

**E.X. YUSUPOV, F.M. SAFAROV, A.A. YO‘LDOSHEV,
U.H. OMONQULOVA**

OPTIKA FANIDAN PRAKTIKUM



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

DENOV TADBIRKORLIK VA PEDAGOGIKA INSTITUTI

UMUMIY FIZIKA VA QURILISH MUHANDISLIGI KAFEDRASI

**E.X. YUSUPOV, F.M. SAFAROV, A.A. YO‘LDOSHEV,
U.H. OMONQULOVA**

OPTIKA FANIDAN PRAKTIKUM

(O‘quv uslubiy qo‘llanma)

TOSHKENT – 2025

MUQADDIMA

Fizika fani turli bo‘limlardan iborat bo‘lib, ularning har biri moddiy dunyodagi ma’lum hodisalarni o‘rganadi. Shulardan biri bo‘lgan optika — yorug‘lik hodisalarini, uning tarqalishi, sinishi, aks etishi, interferensiya, difraksiya, polarizatsiya kabi murakkab jarayonlarini o‘rganadigan fan hisoblanadi. Optika qonunlari ko‘p asrlik kuzatish va tajribalarga tayanadi hamda ular bugungi zamonaviy texnika, tibbiyot, muhandislik va boshqa sohalarda keng qo‘llaniladi.

Nazariy bilimlar talabaga tushunchalar berishda muhim ahamiyatga ega bo‘lsa-da, bu bilimlarni chuqurroq egallash va amaliyotda sinab ko‘rish laboratoriya mashg‘ulotlari orqali ro‘yobga chiqariladi. Ayniqsa, optika singari vizual va aniq fizik hodisalarni o‘rganishda laboratoriya darslari o‘quv jarayonining ajralmas qismi hisoblanadi.

Optika bo‘yicha laboratoriya mashg‘ulotlarining asosiy maqsadi — talabalarda yorug‘lik hodisalarini eksperimental kuzatish, ularni o‘lchash, tahlil qilish va tegishli fizik qonunlarni mustahkamlash ko‘nikmalarini shakllantirishdir. Bundan tashqari, talabalar zamonaviy optik uskunalari, linzalar, prizma, optik stollar, lazer manbalari bilan ishlashni o‘rganadilar.

Mashg‘ulotlar davomida olingan natijalarni qayta ishlash, ularni grafiklar yordamida ifodalash va xatoliklarni hisoblash orqali talabalar ilmiy tadqiqot ishlariga yaqinlashadilar. Bu esa ularda tajriba o‘tkazish madaniyatini, mantiqiy tahlil qilish va aniq fikrlash ko‘nikmasini rivojlantiradi.

Laboratoriya ishlari har bir mavzuga mos tarzda ishlab chiqilgan, zarur qo'llanmalar bilan ta'minlangan bo'lib, ularni bajarish uchun kerakli optik asbob-uskunalar, o'lchash qurilmalari va jadval-ko'rsatkichlar mavjud. Mashg'ulotlar talabaning bilim darajasi va uskunalarning texnik holatidan kelib chiqib, turli darajada tashkil etilishi mumkin.

Shunday qilib, optika fanidan laboratoriya mashg'ulotlari orqali talabalar nafaqat nazariy bilimlarini mustahkamlashadi, balki ilmiy-ijodiy fikrlash, kuzatish va tahlil qilish, o'lchash natijalarini to'g'ri baholash ko'nikmalariga ega bo'ladilar. Bu esa ularning kelajakdagi kasbiy faoliyatida muhim poydevor bo'lib xizmat qiladi.

O'LGHASH XATOLIKLARI VA ULARNI HISOBLASH

1. O'LGHASHLAR VA O'LGHASH XATOLIKLARI

Fizika — bu eksperimental (tajribaviy) fandır. Bu degani, deyarli barcha fizik qonun va qonuniyatlar tajriba natijalariga asoslangan holda aniqlanadi. Ayniqsa, optika singari bo'limda hodisalarni to'g'ridan-to'g'ri kuzatish, ularni kichik maketlar yoki maxsus optik qurilmalar yordamida tashkil qilish va o'rganish muhim o'rin tutadi.

Optika hodisalari miqdoriy tavsifga ega bo'lib, ular yorug'lik nuri bilan bog'liq fizik kattaliklar orqali ifodalanadi: masalan, sinish burchagi, optik zichlik, to'lqin uzunligi, fokus masofasi, yoritilganlik darajasi va boshqalar. Tajribaning asosiy natijasi esa bu kattaliklarni aniq o'lchab, ular orasidagi bog'lanishni matematik formulalar orqali ifodalashdan iborat.

Optika praktikumida quyidagi ko'nikma va malakalarni shakllantirish ko'zda tutiladi:

1. Optik asbob-uskunalar (linza, oynalar, optik stol, lazer manbai, spektrometr va h.k.) bilan ishlash, ularni sozlash va ularda ishlash ko'nikmasini egallash;
2. Optik hodisalarni (akslanish, sinish, interferensiya, difraksiya, polarizatsiya) tajriba orqali to'g'ri tashkil etish va ularni kuzatish asosida fizik kattaliklarni o'lchash;

3. O'lchash natijalarini tahlil qilish, xatoliklarni aniqlash, ularni matematik ifodalar orqali qayta ishlash va zarur hollarda elektron hisoblash mashinalari (EHM) yoki kompyuter dasturlaridan foydalanish;

4. Tajriba jarayonini avtomatlashtirish, zamonaviy kompyuter texnologiyalaridan foydalangan holda o'lchash va natijalarni qayta ishlash texnikasini o'zlashtirish.

Optik praktikumda eng muhim jarayonlardan biri — bu optik hodisani tavsiflovchi fizik kattalikni aniq o'lchashdir. Masalan, linzaning fokus masofasi yoki yorug'lik sinish burchagi kabi qiymatlar tajribada o'lchanadi va bu o'lchovlar doimiy aniqlikka ega bo'lmaydi. Har qanday o'lchov ma'lum bir xatolik bilan amalga oshiriladi.

Xatoliklar ikki asosiy manbaga bog'liq: birinchidan, o'lchov asbobining o'ziga xos aniqligi; ikkinchidan, tajribani bajaruvchi shaxsning aniqlik darajasi va e'tibori. O'lchov sifatini aniqlash uchun xatolikni hisobga olish zarur.

2. O'LCHASH XATOLIKLARINING TURLARI

Optik tajribalarda fizik kattaliklarning haqiqiy qiymatini aniqlashning asosiy vositasi – bu to'g'ri o'lchashdir. Biroq har qanday o'lchashda ma'lum bir xatolik bo'lishi tabiiy hol bo'lib, odatda bu xatoliklar tufayli izlanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati (a) emas, balki unga yaqin, lekin xato qiymat olinadi. Ushbu xatoliklar asosan uch turga bo'linadi:

1. Sistematik xatolik

Sistematik xatolik — bu barcha o‘lchovlarda **bir xil yo‘nalishda va bir xil tarzda** namoyon bo‘ladigan xatolikdir. Optika fanida bu holat quyidagi omillar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin:

- optik asbobning nol nuqtasi noto‘g‘ri sozlangan bo‘lishi (masalan, optik stolda nol pozitsiyasi siljigan);
- linzaning noto‘g‘ri markazlanishi yoki tayanchlarning notekis joylashishi;
- doimiy darajada noto‘g‘ri ko‘rsatadigan fotometr yoki spektrometr;
- yorug‘lik manbasining kuchi barqaror emasligi, lekin har safar bir xil darajada o‘zgarishi.

Bunday xatoliklar tajriba davomida **har doim mavjud bo‘ladi**, va agar o‘z vaqtida aniqlanmasa, natijalarga tizimli ravishda ta’sir qiladi. Ularni bartaraf etish uchun asbobni oldindan kalibrlash, uning texnik holatini sinchiklab tekshirish lozim.

2. Tasodifiy xatolik

Tasodifiy xatolik — har bir o‘lchashda **turlicha miqdor va yo‘nalishda** yuzaga chiqadigan xatolik bo‘lib, ularni oldindan aniqlash deyarli imkonsiz. Optik tajribalarda tasodifiy xatoliklar quyidagilardan kelib chiqadi:

- nur yo‘nalishining oz miqdorda og‘ib ketishi;
- linza yoki oynalarning yuzasi ideallikdan chetga chiqishi;

- nur kuchi yoki yorug‘lik manbasining beqarorligi;
- kuzatuvchi shaxsning ko‘ziga bog‘liq xatolar (masalan, parallaks xatosi — ko‘z pozitsiyasiga bog‘liq o‘qish xatosi);
- o‘lchov qurilmasining mayda tebranishlari.

Bunday holatlarda xatoliklarni **kamaytirish** uchun o‘lchovlar **bir necha marta** qayta bajariladi.

3. Qo‘pol xatolik

Qo‘pol xatolik — bu inson tomonidan yo‘l qo‘yiladigan **katta va yaqqol xatolik** bo‘lib, odatda tajriba davomida e‘tiborsizlik yoki tajribasizlik natijasida sodir bo‘ladi. Masalan:

- ko‘rsatkichlarni noto‘g‘ri o‘qish (linza fokus masofasini 15 sm o‘rniga 51 sm deb yozib olish);
- yozuvda raqamlarni chalkashtirish (3 o‘rniga 8, 6 o‘rniga 5);
- nurning noto‘g‘ri yo‘nalishini tanlab, asbobni noto‘g‘ri sozlash.

Bunday xatoliklar odatda tajriba natijalari sezilarli darajada farq qilganda aniqlanadi va **tajriba natijasini qattiq buzadi**. Shu sababli, tajribalarni takrorlab bajarish yoki tajribani boshqa shaxs tomonidan nazorat qilish orqali bu xatoliklar osonlik bilan aniqlanishi va tuzatilishi mumkin.

3. O'LCHASHLARNING ABSOLYUT VA NISBIY XATOLIKLARI

Optik tajribalarda o'lchovlar aniqligi tajribaning ishonchliligi va fizik qonuniyatlarning to'g'ri tavsiflanishida muhim rol o'ynaydi. Faraz qilaylik, biz sistematik xatoliklarni e'tiborga olmayapmiz (ya'ni ular yo'q deb hisoblaymiz), va biror optik kattalik – masalan, **linzaning fokus masofasi, sinish koeffitsienti yoki yorug'lik intensivligi** – ni **n marta** o'lchadik. Olingan qiymatlar quyidagicha bo'lsin:

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$$

Bu holda ularning **o'rtacha arifmetik qiymati** quyidagi formula orqali topiladi:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Bu qiymat — ya'ni \bar{x} — izlanayotgan fizik kattalikning **haqiqiy qiymatiga eng yaqin** hisoblanadi.

Absolyut xatolik

Har bir o'lchash natijasi o'rtacha qiymatdan ma'lum darajada farq qiladi. Bu farqlar quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta x_i = |x_i - \bar{x}|$$

Bu Δx_i qiymatlar **ayrim o'lchovlarning absolyut xatoligi** deb ataladi.

Agar har bir o‘lchash shu tarzda $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \dots, \Delta x_n$ kabi xatoliklar bilan bajargan bo‘lsak, ularning **o‘rtacha absolyut xatoligi** quyidagicha hisoblanadi:

$$\overline{\Delta x} = \frac{\overline{\Delta x_1} + \overline{\Delta x_2} + \overline{\Delta x_3} + \dots + \overline{\Delta x_n}}{n}$$

Bu qiymat tajribaviy o‘lchashda qanday xatoliklar bilan ishlayotganimizni bildiradi. Agar boshqa xatolik turlari mavjud bo‘lmasa, unda fizik kattalikning haqiqiy qiymati quyidagi oraliqda yotadi:

$$x = \bar{x} \pm \overline{\Delta x}$$

Bu yozuv **xatolikni qo‘pol baholash** usuli bo‘lib, ayniqsa, dastlabki tajribalar uchun, yoki **katta aniqlik** talab qilinmaydigan hollarda qo‘llaniladi.

Nisbiy xatolik

Ko‘p hollarda **absolyut xatolik** natijaning aniqligi haqida to‘liq tasavvur bera olmaydi. Masalan, **0.1 sm xatolik** kichik o‘lchamdagi linzani o‘lchaganda sezilarli bo‘lishi mumkin, katta o‘lchamda esa – unchalik emas. Shu sababli **nisbiy xatolik** tushunchasi joriy qilinadi:

$$\delta = \frac{\overline{\Delta x}}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Bu **foizlarda ifodalanadigan** kattalik bo‘lib, o‘lchovning **aniqlik darajasi** haqida aniqroq ma’lumot beradi.

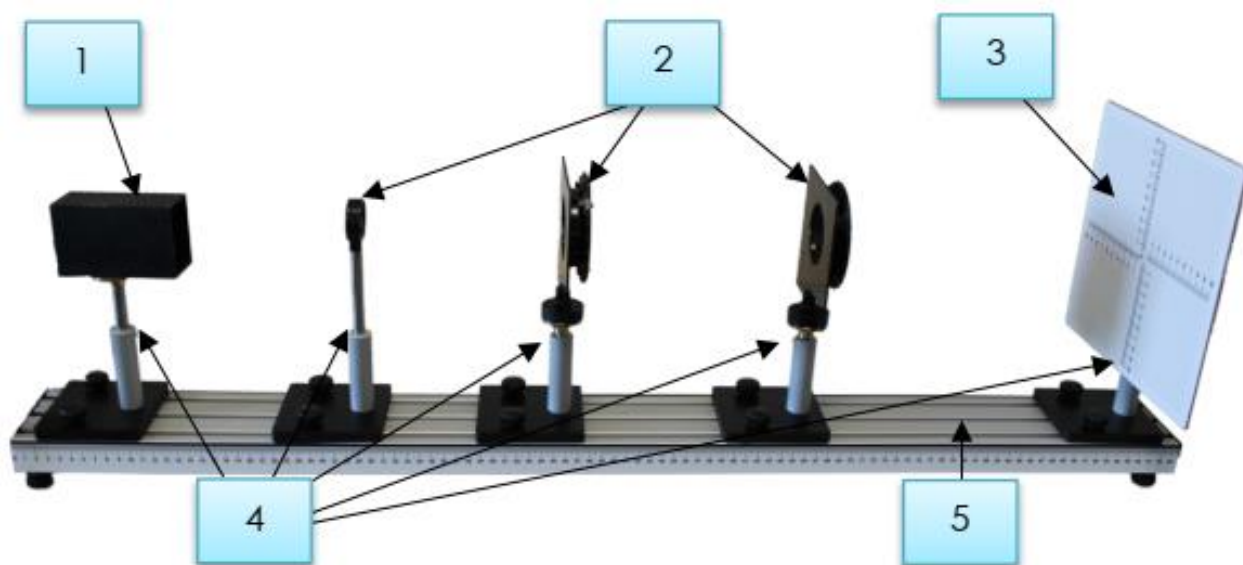
Masalan, agar lazer nuri to‘lqin uzunligi $\lambda = 650 \text{ nm}$ aniqlikda $\Delta\lambda = 5 \text{ nm}$ xatolik bilan o‘lchangan bo‘lsa, bu o‘lchovning nisbiy xatoligi:

$$\delta = \frac{5}{650} \cdot 100\% \approx 0.77\%$$

Ko‘rinib turibdiki, **xatolikning nisbiy ifodasi** tajriba sifatini solishtirish va tahlil qilishda muhim ko‘rsatkich hisoblanadi, ayniqsa **optik qurilmalarning samaradorligi** va **tajriba ishonchliligini** baholashda. Zarur hollarda ehtimollar nazariyasidan foydalanilib, o‘rtacha kvadratik chetlanish kabi ko‘rsatkichlar orqali xatoliklar aniqlanadi.

1-LABORATORIYA ISHI. LINZALARNING FOKUS MASOFASINI MASOFASINI ANIQLASH

Ushbu qurilma yig‘uvchi va sochuvchi linzalarning fokus masofasini aniqlash va geometrik optika hodisalarini o‘rganish imkonini beradi.



1.1-rasm. Qurilmaning tarkibi: 1 - yoritgich; 2 - linzalar; 3 - ekran; 4 - reyterlar; 5 - optik taglik.

Qurilma konstruktiv jihatdan optik taglikdan iborat bo‘lib, u bo‘ylab buyum (yoritgich), linzalar va ekran o‘rnatilgan tutqichlar harakatlanadi. Taglikda millimetrli shkala mavjud bo‘lib, u yorug‘lik manbai bilan linzalar orasidagi, shuningdek linzalar bilan ekran orasidagi masofalarni o‘lchash imkonini beradi. Buyum, linzalar va ekran shunday o‘rnatilishi kerakki, ularning markazlari bir xil balandlikda va linzaning optik o‘qi optik taglikka parallel bo‘lishi kerak.

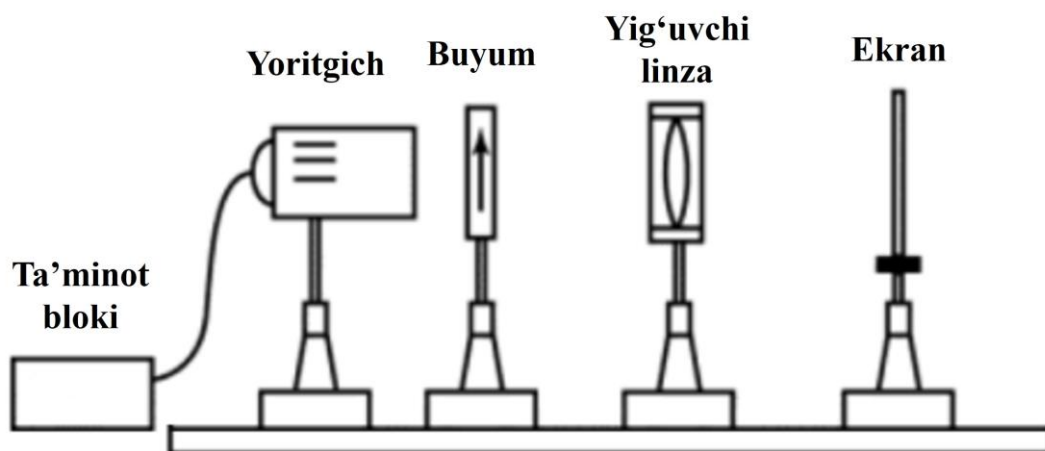
1.1 YIG‘UVCHI LINZANING BOSH FOKUS MASOFASINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: yig‘uvchi linzaning bosh fokus masofasi aniqlashni o‘rganish.

Kerakli jihozlar: optik taglik, reyterlar (4 dona), ta‘minlash blokiga ega yoritgich, ekran, yig‘uvchi linza, buyum.

Qurilmaning tavsifi.

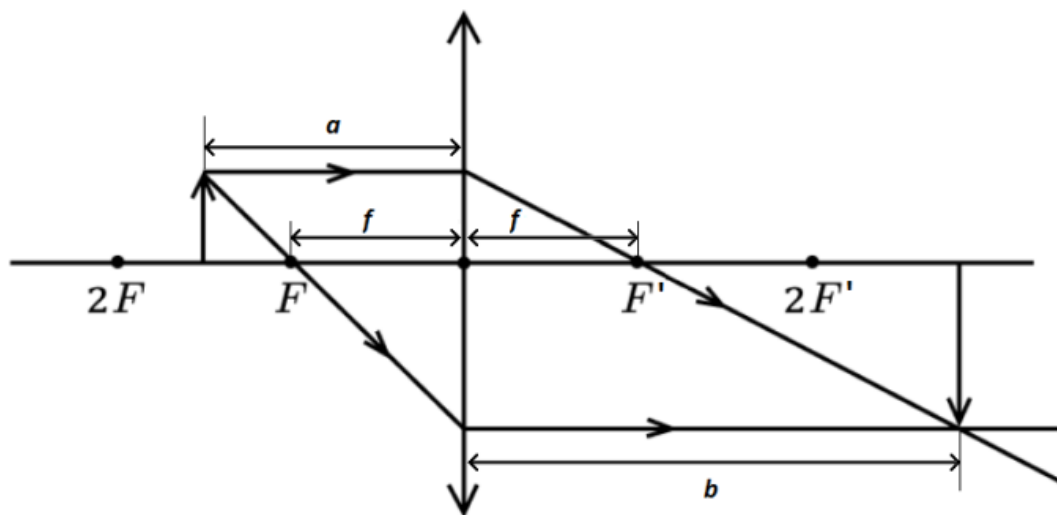
O‘lchashlarni amalga oshirish uchun 1.2-rasmda tasvirlangan optik qurilmadan foydalaniladi. Optik taglikka o‘rnatilgan yoritgich elektr tarmog‘iga ulangan ta‘minot blokidan quvvat oladi. Yoritgichdan yorug‘lik strelka ko‘rinishida yasalgan buyum sirtiga tushadi. Strelka tasviri yig‘uvchi linza yordamida ekranda hosil qilinadi. Reyterlar yordamida linzani optik taglikka nisbatan siljitish mumkin.



1.2-rasm. Qurilmaning sxematik tasviri.

Nazariy qism.

Optik taglikka yig‘uvchi linzani joylashtirish orqali ekranda buyumning haqiqiy tasvirini hosil qilamiz. Bunda linzadagi nurlarning yo‘nalishi 1.3-rasmda ko‘rsatilganidek bo‘ladi. Linza va buyumni shunday o‘rnatish kerakki, buyum linzadan linzaning bosh fokus masofasiga qaraganda uzoqroq masofada joylashsin.



1.3-rasm. Yig‘uvchi linzadagi nurlarning yo‘li.

Yupqa linzaning formulasini umumiy ko‘rinishda quyidagicha yozamiz:

$$\pm \frac{1}{f} = \frac{1}{a} \pm \frac{1}{b} \quad (1.1)$$

bu yerda f - linzaning bosh fokus masofasi; a - buyumdan linzaning optik markazigacha bo‘lgan masofa; b - tasvirdan linzaning optik markazigacha bo‘lgan masofa.

Yigʻuvchi linza uchun (uning orqa fokusi f haqiqiy boʻlgani sababli) $\frac{1}{f}$ qoʻshiluvchisi oldiga "+" belgisi qoʻyiladi. Sochuvchi linza uchun esa (uning orqa fokusi mavhum boʻlgani tufayli) $\frac{1}{f}$ qoʻshiluvchisi oldiga "-" belgisi qoʻyiladi.

$\frac{1}{a}$ qoʻshiluvchining oldiga doimo "+" belgisi qoʻyiladi.

$\frac{1}{b}$ qoʻshiluvchining oldiga tasvir haqiqiy boʻlsa "+" belgisi, mavhum boʻlsa esa "-" belgisi qoʻyiladi.

Yuqoridagilarni hisobga olgan holda (1) dan yigʻuvchi linza uchun yupqa linza formulasi quyidagicha boʻlishi kelib chiqadi:

$$f = \frac{ab}{a + b} \quad (1.2)$$

Shuni aytish joizki, (2) formula yigʻuvchi yupqa linzaning bosh fokus masofasini aniqlash uchun ishchi formula sifatida qoʻllanilishi mumkin. Buning uchun faqatgina a va b masofalarni oʻlchash kifoya. Biroq, buyum va tasvirdan linzaning optik markazigacha boʻlgan masofalarni oʻlchashda linza qalinligi darajasidagi xatolikka yoʻl qoʻyilishini eʻtiborga olish lozim. Shu sababli, yupqa linzaning bosh fokus masofasini oʻlchash faqat uning qalinligi doirasidagi aniqlikda maʼno kasb etadi.

Ishni bajarish tartibi.

1. Yoritgich, buyum va ekranni o'qituvchi ko'rsatgan masofalarda optik taglikka o'rnatib. Bu masofani optik taglikning yon tomonidagi millimetrli shkala yordamida o'lchang.

2. Yoritgich bilan ekran orasiga yig'uvchi linzani shunday joylashtiringki, ekranda buyumning aniq tasviri hosil bo'lsin.

3. Ekran vaziyatini o'lchang va tajribani takrorlang. Tajribani yoritgich bilan ekran orasidagi masofa har xil bo'lgan holatlarda kamida uch marta takrorlang. O'lchov natijalarini 1.1-jadvalga kiriting.

4. Har bir tajriba uchun (1.2)-formuladan foydalangan holda yig'uvchi linzaning bosh fokus masofasini aniqlang, so'ngra uning o'rtacha qiymati \bar{f} ni toping.

1.1-Jadval

N ^o	a , sm	b , sm	f , sm	\bar{f} , sm
1				
2				

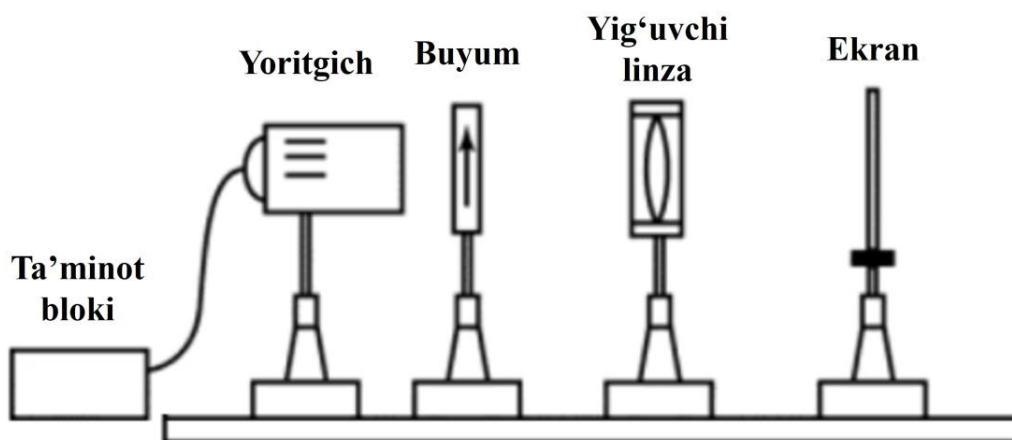
1.2 YIG'UVCHI LINZANING BOSH FOKUS MASOFASINI BESSEL USULI BILAN ANIQLASH

Ishning maqsadi: yig'uvchi linzaning bosh fokus masofasini Bessel usuli bilan aniqlashni o'rganish.

Kerakli jihozlar: optik taglik, reyterlar (4 dona), ta'minlash blokiga ega yoritgich, ekran, yig'uvchi linza, buyum.

Qurilmaning tavsifi.

O'lchashlarni amalga oshirish uchun 1.4-rasmda tasvirlangan optik qurilmadan foydalaniladi. Optik taglikka o'rnatilgan yoritgich elektr tarmog'iga ulangan ta'minot blokidan quvvat oladi. Yoritgichdan yorug'lik strelka ko'rinishida yasalgan buyum sirtiga tushadi. Strelka tasviri yig'uvchi linza yordamida ekranda hosil qilinadi. Strelkaning tasviri yig'uvchi linza yordamida ekranda hosil qilinadi. Reyterlar yordamida linzani optik taglikka nisbatan siljitish mumkin.



1.4-rasm. Qurilmaning sxematik tasviri.

Ilmiy tajribalar amaliyotida ko'pincha **Bessel** tomonidan ishlab chiqilgan va uning nomi bilan atalgan usul qo'llaniladi. Bu usul yig'uvchi yupqa linzalarning bosh fokus masofasini aniqlashga mo'ljallangan. Keling, ushbu usulni ko'rib chiqaylik.

Nazariy qism.

Buyum bilan ekran orasidagi masofa $4f$ dan ortiq bo'lsin. Bu holda linzaning shunday ikkita holatini topish mumkinki (1.5-rasm), bunda ekranda buyumning aniq tasviri hosil bo'ladi (bir holda kattalashgan, ikkinchisida esa kichraygan). Ikkala holatda ham buyumning ekrandagi tasviri bir xil linza yordamida hosil bo'lgani sababli, (1.1) formulaga asoslanib

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f} \quad (1.3)$$

yoki

$$\frac{a_1 b_1}{a_1 + b_1} = \frac{a_2 b_2}{a_2 + b_2} = f \quad (1.4)$$

deb yozish mumkin. Ammo, 4-rasmdan ko'rinib turibdiki,

$$a_1 + b_1 = a_2 + b_2 = L \quad (1.5)$$

$$a_2 - a_1 = b_1 - b_2 = l \quad (1.6)$$

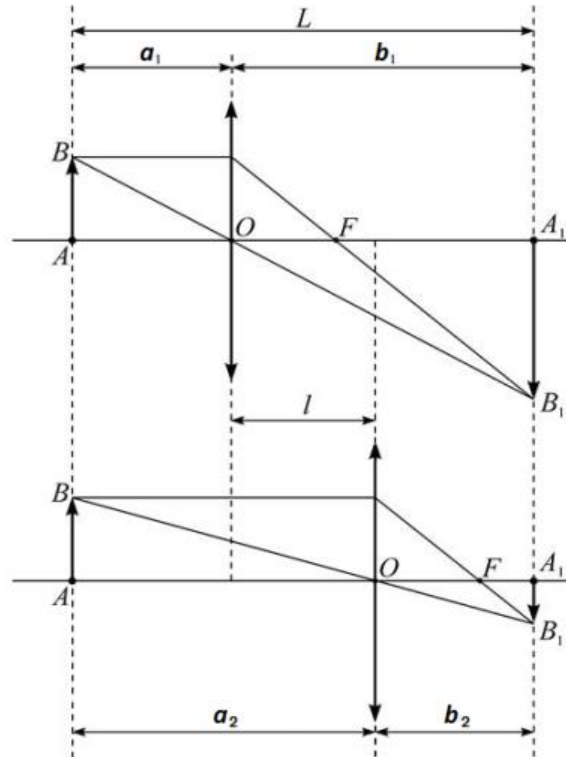
Shunda (1.5) ni hisobga olgan holda, (1.4) ifoda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi: $a_1 b_1 = a_2 b_2$ (1.7) yoki a_2 va b_2 ni (1.6) dan l orqali ifodalab, quyidagini olamiz: $a_1 b_1 = (l + a_1)(b_1 - l)$ (1.8) . Bundan kelib chiqadiki, $b_1 - a_1 = l$ (1.9).

