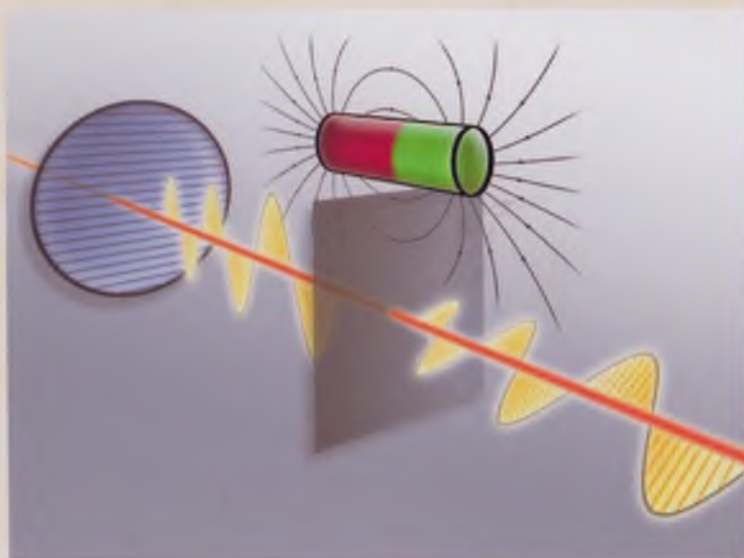


U. Aminov, O. Avezmuratov,  
U. Qutliyev, A. Matnazarov



# “OPTIKA” FANIDAN LABORATORIYA ISHLARI



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

**AL-XORAZMIY NOMLI URGANCH DAVLAT UNIVERSITETI**

**U. Aminov, O. Avezmurotov, U. Qutliyev, A. Matnazarov**

**“OPTIKA” FANIDAN LABORATORIYA ISHLARI**  
(o‘quv-uslubiy qo‘llanma)

Urganch davlat universiteti ilmiy kengashining yig‘ilishi qarori asosida nashrga tavsiya etilgan.

**Urganch – 2013**

**UŷK: 535(075)**

**KBK: 22.34**

**O-63**

**U. Aminov, O. Avezmuratov, U. Qutliyev, A. Matnazarov.** “Optika” fanidan laboratoriya ishlari (o‘quv-uslubiy qo‘llanma). Mas’ul muharrir **Ermat Qo‘shchonov.** O‘zR Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi, al-Xorazmiy nomli Urganch davlat universiteti. Urganch, Urganch davlat universiteti noshirlik bo‘limi, 2013. 72 bet.

**KBK 22.34ya73**

Ushbu o‘quv-uslubiy qo‘llanma Urganch davlat universiteti fizika kafedrası professor-o‘qituvchilari tomonidan yozilgan bo‘lib, ushbu ta’lim yo‘nalishi talabalariga “Optika” fanidan laboratoriya ishlarining tavsiflari keltirilgan. Mazkur qo‘llanma O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi tomonidan tasdiqlangan namunaviy dasturga asosan yozildi.

Ushbu o‘quv-uslubiy qo‘llanmadan “Fizika” ta’lim yo‘nalishi talabalaridan tashqari, undan nofizik yo‘nalishlar talabalar hamda optika fani bilan qiziquvchilar foydalanishlari mumkin.

**Mas’ul muharrir E. Qo‘shchonov, f.-m. f.n., dotsent**

**Taqrizchilar: Sh. Ismailov, UrDU dotsenti, f.-m.f.n.,  
D. Saidov, f.-m.f.n.**

**ISBN 978-9943-4014-0-2**

© UrDU noshirlik bo‘limi, 2013.

© **U. Aminov, O. Avezmuratov,  
U. Qutliyev, A. Matnazarov.** “Optika” fanidan laboratoriya ishlari (o‘quv-uslubiy qo‘llanma).

## SO‘ZBOSHI

1989-yil 21-oktabrda O‘zbekiston Respublikasi Oliy Majlisi tomonidan “Davlat tili haqida”gi qonun qabul qilindi. Bu qonunda O‘zbekiston hududidagi barcha korxonalarda, jumladan barcha o‘quv muassasalarida hujjatlar va darslarning o‘zbek tilida olib borilish talab etiladi. Ana shu maqsadda Respublikamiz olimlari va professor-o‘qituvchilari tomonidan yangi o‘quv qo‘llanmalari va darsliklar yaratish, ularni “Kadrlar tayyorlash milliy dasturi” va “Ta’lim to‘g‘risida”gi qonunga hamda Davlat ta’lim standartlariga mos holda tayyorlash belgilab qo‘yilgan.

Keyingi yillarda oliy ta’limning bakalavriat yo‘nalishlari talabalariga mo‘ljallangan ko‘plab yangi o‘quv qo‘llanmalari va darsliklar Respublikamiz universitetlari olimlari va professor-o‘qituvchilari tomonidan yaratildi va yaratilmoqda. Shuni ta’kidlash kerakki, bu o‘quv qo‘llanmalari va darsliklarning ko‘pchiligi lotin grafikasida yaratilgan.

Taqdim qilinayotgan ushbu o‘quv-uslubiy qo‘llanma Urganch davlat universiteti fizika kafedراس professor-o‘qituvchilari tomonidan yozilgan bo‘lib, ushbu ta’lim yo‘nalishi talabalariga “Optika” fanidan laboratoriya ishlaridan 12 tasining to‘liq matni berilgan.

Ushbu laboratoriya ishlari to‘lig‘incha 2012-yil 14-martda O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi tomonidan BD 5140200-3.04 raqami bilan tasdiqlangan na‘munaviy dasturga mos keladi.

Qo‘llanma haqidagi fikr-mulohazalarni UrDUNing fizika kafedrasiga yo‘llashingiz mumkin. Mualliflar ularni mamnuniyatlik bilan qabul qiladilar va oldindan o‘z minnatdorchiligini izhor qiladilar.

**Mualliflar**

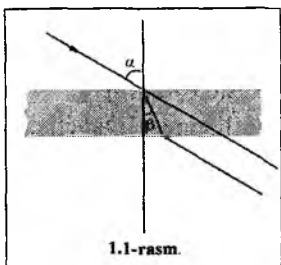
# 1-laboratoriya ishi

## SHISHANING SINDIRISH KO'RSATGICHINI NINA SANCHISH USUL BILAN ANIQLASH

**Kerakli asboblari:** uchburchakli lineyka (to'g'ri burchakli), sindirish ko'rsatgichi, aniqlanmoqchi bo'lgan trapetsiya shaklidagi shisha plastinka, toza katakli oq qog'oz, penoplastli taglik, shtangensirkul, tajriba stolchasi.

**Ishning maqsadi:** yassi parallel shisha plastinkadan yorug'lik nurining sinib o'tishini kuzatib, sinish qonunini tekshirish va sinib o'tgan nurining tushgan nurga nisbatan qanchaga siljiganini aniqlash.

### Nazariy qism

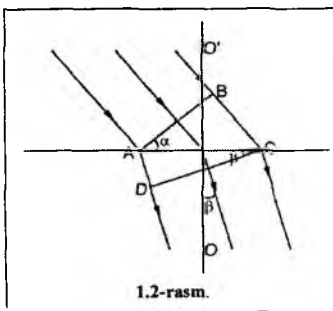


Yassi parallel shisha optik asboblarda ko'p ishlatiladi. Uni ishlatishdan maqsad nurning optik yo'lini uzaytirish, yorug'lik nurini kichik masofaga siljitish, yorug'lik nurlarini kompensatsiyalash va boshqa tajribalar uchun foydalaniladi (1.1-rasm).

Bitta yorug'lik nurining yassi parallel shishadan sinib o'tishini ko'rib chiqaylik. Sinishni qonuni bir necha usullar bilan tushuntirish mumkin:

- 1) Gyuygens prinsipi asosida;
- 2) Ferma prinsipi asosida;
- 3) Frenel formulalari yoki to'lqin nazariyasi. Ularning har biriga alohida to'xtalib o'tamiz.

I. Gyuygens prinsipi yordamida yorug'likning sinish qonunini quyidagicha tushuntirish mumkin:



Yassi parallel to'lqinlar havodan shishaga  $\alpha$  burchak ostida tushayotgan bo'lsin. Havodagi yorug'lik to'lqinining tezligi taxminan uning vakuumdagi tezligiga teng. Havodagi bir jinsli bo'lganligi tufayli to'lqin fronti deformatsiyalanmaydi va uning yo'nalishi doim to'lqin tarqalish yo'nalishiga tik bo'ladi (1.2-rasm).  $OO'$  – ikki muhit chegarasiga o'tkazilgan tik  $AB$  – chiziq

yorug'lik to'liqining havodagi to'liqin fronti, berilgan vaqtda to'liqinlar yetib kelgan geometrik nuqtalar to'plamiga *to'liqin fronti* deyiladi.  $DC$  – shishadagi to'liqin fronti.  $AB$  – to'liqin fronti ikki muhit chegarasiga  $\alpha$  burchak ostida  $c$  – tezlik bilan tushgan  $\Delta t$  vaqt o'tgandan so'ng  $B$  nuqtadan tarqalayotgan to'liqin  $c \times \Delta t$  masofani o'tib, ikki muhit chegarasidagi  $C$  nuqtaga yetib kelsin. Xuddi shu  $\Delta t$  vaqt ichida  $A$  nuqtadan tarqalayotgan to'liqin  $g$  tezlik bilan  $g \times \Delta t$  masofani o'tib,  $D$  nuqtaga yetib keladi. Shishada tarqalayotgan to'liqin frontining yo'nalishi  $DC$  chiziq bilan mos tushib, ikki muhit chegarasiga nisbatan  $\beta$  burchakni tashkil etadi. 1.2-rasmdan ko'rinadiki,  $AC$  to'g'ri chizig'i bir vaqtning o'zida  $\triangle ABC$  va  $\triangle CAD$  uchburchaklarning gipotenuzasi, natijada  $\sin \alpha = \frac{BC}{AC}$  va

$$\sin \beta = \frac{AD}{AC} = \text{bundan}$$

$$AC = \frac{BC}{\sin \alpha} = \frac{AD}{\sin \beta} \quad (1)$$

tenglik hosil bo'ladi.

Bu yerda  $BC = c \times \Delta t$  va  $AD = g \times \Delta t$  ekanligini e'tiborga olsak, yuqoridagi ifodani quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$\frac{c \Delta t}{\sin \alpha} = \frac{g \times \Delta t}{\sin \beta} \quad \text{yoki} \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c}{v} \quad (2)$$

bo'ladi.

Berilgan shisha uchun  $\frac{c}{v}$  o'zgarmas kattalik bo'lganligi uchun u nisbiy sindirish ko'rsatkichiga teng. Shunday qilib, sinish qonuninig matematik ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \quad (3)$$

II. Ferma prinsipi yordamida yorug'lik sinish qonunini quyidagicha tushuntirish mumkin.

Bu prinsipga asosan, yorug'lik nuri muhitda tarqalish jarayonida optik yo'lini optimal vaqtda bosib o'tadi. Yorug'lik nuri fazoda joylashgan  $S$  nuqtadan havo shisha chegarasiga  $\alpha$  burchak ostida tushgan (3-rasm). Havoda optimal yo'l  $SO$  – to'g'ri chizig'iga mos keladi.  $t$  – vaqt ichida yorug'lik nuri  $S$  nuqtadan chiqib,  $D$  nuqtaga yetib kelsin.  $t$  – vaqt ichida yorug'lik nurining har bir muhitda o'tgan vaqtlarning yig'indisiga

teng, ya'ni  $c$  – yorug'lik nurining havodagi tezligi,  $v$  – yorug'lik nurining shishadagi tezligi.

$$t = t_1 + t_2; \quad t_1 = \frac{SO}{c}; \quad t_2 = \frac{OD}{v}.$$

Bundan

$$t = \frac{SO}{c} + \frac{OD}{v} \quad (4)$$

Shuningdek, (SBO uchburchakdan):  $SO^2 = SB^2 + BO^2$  yoki  $SO = \sqrt{y_1^2 + (x - x_0)^2}$  (OCD uchburchakdan):  $OD^2 = OC^2 + DC^2$  yoki  $OD = \sqrt{y_2^2 + x_0^2}$  topilgan ifodalarni (4) ifodaga qo'yilsa, quyidagi ifoda:

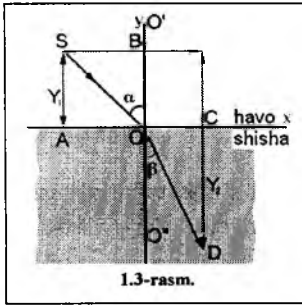
$$t = \frac{n_h \sqrt{y_1^2 + (x - x_0)^2}}{c} + \frac{n_{sh} \sqrt{y_2^2 + x_0^2}}{g} \quad (5)$$

hosil bo'ladi. Ifodaning ekstremumini topish uchun undan  $x_0$  bo'yicha birinchi tartibli hosila olib, nolga tenglashtirishimiz, ya'ni:

$$\frac{n_{sh} x_0}{g \sqrt{y_2^2 + x_0^2}} = \frac{n_h (x - x_0)}{c \sqrt{y_1^2 + (x - x_0)^2}} \quad (6)$$

1.3-rasmdan ko'rinadiki,

$$\frac{x_0}{\sqrt{y_2^2 + x_0^2}} = \sin \beta, \quad \frac{(x - x_0)}{\sqrt{y_1^2 + (x - x_0)^2}} = \sin \alpha$$



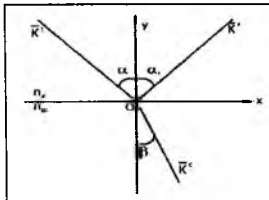
1.3-rasm.

bo'ladi. U holda:

$$n_h \times \sin \alpha = n_{sh} \times \sin \beta, \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_{sh}}{n_h} = n \quad (7)$$

bo'ladi. (7) ifoda sinish qonunining matematik ifodasidir.

III. Frenel formulasi yordamida yorug'likning sinshi qonunini quyidagicha tushuntirish mumkin: tenglamalarining yechimlaridan Maksvell ma'lumki, tarqalayotgan to'liqning yo'nalishini to'liqin vektori  $\vec{k}$  orqali belgilash mumkin. Agarda ikki muhit chegarasiga tushayotgan to'liqin vektori XY tekislikda bo'lsa, u holda,  $\vec{k}$  – tushayotgan to'liqin vektorining X o'qidagi proektsiyasi (1.4-rasm) dan topamiz. Bu yerda  $\alpha$  – tushish burchagi,  $\beta$  – sinish burchagi. Rasm-dan ko'rinadiki,



$$\begin{aligned} K_x^r &= K^r \sin \alpha \\ K_x^k &= K^k \sin \alpha \\ K_x^c &= K^c \sin \beta \end{aligned} \quad (8)$$

$$|\vec{K}| = \frac{\omega}{v};$$

$$K^T = \frac{\omega}{c}; K^c = \frac{\omega}{v}; K^k = \frac{\omega}{c} \quad (9)$$

dan iborat.

Bunda,  $c$  – yorug‘likning havodagi tezligi,  $\vartheta$  – yorug‘likning shishadagi tezligi. Yorug‘lik to‘lqini tushgan  $O$  nuqtada tasodifiy o‘zgarishlar ro‘y bermaganda, quyidagi chegaraviy shartlar bajariladi:

$$\omega^T = \omega^K = \omega^C, K_X^T = K_X^K = K_X^C, K_Z^T = K_Z^K = K_Z^C \quad (10)$$

(8), (9) va (10) tenglamalar asosida

$$\frac{\sin \alpha}{c} = \frac{\sin \alpha}{c} = \frac{\sin \beta}{\vartheta} \quad (11)$$

tenglik hosil bo‘ladi. (11) ifodadan  $\alpha = \alpha'$  va

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c}{\vartheta} = \frac{n_{sh}}{n} = n \quad (12)$$

ifodaga kelamiz. Bu *sinish qonunining* ifodasi.

Shunday qilib, (4), (7) va (12) ifodalar sinish qonuni ifodasi bo‘lib, u uch xil usul bilan keltirib chiqarildi.

### Ish qurilmasidan foydalanish

Penoplast taglik ustiga katak oq qog‘oz, uning ustiga yassi parallel plastinka qo‘yiladi. Shisha plastinkaning qirralari silliqlangan bo‘lishi kerak. Qalam yoki ruchka yordamida shisha qirrasining shakli qog‘ozga chiziladi, so‘ng bir tomonidan ko‘z bilan qarab turamiz. Bunda ko‘zning balandligi shisha plastinka qirrasini balandligi bilan bir xil bo‘lishi kerak. Shisha plastinka qirrasining ikkinchi tomoniga (kuzatuvchining qarshi tomoniga) – shishaga tegdirib, bitta igna qadaymiz. U shisha plastinkaga nurning tushish nuqtasini belgilaydi. Ikkinchi ignani undan mumkin qadar uzoqroq qilib, uning soyasi va birinchi igna soyasi birgalikda ko‘zimizga bitta bo‘lib ko‘rinadigan qilib joylashtiramiz. Ikkita igna vaziyatlari shisha plastinkaga tushayotgan nurning yo‘nalishini ko‘rsatadi. Uchinchi igna ko‘z tomonidan shisha plastinkaga taqab avvalgi ikkita ignalar soyasiga parallel qilib, penoplastga qadaladi. U nurning shishadan chiqish nuqtasini belgilaydi. To‘rtinchi ignani mumkin qadar uchinchi ignadan uzoqroq, uchta igna soyasiga parallel qilib qadaymiz. Uchinchi va to‘rtinchi ignalar vaziyati shisha plastinkadan chiqqan nurning yo‘nalishiga mos keladi.

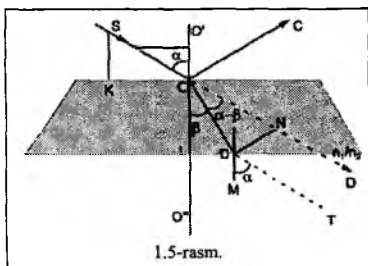


### Ishni bajarish tartibi:

1. Penoplast va qog'oz ustidagi shisha prizma yordamida to'rtta igna prizma orqali qaralganda, bitta bo'lib ko'rinadigan qilib qadaladi.

2. Shisha prizma penoplast va qog'oz ustidan olinadi va 1-igna vaziyati bilan 2-igna vaziyati hamda 3-igna vaziyati bilan 4-igna vaziyati qog'ozda chizg'ich yordamida tutashtiriladi.

3. SO nurning shisha plastinkaga tushish nuqtasi O dan chizg'ich yordamida plastinka qirrasining chizmasini tik o'tkazamiz. Shu o'tkazilayotgan OO' tikka nisbatan nurning tushish burchagi  $\alpha$  sinish burchagi,  $\beta$  va  $\alpha - \beta$  burchaklar aniqlanadi (1.5-rasm).



4. Shisha plastinka chizma sirtiga OO' tik o'tkazamiz. Shishaning sindirish ko'rsatkichi -  $n_2$ , havoning sindirish ko'rsatkichi -  $n_1$

$$n_2 > n_1$$

Chizmaning OO' tik tushgan nuqtasiga ixtiyoriy SO nur tushiramiz, bu nur uni O nuqtada kesishadi.

Chizmaning O nuqtasida nur qisman qaytadi, qaytgan nurning yo'nalishi OS yo'nalishda bo'ladi va qisman sinadi, singan nur shisha plastinkada OD yo'nlishta bo'ladi. Chizmaning D nuqtadan nur yana sinib, havoga o'tadi. Bu singan nur DT yo'nalishda ketadi. Tushish burchagini  $\alpha$ , sinish burchagini  $\beta$  bilan belgilaymiz. Nur shisha plastinkadan D nuqtada  $\alpha'$  burchak ostida chiqadi:  $\alpha = \alpha'$ .

Sinish qonunini keltirib chiqarish uchun 1.5-rasmdagi quyidagi to'g'ri burchakli uchburchaklardan foydalanamiz: 1) SKO; 2) OLD 3); DON.

Pifagor teoremasiga asosan, 1 uchburchakdagi  $SO^2 = SK^2 + KO^2$ , bundan

$$SO = \sqrt{SK^2 + KO^2} \quad (13)$$

SKO uchburchakdan

$$\sin \alpha = \frac{SK}{SO} \quad (14)$$

SK va KO lar chizg'ich yordamida mm aniqlikda o'lchanadi va (13) ifoda yordamida SO hisoblanadi.  $\beta$  burchakni hisoblash uchun DLO uchburchakdan foydalanamiz, bu uchburchakda

$$\sin \beta = \frac{LD}{OD} \quad (15)$$

bo'ladi. Bu yerda OD ni topishda Pifagor teoremasidan foydalanib, quyidagini yozamiz:

$$OD = \sqrt{LD^2 + LO^2} \quad (16)$$

Chizg'ich yordamida LD va LO lar 1 mm aniqlikkacha o'lchanib, (16) ifodadan OD hisoblanadi va  $\sin\beta$  aniqlanadi. So'ngra (4) va (7), (12) ifodalarga asosan

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n, \quad (17)$$

ya'ni nisbiy sindirish ko'rsatkichi aniqlanadi. SO nur shisha plastikadan sinmasdan o'tganda, bu nur 5 Agarda SR yo'nalishida o'tishi kerak edi, biroq SO nur shisha plastinkadan singanligi tufayli, undan DT yo'nalishda o'tadi, natijada SR nurimiz DN masofaga siljigandir. DN masofani aniqlash kerak. DN siljish masofasini aniqlashda to'g'ri burchakli ikkita uchburchakdan foydalanamiz: 1) DON; 2) OLD; DON burchakning kattasi  $\alpha-\beta$  ga teng (14), (15) ifodalardan  $\alpha$  va  $\beta$  qiymatlarini,  $\alpha-\beta$  aniqlanadi.

