

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI
ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

OPTIK MATERIALLAR VA ULARNING TEXNOLOGIYASI

fanidan laboratoriya ishlari uchun uslubiy ko‘rsatmalar

Toshkent – 2018

“Optik materiallar va ularning texnologiyasi” fanidan laboratoriya ishlari uchun uslubiy ko‘rsatmalar. Nasirov T.Z., Sherniyozov A.A., T.: ToshDTU, 2018, 66 b.

Ushbu uslubiy ko‘rsatmalar “Optik materiallar va ularning texnologiyasi” fani bo‘yicha laboratoriya mashg‘ulotlari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, uning maqsadi talabalarning nazariy va amaliy mashg‘ulotlarda olgan bilimlarini yanada mustahkamlash, to‘laroq tushunish va anglash hamda mustaqil ishlash malakalarini hosil qilish, talabalarning optik materiallar, qurilmalar va o‘lchov asboblari bilan ishlashga o‘rgatishdan iborat.

Toshkent davlat texnika universitetining ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga binoan chop etildi.

Taqrizchilar:

Sh.O. Otajonov, O‘zMU “Fotonika” kafedrası professori, fizika-matematika fanlari doktori

A.G. Gaibov, ToshDTU “Umumiy fizika kafedrası” mudiri, fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2018

1-laboratoriya ishi:

Kirish. Optik materiallar bilan ishlashda texnika xavfsizligi qoidalari bilan tanishish.

“Optik materiallar va ularning texnologiyasi” fani bo‘yicha olib boriladigan laboratoriya mashg‘ulotlari “Umumiy fizika”, “Optika asoslari” fanlari bo‘yicha o‘tkaziladigan mashg‘ulotlardan unchalik katta farq qilmaydi. Muhim ahamiyat kasb etadigan yagona farqi optik materiallarning nisbatan yuqori haroratlar ($1500\div 1700\text{ }^{\circ}\text{C}$)da olinishi va bu jarayonlarning nisbatan uzoq vaqtlar (3 oygacha) davom etishini yodda tutishdir. Shu sababli ham universitet ishchi o‘quv rejasiga ushbu fan dasturiga asosan optik materiallarni ishlab chiqarish yoki biror bir texnologiyalarini o‘zlashtirish emas, balki ularning ishlatilishi sohalariga taalluqli bo‘lgan laboratoriya ishlari kiritilgan.



1.1-rasm. Shisha moddasi ishlab chiqarish jarayonidan

“Optik materiallar va ularning texnologiyasi” fani bo‘yicha olib boriladigan laboratoriya mashg‘ulotlarida amal qilinishi zarur bo‘lgan texnika xavfsizligi qoidalariga to‘xtalib o‘tadigan bo‘lsak, bu mashg‘ulotlarda talabalar optik qurilmalar va ayniqsa optik detallar (shisha prizma, shisha linza, ko‘zgu va boshqalar)ning mo‘rtligini, tasodifan sinib ketadigan bo‘lsa o‘ta qirrali shisha bo‘laklari hosil bo‘lishi hamda bu bo‘laklarning talabalarga jiddiy ziyon yetkazishi mumkinligini, shu sababli ular bilan o‘ta ehtiyotkorlik bilan ishlash zarurligini yodda tutishlari lozim. Bundan tashqari, agar mabodo shisha moddasidan tayyorlangan detallar biror bir sabablarga ko‘ra qizdiriladigan bo‘lsa, u holda unda elektr

o'tkazuvchanlik xususiyati namoyon bo'lishini nazarda tutib, qizigan shisha bo'laklari bilan elektr o'lchashlari va tajribalarini olib borishda talabalardan o'ta ehtiyotkor bo'lishlari talab etiladi.

Bugungi kunda ishlab chiqarish va ijtimoiy hayotning barcha sohalariga optik materiallarga bo'lgan talab borgan sari ortib kirib bormoqda. Bu esa o'z navbatida bu soha muhandislaridan optik materiallarning xususiyatlarini tajribada tekshirib ko'ra olish malakalariga ega bo'lishlarini talab etadi. Bunday malakalar tajribalar o'tkazish asosida olib boriladi. *O'lchash* deb, aniqlanayotgan biror bir optik parametrni birlik deb qabul qilingan kattalik bilan taqqoslashga, ya'ni birlikdan necha marta farq qilishini aniqlashga aytiladi. O'lchashning ikki turi mavjud: *bevosita* va *bilvosita* o'lchash.

1. Biror bir parametrni bir necha marta birlik kattalik bilan taqqoslash orqali uning qiymatni tajribada aniqlash *bevosita o'lchash* deyiladi. Masalan, uzunlik, massa, vaqt, harorat va boshqalarni darajalangan (graduировка qilingan) asboblari: mikrometr, shtangensirkul, sekundomer, termometr va boshqalar yordamida o'lchanadi. Bunda o'lchanayotgan kattalikning miqdori asbobning qancha ko'rsatayotganligi asosida to'g'ridan-to'g'ri yozib olinadi.

2. Bevosita o'lchanadigan parametrlar bilan o'zaro qonuniy, ya'ni funksional bog'langan boshqa bir parametrlar qiymatlarining aniqlanishi *bilvosita o'lchash* deyiladi. Bunga misol qilib, zichlik, sindirish ko'rsatkichi, mustahkamlik darajasi va boshqalarni hisoblashni ko'rsatish mumkin.

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

Tizimli xatolik ko'p hollarda asbobning to'g'ri ko'rsatmaganligidan yoki o'lchash usulining aniq emasligidan hamda biror uzluksiz tashqi ta'sir natijasida bir tomonlama yuzaga keladi. Masalan, jism haroratini termometr yordamida o'lchashda nol nuqta (reper nuqta)ning biroz siljib qolgani tufayli, o'lchash natijalariga zarur tuzatishlar kiritilmagunga qadar tizimli xatolikka yo'l qo'yilaveradi. Huddi shuningdek, modda sirtining quyosh nurlari ta'sirida yoki biror issiqlik manbaidan kelayotgan issiqlik tufayli notekis isitilishi ham jism massasini o'lchashda tizimli xatolikka olib keladi. Ammo bu xatoliklarni aniqlash va uni bartaraf qilish juda murakkab masaladir. Umuman olganda, tizimli xatolik obyektiv sabablarga ko'ra paydo bo'ladi.

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

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

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

Tasodifiy xatoliklarni ham huddi tizimli xatoliklar kabi butunlay bartaraf qilib bo'lmaydi. Lekin o'lchashdagi tasodifiy xatoliklarni hisobga oladigan ehtimollik qonuniyatlarining elementlari yordamida tasodifiy xatoliklarni hisoblab, o'lchanayotgan biror bir parametrning haqiqiy qiymatiga birmuncha yaqin bo'lgan natijalarga erishish mumkin.

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

Bevosita o'lchashda yo'l qo'yiladigan xatoliklarini hisoblash. Agar biror x_i parametrning haqiqiy qiymatiga yaqin bo'lgan natijani olmoqchi bo'lsak, u holda o'lchash xatoligini mumkin qadar kamaytirish uchun uni N marta o'lchash maqsadga muvofiqdir. x kattalikni N marta o'lchashda quyidagi

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

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

$$\langle x \rangle = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N} \quad (1.1)$$

Absolyut va nisbiy xatoliklar

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

$$\Delta x_1 = |\langle x \rangle - x_1|, \Delta x_2 = |\langle x \rangle - x_2|, \dots, \Delta x_N = |\langle x \rangle - x_N| \quad (1.2)$$

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

$$\langle \Delta x \rangle = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots + \Delta x_N}{N}. \quad (1.3)$$

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

$$x_{\text{xaq}} = \langle x \rangle \pm \langle \Delta x \rangle. \quad (1.4)$$

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

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

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

Nisbiy xatolik – o'rtacha absolyut xatolikni o'lchanayotgan parametr o'rtacha qiymatining qanday qismini tashkil qilishini ifodalovchi ko'rsatkich bo'lib, foizlarda ifodalanadi, ya'ni

$$\eta = \frac{\langle \Delta x \rangle}{\langle x \rangle} \cdot 100\%. \quad (1.5)$$

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

Masalan, birinchi shishaning qalinligi 2 cm, ikkinchisniki esa 2 mm bo'lsa, nisbiy xatolik mos ravishda (5) formulaga asosan 0,05% va 0,5% ga teng bo'ladi. Shu nuqtai nazardan nisbiy xatolikni bilish har bir tajriba uchun alohida o'rin tutadi. Juda aniq o'lchash zarur bo'lmagan hollarda 5% gacha nisbiy xatolikka yo'l qo'yish mumkin deb hisoblanadi.



1.2-rasm. Optik tola namunasi hamda shisha ishlab chiqarish jarayonidan fotolavha

Nazorat savollari:

1. Optik detallar va materiallarga misollar keltiring.
2. Optik materiallarning fizikaviy xususiyatlarini sanab bering.
3. Optik materiallarning elektr o'tkazuvchanligi xususida nimalarni bilasiz?
4. Optik detallar kimyoviy tarkibini izohlab bering.
5. Optik materiallar ishlab chiqarish boshqichlarini so'zlab bering.
6. Optik detallar ishlatiladigan qurilmalarga misollar keltiring.

Topshiriq:

Optik materiallar bilan ishlash vaqtida amal qilinishi zarur bo'lgan texnika xavfsizligi qoidalari haqida olgan bilimlaringiz asosida "Insert" usulidan foydalanib quyidagi 1.1-jadvalni to'ldiring:

1.1- jadval

Men bilaman	Yangi axborot	Men bilganimga zid	Meni o'ylantirib qo'ydi

2-laboratoriya ishi: **Optik shisha prizmaning sindirish ko'rsatkichini aniqlash**

1. Ishning maqsadi

Yorug'likning ikki muhit chegarasida qaytishi va sinishi qonunlarini tajriba usulida tushunish va optik shisha materialining sindirish ko'rsatkichini to'la ichki qaytish burchagini o'lchash orqali aniqlashdan iborat

2. Kerakli jihoz va asboblari

- (1) platforma
- (2) lazer nuri manbai
- (3) Yassi ko'zgu
- (4) D-shakildagi linza
- (5) Optik ustun



2.1-rasm. Shisha ishlab chiqarish uchun eritilgan xom-ashyoni qolipga quyish jarayoni

3. Qisqacha nazariya

Biron bir muhitda tarqalayotgan yorug'lik nuri optik jihatdan boshqacha muhitni uchratganda yorug'likning qaytishi va sinishi hodisalari ro'y beradi. Aytaylik, yorug'lik nuri sindirish ko'rsatkichi n_1 bo'lgan muhitda tarqalib? tekis yuzaga θ burchak ostida tushmoqda (1-rasmga qarang). Tushish burchagi yuzasiga o'tkazilgan normalga nisbatan olinadi. Qaytgan nur normalga nisbatan θ burchak tashkil etadi. Yorug'likning qaytishi qonuniga ko'ra tushish va qaytish burchagi o'zaro teng bo'ladi:

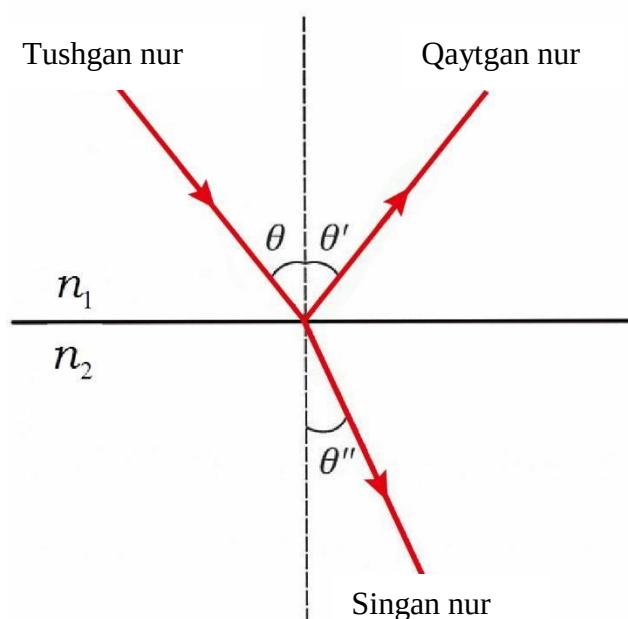
$$\theta = \theta' \quad (2.1)$$

Sindirish ko'rsatkichi n_2 bo'lgan ikkinchi muhitga kirgan nur esa tarqalish yo'nalishini o'zgartiradi. Bu singan nur normalga nisbatan θ'' burchak tashkil qilib tarqaladi. Tushuvchi, qaytuvchi va singan nurlar hammasi bir tekislikda yotadi. Burchaklar θ va θ'' orasidagi bog'lanish sinus qonuni orqali ifodalanadi:

$$\frac{\sin \theta}{\sin \theta''} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.2)$$

Tasavvur qilaylik, birinchi muhit sindirish ko'rsatkich n_1 , ikkinchi muhit sindirish ko'rsatkichidan n_2 dan kattaroq bo'lsin. Ma'lum bir tushish burchagi θ_k (to'la ichki qaytish burchagi)da, qaytgan nur muhitlar chegarasiga parallel yo'nalishda ketadi. Normalga nisbatan 90 gradusga teng bo'ladi. Shu to'la ichki qaytish burchagidan katta bo'lgan barcha burchaklarda yorug'lik ikki muhit chegarasidan to'la qaytadi. To'la ichki qaytish burchagini topish uchun 2-tenglamadagi $\theta = \theta_k$ va $\theta'' = 90^\circ$ desak, Sinus qonuni quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\sin \theta_k = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.3)$$



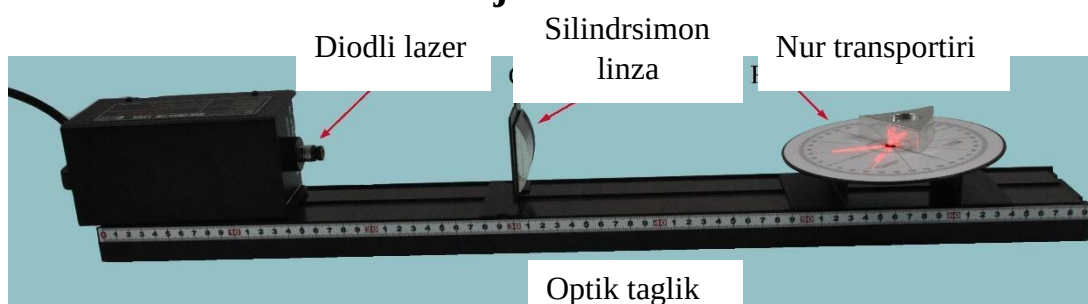
2.2-rasm. Yorug'likning qaytishi va sinishining sxematik tasvirlanishi

2.1-jadval.

Ba'zi bir materiallarning sindirish ko'rsatkichlari

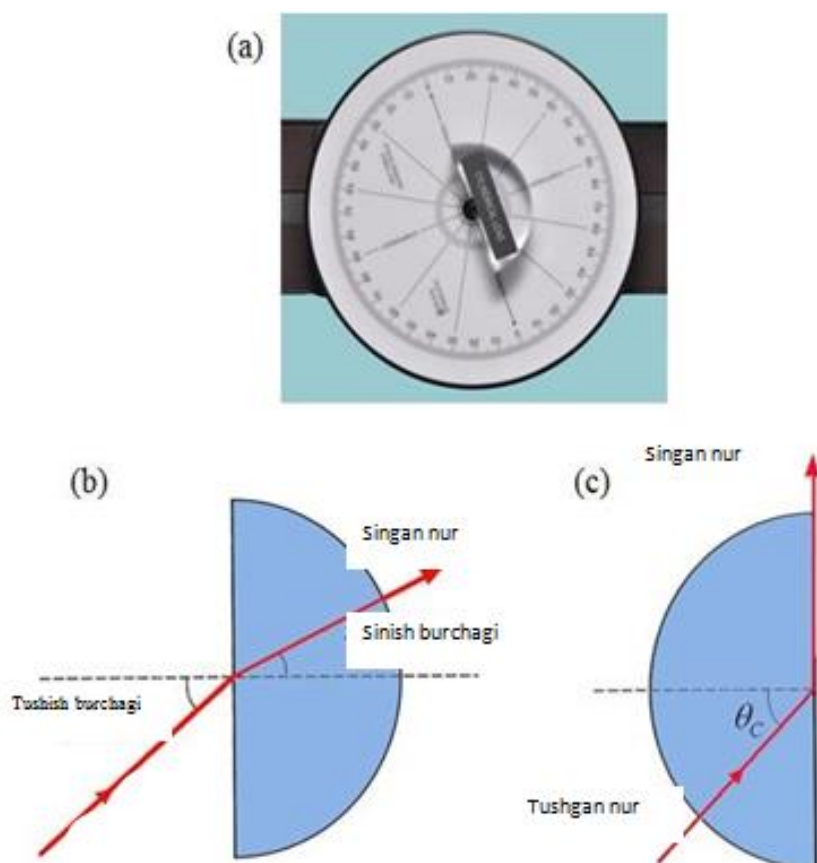
Material	sindirish ko'rsatkichi	Material	sindirish ko'rsatkichi
Qattiq holatda 20°C da		Suyuq holatda 20°C da	
Diamond	2.419	Benzin	1.501
Qvarts(SiO ₂)	1.458	Etil spirti	1.361
Shisha	1.52	Suv	1.333
Polystirin	1.49		
Osh tuzi	1.544	0°C harorat va 1 atm bosimda	
PMMA	1.4905	Havo	1.000 293

4. Tajriba qurilmasi



2.3-rasm. Tajriba qurilmasining ko'rinishi

Laboratoriya yig'ilgandan keyin lazer nuri va D-shakildagi linzadan nur
2.4b-rasm ko'rinishga keltirilishi kerak



2.4-rasm. Yorug'likning sinishi va to'la ichki qaytishining tasvirlanishi

Tajriba natijalari quyidagi jadvalga kiritiladi

2.1-jadval.

Tajriba natijalari			
No	Tushish burchagi, graduslarda	Sinish burchagi, graduslarda	Sindirish ko'rsatkichi
1			
2			
3			
4			
5			
		O'rtachasi	

5. Nazorat savollari

1. Moddaning sindirish ko'rsatkichi deganda nimani tushunasiz?
2. Nisbiy sindirish ko'rsatkichi nimalarga bog'liq?
3. Yorug'lik bir muhitdan boshqa bir muhitga o'tganida qaysi paramertlari o'zgarib, qaysilari o'zgarmasdan qoladi?
4. Bir jinsli optik muhit deganda nimani tushunasiz?
5. Tabiatdagi ikki muhit chegaralariga misollar keltiring.

Topshiriq:

Mavzuda yoritilgan shisha moddasining qo'llanilishi haqida olgan ma'lumotlar asosida 2.2-jadvalni to'ldiring.

2.2- jadval

<i>No</i>	<i>Afzalliklari</i>	<i>Kamchiliklari</i>
1.		
2.		
3.		
4.		

3-laboratoriya ishi:

Buger-Ber qonuni asosida yorug'likning yutilish va o'tish ko'effitsiyentlarini hisoblash

Ishning maqsadi:

Yutilish ko'rsatkichini aniqlash va spektral o'tish va yutilish ko'effitsiyentlarini suyuq aralashmaning qalinligi va konsentratsiyasiga bog'liqligini olish.

Yorug'likning modda (suyuqlik, gazsimon, qattiq jism) bilan o'zaro ta'siri uning absorbsiya, refraksiyasi, qutblanishi, sochilishi va hokazolar orqali namoyon bo'ladi. Bu hodisalarning har biri ma'lum bir kattaliklar orqali miqdoriy tavsiflanadi: bular – yutilish ko'effitsiyenti, qutblanish darajasi, sochilgan nurning intensivligi va hokazolar bilan nomlanadi.

Yorug'likning ikki muhit chegarasida qaytishi va sinishini o'rganayotganda uning yutilishi va sochilishini hisobga olmaymiz. Shuning uchun bu jarayon faqat bitta kattalik – sindirish ko'rsatkichi n orqali

ifodalanadi. Agar biz yorug‘lik intensivligi kamayishini ham hisobga olmoqchi bo‘lsak, u holda sindirish ko‘rsatkichi bilan bir qatorda muhitda yorug‘likning yutilishi va sochilishini hisobga oluvchi ekstinksiya koeffitsiyenti (yoki yutilish ko‘rsatkichi)ni kiritishimiz kerak bo‘ladi.