Shunday qilib, (1.5) va (1.9) ni hisobga olgan holda quyidagi tenglamalar sistemasini tuzamiz:

$$\begin{cases} b_1 - a_1 = l \\ b_1 + a_1 = L \end{cases} \quad (1.10)$$

ni yechib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$a_1 = \frac{L - l}{2}, b_1 = \frac{L + l}{2} \quad (1.11)$$



1.5-rasm. Yig‘uvchi linzada kattalashtirgan va kichiklashtirgan tasvirlarni hosil qilish.

Bu a_1 va b_1 qiymatlarini (1.3) formulaga qo‘yib, quyidagini topamiz:

$$f = \frac{L^2 - l^2}{4L} \quad (1.12)$$

(1.12) formula Bessel usulida yig‘uvchi linzaning bosh fokus masofasini aniqlash uchun ishchi formula hisoblanadi.

Ishni bajarish tartibi.

1. Ekranini optik taglikka shunday o‘rnatishingki, u bilan buyum orasidagi masofa $4f$ dan katta bo‘lsin (taxminan).
2. Yig‘uvchi linzani buyum bilan ekran orasiga shunday joylashtiringki, ekranda buyumning aniq kattalashgan tasviri hosil bo‘lsin. Linzaning optik taglikdagi vaziyatiga mos keladigan a_1 shkalaning bo‘lim qiymatini yozing.
3. Yoritgich va ekran orasidagi masofani o‘zgartirmagan holda, linzani optik taglik bo‘ylab shunday siljitingki, ekranda buyumning kichraytirilgan tasviri hosil bo‘lsin. Linzaning optik taglikdagi yangi holatiga mos keladigan a_2 shkalaning bo‘lim qiymatini yozib oling.
4. Linzaning ikki holati orasidagi farq sifatida l masofani aniqlang, ya’ni $a_2 - a_1 = l$.
5. Buyum bilan ekran orasidagi masofani o‘lchang (biroq u $4f$ dan katta bo‘lishi kerak) va tajribani takrorlang. Tajribani kamida uch marta takrorlang. O‘lchash natijalarini 1.2-jadvalga kiriting.
6. Uchala tajriba uchun yig‘uvchi linzaning fokus masofasini Bessel usuli bilan hisoblang va o‘rtacha qiymatini toping. Natijalarni 1.2-jadvalga kiriting.

1.2-Jadval

No	L, sm	a_1, sm	a_2, sm	l, sm	f, sm	\bar{f}, sm
1						
2						

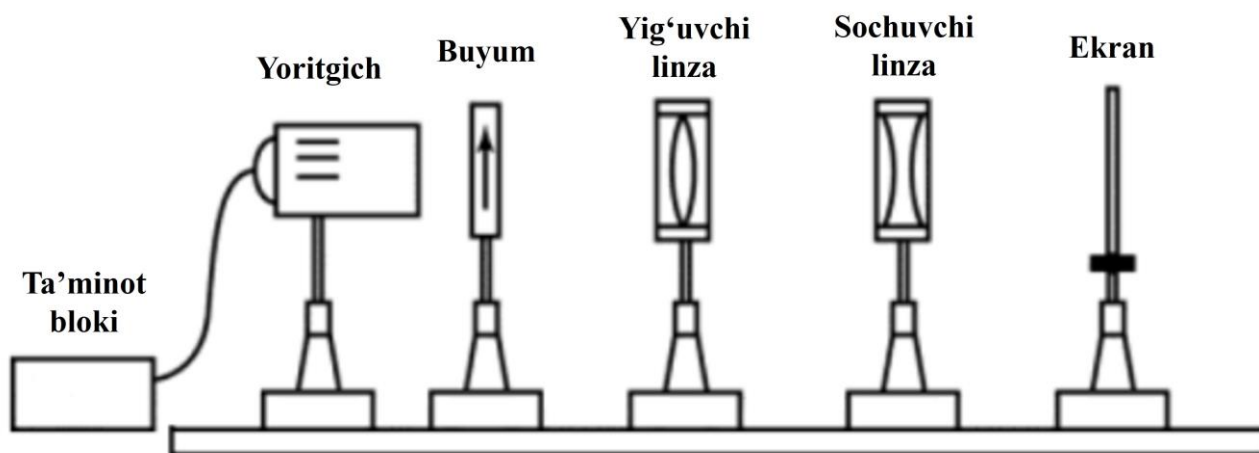
1.3 SOCHUVCHI LINZANING BOSH FOKUS MASOFASINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: sochuvchi linzaning fokus masofasini aniqlashni o‘rganish.

Kerakli jihozlar: optik taglik, reyterlar (5 dona), ta’minlash blokiga ega yoritgich, ekran, yig‘uvchi linza, sochuvchi linza, buyum.

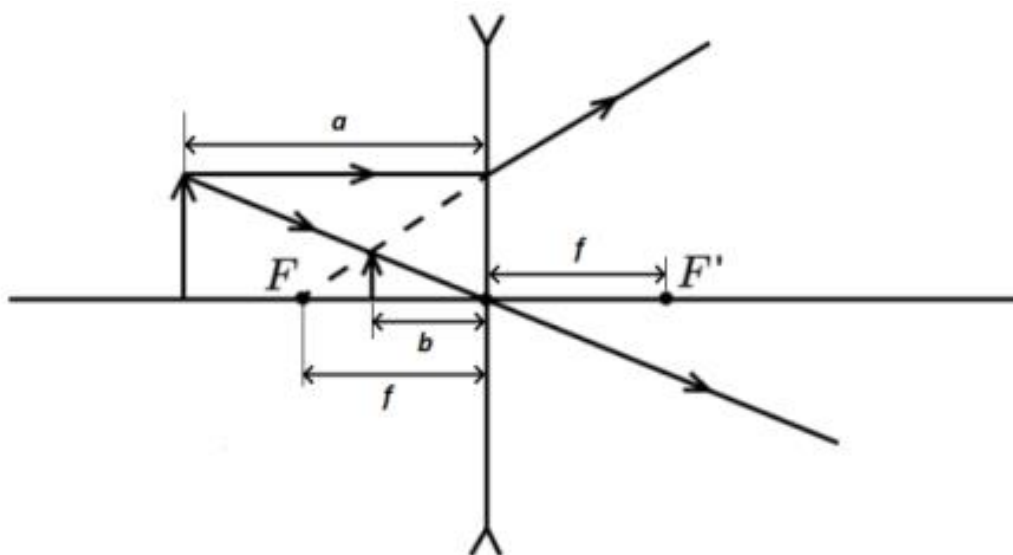
Qurilmaning tavsifi.

O‘lchov ishlarini amalga oshirish uchun 1.6-rasmda ko‘rsatilgan optik qurilmadan foydalaniladi. Optik stol ustiga o‘rnatilgan yoritgich elektr tarmog‘iga ulangan ta’minot blokidan quvvat oladi. Yoritgich lampasidan chiqayotgan yorug‘lik strelka shaklida tayyorlangan buyum sirtiga tushadi. Strelkaning tasviri ekranda yig‘uvchi va sochuvchi linzalar sistemasi yordamida hosil qilinadi. Linzalarni reyterlar yordamida optik taglikka nisbatan siljitish mumkin.



1.6-rasm. Qurilmaning sxematik tasviri.

Nazariy qism.



1.7-rasm. Sochuvchi linzada nurlarning yoʻnalishi.

Sochuvchi linzalar ekranda buyumning haqiqiy tasvirini hosil qilmaydi (1.7- rasm). Shu sababli, ularning bosh fokus masofasini aniqlashda yigʻuvchi linzadan foydalanishga toʻgʻri keladi. Sochuvchi yupqa linzalarning bosh fokus masofasini aniqlashning bir necha usuli mavjud. Mazkur ishda biz faqat **ikki marta fokuslashtirish** usulini koʻrib chiqamiz.

Bu usulning mohiyati quyidagicha: yigʻuvchi linza yordamida ekranda buyumning aniq tasviri hosil qilinadi. Keyin ekran bilan yigʻuvchi linza orasiga ekrandan b masofada sochuvchi linza joylashtiriladi (1.8-rasm). Shunda ekrandagi aniq tasvir yoʻqoladi. Ekranini sochuvchi linzadan a masofaga joylashtirish orqali buyumning aniq tasviri yana hosil qilinadi. Yorugʻlik nurlarining oʻzaro qaytarilish xususiyati tufayli S_1 nuqtani S_2 nuqtaning sochuvchi linzadagi tasviri deb hisoblash mumkin.

Yupqa linzaning formulasini umumiy ko‘rinishda quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$\frac{1}{a} \pm \frac{1}{b} = \pm \frac{1}{f} \quad (1.13)$$

bu yerda f - linzaning bosh fokus masofasi; a - buyumdan linzaning optik markazigacha bo‘lgan masofa; b - tasvirdan linzaning optik markazigacha bo‘lgan masofa.

Yig‘uvchi linza uchun (uning orqa fokusi f haqiqiy bo‘lgani sababli) $\frac{1}{f}$ qo‘shiluvchisi oldiga "+" belgisi qo‘yiladi. Sochuvchi linza uchun esa (uning orqa fokusi mavhum bo‘lgani tufayli) $\frac{1}{f}$ qo‘shiluvchisi oldiga "-" belgisi qo‘yiladi.

$\frac{1}{a}$ qo‘shiluvchining oldiga doimo "+" belgisi qo‘yiladi.

$\frac{1}{b}$ qo‘shiluvchining oldiga tasvir haqiqiy bo‘lsa "+" belgisi, mavhum bo‘lsa esa "-" belgisi qo‘yiladi.

Yig‘uvchi linza faqat buyum bosh fokus bilan linza orasida joylashgandagina mavhum tasvir hosil qiladi. Sochuvchi linza esa buyumning linzaga nisbatan joylashuvidan qat’i nazar, faqat mavhum tasvirini beradi.

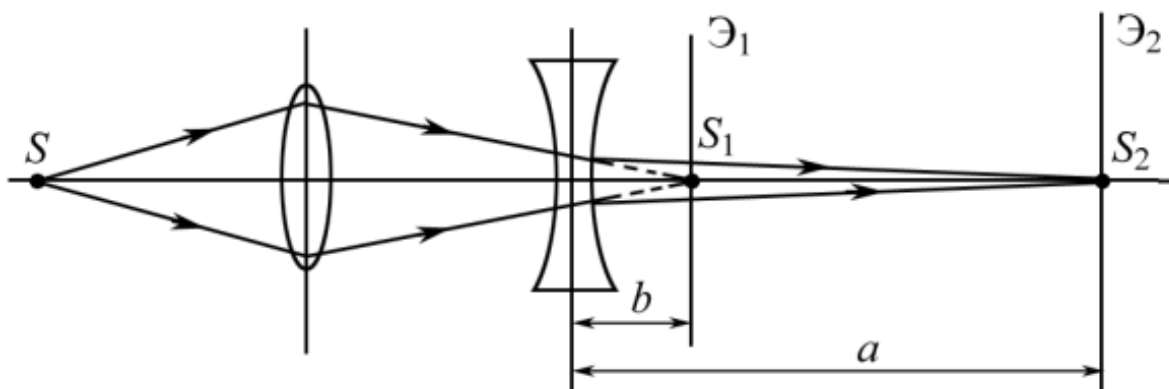
Yuqorida aytilganlarni inobatga olgan holda, (1.13) tenglamadan sochuvchi linza uchun yupqa linza formulasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘lishi kelib chiqadi:

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = -\frac{1}{f} \quad (1.14)$$

bundan kelib chiqadiki

$$f = \frac{ab}{a - b} \quad (1.15)$$

(1.15) formula sochuvchi yupqa linzaning fokus masofasini aniqlash uchun ishchi formula hisoblanadi. Buning uchun quyidagi masofalarni o‘lchash lozim: b - sochuvchi linza (aniqrog‘i, uning optik markazi) bilan ekran orasidagi masofa, bunda buyumning aniq tasviri yig‘uvchi linza yordamida hosil qilingan bo‘ladi; a - sochuvchi linza bilan ekran orasidagi masofa, bunda buyumning tasviri ikkala linza (yig‘uvchi va sochuvchi) yordamida hosil qilingan bo‘ladi.



1.8-rasm. Linzalar sistemasida nurlar yo‘nalishi.

Ishni bajarish tartibi.

1. Optik taglikka, ekran bilan yoritgich orasiga yig‘uvchi linza o‘rnating. Uning yordamida ekranda buyumning kichraytirilgan tasvirini hosil qiling.

2. Ekranning ushbu holatiga mos keladigan x_1 shkalaning bo‘lim qiymatini yozib oling.

3. Yig‘uvchi linza bilan ekran orasiga (yig‘uvchi linzaga yaqinroq joyga) sochuvchi linzani joylashtiring. Ekranni optik taglik bo‘ylab siljitish orqali buyumning aniq tasvirini yana hosil qiling.

4. Ekranning yangi holatiga mos keluvchi x_2 shkalaning bo‘lim qiymatini yozib oling.

5. Sochuvchi linzaning optik taglikdagi joylashuviga (aniqrog‘i, uning optik markaziga) mos keluvchi x_p shkalaning bo‘lim qiymatini yozib oling.

6. a va b masofalarning qiymatlarini aniqlang. Tajribani kamida uch marta takrorlang. O‘lchash natijalarini 1.3-jadvalga kiriting.

7. Har bir tajribada (1.15) formuladan foydalanib, sochuvchi linzaning bosh fokus masofasini aniqlang, so‘ngra uning o‘rtacha qiymati \bar{f} ni toping.

1.3-Jadval

N ^o	x_1, sm	x_2, sm	x_p, sm	a, sm	b, sm	f, sm	\bar{f}, sm
1							
2							

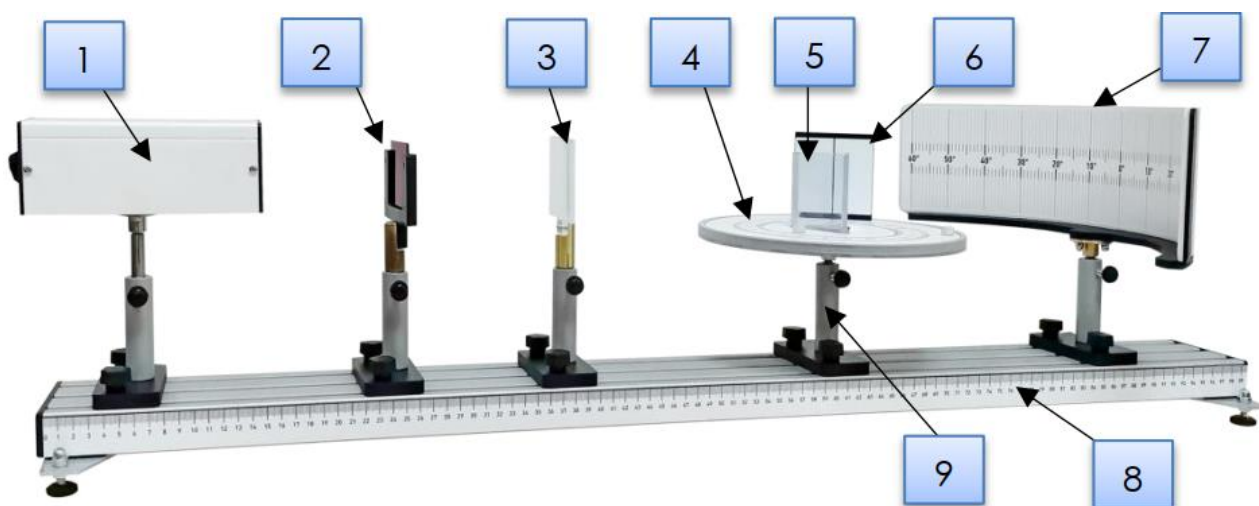
Foydalanilgan usul bilan fokus masofani aniqlashning aniqligi haqida xulosa chiqaring.

Nazorat savollari.

1. Linza deb nimaga aytiladi? Linzalarning turlari haqida gapiring?
2. Linzalarning asosiy parametrlarini aytib bering?
3. Linzaning bosh optik o'qi, optik markazi haqida ma'lumot bering?
4. Linzaning fokus masofasi, fokal tekisligi haqida ma'lumot bering?
5. Linzaning optik kuchi deb qanday kattalikka aytiladi?
6. Linzalar qanday kamchiliklarga ega?
7. Linzada qanday tasvirlar hosil qilish mumkin?
8. Linzaning kattalshtirishi deb nimaga aytiladi? U qanday aniqlanadi?
9. Bessel usuli boshqa usullardan qanday farqlanadi?
10. Optik asboblari deb qanday asboblarga aytiladi? Misollar keltiring?
11. Linzali optik asboblarni sanang?
12. Refraktor nima? Reflektorchi?
13. Ko'zning tuzilishini tushuntiring?
14. Ko'zda tasvir qanday hosil bo'ladi?
15. Ko'z akkomodatsiyasi nima?
16. Abberatsiya nima? Uning turlari haqida ma'lumot bering?

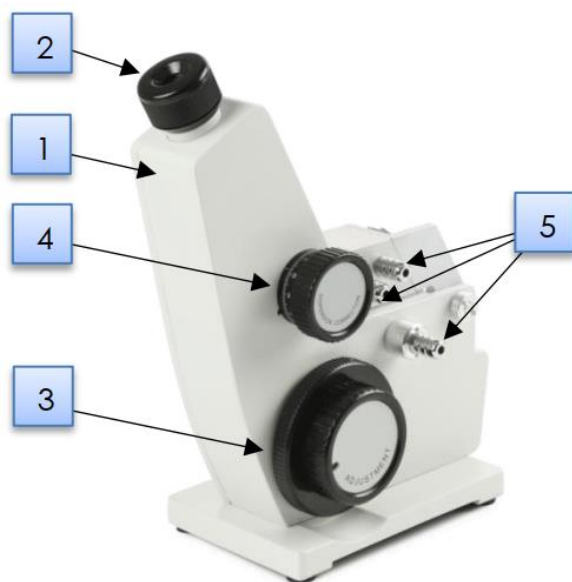
2-LABORATORIYA ISHI. YORUG‘LIKNING SUYUQLIKDA SINISHI VA DISPERSIYASI

Ushbu laboratoriya qurilmasi suyuqliklarning nur sindirish ko‘rsatkichini aniqlash hamda dispersiyasiya hodisasini o‘rganish imkonini beradi.

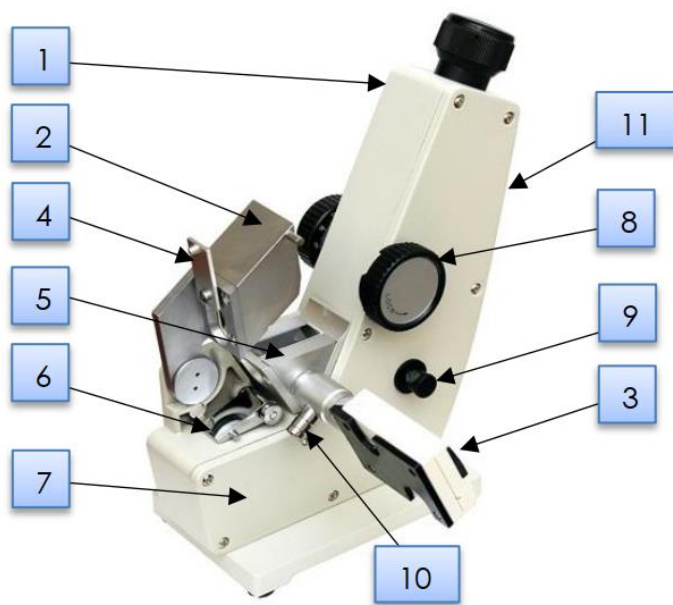


2.1-rasm. Qurilmaning tarkibi: 1 - yorug‘lik manbai; 2 - yorug‘lik filtrlarini mahkamlash uchun tutqich; 3 - kollimator linzasi; 4 - aylanma stolcha; 5 - ichi bo‘sh prizma; 6 - kichik ekran; 7 - katta ekran; 8 - optik taglik; 9 - reyter.

Qurilma konstruktiv jihatdan optik taglikdan iborat bo‘lib, u bo‘ylab yorug‘lik manbai, yorug‘lik filtrlari, kollimator linza, ichi bo‘sh prizma va ekran o‘rnatilgan tutqichlar harakatlanadi. Taglikda millimetrli shkala mavjud bo‘lib, u taglik ustiga joylashtirilgan tutqichlar orasidagi masofalarni o‘lchash imkonini beradi.



2.2-rasm. Refraktometr (o'ngdan ko'rinishi): 1- korpus; 2- okulyar; 3- yorug'lik/soya chegarasi va ko'rsatkich shkalasini siljituvchi aylanma g'ildirak; 4- kompensator aylanma g'ildiragi; 5- termostatlash uchun nipellar.



2.3-rasm. Refraktometr (chapdan ko'rinishi): 1- korpus; 2 - yoritiluvchi prizmasi bo'lgan harakatlanuvchi qobiq; 3 - termometr; 4 - qopqog; 5 - o'lchov prizmasi bo'lgan qobiq; 6 - ochilib-yopiladigan ko'zgu; 7 - korpus qopqog'i; 8 - mahkamlash g'ildiragi; 9 - optik detal; 10 - termostatlash uchun ulash nipeli; 11 - prizmani sozlash vinti (korpusning orqa devorida)

Ishning maqsadi: suyuqliklarning nur sindirish ko'rsatkichini aniqlash va dispersiyasiya hodisasini o'rganish.

Kerakli jihozlar: yorug'lik manbai, yorug'lik filtrlarini mahkamlash uchun tutqich, kollimator linzasi, aylanma stolcha, ichi bo'sh prizma, katta va kichik ekran, optik taglik, reyter, refraktometr.

Nazariy qism.

Yorug'lik ikki muhit chegarasiga tushganida, yorug'lik to'lqinlari qisman birinchi muhitga qaytadi (yorug'likning qaytishi), qisman esa ikkinchi muhitga o'tadi. Bunda, qiya tushish holatida to'lqinlarning tarqalish yo'nalishi o'zgaradi (yorug'likning sinishi). Yorug'likning qaytishi va sinishi jarayonlari tegishli qonuniyatlarga muvofiq ravishda ro'y beradi.

Sinish qonunini ko'rib chiqaylik:

1. Sindiruvchi sirtga tushayotgan nur, tushish nuqtasidagi shu sirtga o'tkazilgan normal va singan nur bir tekislikda yotadi;

2. Tushish burchagi i ning sinusi bilan sinish burchagi r ning sinusi nisbati berilgan ikki modda uchun o'zgarmas kattalik bo'lib, u ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan nur sindirish ko'rsatkichi n_{21} deb ataladi:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \text{const} \quad (2.1)$$

Ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan nur sindirish ko'rsatkichi n_{21} , birinchi muhitdagi yorug'lik tezligining ikkinchi muhitdagi yorug'lik tezligiga nisbatini ifodalaydi:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} \quad (2.2)$$

Agar birinchi muhit vakuum bo'lsa, ikkinchi muhitning vakuumga nisbatan nur sindirish ko'rsatkichi mazkur muhitning absolyut nur sindirish ko'rsatkichi deyiladi.

$$n_2 = \frac{c}{v_2} \quad (2.3)$$

Muhitning absolyut nur sindirish ko'rsatkichi (yoki oddiygina nur sindirish ko'rsatkichi) yorug'likning vakuumdagi tezligining yorug'likning berilgan muhitdagi tezligiga nisbatiga teng.

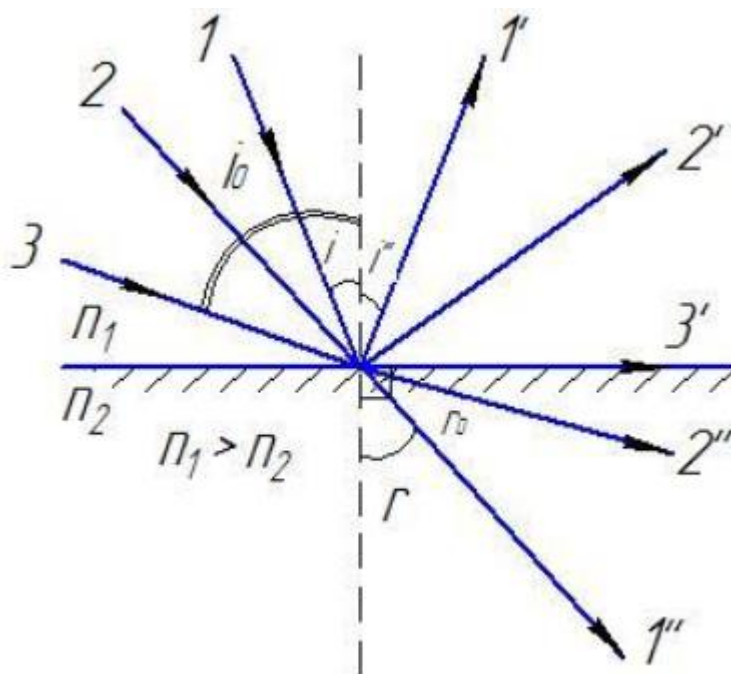
$$n = \frac{c}{v} \quad (2.4)$$

(2.2) va (2.3) munosabatlardan moddalarning absolyut nur sindirish ko'rsatkichlari bilan ularning nisbiy nur sindirish ko'rsatkichlari orasidagi bog'lanishni aniqlash oson.

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.5)$$

Nur optik zichligi past bo'lgan muhitdan optik zichligi yuqori bo'lgan muhitga o'tganda, ya'ni $n_2 < n_1$ bo'lganda, nisbiy nur sindirish ko'rsatkichi $n_{21} > 1$ va $i > r$ bo'ladi. Nur optik zichligi yuqori bo'lgan

muhitdan optik zichligi past bo'lgan muhitga o'tganda esa $n_{21} < 1$ va $i < r$ bo'ladi (2.4-rasm, 1 va 1'' nurlar). Bu holda tushish burchagini oshirib, uning shunday i_0 qiymatiga erishish mumkinki, bunda $r_0 = 90^\circ$ bo'ladi. Ya'ni, singan nur ikki muhit chegarasi bo'ylab sirpanib o'tadi (2.4-rasm, 3 va 3' nurlar).



2.4-rasm. $i > i_0$ bo'lganda to'liq ichki qaytarish hodisasi.

Dispersiyaning miqdoriy xarakteristikalari.

Dispersiyani tavsiflash uchun o'rtacha dispersiya D deb ataladigan kattalikdan foydalaniladi. Bu kattalik quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$D = n_F - n_C \quad (2.6)$$

Bu yerda n_F va n_C - vodorod spektrida mos ravishda $\lambda_F = 486,1 \text{ nm}$ to‘lqin uzunlikdagi chiziq (ko‘k chiziq, F) va $\lambda_C = 653,3 \text{ nm}$ to‘lqin uzunlikdagi chiziq (qizil chiziq, C) uchun nur sindirish ko‘rsatkichlaridir.

Amaliy kataloglarda odatda dispersiya koeffitsiyenti yoki Abbe soni keltiriladi:

$$V = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} \quad (2.7)$$

Bu yerda n_D - to‘lqin uzunligi $\lambda_D = 589,3 \text{ nm}$ bo‘lgan nur uchun sindirish ko‘rsatkichi (natriyning bir-biriga yaqin ikkita sariq chizig‘i to‘lqin uzunliklarining o‘rtacha qiymati) hisoblanadi.

Ishni bajarish tartibi.

a) yorug‘likning turli muhitlarda sinishini o‘rganish.