OLD uchburchakdan Pifagor teoremasiga asosan, OD gipotenuzasi aniqlanadi, natijada quyidagi ifoda yordamida nurning siljish kattaligi topiladi:  $\sin(\alpha-\beta)=DNFOD$ . Bundan

$$DB=OD\sin(\alpha-\beta) \quad (18)$$

6. Tajribani alohida-alohida qog'ozlarda 5–6 marta o'tkazib, shisha plastinka sindirish ko'rsatkichi va siljish masofasi DN ning o'rtacha qiymati va kvadratik xatolik aniqlansin.

7. Topilgan son qiymatlar asosida sindirish ko'rsatkichining son qiymatlari bilan N o'lchamlar sonining bog'liqlik grafigi chizilsin.

### Nazorat savollari va topshiriqlar:

1. Ishning maqsadi va borishini tushuntiring.
2. Absolut va nisbiy sindirish ko'rsatkichlari haqida tushuncha bering.
3. To'la ichki qaytish hodisasini tushuntiring. Chegaraviy burchak nima?
4. Sinish hodisasini Nyuton va Gyuygens nazariyalari asosida tushuntiring.
5. Yorug'likning sinish qonunini ta'riflang?
6. Sindirish ko'rsatkichini fizik ma'nosi nimadan iborat?

7. Sindirish ko'rsatgichi muhitni xarakterlovchi qanday kattaliklarga bog'liq?

8. Yorug'lik nuri shisha plastinkadan o'tishini chizib ko'rsating.

9. Ishning prinsipi nimadan iborat?

### **Adabiyotlar**

1. G. S. Landsberg. Optika. Toshkent, 1981.

2. I. V. Savelyev. Umumiy fizika kursi. 3-tom, Toshkent, 1976.

3. F. A. Korolev. Fizika kursi. Toshkent, 1978.

### **2-laboratoriya ishi**

## **MIKROSKOPNING TUZILISHINI O'RGANISH VA UNING YORDAMIDA SHISHA PLASTINKANING SINDIRISH KO'RSATKICHINI ANIQLASH**

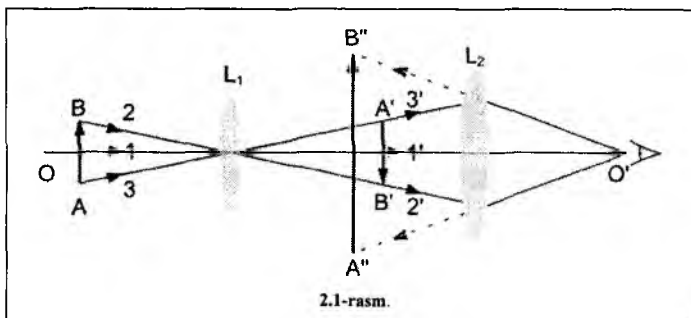
**Kerakli asbob va jihozlar:** mikrometrik vint o'rnatilgan o'lchash mikroskopi, mikrometr, sindirish ko'rsatkichi aniqlanadigan shisha plastinkalar.

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

### **Nazariy qism**

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

Ko'p marta kattalashtirishni qo'shimcha linzalar sistemasi yordamida amalga oshirish mumkin. Buning uchun bitta lupa – *okular*, qo'shimcha linza yoki linzalar sistemasi esa *obyektiv* deyiluvchi linzalar sistemasi ishlatiladi. Mikroskop ana shunday qurilmalardan biridir. Mikroskopning optik tuzilishi 2.1-rasmda keltirilgan.



2.1-rasm.

Optik mikroskopning kattalashtirish quyidagi formula orqali aniqlanadi:

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

Bunda  $\Delta$  – tubusning optik uzunligi,  $L_0$  – eng yaxshi ko‘rish masofasi,  $f_1$  va  $f_2$  – obyektiv va okularning fokus masofalari. Obyektiv va okularning kattalashtirishi quyidagicha topiladi:

$$\Gamma_{ob} = \frac{\Delta}{f_1} \text{ – obyektivning kattalashtirish,}$$

$$\Gamma_{ok} = \frac{L_0}{f_2} \text{ – okularning kattalashtirish.}$$

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

*Ajrata olish qobiliyati* deganda mikroskopning ko‘rilayotgan jism mayda detallari tasvirini ayrim-ayrim qilib ko‘rsata olishiga aytiladi.

*Mikroskopning ajrata olish chegarasi* quyidagi formula orqali aniqlanadi:

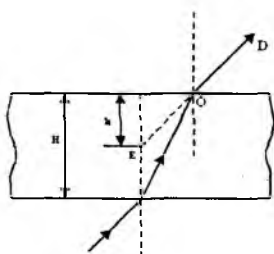
$$Z = \frac{0,5\lambda}{A}, \text{ bundan } A = n \cdot \sin \frac{U}{2}$$

bunda  $\lambda$  – yorug‘likni to‘lqin uzunligi,  $A$  – sonli apertura,  $n$  – nisbiy sindirish ko‘rsatkichi,  $U/2$  – burchakli apertura.

Mikroskopning foydali kattalashtirish

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

bunda  $Z'$ – tasvir o‘lchami.



2.2-rasm.

Mikroskopning foydali kattalashtirishi qiymatlari intervali quyida-gicha  $500 A^{\circ} < G < 1000 A^{\circ}$ . Agar immersion sistemalarni sonli aperturasi  $A=1,43 A^{\circ}$  ni qo'ysak  $700 < G < 1400$  bo'ladi.

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

Biror shaffof plastinka, masalan, shisha plastinka yuzasidagi (A) nuqtaga yorug'lik nuri  $\alpha$  burchak ostida tushayotgan bo'lsin (2.2-rasm).

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

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

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

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{tg \alpha}{tg \beta} \quad (1)$$

Ikkinchi tomondan esa shaklda ko'ringanidek,

$$\frac{tg \alpha}{tg \beta} = \frac{H}{h} \quad (2)$$

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

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

Shisha plastinkaning haqiqiy qalinligi (H) mikrometr yordamida o'lchanadi, uning ko'rinma qalinligi  $h$  esa mikroskopga o'rnatilgan mikroskopik vint yordamida o'lchanadi.

Yuqorida keltirilganidek, biror narsani shaffof plastinka orqali kuzatishda uning balandga ko'tarilgan hodisasidan, mikroskop yordamida shaffof plastinkani sindirish ko'rsatkigichini aniqlashda foydalaniladi.

### **Ishni bajarish tartibi:**

1. Tekshirilayotgan plastinkani mikroskopning predmet stolchasiga qo'yiladi.

2. Mikroskopdan shisha plastinkaning yuqorigi sirtidagi belgini kuzatib, aniq tasviri paydo bo'lgunicha mikroskopning makrovinti buraladi.

3. Mikroskopdan shisha plastinka ustki qismidagi belgini kuzatib, aniq tasviri paydo bo'lgunicha mikrovinti buraladi. Mikroskopning stolidan linzagacha bo'lgan masofa  $h$  o'lchanadi. Buning uchun mikrovintning to'liq aylanishlar soni  $N$  ni 50 ga ko'paytirib va yana qancha  $n$  bo'lakcha o'tilganini unga qo'shib, uni  $0,002 \text{ mm}$  ga ko'paytirish kerak.

4. Plastinkaning kuzatilayotganda kelib chiqqan optik ("ko'rinma") qalinligi hisoblanadi:

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

5. Plastinkaning qalinligi  $H$  mikrometr yoki shtangensirkul yordamida o'lchanadi.

6. Shisha plastinkaning sindirish ko'rsatkichi bu formuladan topiladi:

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

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

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

### Nazorat savollari va topshiriqlar:

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

9. Qaytish qonunini soʻzlab bering.

#### Adabiyotlar:

1. G. S. Landsberg. Optika. Toshkent, 1981.
2. I. V. Savelyev, Umumiy fizika kursi. 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F. A. Korolyev, Fizika kursi. Toshkent, 1978.

### 3-laboratoriya ishi

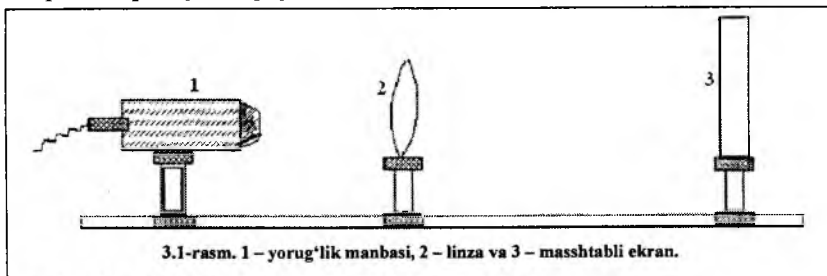
#### YIGʻUVCHI LINZANING FOKUS MASOFASINI ANIQLASH

**Kerakli asbob va jihozlar:** optik taglik, yigʻuvchi linza, yorugʻlik manbasi, masshtabli ekran.

**Ishning maqsadi:** yigʻuvchi linzaning fokus masofalarini turli usullar yordamida aniqlash.

#### Qurilmaning tavsifi

Ekran, yorugʻlik manbasi va linzalar 3.1-rasmda koʻrsatilgani kabi bir optik oʻq boʻyicha joylashtiriladi. Manbaning old qismidagi qogʻoz-



ga tushirilgan strelka buyum vazifasini oʻtaydi.

#### Ishning bajarilish tartibi:

Dastlab, uch xil usul bilan qavariq linzaning fokus oraligʻi topiladi.

**Birinchi usul.** Fokus masofasini linza bilan buyum va linza bilan tasvir oʻrtasidagi masofalarga asosan topish. Bu holda optik tenglikda faqat qavariq linza qoldirilib, botiq linza qoʻyiladi.

Linzani optik taglik ustida ohista siljitib, strelkaning ekrandagi aniq tasviri hosil qilinadi. Bu holda buyumdan, yaʼni strelkadan linzaga cha boʻlgan masofa  $a_1$  hamda linzadan tasvirgacha – ekrangacha boʻlgan masofa  $a_2$  yozib olinadi. Bularning qiymatlari optik taglikning shka-

lasidan santimetrlarda yozib olinadi.  $a_1$  va  $a_2$  ning qiymatlarini bilgan holda (2) formuladan foydalanib, linzaning fokus masofasini hisoblash mumkin:

$$f = \frac{a_1 \cdot a_2}{a_1 + a_2} \quad (7)$$

**Ikkinchi usul.** Fokus masofasi buyum bilan tasvirning kattaligidan va linza bilan tasvir orasidagi masofadan foydalanib topish. Bu holda ham 1-mashqdagi singari strelkaning aniq tasviri hosil qilinadi. Tasvir kattalashtirilgan bo'lishi lozim. Buyumning (strelkaning) chiziqli o'lchami  $\ell$  lineyka yordamida, tasvirning o'lchami  $L$  esa masshtabli ekrandan topiladi. Bularni bilgan holda linzaning fokus masofasini quyidagi formula bilan hisoblash mumkin:

$$f = a_2 \frac{\ell}{\ell + L} \quad (8)$$

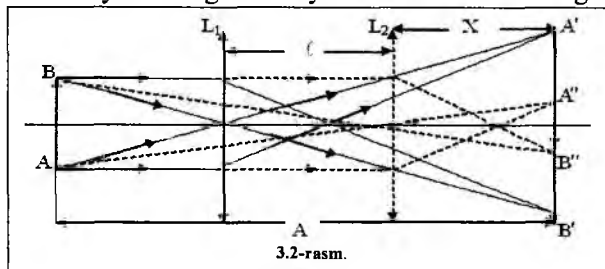
**Uchinchi usul.** Fokus masofasini linzani siljitish yo'li bilan o'lchash. Agar buyum bilan uning tasviri orasidagi ( $A$ ) masofa linzaning to'rtlangan fokusi  $4f$  dan katta bo'lsa, linzaning ikki vaziyatida buyumning tasviri hosil bo'ladi. 3.2-rasmdan ko'rinadiki, linzaning birinchi vaziyatida  $a_1 = A - (\ell + x)$ ,  $a_2 = x + \ell$  bo'lgani uchun,

$$f = \frac{(A - \ell - x) \cdot (x + \ell)}{A} \quad (9)$$

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

$$x = \frac{A - \ell}{2} \quad (10)$$

Linza birinchi vaziyatda turganda buyum bilan linza orasidagi masofa



$$a_1 = \frac{A - \ell}{2} \quad (11)$$

Linza bilan tasvir orasidagi masofa esa

$$a_2 = \frac{A + \ell}{2} \quad (12)$$



$a_1$  va  $a_2$  larning bu qiymatlarini (2) formulaga qo'yib, linzaning fokus masofasini topamiz:

$$f = \frac{A^2 - \ell^2}{4A} \quad (13)$$

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

#### **Nazorat savollari va topshiriqlar:**

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

#### **Adabiyotlar:**

1. G. S. Landsberg. Optika. Toshkent, 1981.
2. I. V. Savelyev. Umumiy fizika kursi. 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F. A. Korolyev. Fizika kursi. Toshkent, 1978.

#### **4-laboratoriya ishi**

### **SOCHUVCHI LINZANING FOKUS MASOFASINI ANIQLASH**

**Kerakli asbob va jihozlar:** optik taglik, yig'uvchi linza, sochuv-chi linza yorug'lik manbasi, masshtabli ekran.

**Ishning maqsadi:** yig'uvchi linzaning fokus masofalarini turli usullar yordamida aniqlash.

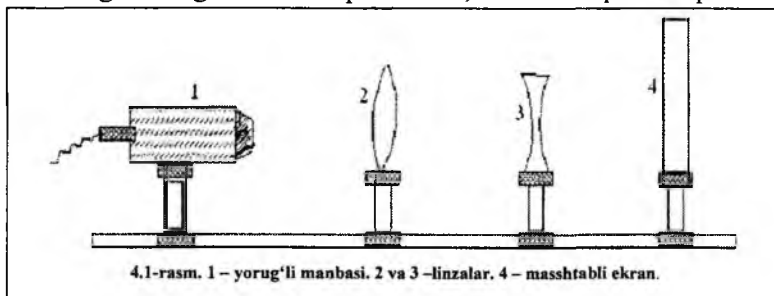
#### **Qurilmaning tavsifi**

Ekran, yorug'lik manbasi va linzalar 4.1-rasmda ko'rsatilgani kabi bir optik o'q bo'yicha joylashtiriladi. Manbaning old qismidagi qog'oz-ga tushirilgan strelka buyum vazifasini o'taydi.

### Ishning bajarilish tartibi

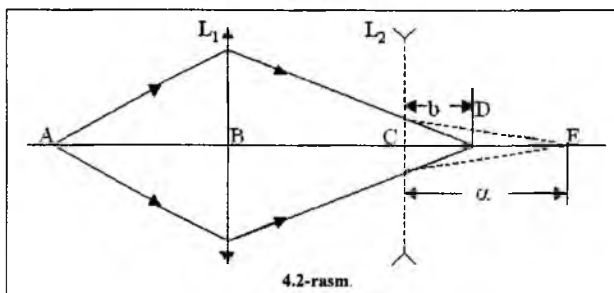
Bu laboratoriya ishi xuddi 3-laboratoriya ishi bajarilgani kabi bajariladi. Botiq linzaning fokus masofasini topish.

Agar ( $A$ ) yorug'lik manbasidan chiqayotgan nurlarning yo'liga qavariq linza qo'yilsa, nurlar linzadan o'tgandan so'ng ( $D$ ) nuqtada to'planib, yorug'lik manbasining tasvirini hosil qiladi, (4.2-rasm). Agar ( $B$ ) qavariq linza bilan ( $D$ ) nuqta orasidagi  $L_2$  botiq linza joylashtirilsa, unda nurlar avvalgi holdagi kabi  $D$  nuqtada emas, balki  $E$  nuqtada to'planadi.



Agar  $CD$  masofani  $b$  bilan,  $CE$  masofani  $a$  bilan belgilasak, botiq linzaning fokus masofasi  $f$  ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$f = \frac{a \cdot b}{a - b} \quad (14)$$



Bu ishni bajarish uchun, dastlab, optik taglikka yig'uvchi linza joylashtiriladi va buyumning aniq tasviri hosil qilinadi. Shu tajriba bilan  $D$  nuqtaning vaziyati belgilab olinadi. So'ngra yig'uvchi linza bilan  $D$  nuqta oralig'iga botiq  $L_2$  linza joylashtiriladi. Ekranni surish yo'li bilan qaytadan buyumning aniq tasviri hosil qilinadi. Bu ishni bir necha marta

takrorlab, ekranning E vaziyati topiladi.  $a$  va  $b$  masofalar o'lchanib (14) formula yordamida sochuvchi (botiq) linzaning fokus masofasi hisoblanadi.

#### **Nazorat savollari va topshiriqlar:**

1. Linza deb nimaga aytiladi va uning qanday turlari bor?
2. Linzalarning asosiy parametrlarini aytib bering.
3. Linzalarning asosiy elementlarini aytib bering.
4. Botiq linzalarda tasvir yasash usullarini ko'rsatib bering.
5. Linzaning asosiy formulasini tushuntiring.
6. Linzalarning nuqsonlari va ularni bartaraf qilish usullarini aytib bering.
7. Linzalar qanday kamchiliklarka ega?

#### **Adabiyotlar:**

1. G. S. Landsberg. Optika. Toshkent, 1981.
2. I. V. Savelyev. Umumiy fizika kursi. 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F. A. Korolyev. Fizika kursi. Toshkent, 1978.

#### **5-laboratoriya ishi**

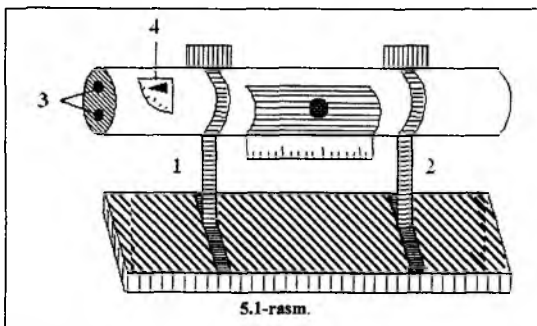
### **FOTOELEMENT YORDAMIDA FOTOEFFEKTNING ASOSIY QONUNI VA FOTOMETRIYA QONUNLARINI TEKSHIRISH. YORITILGANLIK QONUNINI O'RGANISH**

**Kerakli asboblari va jihozlari:** fotoelementli laboratoriya asbobi, mikroampermetr, yig'uvchi linza, yoritish lampochkasi.

**Ishning maqsadi:** fotometrik kattaliklarni hamda fotometriya qonunlarini o'rganish.

#### **Qurilmaning tavsifi (5.1-rasm)**

Asbob 1 va 2 tirgakka mahkamlangan gorizontall vaziyatda joylashtirilgan silindr shaklidagi korpusdan iborat. Korpusning ichiga 3 klemmaga ulangan selenli fotoelement o'rnatilgan. 4 murvat yordamida fotoelementni turli xil burchaklarga burish mumkin. Bu esa, o'z navbatida, yorug'likning fotoelement sirtiga tushish burchagini o'zgartirishga imkon beradi. Korpus qopqog'ining pastki qismidagi shkala yordamida yorug'lik manbasi bilan fotoelement orasidagi masofani aniqlash mumkin.



Bu laboratoriya ishida bo‘lgan yig‘uvchi linza ishlatiladi. Uning vazifasi fotometrga parallel nurlar dastasini yo‘naltirishdan iborat. Yorum‘lik manbai sifatida esa 3,5 V kuchlanishga mo‘ljallangan cho‘g‘lanma lampochka ishlatiladi. Unga kuchlanish maxsus transformator orqali beriladi. Bu ishda ikkita mashq bajariladi.

**1-mashq.** Ma‘lumki, sirtning yoritilganligi yoritish manbasidan ushbu sirtgacha bo‘lgan masofaning kvadratiga teskari proporsional:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad (12)$$

Fototok kattaligi yoritilganlikni proporsional bo‘lgani uchun bu formulani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad (13)$$

bu yerda  $I_1$  va  $I_2$  – fototok kattaliklari bo‘lib, galvanometr yordamida o‘lchanadi. Bu mashqning vazifasi (13) ifodaning bajarilish aniqligini o‘rganishdan iborat.

### Ishni bajarish tartibi:

1. Fotoelement mikroampermetr bilan ulanadi.
2. Cho‘g‘lanish lampochkasini tok bilan ta‘minlovchi transformatorning vilkasi kuchlanishi 220 V bo‘lgan tarmoqqa ulanadi.
3. Fotoelementning vaziyatini belgilaydigan murvat “0” holatiga qo‘yiladi.
4. Cho‘g‘lanish lampochkasi bilan fotoelement bir optik o‘qqa o‘rnatiladi.
5. Mikroampermetrning old tomonidagi strelkali murvati “otk” holatiga qo‘yiladi.

6. Yorug'lik manbai biror  $r_1$  masofaga o'rnatiladi, bu masofa 5 shkaladan yozib olinadi.

7. Shu holatda mikroampermetr ko'rsatgan fototok kattaligi  $I_1$  yozib olinadi.

8. Endi lampochka biror  $r_2$  masofaga qo'yilib, mikroampermetrdan  $I_2$  fototok kattaligi yozib olinadi.

9. Olingan natijalar asosida (13) formulaning bajarilishi tekshiriladi.

10. Tajriba lampochka bilan fotoelement orasidagi masofa o'zgartirilgan holda bir necha marta takrorlanadi.

**2-mashq.** Bu mashqda yoritilganlikning nurning tushish burchagiga bog'liqligi o'rganiladi. Ma'lumki, yoritilganlik  $E$  nurning tushish burchagi  $\alpha$  ga quyidagi qonuniyatga muvofiq bog'langan:

$$E = E_0 \cos \alpha \quad (14)$$

Bu mashqda (14) formulaning bajarilishi tekshiriladi.