Biror bir muhitdan o‘tayotgan yorug‘lik to‘lqinining elektromagnit maydoni ta’sirida muhitning elektronlari tebranadi va to‘lqin energiyasining bir qismi elektronlarni (optik elektronlarni, ya’ni, odatda, atomga eng kuchsiz bog‘langan valent elektronlarni yorug‘lik dispersiyasining klassik nazariyasidagi modelga e’tibor berib) tebrantirishga sarf bo‘ladi.

Modda sirtiga I_0 intensivlikli monoxromatik parallel nurlar dastasi (yassi to‘lqin) tushayotgan bo‘lsin, intensivlikning (dI) kamayishi moddaning qalinligi (dx) ga va muhitdan o‘tayotgan (I) intensivlikka proporsional bo‘ladi.

$$-dI = \beta I dx \quad (3.1)$$

Birinchi formuladan

$$\frac{dI}{I} = -\beta dx.$$

Bu ifodani I_0 dan I gacha va 0 dan x gacha integrallab quyidagini olamiz:

$$I = I_0 e^{-\beta x}, \quad (3.2)$$

bu yerda: I_0 – modda sirtiga tushayotgan yorug‘lik intensivligi, x – modda qatlamining qalinligi.

Olingan (3.2) ifoda adabiyotda Buger qonuni nomi bilan aytiladi. Bu qonunni Buger (1729 yil) tajribada topgan va nazariy jihatdan asoslagan.

Undagi β ko‘pincha ekstinksiya koeffitsiyenti (yoki yutilish ko‘rsatkichi) deb ataladi va muhitdan o‘tayotgan yorug‘likning intensivligining susayishini ifodalaydi. Agarda biz ko‘rayotgan moddada yorug‘likni sochilishi hisobga olmaslik mumkin bo‘lgan darajada kam bo‘lsa (yutilishga nisbatan), u holda ekstinksiya koeffitsiyentini yutilish ko‘rsatkichi deb olinadi. Aksincha, agar yorug‘likning sochilishi uning yutilishiga nisbatan katta bo‘lsa, u holda sochilish hisobiga yuzaga kelgan ekstinksiya koeffitsiyenti deyishimiz o‘rinliroq bo‘ladi.

Ushbu ishda yorug‘likning sochilishining uning yutilishiga nisbati juda kam bo‘lganligi uchun yorug‘lik intensivligini kamayishi asosan yutilish hisobiga sodir bo‘ladi, ya’ni (1) dagi proporsionallik koeffitsiyenti (β) yutilish ko‘rsatkichini bildiradi va yorug‘likning yutilish ko‘rsatkichi

$$\beta = -\frac{1}{x} \ln \frac{I(x)}{I_0} \quad (3.3)$$

orqali hisoblanadi.

Bu yerda β koeffitsiyentning son qiymati moddaning yorug‘lik intensivligini $e \approx 2,72$ marta kamaytiruvchi qatlamining qalinligini ko‘rsatadi. Bundan ko‘rinib turibdiki, yutilish ko‘rsatkichining o‘lchov birligi sm^{-1} yoki m^{-1} ko‘rinishda bo‘ladi.

Yorug‘likning yutilish qonuni yuqorida aytganimizdek, Buger tomonidan aniqlangan. Keyinchalik uni Lambert va Berlar har tomonlama o‘rganishgan. Shuning uchun bu qonun Buger-Lambert-Ber qonuni deb ham ataladi. Bu qonunni qo‘llanish sohasini Vavilov o‘rgangan va u tushayotgan yorug‘lik intensivligini $10^{10} \div 10^{20}$ martagacha o‘zgartirganda ham Buger qonuni o‘rinli ekanligini aniqlagan.

Aralashmali suyuqliklarda yorug‘likni yutilishini har tomonlama o‘rganib, Ber yutilish ko‘rsatkichi (ekstinksiya koeffitsiyenti)ni, yorug‘likni solishtirma yutilish ko‘rsatkichi (k) va aralashma konsentratsiyasi (c) ko‘paytmasi sifatida tekshirgan:

$$\beta = kc, \quad (3.4)$$

bu yerda k – solishtirma yutilish ko‘rsatkichi. Bunda Buger qonuni quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$I = I_0 e^{-kcx} \quad (3.5)$$

va yangi kattalik – solishtirma yutilish ko‘rsatkichi uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$k = -\frac{1}{cx} \ln \frac{I(x)}{I_0}. \quad (3.6)$$

Berning tajribalaridan olingan asosiy xulosalardan biri solishtirma yutilish ko'rsatkichi (k) aralashmalarning konsentratsiyasiga bog'liqligidir. Bu xulosa Ber qoidasi deb ataladi va asosan kichik konsentratsiyali aralashmalar uchun o'rinlidir. Bundan tashqari ekstinksiya (yutilish ko'rsatkichi) koeffitsiyenti konsentratsiyaga proporsional (β , c) bo'lishi bilan birgalikda solishtirma yutilish ko'rsatkichi (k) tashqi faktorlarga bog'liq bo'lishi mumkin (harorat, erituvchining tabiatiga va hokazo).

Xuddi shunga o'xshash bir jinsli moddalar uchun yutilish ko'rsatkichi moddaning zichligi (ρ) ga proporsional ekanligini qayd qilish mumkin, ya'ni

$$\beta = k\rho \quad (3.7)$$

(3.4) va (3.7) ifodalarni Ber qonuni (qoidasi) ham deyiladi. (3.4) va (3.7) formulalarda:

$$k_c = \frac{\beta}{c} \quad (3.8)$$

va

$$k_\rho = \frac{\beta}{\rho}. \quad (3.9)$$

k_c va k_ρ larning doimiyligi aralashmalardagi molekulalarning o'zaro ta'siri (kichik konsentratsiyalar) ekstinksiya koeffitsiyentiga ta'sir qilmaslik darajada kichik bo'lganda o'rinli bo'ladi. Bu qoidaning fizik ma'nosi molekulaning yutish qobiliyati atrofdagi molekulalar ta'siriga bog'liq emasligidan iboratdir.

Konsentratsiya ancha kattalashganda, ya'ni yutuvchi modda molekulalari orasidagi masofalar kichiklashganda bu qonundan chetlashishlar kuzatiladi.

Buger-Ber qonuni (3.6) yorug'lik yutishni o'lchash yo'li bilan yutuvchi modda konsentratsiyasini aniqlash uchun juda foydalidir. Bu usul ko'pincha kimyoviy tahlili juda murakkab bo'lgan moddalar konsentratsiyasini laboratoriya va sanoatda zudlik bilan topish uchun qo'llaniladi.

Bulardan tashqari kimyoviy toza suyuqlik yoki aralashmani optik xususiyatlarini tavsiflash uchun muhitda yorug'likning o'tish koeffitsiyenti

$$A = \frac{I(x)}{I_0} = \exp(-\beta x) \quad (3.10)$$

va yorug'likni yutilishini xarakterlaydigan kattalikni aniqlash mumkin:

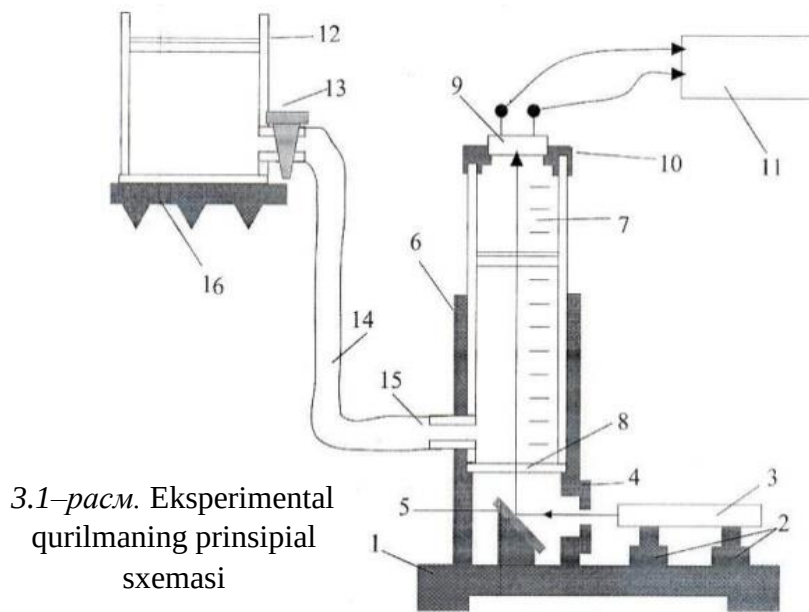
$$V = \frac{I_0 - I(x)}{I_0}. \quad (3.11)$$

A va B koefitsiyentlar, ayniqsa, tajriba har xil to'lqin uzunlikli yorug'likda olib borilganda spektral o'tish va yutilishni tavsiflovchi kattaliklar sifatida katta ahamiyatga ega bo'ladi.

Qurilma va o'lchash uslublari

Suyuqliklarda yorug'likning yutilishini o'rganish va Buger-Lambert-Ber qonunini tekshirish uchun yig'ilgan qurilmaning sxemasi 1-rasmda berilgan.

U umumiy asosga (1) o'rnatilgan bo'lib, gorizontal joylashgan yarim o'tkazgichli lazerdan (3) 45 gradus burchak ostida joylashgan, yassi ko'zgu (5) va vertikal holda o'rnatilgan silindr ko'rinishidagi kyuvetadan (6) iborat. Kyuvetaning yuqori uchiga fotodiod (9) o'rnatilgan va hosil bo'lgan fototokni o'lchash uchun (keng o'lchash diapozoniga ega bo'lgan) raqamli mikroampermetrga (11) ulangan. Kyuveta maxsus rezina quvur (14) orqali qo'shimcha shisha idishga (12) ulangan. Bu idishga o'rganilayotgan suyuqlik (8) solinadi va uni har xil balandligini aniq qo'yish uchun maxsus kran (13) o'rnatilgan. Qo'shimcha shisha idishni eng yuqori ko'tarilishi kyuvetaning uchiga joylashgan fotodioddan 3-5 sm pastroqda bo'lishi kerak.



Yarim oʻtkazgichli lazer monoxromatik parallel nurlar dastasini hosil qiladi va bu nur dastasi koʻzgudan qaytib suyuqlik sirtining past qismiga tik tushadi. Suyuqlikning maʼlum qalinligidan oʻtgan nurning intensivligi fotodiodda elektr toki (fototok)ni hosil qiladi.

Bizga maʼlumki, fotoelementlarda hosil boʻlgan fototok uning yuziga kelib tushayotgan yorugʻlikning intensivligiga toʻgʻri proporsional. Demak, biz suyuqlikning har xil qalinligiga mos keluvchi fototokni oʻlchash orqali berilgan intensivlikdagi nurning (I_0) qancha qismi suyuqlik tomonidan yutilib, qalinligi ($I_0 - I$) va qancha qismi suyuqlikdan oʻtganligini (I) bilishimiz mumkin boʻladi.

Kyuvetaning tashqi sirtiga joylashtirilgan darajalangan oʻlchagichlar 7 yordamida suyuqlik qatlamini aniq bilib va unga mos keluvchi fototokni oʻlchagan holda $\beta = \frac{1}{x} \ln \frac{I(x)}{I_0}$ formula orqali berilgan suyuqlikda yorugʻlikning yutilish (yoki ekstinksiya koeffitsiyentini) koʻrsatkichini hisoblaymiz.

Bu yerda I_0 ni bilish maʼlum qiyinchiliklar hosil qilishi mumkin. I_0 ni suyuqlik sirtiga tushayotgan yorugʻlikning intensivligi deb, yaʼni kyuvetada suyuqlik yoʻqligida oʻlchangan fototok orqali belgilashimiz mumkin. Lekin suyuqlik sirtiga nur kelib tushganda uning bir qismi suyuqlik sirtidan qaytadi.

Bu qiyinchilikni yengish uchun berilgan suyuqlik (distillangan suv)ning yoki aralashma uchun har xil qalinliklari uchun (suyuqlik balandligini 5-10 sm ga oʻzgartirib) oʻtgan yorugʻlik intensivligiga mos keluvchi fototokni oʻlchab yorugʻlikning yutilish koeffitsiyentini hisoblash kerak. Masalan, x_1 qalinlik uchun intensivlik I_1 boʻlsa va x_2 uchun I_2 yutilish koeffitsiyenti

$$\beta = \frac{1}{(x_2 - x_1)} \ln\left(\frac{l_2}{l_1}\right)$$

bo'lad.

Yuqorida qayd qilingan o'lchashlarni bajarishga kirishishdan oldin berilgan qurilma bilan mukammal tanishib chiqish tavsiya qilinadi. Undan tashqari optik xususiyatlari o'rganiladigan suyuqlik va har xil konsentratsiyadagi aralashmalar tayyorlanib, konsentratsiyasining son qiymati ko'rsatilgan shisha idishlarga solinadi. Berilgan konsentratsiyali aralashma uchun tajribalar o'tkazilib bo'lingandan so'ng o'lchash kyuvetasi distillangan suv bilan bir necha bor chayib tashlanadi. Buning uchun qo'shimcha shisha idishga distillangan suv solinib bir necha marta yuqoriga ko'tarilib pastga tushirib chayib tashlanadi.

Eslatma: Suyuqlikli shisha idishni yuqoriga ko'tarilganda uning balandligi fotodiodning balandligidan 5 sm pastroqda bo'lishi lozim.

1-mashq

Bu mashqni bajarishdan asosiy maqsad distillangan suvda yutilish ko'rsatkichini β hamda o'tish A va yutilish B koeffitsiyentlari aniqlanib, Buger–Ber qonunining bajarilishi tekshiriladi.

Mashqni bajarish uchun 0,5 litrli shisha idishga distillangan suv olinadi. Birinchi bo'lib shisha idishga (kran berk) distillangan suv solinib, uni shtativga ma'lum balandlikda joylashtiriladi. Fototokni o'lchash sxemasi ulanib, uni ish holatida ekanligini tekshirib ko'riladi. Yorug'lik manbai sifatida ishlatilayotgan lazer yoqilib, uni ishlash rejimi stabillashguncha (1-2 minut) kutiladi va lazer nuri ko'zguga qarab yo'naltiriladi. Bunda fotodiodda hosil bo'lgan tok o'lchanadi. Bu tok yorug'lik intensivligi boshlang'ich qiymatiga (I_0) mos keladi. Bunda bir necha marta tokning qiymatini o'lchab, o'rtachasi olinadi. So'ngra rezina trubkadagi kran ochilib suv sathini balandligi 5 sm gacha ko'tariladi va kran berkitiladi. Yana tokni o'lchash sxemasi ulanib shu qalinlikka mos keluvchi fototokni mikroamper ko'rsatishidan yozib olinadi. Suvning ustuni to 35 sm bo'lguncha har bir 5 sm balandligidagi (demak 7 ta nuqtada) fototok o'lchab boriladi va o'lchashlar suv har 5 sm ga kamaytirilib tajriba qaytariladi. Bu o'lchashlar 4-6 marta (yuqoriga 2-3 marta, pastga qarab 2-3 marta) qaytariladi va har suvning qalinligi uchun tokning o'rtacha qiymati olinadi.

O'lchash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

3.1-jadval.

Tajriba natijalari									
N _o	x, m	I ₀ , A	I, A	β	$\langle\beta\rangle$	A	$\langle A\rangle$	B	$\langle B\rangle$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									

Olingan natijalardan foydalanib yutilish ko'rsatkichi β hamda (3.10) va (3.11) ifodalardagi o'tish A va yutilish V koefitsiyentlarini topamiz.

2-mashq

Bu mashqni bajarishdan asosiy maqsad mis kuporosining suvdagi ma'lum konsentratsiyali eritmasi yoki kanifolning spirdagi eritmasining distillangan suvdagi aralashmasi uchun yutilish ko'rsatkichi β hamda o'tish A va yutilish B koefitsiyentlari aniqlanib, Buger–Lambert qonuni bajarilishini tekshirish.

Mashqni bajarish uchun 0,5 litrli shisha idishda yarim litr miqdorda tayyorlangan mis kuporosining suvdagi eritmasi (1÷3 % atrofida) olinadi.

Birinchi bo'lib shisha idishga (kran berk) mis kuporosining suvdagi eritmasi solinib uni shtativga ma'lum balandlikda joylashtiriladi.

Fototokni o'lchash sxemasi ulanib, uni ish holatida ekanligini tekshirib ko'riladi.

Yorug'lik manbai sifatida ishlatilayotgan lazer yoqilib, uning ishlash rejimi stabillashguncha (1-2 minut) kutiladi va lazer nuri ko'zguga qarab yo'naltiriladi. Bunda fotodiodda hosil bo'lgan tok o'lchanadi. Bu tok yorug'lik intensivligi boshlang'ich qiymatiga (I_0) mos keladi. Bunda bir necha marta tokning qiymatini o'lchab, o'rtachasi olinadi. So'ngra rezina trubkadagi kran ochilib eritma sathi balandligini 5 sm gacha ko'tariladi va kran berkitiladi. Yana tokni o'lchash sxemasi ulanib shu qalinlikka mos keluvchi fototokni mikroamper ko'rsatishidan yozib olinadi. Eritma ustuni

to 35 sm bo'lguncha har bir 5 sm balandligidagi (demak 7 ta nuqtada) fototok o'lchab boriladi va o'lchashlar suv har 5 sm ga kamaytirilib tajriba qaytariladi. Bu o'lchashlar 4-6 marta (yuqoriga 2-3 marta, pastga qarab 2-3 marta) qaytariladi va har eritmaning qalinligi uchun tokning o'rtacha qiymati olinadi.

O'lchash natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

3.2-jadval.

O'lchash natijalari

№	x, m	I_0, A	I, A	β	$\langle \beta \rangle$	A	$\langle A \rangle$	B	$\langle B \rangle$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									

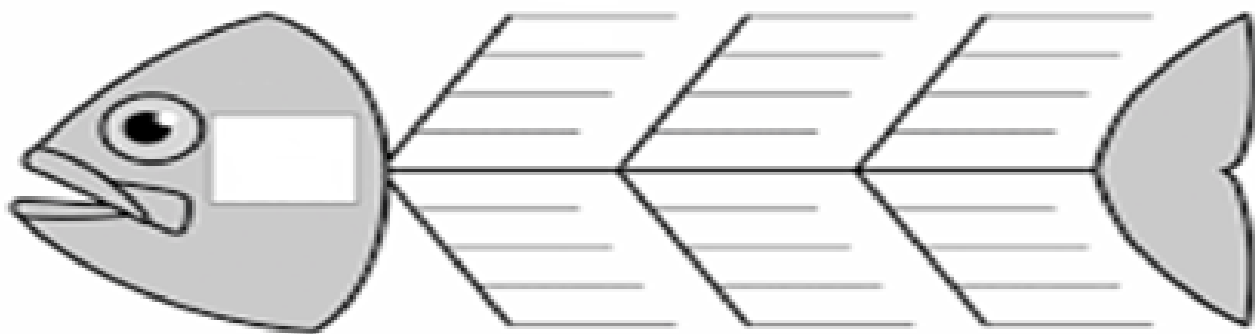
Olingan natijalardan foydalanib yutilish ko'rsatkichi β hamda (3.10) va (3.11) ifodalardagi o'tish A va yutilish B koeffitsiyentlarini topamiz.

Olingan natijalarni bir-biri bilan taqqoslab xulosa chiqariladi.

Nazorat savollari

1. Yorug'lik to'lqini suyuqliklarda tarqalganda qanday jarayonlar ro'y berishi mumkin?
2. Buger qonunini ta'riflang va ifodasini yozing.
3. Buger-Ber qonunini tushuntiring va ifodasini yozing.
4. Ushbu qonunlarning qo'llanish chegarasi nimalarga bog'liqligini tushuntiring.

Topshiriq: Buger-Ber qonuni bo'yicha olgan bilimlaringiz asosida baliq skeleti usulidan foydalanib, ma'lumotlarni joylab chiqing.



4-laboratoriya ishi:

Qutblangan nurlar. Malyus qonunini o'rganish.