1. 2.1-rasmga muvofiq qurilmani yig‘ing, ichi bo‘sh prizmani aylanadigan stolchadan olib tashlang, yorug‘lik manbai nurlari yo‘nalishiga qarama-qarshi kichik ekranni o‘rnating;

2. yorug‘lik manbaini yoqing, kollimator linzasi bilan ekran orasidagi masofani o‘zgartirib, ekranda yorug‘lik manbai tirqishining aniq tasvirini hosil qiling;

3. Voronka yordamida ichi bo‘sh prizmagaga tekshirilayotgan suyuqlikni quyuing, prizmani aylanadigan stolchaga o‘rnating, prizma va ekranni aylantirgan holda spektrning aniq tasvirini toping;

4. Shisha prizma uchun 2-bandni takrorlang.

b) refraktometr yordamida suyuqliklarning nur sindirish ko'rsatkichi va boshqa xususiyatlarini aniqlash.

1) Nur sindirish ko'rsatkichini o'lchash.

1. O'lchov prizmasining toza silliqlangan yuzasiga pipetka yordamida ehtiyotkorlik bilan, prizмага tegmasdan, 2-3 tomchi suyuqlik tomizing. Yoritiluvchi prizmani tushirib, uni 8-raqamli mahkamlash g'ildiragi bilan mahkamlang (2.3-rasm).

Shaffof suyuqliklarni nur sindirish ko'rsatkichini o'lchash o'tuvchi yorug'likda amalga oshiriladi. Bunda yorug'lik yoritiluvchi prizmaning 4-raqamli qopqog'i ochiq bo'lgan derazasidan o'tadi (2.3-rasm), o'lchov prizmasining derazasi esa 6-raqamli ko'zgu bilan yopilgan bo'ladi (2.3-rasm). Rangli va loyqa namunalarning nur sindirish ko'rsatkichini o'lchash qaytgan yorug'likda o'tkaziladi. Buning uchun 4-raqamli qopqoqni (2.3-rasm) yopib, 6-raqamli ko'zguni (2.3-rasm) ochish kerak. Ko'zgu yordamida yorug'lik o'lchov prizmasiga yo'naltiriladi, bunda qorong'i va yorug' maydonlar o'rin almashadi. Qolgan barcha holatlarda o'lchashlar xuddi shaffof suyuqliklardagi kabi olib boriladi.

2. Tekshirilayotgan suyuqlik o'lchov prizmasiga tomizilgandan so'ng, okulyarni kesishma aniq ko'rinadigan holatga keltiring. 9-raqamli optik detalini (2.3-rasm) aylantirish orqali shkalaning eng yaxshi yoritilishiga erishasiz.

3. 3-raqamli g'ildirakni (2.2-rasm) aylantirish orqali yorug'lik/soya chegarasini okulyar ko'rish maydoniga kiriting. 4-raqamli g'ildirakni (2.2-rasm) chegara chizig'ining rangi yo'qolguncha aylantiring.

4. Okulyardan kuzatib, 3-raqamli g'ildirak (2.2-rasm) yordamida yorug'lik/soya chegarasini aniq kesishmaga keltiring va sindirish ko'rsatkichlari shkalasidan ko'rsatkichni o'qing.

5. Prizmaning qo'zg'almas vertikal chizig'i hisobni olish uchun belgi vazifasini bajaradi. Shkala bo'limining qiymati $5 \cdot 10^{-4}$ ga teng.

2) O'rtacha dispersiyani o'lchash.

O'rtacha dispersiyani o'lchash tabiiy yorug'likda amalga oshirilishi lozim.

Prizmaga joylashtirilgan namunaning dispersiya o'lchovi kompensatorning bir prizmasini ikkinchisiga nisbatan g'ildirak yordamida yorug'lik/soya chegarasining rangi to'liq yo'qolguncha burish orqali aniqlanadi.

Hisob g'ildirak bilan birga aylanadigan shkalada olib boriladi. Shkala har ikki tomonga 0 dan 60 gacha bo'lgan 120 qismga bo'lingan. Bo'linmaning o'ndan bir ulushlarini nonius bo'yicha olish lozim. (**Nonius** – bu aniq o'lchovlarni olish uchun asosiy shkala bo'ylab siljiydigan qo'shimcha shkala.)

G'ildirak 360° ga burilganda yorug'lik/soya chegarasining rangi ikki marta yo'qoladi. O'rtacha dispersiya $n_F - n_C$ ni o'lchashda shkalaning ikki tomonidan kamida beshta o'lchash o'tkaziladi va bu o'lchashlarning o'rtacha arifmetik qiymati Z aniqlanadi.

4, 5, 6*-jadvallardan foydalanib, olingan Z qiymati va o'lchanayotgan moddaning sindirish ko'rsatkichi orqali $n_F - n_C$ o'rtacha dispersiya qiymati topiladi.

4-jadvaldan n_D sindirish ko'rsatkichining o'lchangan qiymati uchun A va B koeffitsiyentlarning qiymatlari aniqlanadi. Jadvaldagi n_D ning qiymatlari 0,01 oraliq bilan berilgani sababli, A va B kattaliklar oraliq qiymatlar uchun 5-jadvalda ko'rsatilgan proporsional kattaliklar yordamida interpolatsiya usuli bilan hisoblanadi.

6-jadvaldan Z ning topilgan qiymati uchun σ kattalik aniqlanadi.

Z ning oraliq qiymatlari uchun σ kattalik 5-jadvalda keltirilgan proporsional kattaliklardan foydalanib interpolatsiya usuli bilan topiladi.

Shuni hisobga olish kerakki, Z ning qiymati 30 dan katta bo'lganda σ ning qiymati manfiy bo'ladi.

Topilgan A , B va σ kattaliklar asosida $n_F - n_C = A + B\sigma$ formula orqali o'rtacha dispersiya qiymati hisoblanadi.

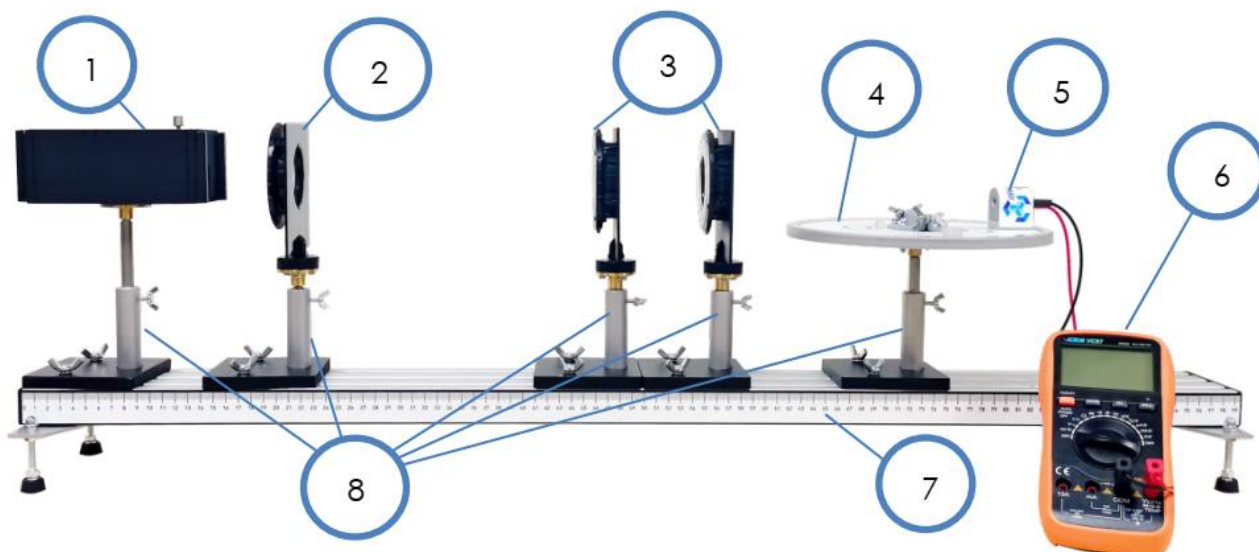
***Barcha jadvallar refraktometrdan foydalanish bo'yicha qo'llanmada keltirilgan, jadvallarning raqamlanishi qo'llanmadagi raqamlarga mos keladi.**

Nazorat savollari.

1. Yorug'lik nurining sinish qonuni nima va uni qanday formula bilan ifodalanadi?
2. Nur nima uchun shafof jismlardan sinib o'tadi?
3. Optik jismlarning sindirish ko'rsatkichi nima uchun har xil bo'ladi?
4. Absolyut va nisbiy sindirish ko'rsatkichlari nima?
5. Yorug'lik nurining sinish qonuni qayerlarda qo'llaniladi?
6. Oq yorug'lik deb qanday yorug'likka aytiladi?
7. Yorug'lik dispersiyasi deb nimaga aytiladi?
8. Spektr qanday hosil bo'ladi? Dispersion spektr nima? Spektr turlari.
9. Spektroskop qanday asbob?

3-LABORATORIYA ISHI. YORUG‘LIKNING QUTBLANISHI.

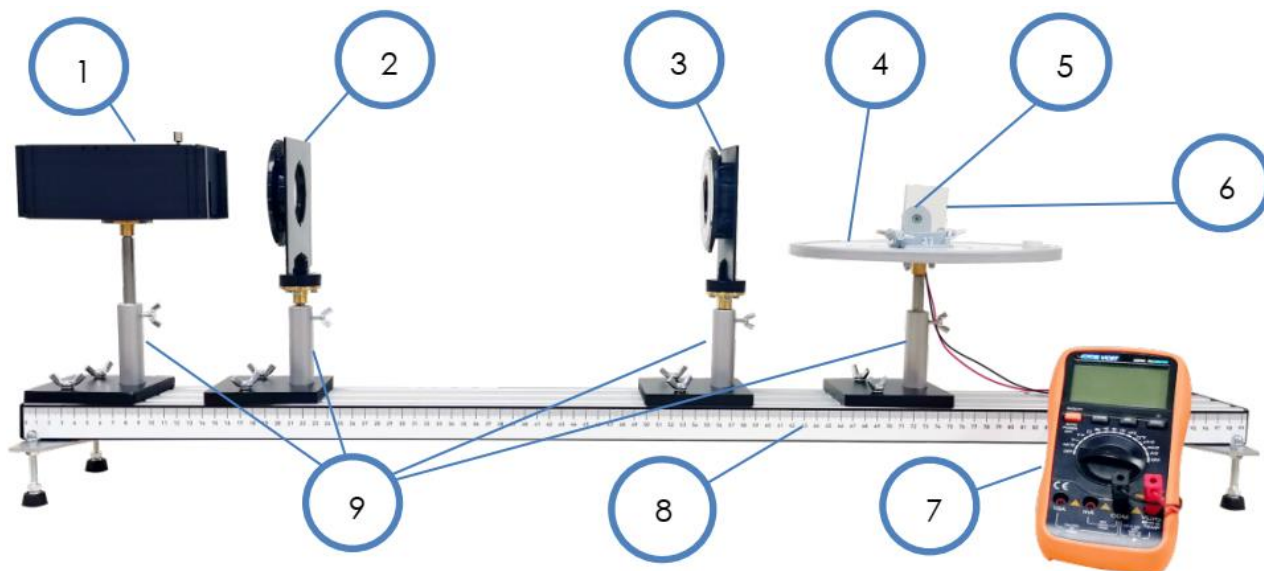
Ushbu laboratoriya qurilmasi Malyus qonunini tekshirish, shuningdek, dielektrik sirtidan qaytgan yorug‘likning qutblanish darajasini aniqlash imkonini beradi.



3.1-rasm. "Yorug‘lik qutblanishi" qurilmasi (1-usul). 1 – yorug‘lik manbai; 2 - linza; 3 - qutblagichlar; 4 - aylanma stolcha; 5 - fotoqabulqilgich; 6 - simlar to‘plami bilan multimetr; 7 - optik taglik; 8 – reyterlar.

Birinchi usulda yorug‘lik manбайдan keyin linza, ikkita qutblagich va fotoqabulqilgichli aylanma stolchadan iborat qurilma majmuasidan foydalaniladi (tutqichdagi oynani olib tashlash kerak). Qutblagichlar orasidagi burchakni o‘zgartirib chiqish intensivligini o‘lchash orqali Malyus qonunining to‘g‘riligini tajribada tekshirish mumkin. Nurlanish intensivligiga proporsional bo‘lgan tok kuchini μA shkalali multimetr yordamida o‘lchash mumkin (3.1-rasm).

Ikkinchi usulda esa dielektrik sirtidan qaytgan nurning qutblanish darajasini aniqlash uchun nur yo‘liga linza, qutblagich, oynali aylanma stolcha va fotoqabulqilgichdan iborat qurilma majmuasidan foydalaniladi (3.2-rasm).



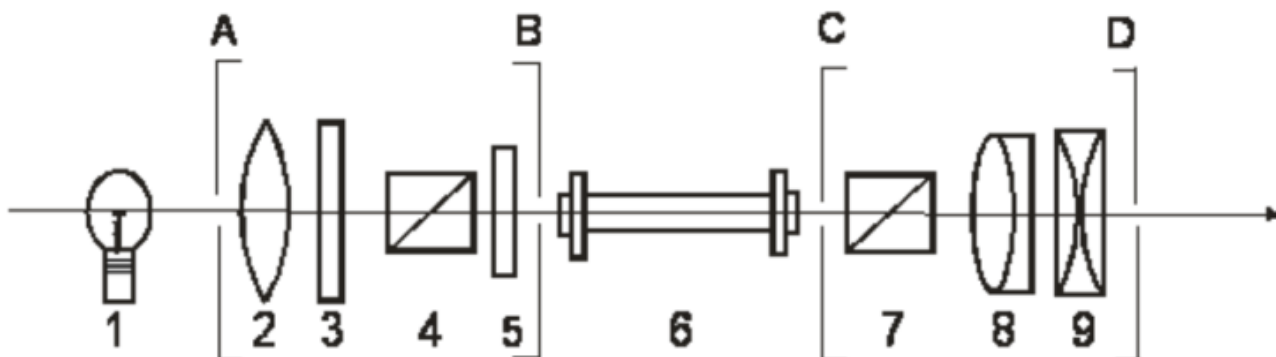
3.2-rasm. "Yorug‘lik qutblanishi" qurilmasi (2-usul). 1 – yorug‘lik manbai; 2 - linza; 3 - qutblagich; 4 - aylanma stolcha; 5 - fotoqabulqilgich; 6- ko‘zgu; 7 - simlar to‘plami bilan multimetr; 8 - optik taglik; 9 – reyterlar.

POLYARIMETR



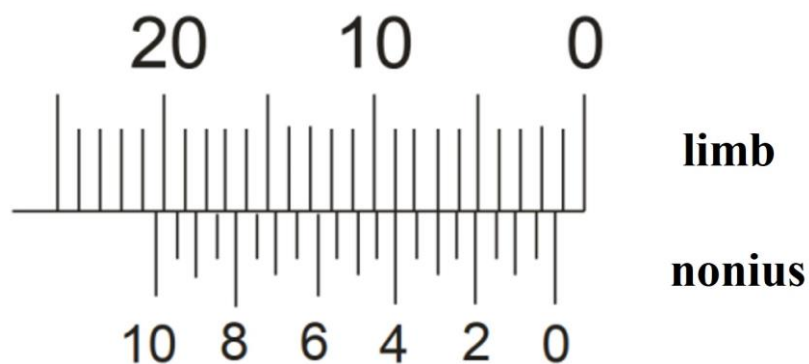
3.3-rasm. Polyarimetr. 1 - yoqish tugmasi; 2 - analizatorning burish vinti; 3 - asbob shkalasi; 4 - ko'rish trubkasini fokuslash muftasi; 5 - kyuvetalar uchun kamera; 6 - yorug'lik manbai; 7 - kyuvetalar.

Asbobning optik sxemasi 3.4-rasmda ko'rsatilgan. Yorug'lik manbai sifatida natriy lampasi (to'lqin uzunligi 589,3 nm, quvvati 20 Vt) qo'llaniladi. Lampadan (1) chiqayotgan nur yig'uvchi linza (2) va yorug'lik filtri (3) orqali o'tib, qutblagichga (4) tushadi. Keyin chiziqli qutblangan nur kvarts plastinka (5), shakar eritmasi solingan naycha (6), analizator (7), obyektiv (8) va ko'rish trubkasining okulyari (9) orqali o'tadi. Okulyar orqali yorug'lik maydoni kuzatiladi. AB - qutblagich tugunini, CD esa analizator tugunini ifodalaydi.



3.4-rasm. Polyarimetrning optik sxemasi.

Analizatorning burilish burchagi limb shkalasi bo'yicha o'lchanadi (3.5-rasm). Bu shkala 360° ga bo'lingan (har bir bo'linma 1° ga teng). Limb shkalasi harakatlanuvchi nonius bilan jihozlangan bo'lib, u yordamida gradusning ulushlari aniqlanadi. Noniusning bo'linma qiymati $0,05^\circ$. Gradusning butun qiymatlari noniusning nol chizig'i to'xtagan limb shkalasidagi raqamlar bo'yicha topiladi. Gradusning yuzdan bir ulushlari quyidagicha aniqlanadi: noniusning limb bo'linmasi bilan mos keladigan chizig'i topiladi. Noniusning shu chizig'i qarshisidagi son 0,05 ga ko'paytiriladi. Masalan, 3.5-rasmdagi ko'rsatkich $1,2^\circ$ ga teng.



3.5-rasm. Limb va nonius shkalasi.

3.1 MALYUS QONUNINI TEKSHIRISH

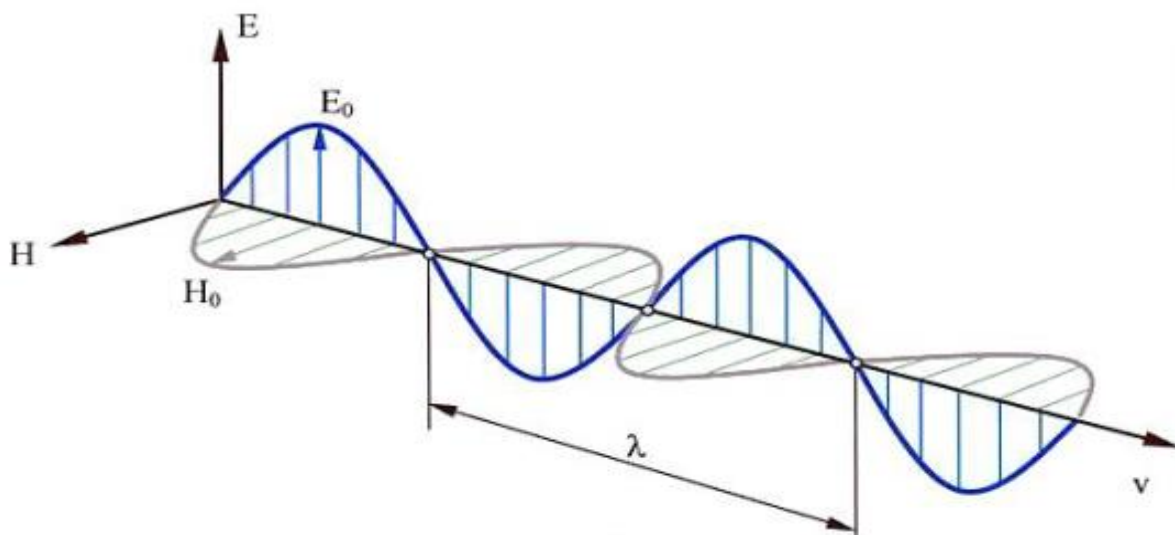
Ishning maqsadi: Malyus qonunini tekshirish.

Kerakli jihozlar: yorug‘lik manbai, linza, qutblagichlar, aylanma stolcha, fotoqabulqilgich, simlar to‘plami bilan multimetr, optik taglik, reyterlar.yorug‘lik manbai, yorug‘lik filtrlarini mahkamlash uchun tutqich, kollimator.

Nazariy qism.

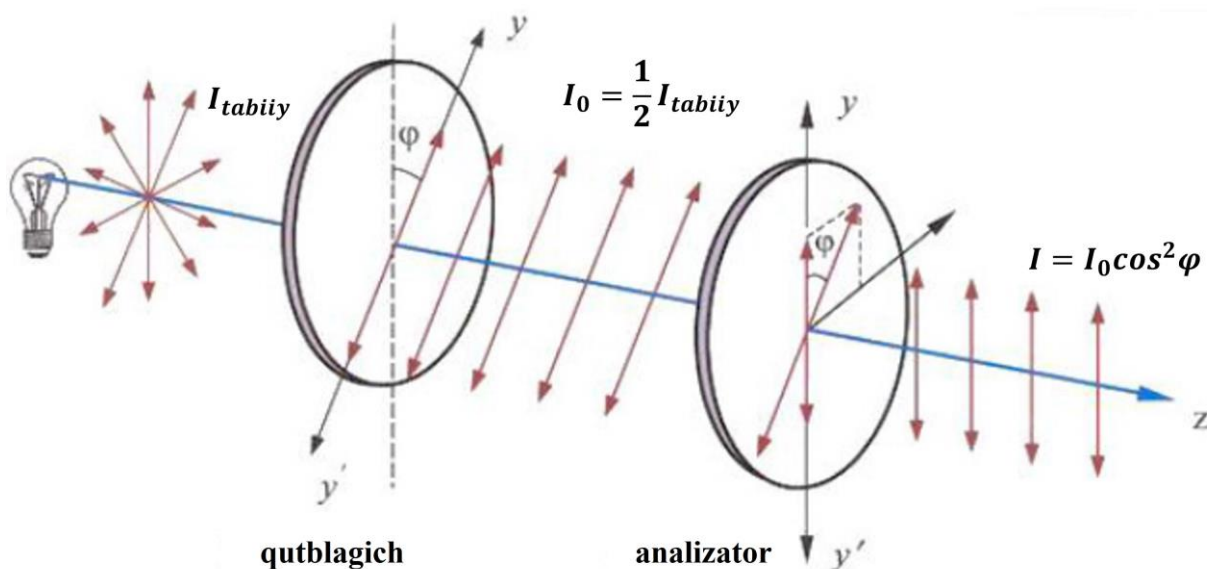
Yorug‘lik ko‘ndalang elektromagnit to‘lqindir. Bir jinsli muhitlarda elektr maydon kuchlanganligi vektori \mathbf{E} va magnit maydon kuchlanganligi vektori \mathbf{H} o‘zaro perpendikulyar tekisliklarda tebranadi (3.6-rasm). Elektr maydoni \mathbf{E} ning yo‘nalishi o‘zgaras bo‘lgan elektromagnit nurlanish chiziqli yoki yassi qutblangan nurlanish deyiladi, \mathbf{E} vektorning yo‘nalishi (uni yorug‘lik vektori deyiladi) va tebranishlarning tarqalish yo‘nalishi orqali o‘tkazilgan tekislik qutblanish tekisligi deyiladi.

Tabiiy manba nurlanishida elektr maydonining yo‘nalishi tartibsiz ravishda o‘zgarib turadi, biroq to‘lqin tarqalish yo‘nalishiga nisbatan doimo tik holatda qoladi. Bunday nurlanish qutblanmagan nurlanish deb ataladi.



3.6-rasm. Elektr va magnit maydon kuchlanganlik vektorlarining tebranishini ifodalovchi tasvir.

Ko‘pchilik manbalar kogerent bo‘lmagan qutblanmagan nur chiqaradi. Qutblanmagan nurni qutblovchi asboblar yordamida qutblash mumkin. Bunday asboblar qutblagichlar deb ataladi.



3.7-rasm. Qutblanmagan yorug‘likning qutblagich-analizator orqali o‘tishini ifodalovchi tasvir.

Oddiy yorug‘lik bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan holda nurlanuvchi ko‘p sonli molekula va atomlarning nurlanishidan hosil bo‘ladi. Yorug‘lik to‘lqinining vektori manba atomlari chiqaradigan to‘lqin tizimlarining elektr maydonlari superpozitsiyasi natijasida yuzaga keladi. Har bir atom nurlanish jarayonida ma‘lum bir tekislikda yassi qutblangan to‘lqinlar tizimini chiqaradi. Nurlanuvchi atomlar soni juda ko‘p bo‘lgani sababli, \mathbf{E} vektorning yo‘nalishi z o‘qiga perpendikulyar bo‘lishiga qaramay, tartibsiz o‘zgarib turadi. \mathbf{E} vektor yo‘nalishining tartibsiz o‘zgarishi tufayli yorug‘lik vektorining barcha yo‘nalishlari teng ehtimollikka ega bo‘lgan yorug‘lik qutblanmagan yoki tabiiy yorug‘lik deb ataladi. Tabiiy yorug‘likka eng yaqini to‘g‘ridan-to‘g‘ri tushadigan quyosh nuridir (3.7-rasm).

Yorug‘lik dastasi ω siklik chastotali monoxromatik nur bo‘lsin. Elektromagnit to‘lqindagi elektr maydon kuchlanganligi garmonik tarzda o‘zgarganligi sababli, uning x va y o‘qlari bo‘ylab tashkil etuvchilarini quyidagi ko‘rinishda ifodalash mumkin:

$$E_x = E_{0x} \cos(\omega t), \quad E_y = E_{0y} \cos(\omega t + \varphi) \quad (3.1)$$

Bu yerda E_{0x} va E_{0y} - x va y tashkil etuvchilarning amplitude qiymatlari, φ esa ular orasidagi faza farqi hisoblanadi. φ ni doimo shunday tanlash mumkinki, uning moduli π dan oshmasin. Umuman olganda, (3.1) tenglamalar ellipsni ifodalaydi. Yorug‘lik vektorining uchi bir tebranish davri davomida aynan shu ellips bo‘ylab harakat qiladi. Agar $0 < \varphi < \pi$ bo‘lsa, aylanish soat mili yo‘nalishida ro‘y beradi va bunday yorug‘lik o‘ng elliptik yoki musbat qutblangan deb ataladi. Agar $-\pi < \varphi < 0$ bo‘lsa,

yorug'lik vektori soat miliga qarshi yo'nalishda aylanadi. Bunday yorug'lik chap elliptik yoki manfiy qutblangan deb nomlanadi.

Ellips to'g'ri chiziq kesmasiga aylanishi mumkin, agar $\varphi = 0$ yoki $\pm \pi$ bo'lsa, bunday yorug'lik chizikli qutblangan hisoblanadi. Agar $E_{0x} = E_{0y}$ va $\varphi = \pm \pi/2$ bo'lsa, ellips aylanaga aylanadi. Bunday to'lqin doiraviy qutblangan deb ataladi. Agar $\varphi = \pi/2$ bo'lsa, yorug'lik o'ng tomonga doiraviy qutblangan, agar $\varphi = -\pi/2$ bo'lsa, chap tomonga doiraviy qutblangan bo'ladi.

Monoxromatik bo'lmagan yorug'lik musbat yoki manfiy qutblangan bo'la olmaydi, chunki u turli chastotalarda tebranuvchi komponentlarni o'z ichiga oladi, lekin u chizikli qutblangan bo'lishi mumkin. Tabiiy va chizikli qutblanmagan nomonoxromatik yorug'lik qisman qutblangan yorug'lik deb ataladi.

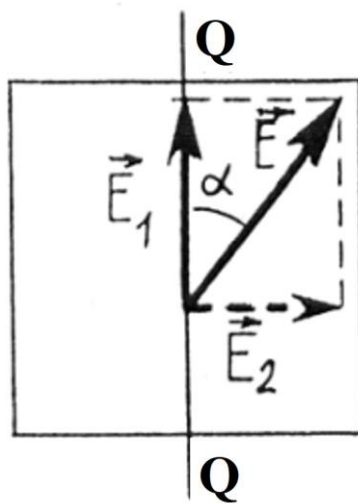
To'lqinning tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan ixtiyoriy x va y Dekart o'qlari uchun har qanday yorug'lik to'lqinini ikki fraksiyaning ustma-ust tushishi natijasi sifatida tasavvur qilish mumkin, bunda biri x o'qiga parallel, ikkinchisi esa y o'qiga parallel chizikli qutblangan bo'ladi.

Tabiiy yorug'lik qaytganda, singanda va hatto atmosferada sochilganda qisman qutblanadi. Masalan, agar yorug'lik ikki shaffof muhit chegarasiga qaytgan va singan nur o'zaro perpendikulyar bo'ladigan burchak ostida tushsa, qaytgan nur tushish tekisligiga perpendikulyar holda chizikli qutblanadi (Bryuster qonuni). Chizikli qutblanishga ega bo'lgan yorug'likni lazerlar yaratadi - bu optik nurlanish manbalari bo'lib, ularning ishchi

zonasida muhit atomlari kelishilgan holda nurlanishi uchun maxsus sharoitlar yaratilgan. Tabiiy yorug‘likdan turli xil optik hodisalardan foydalanib, qutblangan yorug‘lik hosil qilish mumkin.