### **Ishni bajarish tartibi:**

1. Yoritish lampochkasi bilan fotoelementning orasiga linza shunday vaziyatda o'rnatiladiki, bu holda fotoelementga tushayotgan nurlar parallel bo'lishi lozim. Buning uchun lampochka linzaning fokusiga (15 sm) o'rnatilishi kerak.

2. Fotoelementning vaziyatini aniqlaydigan 4 murvat "O" holatiga quyiladi. Bu holda fotoelementning yuzasiga yorug'lik tik holda tushadi, ya'ni  $\alpha=0^0$ .

3. Shu holatdagi mikroampermetrning ko'rsatishi  $E_0$  sifatida qayd qilinadi.

4. 4-murvat navbati bilan "30", "45" va "60" raqamlariga qo'yilib, har sifati mikroampermetrning ko'rsatish yozib boriladi. Bular mos ravishda tushish burchagi  $\alpha$  ning  $30^0$ ;  $45^0$ ;  $60^0$  qiymatlariga oid bo'lgan yoritilganliklarni ifodalaydi.

5. Olingan natijalar asosida (14) formula tekshiriladi. Buning uchun esa  $E_0$  ni bilgan holda ko'rsatilgan burchaklar uchun  $E$  ning qiymati nazariy hisoblab chiqiladi. Keyin bu nazariy qiymatlar  $E$  ning mikroampermetr shkalasi ko'rsatgan sonlar bilan taqqoslanadi.

### Nazorat savollari va topshriqlar:

1. Fotometrik kattaliklar va ularning birliklari.
2. Fotoeffekt hodisasi haqida tushuncha bering.
3. Eynshteyn formulasini tushuntiring.
4. Fotoeffektning “qizil chegarasi” nima?
5. Ftoelementlar deb nimaga aytiladi va ular qanday maqsadlarda ishlatiladi?
6. Qurilmaning tavsifi keltiring.
7. Yoritilganlik qanday aniqlanadi?
8. (13) formula nimani anglatadi?
9. (14) formula nimani anglatadi?

### Adabiyotlar:

1. G. S. Landsberg. Optika. Toshkent, 1981.
2. I. V. Savelyev. Umumiy fizika kursi. 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F. A. Korolyev. Fizika kursi. Toshkent, 1978.

### 6-laboratoriya ishi

#### SPEKTROSKOPNI DARAJALASH, DARAJALANGAN EGRI CHIZIQ BO‘YICHA YORUG‘LIK TO‘LQIN UZUNLIGINI ANIQLASH

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

**Kerakli asboblari:** mikrometrik vintli spektroskop, spektral trubkalar, spektral trubkalarni yondirish asbobi, chiqishidagi kuchlanish 6 V ga yaqin bo‘lgan to‘g‘rilagich, ulovchi simlar, kalit, uchiga paxta o‘rab, taglikka o‘rnatilgan sim, spirtli kolba, gugurt, osh tuzi, millimetrli qo‘g‘oz.

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

### Nazariy qism

**Moddalarning optik xossalari.** Moddaning optik xossalari nurlarni qaytarish, sindirish va yutishi bilan xarakterlanadi. Bu hodisalar sindi-

riş ko'rsatkichi, yutilish koeffitsiyentlari orqali ifodalanadilar. Optik muhitlarning nochiziqlik xususiyatini bu yerda ko'rmaymiz, sindirish ko'rsatkichi va yutilish koeffitsiyentlarini nurlanish quvvatiga bog'liq emas, deb hisoblaymiz. Muhitda X o'qi bo'yicha tarqalayotgan  $\omega$  chastotali yassi monoxromatik to'lqinning elektr maydoni kuchlanganligi:

$$E(x) = E(0)e^{-i\omega\left(t - \frac{x}{v}\right)}; \quad (1)$$

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

$$\epsilon' = \epsilon + iG \quad (2)$$

$\epsilon, G$  – mos ravishda muhitning dielektrik sindiruvchanligi va elektr o'tkazuvchanligi,  $\epsilon'$  – kattalik,  $n$  – sindirish ko'rsatkichi va  $\kappa$  – yutilish koeffitsiyenti bilan quyidagicha bog'langan.

$$\sqrt{\epsilon} = n' = n + in\kappa \quad (3)$$

Biz monoxromatik, ya'ni bitta rangga ega bo'lgan yorug'likni nazarda tutdik. Agar to'lqinlar chactotalar gruppasi ko'rinishida mavjud bo'lsa, unda umumiy hol yuz beradi. Masalan, oq yorug'lik taxminan  $4000 \text{ \AA}^0$  dan to  $7600 \text{ \AA}^0$  gacha bo'lgan tutash spektrga ega bo'ladi.

Xususiy holni, ya'ni ikkita bir xil amplitudali, lekin bir-birlaridan kichik farq qiluvchi  $\omega_1$  va  $\omega_2$  chastotali to'lqinlarning qo'shilishini ko'rib chiqaylik. (1) formulaning haqiqiy qismidagi elektr maydon kuchlanganligining o'zgarishlarini

$$E_{1x} = E_0 \cos(\omega_1 t - k_1 x) \quad \text{va} \quad E_{2x} = E_0 \cos(\omega_2 t - k_2 x) \quad (4)$$

formulalar orqali ifodalaymiz. Amplitudalarini qo'shib:

$$E = E_{1x} + E_{2x} = 2E_0 \cos\left[\frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2}t - \frac{(k_1 - k_2)}{2}x\right] \times \cos\left[\frac{(\omega_1 + \omega_2)}{2}t - \frac{(k_1 + k_2)}{2}x\right] \quad (5)$$

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

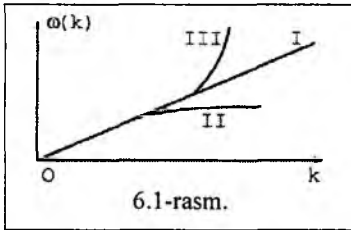
Natijada bunday yorug'likni yutmaydigan muhitlarning dielektrik singdiruvchanligi  $\varepsilon(\omega)$  qaralayotgan chastotalar uchun haqiqiy va musbat bo'ladi. U holda vektori haqiqiy va moduli bo'yicha

$$\kappa = \frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon'(\omega)} = \frac{\omega}{c} n(\omega) \quad (6)$$

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

$$\phi_f = \frac{\omega}{k} = \frac{c}{n(\omega)}; \quad (7)$$

Fazaviy tezlik chastotaga bog'liq bo'lishi hodisasi *dispersiya* deb ataladi. Dispersiyaning mavjud bo'lishi, eksperimentda tutash spektrning monoxromatik tashkil etuvchilarini ajratish imkonini beradi, chunki prizma qirrasiga biror burchak ostida yorug'lik tushayotganida sinib o'tgan spektrda bu tashkil etuvchilar turli yo'nalishlarda tarqaladilar. Ana shu printsipda prizmalı spektral asbob (stilaskop, spektrograflar va monoxromatorlar) ishlatiladi.



6.1-rasm.

Yuqorida ko'rilgan monoxromatik to'liqlinlarda turli fazaviy tezliklar bor.

$$\frac{\omega_1}{k_1} \neq \frac{\omega_2}{k_2};$$

To'liqin amplitudasi maksimumining tezligi, ya'ni gruppaviy tezligi

$$\frac{\omega_1 - \omega_2}{k_1 - k_2} = \frac{\Delta\omega}{\Delta k}; \quad (8)$$

ifoda bilan aniqlanadi

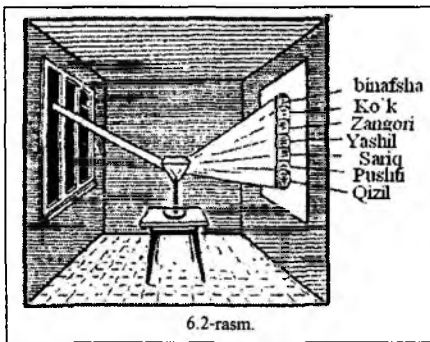
Ikki to'liqin superpozitsiyasining ko'rinishi turg'un saqlanmaydi va paket profili vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. Agar to'liqlar gruppasi bir-biridan kam farq chastotalardan tashkil topgan bo'lsa, u holda gruppaviy tezlik uchun ifoda:

$$\frac{\Delta\omega}{\Delta k} = \frac{d\omega}{dk} \quad (9)$$

ko'rinishida yoziladi. Gruppaviy tezlik paket amplitudasining maksimal tezligidir. Shuning uchun bu tezlik paket energiyasining tarqalish tezligi hisoblanadi. Gruppaviy va fazaviy tezliklar orasidagi bog'lanish

$$g_{gr} = \frac{d\omega}{dk} = \frac{d}{dk} (k \times g_f) = g_f + k \frac{dg_f}{dk} = g_f - \lambda \frac{dg_f}{d\lambda} \quad (10)$$





ga teng bo'ladi. Bunda  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ ,

odatda,  $\frac{d\vartheta}{d\lambda} > 0$  hosil musbat, chunki

$\vartheta_{gr} < \vartheta_f$  bo'ladi. Bu hol *normal dispersiyani* ifodalaydi. Biroq, anomal dispersiya ham yuz berishi mumkin. Bu hol  $\frac{d\vartheta}{d\lambda} < 0$  – manfiy va

$\vartheta_{gr} > \vartheta_f$  bo'lganda yuz beradi.

Yorug'likni yutmaydigan muhitlar, asosan, dielektrik hisoblanadi. Ular uchun normal dispersiya

ya yuz beradi, faqat dielektrikni tashkil etuvchi atomlarning xususiy rezonans chastotalaridan uzoq spektral sohalardagina normal dispersiya yuz beradi. 6.1-rasmda uchta egri chiziq, keltirilgan bo'lib, ular:

I. Dispersiya yuz bermaydigan muhit uchun o'zgarmas va  $\vartheta_{gr} = \vartheta_f$  (bunda masalan vakuum).

II. Normal dispersiya sohasi, bunda –  $\vartheta_{gr} < \vartheta_f$ .

III. Anomal dispersiya sohasi, bunda –  $\vartheta_{gr} > \vartheta_f$ .

Buyuk ingliz fizigi I. Nyuton 1666-yilda oq yorug'likni uchburchakli shaffof prizma orqali o'tkazib, uni tarkibiy qismlarga ajratishga muvaffaq bo'ldi (6.2-rasm). Nyuton bunda yettita rangni: qizil, pushti, sariq, yashil, zangori, ko'k, binafsha ranglarni ajratdi. U bu ranglardan iborat polosani *spektr* deb atadi. Nyutonning tajribalaridan quyidagi xulosa kelib chiqadi: muhitning sindirish ko'rsatkichi yorug'likning rangiga bog'liq. Bu hodisa yorug'likning *dispersiyasi* deyiladi. Ana shu hodisaga asoslanib, spektrlarni o'rganuvchi asbob *spektroskop* deyiladi. Ranglari bilan farq qiluvchi nurlar to'liq uzunliklari bilan farq qiladi. Prizma orqali o'tayotgan yorug'lik nurlari sindirishi natijasida tashkil qiluvchi qismlar har xil rangli polosalar (yo'llar) ga ajraladi.

Qizil yorug'lik to'liqining uzunligi  $\lambda_q = 7,6 \cdot 10^{-5}$  sm, binafsha yorug'lik to'liqining uzunligi  $\lambda_b = 4 \cdot 10^{-5}$  sm.

Spektrdagi boshqa ranglarga to'g'ri keladigan to'liqlarning uzunliklari qizil bilan binafsha nurlarning to'liq uzunliklari oralig'ida bo'ladi.

Spektrni o'rganish uchun spektroskopdan foydalaniladi. Spektroskopning optik tuzilishi va unda nurlarning yo'li 6.4-rasmda ko'rsatilgan.

Umuman olganda, jismlarning yorug'lik chiqarishining bir nechta turi bor. Shulardan biri jismlarning issiklik nurlanishidir.

### Spektroskopning tuzilishi va ishlashi.

Spektroskopning umumiy ko'rinishi 6.3-rasmda ko'rsatilgan. Bunda 1 – okular, 2 – ko'rish trubasi, 3 – mikrometrik vint, 4 – obyektivlar ( $O_1$  va  $O_2$  linzalar), 5 – kollimator, 6 – tirqish, 7 – prizma.

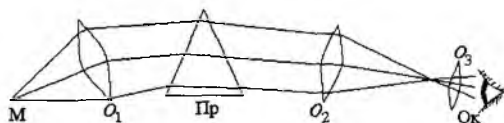
Spektr (va ip) ning haqiqiy tasviriga lupa-da qaralgandek, okular orqali qaralganda, spektrning faqat bir qismigina ko'rinadi. Spektrning ayrim qismlarini ko'rish uchun ko'rish trubasini 3 mikrometrik vint yordamida burib kuzatish kerak.

tish kerak.

Spektroskop ishini hamda nurlanish va yutilish spektrlarini ko'rib chiqaylik (6.4-rasm). Spektroskop ikkita trubadan tashkil topgan: kollimator va ko'rish trubalarini obyektivlari fokus masofasi – 150 mm, okularning fokus masofasi – 32 mm, kollimator va ko'rish trubalari teshigining nisbati 1:6,5, prizmasining o'rtacha dispersiyasi 0,019 bo'lib, ko'rish sohasidagi spektrlari (400 – 760 nm) sohasida spektral analiz bo'yicha tajriba o'tkazishga mo'ljallangan.

$O_1$  obyektivning fokal tekisligida tor tirqish joylashgan, tirqish rasm tekisligiga perpendikular holda o'rnatiladi. Tirqish orqali o'rganilmokchi bo'lgan nur yoritiladi.

Obyektivdan chiqayotgan parallel nurlar prizma orqali o'tadi. Prizmadan o'tgan nurlar to'liq uzunliklariga bog'liq holda har xil: qizil nurlar kichik, binafsha nurlar katta burchaklarga og'adilar, qolgan rangdagi boshqa nurlar ana shu ikki rang oralig'ida joylashgan holda prizmadan o'tadi.



6.4-rasm.

To'liq uzunligi bir xil bo'lgan nurlar prizmadan parallel holda chiqadilar va  $O_2$  obyektiv ularni  $S$  fokus tekislikda 1 nuqtaga yig'adi. Bu te-

kislikda bir xil rangdagi nurlar  $S$  tirqishning tasvirini beradi.

Tekshirilayotgan nurlar dastasiga taalluqli hamma rangdagi nurlarning geometrik o'rni *berilgan nurlanishning prizmatik spektri* deb ataladi.  $S$  spektrning tasviri juda kichik o'lchamda hosil bo'lgani uchun, uni lupa kabi kattalashtirish qobiliyatiga ega  $O_3$  okular bilan kattaytiriladi.

Kollimator trubka 4 tor tirqishdan tushayotgan nurlar dastasini prizмага yo'naltirish uchun xizmat qiladi. Tor tirqish esa prizmaning sindiruvchi prizmasiga parallell bo'lgan obyektiv fokal tekisligiga joylashtirilgan. Tirqishni aniq qilib o'rnatish uchun tirqish o'rnatilgan gardishni vertikal holatga burish mumkin.

Prizma B yorug'likni yoyish uchun xizmat qiladi. Kollimatordan chiqqan yorug'lik dastasi prizmaning oldingi yon qirrasiga tushadi, unda yoyiladi va prizmadan to'liq uzunliklariga mos holda har xil rangdagi yorug'liklar parallel dastasi shaklida chiqadi.

Vintli makrometr 7 rangli polosalarning spektrda bir-biriga nisbatan joylashishini aniqlash uchun zarur. Mikrometrning vinti qadamlari 1 mm dan bo'lib, barabanchasiga 50 ta bo'linga bo'lingan shkala joylashirilgan.

Spektrometrni graduirovka (shkala qiymatlarini aniqlash) uchun neon lampasidan foydalaniladi. Bu lampa tor tirqishga to'g'irlab qo'yilishi kerak.

Neon nurlari spektrida spektrning turli soxalarida joylashgan qator yorqin chiziqlar mavjud. Neon yorug'likdagi chiziqlar to'liq uzunliklari jadvallarda keltiriladi. Neon nuri spektrining to'liq uzunliklari bo'yicha tarkibi.

6.1-jadval

№	Chiziqlarning rangi va holati	To'liq uzunligi, nm
1	Binafsha (pastki chegara)	390 – 450
2	Ko'k	450 – 480
3	Havo rang	480 – 510
4	Yashil	510 – 550
5	Yashil-sariq	550 – 570
6	Sariq	570 – 585
7	Zarg'aldoq	580 – 620
8	Qizil (yuqori chegara)	620 – 800

Ana shu chiziqlarning joylashish soni aniqlanib, mikrometrik baraban shkalasida belgilab qo'yiladi. To'g'ri burchakli koordinata sistema-sida esa mikrometr uchun darajalash grafigi chiziladi.

Bunda abssissa o'qiga baraban shkalasi bo'limlari qo'yilsa, ordina-ta o'qiga neon yorug'lik chiziqlarining to'liq uzunliklari qo'yilib, unga mos keluvchi grafigi chiziladi. Bu grafik bizga spektrning xohlagan chi-zig'ining to'liq uzunligini aniqlashga imkon beradi.

**Eslatma:** to'liq uzunliklari nanometr va angestremlarda o'lcha-nadi.  $1 \text{ nm (nanometr)} = 10^{-9} \text{ m}$ ,  $1 \text{ \AA (angestrem)} = 10^{-10} \text{ m}$ .

### Ishni bajarish tartibi:

1. Tabiiy yorug'lik manbai tomonga spektroskopning kollimatori to'g'irlanib, spektroskopning ko'rish trubasi orqali qaralganda tutash spektr kuzatiladi.

2. Spektroskopning mikrometr barabani vinti harakatga keltirilib, ko'rish trubasi ichidagi vizir ipi spektrning eng chekka qizil chegarasiga keltiriladi.

3. Mikrometr barabani shkalasidagi ko'rsatkichi belgilanib, spektr-ning navbatdagi rangi – zarg'aldoq rangiga vizir ipi mos keltiriladi va mikrometr barabani ko'rsatkichi yozib olinadi.

4. Qolgan ranglarga ham mos keluvchi mikrometr barabani ko'r-satkichlari shunday tartibda xuddi shunday usul bilan yozib olinadi va jadvalga tushiriladi (6.2-jadval).

**6.2-jadval**

No	Chiziqlarning rangi va holati	To'liq uzunligi, nm	Mikrometr barabani ko'rsatkichi
1	Binafsha (pastki chegara)	390 – 450	
2	Ko'k	450 – 480	
3	Havo rang	480 – 510	
4	Yashil	510 – 550	
5	Yashil-sariq	550 – 570	
6	Sariq	570 – 585	
7	Zarg'aldoq	580 – 620	
8	Qizil (yuqori chegara)	620– 800	

5. Millimetrli qog'ozga mikrometr barabani ko'rsatkichlari koordinatining absissa o'qiga, ranglarning to'lqin uzunliklari orrdinata o'qiga joylashtirilib, nuqtalar belgilanadi va tutashtirilib, egri chiziq olinadi.

6. Spektroskopning kollimatori maxsus yoritkichga qaratiladi va undagi spektrning diskret chiziqlari kuzatiladi.

7. Mikrometr barabani harakatga keltirilib, vizir ipi diskret chiziq-larga mos keltiriladi, baraban shkalasidagi ko'rsatkich yozib olinadi.

8. Keyin mikrometrning darajalash grafigi bo'yicha bizni qiziqtirayotgan chiziqlarning mikrometr ko'rsatkichlari darajalash grafigining absissa o'qiga qo'yiladi va egri chiziq bilan kesishish joyidan ordinata o'qidan to'lqin uzunlik qiymati olinadi.

9. Shunday tarzda boshqa yorug'lik manbalarining ham to'lqin uzunliklari mikrometrning darajalash grafigi bo'yicha aniqlanadi.

#### **Nazorat savollari va topshiriqlar:**

1. Spektr nima?
2. Dispersiya deb nimaga aytiladi?
3. Dispersiyani so'zlab bering.
4. Nurlanish spektri qachon hosil bo'ladi?
5. Spektrlardan qaysi biri tutash, qaysinisi uzlukli bo'ladi?
6. Elektromagnit nurlanishning qanday turlarini bilasiz?

#### **Adabiyotlar:**

1. G. S. Landsberg. Optika. Toshkent, 1981.
2. I. V. Savelyev. Umumiy fizika kursi. 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F. A. Korolyev. Fizika kursi. Toshkent, 1978.

#### **7-laboratoriya ishi**

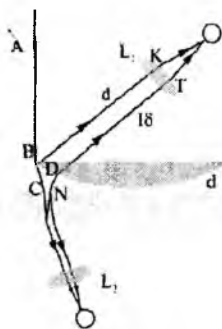
### **LINZANING EGRILIK RADIUSINI NYUTON HALQALARI YORDAMIDA ANIQLASH**

**Kerakli asboblari:** Nyuton halqasini hosil qiluvchi qurilma, shtangensirkul, rangli qog'oz.

**Ishning maqsadi:** ishning birinchi qismida yupqa qatlamlarda kuzatiladigan interferentsion manzarani kuzatish, ma'lum to'lqin uzunligida yassi qavariq linzaning egrilik radiusini aniqlash.

