilma almashlab ulagich yordamida ossillograf signalini stabillashtiring;
- Ossillograf signali 7-rasmda ko'rsatilgandek ko'rinishga ega bo'lishi kerak;

- Vaqt bo'yicha o'rtacha kuchlanishni qayta o'lchang. 10 V.gacha o'zgaras kuchlanishni o'lchash diapazonidan foydalaning;
- Ossillograf va ta'minot blokini uzib qo'ying va barcha tarkibiy qismlarni ajrating.



6-rasm. Yarim davrli to'g'rilagichli olib qo'yiladigan pl



7-rasm. To'liq davrli to'g'rilagichli olib qo'yiladigan plata.

O'lchovlar o'tkazishga misol

To'g'rilagich	Kuchlanish (multimetr)	Maksimal kuchlanish (ossillograf)
Yarim davrli	5.1 V	15.0 V
To'liq davrli	9.7 V	15.0 V

Baholash

Multimetr o'zgarmas tok diapazonida faqat o'rtacha kuchlanish vaqtini o'lchaydi. Shunday qilib, ossillograf funksiyasi natijalarini solishtirish uchun ossillograf davri bo'yicha integrallash va samarali o'rtacha vaqtni hisoblab chiqish uchun mazkur davr uzunligini bo'lish kerak. Uni samarali bilan yanglishtirmaslik kerak. Yarim davrni quyidagicha tavsiflash mumkin:

$$f(t) = \begin{cases} U \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right), & \text{bunda } 0 < t < \frac{T}{2} \\ 0, & \text{bunda } \frac{T}{2} < t < T \end{cases}$$

bunda T – davr, U – ossillograf natijasi hisoblangan maksimal kuchlanish. Buni bilgan holda, integralni hisoblab chiqish mumkin:

$$\frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt = \frac{1}{T} \cdot 2U \cdot \frac{T}{2\pi} = \frac{1}{\pi} \cdot U$$

To'liq davr uchun funksiya quyidagicha bo'ladi:

$$g(t) = U \left| \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \right|$$

va taalluqli ravishda, o'rtacha miqdori

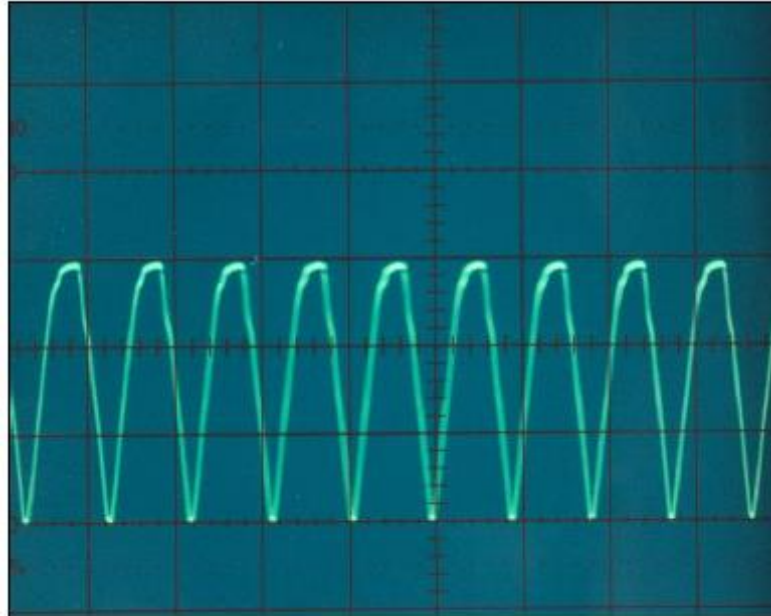
$$\frac{1}{T} \int_0^T g(t) dt = \frac{1}{T} \cdot 2U \cdot 2 \cdot \frac{T}{2\pi} = \frac{2}{\pi} \cdot U$$

Hisoblab chiqilgan miqdorlar qayta solishtiriladi

To'g'rilagich	Kuchlanish (multimetr)	O'rtacha kuchlanish vaqti
Yarim davrli	5.1 V	4.77 V
To'liq davrli	9.7 V	9.54 V

Natija

Diodlardan o'zgaruvchan tokdan o'zgarmas tok manbaini yaratish uchun foydalanish mumkin. To'liq davrli to'g'rilagich yarim davrli to'g'rilagichga nisbatan samaraliroq bo'lib chiqdi.



8-rasm. Elektr ta'minot tarmog'i oqibatida shovqinli ossillograf signali.

Izoh

Agar ossillograf yuqori ish unumdorligi talab qilinadigan uskunalarni ta'minlayotgan elektr ta'minot tarmog'iga ulangan bo'lsa, ularning ta'minot tarmog'i kuchlanishiga ta'sirini ossillograf signalida ko'rish mumkin. Shunday qilib, agar signal 8-rasmda ko'rsatilgandek ko'rinishga ega bo'lsa, bu ushbu ta'sir tufayli yuzaga keltirilgan bo'lishi mumkin.

Sinov savollari

1. Yarimo'tkazli diod deb nimaga aytiladi?
2. Diodning qanday turlarini bilasiz?
3. Diodlarning vazifasi nimadan iborat?
4. Diodning volt-amper xarakteristikasini tushuntiring.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. S.G.Kalashnikov, Elektr, Toshkent, O'qituvchi nashriyoti, 1979. 615 bet.
2. Q.Umarov, M.Qosimova. Optika.O'quv qo'llanma, Namangan, 2020.
3. Sultanov N. Fizika kursi. Darslik, T: Fan va Texnologiya, 2007 .
4. Abduraxmonov K.P., Egamov O'. Fizika kursi. Darslik –Toshkent, 2010.
5. Trofimova T.I. Kurs fiziki.Uchebnik. -M.: «Akademiya», 2007.
6. Detlaf A.A., YAvorskiy B.M., Kurs fiziki.Uchebnik -M.: “Akademiya”, 2007.
7. Qodirov O., Boydedayev A. Fizika kursi. Qism-3: Kvant fizikasi – T: O'zbekiston, 2005.
8. Ismoilov M.,Xabibullaev P.K.,Xaliulin M. Fizika kursi. Darslik, T: O'zbekiston, 2000.
9. Gaibov A.G.,Ximmatqulov O. Fizika. O'quv qo'llanma-T. Nashr,2018
10. Axmadjonov O. Fizika kursi. Darslik, 1-3 q.-T., “O'qituvchi”, 1999
11. Maysova V.V. Praktikum po kursu obshchey fiziki.Uchebnik -M.: Nauka, 1995
12. Chertov A., Vorob'ev A. Fizikadan masalalar to'plami. Darslik -T.: O'zbekiston, 1997.
12. Yusupov D.B., Komolxo'jaev Sh.M., Gaibov A.G., Uzoqov A.A. Fizika fanidan laboratoriya ishlari uchun uslubiy ko'rsatma .- T: ToshDTU, 2015
13. O. Kamolxo'jaev SH.M., Gaibov A.G., Eshqulov A. «Elektr va magnetizm» qismidan laboratoriya ishlari to'plami. O'quv qo'llanma -T: ToshDTU,2005
14. Ximmatkulov O., Eshqulov A.A., Vaxobov K.I. Metodicheskie ukazaniya k laboratornim rabotam po dissipline «Fizika» ,chast I - II. - T: TGTU, 2016.
15. Yusupov D.B.,Uzoqov A.A. Metodicheskie ukazaniya k laboratornym rabotam po fizike chast' II, -T: TGTU, 2010.