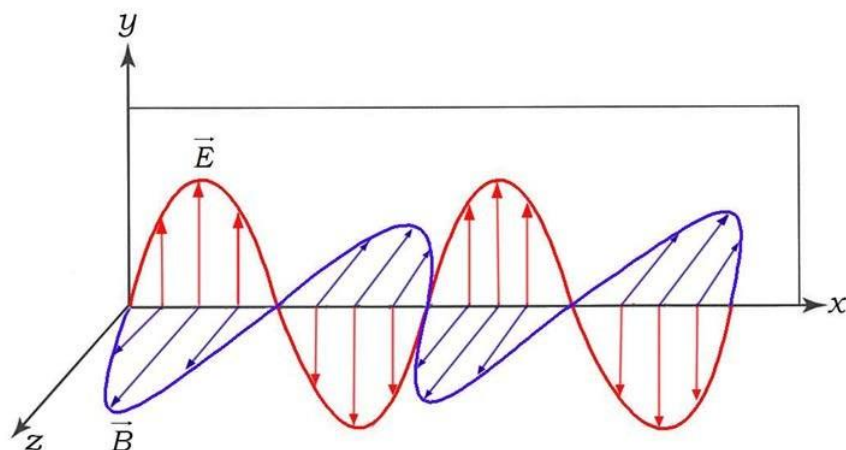
Ishdan maqsad: Yorug'likning qutblanishini Malyus qonunini qo'llash orqali o'rganish

2. Kerakli qurilmalar

- (1) Lazer manbai
- (2) 2 ta qutblagich
- (3) Fotodetektor

3. Qisqacha nazariya

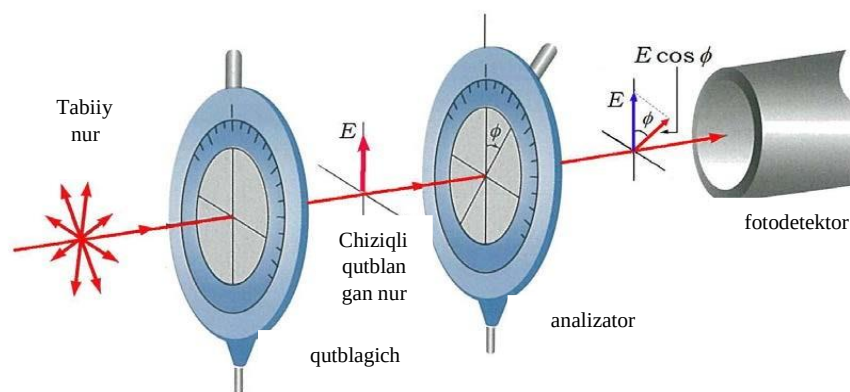
Yorug'lik boshqa elektromagnit nurlanishlar kabi ko'ndalang to'lqindir. Yani elektir va magnit maydonlari vektori yo'nalishlari 1-rasmda ko'rsatilganday o'zaro perpendikulyar. Qutblanish so'zi elektromagnit to'lqinning tebranishlar vektorining yo'nalishiga taalluqli. Qutblanish yo'nalishi sifatida elektr maydon vektori yo'nalishi olinadi. 1-rasmda elektromagnit to'lqin yo'nalishi x o'qida va elektr maydon vektori yo'nalishi y o'qida tasvirlangan. Shuning uchun, bu elektromagnit to'lqin y o'qida (yo'nalishda) qutblangan deyiladi.



4.1-rasm. Elektromagnit to'linning tarqalishi

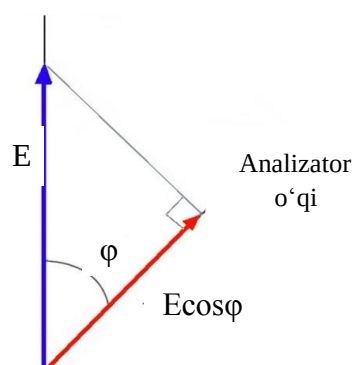
Malyus qonuni

Umuman olganda, tabiiy yorug'likning elektr maydon kuchlanganligi vektori yo'nalishi tasodifiy bo'lib, barcha yo'nalishlarda teng ehtimollidir. Boshqacha qilib aytganda, tabiiy yorug'lik qutblanmagan bo'ladi. Qutblanmagan yorug'lik qutblagich orqali o'tganda elektr maydon vektori yo'nalishi qutblagichning o'tkazish o'qi bilan parallel bo'lib qoladi. (2-rasmda ko'rsatilgan). Birinchi qutblagichdan chiqqan yorug'lik ikkinchi qutblagichga kiradi. Ikkinchi qutblagich analizator deb yuritiladi. Qutblagich va analizator o'qlari o'zaro ϕ burchak tashkil qiladi. Analizatoridan o'tgandan keyin yorug'lik analizator yo'nalishida qutblangan bo'lib qoladi.



4.2-rasm. Yorug'likning qutblagichlar orqali o'tishi

Qutblanish
o'qi



4.3-rasm. Analizatoridan o'tgan yorug'likning elektr maydoni

Qutblagich va analizator o'qlari o'zaro ϕ burchak tashkil etgani sababli qutblagichdan o'tgan elektr maydoni vektorining analizator o'qigan parallel bo'lgan tashkil etuvchisi $E \cos \phi$ ga teng bo'ladi (4.3-rasmida tasvirlangan). Bu yerda, E qutblagichdan o'tgan elektr maydoni vektorining qiymatidir. Agar $\phi = 90^\circ$ bo'sa, u holda analizator orqali yorug'lik o'tmaydi.

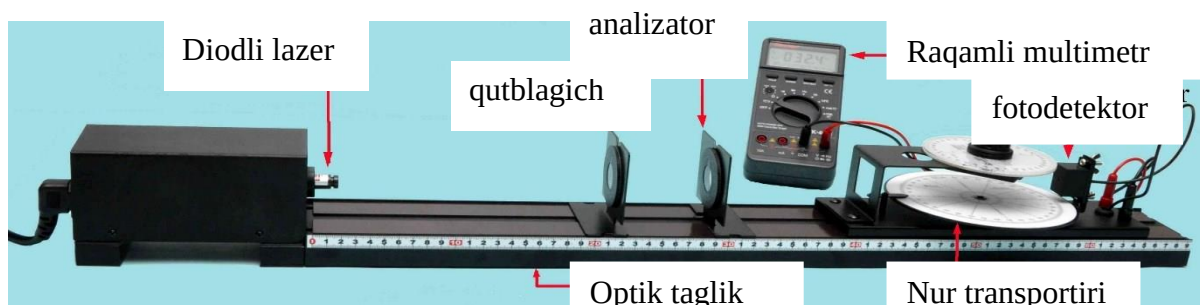
Yorug'lik intensivligi elektr maydoni kuchlanganligi amplitudasi kvadratiga to'g'ri proporsional bo'lganligi uchun, analizatoridan o'tgan yorug'lik intensivligi quyidagi tenglik orqali topiladi.

$$I = I_{\max} \cos^2 \phi, \quad (4.1)$$

bu yerda $I_{\max}$ maksimal intensivlik, yani $\phi = 0$ bo'lgan holdagi. Bu tenglik Malyus qonuni deb aytiladi.

4. Eksperimental qism

Ishni bajarish tartibi



4.4-rasm. Eksperimental qurilma surati

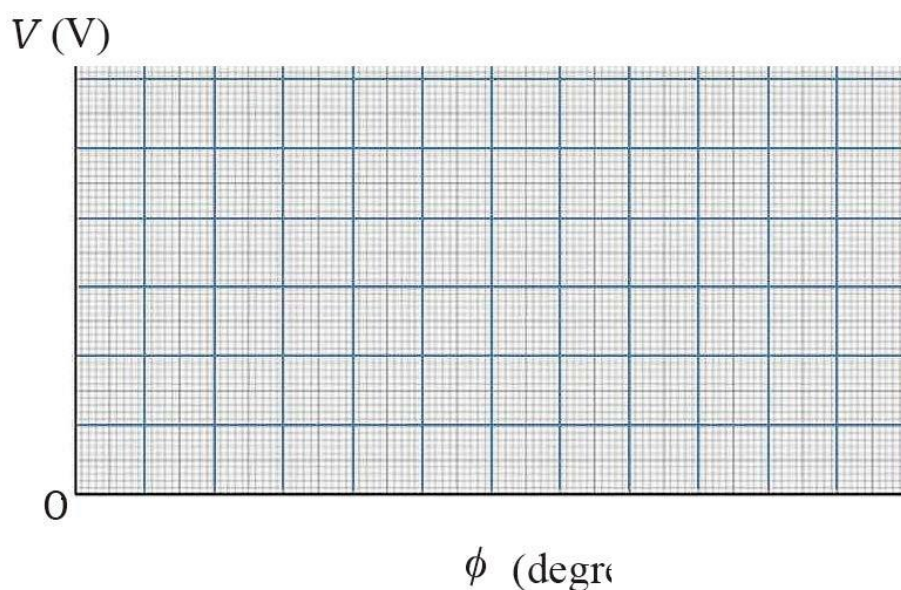
1. Lazer nuri manbai va 2 ta qutblagichni optik ustunga rasmda ko'rsatilgan kabi o'rnatish.
2. Lazer o'chib turgan paytdagi fotodetektor ko'rsatkichini V_0 ni yozib oling.
3. Qutblagichlarning o'qlari orasidagi burchakni 0° qilib olib lazerni yoqing.
4. Fotodetektordagi chiqish kuchlanishini V o'lchang. Burchak ϕ ni oshirib (ya'ni analizatorni burab) o'lchashlarni amalga oshiring.

4.1-jadval.

Tajriba natijalari

ϕ	0	10	30	50	70	80	90	100	120	140	160	170
V												
ϕ	180	190	210	230	250	260	270	280	300	320	340	350
V												

ϕ – ikkita qutblagich o'qlari orasidagi burchak; V – fotodetektordagi kuchlanish

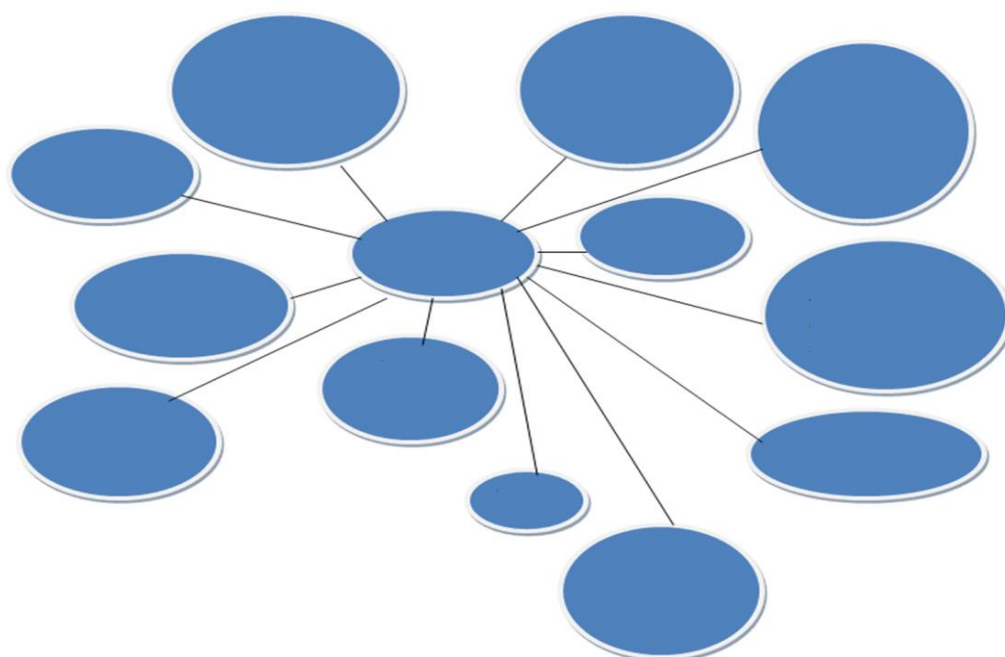


4.4-rasm. 2 ta qutblagichlar orasidagi bog‘liqlikni tasvirlash uchun ajratilgan maydon

Nazorat savollari:

1. Malyus qonunining mohiyatini tushuntiring
2. Yassi to‘lqin deganda nimani tushunasiz?
3. Qutblanmagan nur deganda nimani tushunasiz?
4. Chiziqli, aylanaviy va elliptik qutblanishlar farqlarini tushuntiring

Topshiriq: yorug‘likning qutblanganligi haqida olgan bilimlaringiz asosida klaster tuzib chiqing



5-laboratoriya ishi:
To‘la ichki qaytish hodisasini kuzatish

1. Ishdan maqsad

Yorug‘likning ikki muhit chegarasida qaytishi va sinishi qonunlarini tajriba usulida tushunish va materialning sindirish ko‘rsatkichini to‘la ichki qaytish burchagini o‘lchash orqali topishdan iborat

2. Kerakli asboblari

- (1) platforma
- (2) lazer nuri manbai
- (3) Yassi ko‘zgu
- (4) D-shaklidagi linza
- (5) Optik ustun

3. Qisqacha nazariya

Biror bir muhitda tarqalayotgan yorug‘lik optik jihatdan boshqa muhitga o‘tganida yorug‘likning qaytishi va sinishi hodisalari ro‘y beradi. Aytaylik, yorug‘lik nuri sindirish ko‘rsatkichi n_1 bo‘lgan muhitda tarqalib tekis yuzaga θ burchak ostida tushayotgan bo‘lsin (5.1-rasmga qarang). Tushish burchagi yuzaga o‘tkazilgan normalga nisbatan olinadi. Qaytgan nur normalga nisbatan θ' burchakni tashkil etadi. Yorug‘likning qaytishi qonuniga ko‘ra tushish va qaytish burchaklari o‘zaro teng bo‘ladi:

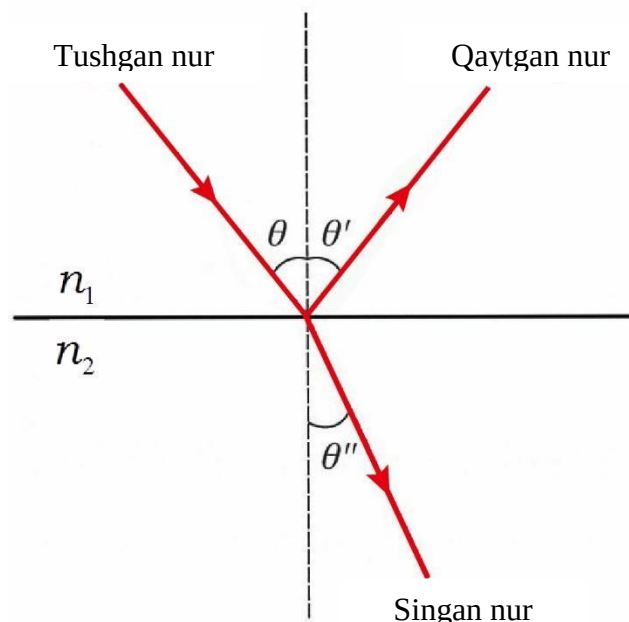
$$\theta = \theta' \quad (5.1)$$

Sindirish ko‘rsatkichi n_2 bo‘lgan ikkinchi muhitga kirgan nur esa tarqalish yo‘nalishini o‘zgartiradi. Bu singan nur normalga nisbatan θ'' tashkil qilib tarqaladi. Tushuvchi, qaytuvchi va singan nurlar hammasi bir tekislikda yotadi. Burchaklar θ va θ'' orasidagi bog‘lanish sinus qonuni orqali ifodalanadi:

$$\frac{\sin \theta}{\sin \theta''} = \frac{n_2}{n_1} \quad (5.2)$$

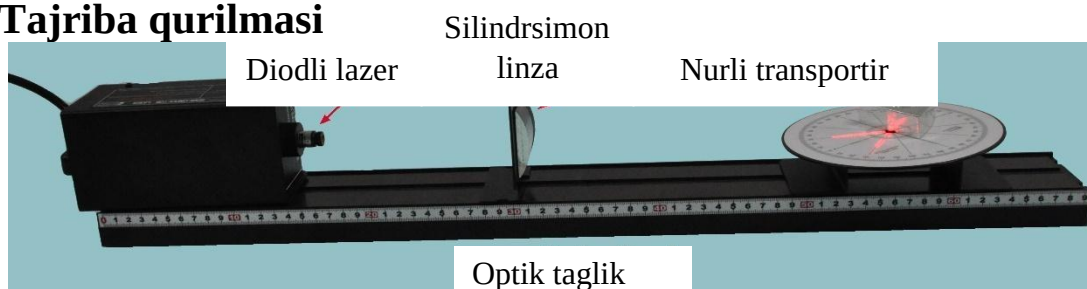
Tasavvur qilaylik, birinchi muhit sindirish ko'rsatkich n_1 ikkinchi muhit sindirish ko'rsatkichidan n_2 dan kattaroq bo'lsin. Ma'lum bir tushish burchagi θ_k (to'la ichki qaytish burchagi) da qaytgan nur 2 muhit chegarasiga parallel yo'nalishda ketadi. Normalga nisbatan 90 gradusga teng bo'ladi. Shu to'la ichki qaytish burchagidan kattaroq bo'lgan barcha burchaklarda yorug'lik ikki muhit chegarasidan to'la qaytadi. To'la ichki qaytish burchagini topish uchun 2-tenglamadagi $\theta = \theta_k$ va $\theta'' = 90^\circ$ desak, sinus qonuni quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\sin \theta_k = \frac{n_2}{n_1} \quad (5.3)$$



5.1-rasm. Yorug'likning qaytishi va sinishining sxematik tasvirlanishi

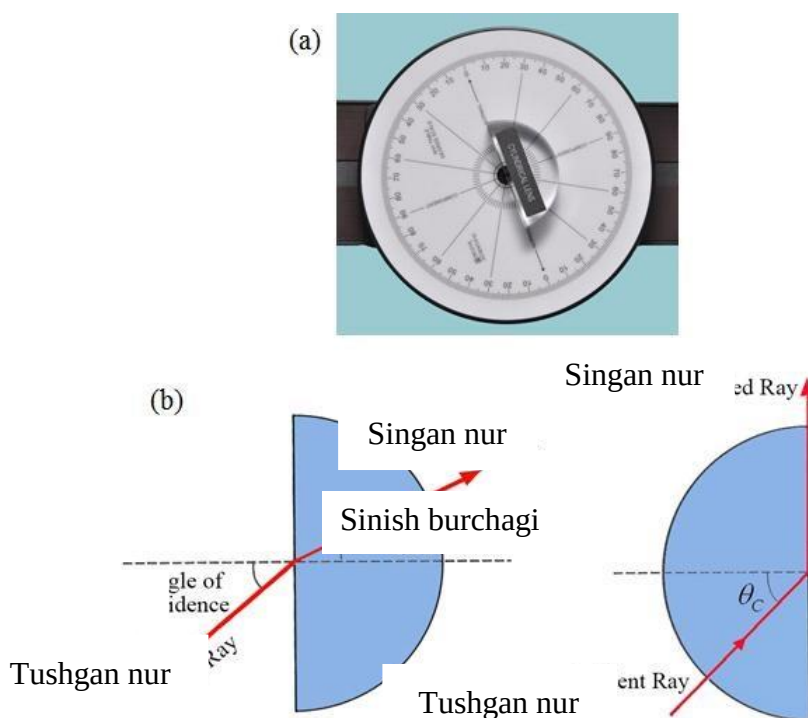
Tajriba qurilmasi



5.2-rasm. Tajriba qurilmasining ko‘rinishi

Ishni bajarish tartibi

1. D-shakildagi linzani 3-rasm (c) ko‘rinishida joylashtiring.
2. Tushish burchagini singan nur yo‘q bo‘lib qolguncha oshirib boring va kritik burchakni toping
3. Bu ishlarni 5 marta takrorlang.
4. 3-tenglikdan foydalanib sindirish ko‘rsatkichini toping.