## Nazariy qism

Yassi qavariq linzani yassi parallel plastinkaning yuqori qismiga joylashtirganimizda, ularning oralig'ida havo qatlami hosil bo'ladi.  $n_1$  – linzaning sindirish ko'rsatkichi,  $n_h$  – havoning sindirish ko'rsatkichi,  $n_{sh}$  – shisha plastinkaning sindirish ko'rsatkichi. Agarda yassi linzaga parallel to'lqinlar dastasi tushsa, qisman qaytadi, qisman undan sinib, havo qatlamida o'tib, shisha plastinkadan qisman qaytadi, va qisman undan sinib o'tadi. 7.1-rasmda shartli ravishda to'lqinlarning yo'nalishi ko'rsatilgan.



7.1-rasm.

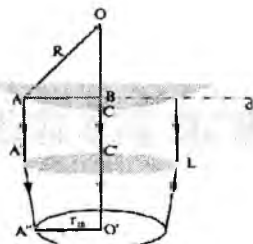
Chizmada birinchi to'lqin shisha qatlamida VS yo'lni o'tganda. Ikkinchi to'lqin ND+DC yo'lni o'tadi, natijada fazalar farqi vujudga keladi. Yassi qavariq linzaning egrilik radiusi katta bo'lganligi tufayli juda kichik masofada bir xil qalinlikdagi havo qatlami deb hisoblash mumkin. Natijada yupqa qatlamda hosil bo'ladigan interferension manzara kuzatiladi. U vaqtda yorug'lik to'lqinlari shisha plastinkadan havoga o'tganligi tufayli elektr maydon kuchlanganligi vektorining fazasi o'zgarmaydi. Shuning uchun interferension manzaraning maksimum ifodasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$2d \cos \beta = \pm m \lambda \quad (1)$$

$\beta$  – sinish burchagi  $m$  – interferension manzaraning tartibi, monoxromatik yorug'lik to'lqin uzunligi. Yorug'lik to'lqinlari yassi qavariq linzaga tik tushgani uchun  $\beta \approx 0$  deb hisoblash mumkin. U holda (1) ifodani tubundagicha yozamiz:

$$2d = \pm m \lambda \quad (2)$$

Laboratoriya uskunasiida o'tgan to'lqinlarda interferension manzara kuzatiladi. Interferension manzara konsentrik aylanmalardan iborat. 7.2-rasmdan ko'rindiki,  $d$  – havo qatlamiga  $r_m$  – aylanal halqa radiusi mos keladi. Havo qatlami qalinlashgan sari interferension halqalarning qalinligi torayib, ular birbiriga yaqinlashib boradi.



7.2-rasm.

Katta havo qatlamida interferension manzara chaplashganligi sababli kuzatilmaydi.

Endi yassi qavariq linza va yassi parallel shisha plastinka oralig'ida  
dagi havo qalinligi  $d_m$  va interferensiyon manzaradagi Nyuton halqalari  
radiuslari orasidagi bog'lanishni ko'raylik.

Rasmda OVA uchburchak uchun  $AO^2 = |OC - BC|^2 + AB^2$  tenglikni  
Pifagor teoremasiga ko'ra yozamiz va belgilashlar kiritamiz.  $AO = R$  lin-  
zaning egrilik radiusi,  $BC = d$  havo qatlamining qalinligi,  $AB$  esa  $r_m$   
Nyuton halqasining radiusi, natijada

$R^2 = (R - d_m)^2 + r_m^2 \Rightarrow R^2 = R^2 - 2Rd_m + d_m^2 + r_m^2; \quad r_m^2 = 2Rd_m; \quad (3)$   
 $d_m$  - havo qatlam balandligi kichik, uning kvadrati juda kichik songa  
teng bo'lganligi uchun e'tiborga olinmaydi. (3) ifodadan

$$d_m = \frac{r_m^2}{2R}; \quad (4)$$

(4) ifodani (2) ga qo'ysak,

$$\frac{2r_m^2}{2R} = \pm m\lambda \Rightarrow r_m^2 = Rm\lambda \quad (5)$$

(5) ifodada Nyuton halqasi radiusi kvadrati, linzaning egrilik radiusiga,  
interferensiyon manzara (Nyuton halqasi)ning  $m$  tartibiga va monoxro-  
matik to'liq uzunlikka bog'liq, ekanligi ko'rinadi. Tajribada  $\lambda$  - to'liq  
uzunligi ma'lum, interferensiyon tartibini sanash mumkin va shtangensir-  
kul yordamida Nyuton halqasining radiusini topish mumkin. U holda  
yassi qavariq linzaning egrilik radiusi  $R$  ni (5) formula orqali hisoblab  
topish mumkin. Natija aniqroq bo'lishi uchun keyingi qo'shni halqalar-  
ning radiusini ham o'lchash kerak. Uning ifodasi quyidagicha bo'ladi:

$$r_{m+1}^2 = R(m+1) \times \lambda \quad (6)$$

Kichik sonlarni kvadratga oshirishda juda kichik son chiqadi. Na-  
tijada o'lchash xatoliklarini baholash katta xatolikka yo'l qo'yiladi. Shu  
sababli (6) ifodadan (5) ifodani ayiramiz, ya'ni

$$r_{m+1}^2 - r_m^2 = R(m+1) \times \lambda - Rm\lambda \Rightarrow r_{m+1}^2 - r_m^2 = R\lambda \quad (7)$$

(7) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$(r_{m+1} - r_m) \times (r_{m+1} + r_m) = R\lambda \quad (8)$$

$$R = \frac{(r_{m+1} - r_m) \times (r_{m+1} + r_m)}{\lambda} \quad (9)$$

Ishning ikkinchi qismida yassi qavariq linzaning egrilik radiusi  
aniqlangan, u holda boshqa monoxromatik to'liq uzunligini aniqlash  
mumkin.

Ifodasi:

$$\lambda = \frac{(r_{m+1} - r_m) \times (r_{m+1} + r_m)}{R} \quad (10)$$

Tajriba o'tkazuvchi qurilma sxemasi 7.3-rasmda keltirilgan.

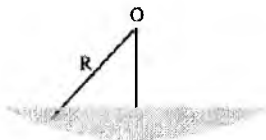
Optik taglikka o'rnatilgan 7.3,b-rasmdagidek sxema asosida yig'ilgan qurilma (7.3,a-rasm.) qavariq linza va qalin shisha plastinkadan tashkil topgan. Bu qurilma uchta vint va xomutlar yordamida bir-biriga mahkamlangan. Vintlar yordamida linza va shisha plastinka orasidagi bo'shliq boshqariladi. Vintlar harakatga keltirilib, Nyuton halqalarini hosil qilish mumkin. Nyuton halqalari yaxshi namoyon bo'lishi uchun qurilmaning ostiga rangli qog'oz qo'yilsa, yaxshi bo'ladi. Nyuton halqalarini qurilmaga nisbatan biror burchak ostida qarab ko'rish mumkin.

### Ishni bajarish tartibi:

1. Nyuton halqasini hosil qiluvchi qurilmani rangli qog'oz ustiga qo'yib, yorug' joyda biror burchak ostida qaraladigan qilib joylashtiriladi.
2. Nyuton halqasini hosil qiluvchi qurilmasidagi vintlarni burab, iloji boricha, ko'proq Nyuton halqalari hosil qilinadi.
3. Shtangensirkul yordamida hosil bo'lgan Nyuton halqasini gardi-shidagi binafsha va qizil to'lqinlarning diametr ( $2r_m$ ) lari o'lchab olinadi.
4. Olingan natijalar asosida (5) va (6) ifodalardan foydalanib, yassi qavariq linzaning egrilik radiusi hisoblanadi.
5. Uning o'rtacha qiymati va o'rtacha kvadratik xatoliklari topilsin.



a)



b)

7.3-rasm. Nyuton halqalarini hosil qiluvchi qurilma (a) va uning optik sxemasi (b).



### **Nazorat savollari va topshriqlar:**

1. Interferensiya deb nimaga aytiladi?
2. Nyuton halqalari qanday hosil bo'ladi?
3. Nyuton halqalarining radiusi o'tuvchi nurlar uchun qanday topiladi?
4. Nyuton halqalarining radiusi qaytuvchi nurlar uchun qanday topiladi?
5. Linza egrilik radiusi deb nimaga aytiladi?
6. Qurilma tuzilishini aytib bering.
7. Ishning bajarish tartibini so'zlab bering.

### **Adabiyotlar:**

1. G. S. Landsberg. Optika. Toshkent, 1981.
2. I. V. Savelyev. Umumiy fizika kursi. 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F. A. Korolyev. Fizika kursi. Toshkent, 1978.
4. S. Bozorova, N. Kamolov. Fizika (optika, atom va yadro fizikasi). Toshkent, 2007.

## 8-laboratoriya ishi

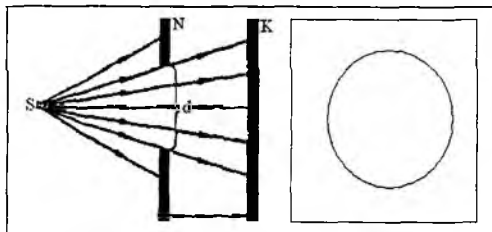
### YORUG'LIK TO'LIQINI UZUNLIGINI DIFRAKSION PANJARA YORDAMIDA ANIQLASH

**Kerakli asbob va materiallar:** 1) difraksiyon panjara; 2) yorug'lik to'liqining uzunligini aniqlashda ishlatiladigan maxsus asbob; 3) yorug'lik manbai; 4) masshtabli chizg'ich.

**Ishning maqsadi:** shishadan tayyorlangan difraksiyon panjara yordamida yorug'lik to'liqini uzunligini aniqlash.

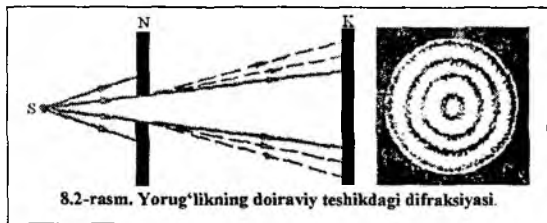
#### Nazariy qism

*Yorug'likning difraksiyasi* deb, yorug'lik to'liqlarining juda ingichka to'siqni aylanib o'tishida, no-shaffof ekrandagi kichkina doiraviy teshikdan yoki tirqishdan o'tishida to'g'ri chiziqli tarqalishdan og'ishiga aytiladi. Difraksiya hodisasida yorug'lik to'liqlari geometrik soya sohasiga kirib boradi.



Ma'lumki, bir jinsli muhitda yorug'lik to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi. Bunga amalda yorug'lik dastasining qorong'i xonada juda kichik tirqishdan o'tishini kuzatib, ishonch hosil qilish mumkin. Agar ingichka yo-

rug'lik dastasining yo'liga o'lchami tushayotgan yorug'lik to'liqini uzunligi bilan taqqoslanarli to'siq qo'yilsa, yorug'lik dastasi shu to'siqni aylanib o'tadi, ya'ni difraksiyalanadi yoki ingichka yorug'lik dastasi no-

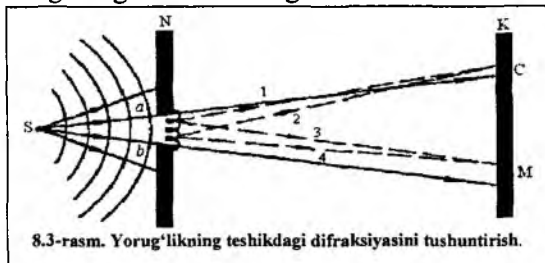


shaffof ekrandagi doiraviy teshikdan o'tib, boshqa ekranga tushayotgan bo'lsin. Agar doiraviy teshikning o'lchami tushayotgan yorug'lik to'liqining uzunligi bilan taqqoslanarli bo'l-

sa, ekranda nurlarning geometrik soya sohasiga ham o'tib ketganligini yoki yorug'likning teshikdan o'tishida avvalgi yo'nalishidan og'ishi hodisasini (difraksiyasini) kuzatamiz.

Endi monoxromatik yorug'likning noshaffof ekrandagi doiraviy teshikdan o'tishdagi difraksiyasini batafsil qaraylik. Yorug'lik manbayidan  $1,5 - 2$  m masofada K ekranni joylashtiraylik. Ularning orasiga  $d$  o'lchamli teshigi bor noshaffof N ekranni o'rnatamiz. U holda K ekranda soya bilan cheklangan yorug' dog' paydo bo'ladi (8.1-rasm).

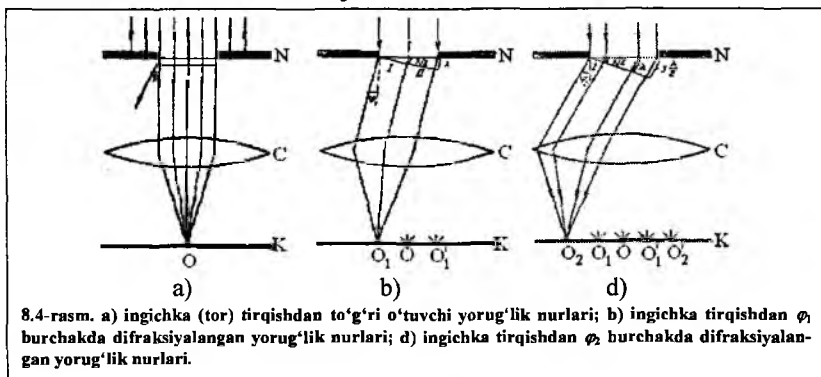
N ekrandagi doiraviy teshik o'lchamini kichraytira borsak, K ekrandagi yorug' dog'ning o'lchami ham kichrayadi. Bu hollarda hali yorug' dog' chekkasini geometrik usul bilan aniqlashimiz mumkin. Agar



8.3-rasm. Yorug'likning teshikdagi difraksiyasini tushuntirish.

dumaloq teshik o'lchamini yanada kichraytirishni davom ettirsak, N ekrandagi teshik o'lchami tushayotgan yorug'lik to'lqini uzunligi bilan solishtirarli darajada kichik bo'lganda, K ekrandagi manzara butunlay o'zgarib ketadi. Bunda K ekrandagi yorug' dog' o'rniga navbatlanuvchi yorug' va qorong'i halqalar vujudga keladi. Buning amalga oshishi uchun  $d \ll L$  shart bajarilishi kerak.

Bunda K ekrandagi yorug' dog' o'rniga navbatlanuvchi yorug' va qorong'i halqalar vujudga keladi. Buning amalga oshishi uchun  $d \ll L$  shart bajarilishi kerak.



8.4-rasm. a) ingichka (tor) tirqishdan to'g'ri o'tuvchi yorug'lik nurlari; b) ingichka tirqishdan  $\varphi_1$  burchakda difraksiyalangan yorug'lik nurlari; d) ingichka tirqishdan  $\varphi_2$  burchakda difraksiyalangan yorug'lik nurlari.

Masalan,  $1,5 - 2$  m masofada difraksiyani kuzatmoqchi bo'lsak, teshik o'lchami  $d$  tushayotgan yorug'lik to'lqin uzunligi  $\lambda$  ga juda yaqin bo'lishi (ya'ni  $d \approx \lambda$ ) kerak. Vujudga kelgan difraksiyon manzarada markaziy juda kichik yorug' dog'ni, uning atrofida navbatlanuvchi yorug' va qorong'i halqalarni kuzatamiz. Markaziy yorug' dog'dan uzoqlashgan sari yorug' halqalar xiralasha boradi (8.2-rasm).

Bundan yorug'lik nurlarni N ekrandagi teshik chekkalarida egiladi deb ayta olamiz. Agar S oq yorug'lik manbai bo'lsa, difraksiyon manzara kamalakka o'xshab bo'yalgan bo'ladi.

Difraksiya hodisasi yorug'likning to'liq xossalari tufayli namoyon bo'ladi. Shuning uchun Gyuygens-Frenel prinsipiga ko'ra tushuntirishimiz mumkin.

S yorug'lik manbayidan chiqayotgan yorug'lik N noshaffof ekrandagi  $ab$  doiraviy teshikdan o'tib, K ekranga tushayotgan bo'lsin.

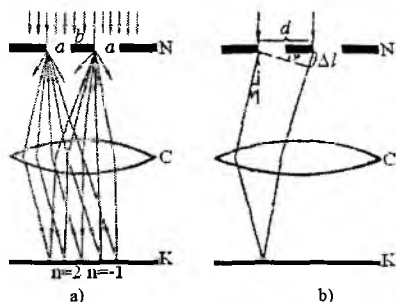
Gyuygens-Frenel prinsipiga asosan, yorug'lik to'liqining (teshikni to'ldirayotgan) fronti  $ab$  qismining har bir nuqtasi yorug'likning ikkilamchi manbai bo'ladi. Bu manbalar kogerent, shuning uchun ulardan chiqayotgan nurlar (to'liqlar) 1 va 2, 3 va 4 o'zaro interferensiyalashadi (8.3-rasm).

K ekranda difraksiyalangan nurlarning interferentsiyasi ro'y beradi. Nurlarning yo'llar ayirmasiga qarab, K ekranda S, M va hokazo nuqtalarda yoritilganlikning maksimumlari yoki minimumlari hosil bo'ladi. Boshqacha aytganda, ikkilamchi manbalardan chiqayotgan nurlarning interferensiyalanishi sababli konsentrik halqalardan iborat difraksiya manzarasi vujudga keladi.

Amaliy optikada chekkalari parallel bo'lgan tirqishdagi difraksiya ko'p uchraydi. Shuning uchun, dastlab, bir tor tirqishdan parallel nurlarda bo'ladigan difraksiyani qaraylik.

**1. Bir tirqishdan hosil bo'ladigan difraksiya.** Parallel monoxromatik nurlar dastasi tor tirqishli N ekranga tik tushayotgan bo'lsin. Tirqish orqasiga S yig'uvchi linza, undan keyin linzaning fokal tekisligiga K ekranni joylashtiraylik.

Tirqishdan avvalgi yo'nalishda o'tayotgan barcha nurlar linza yordamida K ekranda tirqishga parallel bo'lgan yorug' yo'l (dasta)ni hosil qiladi, chunki linza nurlarning yo'l ayirmasini vujudga keltirmaydi. Shu sababli 0 nuqta orqali, yuqorida ko'rsatganimizdek, tirqishga parallel yorug' yo'l – yoritilganlik maksimumi o'tadi (8.4, a rasm).



8.5-rasm. Ikkita tirqishdan yorug'likning difraksiyasi.

Endi tirqishdan dastlabki yo'nalishda o'tgan nurlardan tashqari  $\varphi$  burchaklarda difraksiyalangan nurlarni qaraylik. Tirqishdan  $\varphi = \varphi_1$  burchak ostida difraksiyalangan nurlar dastasidagi eng chekkadagi nurlar yo'l ayirmasi  $\Delta \ell$  yorug'lik to'lqinining uzunligiga, ya'ni  $\Delta \ell = 2 \cdot \frac{\lambda}{2}$  ga teng bo'lsin (8.4, b rasm).

Bu holda  $\varphi_1$  burchakda difraksiyalangan nurlar dastasini shunday ikki I va II Frenel zonalariga ajratish mumkinki, unda I zonaning har bir nuri bilan II zona mos nurining yo'l ayirmasi  $\frac{\lambda}{2}$  ga teng bo'ladi. Natijada (interferensiya shartiga asosan)  $O_1$  nuqtadan qorong'i yo'l – difraksiya minimumi o'tadi. Difraksion manzarada  $O_1$  ga simmetrik bo'lgan  $O_1^1$  nuqtadan ham difraksiya minimumi o'tishini payqash qiyin emas.

Endi  $\varphi = \varphi_2$  burchak ostida difraksiyalangan boshqa nurlar dastasini olsak, uning chekka nurlari orasidagi yo'l ayirmasi  $\Delta \ell = 3 \cdot \frac{\lambda}{2}$  ga teng bo'lsin. Bu holda 'atun dastani uchta I, II, III zonalarga ajratamiz (8.4.d rasm). Ikki qo'shni zonaning mos nurlari bir-birini so'ndiradi (chunki ularning yo'l ayirmasi yarim to'lqin uzunlikka teng), uchinchi zonadagi nurlar esa so'nmaydi va  $O_2$  nuqtadan o'tuvchi difraksiya maksimumini (yorug' yo'lni) beradi.  $O_2$  nuqtada ham difraksiya maksimumini kuzatildi.  $O_2$  nuqtadan chetda joylashgan  $O_3$  nuqtadan yana qorong'i yo'l o'tadi.

Shunday qilib, bir tir-qishdan monoxromatik parallel nurlar o'tganda hosil qilingan difraksiya manzarasi markaziy yorug' yo'ldan har ikkala tomonda simmetrik joylashgan qorong'i va yorug' yo'llarning navbat bilan joylashishidan iborat bo'ladi. Yorug' yo'llarning yoritilganligi markaziy yo'ldan uzoqlashgan sari kamayib boradi.

**2. Ikki va ko'p parallel tirqishlardan hosil bo'ladigan difraksiya.** Endi orasi  $b$  kenglikdagi noshaffof to'siq bilan bo'lingan  $a$  kenglikdagi ikkita tirqishdan hosil bo'ladigan difraksiyani qaraylik.

Shu ikkita tirqishga parallel monoxromatik nurlar dastasi tik tushayotgan bo'lsin. Bunda bu tirqishlar Gyuygens-Frenel prinsipiga binoan, yorug'likning kogerent manbalari bo'ladi. Difraksion manzarada asosiy rolni ikkala tirqishdan difraksiyalangan nurlarning interferensiyasi o'ynaydi.