Agar qutblagichga \mathbf{E} kuchlanganlik vektoriga ega chiziqli qutblangan yorug‘lik tushsa va tebranish tekisligi qutblagich tekisligi bilan α burchak hosil qilsa, ideal qutblagichdan o‘tgan to‘lqinda faqat qutblagich tekisligiga parallel bo‘lgan \mathbf{E}_1 tashkil etuvchisi saqlanib qoladi (3.8-rasm):

$$E_1 = E \cos \alpha \quad E_2 = 0$$



3.8-rasm. Chiziqli qutblangan yorug‘lik uchun elektr maydon kuchlanganligi vektorining proyeksiyalari.

Intensivlik kuchlanganlikning o‘rtacha kvadratiga proporsional bo‘lgani uchun, ideal qutblagichdan o‘tgan chiziqli qutblangan yorug‘likning intensivligi uchun Malyus qonuni deb ataladigan munosabatni olamiz:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha \quad (3.2)$$

Tabiiy yorug‘lik qutblagichga tushganda, o‘tgan to‘lqinda ikki nurli sinish natijasida o‘tkazish tekisligiga parallel bo‘lgan tebranish tarkibiy qismlaridan biri saqlanib qoladi (ikkinchisi yutiladi). Bu jarayonda tabiiy yorug‘lik chiziqli qutblangan yorug‘likka aylanadi. Tabiiy yorug‘likda o‘zaro perpendikulyar tebranishlarga mos keluvchi intensivliklar bir xil bo‘lib, ular umumiy intensivlik I_{tabiiy} ning yarmiga teng. Qutblagichdan o‘tgandan so‘ng, ortogonal tarkibiy qismlardan birining intensivligiga ega bo‘lgan qutblangan to‘lqin hosil bo‘ladi.

$$I_{\text{otgan}} = I_{\text{tabiiy}}/2 \quad (3.3)$$

Qisman qutblangan yorug‘lik qutblagichga tushganda, Malyus qonuniga faqat qutblangan tarkibiy qism I_{qutb} bo‘ysunadi. (3.2) va (3.3) ni hisobga olgan holda quyidagi natijani olamiz:

$$I_{\text{otgan}} = I_{\text{qutb}} \cos^2 \alpha + I_{\text{tabiiy}}/2$$

$\alpha = 0$ da intensivlik maksimal, $\alpha = \pi/2$ da esa minimal bo‘ladi:

$$I_{\text{max}} = I_{\text{qutb}} + I_{\text{tabiiy}}/2$$

$$I_{\text{min}} = I_{\text{tabiiy}}/2$$

Ideal qutblagichni z o‘qi atrofida aylantirib va o‘tgan yorug‘lik intensivligini o‘lchab, tushayotgan nurlanishning qutblanish darajasini topish mumkin:

$$P = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \quad (3.4)$$

Chiziqli qutblangan nur uchun $I_{max} = 0$ va $P = 1$ bo'lsa, tabiiy nur uchun $I_{max} = I_{min}$ va $P = 0$ bo'ladi.

Nurlanishning qutblanishini analiz qilish uchun ishlatiladigan polyarizator analizator deb ataladi.

Dielektrik plastinkaga tushish burchagi Bryuster burchagi α_{Br} deb ataluvchi ma'lum bir qiymatga yetganda, qaytgan nur to'liq qutblangan (chiziqli qutblangan) holatga keladi. Bryuster burchagi quyidagi munosabat orqali aniqlanadi:

$$tg\alpha_{Br} = n_{12} \quad (3.5)$$

bu yerda n_{12} - ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan nur sindirish ko'rsatkichi.

Agar ikki dielektrik orasidagi chegaraga Bryuster burchagi ostida yassi qutblangan yorug'lik (masalan, lazerdan) tushsa va \mathbf{E} vektorining tebranish yo'nalishi to'liqinning tushish tekisligida bo'lsa, qaytgan to'liqinning intensivligi deyarli nolga teng bo'ladi. Bu hodisa shunday tushuntiriladi: tushayotgan to'liqinda qaytgan to'liqinni hosil qilish uchun zarur bo'lgan yorug'lik vektorining tebranish yo'nalishi mavjud emas.

Shisha orqali o'tgan nurning qutblanish darajasi P , tushish burchagi α_{Br} ga teng bo'lganda, eng yuqori qiymatga erishadi. Biroq, bu nur qisman qutblangan holatda qoladi.

Ishni bajarish tartibi.

1. Malyus qonunini tekshirish uchun 3.1-rasmda tasvirlangan optik sxemani yig'ing.

2. Burchak o'lchagichlar yordamida polyarizator va analizatorni 0° burchakka o'rnatish. Tajribani boshlashdan oldin fotoelementning tabiiy yorug'likdagi fototokini (I_{tabiiy}) o'lchab oling. Bunda yorug'lik manbai o'chirilgan bo'lishi shart. Analizatorning barcha burilish burchaklari uchun fotoelement fototokini 10° qadam bilan o'lchab chiqing.

3. Analizatorni aylantirib, multimetrda ulangan fotoelementga tushayotgan yorug'lik intensivligini o'zgartiramiz. Yorug'lik intensivligiga qarab, I_f fototok kuchi o'zgaradi. Malyus qonunini tekshirish uchun I_f fototok kuchining φ burchakka bog'liqligini o'lchash kerak.

4. Qurilmani o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulang.

5. Analizator limbida fototokning maksimal qiymatiga mos keluvchi $\varphi = 0^\circ$ ni o'rnatish.

6. Analizatorni aylantirib, har 10° da tok kuchining analizator burilish burchagiga bog'liqligini o'lchang. O'lchashlar 0° dan 180° gacha amalga oshiriladi.

7. Fototok kuchining burilish burchagi kosinusi kvadratiga ($I_f = f \cos^2 \varphi$) bog'liqligini aniqlang.

3.2 QAYTGAN VA O'TGAN YORUG'LIKDA YORUG'LIKNING DIELEKTRIKKA TUSHISH BURCHAGIGA BOG'LIQ HOLDA QUTBLANISH DARAJASINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Qaytgan va o'tgan yorug'likda yorug'likning dielektrikka tushish burchagiga bog'liq holda qutblanish darajasini aniqlashni o'rganish.

Kerakli jihozlar: yorug'lik manbai, linza, qutblagichlar, aylanma stolcha, fotoqabulqilgich, ko'zgu simlar to'plami bilan multimetr, optik taglik, reyterlar.

Qurilmaning tavsifi.

Qurilmaning prinsipial sxemasi 3.2-rasmda keltirilgan. Goniometr stolchasiga shisha plastinka ko'rinishidagi tekshirilayotgan namuna mahkamlanadi. Manbadan chiqayotgan yorug'lik P qutblagichdan o'tib, shisha namuna sirtiga tushadi. Qisman qutblangan qaytgan yorug'lik fotoelementga yetib keladi. Fotoelement multimetrga ulangan. Fototok, shuningdek, multimetr ko'rsatkichlari ham qutblagichdan o'tgan yorug'lik intensivligiga mutanosib bo'ladi. Nurning namunaga tushish burchagi α goniometr shkalasi bo'yicha aniqlanadi. (3.4) va (3.5) formulalardan foydalanib, dielektrikdan qaytgan nurlar uchun qutblanish darajasini tushish burchagi α va dielektrikning sinish ko'rsatkichi n ga bog'liq holda aniqlash mumkin.

Yorug'lik intensivliklari I_{max} va I_{min} yorug'lik to'lqinining elektr maydon kuchlanganligining bir-biriga perpendikulyar bo'lgan y va x yo'nalishlardagi proyeksiyalariga mos keladi.

Bu holda analizator vazifasini bajaruvchi qutblagich o'zining asosiy kesimi tekisligida yorug'lik vektori tebranishlarini o'tkazadi. Qutblagich aylantirilganda, uning asosiy kesim tekisligi ham aylanadi. Ushbu tekislik y yo'nalishi bilan ustma-ust tushganda, qutblagich I_{max} intensivlikdagi yorug'likni o'tkazadi. X yo'nalishiga parallel bo'lganda esa, u I_{min} intensivlikdagi yorug'likni o'tkazadi. Shubhasiz, Bryuster burchagi qutblanish darajasining eng yuqori qiymatiga mos keladi. Ideal holatda $P = 1$ bo'lishi kerak.

Ishni bajarish tartibi.

1. Goniometr yordamida burchaklarni o'lchash usuli bilan tanishing. Qurilmani 2-rasmga muvofiq yig'ing.
2. Multimetрни yoqing va fon tokini I_{fon} yozib oling.
3. Yorug'lik manbaini yoqing. Namunani shunday joylashtiringki, uning tekisligiga perpendikulyar bo'lgan chiziq goniometrning 0 nuqtasidan o'tsin.
4. Birinchi o'lchov uchun tushish burchagini $\alpha = 30^\circ$ qilib o'rning. Qaytish burchagini aniqlang va fotoqabulqilgichni shu burchak ostiga joylashtiring. Tajribani yanada aniqroq o'tkazish uchun barcha optik elementlarni bir-biriga yaqin masofada joylashtirish lozim.

5. Polyaroid halqasini sekin aylantirib, I_{max} va I_{min} ni aniqlang. Xuddi shunday o'zgarishlarni qolgan barcha tushish burchaklari uchun har 5° oralig'ida 30° dan 75° gacha bajarish lozim.

6. Shisha uchun qutblanish darajasini hisoblang va bitta koordinata o'qida $P = f(\alpha)$ bog'lanish grafigini chizing. Hisob-kitoblarda I_{fon} ni hisobga olishni unutmang.

7. Shishaning sindirish ko'rsatkichini aniqlang. Buning uchun grafikdan Bryuster burchagini toping, so'ngra (3.5) formuladan foydalanib shishaning sindirish ko'rsatkichini hisoblang.

3.3 POLYARIMETRDA QUTBLANISH TEKISLIGINING AYLANISHINI O'RGANISH

Ishning maqsadi: polyarimetrda qutblanish tekisligining aylanishini o'rganish.

Kerakli jihozlar: polyarimetr.

Nazariy qism.

Optik faol moddalar deb ataluvchi ba'zi moddalar o'zidan o'tayotgan chiziqli qutblangan yorug'likning qutblanish tekisligini aylantirish xususiyatiga ega.

Bunday moddalarga kristall jismlar (kvars, kinovar), toza suyuqliklar (skipidar, nikotin) va optik faol moddalarning nofaol erituvchilardagi

eritmaları (shakarning suvdagi eritmasi, vino kislotasining suvdagi eritmasi va boshqalar) kiradi.

Yorug'lik nuriga qarshi turgan kuzatuvchi uchun modda qutblanish tekisligini soat strelkasi yo'nalishida aylantirganda o'ng aylanish, qutblanish tekisligini teskari yo'nalishda aylantirganda esa chap aylanish deb farqlanadi.

Kimyoviy toza modda holatida qutblanish tekisligining burilish burchagi qatlam qalinligi l ga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$\varphi = \alpha \cdot l$$

Proporsionallik koeffitsiyenti α aylanish doimiysi yoki aylanish qobiliyati deb ataladi. U moddaning xususiyatini ifodalaydi hamda yorug'likning to'lqin uzunligi va haroratga bog'liq bo'ladi.

Eritmalar uchun qutblanish tekisligining burilish burchagi eritma qatlamining qalinligi va optik faol moddaning molyar konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional (Bio qonuni):

$$\varphi = [\alpha] \cdot l \cdot c$$

bu yerda $[\alpha]$ - aylanish doimiysi (solishtirma aylanish). Aylanish doimiysi to'lqin uzunligiga taxminan teskari proporsional ($[\alpha] \sim 1/\lambda^2$).

Qutblanish tekisligining aylanish nazariyasini Frenel ishlab chiqqan. U qutblanish tekisligining aylanish hodisasi nurning ikkilanib sinishining alohida turiga keltirilishini ko'rsatdi. Chiziqli qutblangan to'lqinni elektr

vektorining aylanish yoʻnalishlari qarama-qarshi boʻlgan ikkita doiraviy qutblangan \mathbf{E}_1 va \mathbf{E}_2 toʻlqinlarning superpozitsiyasi sifatida qarash mumkin. Optik faol moddada ular turli tezliklar bilan tarqaladi. Moddadan chiqishda \mathbf{E}_1 va \mathbf{E}_2 vektorlarning tebranishlari orasida doimiy faza farqi yuzaga keladi, bu esa qutblanish tekisligining burilishiga sabab boʻladi. Burilish moddada yuqori tezlik bilan tarqaladigan nurning aylanish yoʻnalishida sodir boʻladi.

Optik faol moddalarning oʻziga xos xususiyati shundaki, ularning molekulari simmetriya markazi va tekisligiga ega emas. Bunday moddalarning molekulari ikkita koʻzgusimon simmetrik izomer shaklda - optik izomerlar koʻrinishida mavjud boʻlishi mumkin. Optik izomerlarning biri qutblanish tekisligini oʻngga, boshqasi esa chapga buradi. Agar optik izomerlarning konsentratsiyalari har xil boʻlsa, modda butunligicha yorugʻlikning qutblanish tekisligini aylantiradi.

Optik faol kristallar ikki xil koʻrinishda mavjud boʻladi: oʻngga va chapga buruvchi. Bu ikki tur bir-biridan tashqi koʻrinishi va ichki kristall tuzilishi bilan farqlanadi. Har ikkala modifikatsiya kongruent emas, yaʼni oʻng modifikatsiyani chap modifikatsiyaga toʻgʻridan-toʻgʻri moslab boʻlmaydi va aksincha.

Qutblanish tekisligining aylanishini kuzatish uchun qutblagich va analizatorning orasiga optik faol modda qatlamini joylashtirish mumkin. Bunday holda monoxromatik yorugʻlikda koʻrish maydoni yorishadi. Koʻrish maydonini yana qorongʻi qilish uchun analizatorni biror φ

burchakka burish kerak. Ushbu burchak qutblanish tekisligining aylanish burchagiga teng.

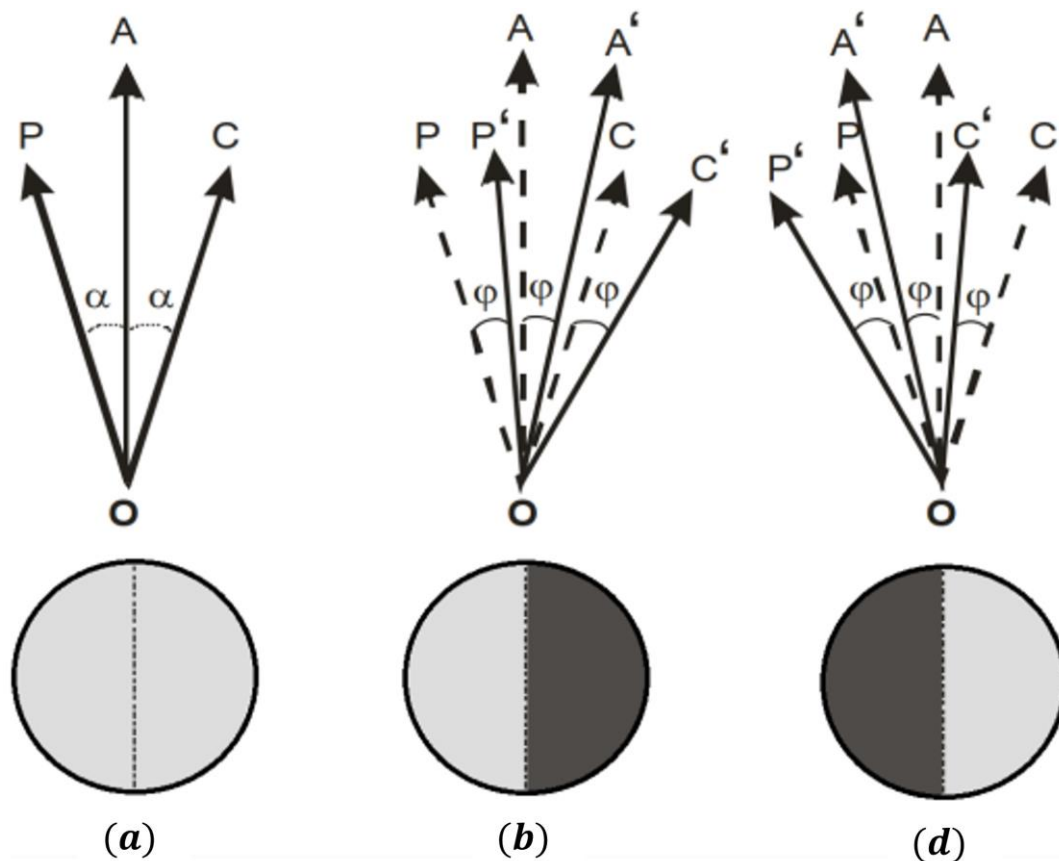
Ammo φ ni aniqlashning bu usuli yetarli darajada aniq emas, chunki ko'rish maydonining qorong'ilashuvi asta-sekin sodir bo'ladi va yorug'likning butunlay yo'qolish paytini aniq belgilash qiyin.

Bu kamchilikni bartaraf etish uchun yarim soya usuli qo'llaniladi. Ushbu usul kvars plastinkali polyarimetrda ishlatiladi, bunda qurilma to'liq qorong'ilikka emas, balki ko'rish maydonining ikki yoki undan ortiq qismini bir tekis yoritishga moslashtiriladi. Ushbu ishda foydalaniladigan polyarimetrning optik sxemasiga (3.4-rasm) qutblagich (4) va analizator (7) dan tashqari qutblagichga nisbatan shunday yo'naltirilgan kichik qalinlikdagi yarim to'lqinli kvars plastinka (5) kiritiladiki, u qutblagichdan o'tgan nurlarning qutblanish tekisligini kichik 2α burchakka buradi. Kvars plastinka shunday kesib tayyorlanganki, u okulyarda kuzatiladigan ko'rish maydonining faqat markaziy qismini qoplaydi. Ko'rish maydonining yon qismlari esa faqat qutblagichdan o'tgan yorug'lik bilan yoritiladi. Natijada, ko'rish maydoni uch qismga bo'linadi.

Agar (OP) qutblagich va (OC) kvars plastinkadan chiqqan yassi qutblangan yorug'lik kuchlanganlik vektorlarining tebranishlari analizator (OA) o'qiga nisbatan simmetrik joylashgan bo'lsa, u holda ko'rish maydoni Malus qonuniga muvofiq tekis yoritilgan bo'ladi (3.9a-rasm).

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_0 \cos^2 \alpha$$

Polyarimetrdan optik faol modda bo'lmaganda shunday manzara kuzatiladi va asbob shkalasining nol nuqtasi aynan shu holatga bog'liq bo'ladi.



3.9-rasm. Yarim soyali analizatorning ko'rish maydoni.

Polyarimetrga o'ngga buruvchi optik faol modda joylashtirilganda OP va OC tebranish yo'nalishlari soat strelkasi yo'nalishida φ burchakka buriladi (9b-rasmdagi OP va OC holat). Shunda OP' va OC' lar OA bilan mos ravishda $(\alpha - \varphi)$ va $(\alpha + \varphi)$ burchaklarni hosil qiladi. Bu holda ko'rish maydoni turli darajada yoritilgan bo'ladi:

$$I_1 = I_3 = I_0 \cos^2(\alpha - \varphi) \text{ (ko'rish maydonining yon qismi),}$$

$$I_2 = I_0 \cos^2(\alpha + \varphi) \text{ (ko'rish maydonining markaziy qismi).}$$

Polyarimetrga chapga aylanuvchi optik faol modda joylashtirilganda tegishli manzara kuzatiladi (3.9d-rasm). φ burchakning kichik qiymatida hatto α burchakka ozgina burilish ham ikkala maydonning yoritilganligi tengligining sezilarli buzilishiga olib keladi.

Qutblanish tekisligining faol modda tomonidan aylantirilishi analizatorni nur yo'nalishi atrofida φ burchakka burish orqali muvozanatlashtirilishi mumkin. Bunday holda analizatorning OA' o'qi OP' va OC' ga nisbatan simmetrik joylashadi (3.9b va 3.9d -rasmlar) va ko'rish maydoni yana bir tekis yoritiladi. Analizatorni burish burchagi φ optik faol moddaning qutblanish tekisligini aylantirish burchagiga teng bo'ladi.

Qurilmaning optik sxemasi 3.4-rasmda tasvirlangan. Yorug'lik manbai sifatida natriy lampasi (to'lqin uzunligi 589,3 nm, quvvati 20 Vt) qo'llaniladi. (1) lampadan chiqayotgan yorug'lik (2) yig'uvchi linza va (3) yorug'lik filtridan o'tib, (4) qutblagichga tushadi. Shundan so'ng, tekis qutblangan yorug'lik (5) kvars plastinka, (6) shakar eritmali naycha, (7) analizator, (8) obyektiv va (9) ko'rish trubkasining okulyari orqali o'tadi. Okulyar orqali yorug'lik maydoni kuzatiladi. AB - qutblagich tuguni, CD - analizator tuguni.

Analizatorning burilish burchagi limb shkalasi bo'yicha o'lchanadi (3.5-rasm). Bu shkala 360° ga bo'lingan (har bir bo'linma 1° ga teng). Limb shkalasi harakatlanuvchi nonius bilan jihozlangan bo'lib, u yordamida gradusning kasr qismlari aniqlanadi. Noniusning o'lchov aniqlik darajasi $0,05^\circ$ ni tashkil etadi.

Graduslarning butun qiymatlari noniusning nol belgisi to'xtagan limb shkalasi bo'yicha aniqlanadi. Gradusning yuzdan bir ulushlari esa quyidagicha topiladi: limbning bo'linishi bilan ustma-ust tushgan noniusning bo'linmasi aniqlanadi. Noniusning mazkur bo'linmasi qarshisidagi son 0,05 ga ko'paytiriladi. Masalan, 3.5-rasmdagi ko'rsatkich $1,2^\circ$ ga teng.

Ishni bajarish tartibi.

1. Polyarimetrni yoqing.

2. Namunalar kamerasidan (5) kyuveta (naychani) chiqaring va analizatorni ko'rish maydoni bir tekis yoritilgan bo'ladigan nol holatga keltiring (9a-rasm).Limb va nonius bo'yicha φ_0 qiymatini aniqlang.

3. Namunalar kamerasiga ma'lum konsentratsiyali eritma solingan naychani joylashtiring. Ko'rish maydonining yoritilganligi 3.9b va 3.9d - rasmdagidek bo'ladi.

4. Analizatorni (2) vint yordamida shunday buringki, ko'rish maydonining yoritilganligi yana bir tekis bo'lsin. (3) shkala bo'yicha φ' burchak qiymatini aniqlang va qutblanish tekisligining burilish burchagini $\varphi = |\varphi' - \varphi_0|$ farq sifatida hisoblang.

5. Birinchi naychadagi eritma bilan bir xil konsentratsiyali, ammo boshqa uzunlikdagi naychalar uchun 3-4-bandlarni takrorlang.

6. $\varphi(l)$ bog'lanish grafigini chizing, bu yerda l - naycha uzunligi.

Nazorat savollari.

1. Qutblanish tekisligi deganda nimani tushunasiz?
2. Tabiiy yorug'lik qanday yorug'lik? U qanday hosil bo'ladi?
3. Qutblangan yorug'lik deb qanday yorug'likga aytiladi? Qanday qutblangan yorug'liklarni bilasiz?
4. Elektromagnit nazariyaga asoslanib, shaffof kristalldan o'tganda yorug'lik qutblanishining fizik ma'nosini tushuntiring.
5. Kristallning optik o'qi va bosh tekisligi deganda nimani tushunasiz?
6. Polarametr qanday asbob?

ILOVA

Multimetr yordamida o‘lchov ishlarini tayyorlash va amalga oshirish.

Uchta asosiy elektr miqdorlarini (tok, kuchlanish va qarshilik) o‘lchash uchun multimetrdan foydalaniladi. Multimetr past tokli tizimlarda asosiy o‘lchov asbobi hisoblanadi.

Umuman olganda, multimetr quyidagi rejimlarga ega:

- O‘zgaruvchan kuchlanishni o‘lchash;
- To‘g‘ri to‘rtburchak shaklidagi impulslar generatori;
- O‘zgarmas kuchlanish uchun tok kuchini o‘lchash;
- 10 amper gacha o‘zgarmas tokni o‘lchash;
- Kabel uzluksizligini tekshirish uchun “qo‘ng‘iroq” rejimi;
- Qarshilikni o‘lchash;
- O‘zgarmas kuchlanishni o‘lchash.

Xavfsizlik qoidalari.

Har bir o‘lchash diapazoni uchun spetsifikatsiyada ko‘rsatilgan kirish signallarining maksimal ruxsat etilgan qiymatlaridan hech qachon oshmang.

O‘lchanayotgan sxemaga ulangan multimetrning ochiq uyalariga tegmang.

Agar o‘lchanayotgan kattalikning tartibi oldindan ma’lum bo‘lmasa, diapazonlar almashtirgichini eng yuqori qiymatga o‘rning.

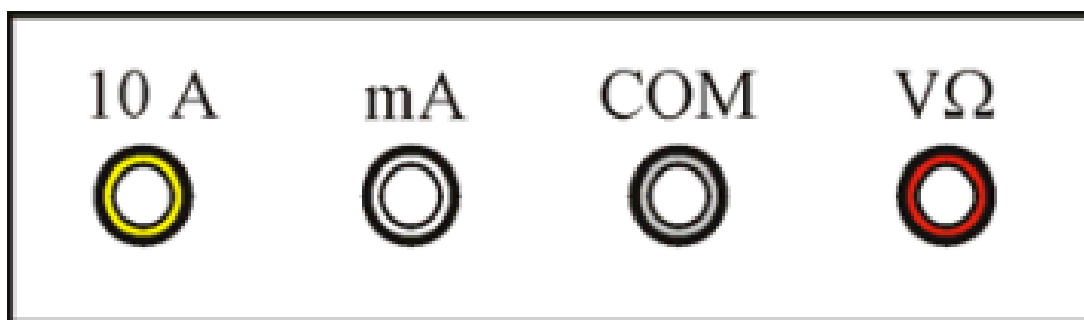
Asbobning ishlash funksiyasini o‘zgartirishda, har doim o‘lchanayotgan sxemadan zondlarni uzib qo‘ying.

Televizor yoki impulsli ta‘minot bloklarida o‘lchov ishlarini olib borayotganda, u yerda asbobni ishdan chiqarishi mumkin bo‘lgan yuqori kuchlanishli impulslar mavjudligini doimo esda tuting.

Hech qachon yoqilgan sxemalarda qarshilik qiymatlarini o‘lchamang.

Kondensatorlar to‘liq zaryadsizlanganiga ishonch hosil qilmasdan turib, ularning sig‘imini hech qachon o‘lchamang.

60V o‘zgarimas yoki 30V o‘zgaruvchan kuchlanishdan yuqori bo‘lgan kuchlanishlar bilan ishlashda doimo ehtiyotkor bo‘ling. O‘lchov ishlarini amalga oshirayotganda barmoqlaringizni zondlarning himoya cheti orqasida ushlang.



3.10-rasm. Multimetrning o‘lchash kirishlari: 10 A - 10 A gacha tokni o‘lchash uchun kirish; mA - 200 mA gacha tokni o‘lchash uchun kirish; COM - umumiy kirish (yer); VΩ - kuchlanish va qarshilikni o‘lchash uchun kirish.

Multimetr bilan ishlashning umumiy qoidalari.

1. Multimetrning ish rejimlarini almashtirish aylanma kalitcha yordamida amalga oshiriladi. O'lchashlar tugagach, batareya quvvatini saqlash uchun kalitchani OFF holatiga qo'yish lozim.

2. Multimetr bilan ishlayotganda, zondlarning ochiq qismiga tegmaslik kerak, chunki elektr toki urish xavfidan tashqari, o'lchash aniqligi ham pasayadi.

3. Multimetr bilan ishlashdan avval o'lchash chegaralarini to'g'ri belgilash zarur. O'lchanayotgan qiymatga qanchalik yaqin chegara qo'yilsa, natija shunchalik aniq bo'ladi. Agar o'lchanayotgan kattalikning taxminiy qiymati oldindan ma'lum bo'lmasa, o'lchashni mumkin bo'lgan eng yuqori chegaradan boshlash kerak. Ekranida "1" raqamining paydo bo'lishi o'lchash diapazonini kengaytirish lozimligini bildiradi.

MULTIMETR YORDAMIDA O'LCHASHLAR

Multimetr yordamida tok kuchini o'lchash.

Tok kuchini o'lchash uchun qizil zondni "10A" kirishiga, qora zondni esa "COM" kirishiga ulash lozim. Agar zanjirda uncha katta bo'lmagan tok kuchi (200 mA gacha) mavjudligiga ishonchingiz komil bo'lsa, zondni "mA" kirishiga o'rnatishingiz mumkin.