5.3-rasm. To‘la ichki qaytish burchagining tasvirlanishi

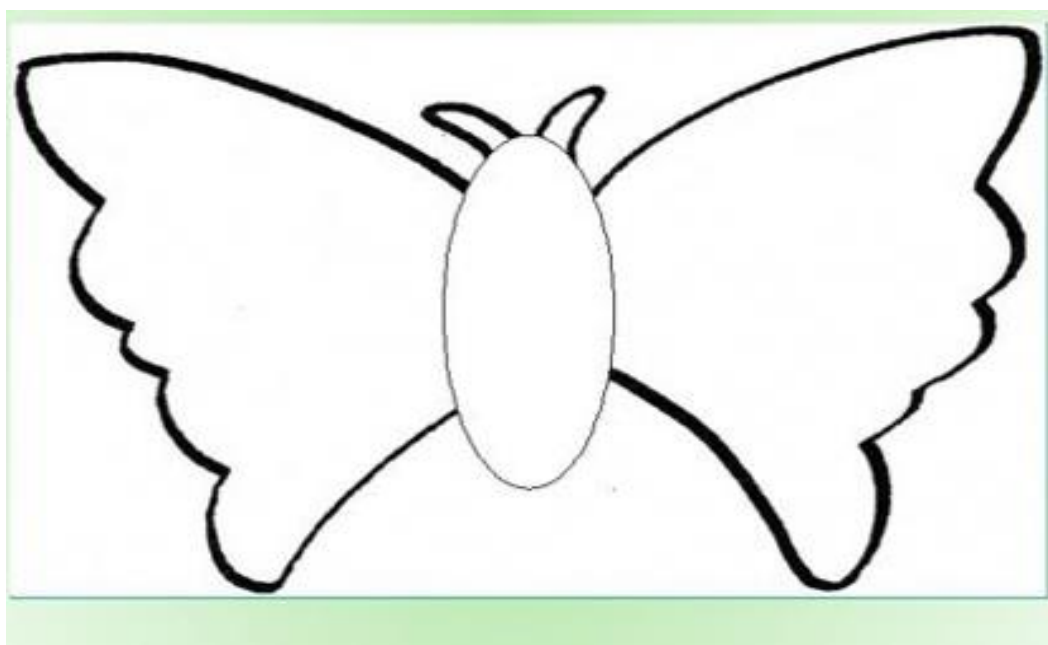
O'lchashlar va hisoblashlar natijalari 5.1-jadvalga kiritiladi.

5.1-jadval.

O'lchash va hisoblash natijalari

№	To'la ichki qaytish burchagi
1	
2	
3	
4	
5	
O'rtachasi	
Sindirish ko'rsatkichini hisoblash	

Topshiriq: mashg'ulotda olgan bilimlaringiz asosida Venn diagrammasini to'ldiring



6-laboratoriya ishi: Yorug'likning ikkilanib sinishi hodisasini kuzatish

Ishdan maqsad: oddiy bo'lmagan to'lqin sindirish ko'rsatkichining ikkilanib sinuvchi kristalda yo'nalishga bog'liqligini o'rganish; oddiy va oddiy bo'lmagan to'lqinlarning bosh sindirish ko'rsatkichlari n_0 va n_e ni aniqlash; to'la ichki qaytish hodisasini kuzatish

Kerakli asbob va jihozlar: geliy-neonli lazer nuri manbai, qo'zg'almas limbli aylanuvchi stolcha, Islandiya shpatidan yasalgan prizma, qutblagich

Yorug'lik to'lqinining izotrop muhit chegarasiga tushganida bu muhit chegarasida 1 ta to'lqin tarqaladi. Agar mabodo muhit anizotrop bo'lsa, u holda unda umuman chegaradan turli yo'nalishlarda va turli tezliklarda tarqalayotgan tarqalayotgan 2 ta to'lqin hosil bo'ladi. Bu hodisa *nurning ikkilanib sinishi* deyiladi. Bu hodisa ushbu ishda foydalanilayotgan prizmaning moddasi 1669 yili Bartolinus tomonidan Islandiya shpati kristallarida kashf qilingan.

Kristallardagi yassi to'lqinlar. Maksvellning fundamental tenglamalari kristall muhitlarda ham hech qanday o'zgarishlarsiz o'rinlidir. Elektr zaryadlari va toklari yo'q bolgan hol uchun ular quyidagi ko'rinishga ega:

$$\text{rot } \vec{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \quad \text{rot } \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}. \quad (6.1)$$

Agar mabodo muhitlar shaffof va bir jinsli bo'lsa, u holda ularda yassi monoxromatik to'lqinlar tarqalishi mumkin. Bunday to'lqinlarni kompleks ko'rinishda yozib olamiz:

$$\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(\omega t - \vec{k} \vec{r})}; \quad \vec{B} = \vec{H} = \vec{H}_0 e^{i(\omega t - \vec{k} \vec{r})}; \quad \vec{D} = \vec{D}_0 e^{i(\omega t - \vec{k} \vec{r})},$$

bu yerda ω – siklik chastota, $\vec{k}$ – to'lqin vektori, amplitudalar $\vec{E}_0$, $\vec{H}_0$ va $\vec{D}_0$ – o'zgarmas kattaliklar. $\mu=1$ bo'lganligi sababli $\vec{B}$ va $\vec{H}$ vektorlari o'zaro mos tushadi. Vaqt bo'yicha differensiallab, $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = i\omega \vec{D}$ ni olamiz, ya'ni differensiallash amali bu holda $i\omega$ ga ko'paytirishga olib kelinadi. Xuddi shunday x , y va z koordinatalar bo'yicha differensiallash $-ik_x$, ik_y , ik_z ga

ko'paytirishlarga olib kelinadi. Buni hisobga olgan holda va $\vec{e}_x$, $\vec{e}_y$ va $\vec{e}_z$ ort vektorlarini kiritib

$$\text{rot } \vec{H} = \begin{vmatrix} \vec{e}_x & \vec{e}_y & \vec{e}_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_x & H_y & H_z \end{vmatrix} = -i \begin{vmatrix} \vec{e}_x & \vec{e}_y & \vec{e}_z \\ k_x & k_y & k_z \\ H_x & H_y & H_z \end{vmatrix} = -i[\vec{k}\vec{H}]$$

ga ega bo'lamiz.

Mos holda xuddi shunga o'xshab $\text{rot } \vec{E}$ ni olamiz. Natijada (6.1) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

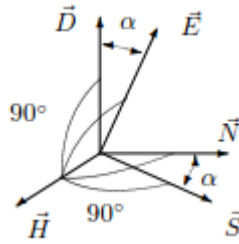
$$[\vec{k}\vec{H}] = -\frac{\omega}{c}\vec{D}; \quad [\vec{k}\vec{E}] = \frac{\omega}{c}\vec{B}.$$

To'lqin frontiga tik yo'nalishda birlik $\vec{N}$ vector va bu yo'nalishdagi frontning tarqalish tezligi v ni kiritamiz. U holda $\vec{k} = \frac{\omega}{v}\vec{N}$ va avvalgi munosabatlar quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\vec{D} = -\frac{c}{v}[\vec{N}\vec{H}]; \quad \vec{B} = \frac{c}{v}[\vec{N}\vec{E}].$$

Bundan ko'rinadiki, $\vec{D}$, $\vec{H}$ va $\vec{N}$ vektorlar o'zaro perpendikulyardir. Demak, kristalldagi yassi to'lqinlar $\vec{D}$ va $\vec{H}$ vektorlarga nisbatan ko'ndalang bo'ladi. Lekin umuman olib qaraganda ular $\vec{E}$ vektorga nisbatan perpendikulyar bo'lmaydi.

Izotrop muhitda elektr maydon kuchlanganligi vektori $\vec{E}$ va induksiya vektori $\vec{D}$ o'rtasidagi aloqa moddiy $\vec{D} = \varepsilon\vec{E}$ tenglama orqali beriladi. Bu yerda ε – yo'nalishga bog'liq bo'lmagan o'zgarmas kattalik bo'lib, *dielektrik singdiruvchanlik* deyiladi. Anizotrop bo'lgan muhitning optik xossalarini tavsiflash uchun dielektrik singdiruvchanlik tenzorini tashkil qiluvchi 9 ta ε_{ij} qiymatlari zarur bo'ladi. Bu tenzor quyidagi munosabatlar orqali kiritiladi:



6.1-rasm. Anizotrop muhitda $\vec{D}$, $\vec{E}$ va $\vec{N}$ va $\vec{S}$ vektorlar joylashuvi

$$D_i = \sum_j \varepsilon_{ij} E_j \quad (i, j = x, y, z).$$

Kristallarda $\vec{D}$ va $\vec{E}$ vektorlar o'rtasidagi aloqaning tenzorlik xususiyatiga ega ekanligidan, umuman olib qaraganda ular o'zaro mos tushmaydi. $(\vec{E}, \vec{H})$ tekislik shunday xususiyatiga egaki, unga o'tkazilgan perpendikulyar Poynting vektori $\vec{S} = \frac{c}{4\pi} [\vec{E} \vec{H}]$ yo'nalishini, ya'ni yorug'lik nurlari yo'nalishini aniqlaydi. 4 ta $\vec{D}$, $\vec{E}$, $\vec{N}$ va $\vec{S}$ vektorlar $\vec{H}$ vektoriga perpendikulyar bo'lgan 1 ta tekislikda yotadi. Bu vektorlarning o'zaro joylashuvi 1-rasmda keltirilgan.

Optik jihatdan bir o'qli kristallar. Dielektrik singdiruvchanlik tenzorining mumkin bo'lgan barcha qiymatlari to'plamini 3 o'qli ellipsoid ko'rinishida tasvirlash mumkin. Har qaysi yo'nalish uchun dielektrik singdiruvchanlikning qiymati shu yo'nalish bo'yicha o'tkazilgan ellipsoidning radius vektori uzunligi orqali ifodalanadi. Dielektrik singdiruvchanlikning ellipsoid o'qlariga mos tushuvchi 3 ta ε_x , ε_y va ε_z yo'nalishlari *dielektrik singdiruvchanlikning bosh qiymatlari* va mos holda – $\sqrt{\varepsilon_x}$, $\sqrt{\varepsilon_y}$, $\sqrt{\varepsilon_z}$ lar – *bosh sindirish ko'rsatkichlari* deyiladi.

Ellipsoidning o'qlari bilan mos tushuvchi koordinatalar tizimida dielektrik singdiruvchanlik tenzori diagonal shaklga keltiriladi hamda $\vec{D}$ va $\vec{E}$ vektorlarning koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari quyidagi oddiy munosabatlar orqali bog'langan bo'ladi:

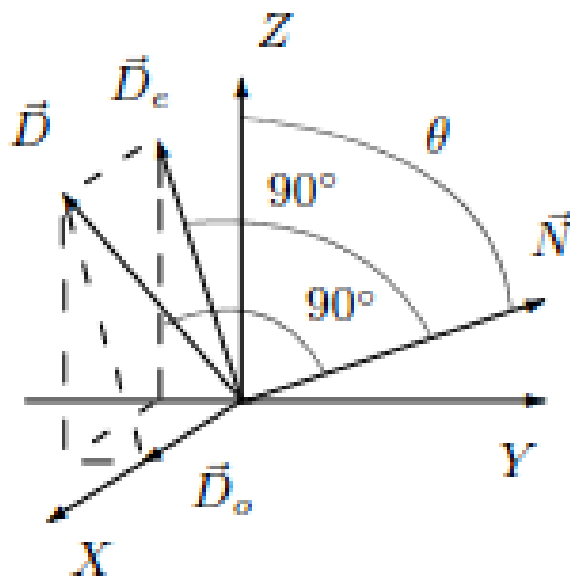
$$D_x = \varepsilon_x E_x, \quad D_y = \varepsilon_y E_y, \quad D_z = \varepsilon_z E_z.$$

Island shpati kabi optik jihatdan bir jinsli kristalda ellipsoidning dielektrik singdiruvchanligi aylanish ellipsoidini tashkil qiladi. Unda optik o'q ellipsoid dielektrik singdiruvchanligi aylanish o'qi bilan ustma-ust tushadi. Dielektrik singdiruvchanlikning bosh qiymatlari uchun quyidagi belgilashlar

qabul qilingan: $\varepsilon_z = \varepsilon_{||}$ va $\varepsilon_x = \varepsilon_y = \varepsilon_{\perp}$. Keyinchalik bizga $\vec{D}$ va $\vec{E}$ vektorlarning kristall optik o'qlariga va o'qqa perpendikulyar bo'lgan tekislikka proyeksiyalari ($\vec{D}_{||}$ va $\vec{E}_{||}$ hamda $\vec{D}_{\perp}$ va $\vec{E}_{\perp}$) o'rtasidagi aloqa kerak bo'ladi:

$$\vec{D}_{||} = \varepsilon_{||}\vec{E}_{||}, \quad \vec{D}_{\perp} = \varepsilon_{\perp}\vec{E}_{\perp}.$$

Bir jinsli kristalda tarqalayotgan to'liqinni 2 ta chiziqli qutblangan to'liqlar: elektr induksiya vektori $\vec{D}_0$ bosh kesimga perpendikulyar bo'lgan oddiy va elektr induksiya vektori $\vec{D}_e$ bosh kesimida yotuvchi oddiy bo'lmagan to'liqlarga ajratish mumkin (6.2-rasm). Kristallning optik o'qi yotuvchi va to'liq frontiga tik yo'nalgan kesimga *kristallning bosh kesimi* deyiladi. Keling, avvaliga elektr induksiya vektori $\vec{D}_0$ bosh kesimga perpendikulyar bo'lgan oddiy to'liqinni ko'rib chiqaylik. U holda $D_{0z} = 0$ va $D_z = \varepsilon_z E_z$ shartidan $E_{0z} = 0$ ekanligi kelib chiqadi.

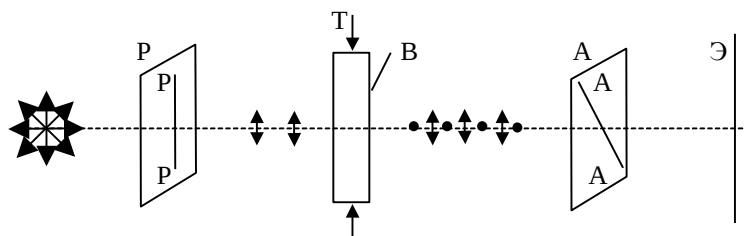


6.2-rasm. Anizotrop muhitda $\vec{N}$ va $\vec{D}$ vektorlarning joylashuvi: ($\vec{D} = \vec{D}_0 + \vec{D}_e$; $\vec{D}_0 \perp \vec{D}_e$; $\vec{D} \perp \vec{N}$); $\vec{N}$ va $\vec{D}_e$ vektorlar (Z,Y) tekisligida yotadi; $\vec{D}_0$ (Z,Y) tekisligiga perpendikulyar.

Qurilmaning ishlash prinsipi

PP nurlagichdan yassi qutblangan nurlar chiqadi va unga qo'yilgan siquvchi va cho'zuvchi T kuchlanishlar (siqish yoki chozish deformatsiyalari) sababli ikkilanib sinish xususiyatiga ega bo'lgan B

namunaga kelib tushadi. B namunada nurlar ikkiga ajraladi va A analizatorga oddiy va oddiy bo'lmagan nurlar kelib tushadi. A analizator bu nurlarni 1 ta tekislikka keltiradi va $\mathfrak{E}$ ekranda interferensiya manzarasi kuzatiladi (1-rasm).



6.3-rasm. Eksperimental qurilmaning prinsipial sxemasi

Bir tomonlama qisihda siqish yo'nalishi optik o'q bo'lib xizmat qiladi. Agar mabodo namunaga tushuvchi nurlar namuna optik o'qiga perpendikulyar bo'lsa, u holda namunaga qo'yilgan normal kuchlanish quyidagicha aniqlanadi:

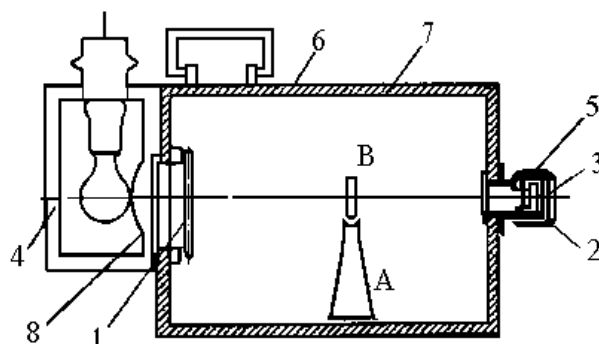
$$T = \frac{n_0 - n_e}{k},$$

bu yerda k – modda materialining elastiklik xossalarini tavsiflovchi fotoelastiklik koeffitsiyenti. Qalinlik d ga teng bo'lganida namunadan chiqayotgan oddiy va oddiy bo'lmagan nurlar o'rtasidagi optik farq quyidagicha aniqlanadi:

$$\delta = k T d = (n_0 - n_e) d.$$

Interferension manzara murakkab ko'rinishga ega bo'lishi mumkin, shu sababli ham jismdagi kuchlanishlar taqsimotining umumiy manzarasini bosh o'rta normal kuchlanishlar uchun tuzish mumkin. Optik jihatdan bu joylar xuddi o'sha nurlar yo'li farqiga javob beradi va oq nurda kuzatilganda izoxromatik chiziqlar hosil bo'ladi.

Ushbu ishda shaffof detallardagi kuchlanishlarni o'rganish polyariskop yordamida olib boriladi. Qurilmaning ishlash prinsipi va tuzilishi quyidagicha (6.4-rasm).



6.4-rasm. Eksperimental qurilmaning sxematik tasvirlanishi

4 yorituvchidan yorug‘lik nurlari dastasi 8 “matoviy” shisha va 1 qutblagichdan o‘tib qutblagichdan yassi qutblangan dasta bo‘lib chiqadi va polyariskop korpusi ichiga joylashtirilgan A taglikka o‘rnatilgan B sinalayotgan shaffof namunaga tushadi.

6 polyariskop korpusi yog‘ochdan yasalgan. Agar mabodo namunada ichki deformatsiyalar mavjud bo‘lsa, u namunadan chiquvchi holda oddiy va oddiy bo‘lmagan nurlar qo‘yilgan kuchlanishga bog‘liq ravishda katta va kichi qiymatli yo‘llar farqiga ega bo‘ladi. 2 analizator oddiy va oddiy bo‘lmagan nurlar tebranishlarini 1 ta tekislikka olib keladi va natijada nurning interferensiyasi kuzatiladi. Interferensiya manzarasi 3 okulyarda kuzatiladi.

Ishni bajarish tartibi

Kuchlanishlar manzarasini kuzatish

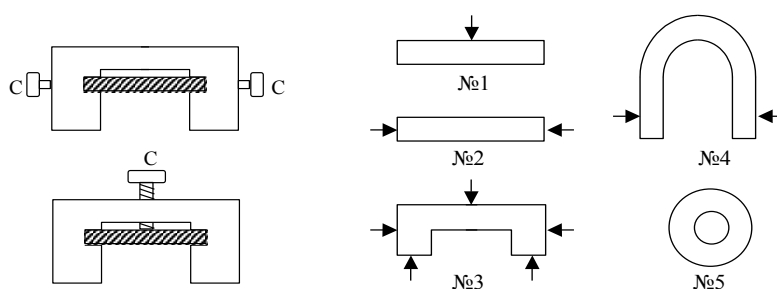
1. yoritkich lampasi o‘zgaruvchan tok manbaiga ulanadi.
2. 5 muftani qutblagich va analizator “krest” holatiga kelgunicha buraladi (ya’ni maksimal xira holatiga erishiladi).
3. Namuna, 3 shaffof model’ (6.2-rasm) qismasdan siqish uchun pressga o‘rnatiladi (6.3-rasm), A stolga qutblagich va analizator o‘rtasiga joylashtiriladi. 3 okulyarda namuna holati kuzatiladi. Keyin model’ chiqarib olinadi va C vintni biroz burab kuchlanish (siqish deformatsiyasi) beriladi. Model’ qutblagich va analizator o‘rtasiga joylashtiriladi va 3 okulyarda kuzatib, maksimal yorqinlikdagi interferension manzarani olish uchun model’ buraladi. Interferensiya manzarasi ko‘rib chiqiladi va izoxramatik chiziqlar chiziladi.
4. Xuddi shunday harakatlar 4- va 5-modellar bilan (ularni turli xilda joylashtirib) ham qilinadi.

5. 1- va 2-modellar qayrib sinab ko‘riladi. Bu sinovlarda quyidagilarga: birinchidan, boshqa rangli izoxramatik chiziqlar o‘rtasidagi yaqqol seziluvchi qora chiziq yo‘nalishiga; ikkinchidan, chiziq plastinkaning vintlar bevosita ta’sir qiluvchi joylaridagi egilishlariga e’tibor berish zarur.

Qora chiziq egilishning neytral qatlamiga mos keladi, vintning tayanch nuqtalari yaqinidagi chiziqlar egilishlari bo‘lsa kuchlanishlar taqsimotining bir jinsli emasligini ko‘rsatadi. Egilish deformatsiyasida qavariq tomonga yaqinroq bo‘lib yotgan sterjen’ qatlamlari cho‘zilishga, botiq tominiga yaqinroq bo‘lib yotgan qatlamlari bo‘lsa siqilishga uchraydi.