Ikkala tirqishning chap chekkalariga tushayotgan nurlarni qaraylik. Difraksiya hodisasi sababli tirqishlardan o'tuvchi yorug'lik turli yo'nalishlarda tarqaladi (8.5,a-rasm).

8.5,b-rasm da shu nurlardan  $\varphi$  burchak ostida difraksiyalanuvchi parallel nurlar yo'llarining  $\Delta\ell$  ayirmasi ushbuga tengligi ko'rsatilgan:

$$\Delta\ell = d \cdot \sin \varphi, \quad (1)$$

bu yerda:  $d = a + b$ .

Agar  $\varphi$  burchakda difraksiyalangan bu nurlarni linza yordamida bir chiziqqa to'plansa, ular interferensiyalanadi; interferensiyaning natijasi yo'llar ayirmasining kattaligi  $\Delta\ell$  ga bog'liq.

Bunda ikki holni kuzatamiz:

1. Yo'l ayirmasi to'lqinlarning butun yoki yarim to'lqin uzunligining juft soniga teng, ya'ni

$$d \sin \varphi = n\lambda = 2n \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

Shu shart bajarilganda, K ekrandagi linza orqali o'tgan nurlar to'plangan chiziqda interferensiya maksimumi ro'y beradi.

2. Yo'l ayirmasi yarim to'lqinlarning toq soniga teng bo'lganda, ya'ni

$$d \sin \varphi = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

shartda difraksiyalangan nurlar interferensiya minimumini beradi (bu yerda  $(n=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$ )

Ikkala tirqishdan hosil bo'ladigan difraksiyada ham markaziy maksimum ( $n=0$ ) eng kuchli yoritilgan, birinchi maksimum ( $n=\pm 1$ ) avvalgidan xiraroq, ikkinchi maksimum esa ( $n=\pm 2$ ) yana ham xira bo'ladi.

Tekshirishlar shuni ko'rsatadiki, yorug'likning bir-biriga yaqin joylashgan ko'plab parallel tirqishlar to'plamidan difraksiyalanganida ham difraksiya manzarasi ikki tirqishdan bo'ladigan difraksiya manzarasi kabi bo'ladi. Biroq bu holda difraksiya maksimumlari ravshanroq va torroq, ularni ajratib turgan difraksiya minimumlari esa keng va butunlay qorong'i bo'ladi.

Biz (2) formuladan difraksion manzarada yoritilganlik maksimumlariga mos keluvchi burchaklar

$$\sin \varphi = n \frac{\lambda}{d} \quad (4)$$

ga tengligini topamiz. (3) ga asosan, yoritilganlik minimumlariga mos kelgan burchaklar:

$$\sin \varphi = (2n + 1) \frac{\lambda}{2d} \quad (5)$$

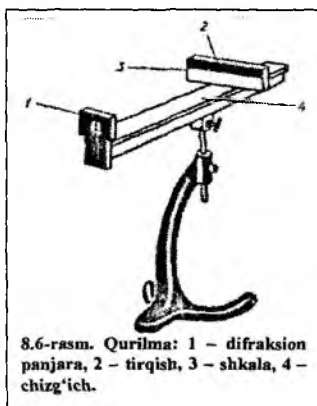
ga teng bo'lishini yoza olamiz.

(4) formuladan difraksiya maksimumlariga mos burchaklarni tanlashimiz mumkin. Tekshirishlar ko'rsatadiki, (4) formuladan ko'p tirqishlardan hosil bo'lgan difraksiya maksimumlarini aniqlashga ham foydalanish mumkin.

Agar oq yorug'likning parallel ko'p sonli tirqishlardan difraksiyasini qarasaq, markaziy yorug' yo'l oqligicha qoladi, undan chekkalarda hosil bo'ladigan maksimumlar esa kamalakka o'xshab bo'yalgan bo'ladi, har qaysi maksimumning ichkari chekkasi binafsha, tashqaridagi chekkasi esa qizil rangda bo'ladi va ular orasida esa boshqa spektral ranglar yotadi. Bu holda difraksiya maksimumlari *difraksiya spektrlari*, *n* soni esa *spektr tartibi* deyiladi.

Mazkur ishda shishadan tayyorlangan difraksion panjara yordamida yorug'lik to'liqini uzunligini aniqlash maqsad qilib qo'yilgan.

### Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi



Bir-biriga juda yaqin ko'p sonli parallel tirqishlar sistemasi *difraksion panjara* deb yuritiladi. Oddiy tiniq (shaffof) difraksion panjarada shisha plastinkaning yuziga aniq bo'lish mashinasi bilan bir-biriga parallel juda ko'p shtrixlar chiziladi. Shtrixlar (chizilgan joylar) orasida chizilmagan yorug'lik o'tkazadigan o'zaro parallel tiniq yo'llar (tirqishlar) qoladi. Shishaning chizilgan joylari yorug'likka tiniq emas, ular plastinkadagi tiniq tirqishlarning noshaffof oraliqlari deb qaraladi.

Difraksion panjaraning tiniq tirqishlarining enini *a*, noshaffof shtrixlarning enini *b* deb belgilasak, u holda  $d = a + b$  ifoda panjaraning *davri* yoki *doimiysi* deb yuritiladi.

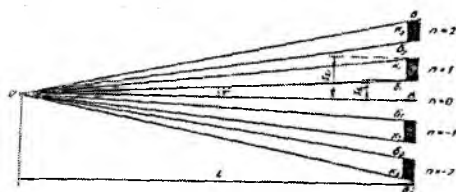
Yaxshi panjaralarda har millimetrda minglab tirqishlar va noshaffof oraliqlar (shtrixlar) bo'ladi. Panjaralar juda aniq tayyorlanadi, ularda

shtrixlar orasidagi masofa birday saqlanishi shart. Difraksion panjara-ning eng qimmatli xossasi – oq yorug‘likni spektrga yoyish qobiliyatidan iboratdir. Difraksion panjara ham prizma kabi spektral asbob hisoblanadi. Ularni ishlatiladigan asosiy soha – spektral analiz uslubi.

Yuqorida biz (4) formulani ko‘p sonli parallel tirqishlar sistemasi – difraksion panjaraga ham qo‘llash mumkinligini aytgan edik. Shuning uchun (4) formulani difraksion panjara formulasi deyish mumkin.

Difraksion panjara yordamida yorug‘lik to‘lqin uzunligini aniqlashda ishlatiladigan eng oddiy asbobni 8.6-rasmda keltirilgan.

Asbobning asosiy qismi to‘g‘ri burchakli taxta bo‘lagi (brusok)dan iborat bo‘lib, uning ustki sirti millimetrlarga taqsimlangan shkalali chizg‘ich 4 ni tashkil qiladi.



8.7-rasm. Difraksion manzara.

Brusokning bir tomondagi uchiga ramka mahkamlangan va ikkinchi uchiga ko‘ndalang qilib metall ekran o‘rnatilgan. Ekraning ustki qismini qoraga bo‘yalgan, pastki qismiga esa millimetrlilik shkala 3 chizilgan. Shkalaning nolinch bo‘limi ekraning o‘rtasiga

mos tushadi va nolinch bo‘lim tepasida tirqish 2 bor. Ekranini brusokning usti bo‘ylab siljitish mumkin. To‘g‘ri tolali elektr chirog‘ini ekrandan 4 – 5 m masofaga joylashtiriladi.

Difraksion panjaradan ekrandagi tirqishgacha masofani 4 chizg‘ich bo‘yicha aniqlanadi.

Mazkur asbob ekraning shkalasi 3 da hosil bo‘ladigan difraksion spektrni bevosita linzasiz kuzatish imkonini beradi, linza rolini kuzatuvchi ko‘zining xrustaligini o‘taydi.

Kuzatuvchi difraksion panjara va 3 shkaladagi tirqish orqali yorug‘lik manbayiga qarab, yorug‘lik manбайдan tashqari yana uning ikki tomonida simmetrik joylashgan difraksion spektrlarni ham ko‘radi. 1-tartibli spektr tirqishga eng yaqin joylashgan, uning tirqish tomondagi chekkasida binafsha rang, tashqari qismida esa qizil rang mavjud. 2-tartibli spektrda ham xuddi shunday manzarani kuzatish mumkin (8.7-rasm).

1-tartibli spektrdagi qizil va binafsha ranglarni  $q_1$  va  $b_1$ , ikkinchi tartibli spektrdagini esa  $q_2$  va  $b_2$  deb belgilaylik.



Difraksion panjara formulasi (4) dan ushbuni yoza olamiz:

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{n} \quad (6)$$

1 va 2-tartibli spektrlar bilan cheklanilganda  $\varphi$  burchakning juda kichikligini e'tiborga olib,  $\sin \varphi \approx \text{tg} \varphi$  deb yoza olamiz. U holda 8.7-rasmdan  $\text{tg} \varphi = \frac{x}{\ell}$  ga teng. Binobarin, (6) formulani quyidagicha yozamiz:

$$\lambda = \frac{d \cdot x}{n \ell} \quad (7)$$

Mazkur laboratoriya ishida berilgan  $d$ ,  $n$  va  $x$ ,  $\ell$  larning o'lchangan qiymatlari asosida (7) formula bo'yicha yorug'lik to'lqinining uzunligi aniqlanadi.

### Ishni bajarish tartibi:

1. Yoritqich (elektr chirog'i) ni o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulanadi.
2. Asbobning ramkasiga difraksion panjara o'rnatiladi. Bunda uning shtrixlari shkaladagi tirqishga parallel bo'lishi kerak.
3. Ekranni difraksion panjaradan shunday masofaga joylashtirish kerakki, unda 3 shkaladan markaziy yorug' yo'l va tirqishning ikkala tomonida uchtadan difraksion spektrlar dastasi ravshan ko'rinadigan bo'lsin. Difraksion panjaradan 3 shkalali ekrangacha bo'lgan masofa  $\ell_i$  o'lchanadi.
4. Shkala tirqishidan chap va o'ng tomondagi 1-tartibli spektrdagi binafsha (spektrning chekkasi) ranglar orasi  $\Delta x_b$  shkaladan  $mm$  larda olinadi va  $x_{b1} = \Delta x_b / 2$  ifoda orqali aniqlanib, jadvalga yoziladi.
5. Xuddi shunday tarzda spektrdagi qizil (spektrning chekkasi) ranglar orasi  $\Delta x_q$  shkaladan  $mm$  larda olinadi va  $x_{q1} = \Delta x_q / 2$  ifoda orqali aniqlanib, jadvalga yoziladi.
6. Xuddi shunday o'lchashlarni 2-tartibli spektrdan va uchinchi tartibli spektr ( $n=3$ ) uchun ham bajariladi. O'lchash natijasi 1-jadvalga yoziladi.  $\ell_1$  holat uchun (7) formula bo'yicha har qaysi tajriba uchun qizil va binafsha nurlarning to'lqin uzunliklari  $\lambda_q$  va  $\lambda_b$  lar hisoblanadi.
7.  $\ell_2$  va  $\ell_2$  masofalar uchun yuqoridagi kabi o'lchashlar bajariladi.
8. O'tkazilgan 9 ta o'lchash asosida  $\langle \lambda_q \rangle$  va  $\langle \lambda_b \rangle$  lar hisoblanadi.
9. O'lchash va hisoblashlar asosida  $\langle \Delta \lambda_q \rangle$ ,  $\langle \Delta \lambda_b \rangle$  va nisbiy xatolar  $E_{\lambda_q}$  va  $E_{\lambda_b}$  lar aniqlanadi. Natijalar 1-jadvalga yoziladi:

**1-jadval**

**Yorug'lik to'liqini uzunligini difraksiyon panjara yordamida aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari**

Tajribalalar	$\ell$	$n$	$x_q$	$h_b$	$\lambda_q$	$\lambda_b$	$\Delta\lambda_q$	$\Delta\lambda_b$	$E_{\lambda_q}$	$E_{\lambda_b}$
1	$\ell_1$	1								
2		2								
3		3								
4	$\ell_2$	1								
5		2								
6		3								
7	$\ell_3$	1								
8		2								
9		3								
O'rtacha qiymat										

**Eslatma.** *Ikkinchi tartibli spektr uchun  $\lambda_q$  va  $\lambda_b$  larni aniqlashda  $n=2$ , uchinchi tartibli spektr uchun  $\lambda_q$  va  $\lambda_b$  larni aniqlashda  $n=3$  deb olish kerak.*

**Nazorat savollari va topshiriqlar:**

1. Yorug'lik difraksiyasi deb qanday hodisaga aytiladi?
2. Gyuygens-Frenel printsiplini bayon qiling.
3. Bir tirqishdan hosil bo'ladigan difraksiyani tushuntiring.
4. Ikki va ko'p tirqishlardan hosil bo'ladigan difraksiyani qanday izohlanadi?
5. Difraksiyon panjaraning tuzilishi qanday va u nimani aniqlash uchun ishlatiladi?
6. Difraksiyon panjara bo'yicha  $\lambda$  ni aniqlash formulasi qanday kelirib chiqariladi?
7. Difraksiyon spektrdagi ranglarning joylashish tartibi qanday?
8. Difraksiyon manzaraning ro'y berishida yorug'likning interferensiyasi hodisasidan foydalansa bo'ladimi yoki yo'qmi?
9. Nima uchun oq yorug'lik difraksiyasida markaziy oq yo'ldan boshqa maksimumlar ranglarga bo'yalgan bo'ladi?

## **Adabiyotlar**

1. G. S. Landsberg. Optika. Toshkent, 1981.
2. I. V. Savelyev. Umumiy fizika kursi. 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F. A. Korolyev. Fizika kursi. Toshkent, 1978.
4. S. Bozorova, N. Kamolov. Fizika (optika, atom va yadro fizikasi). Toshkent, 2007.

## **9-laboratoriya ishi**

### **QUTBLANGAN YORUG‘LIKNI OLISH VA MALYUS QONUNINI O‘RGANISH**

#### **Kirish**

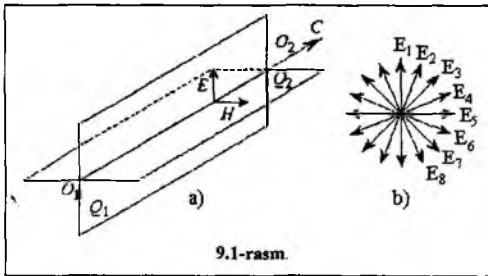
Lazer nurlari qutblangan va monoxromatik nur bo‘lgani uchun uning yordamida (Linnik mikroiinterferometri) yuzalarning shlifi, ya’ni silliqiligi nazorat qilinadi. Shu jumladan, avtomobil texnikasining oyna va boshqa detallarining sifati, ayniqsa, yupqa pardalar bilan ishlanadigan yuzalarda pardalarning qalinligi, sifati nazorat qilinadi. Lazer nurining o‘ta monoxromatik bo‘lishi bu jarayonlarni o‘ta yuqori sifatli qilib o‘tkazishga imkon beradi. Lazer nurlari yordamida elipsometriya usulidan foydalanib esa o‘ta silliq sirtlarning sifati nazorat qilinishi mumkin. Shu jumladan, qutblovchi avtomobil oynalaridan foydalanish, avtomobillarning yoritqichlarini bir-biriga xalaqitini batamom yo‘qotish mumkin. Bu muammo esa XXI asr avtomobillari yaratilishidagi muammolardan biridir.

Shu sababli mazkur laboratoriya ishida qutblangan nurlarni olish va uni o‘rganish uslubiga bag‘ishlangandir.

#### **Nazariy qism**

Har qanday yorug‘lik manbayini juda ko‘p miqdordagi alohida hamda o‘zaro mustaqil yorug‘lik energiyasini nurlantirgichlar (atomlarning yoki molekullarning alohida yoki birgalikda) to‘pla midan iborat deb qarash mumkin.

Har bir alohida atom yoki molekula tomonidan nurlangan yorug‘lik yassi qutblangan elektromagnit to‘lqindan iborat deb qarash mumkin. Bu to‘lqinda elektr maydon  $E$  kuchlanganlik vektori vaqt o‘tishi bilan aniq bir tekislikda o‘zgaradi (tekislikni  $Q_1$  bilan belgilaylik). Magnit maydon  $H$  kuchlanganligi vektori o‘zgaradigan tekislik ( $Q_2$  bilan belgilanadi)  $Q_1$  tekislikka perpendikular joylashadi.



9.1-rasm.

Yorug'likning vakuumda tarqalish tezligini xarakterlovchi  $C$  vektor (9.1,a-rasm)  $O_1O_2$  o'q bo'ylab yo'nalgan va bu o'qda esa  $Q_1Q_2$  tekisliklar o'zaro perpendikular holatda kesishgan bo'ladi.

Ushbu  $O_1O_2$  o'q bo'ylab, vaqtning har bir momentida fazoda tartibsiz holatda joylashgan juda ko'p nurlanish manbalaridan yorug'lik energiyasi tarqaladi. Shuning uchun  $E$  va  $H$  vektorlar  $C$  vektorga perpendikular bo'lishi bilan bir qatorda, fazodagi yo'nalishi  $O_1O_2$  o'qdan o'tuvchi ixtiyoriy tekisliklarda joylashgan bo'ladi (9.1,b-rasm – bu holatda  $C$  vektor rasm tekisligiga perpendikular joylashgan). Yorug'lik tarqalish yo'nalishiga perpendikular bo'lgan elektr vektorining yo'nalishi fazoda ixtiyoriy ravishda joylashgan va bir vaqtning o'zida bor bo'lib yoki bir-biri bilan almashinib turuvchi yorug'lik to'lqinlari to'plamiga tabiiy yorug'lik deb aytiladi.

Tabiiy yorug'likdan yassi qutblangan, ya'ni yorug'lik to'lqinining elektr vektori faqat bir tekislikda tebranuvchi yorug'lik to'lqinini hosil qilishning turli usullari bor. Shulardan biri – bu shisha plastinka sirtiga gerapatit kristallarining yupqa qatlami qoplangan va qutblantirgich deb atalmish optik element orqali tabiiy yorug'lik to'lqinini o'tkazib, yassi qutblangan yorug'lik to'lqinini olishdir. Bu qutblantirgichlardan yorug'lik to'lqinining qutblanishini tahlil etishda foydalansa ham bo'ladi.

Ushbu laboratoriya ishining maqsadi tabiiy yorug'lik to'lqinidan yassi qutblangan nurlanish olish, uning qutblanish darajasini aniqlash hamda Malys qonunini tekshirishdan iborat.

Agar  $J_0$  intensivlikka ega bo'lgan tabiiy yorug'lik to'lqinini qutblantirgichdan o'tkazsak, intensivligi  $J_0$  bo'lgan yassi qutblangan yorug'lik nuri olamiz va uni yana bir marta qutblantirgichdan (ya'ni yorug'lik qutblanishini tahlil etkichdan) o'tkazsak, intensivligi  $J = J_0 \cos^2 \alpha$  bo'ladi. Bu yerda  $\alpha$  qutblantirgich (tahlil etkich)dan o'tguncha va o'tgandan so'ng yorug'lik to'lqin elektr vektorlari tebranayotgan tekisliklar orasidagi burchak.

Agar yassi qutblangan yorug'lik nurlanishidagi elektr  $E$  vektorining amplitudaviy qiymatini  $A_0$  bilan, qutblantirgichdan (ya'ni yorug'lik

qutblanishini tahlil etkich)dan o'tgan yorug'lik nurlanishining elektr E vektorining amplitudasini  $A_0$  bilan belgilasak, quyidagi

$$A = A_0 \cos \alpha \quad (1)$$

ifoda o'rinli bo'ladi. Agar yorug'lik intensivligi elektr vektorining kvadratiga proporsional bo'lsa, u holda

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

Ushbu (2) formula *Malyus qonunini* ifodalaydi.

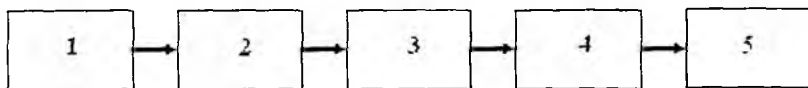
To'la qutblangan to'lqin faqat monoxromatik to'lqinlarga taalluqli. Monoxromatik bo'lmagan to'lqinlar uchun to'la qutblangan to'lqinni kuzatish mumkin emas.

### Qurilmaning tuzilishi

Yuqorida ta'kidlaganimizdek, qutblantirgichdan o'tgan tabiiy yorug'lik to'la qutblanmaydi. Qutblantirgichdan o'tgan yorug'likda qisman tabiiy yorug'lik aralashmasi ishtirok etadi. Bunday hollarda qutblanish darajasini aniqlashimizda quyidagi ifodadan foydalanamiz:

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (3)$$

bu yerda  $I_{\max}$  – tahlil etkichdan o'tgan yorug'lik intensivligining fotoelementda hosil qiladigan fototokining maksimal qiymati (Bu holda qutblantirgichning va tahlil etkichning mos ravishda qutblantirish va tahlil etuvchi tekisliklari ustma-ust tushadi).  $I_{\min}$  – tahlil etkichdan o'tgan yorug'lik intensivligining fotoelementda hosil qiladigan fototokining mi-



9.2-rasm. Tajribaviy qurilmaning blok chizmasi: 1 – yorug'lik manbai; 2 – qutblantirgich; 3 – tahlil etgich; 4 – fotoelement; 5 – o'lchov asbobi.

nimal qiymati (bu hol qutblantirgich va taxlil etkichning qutblantirish va tahlil etuvchi tekisliklari o'zaro ko'ndalang joylashgan).