Aylanma kalit yordamida kerakli o'lchash chegarasini "A=" yoki "A~" tanlang va zondlarni tekshirilayotgan iste'molchiga ketma-ket ulang.

Displaydagi ko'rsatkichlarni o'qing. O'zgarmas tokni o'lchashda indikator qizil zondagi signalning qutbini ko'rsatadi. Agar display "1" ni ko'rsatsa, bu ortiqcha yuklanishni va kattaroq o'lchash chegarasini tanlash kerakligini ko'rsatadi.

Multimetr yordamida kuchlanishni o'lchash.

Kuchlanishni o'lchash uchun qizil zondni " $V\Omega$ " kirishiga, qora zondni esa "COM" kirishiga ulash lozim. Voltmetr rejimidagi multimetrni zanjirga parallel ravishda ulash kerak.

Aylanma kalit yordamida kerakli o'lchash chegarasini "U=" yoki "U~" tanlang va zondlarni kuchlanish manbaiga yoki tekshirilayotgan iste'molchiga ulang.

Displaydagi ko'rsatkichlarni o'qing. O'zgarmas kuchlanishni o'lchashda indikator qizil zondagi signalning qutbini ko'rsatadi. Agar displayda "1" ko'rsatilsa, bu ortiqcha yuklanishni va kattaroq o'lchash chegarasini tanlash kerakligini ko'rsatadi.

Multimetr yordamida qarshilikni o'lchash.

Zanjirning ma'lum qismidagi elektr qarshiligini o'lchash uchun qizil zondni " $V\Omega$ " kirishiga, qora zondni esa "COM" kirishiga ulash lozim. Kalitni tegishli holatga o'rnatib, o'lchov o'tkaziladi, bunda multimetr zanjir

qismiga parallel ulanadi. Shuni yodda tutish kerakki, oʻlchanayotgan zanjir qismidan elektr toki oʻtmasligi shart, aks holda multimetr ishdan chiqadi.

Eslatma:

- Agar oʻlchanayotgan qarshilik tanlangan oʻlchov chegarasining maksimal qiymatidan oshsa yoki kirish qarshilikka ulanmagan boʻlsa, displey "1" raqamini koʻrsatadi.
- Sxemadagi qarshilik miqdorini oʻlchashda sxema oʻchirilganligi va kondensatorlar toʻliq zaryadsizlanganligiga ishonch hosil qiling.
- $1\text{ M}\Omega$ dan yuqori oʻlchovlarda asbob bir necha soniya davomida koʻrsatkichlarni belgilashi mumkin. Bu katta qarshiliklarni oʻlchashda tabiiy holat hisoblanadi.

Diodlarni tekshirish.

Qizil zondni " $V\Omega$ Hz" kirishiga, qora zondni esa "COM" kirishiga ulang (qizil zondning qutbi musbat boʻladi).

Funksiyalar kalitini " \blacktriangleright " holatiga oʻtkazing va qizil zondni diodning anodiga, qora zondni esa katodiga ulang. Displeyda diodning taxminiy oldingi kuchlanish tushishi koʻrsatiladi. Oʻlchov zondlari diodga teskari ulanganda esa displeyda "1" belgisi paydo boʻladi.

Multimetr bilan "qoʻngʻiroq" rejimi.

Multimetrni qoʻngʻiroq qilish rejimiga oʻrnating, qizil zondni " $V\Omega$ " kirishiga, qorasini esa "COM" kirishiga ulang. Ushbu rejimning ishlashini tekshirish uchun ikkala zondni bir-biriga tekkizing. Shunda multimetr

tovush chiqaradi va nolga yaqin qarshilikni ko'rsatadi. Multimetr tekshirilayotgan zanjir qismining qarshiligi 80Ω gacha bo'lganda tovushli signal beradi. Qo'ng'iroq qilish uchun zondlarni zanjirning har xil uchlariga ulash kerak. Agar uzilish bo'lmasa, multimetr tovush chiqaradi yoki qarshilikni ko'rsatadi.

Multimetrni o'lchanayotgan zanjirga ulashdan avval quyidagi amallarni bajarish lozim:

- tok turini belgilash (o'zgarmas yoki o'zgaruvchan);
- o'lchanayotgan kattalik uchun o'lchov oralig'ini tanlash;
- multimetr qisqichlarini o'lchanayotgan zanjirga to'g'ri ulash.

3.11-rasmda kuchlanishni o'lchash uchun multimetr (a) (voltmetr sifatida) ulanishi, tokni kuchini o'lchash uchun multimetr (b) (ampermetr sifatida) ulanishi va qarshilikni o'lchash uchun multimetr (v) (ommetr sifatida) ulanishi ko'rsatilgan.

Chastotani o'lchash.


Qizil zondni "V Ω Hz" kirishiga, qora zondni esa "COM" kirishiga ulang. Burash kalitini "kHz" holatga o'rnatib, zondlarni signal manbasiga yoki tekshirilayotgan istemolchiga ulang.

Eslatma:

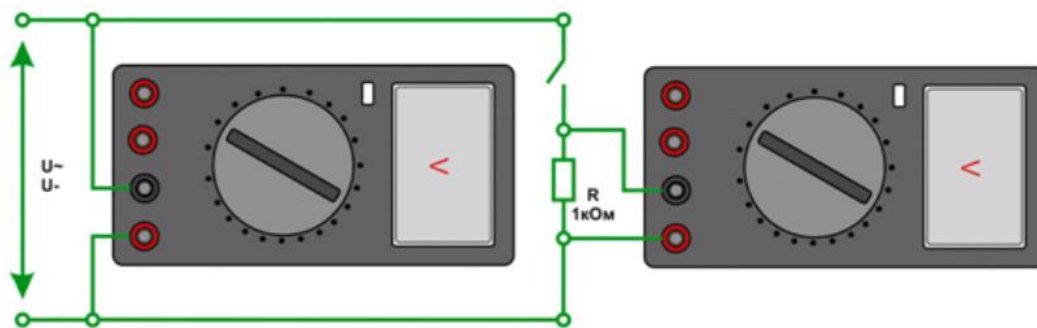
- Agar kirish signali 10V dan yuqori bo'lsa, o'lchash mumkin, lekin aniq natija kafolatlanmaydi.

- Tashqi shovqinlar kuchli boʻlgan sharoitda kichik kirish signallarini oʻlchash uchun ekranlangan kabeldan foydalanish tavsiya etiladi.

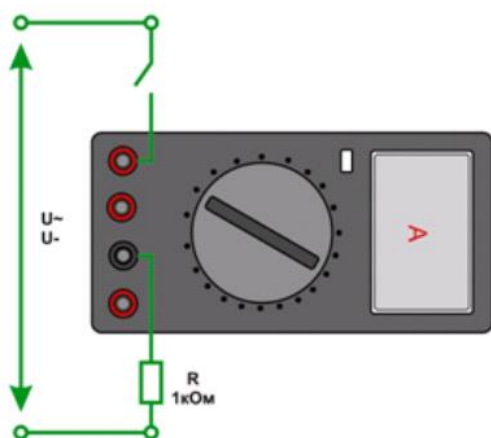
Batareyani almashtirish.

Agar displeyda "  " belgisi chiqsa, bu batareyani almashtirish kerakligini bildiradi. Vintlarni burab, orqa qopqogʻini oching, zaryadi tugagan batareyani yangisiga almashtiring.

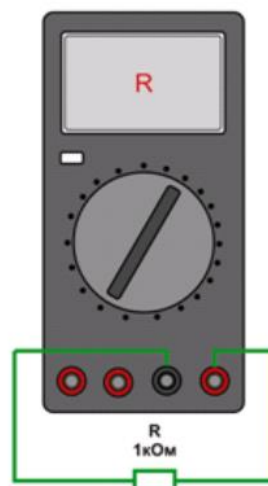
Saqlagich kamdan-kam hollarda almashtirishga muhtoj boʻladi va deyarli har doim operatorning xatosi natijasida yonib ketadi. Qopqoqni yuqorida koʻrsatilgandek oching va kuygan saqlagichni oʻlchami va elektr parametrlari boʻyicha xuddi shunday yangisiga almashtiring.



a)



b)

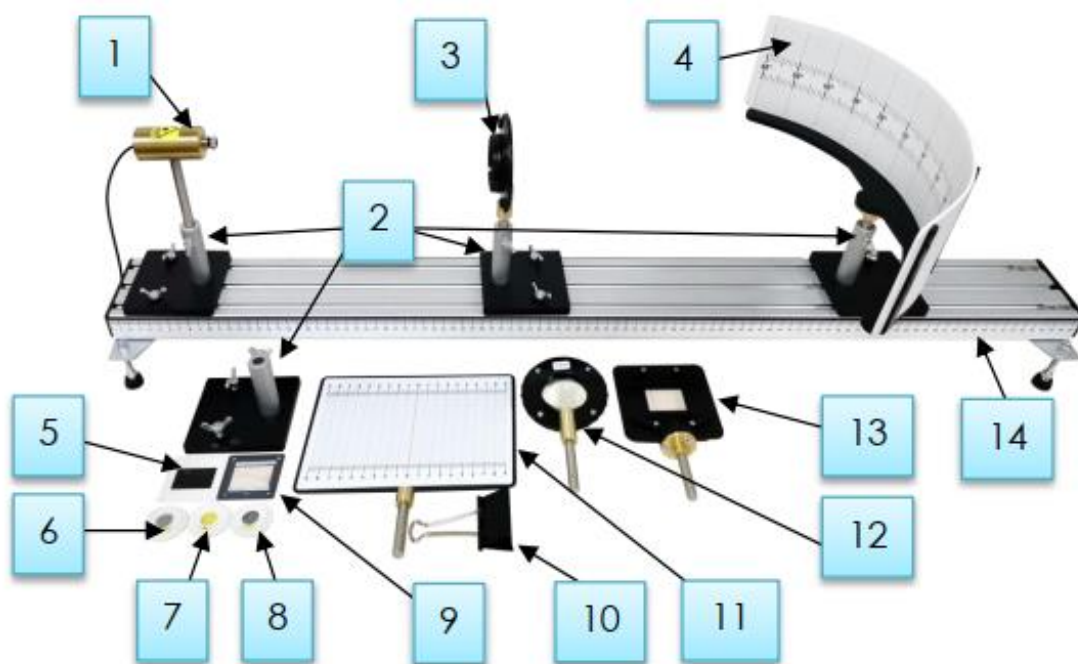


v)

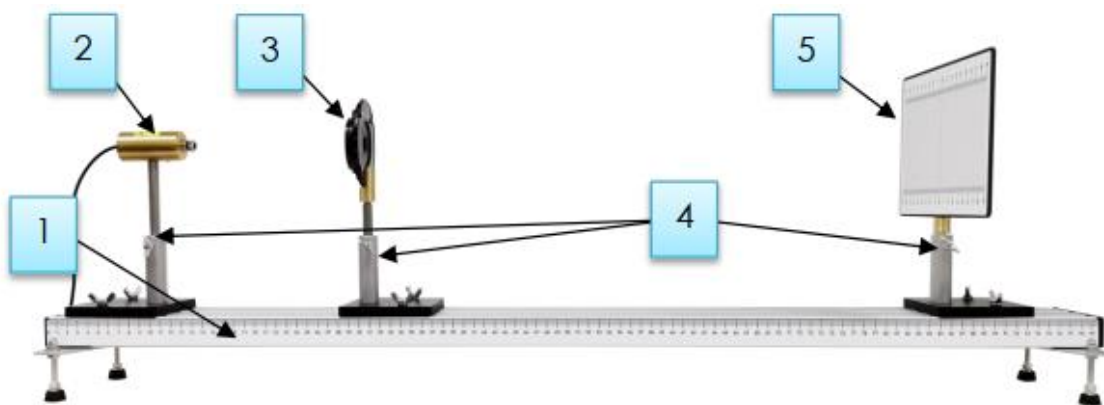
3.11-rasm. O'lchanayotgan zanjirga multimetrni ulash: a - voltmetr, b - ampermetr, v – ommetr.

4-LABORATORIYA ISHI. YORUG‘LIKNING DIFRAKSIYASI.

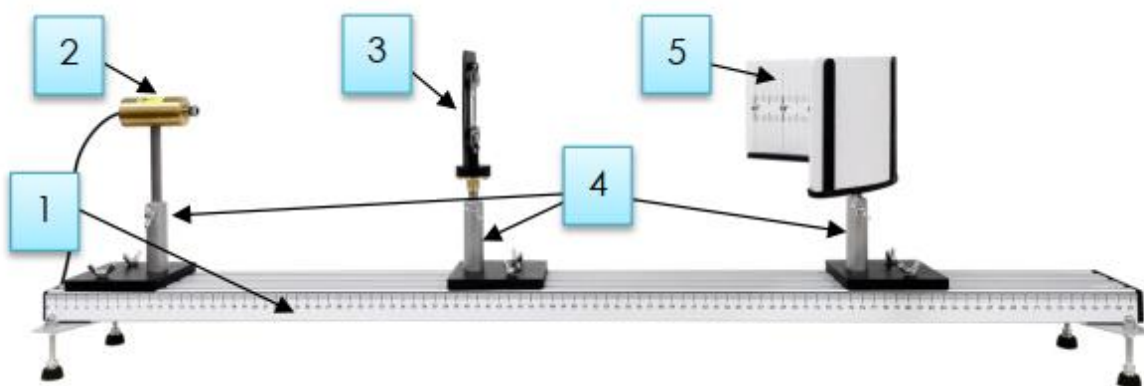
Ushbu laboratoriya qurilmasi yorug‘likning difraksiyasi hodisasini ya’ni, yorug‘likning doiraviy teshik, bitta tirqish, ikkita tirqish, bir va ikki o‘lchamli difraksion panjaralardan o‘tishi natijasida yuzaga keladigan optik hodisalarni kuzatish imkonini beradi.



4.1-rasm. Qurilma tarkibi: 1 – lazer; 2 – reyterlar; 3 – magnet tutqich; 4 – goniometr; 5 – yakka tirqishli ramka; 6 – teshikli tutqich; 7 – ikki o‘lchamli difraksion panjarali tutqich; 8 – ikki tirqishli tutqich; 9 – bir o‘lchamli difraksion panjarali ramka; 10 – qog‘oz uchun qisqich; 11 – ekran; 12 – yig‘uvchi linza; 13 – kvadrat tutqich; 14 – optik taglik.



4.2-rasm. Difraksion manzarani kuzatish uchun mo'ljallangan qurilmaning tarkibi: 1 – optik taglik; 2 – lazer; 3 – magnitli tutqich; 4 – reyterlar; 5 – ekran.



4.3-rasm. Difraksion manzarani kuzatish goniometr orqali kuzatish uchun mo'ljallangan qurilmaning tarkibi: 1 – optik taglik; 2 – lazer; 3 – kvadrat tutqich; 4 – reyterlar; 5 – goniometr.

Ishning maqsadi: doiraviy teshik, bitta tirqish, ikkita tirqish, bir va ikki o'lchamli difraksion panjaralardagi difraksiyani o'rganish.

Nazariy qism.

Keskin bir jinsli bo'lmagan muhitda yorug'likning tarqalishi natijasida kuzatiladigan hodisalar majmuasi difraksiya deb ataladi (masalan, yorug'lik

kichik teshiklar orqali o'tganda, noshaffof ekranlar chegarasi yaqinida va shu kabilarda). Difraksiya geometrik optika qonunlaridan, xususan, yorug'likning to'g'ri chiziqli tarqalish qonunidan chetga chiqish bilan bog'liq. Yorug'lik to'lqini amplitudasi yoki fazasining o'zgarishi to'lqin fronti yuzasida bir xil bo'lmagan barcha hollarda difraksiya yuz beradi. Shuning uchun bu hodisa to'lqin frontining har qanday amplitudaviy yoki fazaviy, ya'ni mahalliy buzilishida sodir bo'ladi. Natijada difraksiya yorug'lik to'lqinlarining to'siqlarni aylanib o'tishiga va yorug'likning geometrik soya sohasiga kirib borishiga olib keladi.

Difraksiya, xuddi interferensiya kabi, yorug'likning to'lqin tabiatini isbotlovchi hodisa hisoblanadi. Ko'p hollarda difraksiya Gyuygens-Frenel prinsipi asosida aniq va sodda tarzda tasvirlanadi: to'lqin yetib borgan har bir nuqta ikkilamchi to'lqinlar manbai bo'ladi, bu to'lqinlarning tashqi chegarasini belgilovchi chiziq esa to'lqin frontining keyingi paytdagi vaziyatini beradi. Ma'lum bir vaqt momentida tebranishlar yetib borgan nuqtalarning geometrik o'rni to'lqin fronti deb ataladi.

Yorug'lik manbai va ekran (kuzatish nuqtasi) orasida, yorug'likning tarqalish yo'lida joylashgan to'siqqacha bo'lgan masofaga qarab, difraksiyaning ikki turi farqlanadi. Frenel difraksiyasi yoki yig'iluvchi nurlar difraksiyasi, to'siqqa sferik yoki yassi to'lqin tushganda va difraksion manzarani kuzatish ekrani to'siqdan ma'lum masofada joylashganda yuzaga keladi. Frenelning difraksion manzarasini Frenel zonalari usuli asosida osonlik bilan tushuntirish mumkin.

Fraungofer difraksiyasi yoki parallel nurlar dastasidagi difraksiya quyidagi hollarda hosil bo‘ladi:

1) to‘siqqa yassi to‘lqin tushganda, difraksion manzarani kuzatish ekрани esa to‘siq orqasiga o‘rnatilgan yig‘uvchi linzaning fokal tekisligida bo‘lganda;

2) yorug‘lik manbai va kuzatish ekрани to‘siqdan shunchalik uzoqda joylashganki, to‘siqqa tushayotgan hamda kuzatish nuqtasiga yo‘nalgan nurlar deyarli parallel dastalar hosil qiladi. Frenel va Fraungofer difraksiyalari orasida prinsipial farq mavjud emas, ular bir-biriga uzluksiz ravishda o‘tadi.

4.1 DOIRAVIY TESHIKDA HOSIL BO‘LADIGAN DIFRAKSIYANI O‘RGANISH

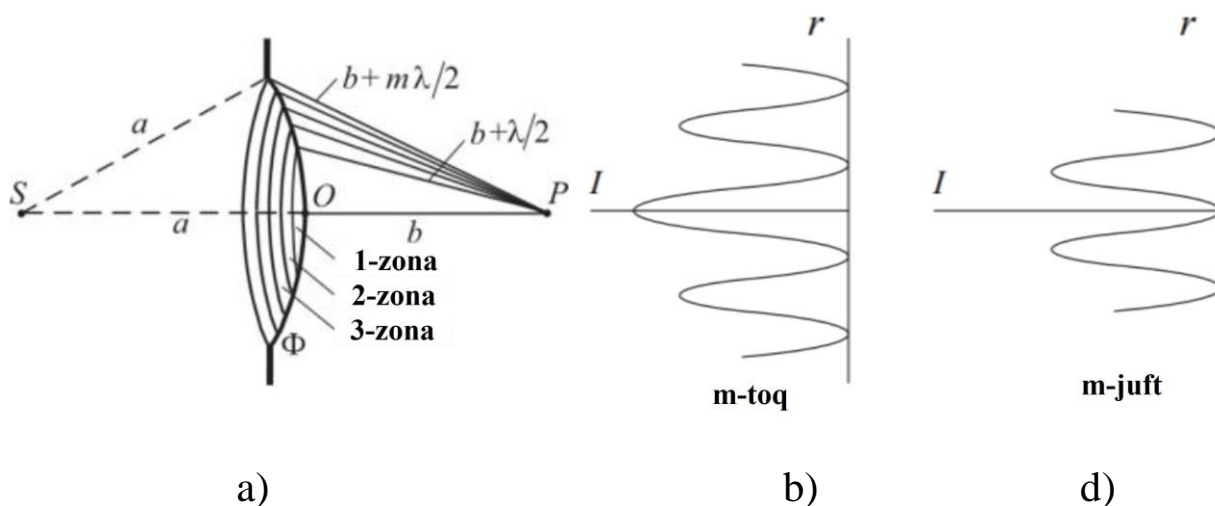
Sferik yorug‘lik to‘lqini yo‘lida kichik R radiusli doiraviy teshikli shaffof bo‘lmagan ekran joylashgan bo‘lsin (4.4a rasm). Agar yorug‘lik manbai S dan teshikkacha bo‘lgan masofa a va kuzatish nuqtasi P dan teshikkacha bo‘lgan masofa b quyidagi munosabatni qanoatlantirsin:

$$R = \sqrt{m\lambda \cdot \frac{ab}{a+b}} \quad (4.1)$$

bu yerda m butun son, u holda bu teshik P nuqta uchun qurilgan Frenelning aynan birinchi m ta zonasini ochiq qoldiradi.

Demak, Frenelning ochiq zonalari soni quyidagicha aniqlanadi:

$$m = \frac{R^2}{\lambda} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) \quad (4.2)$$



4.4-rasm. Frenel zonalari.

U holda P nuqtadagi tebranishlar amplitudasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$A = A_1 - A_2 + A_3 - \dots \pm A_m$$

bu yerda A_m oldidagi musbat ishora toq m ga, manfiy ishora esa juft m ga mos keladi. Ushbu qatorni, avval bajarilgani kabi, osonlik bilan quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin:

$$A = \begin{cases} A_{1/2} + A_{m/2} & m - \text{toq} \\ A_{1/2} - A_{m/2} & m - \text{juft} \end{cases}$$

Kichik m lar uchun A_m amplituda A_1 dan ozgina farq qiladi. Shuning uchun, Frenel zonalari soni toq bo'lganda P nuqtadagi amplituda taxminan A_1 ga teng bo'ladi, Frenel zonalari soni juft bo'lganda esa nolga teng bo'ladi. Demak, uncha ko'p bo'lmagan toq sondagi zonalarni ochib beruvchi teshikli

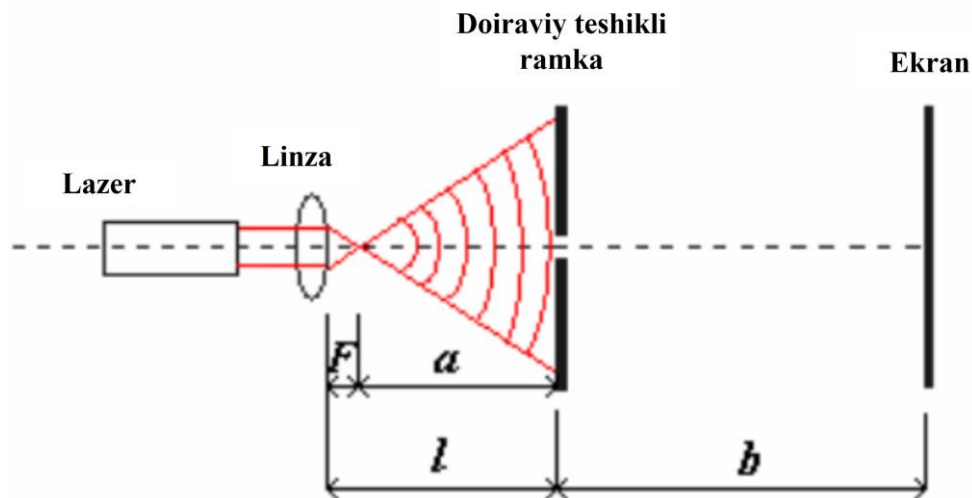
to'siq P nuqtadagi yoritilganlikni kamaytirmasdan, aksincha, amplitudani deyarli ikki barobar, intensivlikni esa to'rt barobar oshirishga olib keladi! Albatta, bu energiyaning saqlanish qonunini buzish degani emas. Binobarin, qayerdadir intensivlik pasayishi kerak. Ekran bo'ylab intensivlikning radial taqsimoti 4-rasmning b va d qismlarida ko'rsatilgan.

Kichik doiraviy teshikdan hosil bo'lgan difraksiya manzarasi bir-birini almashtirib keluvchi yorug' va qorong'i konsentrik halqalar ko'rinishida namoyon bo'ladi, bunda manzara markazi ham yorug', ham qorong'i bo'lishi mumkin. Agar teshik ko'p miqdordagi Frenel zonalarini ochsa, qorong'i va yorug' halqalarning almashinuvi faqatgina geometrik soya chegarasidagi juda tor sohada kuzatiladi; bu soha ichida yoritilganlik amalda bir xil bo'lib qoladi.

Ishni bajarish tartibi

1. 4.2-rasmda ko'rsatilgan qurilmani yig'ing. 1-lazer bilan 2-magnit tutqich orasiga yig'uvchi linzali ($f=50$ mm) qo'shimcha reyter joylashtiring. Magnit tutqichga doiraviy teshikli ramkani o'rning.

Qurilmaning sxematik tasviri 4.5-rasmda berilgan.



4.5-rasm. Qurilmaning sxematik tasviri.

2. Lazerni yoqing va qurilmani sozlang. Linza va doiraviy teshikli ramkani siljitib, ekranda difraksiya manzarasi tasvirini hosil qiling.

3. Optik taglikdagi chizg'ich yordamida l va b masofalarni o'lchang. Linzaning fokusini ($f = 50$ mm) bilgan holda a qiymatini hisoblang.

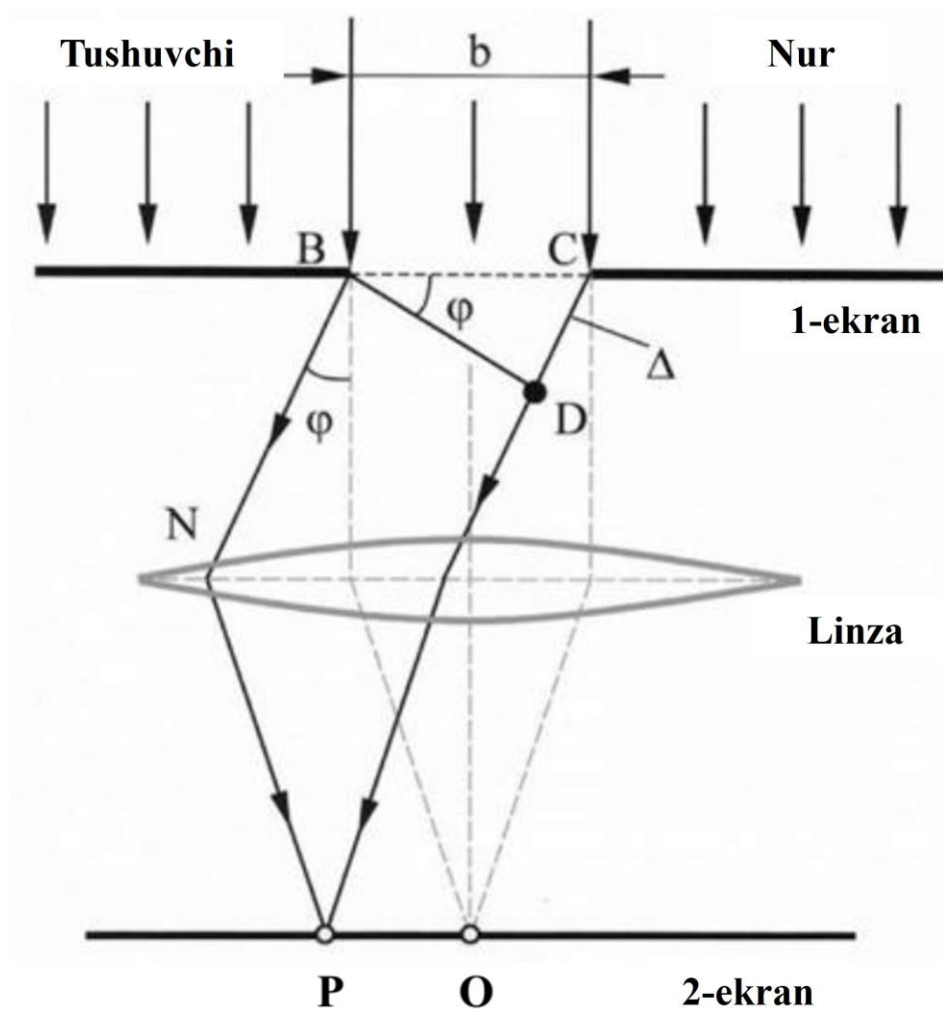
4. (4.2) formula bo'yicha Frenelning ochiq zonalari sonini hisoblang. Lazer nurlanishining to'lqin uzunligi qizil rang uchun $\lambda = 690$ nm va yashil rang uchun $\lambda = 520$ nm ga teng.