Siqish va cho‘zish sohalari o‘rtasida uzunligi egilishda o‘zgarmaydigan juda yupqa qatlam joylashgan bo‘lib, u neytral qatlam deyiladi.

Oddiy va oddiy bo‘lmagan nurlar uchun sindirish ko‘rsatkichlari farqini aniqlash



6.5-rasm. Tajribani o‘tkazish sxemasi

1. 5 mufta orqali 1 ta to‘lqin uzunligiga 1 farq beradigan plastinka kiritiladi. Sezgir plastinkani kiritish kuzatish maydoniga moyli binafsharang tus beradi.

2. Namunaga kuchlanish beriladi, u qurilma stoliga joylashtiriladi va yorqin interferensiyon manzara olingunicha buraladi. Kuzatilgan rangga qarab yo‘l farqi quyidagi jadvaldan topiladi.

Kuchlanish qo'yilgan namunadagi interferension ranglarning yo'llar farqiga bog'liqligi

6.1-jadval

Rang	Yo'llar farqi δ , nm	rang	Yo'llar farqi δ , nm
Sariq	325	qizil	25
sariq-yashil	275	pushti	130
yashil	200	och sariq	200
havorang-yashil	145	sariq	260
havorang	115	oq	310
moyli binafsha	0		

3. Ushbu formuladan ma'lum bir bironta rang uchun turli d qalinliklardagi 3 ta namunalar uchun oddiy va oddiy bo'lmagan nurlarning namuna sindirish ko'rsatkichlari farqi hisoblanadi:

$$n_0 - n_e = \frac{\delta}{d}$$

Topshiriq: mashg'ulotda olgan bilimlaringiz asosida 6.2-jadvalni to'ldiring

6.2-jadval

t/r	Bilardim	Bilib oldim	Bilishni istayman
1			
2			
3			
4			
...			

Nazorat savollari

1. Izotrop va anizotrop moddalarga ta'rif bering
2. Qaysi rang qutblangan deb ataladi?
3. Nurning ikkilanib sinishi deganda nimani tushunasiz? Nima sababdan nurning ikkilanib sinishidan olingan nurlar oddiy va oddiy bo'lmagan nurlar deb ataladi?
4. Kristalning optik o'qi deb nimaga aytiladi?

5. Qanday hodisaga dicroizm deyiladi va analizator olish uchun undan qanday foydalaniladi?
6. Nurning ikkilanib sinishi qanday izohlanadi?
7. Kristalldagi oddiy va oddiy bo'lmagan nurlar to'ldirish sirtini chizing va tushuntiring.
8. Qaysi bir o'qli kristallar musbat, qaysilari manfiy kristallar deyiladi?
9. Qanday sharoitlarda qutblangan nurlar interferensiyalanadi?
10. Qutblangan nurlar interferensiyasini olish uchun nimalar ishlatiladi?
11. Nima sababdan oddiy va oddiy bo'lmagan nurlar olish uchun kristall plastinkaga yassi qutblangan nur tushishi kerak?
12. Elliptik qutblangan nurni qisman qutblangan nurdan farqlash uchun nima ishlatiladi?
13. Qanday sharoitlarda sun'iy ikkilanib sinish hosil bo'ladi?
14. Izoxromat nima?
15. Kerr effekti qanday tushuntiriladi?
16. Kotton-Muton effektining mohiyati nimadan iborat?
17. Polarisoskop qurilmasining ishlash prinsipi va tuzilishini tushuntiring.

7-laboratoriya ishi:

Interferometr yordamida gazlarning sindirish ko'rsatkichini aniqlash

1. Ishning maqsadi

Interferometr ishlashini o'rganish va undan foydalanib gazlarning sindirish ko'rsatkichini aniqlash

2. Kerakli asboblari

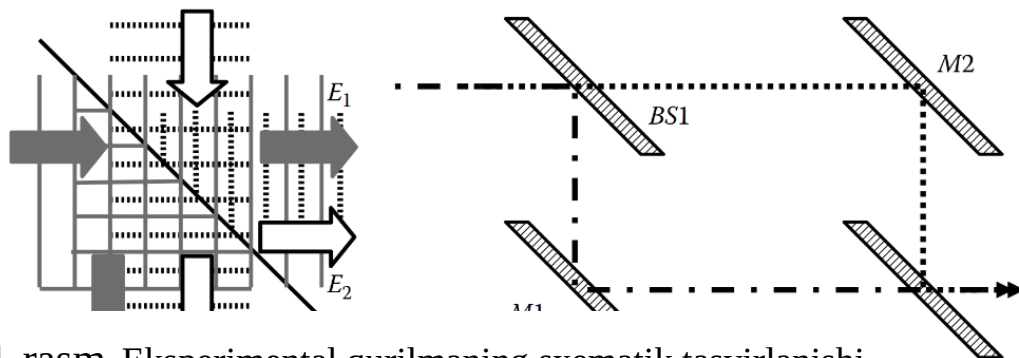
1. Lazer nuri manbai
2. Interferometr yasash uchun kerak bo'ladigan uskunalari
3. Fotodetektor

3. Qisqacha nazariya

Maksvell tenglamalari **E**, **D**, **B** va **H** lar uchun chiziqli va agar biz chiziqli materiallar bilan ishlasak (yani **D** va **E**, shuningdek **B** va **H** o'zaro

chiziqli bog‘langan) natijaviy to‘lqin tenglamasi ham chiziqli bo‘ladi. Bu munosabatlar **chiziqli superpositsiya** tamoyilining bajarilishini ta‘minlaydi.

Biz chiziqli superpositsiya uchun oddiy misol bilan boshlaymiz. To‘lqin



7.1-rasm. Eksperimental qurilmaning sxematik tasvirlanishi

ikki dielektrik chegarasiga 45° da chap tomondan tushmoqda (7.1A-rasm).

7.1-rasmda kogerent qo‘shish. (A) Ikkita to‘lqin dielektrik yuzasida qayta qo‘shilgan. (B) Odatda shu ikki to‘lqin bir manbadan interferometr yordamida olinadi.

Bu to‘lqinning bir qismi qaytib pastga qarab tarqaladi va yana bir qismi esa o‘tib E_1 o‘ng tomonga tarqaladi. Tepadan pastga qarab boshqa to‘lqin kiritilsin. Buning ham bir qismi dielektrik yuzasidan qaytadi E_2 va o‘tadi. O‘ng tarafga yo‘nalgan to‘lqinlar qo‘shiladi va natijaviy maydon

$$E = E_1 + E_2 \quad (7.1)$$

Shunga o‘xshab, pastga tarqalayotgan to‘lqinlar ham qo‘shiladi. Ikkita har xil manba yorug‘liklarini qo‘shish qiyin. Misol uchun ikkita geliy-neon lazerlarini olaylik $\lambda = 632.8nm$. Chastotasi esa $f = c / \lambda = 473.8THz$. Ikkita lazer o‘rtasida doyimiy faza farqini 1 s davomida saqlash uchun ularning spektral kengliklari 1Hz bo‘lishi kerak. Ammo geliy-neon lazerining spektral kengligi 1.5 GHz atrofida. Shuning uchun, kogerent qo‘shish ishlatadigan ko‘p optik tizimlar qo‘shiluvchi dastalarni bir manbadan oladi (1B-rasm). 1B-rasmdagi dasta-bo‘lgichlar (yarim shaffof oynalar) BS1 va BS2 dielektrik plastinkalardan yasalgan bo‘lishi mumkin. Qanday dasta-bo‘lgich ishlatilishidan qat’iy nazar, bu konfiguratsiya (1B) **Max-Zender interferometri** deb yuritiladi.

1. MAX–ZENDER INTERFEROMETRI

Max–Zender interferometrining oddiyligini hisobga olsak, bu boshlash uchun yaxshi nuqta. 1B-rasmda ko'rsatilganidek yakka manbadan kelayotgan yorug'lik ikki yo'lakka bo'lib olinadi. Birinchi dasta-bo'lgichdan bo'lingan yorug'liklar ko'zgularni 'to'g'ri' joylashtirish orqali yana dasta-bo'lgichda uchrashtirish mumkin. Buni **qo'shuvchi dasta-bo'lgich** desak bo'ladi. Yorug'liklarning birining yo'lga shaffof yoki qisman shaffof materiallarni qo'yib ularning to'lqin tarqalishiga ta'sirini o'rganishimiz mumkin. Yuqori sindirish ko'rsatkichli materiallarda yorug'lik sekinlashadi va boshqa yorug'lik bilan qo'shilishda yuzaga kelgan faza farqi tufayli har xil interferension manzara kuzatiladi.

Shunday qilib, Max–Zender interferometri materiallarning sindirish ko'rsatkichini yoki sindirish ko'rsatkichi ma'lum bo'lgan materialning uzunligini o'lchash uchun foydali ekan.

Asosiy prinsiplari

Ba'zi to'lqinlar uchun bevosita maydonni o'lchashimiz mumkin. Misol uchun, okeyanshunosh okean to'lqinlarining baladligini o'lchashi mumkin. Akustik muhandis to'lqin natijasidagi bosimni o'lchashi mumkin. Hattoki, radio chostotali elektromagnit to'lqinning elektr maydonini o'lchasa bo'ladi. Ammo optik chastotani bevosita o'lchash mumkin emas. Biz o'lchashimiz mumkin bo'lgan fundamental birlik bu energiyadir, demak yuzasi ma'lum bo'lgan qabul qilgich bilan ma'lum vaqt oraliqida Poynting vektorining qiymatini o'lchash mumkin, ya'ni intensivlik:

$$I = \frac{|E|^2}{Z} = \frac{EE^*}{Z}. \quad (7.2)$$

1-tenglamadagi maydonlar uchun

$$I = \frac{(E_1^* + E_2^*)(E_1 + E_2)}{Z}.$$

Bu tenglamani yoyib intensivlik uchun foydali bo'lgan ifodani 3-tenglamani topamiz

$$I = \frac{E_1^*E_1 + E_2^*E_2 + E_1^*E_2 + E_2^*E_1}{Z}. \quad (7.3)$$

Bu tenglamadgi 1 va 2-hadlar qo‘shilayotgan yorug‘liklarning amplitudasiga bog‘liq 3 va 4-hadlar esa ikkalasining amplitudalari va ular orasidagi fazalar farqiga bog‘liq. Bu oxirgi ikki hadni **aralashma**

$$I_{aralashma} = \frac{E_1 E_2^*}{Z} \quad \text{va} \quad I_{aralashma}^* = \frac{E_2 E_1^*}{Z}. \quad (7.4)$$

hadlar deymiz. Optik qabul qilgichlarda yuzaga kelgan toklar unga tushayotgan quvvatga to‘g‘ri

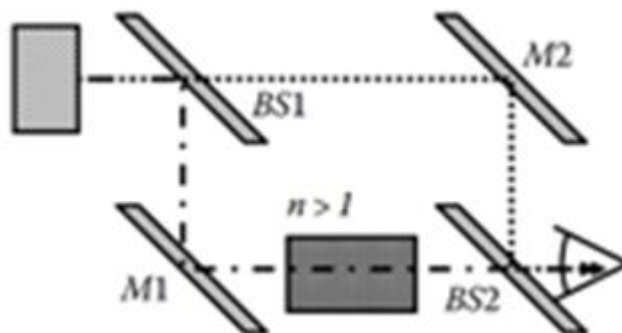
$$|I_{aralashma}| = |I_{aralashma}^*| = \sqrt{I_1 I_2}. \quad (7.5)$$

proporsional. Bu aralashma hadlarning modullari

Aralashma had $I_{aralashma}$ kompleks son, ammo u ham $I_{aralashma}^*$ ga qo‘shilgan holda keladi. Ularning mavhum qismlari yig‘indida yeyishadi va haqiqiy qismlari qo‘shiladi, demak

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1), \quad (7.6)$$

bunda $E_1 = \sqrt{I_1 Z} e^{j\varphi_1}$, $E_2 = \sqrt{I_2 Z} e^{j\varphi_2}$ va fazalar optik yo‘lga ℓ bo‘g‘liq, $\varphi = k\ell$. 7.2-rasmdagi kabi qalinligi ℓ_c gaz idish optik yo‘lga joylashtirilgan. Agar gaz bosimini o‘zgartirsak, u holda uning sindirish ko‘rsatkichi va natijada qabul qilgichdagi intensivlik ham o‘zgaradi.



7.2-rasm. Max–Zender interferometri. Gazning sindirish ko‘rsatkichi fazasini o‘zgarishiga olib keladi. Interferensiya manzarasini kuzatish orqali gazning sindirish ko‘rsatkichini aniqlash mumkin.

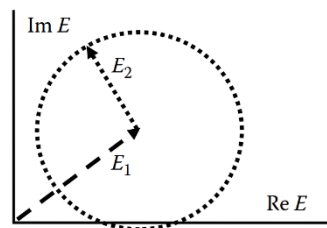
Buning sababi nima? Bosim o'zgarsa gazning sindirish ko'rsatkichi o'zgaradi va bu o'z navbatida undan o'tayotgan yorug'likning fazasini va optik yo'lini o'zgartiradi:

$$\Delta = \delta(nl_c),$$

Agar idishning fizik uzunligi l_c doimiy bo'lsa, faza o'zgarishi

$$\delta\varphi_1 = k\Delta = 2\pi \frac{\Delta}{\lambda} = 2\pi \frac{l_c}{\lambda} \delta n.$$

Optik yo'l butun to'lqin uzunligiga farqlanganda uning fazasini 2π ga o'zgaradi. Faza o'zgarganda mos ravishda 3-tenglmaga ko'ra intensivlik ham o'zgaradi. Kogerent qo'shish 7.3-rasmda ko'rsatilgan.



7.3-rasm. Kompleks yig'indi. Ikkita kompleks sonning yig'indisining amplitudasi qo'shiluvchilarning amplitudalari o'zgarmasa ham o'zgaradi.

Bu rasmda E_1 o'zgarmas va E_2 esa o'zgarmas amplituda va o'zgaruvchan fazaga ega. Fazasi bir xil bo'lsa ularning yig'indisi maksimum bo'ladi. Fazalari π ga farq qilsa, yig'indi minimum bo'ladi. Intensivliklar teng bo'lsa kontrast maksimum bo'ladi.

Agar fazalar farqi kichkina bo'lsa, intensivlikni o'lchab uning fazaga bog'liqligini topishimiz kerak. $\phi_2 - \phi_1 = 0$ da masala muammoli. Chunki

$$\frac{dI}{d(nl_c)} = 2\sqrt{I_1 I_2} [-\sin(\varphi_2 - \varphi_1)] \frac{2\pi}{\lambda} = 0, \quad \varphi_2 - \varphi_1 = 0.$$

Agar interferometerdagi faza farqini 90° (kvadrat nuqtasi) da ushlansa, uning sezgirligi maksimum bo'ladi.

Misol uchun, agar $\lambda=500 \text{ nm}$ va $l_c = 1 \text{ sm}$, $d\varphi/dn=1.25 \times 10^5$, sindirish ko'rsatkichning

$\varphi_2 - \varphi_1 = \pi/2$
 10^{-6} ga o'zgarsa u 125 mrad faza o'zgarishini paydo qiladi. Agar $I_1 = I_2 = I/2$ bo'lsa bizning misolda

$$\frac{dI}{d(nl_c)} = \frac{2\pi}{\lambda} I \quad \delta(nl_c) = \frac{\lambda}{2\pi} \frac{dI}{I}. \quad (7.7)$$

va 10^{-6} ga o'zgarishi

$$\delta I = 1.25 \times 10^5 \times I \times \delta n = 0.125 \times I;$$

$$\frac{dI}{dn} = I \times 2\pi \frac{l_c}{\lambda} = 1.25 \times 10^5 \times I,$$

intensivlikning qiymati 12 % ga o'zgaradi. Bu o'zgarish oson o'lchanadi. 7.7-tenglamadan foydalanib interferometr yordamida sindirish ko'rsatkichi va uzunlikdagi juda kichkina o'zgarishlarni sezish mumkin:

$$\delta(nl_c) = l_c \delta n + n \delta l_c = \frac{\lambda}{2\pi} \frac{dI}{I}$$

O'lchashlar va hisoblashlar

Lazer to'lqin uzunligi: $\lambda = \underline{\hspace{2cm}} \text{ nm}$,
 interferometr qo'zg'almas yelkasi uzunligi: $R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$

Tajriba natijalari

7.1-jadval.

Tartibi <i>m</i>	1		2	
	Gazning uzunligi	Intensivlik	Yelka uzunligi (Gaz uzunligi o'zgarmas)	Intensivlik
1				
2				
3				
4				
			O'rtacha	

Topshiriq: mashg'ulotda olgan bilimlaringiz asosida 7.2- jadvalni to'ldiring:

7.2-jadval

men bilaman	yangi axborot	men bilganimga zid	meni o'ylantirib qo'ydi

8-laboratoriya ishi:
**Yorug'lik dodi spektral xarakteristikalarini spektrofotometr
yordamida o'rganish**

Spektrofotometrlarning ishlash prinsiplari

Spektrometriya usullari monoxromatik yorug'lik oqimining yutilishi (qaytishi) darajasini o'lchashga asoslangan bo'lib, bunda boshqa faktorlarning ta'siri minimal qiymatga keltirilib, qurilmaning sezgirliigi va o'lchash aniqligi ortadi.

Barcha spektrofotometrlar 2 ta prinsipial sxemalarga asoslangan. Birinchi sxemada namunaga monoxromator tomonidan modulyatsiyalangan ma'lum bir to'lqin uzunligidagi yorug'lik oqimi yuboriladi. O'tkazilgan oqim kiruvchi va chiquvchi oqimlardagi farqni o'lchovchi foto qabul qilgichga yo'naltiriladi. Ikkinchi sxemada esa namunaga to'g'ri yorug'lik manbaidan nurlanish yuboriladi, keyin namuna monoxromatordan o'tgan bir necha nanometrli tor tasmali spektr oqimiga ajratadi hamda u nurlanish uchun foto qabul qilgichga kelib tushadi.

Spektrofotometrlarning 2 ta asosiy konstruksiyasi: bitta nurli va 2 ta nurli bo'ladi. 2 ta nurli spektrofotometrda 1 ta nur o'rganilayotgan namunaga, 2-si etalonga tushadi. 1 ta nurli qurilmada o'lchashlar korrelyatsiya koeffitsiyenti yordamida olib boriladi. 2 nurli spektrofotometrlarning o'lchash aniqligi yaxshiroq bo'lib, natijalar takrorlanishining yuqori darajasiga erishishga imkon beradi hamda ular atrof-muhit parametrlari o'zgarishlariga kamroq sezgir bo'ladi.