Laboratoriya ishi qurilmasi 9.2-rasmda keltirilgan qurilma asosida bajariladi. Yorug'lik manбайдan parallel nurlar qutblantirgich va taxlil etkichdan o'tib, fotoelementga tushadi. Fotoelement yorug'lik energiyasini elektr signaliga aylantiradi va uni o'lchash asbobi yordamida qayd qilinadi. Qutblantirgichga tushayotgan yorug'lik intinsivligini  $I_0$  bilan qutblantirgichdan o'tgan yorug'lik intensivligini  $I_0'$  deb olamiz va tahlil

etkichdan o'tgan yorug'lik intensivligi (2) formula orqali topiladi. Shu (2) formula asosida Malyus qonuni tekshiriladi va (3) formula asosida yorug'likning qutblanish darajasi aniqlanadi.

### **Ishni bajarish tartibi:**

1. Yorug'lik manbai elektr tarmog'iga ulanib 2 – 3 minut qizdiriladi.

2. Qutblantirgich va analizatorni bitta o'q bo'yicha yorug'lik nuri yo'liga joylashtiriladi.

3. Kremniyli fotoelementni shunday joylashtirish kerakki, unga ulangan mikroampermetr eng katta ko'rsatkichga erishsin.

4. Tahlil etkichni qutblantirgichga nisbatan aylantirib mikroampermetr ko'rsatkichidan tokning minimal va maksimal qiymatlarini 4 – 5 marta qayd qilish kerak.

5. Tahlil etkich  $360^{\circ}$  qadar 5 – 10 qadam bilan aylantirib, fototoklar kattaligi yozib olinadi.

6. Beshinchi punktdagi ishlar 4 – 5 marta takrorlanadi va jadvalga yoziladi.

7. Ikkinchi ifoda yordamida qutblanish darajasining o'rta qiymati va hatoliklari topiladi.

8. Olingan natijalarning o'rtacha qiymatlari va jadvaldan foydalanib, Malyus qonuni tekshiriladi va grafiki chiziladi.

### **Nazorat uchun savollar:**

1. Yorug'lik tulqinlari deb nimaga aytiladi?

2. Tabiiy yorug'lik deganda nima tushiniladi?

3. Qutblangan yorug'lik deganda nima tushiniladi?

4. Yassi yoki chiziqli qutblangan yorug'lik deganda nima tushiniladi?

5. Tabiiy yorug'likdan qanday qilib chiziqli (yassi) qutblangan yorug'lik olinadi?

6. Qutblantirgich va tahlil etkichlar qanday ishlaydi?

7. Malyus qonunining ifodasini yozing va fizik mohiyatini tushintiring.

8. Yorug'likni nurini qanday element bilan qayd qilinadi va uning qayd qilishi qaysi fizik effekt asosida tushintiriladi?

9. Fotoelementda hosil bo'lgan fototokning kattaligi yorug'lik intensivligiga qanday bog'liq?

## 10. Fototokni qanday asbob bilan o'lchanadi?

### Adabiyotlar:

1. G. S. Landsberg. Optika. Toshkent, 1981.
2. I. V. Savelyev. Umumiy fizika kursi. 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F. A. Korolyev. Fizika kursi. Toshkent, 1978.
4. S. Bozorova, N. Kamolov. Fizika (optika, atom va yadro fizikasi). Toshkent, 2007.

### 10-laboratoriya ishi

## ERITMALARDA YORUG'LIKNING YUTILISH KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH VA BUGER-BER QONUNINI O'RGANISH

### Nazariy qism

Yorug'likning moddalar (suyuqliklar, gazlar, qattiq jismlar) bilan o'zaro ta'siri uning absorbsiya, refraksiyasi, qutblanishi, sochilishi va hokazolar orqali namoyon bo'ladi. Bu hodisalarning har birini miqdoriy tavsiflash uchun ma'lum bir kattaliklar orqali ifodalanadi – bular yutilish koeffitsiyenti, qutblanish darajasi, sochilgan nurning intensivligi va hokazolar bilan nomlanadi.

Yorug'likning ikki muhit chegarasida qaytishi va sinishini o'rganayotganda uning yutilishi va sochilishini hisobga olmaymiz. Shuning uchun bu jarayon faqat bitta kattalik – sindirish ko'rsatkichi  $n$  orqali ifodalanadi. Agar biz yorug'lik intensivligini kamayishini ham hisobga olmoqchi bo'lsak, u holda sindirish ko'rsatkichi bilan bir qatorda muhitda yorug'likni yutilishi va sochilishini hisobga oluvchi ekstinksiya koeffitsiyenti (yoki yutilish ko'rsatkichini) kiritishimiz kerak bo'ladi.

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

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

$$-dx = \beta I dx \quad (1)$$

Ushbu formuladan

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

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

$$I = I_0 \cdot e^{-\beta x}, \quad (2)$$

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

Olingan (2) ifoda adabiyotda Buger qonuni nomi bilan aytiladi. Bu qonunni Buger (1729 yil) tajribada topgan va nazariy jihatdan asoslagan.

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

Bu ishimizda yorug‘likning sochilishini uning yutilishiga nisbati juda kam bo‘lgani uchun yorug‘lik intensivligini kamayishi, asosan, yutilish hisobiga sodir bo‘ladi, ya‘ni (1) dagi proporsionallik koeffitsiyenti ( $\beta$ ) yutilish ko‘rsatkichini bildiradi va yorug‘likning yutilish ko‘rsatkichi

$$\beta = \frac{1}{x} \ln \frac{I(x)}{I_0} \quad (3)$$

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

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



Aralashmali suyuqliklarda yorug'likni yutilishini har tomonlama o'rganib, Ber yutilish ko'rsatkichini (ekstinksiya koeffitsiyentini), yorug'likni solishtirma yutilish ko'rsatkichi ( $k$ ) va aralashma konsentratsiyasi ( $C$ ) ko'paytmasi sifatida tekshirdi:

$$\beta = kC. \quad (4)$$

Bu yerda  $k$  – solishtirma yutilish ko'rsatkichi. U holda Buger qonuni qo'yidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$I = I_0 \cdot e^{-kCx} \quad (5)$$

va yangi kattalik – solishtirma yutilish ko'rsatkichi uchun qo'yidagi ifodani olamiz:

$$k = \frac{1}{Cx} \ln \frac{I(x)}{I_0} \quad (6)$$

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

Xuddi shunga o'xshash bir jinsli moddalar uchun yutilish ko'rsatkichi moddaning zichligiga ( $\rho$ ) proporsional ekanligini qayd qilish mumkin, ya'ni

$$\beta = k\rho \quad (7)$$

(4) va (7) ifodalarni Ber qonuni (qoidasi) ham deyiladi. (4) va (7) lardagi:

$$k_C = \frac{\beta}{C} \quad (8)$$

va

$$K_\rho = \frac{\beta}{\rho} \quad (9)$$

$k_C$  va  $k_\rho$  larning doimiyligi aralashmalardagi molekularning o'zaro ta'siri (kichik konsentratsiyalar) ekstinksiya koeffitsiyentiga ta'sir qilmaslik darajada kichik bo'lganda o'rinli bo'ladi. Bu qoidaning fizik ma'nosi molekulaning yutish qobiliyati atrofda molekulalar ta'siriga bog'liq emasligidan iboratdir.

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

Buger-Ber qonuni (6) yorug'lik yutishni o'lchash yo'li bilan yutuvchi modda konsentratsiyasini aniqlash uchun juda foydalidir. Bu usul, ko'pincha, ximiyaviy analizi juda murakkab bo'lgan moddalar konsentratsiyasini tez topish uchun laboratoriya va sanoatda qo'llaniladi.

Bulardan tashqari, ximiyaviy toza suyuqlikni yoki aralashmani optik xususiyatlarini xarakterlash uchun muhitda yorug'likni o'tish koeffitsiyenti

$$A = \frac{I(x)}{I_0} = \exp(-\beta x) \quad (10)$$

va yorug'likni yutilishini xarakterlaydigan kattalikni aniqlash mumkin.

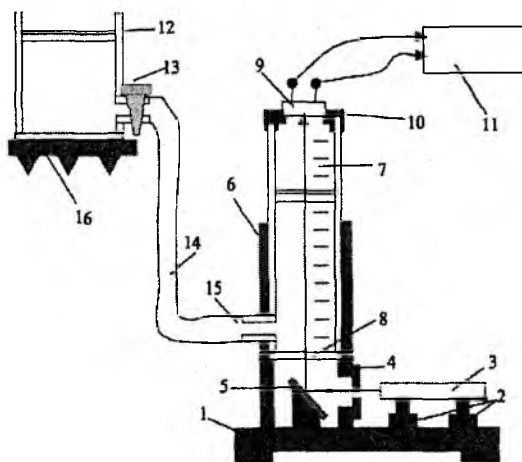
$$B = \frac{I_0 - I(x)}{I_0} \quad (11)$$

$A$  va  $B$  koeffitsiyentlar ayniqsa tajriba har xil to'liq uzunlikli yorug'likda olib borilganda spektral o'tish va yutilishni xarakterlovchi kattaliklar sifatida katta ahamiyatga ega bo'ladi.

### **Qurilma va o'lchash metodikasi**

Suyuqliklarda yorug'likni yutilishini o'rganish va Buger-Lambert-Ber qonunini tekshirish uchun yasalgan qurilmaning sxemasi 10.1-rasmida berilgan.

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



10.1-rasm.

Yarimo'tkazgichli lazer monoxromatik parallel nurlar dastasini hosil qiladi va bu nur dastasi ko'zgdan qaytib, suyuqlik sirtining past qismiga tik tushadi. Suyuqlikning ma'lum qalinligidan o'tgan nurning intensivligi fotodiodda elektr tokini (fototok) hosil qiladi.

Bizga ma'lumki, fotoelementlarda hosil bo'lgan fototok uning yuziga kelib tushayotgan yorug'likning intensivligiga to'g'ri proporsionaldir. Demak, biz suyuqlikning har xil qalinligiga mos keluvchi fototokni o'lchab, berilgan intensivlikdagi nurni ( $I_0$ ) qancha qismi suyuqlik tomonidan yutib qalinligini ( $I_0-I$ ) va qancha qismi suyuqlikdan o'tganligini ( $I$ ) bilishimiz mumkin.

Kyuvetaning tashqi sirtiga joylashtirilgan darajalangan o'lchagichlar 7 yordamida suyuqlik qatlamining aniq bilib va unga mos keluvchi fototokni o'lchagan holda (3) formula orqali berilgan suyuqlikda yorug'likning yutilish (yoki ekstinksiya koeffitsiyentini) ko'rsatkichini hisoblaymiz.

Bu yerda  $I_0$  ni bilish ma'lum qiyinchiliklar hosil qilishi mumkin. Agar  $I_0$  ni suyuqlik sirtiga tushayotgan yorug'likning intensivligi deb, ya'ni kyuvetada suyuqlik yo'qligida o'lchangan fototok orqali belgilashimiz mumkin. Lekin suyuqlik sirtiga nur kelib tushganda, uning bir qismi suyuqlik sirtidan qaytadi.

Bu qiyinchilikni engish uchun berilgan suyuqlikning (distirlangan suv) yoki aralashma uchun har xil qalinliklari uchun (suyuqlik balandli-

gini 5 – 10 sm ga o'zgartirib) o'tgan yorug'lik intensivligiga mos keluvchi fototokni o'lchab, yorug'likning yutilish koeffitsiyentini hisoblash kerak. Masalan,  $x_1$  qalinlik uchun intensivlik  $I_1$  bo'lsa va  $x_2$  uchun  $I_2$  yutilish koeffitsiyenti

$$\beta = \frac{1}{(x_2 - x_1)} \ln \frac{I_2}{I_1}$$

bo'ladi.

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

**Eslatma.** *Suyuqlikli shisha idishni yuqoriga ko'tarilganda, uning balandligi fotodiodning balandligidan 5 sm pastroqda bo'lishi shart!*

**1-mashq.** Bu mashqni bajarishdan asosiy maqsad distirlangan suvda yutilish ko'rsatkichini  $\beta$  hamda o'tish  $A$  va yutilish  $B$  koeffitsiyentlari aniqlanib, Buger Ber qonunining bajarilishi tekshiriladi.

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

qarab, 2–3 marta) qaytariladi va har suvning qalinligi uchun tokning o‘rtacha qiymati olinadi.

Olingan natijalardan foydalanib, yutilish ko‘rsatkichi  $\beta$  hamda (10) va (11) ifodalardagi o‘tish  $A$  va yutilish  $B$  koeffitsiyentlarini topamiz.

**2-mashq.** Bu mashqni bajarishdan asosiy maqsad mis kuporasi-ning suvdagi ma‘lum konsentratsiyali eritmasi yoki kanifolning spirt-  
dagi eritmasining distirlangan suvdagi aralashmasi uchun yutilish ko‘rsat-  
kichini  $\beta$  hamda o‘tish  $A$  va yutilish  $B$  koeffitsiyentlari aniqlanib, Buger  
-Lambert qonuni bajarilishini o‘rganish.

Mashqni bajarish uchun 0,5 litrli shisha idishda yarim litr miqdor-  
da tayyorlangan mis kuporosining suvdagi eritmasi (1–3 % atrofida) oli-  
nadi.

Birinchi bo‘lib shisha idishga (kran berk) mis kuporosining suvda-  
gi eritmasi solinib uni shtativga ma‘lum balandlikda joylashtiriladi.

Fototokni o‘lchash sxemasi ulanib, uning ish holatida ekanligini  
tekshirib ko‘riladi.

Yorug‘lik manbai sifatida ishlatilayotgan lazer yoqilib, uni ishlash  
rejimi stabillashguncha (1 – 2 min.) kutiladi va lazer nuri ko‘zguga qa-  
rab yo‘naltiriladi. Bunda fotodiodda hosil bo‘lgan tok o‘lchanadi. Bu tok  
yorug‘lik intensivligi boshlang‘ich qiymatiga ( $I_0$ ) mos keladi. Bunda bir  
necha marta tokning qiymatini o‘lchab, o‘rtachasi olinadi. So‘ngra rezi-  
na trubkadagi kran ochilib, eritma sathining balandligini 5 sm gacha ko‘-  
tariladi va kran berkitiladi. Yana tokni o‘lchash sxemasi ulanib, shu qa-  
linlikka mos keluvchi fototokni mikroamper ko‘rsatishidan yozib olina-  
di. Eritma ustuni to 35 sm bo‘lguncha har bir 5 sm balandligidagi (de-  
mak, 7 ta nuqtada) fototok o‘lchab boriladi va o‘lchashlar suv har 5 sm  
ga kamaytirilib, tajriba qaytariladi. Bu o‘lchashlar 4 – 6 marta (yuqoriga  
2–3 marta, pastga qarab, 2–3 marta) qaytariladi va har eritmaning qalin-  
ligi uchun tokning o‘rtacha qiymati olinadi.

Olingan natijalardan foydalanib, yutilish ko‘rsatkichi  $\beta$  hamda (10)  
va (11) ifodalardagi o‘tish  $A$  va yutilish  $B$  koeffitsiyentlarini topamiz.

Olingan natijalarni bir-biri bilan taqqoslab xulosalar chiqarish ke-  
rak.

### Nazorat savollari va topshiriqlar:

1. Yorug‘lik to‘lqini suyuqliklarda tarqalganda qanday jarayonlar  
ro‘y berishi mumkin?

2. Buger qonunini ta'riflang va ifodasini yozing.
3. Buger-Ber qonunini tushuntiring va ifodasini yozing.
4. Ushbu qonunlarning qo'llanish chegarasi nimalarga bog'liqligini tushuntiring.

### Adabiyotlar:

1. G. S. Landsberg. Optika. Toshkent, 1981.
2. I. V. Savelyev. Umumiy fizika kursi. 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F. A. Korolyev. Fizika kursi. Toshkent, 1978.

### 11-laboratoriya ishi

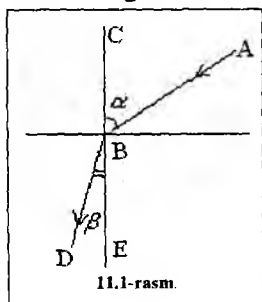
## LAZER NURLARI YORDAMIDA SHISHA PRIZMADA YORUG'LIKNING TO'LA QAYTISH HODISASINI O'RGANISH VA UNING SINDIRISH KO'RSATKICHINI ANIQLASH. GEOMETRIK OPTIKA QONUNLARINI TEKSHIRISH

**Ishdan maqsad:** lazer nurlanishi yordamida shisha prizmada nurlanishning to'la qaytishi o'rganish va shisha prizmani sindirish ko'rsatkichini aniqlash.

**Kerakli asboblari:** 1) Xitoy yarimo'tkazgichli lazeri; 2) yarim doira shaklidagi shisha prizma; 3) maxsus qurilma.

### Nazariy qism

Yorug'lik nurlari ikki muhit chegarasidan o'tayotganda o'z yo'nalishini o'zgartiradi.



Yorug'likning sinish qonuni: tushuvchi nur AB, singan nur DB va CE nurning ikki muhitning ajralish chegarasidagi tushish nuqtasiga o'tkazilgan perpendikular o'zaro qanday joylashishini ta'riflaydi. Bunda  $\alpha$  – tushish burchagi,  $\beta$  – sinish burchagi deyiladi (11.1-rasm).

To'lqinlarning sinish qonuni Gyugens prinsipi yordamida keltirib chiqarilgan. Bu qonun quyidagicha tushuvchi nur, singan nur va ikki muhit chegarasiga nurning tushish nuqtasidan

o'tkazilgan perpendikular bir tekislikda yotadi; tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati berilgan ikki muhit ushun o'zgar-mas kattaligidir:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \quad (1)$$

bu yerda  $n$  – sindirish ko'rsatkichi. Sindirish ko'rsatkichi yorug'likning sinishi sodir bo'layotgan birinchi va ikkinchi muhitlardagi tezliklar nisbatiga teng.

$$n = \frac{\mathcal{V}_1}{\mathcal{V}_2} \quad (2)$$

shuning uchun sinish qonuni quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\mathcal{V}_1}{\mathcal{V}_2} = n \quad (3)$$

Muhitning vakuumga nisbatan sindirish ko'rsatkichi shu muhitning *absolut sindirish ko'rsatkichi* deyiladi. Nisbiy sindirish ko'rsatkichini birinchi va ikkinchi muhitlarning absolut sindirish ko'rsatkichlari orqali ifodalash mumkin:

$$n_1 = \frac{c}{\mathcal{V}_1} \quad \text{va} \quad n_2 = \frac{c}{\mathcal{V}_2}$$

bo'lgani uchun bunda  $c$  – yorug'likning vakuumdagi tezligi bo'lsa,

$n = \frac{\mathcal{V}_1}{\mathcal{V}_2} = \frac{n_2}{n_1}$  deb yozish mumkin. Absolut sindirish ko'rsatkichi kichik

bo'lgan muhitni *optik jihatdan zichligi kichikroq muhit* deb atash qabul qilingan. Yorug'lik optik zichligini kichikroq muhitdan optik zichligi kattaroq muhitga, masalan, havodan shishaga o'tganda  $\beta < \alpha$  bo'ladi va sinish qonuniga ko'ra,  $n > 1$  bo'ladi. Shuning uchun  $\mathcal{V}_1 > \mathcal{V}_2$  singan nur muhitlarning ajralish chegarasiga perpendikular chiziqqa qarab yaqinlashadi. Agar yorug'lik nuri teskari yo'naltirilsa, ya'ni optik zichligi kattaroq muhitdan optik zichligi kichikroq muhitga qaratib, avvalgi singan nur bo'yicha yo'naltirilsa, u holda sinish qonuni quyidagicha yoziladi:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\mathcal{V}_2}{\mathcal{V}_1} = \frac{1}{n} \quad (4)$$

Singan nur optik zichligi kattaroq muhitdan chiqib, avvalgi tushuvchi nur bo'yicha yo'naladi. Shuning uchun  $\alpha < \beta$  ya'ni singan nur perpendikular uzoqlashadi. Tushish burchagining muayyan qiymatida sinish burchagi  $90^\circ$  ga yaqinlashadi va singan nur deyarli ikki muhitning chegara

chizig'i bo'yicha yo'nalgan bo'ladi. Eng katta sinish burchagi  $90^\circ$  bo'lib, bu burchakka  $\alpha_0$  tushish burchagi mos keladi. Bu burchak *to'la qaytish burchagi* deyiladi.

$\alpha > \alpha_0$  bo'lganda yorug'lik sinish mumkin emas. Demak, nur to'liq qaytishi kerak. Ana shu hodisa yorug'likning *to'la qaytishi* deyiladi va u quydagicha aniqlanadi:

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n} \quad (5)$$

### Ishni bajarish tartibi:

**1-mashq.** 1. Bir tomonida,  $360^\circ$  ga bo'lingan doira va masshtabli katakchalar bo'lgan maxsus qurilma o'rtacha yoki kamroq yoritilgan joyga o'rnatiladi.

2. Qalinligi  $1 \text{ sm}$  li, yarim doira shaklidagi shisha prizma, avval, yarim doira tomoni pactga qaratib, uning markazi,  $360^\circ$  li doira markazi bilan ustma-ust tushiriladi va qo'lda yoki tutqich yordamida ushlab turiladi.

3. Lazer nuri havodan shisha prizma markaziga  $360^\circ$  li doirani biror  $\alpha_1$  burchagi orqali yo'naltiriladi.