4.2 BITTA TIRQISHDAGI DIFRAKSIYANI O'RGANISH

Parallel yorug'lik dastasi to'siqqa yo'naltiriladi. Difraksion manzara difraksiyalangan yorug'lik yo'lga o'rnatilgan yig'uvchi linzaning fokal tekisligida (yoki linzasiz to'g'ridan-to'g'ri ekranda) kuzatiladi. Fraunhofer difraksiyasini o'rganish uchun yorug'lik manbai sifatida lazerdan

foydalanish qulay. Lazer nurlanishi kam tarqalishi, yuqori kogerentligi, yuqori darajadagi monoxromatligi va sezilarli intensivligi bilan ajralib turadi. Bunda ekran ikkinchi linzaning fokal tekisligiga joylashtiriladi. Lazer dastasi to'siqqa yo'naltiriladi va turli yo'nalishlarda difraksiyalangan to'lqinlar ekranda kuzatiladigan difraksion manzarani hosil qiladi.

Yorug'lik o'tkazmaydigan to'siqda hosil qilingan, eni b bo'lgan cheksiz ingichka va uzun tirqishga amplitudasi E_0 ga teng bo'lgan yassi monoxromatik yorug'lik to'lqini tushayotgan bo'lsin (4.6-rasm).



4.6-rasm. Nurlarning yo'li.

Linza fokal tekislikning bir nuqtasiga ma'lum φ burchak ostida difraksiyaga uchragan nurlarni to'playdi. Tirqishning turli nuqtalaridan elementar manbalar chiqargan to'lqinlar $\Delta = x \sin \varphi$ kattalikka farq qiladigan masofalarni bosib o'tadi. Natijada, ular orasida $\delta = \frac{2\pi\Delta}{\lambda}$ fazalar farqi yuzaga keladi. Bu to'lqinlarning hissalarini jamlaymiz:

$$E(\varphi) = \int_0^b E_0 \exp \left[-2\pi i \frac{x \sin \varphi}{\lambda} \right] dx \quad (4.3)$$

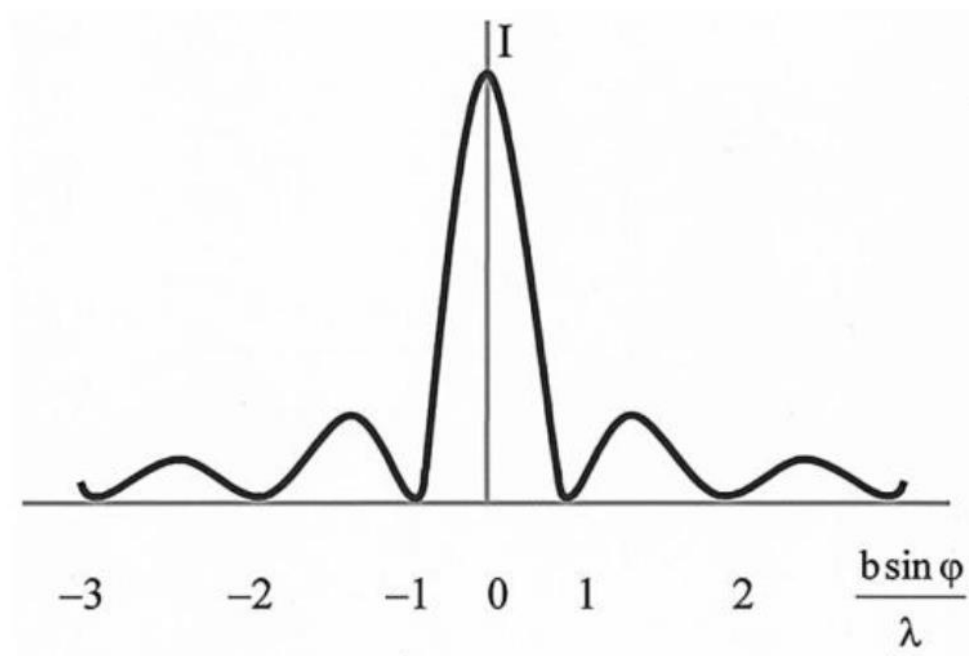
(4.3) ifodani integrallash orqali quyidagini topamiz:

$$E(\varphi) = E_0 b \frac{\sin \left(\pi b \frac{\sin \varphi}{\lambda} \right)}{\pi b \frac{\sin \varphi}{\lambda}} \quad (4.4)$$

Yorug'lik maydoni kuchlanganligining intensivlikka bog'liqligi $E^2 \sim I$ ekanligini inobatga olib, intensivlik uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I(\varphi) = I_0 \left(\frac{\sin \left(\pi b \frac{\sin \varphi}{\lambda} \right)}{\pi b \frac{\sin \varphi}{\lambda}} \right)^2 \quad (4.5)$$

bu yerda I_0 - difraksion manzaraning markazidagi intensivlik.



4.7-rasm. Difraksiyalangan yorug'lik intensivligining burchak taqsimoti.

Difraksiya burchagi $\varphi = 0$ bo'lganda, barcha elementar zonalardan kelayotgan tebranishlar ekranning $x = 0$ nuqtasiga bir xil fazada yetib keladi. Shu sababli, natijadagi tebranishning amplitudasi qo'shiluvchi tebranishlar amplitudalarining algebraik yig'indisiga teng bo'ladi. Bunday holatda eng yuqori intensivlikka ega bo'lgan markaziy maksimum kuzatiladi (4.7-rasm).

Intensivlik nolga teng bo'ladigan yo'nalishlar mavjud. Bunday yo'nalishlarga mos keladigan difraksiya burchaklari quyidagi munosabat orqali aniqlanadi:

$$\sin\varphi = m \frac{\lambda}{b} \quad (4.6)$$

bunda $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ - minimumning tartibi.

Minimumlar orasida qo'shimcha maksimumlar mavjud bo'lib, ularning qiymatlari uncha katta emas. Markaziy va dastlabki ikki maksimum intensivliklarining nisbati $I_0 : I_1 : I_2 = 1000 : 47 : 17$ ga teng. Shunday qilib, asosiy yorug'lik oqimining (90% dan ortiq qismi) $\sin \theta = \pm \lambda/b$ qiymatlari bilan aniqlanadigan chegaralar doirasida to'planganligi haqida xulosa chiqarish mumkin.

Tirqish o'lchamlarining kichrayishi markaziy maksimumning kengayishiga olib keladi. Tirqish kengligi $b = \lambda$ bo'lganda ekran butunlay, o'rtasida ko'proq va chetlarida kamroq yoritilgan bo'ladi. Aksincha, tirqish qanchalik keng bo'lsa, difraksion manzara shunchalik yorqin, difraksion polosalarning kengligi shunchalik kichik va zichligi shunchalik katta bo'ladi.

Difraksion manzara markazga nisbatan simmetrik, chunki (4.5) formuladan $I_{-\varphi}$ ning I_{φ} ga teng ekanligi kelib chiqadi. Tirqish ekranga parallel ravishda siljirilganda, ekranda kuzatilayotgan difraksion manzara o'z joyida qoladi (uning o'rta qismi markazning ro'parasida joylashgan bo'ladi).

Difraksiya burchaklari kichik bo'lganda ekrandagi minimum va maksimumlar koordinatalari (4.6-rasm)

$$\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi = \frac{l}{F} \quad (4.7)$$

bu yerda F - linzaning fokus masofasi, l - ekranda bir xil tartibli minimumlar orasidagi masofa.

Tirqishdan ekrangacha bo'lgan masofa L katta bo'lganda, parallel difraksiyalangan nurlarning superpozitsiyasi yig'uvchi linzasiz ham ekranda amalga oshadi. Bunday holda, (4.7) ifodada F o'rniga L ni qo'yish mumkin.

U holda (4.7) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$b \frac{l}{L} = \pm m\lambda \quad (4.8)$$

Ishni bajarish tartibi.

1. 4.2-rasmda ko'rsatilgan qurilmani yig'ing. Magnit tutqichni kvadrat tutqich bilan almashtiring. Kvadrat tutqichga yakka tirqishli ramkani o'rnatib.

2. Ekranga oq qog'ozni qisqich yordamida mahkamlang va lazerni yoqing. Qurilmani rostlang. Buning uchun tutqichdagi tekshiriladigan tirqishni tanlab, uni lazer nuri yo'nalishiga moslab joylashtiring. Tirqishli tutqichni siljitib, ekranda difraksion manzaraning aniq tasvirini hosil qiling.

3. Qog'ozda bir-biridan yetarlicha uzoqda joylashgan ikkita qora yo'lning holatini chizing. Yorug' yo'llar orasidagi qora yo'llar sonini (N) hisoblang. Qog'ozni ekrandan olib, qora yo'llar orasidagi masofani (l) o'lchang.

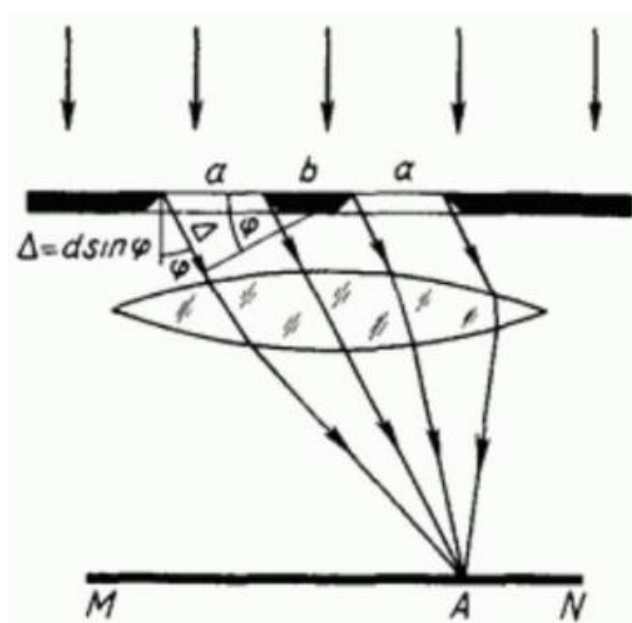
4. Optik taglikdagi chizg'ich yordamida tirqish bilan ekran orasidagi masofani (L) o'lchang.

5. (4.8) formuladan foydalanib, lazer nurlanishining to'liq uzunligini aniqlang. Tirqishning kengligi millimetrlarda tutqichda ko'rsatilgan.

4.3 IKKITA TIRQISHDAGI DIFRAKSIYANI O'RGANISH

Nazariy qism.

Endi kengligi a bo'lgan va bir-biridan kengligi b bo'lgan noshaffof oraliq bilan ajratilgan ikki tirqishdan hosil bo'ladigan difraksiyani ko'rib chiqamiz. Bu miqdorlarning yig'indisini d harfi bilan belgilaymiz (4.8-rasm).



4.8-rasm. Nurlarning yo'li.

Monoxromatik to‘lqinning yassi fronti bir juft tirqishlar tekisligiga yetib kelgan holat bo‘lsin. Linza yordamida MN ekranda difraksion parallel nurlarning barcha parallel guruhlarini to‘playmiz. Ekranda 4.8-rasmda ko‘rsatilganidek, ma’lum yo‘nalishda kelayotgan parallel nurlar dastasi yig‘iladigan ixtiyoriy A nuqtani tanlaymiz va bu nuqtada yoritilganlikning maksimum yoki minimumga erishishi nimaga bog‘liqligini aniqlaymiz.

Tanlangan yo‘nalish shunday bo‘lsinki, bitta tirqishdan minimal yorug‘lik olish sharti (4.9) bajarilsin:

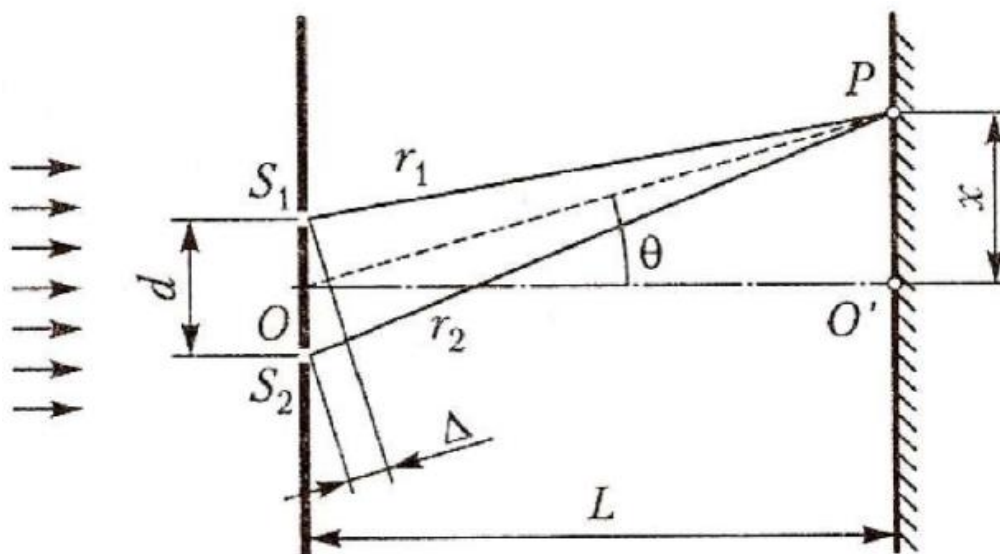
$$a \sin \varphi = \pm k\lambda \quad (4.9)$$

Bu yo‘nalishda har bir tirqish alohida holda ekranda yorug‘lik bermaydi, shuning uchun ikki tirqish mavjud bo‘lganda ham bu yo‘nalishda yorug‘lik kuzatilmaydi.

Ikki tirqishga nisbatan qo‘llaniladigan (4.9) shart avvalgi minimumlar sharti deb ataladi. Ko‘rinib turibdiki, bu shart istalgan sondagi tirqishlar uchun o‘rinli, chunki tirqishlar sonidan qat’i nazar, minimumlar ekranda xuddi bitta tirqish holatidagi kabi joylarda kuzatiladi.

Endi shunday yo‘nalishni tanlaymizki, bunda har bir tirqish alohida-alohida ekranda yorug‘lik hosil qilsin. Ikkita tirqish mavjud bo‘lgan holda, qo‘shiluvchi tebranishlarning yo‘llar farqiga qarab ikki holat yuzaga kelishi mumkin: 1) ekrandagi interferensiya tufayli ikkala tirqishdan keladigan yorug‘lik kuchayadi; 2) o‘zaro so‘nish sodir bo‘ladi. d masofada joylashgan tirqishlar nuqtalarini mos nuqtalar deb ataymiz. Shubhasiz, yorug‘likning kuchayishi tegishli nuqtalardan yo‘l farqi Δ juft sondagi yarim to‘lqinlarga

teng bo'lganda sodir bo'ladi. Keyingi mulohazalar uchun optik sxemadan linzani chiqarib tashlaymiz.



4.9-rasm. Ikkita tirqishdagi difraksiya.

4.9-rasmdan ko'rinib turibdiki, bu yo'l farqi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\Delta = d \sin \varphi \approx d \frac{x}{L} \quad (4.10)$$

Interferensiyalanuvchi 1 va 2 nurlar uchun minimal shart asosida ekranning yorug'lik intensivligi eng past bo'lgan nuqtalarining koordinatalarini aniqlaymiz:

$$\Delta = \pm(2m + 1) \frac{\lambda}{2} = \frac{x_m d}{L} \quad (4.11)$$

$$x_m = \Delta = \pm(2m + 1) \frac{\lambda L}{2d} \quad (4.12)$$

Bundan polosa kengligi uchun quyidagini hosil qilamiz:

$$\Delta x = x_{m+1} - x_m = \frac{\lambda L}{d} \quad (4.13)$$

Yorug‘ polosalarning o‘rtalari orasidagi Δx ni o‘lchab, tirqishlar orasidagi masofa d ni hisoblash mumkin:

$$d = \frac{\lambda L}{\Delta x} \quad (4.14)$$

Ishni bajarish tartibi.

1. 4.2-rasmda ko‘rsatilgan qurilmaning optik sxemasini yig‘ing. Magnitli tutqichga ikki tirqishli ramkani o‘rnating.

2. Lazerni yoqing va kollimatorni aylantirib, lazer nuri eng kichik diametrga ega bo‘lishiga erishing. Lazer nuri markazi, ikki tirqishli ramka va ekran markazi bir chiziqda joylashishiga e‘tibor qarating. Agar bir chiziqda joylashishga erishilgan bo‘lsa, ekranda navbatlashib keluvchi qora va yorug‘ yo‘llar ko‘rinishidagi interferensiya manzarasi hosil bo‘lishi kerak.

6. Qog‘oz qisqich yordamida oq varaqni ekranga mahkamlang. Bir-biridan yetarlicha uzoqda joylashgan ikkita qora yo‘lning holatini varaqqa chizing. Bu qora yo‘llar orasidagi yorug‘ yo‘llar sonini N hisoblang. Varaqni ekrandan olib, qora yo‘llar orasidagi masofa l ni o‘lchang, so‘ngra uni ular orasidagi yorug‘ yo‘llar soni N ga bo‘ling. Bu bir interferensiya yo‘lining kengligi Δx bo‘ladi. O‘lchash shartlarini o‘zgartirmasdan, turli N lar uchun kamida uch marta takrorlang. $\overline{\Delta x}$ ni hisoblang.

7. Ikki tirqishli ramkadan o'lchov ekranigacha bo'lgan masofani L optik taglikdagi shkala bo'yicha o'lchang.

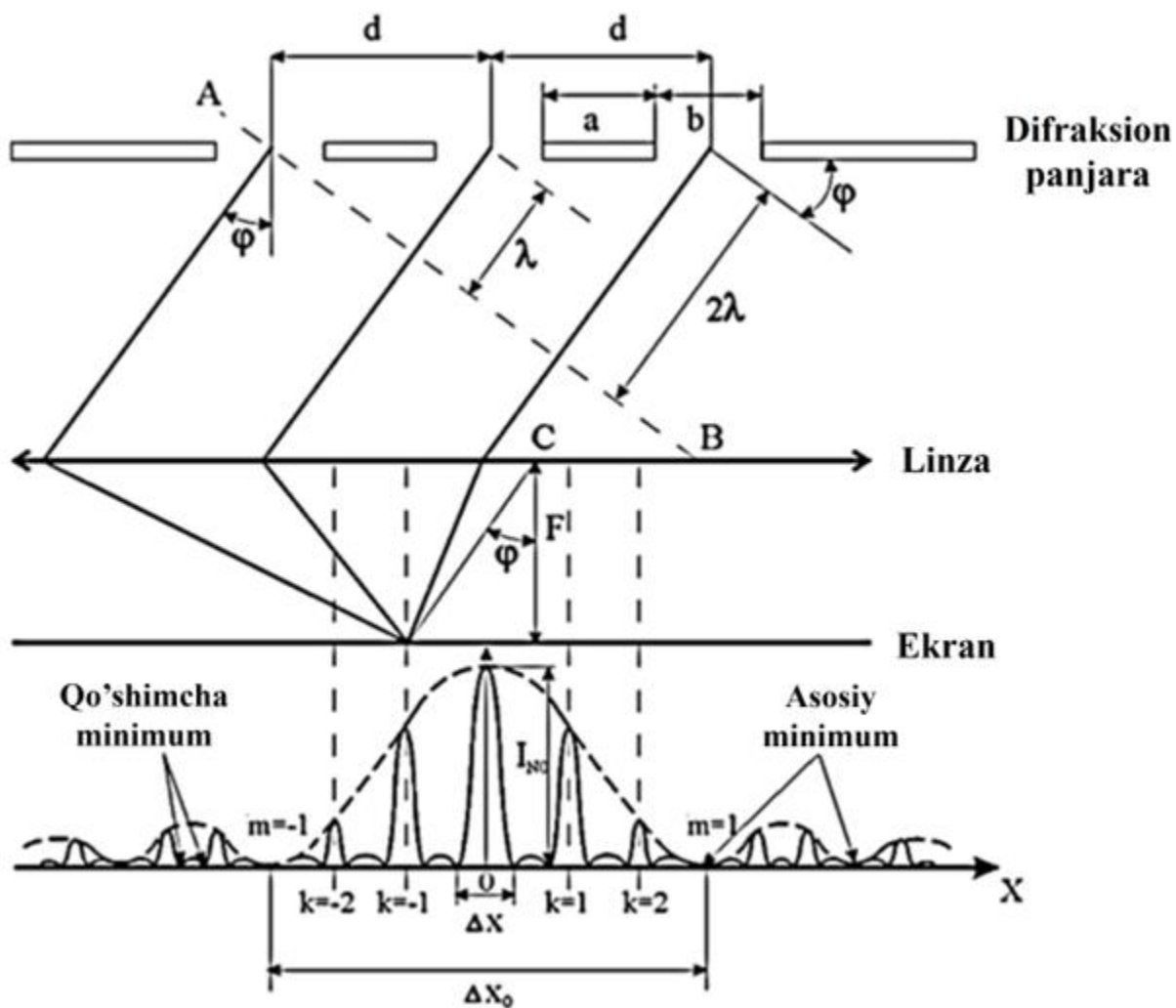
8. Tirqishlar orasidagi masofani (4.14) formula orqali topish mumkin. Lazer nurlanishining to'lqin uzunligi qizil rang uchun $\lambda_0 = 690 \text{ nm}$ va yashil rang uchun $\lambda_0 = 520 \text{ nm}$.

4.4 BIR O'LCHAMLI DIFRAKSION PANJARADAGI DIFRAKSIYANI O'RGANISH

Nazariy qism.

Bir o'lchamli shaffof difraksion panjara deb to'siqdagi bir xil b kenglikka ega bo'lgan va bir-biridan bir xil a masofada joylashgan parallel tirqishlarning davriy sistemasiga aytiladi. Panjaraning asosiy parametri uning davri d (panjara doimiysi) bo'lib, u $d = b + a$ ko'rinishda aniqlanadi. Difraksion panjaralar maksimumlar sohasida yorug'lik intensivligini keskin kuchaytirish effektini va to'lqin uzunliklari bo'yicha maksimumlarning fazoviy tarqalishini hosil qiladi, bu esa ularni almashtirib bo'lmaydigan optik asboblarga aylantiradi. Ular yorqin ifodalangan difraksion manzarani olish imkonini beradi.

4.10-rasmda $N = 3$ ta tirqishdan iborat panjara, linza va ekrandan iborat qurilmaning sxemasi, shuningdek, difraksiyalangan yorug'lik nurlarining yo'li ko'rsatilgan.



4.10-rasm. Bir nechta tirqishdagi diffraksiya.

N ta tirqishga normal bo'yicha parallel nurlar dastasi tushadi, bu holda tirqishlarni elektr maydonining kuchlanganligi E ning sinfazali tebranishlariga ega bo'lgan N ta kogerent yorug'lik manbalari sifatida qarash mumkin. Har bir tirqishda yuqorida tasvirlangan tarzda (Fraunhofer usuli) yorug'lik diffraksiyasi sodir bo'ladi. N ta kogerent manbalardan bir xil φ burchak ostida diffraksiyalangan nurlar superpozitsiyaga uchrab interferensiyalanadi. Shu sababli, tirqishlardan o'tgan yorug'lik

intensivligining qayta taqsimlanishini interferensiya hodisasi sifatida ko‘rib chiqish mumkin.

Qo‘shni tirqishlardan chiqayotgan to‘lqinlarning optik yo‘l farqi $\Delta = d \sin \varphi$ va fazalar farqi $\delta = 2\pi\Delta/\lambda$ panjara davri d hamda difraksiya burchagi φ ning sinusiga to‘g‘ri proporsionaldir. Shunday qilib, ko‘p nurli interferensiyada natijadagi amplituda sof faza ko‘paytuvchisi bo‘lgan kompleks geometrik progressiyaning yig‘indisi sifatida aniqlanishi mumkin:

$$A_{\Sigma} = A_1 + A_1 \exp(-i\delta) + A_1 \exp(-i2\delta) + A_1 \exp(-i3\delta) + \dots \quad (4.15)$$

bu yerda A_1 - bitta tirqishdan o‘tgan maydon amplitudasi. Yig‘indini hisoblab, quyidagi natijani olamiz:

$$A_{\Sigma} = A_1 \frac{1 - \exp(-2iN\delta)}{1 - \exp(-i\delta)} \quad (4.16)$$

Intensivlik amplituda modulining kvadratiga proporsional ekanini hisobga olsak, quyidagilarni topamiz:

$$I_n = I_0 \left[\frac{\sin\left(N \frac{\pi d \sin(\varphi)}{\lambda}\right)}{\sin\left(\frac{\pi d \sin(\varphi)}{\lambda}\right)} \right]^2 \quad (4.17)$$

$d \cdot \sin \varphi = m\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2$ (4.18) shart bajarilganda, barcha N ta nurning elektr maydonining kuchlanganlik vektorlari bir xil fazada tebranadi va superpozitsiya natijasida $E_N = NE_0$ amplitudani hosil qiladi. Bu amplitudaga $I_N = N^2 E_0$ (4.19) yorug‘lik intensivligi mos keladi. Bu

natija (4.19) shart bajarilganda (4.18) formula bergan natija bilan bir xil bo'ladi.

Shunday qilib, asosiy maksimumlar sharti deb ataladigan (4.18) shart bajarilganda, N ta tirqishdan iborat tizimda difraksiyaga uchragan yorug'lik intensivligi N^2 marta ortadi. Bu muntazam tuzilmadan o'tgan nurlar dastasining ko'p nurli interferensiyasi natijasidir. Agar tirqishlar tartibsiz joylashgan bo'lsa, u holda interferension had nolga teng bo'lib, umumiy intensivlik tirqishlar soniga to'g'ri proporsional bo'lardi.

Ishni bajarish tartibi.

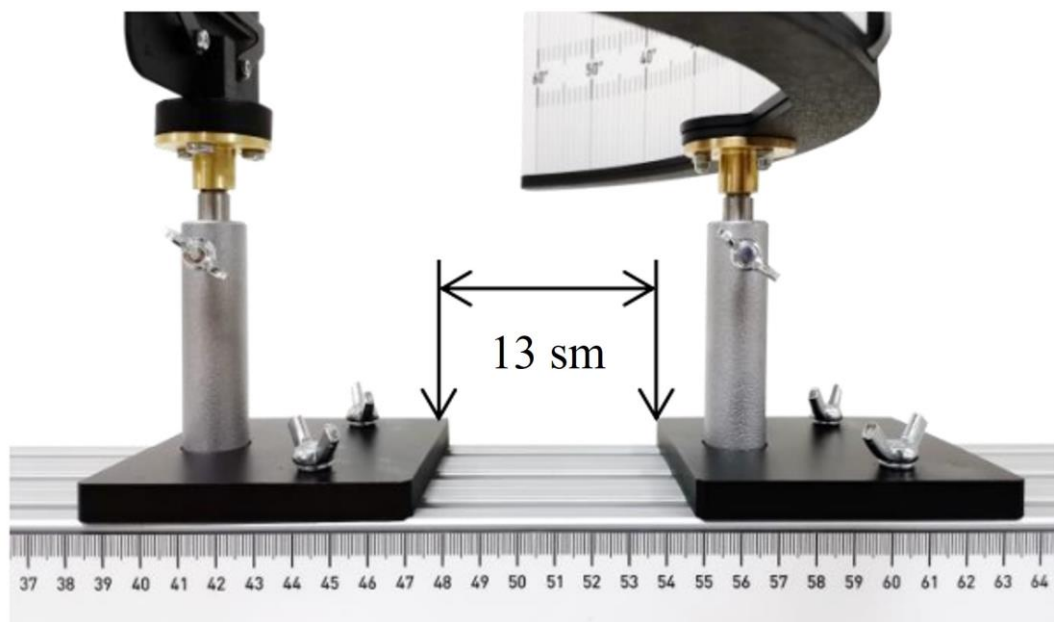
1. 4.3-rasmda ko'rsatilgan qurilmaning optik qurilmani yig'ing. Kvadrat tutqichga difraksion panjaralar to'plami o'rnatilgan ramkani joylashtiring.

2. Lazerni yoqing va kollimatorni aylantirib, lazer nuri eng kichik diametrga ega bo'lishiga erishing. Difraksion panjarali tutqichni shunday siljitingki, lazer nuri to'rtta panjaradan birining markazidan o'tsin. Lazer nuri, difraksion panjarali tutqich va goniometrning markazlari bir chiziqda joylashishiga e'tibor qarating. Agar bir chiziqda joylashishga erishilsa, ekranda difraksion manzara paydo bo'lishi lozim.

3. Goniometr burchaklarning haqiqiy qiymatlarini ko'rsatishi uchun difraksion tirqishlarni goniometr markazidan 20 sm masofada joylashtirish zarur. Buning uchun reyterlarning chetlari orasidagi masofa 13 sm bo'lishi kerak (4.11-rasmga qarang).

4. Goniometr yordamida har bir maksimum uchun φ burchaklarni o'lchang.

5. Panjara gardishidagi ma'lumotlarga asoslanib, panjara doimiysi d ni hisoblang.



4.11-rasm. Reyterlarning joylashuvi.

