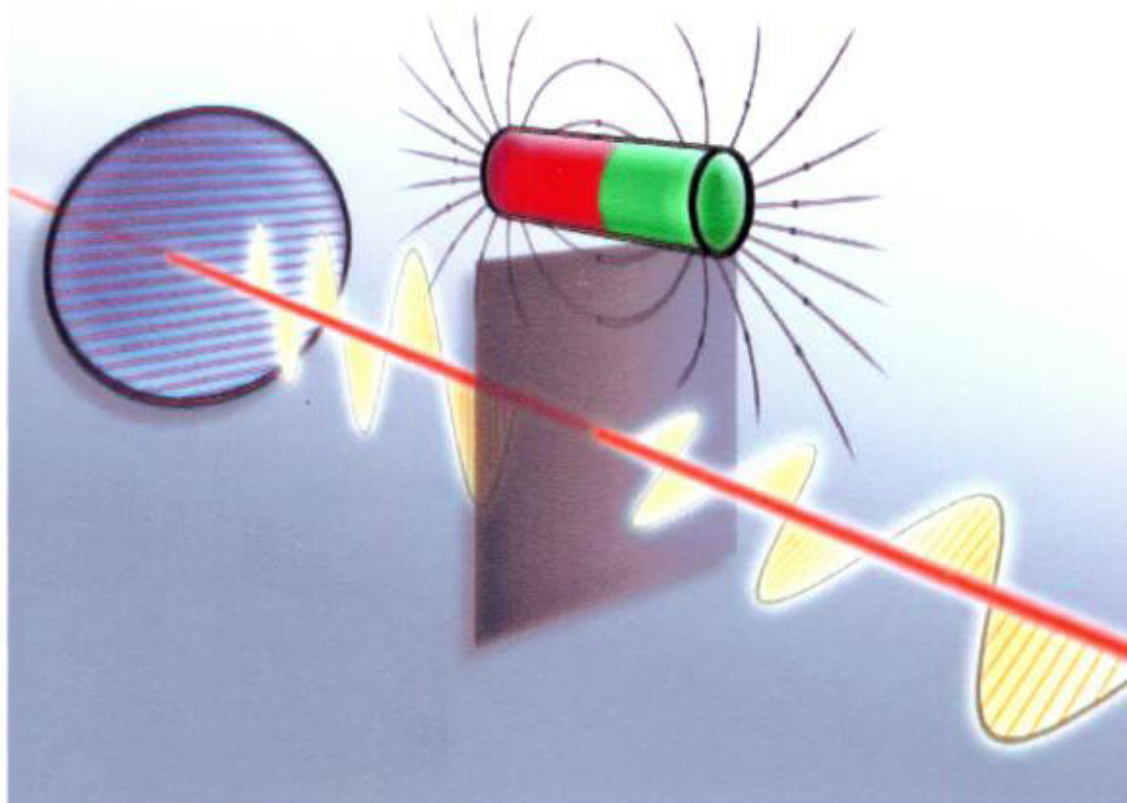


U. Aminov, O. Avezmuratov,
U. Qutliyev, A. Matnazarov



“OPTIKA” FANIDAN LABORATORIYA ISHLARI



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

AL-XORAZMIY NOMLI URGANCH DAVLAT UNIVERSITETI

U. Aminov, O. Avezmuratov, 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 kafedrası 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 keldi.

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

Muallflar

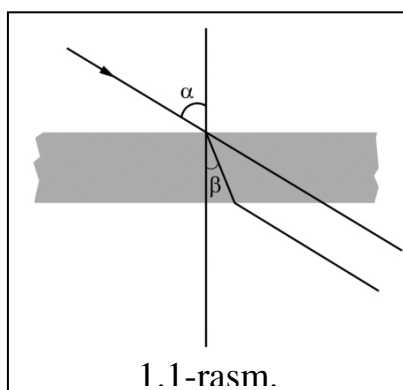
1-laboratoriya ishi.

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



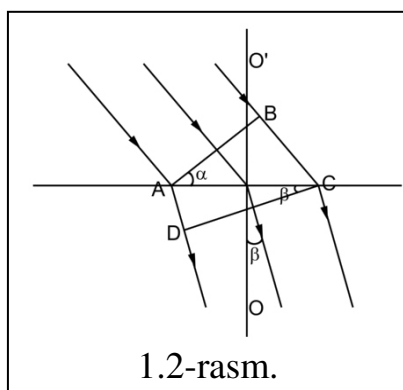
1.1-rasm.

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 printsipi asosida;
- 2) Ferma printsipi asosida;
- 3) Frenel formulalari yoki to'lqin nazariyasi. Ularning har biriga alohida to'htalib o'tamiz.

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



1.2-rasm.