4. Singan nur shisha prizmani  $R$  radiusi orqali yo'nalib, biror  $\beta_1$  burchak orqali chiqib ketadi.

5. Shunday tarzda  $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  va  $\alpha_5$  burchaklarda nurni yo'naltirib, singan nurning  $\beta_2, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  va  $\beta_5$  burchaklarini o'lchash va jadvalga tushirish mumkin.

6. Sinuslar jadvalidan va (3) formuladan foydalanib,  $n_1, n_2, n_3, n_4$  va  $n_5$  lar hisoblab topiladi.

t/r	$\alpha_i$	$\beta_i$	$n_i$	$n_{o'rt}$	$\Delta n_i$	$\Delta n_{o'rt}$	$E = \frac{\Delta n_{o'rt}}{n_{o'rt}} 100\%$
1							
2							
3							
4							
5							

**2-mashq.** 1. Yarim doira shaklidagi prizmaning markazini,  $360^\circ$  li doiraning markazi bilan ustma-ust tushirib, yarim doira tomonini yuqoriga qaratib joylashtiriladi.



2. Lazer nurini yuqori tomondan  $360^\circ$  li doiraning har xil burchaklari orqali yo'naltirib, yarim doira prizmaning markazidan (shisha-havo) qatlamda singan nurning to'la qaytishiga (chegara bo'ylab ketishiga) erishish kerak.

3. Tushish (yoki to'la qaytishi) burchagi  $\alpha_0$  ni o'lchab (5) formuladan  $n$  ni hisoblash mumkin.

4. Tajribani kamida 3 marta takrorlang.

5. 1-mashqda topilgan  $n_{o'rt}$  bilan ushbu mashqda topilgan  $n_{o'rt}$  bilan solishtiring.

### **Nazorat savollari va topshiriqlar:**

1. Yorug'likning sinishini tushuntirib bering.
2. Yorug'likning to'la qaytishi deb nimaga aytiladi?
3. Absolut sindirish ko'rsatkichi deb nimaga aytiladi?
4. Ishning maqsadi va borishini tushuntiring.
5. Absolut va nisbiy sindirish ko'rsatkichlari haqida tushuncha bering.
6. Chegaraviy burchak nima?
7. Sinish hodisasini Nyuton va Gyuygens nazariyalari asosida tushuntiring.
8. Sindirish ko'rsatgichini fizik ma'nosi nimadan iborat?
9. Sindirish ko'rsatgichi muhitni xarakterlovchi qanday kattaliklarga bog'liq?
10. Yorug'lik nuri shisha plastinkadan o'tishini chizib ko'rsating?
11. Ishning prinsipi nimadan iborat?

### **Adabiyotlar:**

1. G. S. Landsberg. Optika. Toshkent, 1981.
2. I. V. Savelyev. Umumiy fizika kursi. 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F. A. Korolyev. Fizika kursi. Toshkent, 1978.

### 13-laboratoriya ishi

## YARIM O‘TKAZGICHLI LAZERNING ISHLASH TAMOYILINI O‘RGANISH

Respublikamiz xalq xo‘jaligining turli tarmoqlarida lazerlar va ular asosidagi tizimlar ko‘plab ishlatilmoqda. Eng ko‘p ishlatiladigan lazerlardan biri – bu yarimo‘tkazgichli lazer bo‘lib, uning eng sodda turi yarimo‘tkazgichli  $p-n$  o‘tishda ishlaydi.

Yarimo‘tkazgichli lazerlar malumotlarni uzatishda, qabul qilishda va qayta ishlashda, ayniqsa, ko‘plab ishlatiladi. Albatta, lazerlarning ishlashini tushinadigan va ishlatiladigan mutaxassslarni tayyorlash muhim ahamiyatga ega. Ushbu aytilganlardan kelib chiqqan holda, fizika fani o‘tiladigan litsey va kasb-hunar kollejlaridagi o‘quvchilarni hamda oliy o‘quv yurtlaridagi talabalarni ushbu metodik maqolada yarimo‘tkazgichli lazerning eng sodda turlarining ishlash tamoyili bilan tanishtirishga harakat qilindi.

Yarimo‘tkazgichli lazerning ishlashini bayon qilishdan oldin, sodda holda lazer ishlashining fizik asoslarini bayon etish maqsadga muvofiq bo‘lardi.

### Nazariy qism

#### Lazerlar ishlashining fizik asoslari

**Kvant tizim, spontan va majburiy nurlanishlar.** Alohida zarraning (atom, ion, molekula) yoki zarralar to‘plamining ichki energiyasi yoki o‘zaro ta’sirlashuv jarayoni kvant mexanikasi qonunlariga bo‘ysunadi. Kvant tizimlarning xususiyatlari kvant tizimning energetik holati bilan belgilanadi. Bunday kvant tizimlarning ichki energiyasi aniq diskret qiymatlarni qabul qiladi. Energiyaning ko‘plab diskret qiymatlaridan birini energiya sathi deb aytish qabul qilingan. Kvant tizimning bir energetik holatdan boshqa energetik holatga o‘tishi sakrash yo‘li bilan ro‘y beradi. Bu jarayonda energiya nurlanishi yoki yutilishi mumkin. Bu energiya turli ko‘rinishlarda bo‘lishi, yani elektromagnit maydon, issiqlik yoki tovush bo‘lish mumkin. Ko‘zga ko‘rinuvchi elektromagnit nurlanish beruvchi yoki yutuvchi kvant o‘tishlarga optik o‘tishlar deyiladi. Kvant tizimning eng kichik energiyali holatiga asosiy holat deyiladi. Bu holatdagi kvant tizim faqat energiya yutishi mumkin. Asosiy holatning energiyasiga nisbatan boshqa holatdagi kvant tizimning energiyasi katta bo‘lib, bu holat g‘alayontirilgan holat yoki turg‘un bo‘lmagan holat de-

yiladi. Kvant tizim turg'un bo'lmagan holatdan turg'un, ya'ni asosiy holatga qaytishga intiladi. Yuqori energiyali  $E_m$  sathda joylashgan (g'alayontirilgan) zarra ma'lum vaqt oralig'ida, ma'lum bir ehtimollik bilan energiyasi kichik, ya'ni qo'yi  $E_n$  sathga energiyasi  $h\nu = E_m - E_n$  ga teng bo'lgan elektromagnit nurlanish chiqarib, o'tishi mumkin. Bu elektromagnit nurlanishning chastotasi qo'yidagi

$$\nu = \frac{E_m - E_n}{h} \quad (1)$$

ifoda bilan aniqlanadi.

G'alayontirilgan kvant tizimga, ya'ni yuqori energetik sathdagi zarraga chastotasi  $\nu = \nu_{nm} = (E_m - E_n)/h$  bo'lgan tashqi elektromagnit to'lqin ta'sir etsa, bu zarraning nurlanish berib, qo'yi energetik sathga o'tish ehtimolligi keskin ortadi.

Yuqorida aytganlardan kelib chiqib, zarraning yuqori energiyali sathdan quyi energiyali sathga o'z-o'zidan (kvant tizimning ichki fluktuatsiyalar natijasida), ya'ni spontan o'tishida spontan nurlanish jarayoni ro'y beradi. Tashqi elektromagnit nurlanishi ta'sirida, yani  $\nu = \nu_{mn}$  shart bajarilganda zarra yuqori energiyali sathdan qo'yi energiyali sathga majburan o'tadi va bu jarayonda nurlanish beradi. Bu nurlanishga majburiy nurlanish deyiladi. Majburlovchi elektromagnit nurlanishning parametrlari zarraning majburiy o'tishidagi nurlanishining parametrlari bilan aynan bir xildir.

Demak, majburlovchi nurlanishning yoki fotonning (fotoni elektromagnit to'lqin bo'lakchasi deb qarash mumkin) ta'sirida yuqori energetik sathdan quyi energetik sathga o'tgan zarraning chiqargan fotonning chastotasi, fazasi, qutblanishi majburlovchi fotonning parametrlari bilan aynan bir xil bo'lib, nurlanishning (fotonlar oqimining) kogerentligini va o'ta yo'nalganligini ta'minlaydi.

**Sathlarning invers bandligi.** Issiqlik muvozanat holatida kvant tizimda  $N$  ta zarralar bo'lsa, zarralar sonining energetik sathlar bo'yicha taqsimoti yoki energetik sathlarning zarralar bilan to'ldirilganliklarining nisbati quyidagi

$$\frac{N_n}{N_m} = \exp\left(-\frac{E_m - E_n}{kT}\right) \quad (2)$$

ifoda orqali aniqlansa bo'ladi. Bu yerda  $k$  – Boltsman doimiysi,  $E_n$  – pastki  $n$  sathning energiyasi;  $E_m$  – yuqori  $m$  sathning energiyasi;  $N_n$  –

“ $n$ ”-sathdagi zarralar soni (yoki to‘ldirilganligi);  $N_m$  – “ $m$ ”-sathdai zarralar soni (yoki to‘ldirilganligi).

Ikkinchi formuladan ko‘rinib to‘ribdiki,  $T > 0$  da  $N_n > N_m$  bo‘ladi, ya’ni termodinamik muvozanot holatida yuqori energetik sathlarda zarralar soni pastki energetik sathlardagi zarralar sonidan doimo kam bo‘ladi. Energetik sathning energiyasi qanchalik yuqori bo‘lsa, undagi zarralar soni shunchalik kam bo‘ladi. Yutilayotgan energiya miqdori pastki sathdagi zarralar soniga, nurlanayotgan energiya miqdori esa yuqori sathdagi zarralar soniga proporsional bo‘lsa, u holda termodinamik muvozanot holatda energiyani yutilish jarayoni nurlanish jarayonidan ustun bo‘ladi. Bunday muhitning yutilish darajasi  $\alpha > 0$  bo‘lib, muhitdan o‘tayotgan nurlanish intensivligi kamayadi.

Agar  $N_m > N_n$  bo‘lsa muhitda energiya nurlanishi jarayoni energiya yutilishi jarayonidan ustun bo‘ladi. Bunday muhitdan o‘tayotgan nurlanishning intensivligi ortadi va oqimning kuchayish jarayoni ro‘y beradi. Kvant tizimning  $N_m > N_n$  shart bajarilgan holatiga invers invers bandlik holati deyiladi. Ushbu holatli muhitni lazerning faol muhiti deyiladi. Kvant tizimni invers bandlik holatiga o‘tkazish unga tashqaridan energiya berish yo‘li bilan amalga oshiriladi. Bu jarayonga damlash jarayoni deyiladi. Kvant tizimning invers bandlik holati turg‘un bo‘lmagan holat bo‘lib, u ma’lum vaqt o‘tgandan so‘ng, o‘zining turg‘un, ya’ni muvozanatli holatiga qaytadi.

Turli sathlardagi g‘alayontirilgan zarralarning yashash vaqti  $10^{-6} - 10^{-9}$  sekund oraligida bo‘ladi. Ba’zi bir sathlarda esa g‘alayontirilgan zarralarning yashash vaqtlari  $10^{-3}$  sekundlar va undan ham ko‘proq bo‘lishi mumkin. Bunday energetik sathlarga metastabil (uzoq yashovchi) energetik sathlar deb aytiladi. Kvant tizimni g‘alayontirish natijasida metastabil sathda zarralarni to‘plash mumkin va bu sathda undan energiya bo‘yicha kichik bo‘lgan sathga nisbatan invers bandlik hosil qilish mumkin.

Invers bandlik hosil qilingan muhit elektromagnit nurlanishni kuchaytirish uchun xizmat qilish mumkin. Buning uchun kuchaytirilayotgan nurlanish bo‘lishi kerak. Majburiy nurlanish tashqi elektromagnit nurlanish ta’sirida yoki faol muhitni o‘zidagi zarraning yuqori energetik sathdan quyi energetik sathga o‘tishidagi hosil qilgan spontan nurlanishi tasirida hosil bo‘lishi mumkin.

Nurlanishni faol muhitdagi yuqori energetik sathda joylashgan zaralar bilan ta'sirlashuvini va intensivligini oshirish uchun faol muhitni ikki ko'zgudan iborat optik rezonator orasiga joylashtirish zarur. Optik rezonator orasidagi faol muhitda nurlanish uning o'qi bo'ylab tarqalib, ko'p marta ko'zgulardan aks etish jarayonida faol muhit bilan ta'sirlashuv uzunligi ortadi. Buning natijasida majburiy nurlanish miqdori ortadi va nurlanishning kogerentlik va o'ta yo'nalganlik xususiyati yaxshilanadi.

Elektromagnit nurlanishning faol muhiti bo'lgan optik rezonator ichida tarqalishida uning faol muhitda yutilishi va sochilishidan tashqari optik rezonatorning ko'zgularidagi foydali hamda foydasiz yo'qotishlari ham bo'ladi. Agar barcha energiya yo'qotishlarni faol muhit tomonidan to'ldirilib turilsa, kogerent nurlanish generatsiyasi hosil bo'ladi.

Shunday qilib, majburiy (kogerent) nurlanish olish uchun ko'yidagilar bo'lish shart.

- 1) damlash yo'li bilan invers bandlik hosil qilingan (faol) muhit;
- 2) invers bandlikni hosil qilib beruvchi damlash tizimi;
- 3) ma'lum to'lqin uzunlikdagi nurlanishni faol muhit bilan ta'sirlashuv jarayonini va nurlanishining unda yo'nalganligini va kogerentlik xususiyatini oshiruvchi optik rezonator.

### **Yarim o'tkazgichli lazerning ishlash tamoyili**

Yarimo'tkazgichli lazer, qattiq jismli lazerlarning o'ziga xos turiga kiradi. Bu turdagi lazerlarda invers bandlik hosil qilishni va kogerent nurlanish olishni energetik sathlar hamda energetik sohalar asosida tushuntirish mumkin.

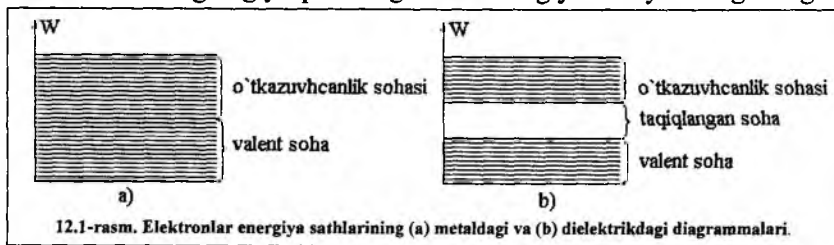
**Energetik sathlar va sohalar.** Kvant fizikasi asoslariga ko'ra, qattiq jismni tashkil etgan atomlardagi elektronlar ulardagi yadrolar bilan elektr kuchlari orqali bog'langan bo'lib, bog'lanish energiyasi diskret qiymatlarni qabul qiladi. Yadroga eng yaqin turgan elektron eng kichik diskret energiyaga ega bo'lib, uni eng quyi energetik sathda joylashgan deb qarash mumkin. Bu yadrodan uzoqlashgan elektronning energiyasi yadroga eng yaqin turgan (ya'ni eng qo'yi energetik sathda joylashgan) elektronning energiyasidan katta bo'lib, u biror yuqori energetik sathda joylashgan deb qabul qilish mumkin.

Elektronlar joylashgan sathlar juda ko'p bo'ladi va qattiq jismning sohalar nazariyasiga, asosan, energetik sathlar to'plami sohalarni tashkil etadi.

**Elektronlarni energetik sohalar bo'yicha taqsimoti.** Qattiq jism atomining elektron qobig'idagi elektronlar yadro bilan bog'langanligi uchun ularni valent elektronlar deyiladi va ular joylashgan energetik sathlar to'plamiga valent soha deb qarash qabul qilingan.

Qattiq jismni tashkil etgan atomning yadrosi bilan bog'lanishi uzilgan elektronlar qattiq jism ichida erkin harakat qiladilar va elektr tokini hosil qilishlari mumkin bo'lganligi uchun ular joylashgan energetik sathlar to'plamiga o'tkazuvchanlik sohasi deb qarash qabul qilingan.

Valent sohaning eng yuqorisida joylashgan elektronlarning yadro bilan bog'lanish energiyasiga teng energetik oraliqni taqiqlangan soha deb qarash qabul qilingan. Bu soha valent soha bilan o'tkazuvchanlik sohalari oralig'ida joylashgan va taqiqlangan sohaning energiya bo'yicha kengligi o'tkazuvchanlik sohasini quyi chegarasining energiyasidan valent sohasining eng yuqori chegarasini energiyasini ayirmasiga teng.

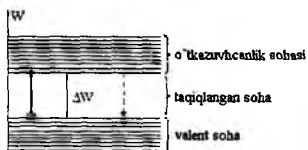


12.1-rasm. Elektronlar energiya sathlarining (a) metallagi va (b) dielektrikdagi diagrammalari.

Elektronlar energetik sathlarning va sohalarning sxematik diagrammasi 12.1-rasmda keltirilgan.

Yarimo'tkazgich moddalarda sohalar diagrammasi 12.1,b-rasmda ko'rsatilgandek bo'ladi. Faqat taqiqlangan sohaning kengligi dielektriklarnikiga nisbatan kamroq bo'lib, qiymati bir elektron volt atrofida bo'ladi.

Yarimo'tkazgich modda (masalan germaniy yoki kremniy) atomining tashqi elektron qobig'ida to'rtadan valent elektronga ega. Ushbu moddaralning fazoviy kristall panjarisi o'zaro valent elektronlar orqali bog'langan atomlardan tashkil topgan. Atomlarning bunday bog'lanishiga *kovalent bog'lanish* deyiladi.



12.2-rasm. Yarimo'tkazgichning energetik strukturasi.

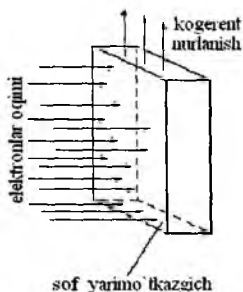
Yarimo'tkazgichning (sof, aralashmasiz) elektr o'tkazuvchanligi yoki unda

invers bandlik hosil bo'li-shini 2-rasmda keltirilgan energetik struktura orqali tu-shintirish qo'layroq.

Harorat mutloq nolda yarimo'tkazgichdagi barcha elektronlar yadro bilan bog'langan bo'lib, ular valent sohada joylashgan bo'ladi va bu holda yarimo'tkazgich dielektrikdan farq qilmaydi. Harorat orta boshlagan sari, valent sohadagi bog'langan elektronlarning energiyasi ortib, yadro bilan bog'lanishni uzib, o'tkazuvchanlik sohasiga o'ta boshlaydilar. Ushbu o'tishlardan biri 12.2-rasmda valent sohasidan o'tkazuvchanlik sohasiga yo'nalgan tutash chiziq bilan ko'rsatilgan. Shunday qilib, o'tkazuvchanlik sohasida erkin elektron tok tashuvchilar, valent sohada kovak tok tashuvchilar paydo bo'ladi. Bir vaqtning o'zida sof yarim o'tkazgich moddada elektronli va kovakli o'tkazuvchanlik paydo bo'ladi. Issiqlik ta'sirida ushbu elektronlar va kovaklar tartibsiz harakatda bo'lalilar hamda uchrashib rekombinatsiyalashishadi. Bu jarayon 12.2-rasmda o'tkazuvchanlik sohasidan valent sohaga yo'nalgan punktir chiziq bilan ko'rsatilgan.

**Invers bandlik va kogerent nurlanish hosil qilish.** Sof yarimo'tkazgichda erkin elektronlarni va kovaklarni issiqlik ta'siridan tashqari, katta energiyali (tezlikdagi) elektronlar, radioaktiv nurlanish yoki fotonlar oqimi bilan hosil qilish mumkin. Ushbu usulning sxematik chizmasi 12.3-rasmda tasvirlangan.

Plastinkaning olti tomonidan ikki qarasha-qarshi tomoni 12.3-rasmda ko'rsatilgandek silliqqlangan va ular optik ko'zgu vazifasini bajaradilar. Qolgan tomonlari g'adir-budir qilib ishlov berilgan. Energiyasi 50 va 100 keV oralikdagi elektronlar oqimi yassi plastina ichiga kirib boradi va undagi bog'langan elektronlar bilan to'qnashib, ularni uzib, valent sohadan o'tkazuvchanlik sohasiga o'tkazadilar. Bu elektronlar



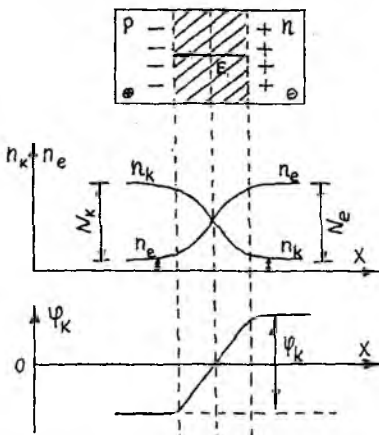
12.3-rasm. Elektronlar oqimi bilan sof yarimo'tkazgichda kogerent nurlanish olishning sxematik chizmasi.

o'tkazuvchanlik sohasining tubida to'planishadi. Valent sohada bog'lanishdan uzilgan elektronlar o'rnida esa kovaklar paydo bo'ladi va ular valent sohaning yuqori qismida to'planadi.

Bu holatda o'tkazuvchanlik sohasidagi erkin elektronlar soni termodinamik muvozanat holatdagi yarimo'tkazgichning o'tkazuvchanlik sohadagi erkin elektronlar sonidan ko'p bo'ladi va, o'z navbatida, valent sohadagi kovaklar soni termodina-

mik muvozanatdagi yarimo'tkazgichning valent sohasidagi kovaklar sonidan ortiq bo'ladi. Sof yarimo'tkazgichdagi ushbu holatga *invers bandlik holati* deyiladi.