8.1-rasm. Spektrofotometrning ko'rinishi

Spektrofotometrlarni qo'llash

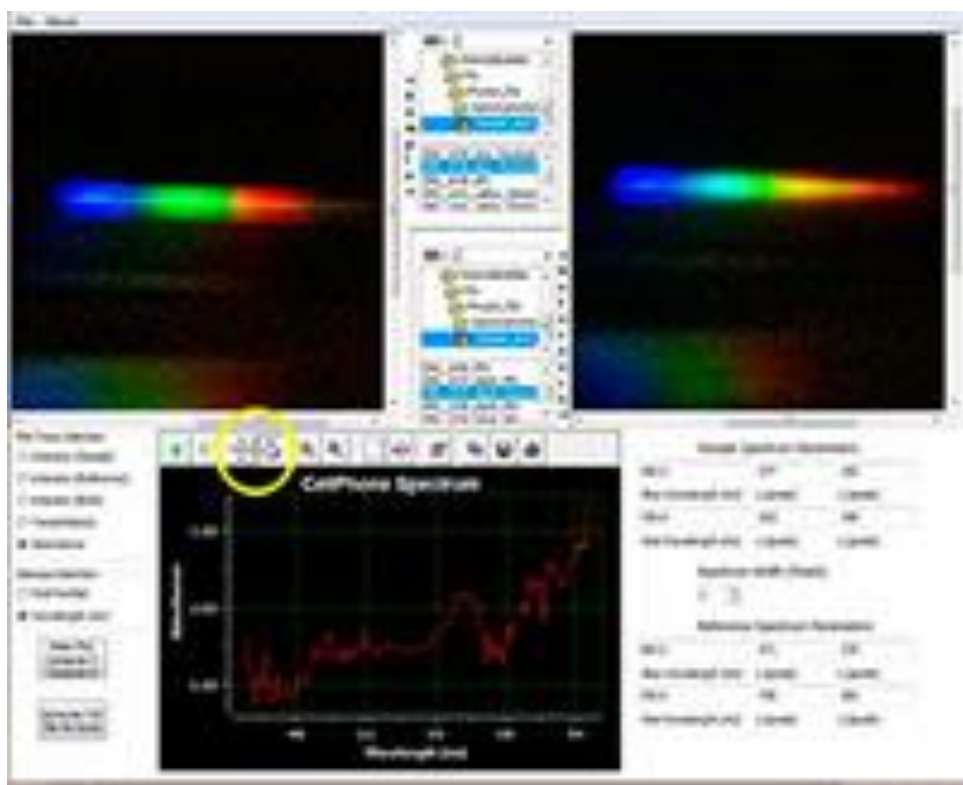
Spektrofotometrlar asosan quyidagi maqsadlarda qo'llaniladi:

- meditsina, biologik izlanishlar, analitik kimyo, farmatsevtikada moddalar konsentratsiyasini aniqlash uchun;
- aralashmalardagi optik zichlik va uning o'zgarishi tezligini o'lchash uchun;
- moddalarni tanib olish, moddalar tozaligi (kirishmalar borligi)ni aniqlash uchun;
- moddalar, kimyoviy reaktivlar, turli xildagi namunalar tuzilishi va tarkibini o'rganish uchun;
- poligrafiya, sanoatda rang (lak bo'yoq, tekstil, kimyoviy, oziq-ovqat, kosmetika va hokazolar)ni baholash uchun;
- ilmiy izlanishlar, astronomiya, fizika, biologiyada spektal tahlil qilish uchun.

Spektrofotometr qanday tanlanadi?

Spektrofotometrni tanlashda qo'yilgan masalani yechish uchun zarur bo'lgan asosiy parametrlarini oldindan aniqlab olish zarur. Barcha qurilmalarni 2 ta katta guruhlariga ajratish mumkin:

- portativ;
- statsionar.



8.2-rasm. Spektrofotometr orqali olingan tahlilning fotosurati

Portativ qurilmalarning og'irligi va o'lchamlari uncha katta bo'lmaydi, ularni o'zi bilan yo'ga olib yurish mumkin, ular ishlab chiqarishdagi shoshilinch o'lchashlar uchun qulaydir. Statsionar qurilmalar bo'lsa laboratoriyalarda o'rnatish uchun mo'ljallangan bo'lib, ular yanada aniqroq va murakkabroq bo'lgan o'lchashlarni amalga oshirishga imkon beradi. Bunday spektrofotometrlar kompyuterga ulash, arxivlash, printerdan chiqarish va ma'lumotlarni qayta ishlash uchun interfeysga ega bo'ladilar.

Kimyoviy tahlil muhim bo'lgan hollarda texnik tavsiflardan quyidagilarni hisobga olish zarur:

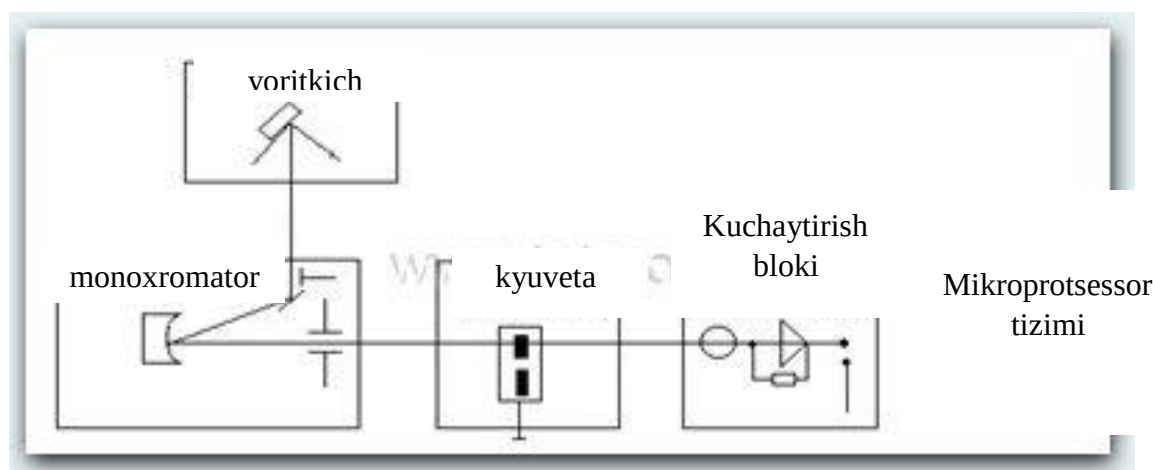
- spektral diapazonni;
- to'liq uzunligi tanlanishi aniqligini;
- natijalar takrorlanuvchanligining tavsifini;
- qurilmaning funksionalligini, u yoki bu o'lchashlarni amalga oshirishning mumkinligini, natijalarni qulay ko'rinishda olishni;
- narxini;
- o'lchamlari va og'irligi (agar gap portativ qurilma ustida ketayotgan bo'lsa);
- namunalar uchun bo'limlar o'lchamlar (agar gap statsionar qurilma ustida ketayotgan bo'lsa, chunki ular namunaga mos kelishi zarur).

Qo‘shimcha ravishda kyuveta, Petri chashkalari mavjudligini e‘tiborga olish zarur.



8.2-rasm. Spektrofotometr namunasi.

Spektrofotometrlarning turlari, qurilmasi va ishlash prinsipi



8.3-rasm. Spektrofotometr qurilmasining prinsipial sxemasi

Adsorbsiyali spektrofotometrlar turlari

1. Kolorimetrlar va fotokolorimetrlar

Fotokolorimetrlar bu bo‘yalgan modda miqdorini ko‘rinadigan nurlar qismidagi elektromagnit spektrning yutilish va o‘tkazish kattaliklarini o‘lchash usulida aniqlashga mo‘ljallangan qurilmalardir.

2. Spektrofotometrlar

Spektrofotometrning fotokolorimetrdan asosiy farqi o‘rganilayotgan namuna orqali nafaqat 380-760 nm li ko‘rinadigan nurning, balki yana yaqin ultrabinafsha nurlar 200-300 nmli barcha diapazondagi to‘lqin uzunliklarini

skanerlab har qanday zarur yorug'lik oqimini o'tkazish, fotometrik o'lchashlar olib borish mumkin.

Spektrofotometrlarning qayd etib o'tilgan juda muhim ish rejimi – skanerlash rejimining maqsadi bu – spektral yutilish (adsorbsiya) egri chizig'ini chizish va undagi cho'qqilarni topish hamda interferensiya jarayonlarini o'rganish va spektrofotometrik o'lchashlardagi noto'g'ri natijalarga olib keluvchi aldamchi cho'qqilarni izlashdir.

3. Ikki to'liqinli spektrofotometrlar

O'tgan asr 50-yillari boshlarida Brayton Chans kuchli sochilayotgan va loyqa namunalar yutilishining juda ham kichik bo'lgan o'zgarishlarini o'lchashlarning yangi usulini taklif qilgan. Bu yerdagi asosiy g'oya juda oddiy: ikkita nurli spektroskopiyada namunali 2 ta kyuveta taqqoslash orqali 1 ta o'zgaruvchan to'liqin uzunligiga ega bo'lgan nur bilan nurlantirilayotgan bir vaqtda, ikkita to'liqinli absorbsion spektrofotometriyada faqatgina 2 ta turli to'liqin uzunliklariga ega bo'lgan nurlantiriluvchi namunali 1 ta kyuveta ishlatiladi va 1 va 2 o'rtasidagi yutilishlar farqi o'lchanadi.

To'liqin uzunligi bo'yicha ajrata olish qobiliyati bu yerda yorug'lik kuchidan farqli ravishda ikkinchi darajali ahamiyatga ega bo'ladi. Shuning uchun han ikki to'liqinli spektrofotometr “monoxromator”i sifatida tor tasmali interferension filtrlarni ishlatasa ham bo'ladi. Ular to'liqin monoxromatorlarnikiga nisbatan kattaroq bo'lgan yorug'lik kuchiga ega bo'ladi. 1 va 2 to'liqin uzunliklariga ega bo'lgan 2 ta nurlar 30 dan to 100 Gerts chastotalar bilan tebranuvchi ko'zgu orqali almashlab namuna nurlantiriladi. Mos I(1) va I(2) signallar faza sezuvchan kuchaytirgichning kirish qismiga kelib tushadi, chiquvchi signal bo'lsa ma'lum o'zgarishlardan so'ng qayta ishlash uchun komp'yuterga uzatiladi. Namuna solingan kyuveta doimiy harorat o'lchashlarni ta'minlab beruvchi maxsus thermostat ushlagichga joylashtiriladi.

4. Fotodiod panjarali spektrofotometrlar

Spektrofotometrlarning maxsus turi bo'lib fotodiod panjarali qurilmalar yoki matritsa (PDA)lar hisoblanadi. Bu yerda nur manbadan bevosita namunaga va undan so'ng diapazonlarda yoyilgan nurni fotodiod panjara yoki matritsaga proyeksiyalovchi difraksion panjaraga yo'naltiriladi. Oxirgisida ma'lum bir miqdordagi yorug'lik energiyasini elektr impulslariga

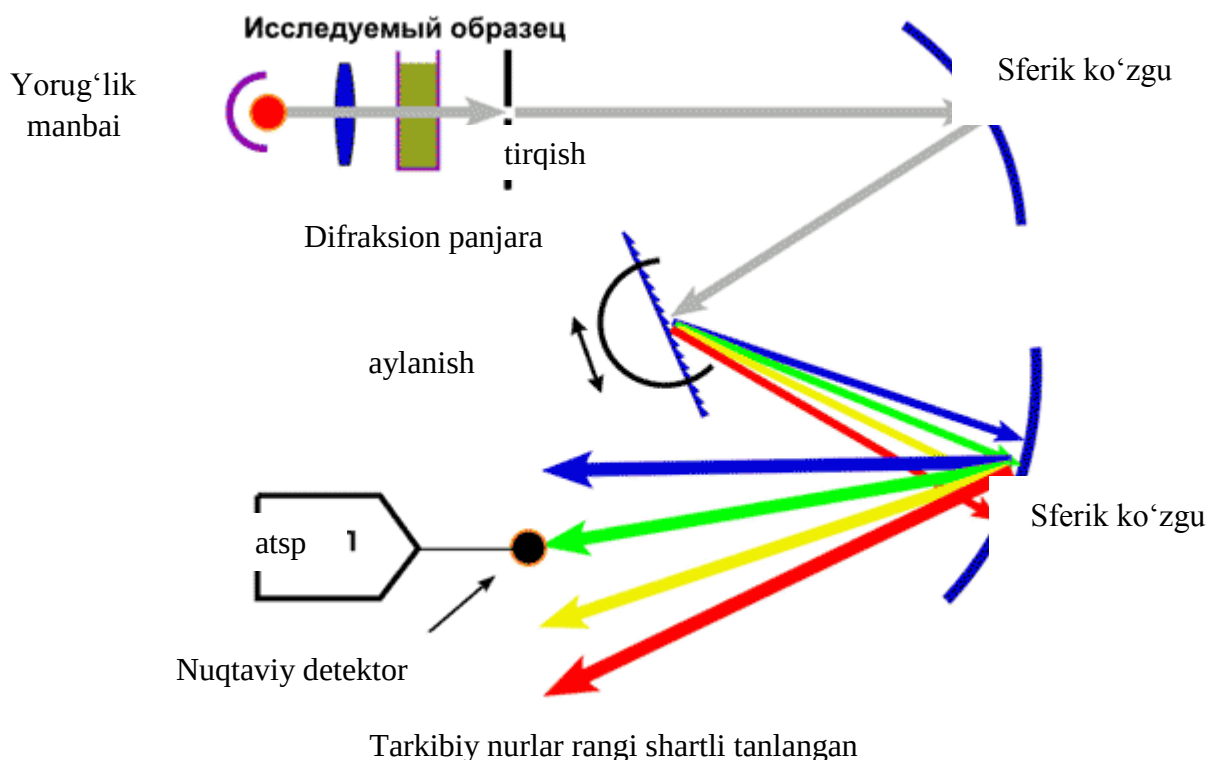
aylantiruvchi fotodiodli datchiklar bo'ladi. Shu sababli xuddi shunga o'xshash konstruksiyaga ega bo'lgan har qanday to'lqin uzunliklari diapazoni odatiy spektrofotometriyadagi kabi ketma-ket emas, balki deyarli shu vaqtning o'zida o'z "javob"ini beradi. Fotodiodlarning elektr impulslari odatda mikrokompyuter orqali natijalarni displeyga chiqarish orqali qayta ishlanadi. Ish uchun ishlatiladigan to'lqin uzunligi diapazoniga bog'liq ravishda deyteriyli yoki volframli lampalar ishlatiladi.

Fotodiodlar soni spektrofotometrik qurilmaning ajrata olish qobiliyatini aniqlaydi. Fotodiodli panjaradan foydalanish kinetik izlanishlar o'tkazishning muhim elementi bo'lib hisoblanib, u turli xil to'lqin uzunliklarida organilayotgan substrat va reaksiya vaqtida hosil bo'luvchi mahsulotlarni bir vaqtning o'zida o'lchashlarni amalga oshirishga imkon beradi. Bunday sxemadan foydalanish spektrofotometrni skanerlash rejimining yuqori tezligini ta'minlaydi: skanerlash diapazoniga 1 soniyadan kamroq vaqt ketadi.

Spektral qurilmalarning ishlash prinsipi

Spektrofotometrlar oq nurni uzluksiz spektrga ajratishga, bu spektrdan shu chegarada yorug'lik nurini monoxromatik deb hisoblash mumkin bo'lgan (ajratilayotgan tasma kengligi 1-20 nm) to'lqin uzunliklarining ingichka oralig'ini ajratishga, nurning izolyatsiyalangan dastasini tahlil qilinayotgan aralashma orqali o'tkazishga va bu dasta intensivligini yuqori aniqlik darajasida o'lchashga imkon beradi. Aralashmadagi modda bilan bo'yalgan nurning yutilishi uni 0 li aralashma bilan taqqoslash orqali o'lchanadi. Fotometrik spektrofotometrda 2 ta asosiy qurilma hamjihat bo'ladi: monoxromatik yorug'lik oqimini olish uchun xizmat qiluvchi monoxromator va nur intensivligini o'lchashlar nazarda tutilgan fotoelektrik fotometr.

O'rganilayotgan namuna



8.4-rasm. Spektrofotometrda nurlarning yo'naltirilishi

Monoxromator 3 ta asosiy qismlardan tarkib topgan: yorug'lik manbai, dispersiyalovchi qurilmalar (oq nurni spektrga ajratuvchi qurilmalar) va aralashmaga tushuvchi yorug'lik dastasi to'liq uzunligi oralig'i qiymatini sozlovchi moslamalar. Nurni spektrga ajratish uchun shisha va kvars prizmalardan hamda difraksion panjaralardan foydalaniladi. Prizmalar yetarlicha katta dispersiya va kata yorug'lik kuchiga ega bo'ladi. Kvarsli prizmalar spektrning ultrabinafsha nurlar sohasida ishlashga imkon beradi. Spektrofotometrning juda muhim detali bu tirqish bo'lib, u orqali yorug'lik oqimi intensivligini boshqarish mumkin: uning ochilishi qanchalik kichkina bo'lsa, u orqali shunchalik kam nur o'tadi va tirqish orqali o'tkaziladigan yorug'lik dastasi to'liq uzunligi intervali shunchalik ingichka bo'ladi.

Fotoelektrik fotometr vakuumli fotoelementlardan, o'zgarmas tok kuchaytirgichidan va shkalasi optik zichlik birliklari va nur o'tkazish foizlariga gradirovka qilingan kompensatsiyalovchi qurilma (potensiometr)dan tarkib topgan bo'ladi.

Spektrofotometr ishlashi 2 ta yorug'lik oqimlari: o'rganilayotgan namuna orqali o'tgan oqim va o'rganilayotgan namunaga tushuvchi (yoki

nazorat namunasi orqali o'tgan) oqimning nisbatini o'lchash prinsipiga asoslangan.

Yorug'lik dastasi yoritkichdan kirish tirqishi orqali monoxromatorga tushadi va difraksion panjara orqali spektrga yoyiladi. Chiqish tirqishidan kyuveta bo'limiga tushuvchi monoxromatik nurlanish oqimi navbati bilan nazorat va o'rganilayotgan namunalarga kiritiladi. Namuna orqali o'tgan nurlanish qabul qilgich-kuchaytirgich blokidagi fotoelementning katodiga tushadi.

Fotoelement anod zanjiriga ulangan RH rezistordan o'tuvchi elektr toki rezistorda fotokatodga tushuvchi nurlanish oqimiga proporsional bo'lgan kuchlanish tushishiga olib keladi.

Kuchaytirish koeffitsiyenti 1 ga yaqin bo'lgan o'zgarmas tok kuchaytirgichi mikroprotessor tizimi kirishi (MTK)ga signallar uzatilishini ta'minlaydi. Operator buyrug'iga asosan navbati bilan o'rganilayotgan namuna orqali o'tayotgan nazoratdagi namuna orqali fotoelementning xira oqimiga proporsional bo'lgan U_T va U kuchlanishlarni o'lchaydi va eslab qoladi. MTKni o'lchagandan so'ng o'rganilayotgan namuna o'tkazish koeffitsiyenti T hisoblanadi.

Spektrofotometrning asosiy tarmoqlari

1. Yorug'lik manbai

UV/VIS (ultrabinafsha + ko'rinadigan nurlar) spektrofotometri 2 ta yorug'lik manbaiga ega: spektrning ko'rinadigan qismi uchun manba va ultrabinafsha nurlar uchun manba 200 dan 390 nm gacha.

Ko'rinadigan nur manbai bo'lib, odatda, 380-950 nm diapazonidagi yorug'likning o'zgarmas oqimini beradigan volframli galogen lampa xizmat qiladi. Ultrabinafsha nurlar manbai sifatida esa deyteriy bo'lgan 200-3600 nm diapazonidagi vodorodli yoki deyteriyli lampalar ishlatiladi.

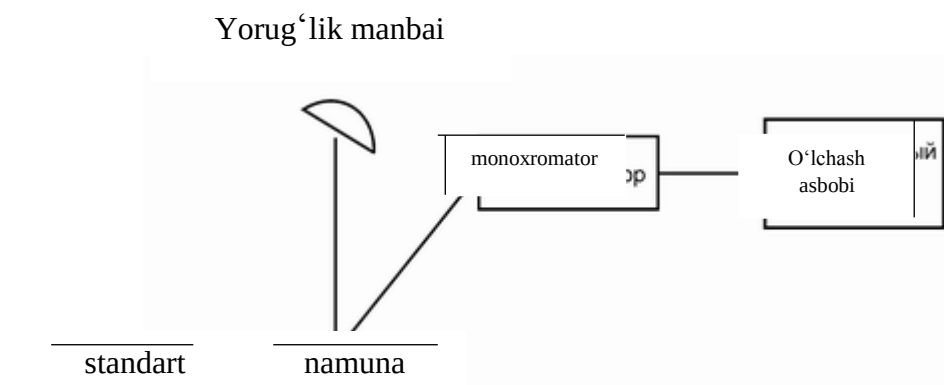
Kyuvetalar

O'rganilayotgan namuna maxsus moslamalarga joylashtiriladi. Qattiq holatdagi namunalar uchun maxsus qisqichlar, suyuq holatdagi namunalar uchun esa kvars shishasidan tayyorlangan kyuvetalar ishlatiladi.

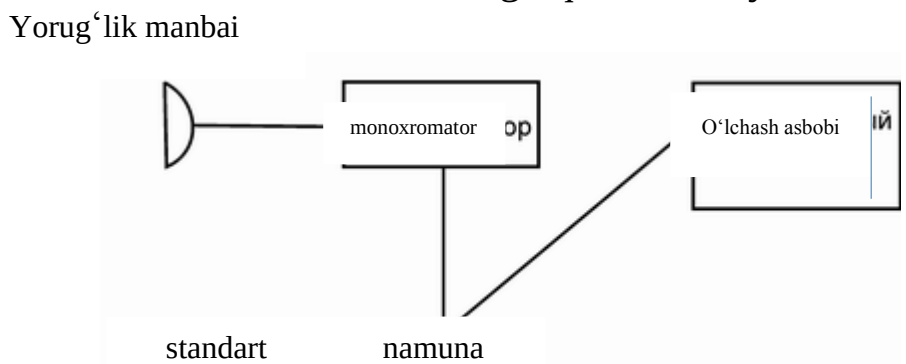
Dispersiyalovchi element

Dispersiyalovchi element sifatida shisha prizma yoki difraksion panjaralar ishlatiladi. Shisha prizmaning afzalligi uning arzonligida bo'lsa,

difraksion panjaralar bo'lsa yuqori aniqlik darajasidagi o'lchashlar zarur bo'lganda ishlatiladi.