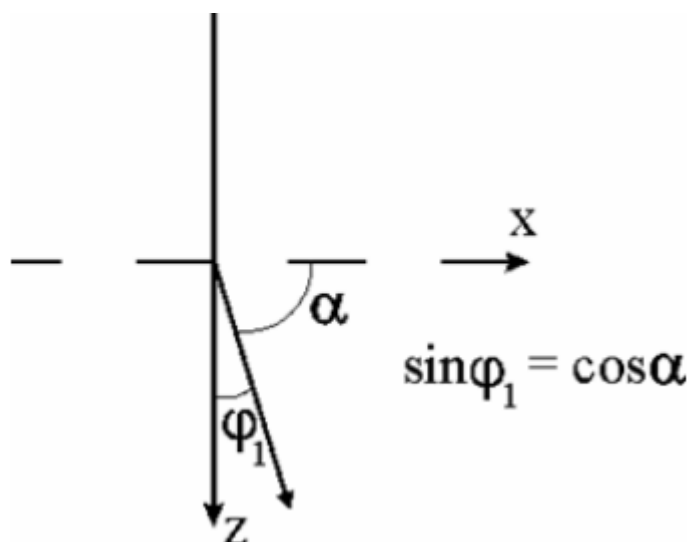
6. (4.18) formuladan foydalanib, lazer nurlanishining to'lqin uzunligini aniqlang.

4.5 IKKI O'LCHAMLI DIFRAKSION PANJARADAGI DIFRAKSIYANI O'RGANISH

Yorug'lik difraksiyasi ikki o'lchamli difraksion panjarada kuzatiladi, bunda chiziqlar bir xil tekislikda o'zaro perpendikulyar yo'nalishlarda joylashadi.

Ikki o'lchamli panjara bir-biriga perpendikulyar kesishgan d_1 va d_2 davrli panjaralardan tashkil topgan bo'lib, ko'pincha d_1 va d_2 teng bo'ladi.

X o'qi birinchi panjara tirqishlariga perpendikulyar, Y o'qi ikkinchi panjara tirqishlariga perpendikulyar, Z o'qi esa ikki o'lchamli panjara tekisligiga perpendikulyar yo'nalgan bo'lsin. Tushayotgan va difraksiyalangan nurlar bilan X, Y, Z o'qlari orasidagi burchaklarni mos ravishda $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0$ va α, β, γ orqali belgilaymiz. Shubhasiz, α, β, γ - difraksiya burchaklarini 90° gacha to'ldiruvchi burchaklardir (4.12-rasm).



4.12-rasm. Ikki o'lchamli panjaradagi difraksiya.

Ikki o'lchovli panjaraga normal ravishda ya'ni $\alpha_0 = \pi/2, \beta_0 = \pi/2, \gamma_0 = \pi/2$ burchaklar ostida yassi to'lqin tushayotgan bo'lsin. Bunday holda, to'lqin uzunligi λ bo'lgan nurlanish uchun asosiy maksimumlarning hosil bo'lish shartlari quyidagicha bo'ladi:

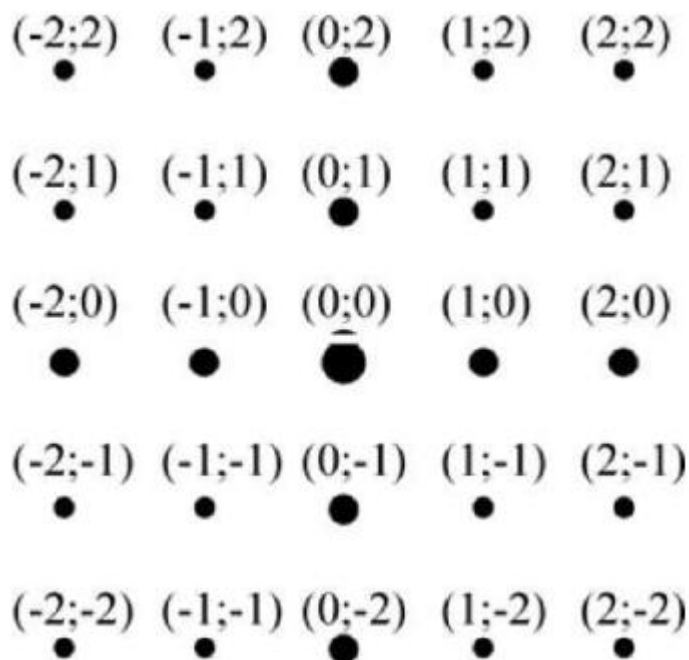
$$\begin{aligned} d_1 \cos \alpha &= m_1 \lambda \\ d_2 \cos \alpha &= m_2 \lambda \end{aligned} \quad (4.20)$$

α, β, γ burchaklar o'zaro quyidagi munosabat bilan bog'langan:

$$\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1 \quad (4.21)$$

(4.20) va (4.21) ifodalar d_1 , d_2 , λ larning qiymatlari ma'lum bo'lganda, har qanday tartibdagi maksimumlar uchun difraksiyalangan nurning yo'nalishini ko'rsatuvchi α , β , γ burchaklarni aniqlash imkonini beradi. Agar har bir panjaradagi tirqishlar soni N_1 va N_2 yetarlicha katta bo'lsa, unda maksimumlar juda o'tkir bo'ladi va difraksiyalangan to'lqinlarning deyarli butun yorug'lik energiyasi aynan shu maksimumlarda to'planadi.

Natijada, ikki o'lchovli panjara ortida joylashgan ekranda difraksion manzara (4.13-rasm) hosil bo'ladi. Bu tasvir aniq va simmetrik joylashgan yorug'lik dog'lari ko'rinishida bo'ladi, har bir dog'ga esa ikkita butun sonli indeks — m_1 va m_2 mos keladi.



4.13-rasm. Ikki o'lchovli panjaradan hosil bo'lgan difraksion manzara.

Asosiy maksimumlar faqat quyidagi shartlar bajarilgandagina yuzaga keladi:

$\frac{d_1}{\lambda} \cos\alpha = m_1$ va shu bilan birga $\frac{d_2}{\lambda} \cos\beta = m_2$, bu yerda m_1 va m_2 butun sonlar. Bunday holda, yorug‘lik intensivligi berilgan yo‘nalishda $I \sim N_1^2 \cdot N_2^2$ ga teng bo‘ladi. Agar faqat bittasi m_1 yoki m_2 butun son bo‘lsa, ya’ni asosiy maksimum faqat bitta panjara uchun yuzaga kelsa, unda bu yo‘nalishdagi yorug‘lik intensivligi ancha kichik bo‘ladi.

Maksimumlarning bir tizimi quyidagi shartga mos keladi: $\frac{\pi d_2}{\lambda} \cos\beta = 0$, va bu maksimumlar X o‘qi bo‘ylab joylashadi. Ikkinchi tizim uchun esa $\frac{\pi d_1}{\lambda} \cos\alpha = 0$ shart mos keladi va Y o‘qi bo‘ylab joylashadi.

Rasmning markazida nol tartibli maksimum joylashgan bo‘lib, u α_0 , β_0 yo‘nalishida joylashadi.

Difraksiya burchaklari kichik bo‘lganda, X va Y o‘qlari bo‘ylab asosiy maksimumlarning koordinatalari quyidagicha aniqlanadi:

$$\begin{aligned}x_{m_1} &= \pm m_1 \frac{\lambda}{d_1} L, \quad m_1 = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \\x_{m_2} &= \pm m_2 \frac{\lambda}{d_2} L, \quad m_2 = 0, \pm 1, \pm 2, \dots\end{aligned}\tag{4.22}$$

Panjaradan ekrangacha bo‘lgan L masofalar juda katta bo‘lganda, parallel difraksiyalangan nurlarning superpozitsiyasi yig‘uvchi linzasiz ekranda o‘z-o‘zidan amalga oshadi.

Ishni bajarish tartibi.

1. 4.2-rasmda ko'rsatilgan qurilmaning optik sxemasini yig'ing. Magnit tutqichga ikki o'lchamli difraksion panjarani o'rning.

2. Lazerni yoqing va kollimatorni aylantirgan holda lazer nuri eng kichik diametrga ega bo'lishiga erishing. Lazer nuri markazi, ikki o'lchamli panjarali tutqich va ekran markazlari bir chiziqda joylashishiga e'tibor qarating. Agar bir chiziqda joylashish ta'minlansa, ekranda difraksion manzara paydo bo'lishi lozim.

3. Qog'oz qisqichi yordamida oq varaqni ekranga mahkamlang. Ikki o'lchamli panjaradan hosil bo'lgan difraksion manzarani kuzating.

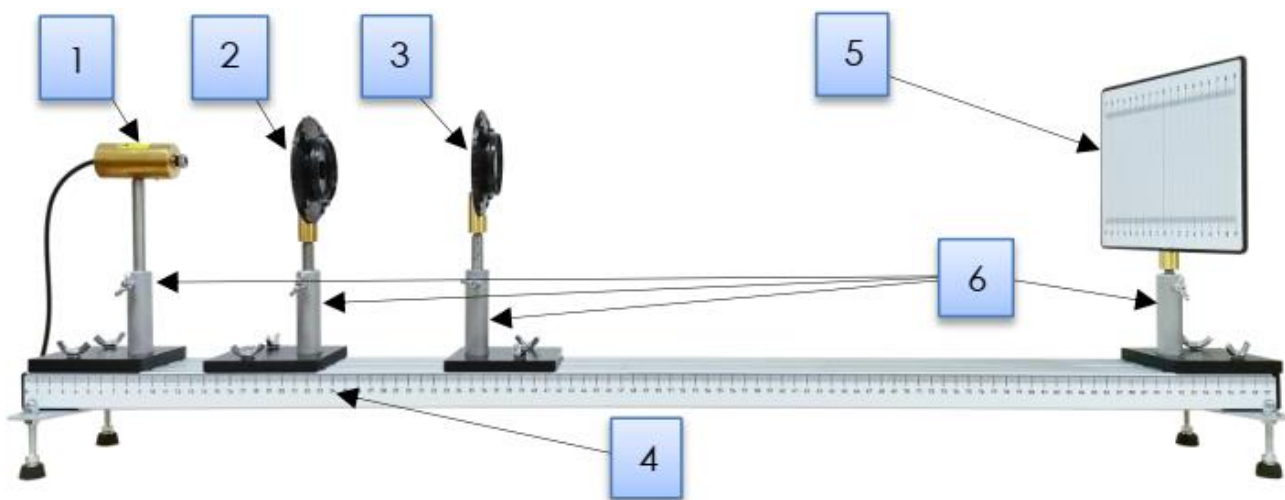
Nazorat savollari.

1. Yorug'lik nurini ta'riflab bering.
2. Yorug'lik difraktsiyasi deb qanday hodisaga aytiladi?
3. Gyuygens-Frenel printsipini bayon qiling.
4. Qaysi nur difraktsiya spektrda eng katta og'ish burchagiga ega bo'ladi?
5. Frenel zonalari qanday ajratiladi?
6. Frenel difraktsiyasi Fraunhofer difraktsiyasidan nima bilan farq qiladi?
7. Difraksion manzara nima? Difraksion spektrchi?
8. Difraksion panjara qanday asbob?
9. Difraksion panjaraning maksimum va minimumlik shartlarini yozing.

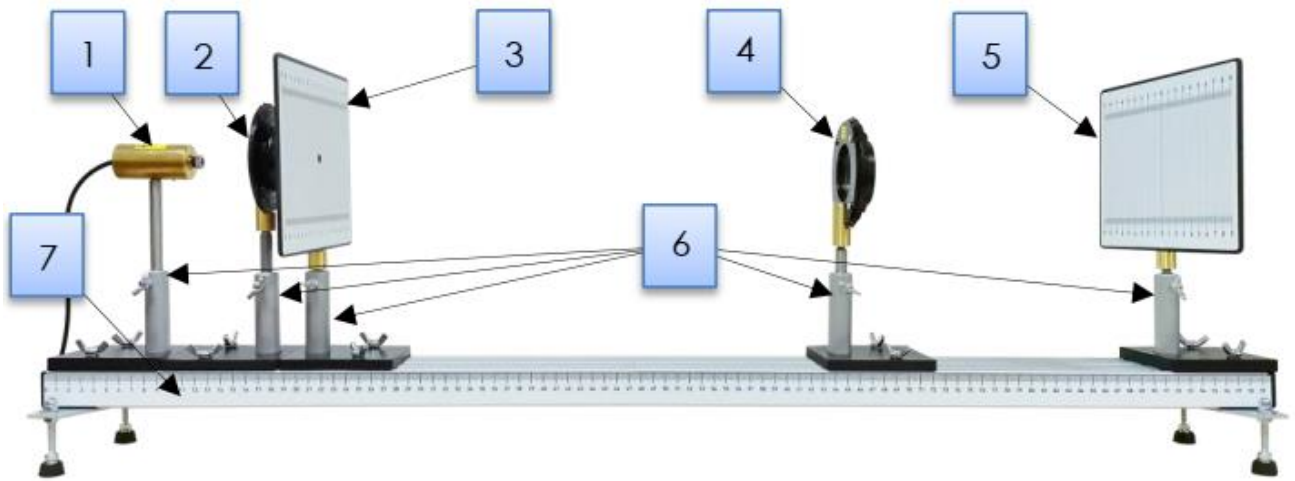
10. Tirqish kengligi difraksion panjaraga qanday ta'sir ko'rsatiladi?
11. Difraksion panjara doimiysi yoki davri deb nimaga aytiladi?
12. Goniometrning tuzilishini tushuntiring.

5-LABORATORIYA ISHI. YORUG'LIKNING INTERFERENSIYASI.

Ushbu laboratoriya qurilmasi to'liq frontini bo'lish usuli (Frenel biprizmasi, Yung sxemasi) va amplitudani bo'lish usuli (Nyuton halqalari) yordamida interferensiya hodisalarini kuzatish imkonini beradi.



5.1-rasm. To'liq frontini bo'lish usuliga mo'ljallangan qurilma tarkibi: 1- lazer; 2- tutqichli interferensiy element (Frenel biprizmasi yoki 2 tirqishli Yung ekrani); 3 - yordamchi yig'uvchi linza ($f = 100 \text{ mm}$); 4 - optik taglik; 5 - o'lchov ekrani; 6 - reyterlar.



5.2-rasm. Amplitudani bo‘lish usuliga mo‘ljallangan qurilma tarkibi: 1 - lazer; 2 - yordamchi yig‘uvchi linza ($f = 50 \text{ mm}$); 3 - teshikli o‘lchov ekrani; 4 – “Nyuton halqalari” to‘plami; 5 - o‘lchov ekrani; 6 - reyterlar; 7 - optik taglik.

5.1 FRENEL BIPRIZMASI YORDAMIDA YORUG‘LIKNING INTERFERENSIYASINI O‘RGANISH

Ishning maqsadi: Frenel biprizmasi yordamida kogerent yorug‘lik to‘lqinlarining interferensiyasini o‘rganish.

Kerakli jihozlar: lazer, Frenel biprizmasi, optik taglik, o‘lchov ekrani, reyterlar.

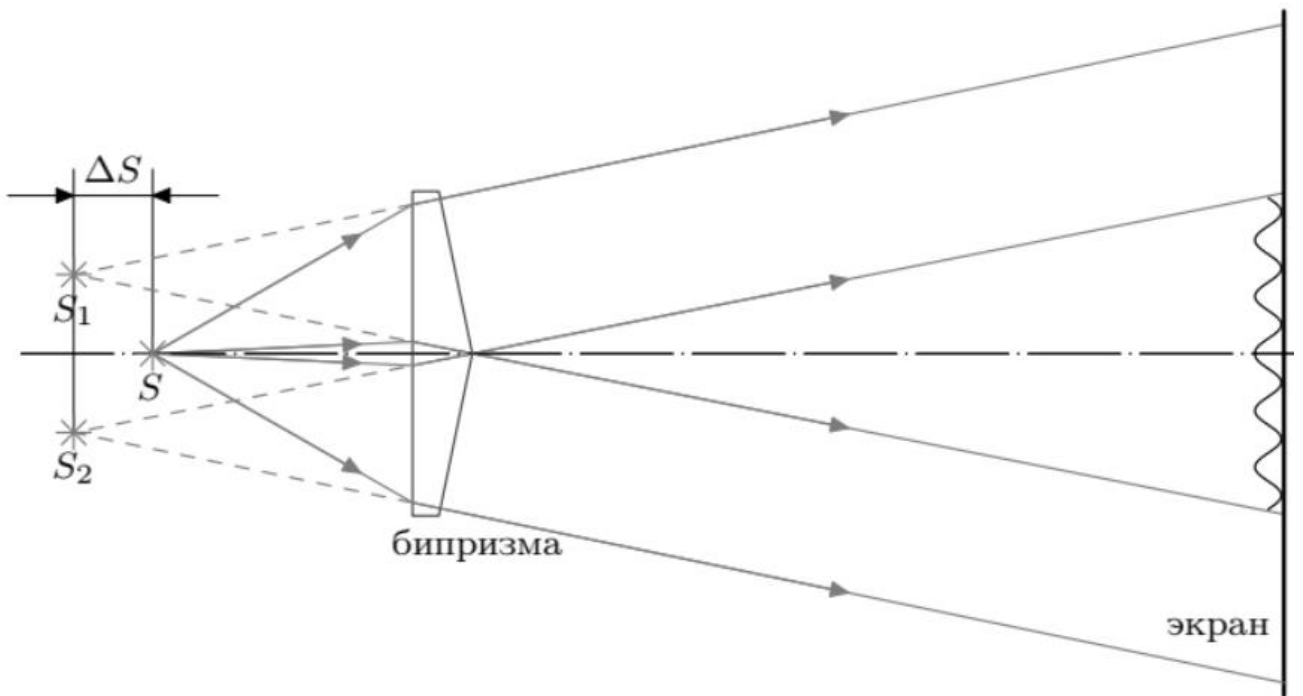
Nazariy qism.

O‘zgarmas fazalar farqi bilan bir xil chastotali to‘lqinlarni tarqatuvchi manbalar kogerent manbalar deb ataladi. Bunday manbalardan tarqaluvchi to‘lqinlar ham kogerent hisoblanadi. Kogerent to‘lqinlarning ustma-ust tushishi natijasida interferensiya hodisasi kuzatiladi. Bu hodisa shundan

iboratki, ayrim joylarda to‘lqinlar intensivligi kuchayadi, boshqa joylarda esa susayadi.

Ikki yorug‘lik to‘lqinining qo‘shilishida interferensiya hodisasini tajribada aniqlash uchun, ular dastlab bitta manbadan chiqarilgan to‘lqin frontining qismlari bo‘lishi shart. Bunday holda, ular orasidagi fazalar farqi vaqt o‘tishi bilan o‘zgaras bo‘lib qoladi.

Bunday turdagi kogerent manbalarni olishning bir usuli Frenel biprizmasi usuli hisoblanadi. Biprizma kichik sinish burchakli ikkita prizmaning asoslari bilan birlashtirilgan holatidan iborat. S manbadan tushayotgan monoxromatik nur dastasi biprizmada sinishi natijasida ikkita kesishuvchi dastaga ajraladi (5.3-rasm). Bu dastalar go‘yo kogerent manba bo‘lgan S_1 va S_2 manbaning ikkita tasviridan chiqayotgandek ko‘rinadi. Dastalar ustma-ust tushgan joyda interferensiya zonasi hosil bo‘ladi va bu zonada interferensiyalar manzara (qator qora va yorug‘ yo‘llar) kuzatiladi.



5.3-rasm. Frenel biprizmasidagi nurlarning yo‘li.

Qorong‘i va yorug‘ yo‘llarning paydo bo‘lishi interferensiyalanuvchi nurlarning yo‘l farqiga bog‘liq. S_1 va S_2 kogerent manbalardan chiqayotgan ikkita monoxromatik to‘lqin (5.4-rasm) biror A_x nuqtaga ma’lum yo‘l farqi bilan yetib kelsin, ya’ni

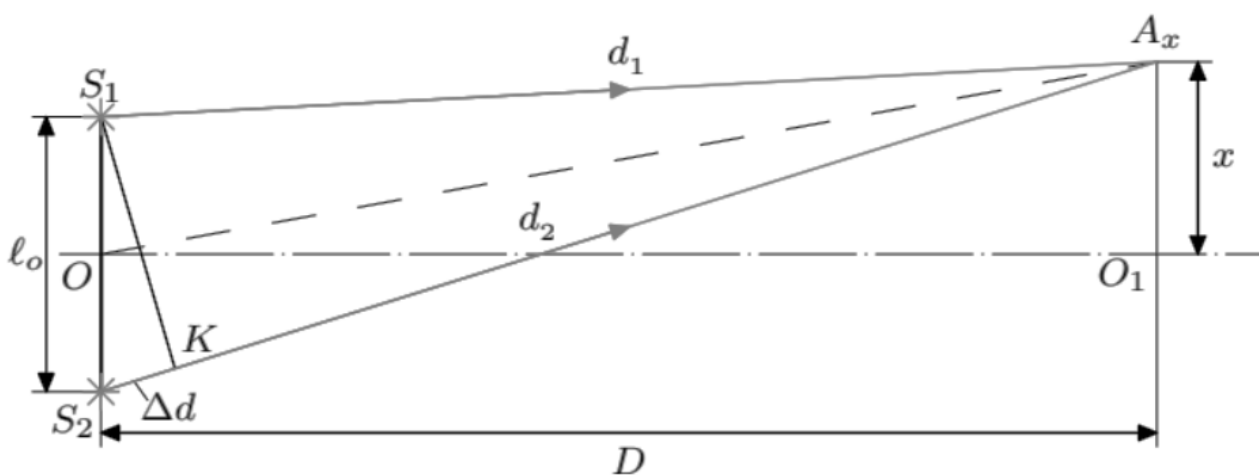
$$\Delta d = d_2 - d_1 \quad (5.1)$$

bu yerda d_1 - $S_1 A_x$ masofa, d_2 - $S_2 A_x$ masofa.

Agar yo‘l farqi juft yarim to‘lqinlar soniga teng bo‘lsa, ya’ni:

$$\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2} \quad (5.2)$$

u holda A_x nuqtada yorug‘lik maksimal bo‘ladi.



5.4-rasm. Interferension polosalar paydo bo'lishining sxematik tasviri.

Agar yo'l farqi yarim to'lqinlarning toq soniga teng bo'lsa, ya'ni:

$$\Delta d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (5.3)$$

u holda A_x nuqtada yorug'lik minimal bo'ladi.

(5.2) yoki (5.3) munosabatlardan foydalanib va manbalar orasidagi masofani bilgan holda, yorug'lik to'lqini uzunligi λ bilan ekrandagi interferension yo'llar orasidagi masofa Δx o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlaymiz.

S_1 va S_2 kogerent manbalar orasidagi masofani l_0 bilan, S_1 va S_2 manbalarni tutashtiruvchi to'g'ri chiziqdan interferension polosalar kuzatilayotgan ekrangacha bo'lgan masofani D bilan belgilaymiz ($l_0 \ll D$). Manbalarni tutashtiruvchi to'g'ri chiziqning o'rtasiga o'tkazilgan perpendikulyarda yotuvchi ekranning O_1 nuqtasida markaziy maksimum kuzatiladi. S_2A_x to'g'ri chiziqqa d_1 ga teng KA_x kesmani qo'yamiz, bu

holda $S_2K = \Delta d$ bo'ladi. OA_xO_1 va S_1KS_2 uchburchaklarning o'xshashligidan (5.4-rasm) quyidagi xulosa kelib chiqadi.

$$\frac{\Delta d}{l_o} \approx \frac{d}{D} \quad (5.4)$$

Interferensiya maksimumlari uchun (5.2) va (5.4) formulalardan quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$k\lambda \approx \frac{l_o x}{D} \quad (5.5)$$

Ikki qo'shni k va $(k + 1)$ maksimumlar uchun (5.5) ifoda mos ravishda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$k\lambda \approx \frac{l_o x_k}{D} \quad (5.6)$$

$$(k + 1)\lambda \approx \frac{l_o x_{k+1}}{D} \quad (5.7)$$

Interferensiya polosasining kengligini $\Delta x = (x_k - x_{k+1})$ deb belgilaymiz va (5.7) dan (5.6) ni ayirib, quyidagi izlangan ifodani hosil qilamiz:

$$\lambda \approx \frac{l_o \Delta x}{D} \quad (5.8)$$

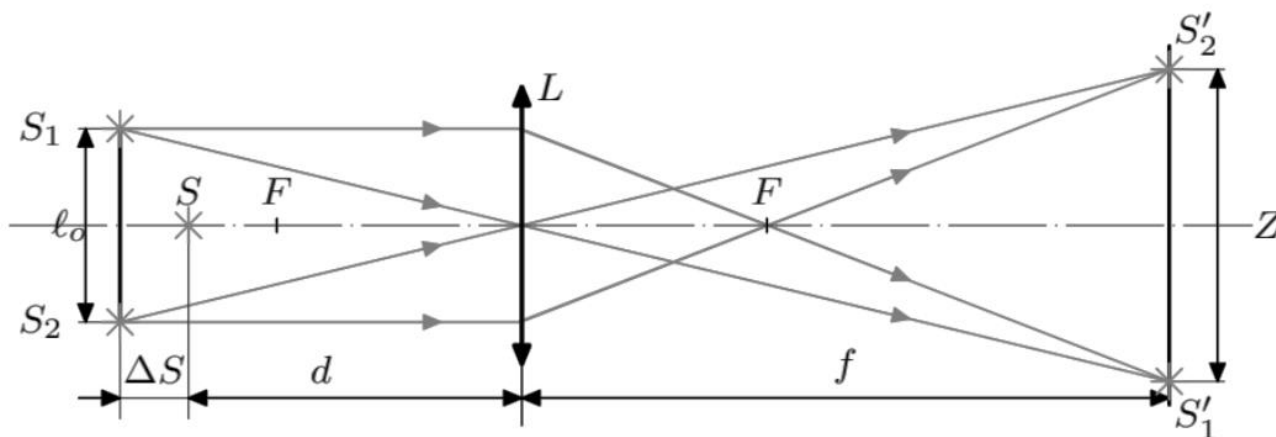
Shuning uchun, yorug'lik to'lqini uzunligini topish uchun interferensiya chizig'ining kengligini va manbalar orasidagi masofani aniqlash kerak.

Interferensiya chizig'ining kengligini yetarlicha aniq masshtabli chizg'ich yordamida bevosita ekranda o'lchash mumkin.

S_1 va S_2 manbalar orasidagi masofa quyidagicha o'lchanadi. Avvalo, maxsus L linza yordamida ularning tasviri ekranda hosil qilinadi (5.5-rasm). Ekrandagi manbalar tasvirlari orasidagi Z masofa ayni shu chizg'ich bilan o'lchanadi. So'ngra, ushbu munosabatdan foydalanib, manbalar orasidagi haqiqiy masofa hisoblab chiqiladi:

$$l_o = \frac{d}{f} Z \quad (5.9)$$

bu yerda d - S manbadan L linzagacha bo'lgan masofa, f - L linzadan ekrangacha bo'lgan masofa.



5.5-rasm. Yig'uvchi linzadagi nurlarning yo'li.

Shuni ta'kidlash kerakki, S_1 va S_2 manbaning mavhum tasvirlari va S manbaning o'zi qat'iy bir tekislikda yotmaydi (5.2 va 5.5 rasmlar), shuning uchun (5.9) munosabatlar qat'iy aniq emas. Biroq, u amaliyot uchun yetarli aniqlikda bajariladi, chunki $S \ll D$. (5.8) ni (5.9) ni hisobga olgan holda

o'zgartirib, yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash uchun yakuniy hisoblash formulasini olamiz:

$$\lambda \approx \frac{d \cdot Z \cdot \Delta x}{f \cdot D} \quad (5.10)$$

Ishni bajarish tartibi.

Ushbu ishda yorug'lik manbai sifatida lazer ishlatiladi. Yorug'lik manbai sifatida lazerning qo'llanilishi ekranda interferension manzarani oddiy ko'z bilan kuzatish imkonini beradi.

Bu topshiriqning amaliy qismi interferension polosaning kengligi Δx , mavhum manbalarning S_1 va S_2 tasvirlari orasidagi masofa Z , shuningdek, d , f , D masofalarni aniqlashga qaratilgan.

a) Interferension polosaning kengligini aniqlash.

5.1-rasmda tasvirlangan qurilmaning optik sxemasini yordamchi yig'uvchi linza 3 siz yig'ing.

Lazerni yoqing va kollimatorni aylantirib, lazer nuri maksimal diametrga ega bo'lishiga erishing. Lazer, biprizma va ekran nurlarining markazlari bir o'qda joylashishiga e'tibor bering. Agar ularning bir o'qda joylashishiga erishilsa, u holda ekranda navbatlashib keluvchi qorong'i va yorug' polosalar ko'rinishidagi interferension manzara hosil bo'lishi kerak.