Sof yarimo'tkazgich hajmining biror nuqtasida zarralarning issiqlik ta'siridan tartibsiz harakati natijasida erkin elektron va kovak uchra-shib, rekombinatsiya natijasida nurlanish beradi. Bu nurlanish barcha yo'nalishlarda tarqaladi va sirti ko'zgu bo'lgan tomonlardan ko'proq aks etadi. Bu nurlanish invers bandlik hosil bo'lgan yarimo'tkazgichdan o'tishi natijasida kovaklar va elektronlar bilan ta'sirlashib, ularni maj-



12.4-rasm. Yarimo'tkazgichli  $p-n$  o'tishdagi jara-yonlarni tushuntirish uchun zarur bo'lgan chizma-lar. ( $n_k$  - kovaklar,  $n_e$  - elektronlar konsentratsiya-si).

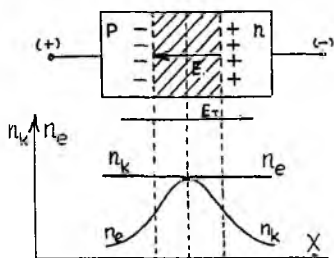
zluksiz davom etishi uchun yarimo'tkazgich plastinaga tashqaridan uz-lik-siz ravishda elektronlar kiritilib turishi kerak. Tajribalarning ko'rsati-shicha bu usuldagi damlash jarayonida yarimo'tkazgich plastina tez qi-zib ketadi, shuning uchun u majburiy ravishda sovutilib turilishi zarur.

**Yarimo'tkazgichli injeksion lazer.** Yarim o'tkazgichli injeksion lazerning ishlash tamoyili turli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarim-o'tkazgichlarning o'tish sohasidagi  $p-n$  o'tish yoki  $n-p$  o'tish hodisasiga asoslangan.  $p-n$  o'tish hodisasini ko'rish uchun misol tariqasida to'rt va-lentli bir xil moddali sof yarimo'tkazgich olinadi, uni ikki qismga ajra-tib, ularga mos ravishda uch va to'rt valentli sof yarimo'tkazgich mod-dalar kiritilib, turli xildagi, ya'ni ( $p$ - va  $n$ -) o'tkazuvchanlik hosil qili-



nadi. Shu qismlar orasida shartli o'ta yupqa qatlam bor deb, bu qatlamni ikki xildagi o'tkazuvchanlikga ega o'tkazgichlarning bir-biri bilan tushgan sohasi, ya'ni kontakt sohasi deb qarash mumkin. Ushbu kontakt sohasi-dagi  $p-n$  o'tish hodisasini ko'raylik (12.4-rasm). Masalaning mohiyatini tushunish oson bo'lishi uchun  $p$ - va  $n$  o'tkazuvchanlikga ega bo'lgan yarimo'tkazgichlarda asosiy tok tashuvchilarning miqdorlari o'zaro teng deb olish mumkin (12.4 rasm).

Kontakt hosil qilingan boshlang'ich paytda  $p$ -sohasidagi kovaklar konsentratsiyasi  $n$ -sohadagi kovaklar konsentratsiyasidan  $n$ -sohadagi elektronlar konsentratsiyasi esa  $p$ -sohadagi elektronlar konsentratsiyasidan katta bo'ladi (12.4-rasm). Buning natijasida  $p-n$  o'tish kontakt sohasida elektronlar va kovaklarning diffuziyasi vujudga keladi.



12.5-rasm. Yarimo'tkazgichli  $p-n$  o'tishga tashqi elektr maydon qo'yilgandagi jarayonlarni tushuntiruvchi chizma ( $n_k$  – kovaklar,  $n_e$  – elektronlar konsentratsiyasi).

$p$  sohadan  $n$  sohaga kovaklarning,  $n$  sohadan  $p$  sohaga elektronlarning siljishi natijasida ular kontakt sohasida uchrashib rekonbinatsiyalashadi. Kontakt sohasining chegaralarida mos holda asosiy bo'lmagan tok tashuvchilar, yani mos ravishda musbat va manfiy ionlarning yuzaga chiqadi va o'rtada zaryadlar kamaygan soha vujudga keladi. Bu sohaning vujudga kelishi va asosiy bo'lmagan tok tashuvchi musbat va manfiy ion-

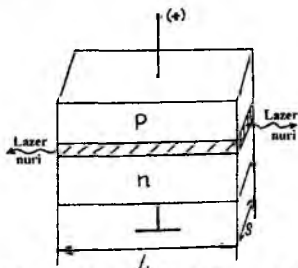
larning yuzaga chiqishi, shu sohada ikki qoplamlari musbat va manfiy zaryadlangan kondensator kabi ikki qatlam vujudga keladi. Bu qatlamda potentsiallar ayirmasi  $\phi_k$  va maydon kuchlanganligi  $E_k$  bo'lgan elektr maydon paydo bo'ladi (12.4-rasm). Bu elektr maydonning yo'nalishi shundayki, u asosiy tok tashuvchilarning harakatiga to'sqinlik qilib, asosiy bo'lmagan zaryadlarni harakatlantirib ko'chiradi. Bu zaryadlarning ko'chish natijasidagi tokni *siljish toki* deyiladi.

6 расм

Asosiy tok tashuvchilarning diffuziyasi natijasidagi tok, asosiy bo'lmagan tok tashuvchilarning siljish tokiga teng bo'lganda kontakt sohasida dinamik muvozanat vujudga keladi. Bu holda zaryadlarga kambag'allashgan soha yarimo'tkazgichning elektron va kovak o'tkazuvchanlikga ega bo'lgan qismlarini bir-biridan ajratib turadi. Bunday sohani

to'siq qatlam deb, paydo bo'lgan poten-siallar ayirmasini esa, *potensial to'siq* deb atash qabul qilingan.

Shu  $p-n$  o'tish sohasiga tashqi elektr manbayi ulangan holni ko'raylik (12.5-rasm). Tashqi elektr manbaning manfiy qutbini  $p-n$  o'tishning  $p$  qismiga, elektr manbaning musbat qutbini  $p-n$  o'tishning  $n$  qismiga ulaylik. Bu holda  $p-n$  o'tishdagi potensial to'siqning miqdori ortadi va asosiy tok tashuvchilarning o'tishi yanada yomonlashib, diffuzion tokning miqdori nolga teng bo'ladi.



12.6-rasm. Yarimo'tkazgichli  $p-n$  o'tishda ishlovchi injeksiyali lazerning konstruksiyasi ko'rsatilgan.

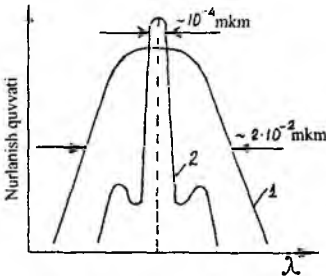
Endi elektr manbaning musbat qutbini  $p-n$  o'tishning  $p$  qismiga, manfiy qutbini esa  $n$  qismiga ulaylik (12.5-rasm). Bu holda elektr manbaining  $p-n$  o'tishda hosil qilgan elektr maydon kuchlanganligi  $p-n$  o'tishning xususiy elektr maydon kuchlanganligiga teskari bo'ladi va *yi-g'in-di* elektr maydon miqdori kamayadi. Buning natijasida asosiy tok ta-shuvchilarning  $p-n$  sohadan o'tish miqdori ortadi. Bu holda ulanish to'g'ri ulanish deyiladi

va tashqi elektr maydon tasirida  $p$ -sohadan  $n$ -sohaga kovaklar,  $n$ -sohadan  $p$ -sohaga elektronlar kiritiladi (injeksiyalanadi).

Ushbu holda donorli va aktseptorli aralashmalarning konsentratsiyasi  $10^{18}-10^{19} \text{ sm}^{-3}$  bo'lgan yarimo'tkazgichlardagi elektronlarni va kovaklarni tashqi elektr maydon ta'sirida  $p-n$  o'tish sohasiga kiritilib, invers bandlik ( $p$ -sohadagi o'tishda termodinamik muvozanat holatiga nisbatan elektronlarning,  $n$ -sohadagi o'tishda termodinamik muvozanat holatiga nisbatan kovaklarning ko'proq bo'lishiga erishiladi) hamda ularning shu sohada uchrashib rekombinatsiyasi natijasida esa majburiy nurlanish olinadi. Yarimo'tkazgichning  $p-n$  o'tish tekisligiga ko'ndalang bo'lgan ikki tomonlarning sirtlari yaxshilab silliqilanadi (12.6-rasm). Bu sirtlar yarimo'tkazgichli lazer optik rezonatorining ko'zgulari vazifasini bajaradi.

### Yarimo'tkazgichli lazerning asosiy tavsiflarini o'lchovchi tajriba qurilmasining bayoni

Xitoy yarimo'tkazgich lazerining parametrlarini va tavsiflarini o'lovchi qurilma lazerli dioddan, uning elektr ta'minot manbaidan (BP-47), mexanik modulordan, intensivlikni susaytirgichdan, FD-7K turdagi fotodioddan, ostsillografdan (C1-77) va V3-38 turdagi millivoltmetrdan iborat bo'lib, nurlanishning ko'p parametrlarini o'lchash im-koniyatini beradi.



12.7-rasm. Yarimo'tkazgichli p-n o'tishda ishlovchi injeksiyalı lazerning spektral xarakteristikasi ko'rsatilgan: 1 - spontan nurlanish holat. 2 - majburiy nurlanish holatida.

Lazer nuri mexanik modulyatordan, intensivlikni susaytirgichdan o'tib, fotodiod FD-7K tomonidan qabul qilinib, elektr signaliga aylantirildi. Elektr signal so'ngra chastota polosasi 10 kGts gacha bo'lgan (V3-38) millivoltmetr tomonidan o'lchanadi. Millivoltmetr (V3-38)ning ko'rsatishi bo'yicha lazer nurlanishining quvvati nisbiy kattaliklarda aniqlanadi.

Generatsiya effektivligi  $\gamma$  damlash quvvatiga bog'liq holda quyidagi

$$\gamma = \frac{P}{P_n} \quad (1)$$

formula bilan aniqlanadi. Bu yerda  $P$  - lazer nurlanishining quvvati,  $P_n$  - elektr ta'minot quvvati.

Nurlanishning qutblanish darajasi  $\eta$  quyidagi formula

$$\eta = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (2)$$

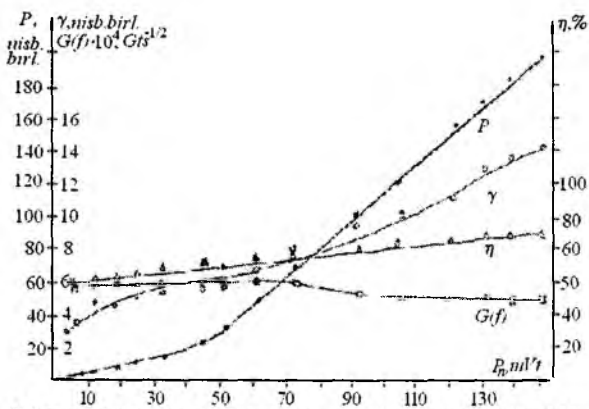
bilan aniklanadi. Bu yerda  $I_{\max}$  va  $I_{\min}$  mos holda qutblantirgichni lazer nuri atrofida  $360^\circ$  ga burishdagi fotoqabulqilgichda hosil bo'lgan elektr tokining maksimal va minimal qiymatlari.

Yarimo'tkazgichli lazer nurlanishi shovqinlarining spektral zichligi V3-38 tipdagi millivoltmetr yordamida aniqlanadi. Buning uchun elektr signalining doimiy  $U_{\approx}$  va o'zgaruvchan  $U_{\approx}$  tashkil etuvchilari FD-7K dan olinadi. Lazer nurlanishi shovqinlarining spektral zichligi bu holda quyidagi

$$S(f) = \frac{U_{\approx}}{U_{\approx}} \Delta f^{-1/2}; \quad (3)$$

formula bilan aniklandi. Bu yerda  $\Delta f$  - V3-38 millivoltmetrining o'tkazish polosasi ( $\Delta f = 10$  kGts).

## Quvvat, qutblanish va shovqin xarakteristikalari



12.8-rasm. Yarimo'tkazgichli lazer  $P$ ,  $\gamma$ ,  $\eta$ , va  $G(f)$  parametrlarining elektr ta'minot  $P_n$  quvvatiga bog'liqlik grafiqi.

Lazer nurlanishining quvvatini  $P$ , generatsiya effektivligini  $\gamma$ , qutblanish darajasi  $\eta$  va nurlanish shovqinining spektral zichligini  $G(f)$ , lazerli diodning elektr  $P_n$  ta'minot quvvatiga bog'liqligi olindi va natijalar 12.8-rasmda keltirilgan.

12.8-rasmda ko'rinib turibdiki, yarimo'tkazgichli lazerning damlash quvvati 3 dan 150  $mVt$  gacha ortganda lazer nurlanishi quvvati 3 dan 200 nisbiy birliklargacha ortgan bo'lsa, generatsiya effektivligi 3 dan 14 gacha ortdi. Lazer nurlanishining bunday chiziqli ravishda ortishini  $p-n$  o'tishdagi elektron va kovaklar konsentratsiyasining chiziqli ortishi bilan tushuntirish mumkin. Bu holni  $p-n$  o'tishga qo'yilgan kuchlanishni chiziqli ortirganimizda undan o'tayotgan tokning chiziqli ortishi ham tasdiqlaydi. Bu hol yarimo'tkazgichli lazer o'zining to'yingan ish rejimiga etmaganligini bildiradi. Va, nihoyat, damlash quvvati 150  $mVt$  bo'lganda generatsiya effektivligi o'zining maksimal 14 kiyamatiga erishadi. Generatsiya effektivligining oshishi bilan nurlanishning qutblanish darajasi ham o'zining minimal 60 % li qiymatidan maksimal 89 % li qiymatiga erishadi. Bunday natijalarni yarimo'tkazgichli lazerning  $R_n$  quvvatini orttirilganda generatsiya sharoiti yaxshilanishi bilan tushuntirsa bo'ladi. Damlash quvvati yanada oshiriladigan bo'lsa,  $p-n$  o'tish qiziydi va kogerent generatsiya holati buziladi hamda lazer quvvati, generatsiya effektivligi, qutblanish darajasi pasayib ketadi.

12.8-rasmdan yana shu narsa ko‘rinib turibdiki, damlash quvvati 150 mVt gacha o‘zgarganda lazer nurlanishi shovqinlarining spektral zichligi o‘zgarmay qoldi. Bunga sabab yarimo‘tkazgichli  $p-n$  diodning damlash quvvati ortishi bilan lazer nurlanishiniyig doimiy va o‘zgaruvchan (ya’ni fluktuatsiyali tashkil etuvchisi) bir xil ortishidir.

Yuqorida aytilganlardan tashqari ushbu qurilmadan o‘quv-laboratoriya darsida foydalanilsa bo‘ladi va unda quyida ko‘rsatilgan laboratoriya mashqlarini bajarsa bo‘ladi.

## LABORATORIYA MASHQLARI

**1-mashq. Lazer nurlanishi quvvatining elektr ta'minot kuchlanishiga bog'liqligini o'rganish.**

1. Lazerni nurlanishi fotoqabulqilgichga tushadigan qilib joylashtiramiz.

2. Fotoqabulqilgich simlarini elektr tokini o'lchovchi asbobga ulaymiz.

3. Lazerni elektr ta'minot manbaiga ulaymiz.

4. Lazer nurlanish quvvatining ( $I=f(U_T)$ ) elektr ta'minot manba-yining kuchlanishiga bog'liqligini olamiz. Bu yerda 1 – mikroampermetr bilan o'lchangan fototok, u lazer nurlanishi quvvatiga mutanosib katta-lik.

5. Olingan natijalarni jadval ko'rinishida yozib, ular asosida  $I=f(U_T)$  bog'lanish grafigini chizamiz.

**2-mashq. Bir o'lchamli difraksion panjara yordamida lazer nurlanishining to'lqin uzunligini aniqlash.**

1. Difraksion panjarani va ekranni lazer nuri bo'ylab joylashtira-miz.

2. Ekrandagi difraksion manzaradagi asosiy va yordamchi maxi-mumlarining holatini aniqlaymiz. Maksimumlar orasidagi  $\Delta x_n$  masofani va difraksion panjaradan asosiy maksimumgacha bo'lgan  $Z$  masofani bilgan holda, ushbu

$$\varphi_k = \arctg\left(\frac{\Delta x_n}{Z}\right)$$

formula asosida difraksiya burchagini aniqlaymiz.

3. Nurlanish to'lqin uzunligini 2-punkttdagi natijalar asosida quyidagi

$$\lambda = \frac{d \cdot \sin \varphi}{n}$$

formula asosida aniqlaymiz. Bu yerda  $n$  – difraksiya tartibi,  $d$  – difrak-sion panjara doimiysi.

**3-mashq. Lazer nurlashining qutblanish darajasini o'lchash.**

1. Qutblantirgichni va fotoqabulqilgichni lazer nuri bo'ylab joy-lashtiramiz.

2. Qutblantirgichni shtrixlardan birini tutqichdagi belgi bilan moslashtiramiz.

3. Fotoqabulqilgichning simlarini elektr tokini o'lchash asbobiga ulaymiz.

4. Lazerni elektr tok manbaiga ulaymiz va ta'minot manbai kuchlanishni  $4 V$  ga qo'yamiz.

5. Quyidagi

$$\eta = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

formula asosida qutblanish  $\eta$  darajasini aniqlaymiz. Bu yerda  $I_{\max}$  va  $I_{\min}$  mos holda qutblantirgichni lazer nuri atrofida  $360^\circ$  ga burishdagi fotoqabulqilgichda hosil bo'lgan elektr tokining maksimal va minimal qiymatlari.

#### Adabiyotlar:

1. G. S. Landsberg. Optika. Toshkent, "O'qituvchi", 1981.

2. Fizikadan praktikum (I. V. Iveronova tahriri ostida). Toshkent, "O'qituvchi", 1979.

3. I. V. Savelyev. Umumiy fizika kursi. 3-tom, Toshkent, "O'qituvchi", 1976.

## MUNDARIJA

So‘zboshi.....	3
<b>1-laboratoriya ishi.</b> Shishaning sindirish ko‘rsatkichini nina sanchish usul bilan aniqlash.....	4
<b>2-laboratoriya ishi.</b> Mikroskopning tuzilishini o‘rganish va uning yordamida shisha plastinkaning sindirish ko‘rsatkichini aniqlash.....	10
<b>3-laboratoriya ishi.</b> Yig‘uvchi linzaning fokus masofasini aniqlash...	14
<b>4-laboratoriya ishi.</b> Sochuvchi linzaning fokus masofasini aniqlash...	16
<b>5-laboratoriya ishi.</b> Fotoelement yordamida fotoeffektning asosiy qonuni va fotometriya qonunlarini tekshirish. Yoritilganlik qonunini o‘rganish.....	18
<b>6-laboratoriya ishi.</b> Spektroskopni darajalash, darajalangan egri chiziq bo‘yicha yorug‘lik to‘lqin uzunligini aniqlash.....	21
<b>7-laboratoriya ishi.</b> Linzaning egrilik radiusini Nyuton halqalari yordamida aniqlash.....	28
<b>8-laboratoriya ishi.</b> Yorug‘lik to‘lqini uzunligini difraksion panjara yordamida aniqlash.....	33
<b>9-laboratoriya ishi.</b> Qutblangan yorug‘likni olish va Malyus qonunini o‘rganish.....	42
<b>10-laboratoriya ishi.</b> Eritmalarda yorug‘likning yutilish koeffitsiyentini aniqlash va Buger-Ber qonunini o‘rganish.....	46
<b>11-laboratoriya ishi.</b> Lazer nurlari yordamida shisha prizmada yorug‘likning to‘la qaytish hodisasini o‘rganish va uning sindirish ko‘rsatkichini aniqlash. Geometrik optika qonunlarini tekshirish.....	53
<b>12-laboratoriya ishi.</b> Yarim o‘tkazgichli lazerning ishlash tamoyilini o‘rganish.....	57
<b>Laboratoriya mashqlari.....</b>	<b>69</b>



**Ulug‘bek Aminov, Ollayor Avezmuratov,  
Uchqun Qutliyev, Anvar Matnazarov**

**“OPTIKA” FANIDAN LABORATORIYA ISHLARI”**  
(O‘quv-uslubiy qo‘llanma)

**Muharrir Ro‘zimboy Yo‘ldoshev**  
**Texnik muharrir Sherali Yo‘ldoshev**  
**Musahhah Tamara Turumova**

UrDU noshirlik bo‘limi O‘zbekiston matbuot va axborot agentligining 2009-yil 19-avgustdagi №148 raqamli buyrug‘i bilan qayta ro‘yxatdan o‘tkazilgan.

Terishga berildi: 2.12.2013.

Bosishga ruxsat etildi: 7.12.2013.

Ofset qog‘ozi. Qog‘oz bichimi 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Tayms garniturası. Adadi 100. Buyurtma №.50.

Hisob-nashriyot tabag‘i 3,2.

Shartli bosma tabag‘i 3.

UrDU noshirlik bo‘limida tayyorlandi.

Manzil: 220110. Urganch shahri,

H. Olimjon ko‘chasi, 14-uy.

Telefon: (8-362)-224-27-58.

UrDU bosmaxonasida chop etildi.

Manzil: 220110. Urganch shahri,

H. Olimjon ko‘chasi, 14-uy.

Telefon: (8-362)-224-27-58.

ISBN 978-9943-4014-0-2



9 789943 401402