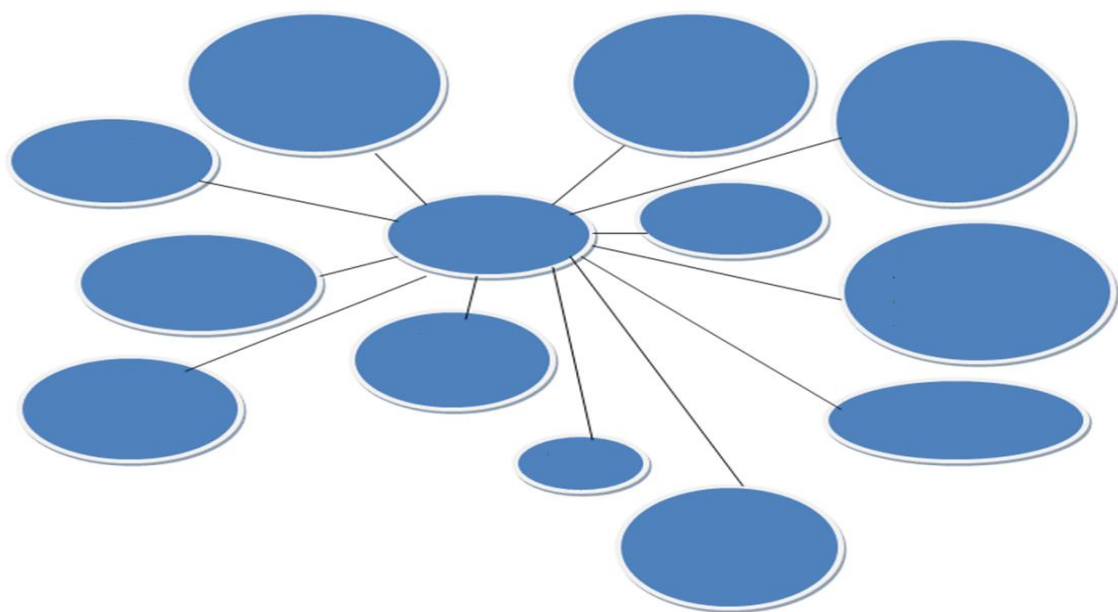


Namunaning oq nur bilan yoritilishi



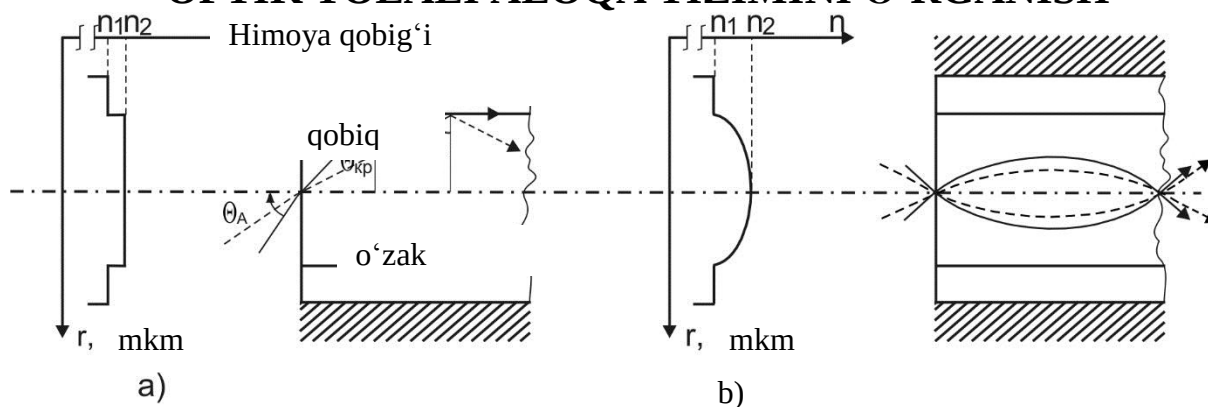
8.5-rasm. Namunaning monoxromatik nur bilan yoritilishi

Topshiriq: Spektrofotometrni ishlash prinsipi va qo'llanish sohalari bo'yicha olgan bilimlaringiz asosida klaster tuzing



9-laboratoriya ishi:

OPTIK TOLALI ALOQA TIZIMINI O'RGANISH

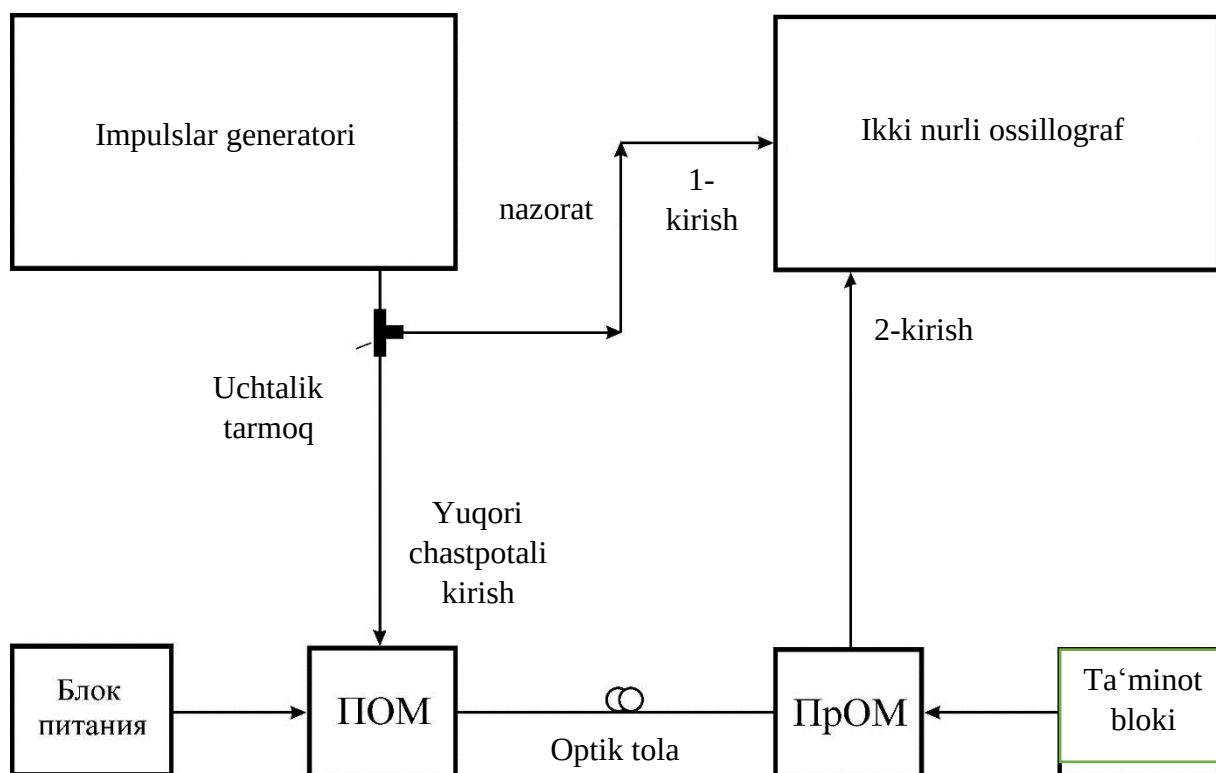


9.1-rasm. Zinapoyali (a) va gradiyentli (b) svetovodlar ko'ndalang kesimi bo'ylab sindirish ko'rsatkichlarining o'zgarishi

1. O'RGANILADIGAN ALOQA LINIYASI

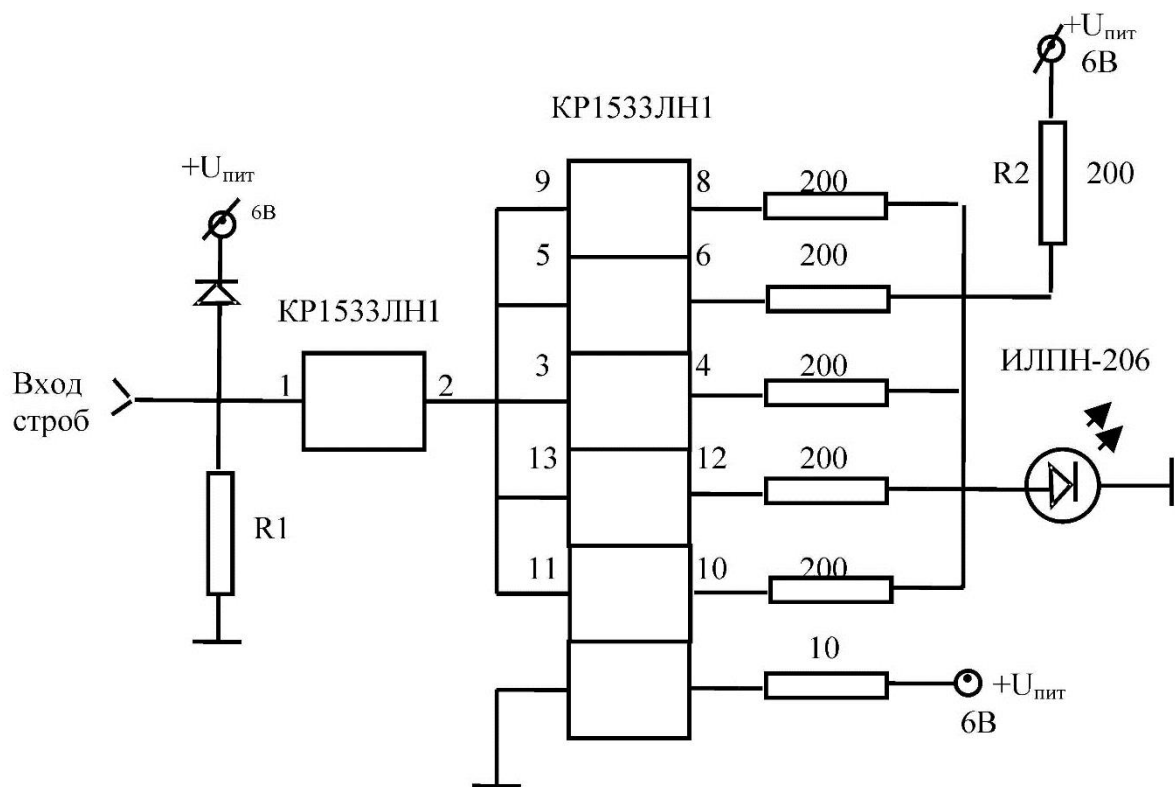
1.1. Elektr sxemasi va konstruksiyasi

O'rganiladigan aloqa liniyasi (2-rasm) uzatuvchi modul' (PIOM), optik tola va qabul qiluvchi modul' (PIPOM)dan tarkib topgan. PIOM impuls generatori tomonidan beriluvchi 10 kGerts dan to 17 Mgers gacha chastotali elektr impulslari ketma-ketligini optik nurlanish impulslari ketma-ketligiga o'zgartirish uchun mo'ljallangan.



9.2-rasm. O'rganilayotgan optik tola aloqa tizimi sxemasi

ПОМ sxemasi 9.3-rasmda tasvirlangan. VD1 diodi ta'minot manbaiga noto'g'ri ulanishining oldini oladi. 100 Omli R1 rezistor kirishni sozlash uchun xizmat qiladi.

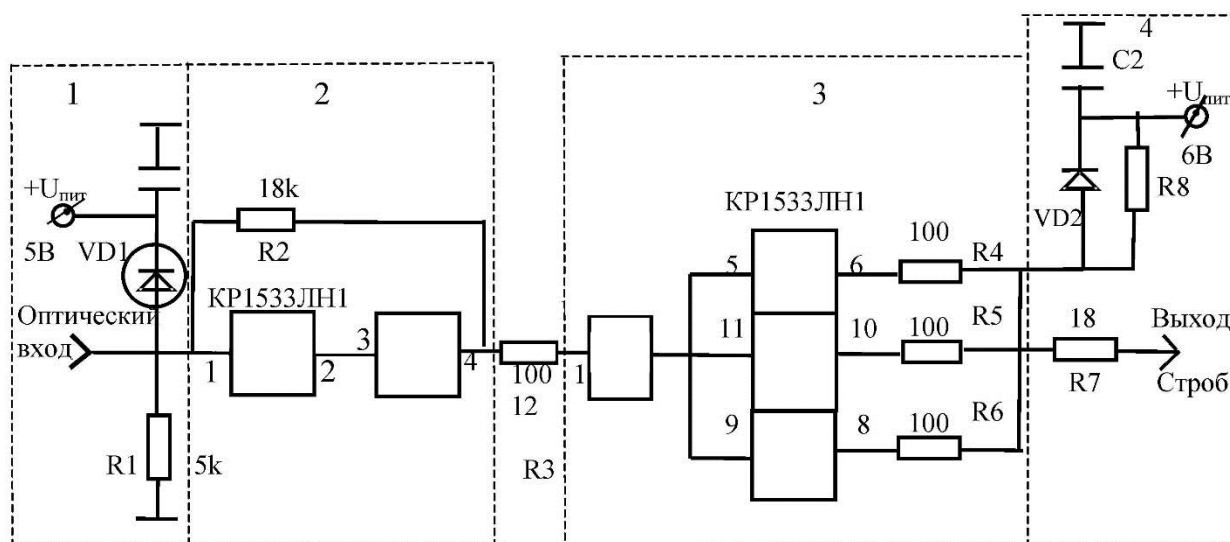


9.3-rasm. Uzatuvchi optik modul' sxemasi

ПОМ ning ВЧ kirish qismiga elektr impulslari kelib tushadi. Impuls shakliga bog'liq ravishda modulyator vazifasini bajaruvchi KP1533ЛH1 mantiqiy mikrosxemasi ИЛПН-206 lazeriga signal uzatadi. Lazer o'rtacha nurlanish quvvati $P_{o'rt} \approx 250 \text{ mW}$ bo'lgan $\lambda = 1,3 \text{ mkm}$ to'liq uzunligida nur chiqaradi. $R_2 = 200 \text{ Ohm}$ rezistor lazerning VAX chiziqli qismidagi ishchi nuqtani tanlash uchun xizmat qiladi va lazer ta'minot zanjirida qarshilikni cheklovchisi hisoblanadi. ПОМga "Corning 28 SMF" markali bir modali optik tola ulangan. Svetovoddan o'tib signal ПОМ ga tushadi (9.4-rasm).

ПОМ quyidagilardan tarkib topgan:

- 1 fotodiod yuqori chastotali yuklamasi sxemasi;
- 2 fotodiodni oldindan kuchaytirish sxemasi;
- 3 impulslarni hosil qilish sxemasi;
- 4 TTL formatidagi signal sathini sozlash sxemasi.



9.4-rasm. Qabul qiluvchi optik moduli sxemasi

Yorug'lik nuri signalini elektr signaliga aylantiruvchi fotodetektor VD1 sifatida PD1375 p-i-n fotodiodi ishlatiladi. Fotosiod teskari yo'nalishda ulangan, chunki bu p-n o'tishning baryer sig'imini pasaytiradi. Fotodiodning R1 yuqori Omli yuklamasi oldindan kuchaytirgich orqali chiquvchi kuchlanishga aylantiriluvchi fototokni ko'paytiradi. R2 va R3 rezistorlar impulsning qisqaligini qayta tiklaydi.

KP1533ЛН1 mantiqiy mikrosxemasi fotodioddan keluvchi signalni kuchaytiradi. R4, R5, R6 va R7 rezistorlar chiquvchi impulsning fronti, kesigi va qisqaligini sozlash uchun xizmat qiladi. TTL formatidagi signal sathini sozlash VD2 diod, R7 va R8 rezistorlar orqali amalga oshiriladi. C1 va C2 kondensatorlar yuqori chastota bo'yicha ta'minot manbai zanjirini ochishni amalga oshiradi.

2. Laboratoriya qurilmasining tavsifi

Ishda optik signal amplitudasi va shaklining optik tolaning uzun kesmasi orqali o'tganidagi o'zgarishi kuzatiladi. Buning uchun strukturaviy sxemasi 1-rasmda tasvirlangan tajriba qurilmasi ishlatiladi. FOD-1204 qurilmasi yordamida uzatuvchi modulning o'lchangan chiqish quvvati taxminan 1 mVt ni tashkil qiladi. G5-54 generator bilan generatsiya qilinadigan impulslarning shaklini kuzatish C1-55 ossillografi yordamida amalga oshiriladi. Sxemada elektr energiya VSP-50 qurilmalari orqali ta'minlanadi.

Xavfsizlik choralari

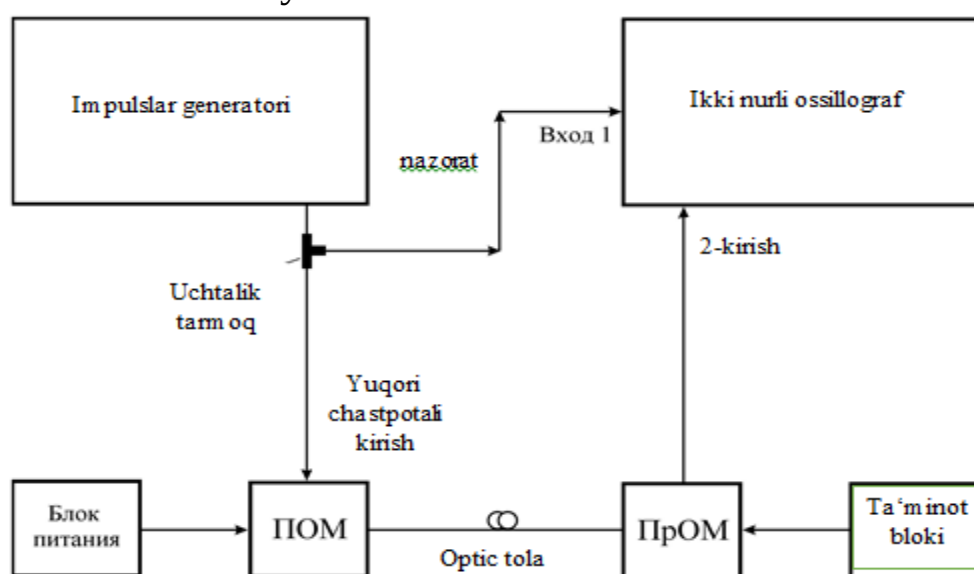
Yodingizda tuting!

Ish o'rnini tayyorlashda "Radioelektron qurilmalar bilan ishlash yo'riqnomasi" hamda "Simli aloqa radioapparaturasini ishlab chiqarish bo'yicha texnika xavfsizligi va ishlab chiqarish sanitariya qoidalarida keltirilgan qoidalariga amal qilish zarur.

Bundan tashqari talabalar uchun o'quv laboratoriyasida texnika xavfsizligi qoidalariga qat'iy amal qilish talab etiladi.

3. O'LGHASHLARGA TAYYORGARLIK KO'RISH

Qurilma tarkibiga kiruvchi har bir priborning "Texnik tavsifi va foydalanish yo'riqnomalari" bo'yicha ular bilan tanishib chiqiladi. Optik uzatuvchining chiquvchi quvvatini o'lchash uchun 9.5-rasmda keltirilgan sxemaga asosan ish o'rni tayyorlanadi.



9.5-rasm. O'rganilayotgan optik tolali aloqa tizimi

1. C1-55 ossillografni yoqing va «Время/дел.» ruchkasini "0.2 ms" holatiga, «Вольт/дел.» ruchkasini esa "2V" holatiga keltiring;
2. G4-54 generatorini yoqing. Impulslar ketma-ketligini 8 Mgers holatiga, vaqt bo'yicha siljishni "0" holatiga, impuls davomiyligini mumkin bo'lgan maksimal qiymatga, amplitudani "20 V" holatiga keltiring;
3. Uzatuvchi modulning ta'minot blokini yoqing.