Qog'oz qisqichi yordamida oq varaqni ekranga mahkamlang. Varaqda bir-biridan yetarli darajada uzoq joylashgan ikkita qora yo'lning holatini chizib oling. Ushbu qora yo'llar orasidagi yorug' yo'llar sonini N hisoblang.

Varaqni ekrandan olib, qora yo‘llar orasidagi masofa l ni o‘lchang, so‘ngra uni ular orasidagi yorug‘ yo‘llar soniga N bo‘ling. Bu bitta interferentsiya yo‘lining kengligi Δx bo‘ladi. O‘lchash shartlarini o‘zgartirmagan holda, turli N qiymatlari uchun kamida uch marta takrorlang. Δx ning o‘rtacha qiymatini sr larda hisoblang. Barcha ma‘lumotlarni 5.1-jadvalga kiriting.

Manbadan ekrangacha bo‘lgan D masofani optik taglikdagi shkaladan foydalanib o‘lchang.

b) Mavhum manbalar tasvirlari orasidagi Z masofani aniqlash.

Biprizma va ekran orasiga yig‘uvchi linzani shunday joylashtirngki, u qurilmaning boshqa qismlari bilan bir o‘qda bo‘lsin. Linzani optik taglik bo‘ylab siljitib, ikkita yorug‘ nuqta ko‘rinishidagi mavhum manbalarning aniq tasviriga erishing. Mavhum manbalarning holatini qog‘oz varag‘iga chizib oling. So‘ngra ekrandagi varaqni siljitib, tasvirni buzib, nuqtalar fokusini qayta toping va yana chizing. Kamida uchta o‘lchov o‘tkazing. Keyin manba tasvirlari orasidagi Z masofani hisoblab, o‘rtacha qiymatni aniqlang. Natijalarni 5.1-jadvalga kiriting.

d) Lazerning to‘lqin uzunligini aniqlash.

Optik taglik shkalasi bo‘yicha S lazer kollimatoridan L linzagacha bo‘lgan d masofani va linzadan ekrangacha bo‘lgan f masofani o‘lchang. Barcha o‘lchov natijalarini 1-jadvalga kiriting hamda (5.10) formula asosida λ ni hisoblang.

5.1-jadval.

No	N	l, mm	$\Delta x, mm$	$\overline{\Delta x}, mm$	D, mm	Z, mm	\bar{Z}, mm	d, mm	f, mm
1									
2									

5.2 YUNG SXEMASI ASOSIDA FAZOVIY KOGERENTLIKNI O'RGANISH

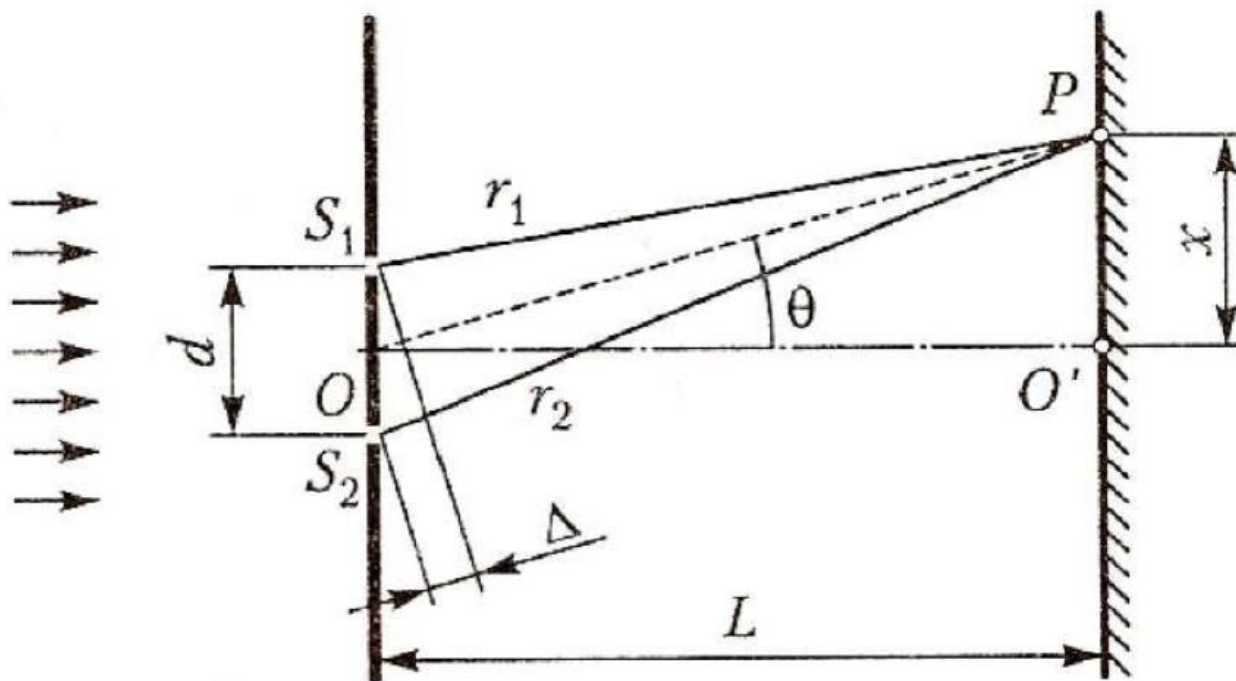
Ishning maqsadi: Yung sxemasidagi interferension manzaraning xususiyatlarini o'rganish.

Kerakli jihozlar: lazer, Frenel biprizmasi, optik taglik, o'lchov ekrani, reyterlar.

Nazariy qism.

Yorug'lik interferensiyasi deb ko'rinadigan diapazondagi elektromagnit to'lqinlarning superpozitsiyasi natijasida energiyaning fazoviy qayta taqsimlanishiga aytiladi. Har qanday to'lqinlar interferensiyasining zaruriy sharti ularning kogerentligidir. Kogerentlik tebranish jarayonlarining o'zaro muvofiqligi hisoblanadi. Zaruriy muvofiqlik, avvalo, fazoning ma'lum nuqtasiga yetib keluvchi to'lqinlar fazalari farqining o'zgarmasligidan iborat. Oddiy manbalarning yuqori darajadagi nomonoxromatikligi sababli bu shart ikki mustaqil manbadan chiqayotgan to'lqinlar uchun bajarilmaydi. Shu bois, odatda kogerent

yorug‘lik to‘lqinlarini hosil qilish uchun ikki nurli interferensiyani kuzatishda quyidagicha yo‘l tutiladi: bitta manbadan chiqayotgan yorug‘lik dastasi biror usul bilan ikkiga bo‘linadi va ular turli yo‘llar orqali fazoning interferensiya kuzatiladigan bir sohasiga yo‘naltiriladi.



5.6-rasm. Yungning interferension sxemasi.

Interferensiyalanuvchi nurlarni hosil qilishning ikki asosiy usuli mavjud: to‘lqin frontini bo‘lish usuli va amplitudani bo‘lish usuli. Ko‘zga ko‘rinadigan yorug‘lik to‘lqin uzunliklarining juda kichikligi va fazoviy kogerentlik talablari sababli, yorug‘lik interferensiyasini to‘lqin frontini bo‘lish usuli bilan kuzatish ma‘lum qiyinchiliklarga ega. To‘lqin frontini bo‘lish usuli bilan ikki nurli interferensiyani ko‘rsatuvchi dastlabki muvaffaqiyatli tajribalardan biri (5.6-rasm) XIX asrning boshlarida Tomas Yung tomonidan amalga oshirilgan.

Elektromagnit to‘lqinlar (yorug‘lik elektromagnit to‘lqin hisoblanadi) uchun \mathbf{E} vektorining ikkita bir xil S_1 va S_2 manbalardan keladigan tebranishlari quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi:

$$E_1 = E_0 \cos(\omega t - k_1 r_1) \quad (5.11)$$

$$E_2 = E_0 \cos(\omega t - k_2 r_2) \quad (5.12)$$

bu yerda E_0 - garmonik tebranishlar amplitudasi, k - to‘lqin soni, r_1 va r_2 lar - S_1 va S_2 manbalardan ekrandagi kuzatish nuqtasi P gacha bo‘lgan masofalar.

P kuzatish nuqtasida bir xil chastotali tebranishlarning qo‘shilishi sodir bo‘ladi. Bu tebranishlar bir yo‘nalish bo‘ylab yuz beradi deb faraz qilamiz. Ushbu nuqtadagi tebranishlar fazalarining farqi quyidagiga teng:

$$\delta = \omega t - k_1 r_1 - (\omega t - k_2 r_2) = k_2 r_2 - k_1 r_1 \quad (5.13)$$

bu yerda $k = \omega/v$ - to‘lqin soni; $v = c/n$ - elektromagnit to‘lqinning sindirish ko‘rsatkichi n bo‘lgan muhitda tarqalish tezligi; c - ushbu to‘lqinning vakuumdagi tezligi.

Shuning uchun

$$kr = \frac{\omega}{v} r = \frac{\omega}{c} nr = k_0 nr$$

bu yerda $k_0 = \omega/c = 2\pi/\lambda_0$ bo‘lib, $n = 1$ bo‘lgan muhit (vakuum) uchun to‘lqin soni hisoblanadi, λ_0 esa $n = 1$ bo‘lgan muhitdagi to‘lqin uzunligidir. Tebranish fazalari orasidagi farq δ esa P nuqtadagi natijaviy tebranishni belgilaydi.

$$\delta = k_0 n_2 r_2 - k_0 n_1 r_1 = \frac{2\pi}{\lambda_0} n_2 r_2 - \frac{2\pi}{\lambda_0} n_1 r_1 = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta \quad (5.14)$$

$\Delta = n_2 r_2 - n_1 r_1$ kattalik esa optik yo‘l farqi deb ataladi.

$\delta = \pm 2\pi m$ sharti bajarilganda (tebranishlar bir xil fazada sodir bo‘ladi) yoki shu shart optik yo‘l farqi orqali ifodalanganda

$$\Delta = \pm m \lambda_0 \quad (5.15)$$

bu yerda m - ixtiyoriy butun son bo‘lib, P nuqtada interferensiya maksimumi kuzatiladi.

Agarda $\delta = \pm(2m + 1)\pi$ yoki

$$\Delta = \pm(2m + 1) \frac{\lambda_0}{2} \quad (5.16)$$

bo‘lsa, u holda P nuqtada minimum kuzatiladi. Aytish mumkinki, fazoning istalgan nuqtasidagi tebranishlarni qo‘shganda natijaviy tebranish to‘lqin yo‘llarining optik farqi kattaligi bilan aniqlanadi.

Ishni bajarish tartibi.

Ushbu laboratoriya ishida manba sifatida oddiy manbalarga qaraganda yuqori darajadagi monoxromatiklik va katta yorqinlikka ega bo‘lgan lazer qo‘llaniladi. Bu esa ko‘p sonli interferensiyon yo‘llarni kuzatish imkonini beradi. Kuzatilayotgan interferensiyon manzaraning yorqinligini oshirish maqsadida, ushbu ishda S_1 va S_2 nuqtaviy teshiklar o‘rniga bir-biriga parallel joylashgan ingichka uzun tirqishlardan foydalaniladi.

Yassi frontli monoxromatik yorug‘lik to‘lqini ikki tirqishli shaffof bo‘lmagan ekranga tushayotgan holni ko‘rib chiqaylik (Yung sxemasi). 5.6-rasmda S_1 va S_2 kogerent manbalardan P kuzatish nuqtasigacha bo‘lgan interferensiyalanuvchi nurlarning yo‘li tasvirlangan. Tebranishlar bir xil ω chastota bilan sodir bo‘ladi, tebranishlarning boshlang‘ich fazalari farqi nolga teng (manbalar sinfaza). Quyidagilarni belgilaymiz: d - S_1 va S_2 manbalar orasidagi masofa, L - manbalardan interferension manzarani kuzatish tekisligigacha bo‘lgan masofa, bunda $L \gg d$, x - P nuqtadan O’ interferension manzara markazigacha bo‘lgan masofa. Odatda interferensiyalanuvchi nurlar tizimning OO’ o‘qiga nisbatan kichik burchak ostida yo‘naladi, bunda $\theta \ll 1$, va u uchun $\theta \approx x/L$ munosabati o‘rinli bo‘ladi.

Bu holda yo‘l farqi $\Delta = r_2 - r_1$ - ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\Delta \approx d \cdot \theta \approx d \cdot \frac{x}{L} \quad (5.17)$$

Interferensiyalanuvchi 1 va 2 nurlar uchun minimum (5.16) shartidan yorug‘lik intensivligi minimal bo‘lgan ekran nuqtalarining koordinatalarini olamiz.

$$\Delta = \pm(2m + 1) \frac{\lambda_0}{2} = d \cdot \frac{x_m}{L} \quad (5.18)$$

$$x_m = \pm(2m + 1) \frac{\lambda_0}{2} \cdot \frac{L}{d} \quad (5.19)$$

Bundan polosa kengligi uchun quyidagini olamiz:

$$\Delta x = x_{m+1} - x_m = \lambda_0 \cdot \frac{L}{d} \quad (5.20)$$

Yorqin chiziqlarning markazlari orasidagi Δx ni o'lchash orqali tirqishlar orasidagi d masofani hisoblash mumkin:

$$d = \lambda_0 \cdot \frac{L}{\Delta x} \quad (5.21)$$

a) Interferensiyalar polosaning kengligini aniqlash.

5.1-rasmda tasvirlangan qurilmaning optik sxemasini yordamchi yig'uvchi linza 3 siz yig'ing.

Lazerni yoqing va kollimatorni aylantirib, lazer nuri eng kichik diametrga ega bo'lishiga erishing. Lazer nuri markazi, Yung ekran va ekran markazlari bir o'qda joylashganiga e'tibor bering. Agar ularning bir o'qda joylashishiga erishilsa, u holda ekranda navbatlashib keluvchi qorong'i va yorug' polosalar ko'rinishidagi interferensiyalar manzara hosil bo'lishi kerak. Qog'oz qisqich yordamida oq varaqni ekranga mahkamlang. Bir-biridan yetarlicha uzoqda joylashgan ikkita qorong'i yo'lning holatini varaqqa chizing. Bu qorong'i yo'llar orasidagi yorug' yo'llar soni N ni sanang. Varaqni ekrandan olib, qorong'i yo'llar orasidagi masofa l ni o'lchang, so'ngra uni ular orasida yotgan yorug' yo'llar soni N ga bo'ling. Bu Δx – bitta interferensiyalar yo'lning kengligi bo'ladi. O'lchash shartlarini o'zgartirmagan holda, turli N lar uchun kamida uch marta takrorlang. Δx o'rtacha qiymatini hisoblang. Barcha ma'lumotlarni 5.2-jadvalga kiriting.

Yung ekranidan o'lchov ekranigacha bo'lgan L masofani optik taglikda joylashgan shkala bo'yicha o'lchang.

b) Tirqishlar orasidagi masofani aniqlash.

Tirqishlar orasidagi masofani (5.21) formuladan topish mumkin. Lazer nurlanishining to'lqin uzunligi $\lambda_0 = 650 \text{ nm}$.

2-jadval.

No	N	l, mm	$\Delta x, \text{mm}$	$\overline{\Delta x}, \text{mm}$	L, mm
1					
2					

5.3 NYUTON HALQALARINING INTERFERENSIYA MANZARASINI KUZATISH

Ishning maqsadi: "Nyuton halqalari" deb nomlanuvchi interferensiya manzarasini o'rganish.

Kerakli jihozlar: lazer, teshikli ekran, "Nyuton halqalari" to'plami, o'lchov ekrani, reyterlar, optik taglik.

Nazariy qism.

Bir xil chastotali va bir xil tebranish yo'nalishiga ega bo'lgan ikkita to'lqin $A_1 = A_{10} \cos(\omega t + \varphi_1)$ va $A_2 = A_{20} \cos(\omega t + \varphi_2)$ bir-biriga qo'shib, fazoning ma'lum bir nuqtasida amplitudasi quyidagi ifoda bilan aniqlanadigan natijaviy tebranishni hosil qiladi:

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\delta)$$

Agar fazalar farqi $\delta = \alpha_1 - \alpha_2$ vaqt va fazoda o'zgarmas qolsa, bunday to'liqlar kogerent hisoblanadi. Bir jinsli muhitda to'liq intensivligi uning amplitudasi kvadratiga ($I \sim A^2$) mutanosib bo'lgani uchun, kogerent to'liqlar hosil qilgan natijaviy to'liqning intensivligi quyidagiga teng bo'ladi:

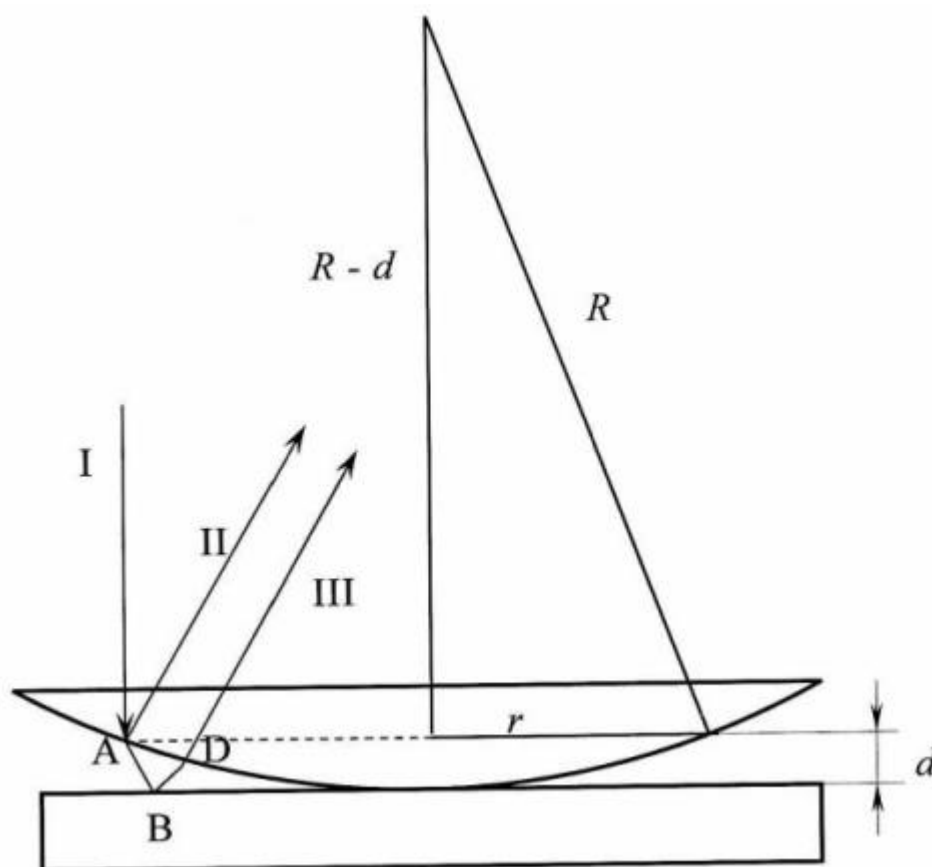
$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2}\cos(\delta)$$

Ikki (yoki undan ortiq) to'liq ustma-ust tushganda ularning o'zaro kuchayishi ($\cos(\varphi) > 0$) yoki susayishi ($\cos(\varphi) < 0$) hodisasi interferensiya deb ataladi. Yorug'lik oqimining fazoda qayta taqsimlanishi natijasida fazoning ayrim joylarida intensivlik maksimumlari, boshqa joylarida esa minimumlari paydo bo'ladi. Agar interferensiyalanuvchi ikkita to'liqning intensivligi bir xil bo'lsa ($I_1 \approx I_2$), maksimumlarda intensivlik $I_{max} \approx 4I_1$ ga, minimumlarda esa $I_{min} \approx 0$ ga teng bo'ladi. Kogerent bo'lmagan to'liqlar holida fazalar farqi φ uzluksiz o'zgarib, teng ehtimollik bilan istalgan qiymatlarni qabul qiladi. Buning natijasida vaqt bo'yicha o'rtacha qiymat $\cos(\varphi) = 0$ bo'ladi. Natijaviy to'liqning intensivligi bir xil va $I = I_1 + I_2$ (yoki $I \approx 2I_1$) ga teng bo'ladi.

Tabiiy yorug'lik manbalari kogerent emas, chunki nurlanish qisqa vaqt ichida (10^{-8} s) ko'plab atomlar chiqaradigan to'liqlardan tashkil topgan; to'liqlarning fazalari bir-biriga bog'liq emas va natijaviy to'liqning fazasi tasodifiy o'zgaradi.

Kogerent yorug‘lik to‘lqinlarini bitta manbadan chiqayotgan to‘lqinni (qaytarish yoki sindirish orqali) ikki qismga ajratib olish mumkin. Agar bu ikki to‘lqin turli optik yo‘llarni bosib o‘tgach, to‘lqin uzunligiga taqqoslanarli yo‘l farqiga ega bo‘lsa va keyin bir-biriga ustma-ust tushsa, interferensiya hodisasi kuzatiladi.

Ushbu tajribada ikkita yorug‘lik to‘lqinining interferensiyasi kuzatiladi: 1) linzaning qavariq sferik yuzasi bilan yupqa havo qatlami chegarasidan qaytgan to‘lqin va 2) linzaga tegib turgan shisha plastinkaning tekis yuzasi bilan havo qatlami chegarasidan qaytgan to‘lqin (5.7-rasm).



5.7-rasm. Nyuton halqalari qurilmasida nurlarning yo‘nalishi.

Aksial nurlarga yaqin, $r \ll R$ bo'lgan nurlar interferensiyaga uchraydi.

Faraz qilaylik, linzaning tekis sirtiga yuqoridan unga perpendikulyar yo'nalishda monoxromatik parallel yorug'lik dastasi tushmoqda. Yo'l farqini hisoblashda ingichka havo qatlamidagi nurlarning kichik og'ishlarini e'tiborga olmaslik mumkin. Interferensiyaga uchraydigan nurlar orasidagi geometrik yo'l farqi $2d$ ga teng, bunda d - ma'lum nuqtadagi havo qatlamining qalinligi hisoblanadi.

Optik yo'l farqini hisoblashda shisha-havo va havo-shisha chegaralaridan qaytishda yorug'lik to'lqini fazasining o'zgarishini hisobga olish zarur. Yorug'lik (elektr) vektori uchun optik zichroq muhitdan qaytish fazaning π ga o'zgarishi bilan yuz beradi. Shunday qilib, shisha-havo chegarasidan qaytgan yorug'lik havo-shisha chegarasidan qaytgan yorug'likka nisbatan π ga qo'shimcha faza siljishiga ega bo'ladi. Bu esa $\lambda/2$ yo'l farqiga mos keladi. Optik yo'l farqi $A = 2d + \lambda/2$ ga teng bo'ladi.

Bir xil yo'l farqi chiziqlari linzaning sferik yuzasi bilan shisha plastinkaning tekis yuzasi tutashgan nuqta markazida joylashgan konsentrik halqalardan iborat. Bu halqalar Nyuton halqalari deb ataladi. To'lqin uzunligining muayyan qiymatida A yo'l farqi har bir halqaning aylana chizig'i bo'ylab bir xil bo'lgan havo qatlamining qalinligi bilan aniqlanadi. Shu tariqa, interferensiya chiziqlari "teng qalinlikdagi polosalar" dan iborat bo'ladi.

Qorong‘u va yorug‘ polosalar uchun sharoitlar interferensiya minimumi va maksimumini kuzatish shartlariga mos keladi:

$$\text{min: } 2d + \frac{\lambda}{2} = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad m = 0, 1, 2 \dots$$

$$\text{max: } 2d + \frac{\lambda}{2} = 2m \cdot \frac{\lambda}{2}, \quad m = 0, 1, 2 \dots$$

Qaytgan monoxromatik yorug‘likda kuzatiladigan halqalarning ko‘rinishi 5.8-rasmda ko‘rsatilgan.



5.8-rasm. Qaytgan monoxromatik yorug‘likda kuzatiladigan halqalar.

Ishni bajarish tartibi.

Ushbu ishda yorug‘lik manbai sifatida lazer qo‘llaniladi. Lazerning yorug‘lik manbai sifatida ishlatilishi ekrandagi interferension manzarani oddiy ko‘z bilan kuzatish imkoniyatini yaratadi.

a) Interferension manzarani kuzatish.

5.2-rasmda tasvirlangan qurilmaning optik sxemasini yordamchi yig‘uvchi linza 2 siz yig‘ing. Optik o‘rindiqdagi reyterlarning joylashuviga e‘tibor qarating. Ularni shunday joylashtirish kerakki, linzali reyter teshikli ekranli reyterdan eng qisqa masofada bo‘lsin.

Lazerni yoqing va lazer kollimatorini aylantirish orqali lazer nuri ekrandagi teshikdan o‘tishiga erishing. Teshikli ekranning orqa tomonidagi ramkaga iloji boricha ekranga yaqin qilib linza ($f = 50 \text{ mm}$) o‘rnating.






Optik o‘rindiqdagi elementlarning holatini o‘zgartirib, tarqaluvchi yorug‘lik oqimi “Nyuton halqalari” yig‘masining yorug‘lik teshigini to‘liq qoplaydigan darajaga erishish lozim.

Qaytgan interferension manzarani teshikli o‘lchov ekranida kuzating.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Семченко И.В. Лабораторный практикум по оптике : учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений по специальности 1-31 04 01 – Физика / И.В. Семченко, С.А. Хахомов ; М-во образования РБ, Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2007. – 223 с.
2. Физика. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования по химико-технологическим специальностям : в 3 ч. Ч. 3 : Оптика и строение вещества / О. Г. Бобрович [и др.]. - Минск : БГТУ, 2018. - 222 с.

MUNDARIJA

MUQADDIMA	4
O'LCHASH XATOLIKLARI VA ULARNI HISOBLASH	6
1. O'LCHASHLAR VA O'LCHASH XATOLIKLARI	6
2. O'LCHASH XATOLIKLARINING TURLARI	7
3. O'LCHASHLARNING ABSOLYUT VA NISBIY XATOLIKLARI	10
 1-LABORATORIYA ISHI. LINZALARNING FOKUS MASOFASINI ANIQLASH	13
1.1 YIG'UVCHI LINZANING BOSH FOKUS MASOFASINI ANIQLASH	14
1.2 YIG'UVCHI LINZANING BOSH FOKUS MASOFASINI BESSEL USULI BILAN ANIQLASH	17
1.3 SOCHUVCHI LINZANING BOSH FOKUS MASOFASINI ANIQLASH	22
 2-LABORATORIYA ISHI. YORUG'LIKNING SUYUQLIKDA SINISHI VA DISPERSIYASI	28
 3-LABORATORIYA ISHI. YORUG'LIKNING QUTBLANISHI.	38
3.1 MALYUS QONUNINI TEKSHIRISH	42
3.2 QAYTGAN VA O'TGAN YORUG'LIKDA YORUG'LIKNING DIELEKTRIKKA TUSHISH BURCHAGIGA BOG'LIQ HOLDA QUTBLANISH DARAJASINI ANIQLASH	50
3.3 POLYARIMETRDA QUTBLANISH TEKISLIGINING AYLANISHINI O'RGANISH	52
ILOVA	60
MULTIMETR YORDAMIDA O'LCHASHLAR	62
 4-LABORATORIYA ISHI. YORUG'LIKNING DIFRAKSIYASI.	68
4.1 DOIRAVIY TESHIKDA HOSIL BO'LADIGAN DIFRAKSIYANI O'RGANISH	71
4.2 BITTA TIRQISHDAGI DIFRAKSIYANI O'RGANISH	74
4.3 IKKITA TIRQISHDAGI DIFRAKSIYANI O'RGANISH	80
4.4 BIR O'LCHAMLI DIFRAKSION PANJARADAGI DIFRAKSIYANI O'RGANISH	84
4.5 IKKI O'LCHAMLI DIFRAKSION PANJARADAGI DIFRAKSIYANI O'RGANISH	88
 5-LABORATORIYA ISHI. YORUG'LIKNING INTERFERENSIYASI.	93
5.1 FRENEL BIPRIZMASI YORDAMIDA YORUG'LIKNING INTERFERENSIYASINI O'RGANISH	94
5.2 YUNG SXEMASI ASOSIDA FAZOVIIY KOGERENTLIKNI O'RGANISH	102
5.3 NYUTON HALQALARINING INTERFERENSIYON MANZARASINI KUZATISH	108
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR	114

**YUSUPOV ERKINJON XURRAMOVICH,
SAFAROV FAXRIDDIN MAMASAID O‘G‘LI,
YO‘LDOSHEV AZIZBEK ABDUG‘ANIYEVICH,
OMONQULOVA UMIDA HUSANOVNA**

OPTIKA FANIDAN PRAKTIKUM

O‘quv uslubiy qo‘llanma