Yodingizda tuting!

Optik ulash va ajratishlarni gaykalarini burash orqali amalga oshiring. Har ikkala qo'lingiz bilan ehtiyotkorlik bilan ishleng.

4. CHIQUVCHI SIGNALLAR PARAMETRLARINI O'LGHASH

Qabul qilgichning chiqish qismida elektr impulslarining davomiyligi va amplitudalarini o'lchash uchun quyidagi amallarni bajaring:

1. Optik ulagich yordamida qabul qilgichga ulangan optik tolaga ulangan uzatuvchi modulni yoqing.
2. Qabul qilgichning chiqishini C1-55 ossillografning 1-kirishiga ulang.
3. G4-54 generatorning chiqishini uzatuvchi modulning kirishiga va C1-55 ossillografning 2-kirishiga ulang.
4. Ta'minot manbaini ulang.
5. Uzatuvchining kirishi va qabul qilgichning chiqishida 1, 2, 5, 8, 10, 15, 17 Ggers chastotalar ketma-ketligida chiquvchi impulslar amplitudasi va davomiyligini o'lchang.
6. O'lchashlarni tamomlagandan so'ng qurilmani o'chiring.

5. NATIJALARNI RASMIYLASHTIRISH UCHUN KO'RSATMALAR

Natijalar 9.1-jadvalga kiritiladi.

9.1-jadval

Tajriba natijalari

Parametr	f, Mgers	U_{kir} , V	$T_{kir,ns}$	U_{chiq} , V	$T_{chiq, ns}$
№ t/r					

Bu yerda

f – impulslar ketma-ketligi chastotasi;

U_{kir} va U_{chiq} – uzatuvchining kirishi va qabul qilgichning chiqishidagi impulslar amplitudalari;

τ_{kir} , τ_{chiq} – kiruvchi va chiquvchi impulslar davomiyliliklari.

$U_{chiq} = F(f)$ va $\tau_{chiq} = F(f)$ bog'liqlik grafiklarini yasang.

6. HISOBOTNI TUZISH UCHUN KO'RSATMALAR

Hisobotga quyidagi ma'lumotlar kiritilishi lozim:

- topshiriqning barcha punktlari;
- laboratoriya qurilmasining strukturaviy sxemasi;
- ishning jadvallar va grafiklar ko'rinishida tasvirlangan natijalari;

– ish bo'yicha xulosalar va olingan natijalarning baholanishi (yozma ravishda).

7. NAZORAT SAVOLLARI

1. An'anaviy aloqa tizimlariga nisbatan optik tolali aloqa tizimlarining afzalliklari nimada?
2. Nur uzatish aloqa tizimlarining asosiy elementlarini sanab bering.
3. Raqamli modullash tizimining analogli tizimga nisbatan afzalliklari nimada?
4. O'ta uzoq optik tolali aloqa tizimlari uchun qanday to'liq uzunligini qo'llagan ma'qul va nima sababdan?
5. Optik tolali svetovodlar turlarini sanab bering
6. Gradiyentli optik tolaning afzalliklari nimada?
7. Optik tolada dispersiyaning qaysi turlari mavjud bo'ladi?
8. Yorug'lik diodlari va lampali diodlarning o'xshashliklari va farqlari nimada?
9. Qanday qilib lampali diodda bir modal nurlanishni olish mumkin?
10. p-i-n va lavinali fotodiodlar ishlash prinsiplarini tushuntiring.
11. Foto qabul qilgichning spektral sohasi sezgirliги nimalarga bog'liq?
12. Ishda qo'llanilgan fotodetektorning qanday xususiyatlari bor?
13. O'rganilgan aloqa tizimining strukturaviy sxemasi elementlarining vazifalarini tushuntiring.
14. Ishda qo'llanilgan asboblarning ishlash prinsipini tushuntiring.

10-laboratoriya ishi:

SHISHADAGI QOLDIQ KUCHLANISHLARNI ANIQLASH

Ishdan maqsad: nazoratdagi namuna kuchlanishlari qiymatini topish va nurning ikkilanib sinishi bo'yicha shisha kategoriyasini aniqlashning qutblanish-optik usulini o'rganish.

Qutblanish-optik usuli namuna yoki tayyorlanmalardagi nurning ikkilanib sinishi qiymatini o'lchash uchun optik rangsiz yoki rangli shishani attestatsiya qilinganida qo'llaniladi.

Bu usulning mohiyati qutblangan nur xossalari qo'llanilishiga asoslangan. ГОСТ 3519-69 talablariga ko'ra bu usulni amalga oshirish uchun ketma-ket joylashgan yorug'lik manbai, qutblagich, kompensator va optik o'q atrofida aylanuvchi analizatorlardan tarkib topgan oddiy qutblagich ishlatiladi. Nur manbadan qutblagich orqali o'tib chiziqli qutblanib qoladi, keyinchalik anizotrop namunada elliptik qutblanib qolgan bo'ladi. Bunday nur, odatda, oddiy va oddiy bo'lmagan nurlar deb ataluvchi 2 ta tashkil etuvchi orqali tasvirlanadi. Sindirish koeffitsientlarining turlicha ekanligi tufayli bu nurlar namunada turli tezliklar bilan tarqaladi, bu esa ularning o'rtasida yo'llar farqi δ ning paydo bo'lishiga olib keladi. Nurlar o'rtasida qo'shimcha yo'llar farqi $\lambda/4$ ni hosil qiluvchi kompensatsion plastinkadan foydalanib uning chiqishida chiziqli qutblangan nur olinadi. Analizatoridan foydalanib asbob optik o'qi bo'ylab aylantirib qutblanish tekisligining burilish burchagi aniqlanadi.

Yo'llar farqi bo'lishining asosiy sababi shishani ishlab chiqarishning so'ngi bosqichlarida paydo bo'luvchi termoelastik kuchlanishlar. Bu kuchlanishlar material anizotropiyasining paydo bo'lishi va qutblangan nur holatining o'zgarishiga olib keladi, shuning uchun ham bu usul shisha tayyorlamalari, turli buyumlar yoki konstruktsiya modellarining elastiklik nazariyasining maxsus masalalarini yechishda kuchlanganlik holatini tahlil qilish uchun keng qo'llaniladi. Bunda δ ning hisoblangan qiymati orqali bosh normal kuchlanishlar farqi $\sigma_1 - \sigma_2$ ning qiymati aniqlanadi. Eslatib o'tamizki, bosh normal kuchlanishlar σ_1 va σ_2 deb mos holda elementar maydonchani o'zaro perpendikulyar yo'nalishlarida ta'sir qiluvchi eng katta va eng kichik kuchlanishlarga aytiladi.

Izlanishlar ko'rsatadiki, agar mabodo namunada materialning elastiklik chegarasi chegarasida kuchlanganlik holati o'rinli bo'lsa (Guk qonuni bajarilsa), u holda yo'llar farqi δ bilan paydo bo'luvchi anizotropiya quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

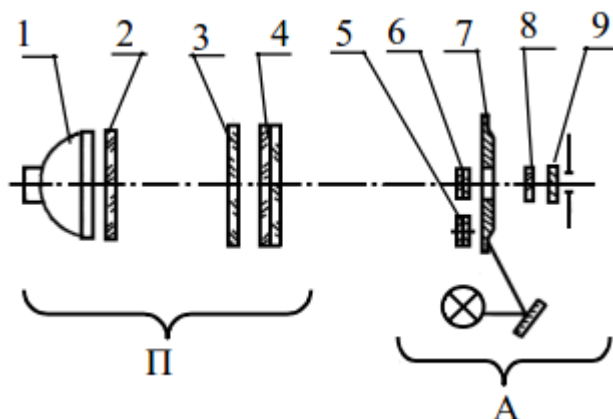
$$\delta = B l \cdot (\sigma_1 - \sigma_2) [\text{nm}],$$

bu yerda B – materialning mexanik kuchlanishlarga sezgirlikni tavsiflovchi optik faollik koeffitsiyenti; l – qutblangan nur tarqalishi yo'nalishida o'rganilayotgan namuna o'lchami.

$$\sigma_1 - \sigma_2 = B \delta \cdot l \cdot 10^{-7} [\text{Pa}]$$

Ma'lumki, qoldiq kuchlanishlar sirtni deformatsiyalab shakl hosil bo'lishi aniqligiga ta'sir qiladi, optik tavsiflarini o'zgartiradi hamda juft tasvir hosil bo'lishiga olib keladi.

ПКС – 125 pribor konstruksiyasi. ПКС – polyariskop polyarimetri



10.1-rasm. ПКС-125 priborining optik sxemasi

ПКС-125 pribori shishada qoldiq kuchlanishlar borligi tufayli mavjud bo'lgan yo'llar farqi δ ning integral baholanishi uchun ishlatiladi (10.1-rasm). Pribor 2 ta bloklar: 1 nurning Π qutblagichi va 2 issiqlik filtri, 3 shaffof bo'lmagan shisha, 4 qutblagich, 8 qutblagich, 9 nur filtri, 540 [nm] li spektr sohasini ajratuvchi $\lambda/4$ va λ yo'llar farqini paydo qiluvchi 5 yoki 6 plastinkalar (kompensator)dan tarkib topgan A analizatorlardan tarkib topgan. λ plastinka kiritilganida δ yo'llar farqi interferension manzaraning bo'yalganligi, $\lambda/4$ plastinka kiritilganida esa nurning butunlay yopilishiga mos keluvchi analizator burilishi burchagi γ orqali aniqlanadi. γ burchagi limba shkalasi bo'yicha o'lchanadi.

Ishni bajarish tartibi

1. ПКС-125 polyariskop-polyarimetr qurilmasini o'rganib chiqiladi.
2. odiy va oddiy bo'lmagan nurlar o'rtasidagi δ/l birlik uzunlikka mos keluvchi yo'llar farqini aniqlab va ГОСТ 3514-76 asosida tavsiflanuvchi nurning ikkilanib sinishi bo'yicha optik shisha kategoriyasi o'rnatiladi.
3. Shishadagi qoldiq kuchlanishlar qiymati aniqlanadi.

Ishni bajarish tartibi bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

1. Priborning old panelidagi yoritkich yoqiladi (1-rasmga qarang).

2. Nakatkali halqa yordamida okulyarda joylashgan analizatorni aylantirib kuzatish maydonining maksimal tundlashishni oling (qutblagich va analizatorning o‘zaro tik holati, kompensator “0” holatida).

3. Pribor stoliga o‘rganilayotgan namunani shunday joylashtiringki, undagi nur yo‘li kirish qirrasiga tik tushganida maksimal bo‘lsin.

4. O‘rganilayotgan shisha namunasida yo‘llar farqi δ ni aniqlang. Buning uchun analizator blokiga $\lambda/4$ plastinka o‘rnatiladi va analizator limbi “0” holatiga keltiriladi. Asbob stolidagi o‘rganilayotgan namunani okulyar ko‘rish maydoniga joylashtirib shakli yo‘llar farqi δ , kuchlanish qiymati va taqsimotiga, ya’ni aynan:

✓ 540 [nm] dan ko‘proq yo‘llar farqida ko‘rish maydonida ranglar qatori va 2 ta neytral (qora va kulrangdagi) tasmalar ko‘rinib tursin;

✓ 540-100 [nm] yo‘llar farqida ko‘rish maydonining bo‘yalganligi va 2 ta xira tasmalar kuzatilsin;

✓ 100 [nm] dan kamroq yo‘llarfarqida namunaning o‘rtasi va chetlarida 2 ta xira tasmalar bilan ajralgan kulrang fon ko‘rinib tursin.

Yo‘llar farqi δ quyidagicha aniqlanadi: $\delta > 540$ [nm] bo‘lgan holda ko‘rish maydoniga 540 nm to‘lqin uzunligiga ega bo‘lgan nurni ajratuvchi yorug‘lik filtri kiritiladi hamda interferensiya tartibi o‘rnatiladi. Buning uchun neytral tasma va namuna o‘rtasi o‘rtasidagi xira tasmalar soni sanab chiqiladi. Analizatorni aylantirib namunaning markazining maksimal xiralashishga erishiladi. Analizator berilish burchagi γ qiymati hisobini olib butun yo‘l va birlik yo‘l uzunligi δ/l uchun yo‘llar farqi δ hisoblanadi (bu nurning ikkilanib sinishiga mos keladi):

$$\delta / l = \gamma \cdot \lambda \text{ [nm/sm]}$$

$\delta \leq 540$ [nm] ($N=0$) bo‘lgan holda yo‘llar farqini monoxromatik nurda ham, oq nurda ham o‘lchash mumkin. Oq nurda δ ni aniqlash uchun analizatorni burab tasmalarni namuna o‘rtasiga joylashtiriladi. Ba’zan aniqlikni oshirish maqsadida kuzatish maydonidagi burish burchagiga yashil rangdagi rang filtri kiritiladi. Limb shkalasi bo‘yicha δ burchagi qiymati aniqlanadi.

5. δ/l birlik uzunlikning topilgan yo‘llar farqi qiymati bo‘yicha (berilgan markali shisha optik faollik koeffitsiyentini hisobga olgan holda) FOCT 3514-76 ga muvofiq nurning ikkilanib sinishi bo‘yicha shisha kategoriyasi o‘rnatiladi (10.1-jadval).

10.1-jadval

K kuchlanishning optik koeffitsiyenti $10^{-12} [\text{Pa}]^{-1}$ bo'lgan shishalarning 1 sm dagi 1 nm da nurning ikkilanib sinishi burchaklari

Kategoriya	Kuchlanishning optik koeffitsiyenti $10^{-12} [\text{Pa}]^{-1}$ bo'lgan shishalarning 1 sm dagi 1 nm da nurning ikkilanib sinishi (δ/l) B		
	2.0 gacha	2.0 dan 2.8 gacha	2.8 dan 3 gacha
1	1.5 gacha	2 gacha	3 gacha
2	4	6	8
3	7	10	13
4	10	15	20
5	25	50	65

6. δ ning topilgan yo'llar farqi bo'yicha shisha namunalaridagi kuchlanishlar qiymatlari $\sigma_1 - \sigma_2 = \sigma$ aniqlanadi

7. O'lchash va hisoblashlar natijalari 2-jadvalga kiritiladi.

10.2-jadval

O'lchash natijalari

Namu-na tartibi	Faollik koeffitsiyenti B, $10^{-12} [\text{Pa}]^{-1}$	Namu-na o'lchami l, [sm]	γ , $[\text{°}]$	Yo'llar farqi δ/l [nm/sm]	Ikkilanib sinish bo'yicha kategoriya	$\sigma = \sigma_1 - \sigma_2$, [Pa]

Hisobot tarkibi

Hisobotda qiyidagi ma'lumotlar bo'lishi zarur:

1. Qisqacha nazariy qism va δ , $\sigma_1 - \sigma_2 = \sigma$ ni hisoblash uchun asosiy formulalar
2. ПКС-125 priborning optik sxemasi
3. Eksperiment va hisoblash ma'lumotlari jadvali
4. Eksperiment va hisoblash ma'lumotlari bo'yicha hulosalar

Nazorat savollari

1. Optik materiallar kuchlanganlik holatini o'rganishning qutblanish-optik usulining mohiyati.

2. Shishada nurning ikkilanib sinishiga olib keluvchi sabablar.
3. Kuchlanishlarning detallar optik tavsiflariga va umuman optik tizimning sifatiga ta'siri.
4. ПКС-125 polyariskop polyarimetri. Uning tuzilishi, vazifasi, asosiy tugunlari va ularning elementlari.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Нагибина И.М. Интерференция и дифракция света. - Л.: Машиностроение. - 1974.
2. Кривовяз Л.М., Знаменская М.А. Практика оптической измерительной лаборатории. - Л.: Машиностроение, 1974.
3. Зубаков В.Г., Семибратов М.Н., Штандель С.К. Технология оптических деталей - М.: Машиностроение, 1985.
4. Кузнецов С.М., Окатов М.А. Справочник технолога - оптика - Л.: Машиностроение, Ленинградское отд., 1983.
5. Minjung Kweon *et al.*, *UNIVERSITY PHYSICS*, (Cheungmunkak, 2014), Chapter 23.
6. D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker, *FUNDAMENTALS OF PHYSICS*, (John Wiley & Sons, Inc. 2013. 10th Ed), Chapter 33.
7. Raymond A. Serway and Chris Vuille, *COLLEGE PHYSICS*, (Cengage Learning 2014 10th Ed) Chapter 22.
8. G. S. Landsberg, Optika. Moskva, 1976.
9. N. M. Godjiev, Optika. Moskva, 1977.
10. Minjung Kweon *et al.*, *UNIVERSITY PHYSICS*, (Cheungmunkak, 2014), Chapter 23.
11. D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker, *FUNDAMENTALS OF PHYSICS*, (John Wiley & Sons, Inc. 2013. 10th Ed), Chapter 33.
12. Савельев И. В. Курс общей физики. В 3-х т. Т. 2 – М.: Наука, 1982.
13. Трофимова Т. И. "Курс физики" – М.: Высшая школа, 1985.
14. М.А. Ельяшевич. Атомная и молекулярная спектроскопия М. Эдиториал УРСС. 2001.
15. Ю.А. Пентин. Г.М. Курамшина. Основы молекулярной спектроскопии. М.: Мир, 2008, 398 с.
16. В.А. Кизель. Практическая молекулярная спектроскопия. Изд-во МФТИ. 1998.
17. Л.В. Левшин, А.М. Салецкий. Оптические методы исследования молекулярных систем. М.: Изд-во МГУ, 1994. 320 с.
18. Ю.А. Пентин, Л.В. Вилков. Физические методы исследования в химии. М.: Мир, 2003. 683 с.

19. Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1990. – 224с.
20. Гауэр Дж. Оптические системы связи: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1989. – 504с.
21. Оптические системы связи: Учеб. для вузов / Б.А. Скворцов, В.И. Иванов, В.В. Крухмалёв и др. / Под ред. В.И. Иванова. – М.: Радио и связь, 1994. – 224с.
22. Гордеев И.И. Волоконно-оптические системы передачи данных и кабели: – М.: Радио и связь, 1993. – 350с.
23. Пасынков В.В. и др. Полупроводниковые приборы: Учеб. для вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1981. – 431с.
24. Гребнев А.К. и др. Оптоэлектронные элементы и устройства / А.К. Гребнев, В.Н. Гридин, В.П. Дмитриев. /Под ред. Ю.В. Гуляева. – М.: Радио и связь, 1998. – 336с.
25. Иванов А.Г. Волоконная оптика: Компоненты, системы передачи, измерения. – М.: Компания Сайрус системс, 1999. – 327с.
26. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. – М.: Эко-Трендз, 1998. – 267с.
27. Семёнов А.Б. Волоконная оптика в локальных и корпоративных сетях связи. – М.: Компьютер-пресс. 1998. –302.
28. Волоконно-оптическая техника: история, достижения, перспективы /Сборник статей под редакцией Дмитриева С.А., Слепова Н.Н. – М.: Изд-во «Connect», 2000. – 376с.

MUNDARIJA

1-laboratoriya ishi:.....	4
Kirish. Optik materiallar bilan ishlashda texnika xavfsizligi qoidalari bilan tanishish	
2-laboratoriya ishi:.....	9
Optik shisha prizmaning sindirish ko'rsatkichini aniqlash	
3-laboratoriya ishi:.....	13
Buger-Ber qonunini tekshirish	
4-laboratoriya ishi:.....	21
Qutblangan nurlar. Malyus qonunini o'rganish	
5-laboratoriya ishi:.....	26
To'la ichki qaytish hodisasini kuzatish	
6-laboratoriya ishi:.....	30
Yorug'likning ikkilanib sinishi	
7-laboratoriya ishi:.....	37
Interferometr yordamida gazlarning sindirish ko'rsatkichini aniqlash	
8-laboratoriya ishi:.....	44
Yorug'lik diodi spektral xarakteristikalarini spektrofotometr yordamida o'rganish	
9-laboratoriya ishi:.....	52
Optik tolali aloqa tizimini o'rganish	
10-laboratoriya ishi:.....	59
Shishadagi qoldiq kuchlanishlarni aniqlash	
Foydalanilgan adabiyotlar.....	65

NASIROV Tulkun Zakirovich
SHERNIYOZOV Anvar Axmedjonovich

OPTIK MATERIALLAR VA ULARNING TEXNOLOGIYASI
fanidan laboratoriya ishlari uchun uslubiy ko'rsatmalar