Yassi parallel to'lqinlar havodan shishaga α burchak ostida tushayotgan bo'lsin. Havodagi yorug'lik to'lqinining tezligi taxminan uning vakuumdagi tezligiga teng. Havo 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 AV - chiziq yorug'lik to'lqinining havodagi to'lqin fronti, berilgan vaqtda to'lqinlar etib kelgan geometrik nuqtalar to'plamiga to'lqin fronti deyiladi. DS - shishadagi to'lqin fronti. AV - to'lqin fronti ikki muhit chegarasiga α burchak ostida s - tezlik bilan tushgan Δt vaqt o'tgandan so'ng V nuqtadan tarqalayotgan to'lqin $c \times \Delta t$ masofani o'tib ikki muhit chegarasidagi S nuqtaga etib kelsin. Huddi shu Δt vaqt ichida A nuqtadan tarqalayotgan to'lqin v tezlik bilan $v \times \Delta t$ masofani o'tib, D nuqtaga etib keladi. Shishada tarqalayotgan to'lqin frontining yo'nalishi SD

chiziq bilan mos tushib, ikki muhit chegarasiga nisbatan β burchakni tashkil etadi. 2 – rasmdan ko'rinadiki, AS to'g'ri chizig'i bir vaqtning o'zida $\triangle AVS$ va $\triangle SAD$ uchburchaklarning gipotenuzasi. Natijada $\sin\alpha = \frac{BC}{AC}$ va $\sin\beta = \frac{AD}{AC}$ bundan

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

tenglik hosil bo'ladi.

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

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

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 printsipli yordamida yorug'lik sinish qonunini quyidagicha tushuntirish mumkin:

Bu printsipga 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 α 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 etib kelsin. t – vaqt ichida yorug'lik nurining har bir muhitda o'tgan vaqtlarning yig'indisiga teng, ya'ni c -yorug'lik nurining havodagi tezligi, yorug'lik nurining shishadagi tezligi v .

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

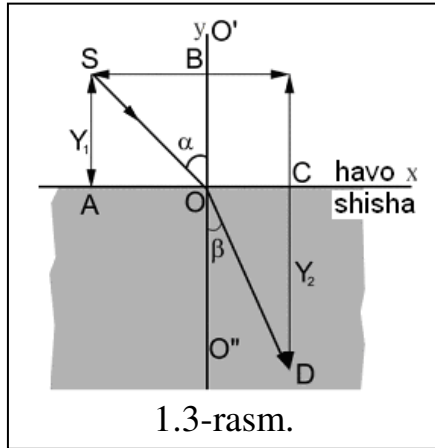
Bundan:

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

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

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

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



$$\frac{n_{uu}x_0}{v\sqrt{y_2^2 + x_0^2}} = \frac{n_x(x - x_0)}{c\sqrt{y_1^2 + (x - x_0)^2}} \quad (6)$$

1.3-rasmdan ko'rinadiki,

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

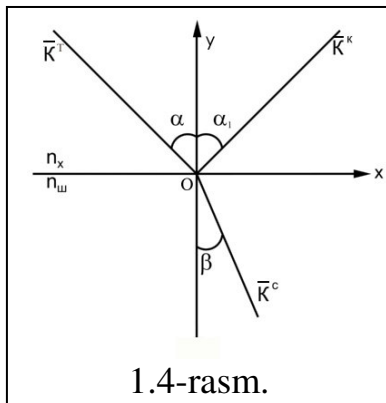
bo'ladi. U holda:

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

bo'ladi. (7) ifoda sinish qonunining matematik

ifodasidir.

III. Frenel formulasi yordamida yorug'likning sinshi qonunini quyidagicha tushuntirish mumkin: tenglamalarining echimlaridan Maksvell ma'lumki, tarqalayotgan to'lqining yo'nalishini to'lqin vektori $\vec{K}$ orqali belgilash mumkin. Agarda ikki muhit chegarasiga tushayotgan to'lqin vektori XY tekislikda bo'lsa, u holda, $\vec{K}$ - tushayotgan to'lqin vektorining X o'qidagi proektsiyasi (1.4-rasm)dan topamiz. Bu erda α - tushish burchagi, β - sinish burchagi. Rasmdan ko'rinadiki,



$$K_x^T = K^T \sin \alpha$$

$$K_x^K = K^K \sin \alpha$$

$$K_x^C = K^C \sin \beta \quad (8)$$

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

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

dan iborat.

Bunda, c - yorug'likning havodagi tezligi, v - yorug'likning shishadagi tezligi. Yorug'lik to'lqini tushgan O nuqtada tasodifiy o'zgarishlar ro'y bermaganda quyidagi chegaraviy shartlar bajariladi:

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

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

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

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

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c}{v} = \frac{n_{uu}}{n_x} = n \quad (12)$$

ifodaga kelimiz. Bu *sinish qonunining* ifodasi.

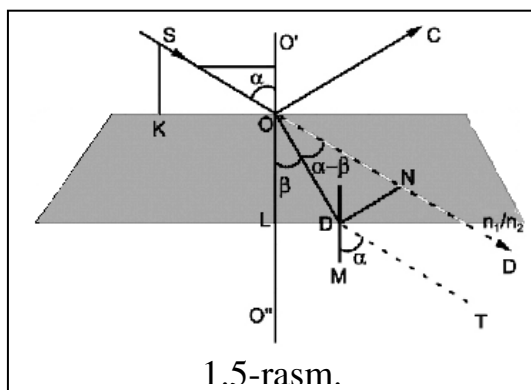
SHunday qilib (4), (7) va (12) ifodalar sinish qonuni ifodasi bo'lib, u uch xil usul bilan keltirib chiqarildi.

Ish qurilmasidan foydalanish

Penoplast taglik ustiga katak oq qog'oz, uning ustiga yassi parallel plastinka qo'yiladi. SHisha plastinkaning qirralari silliqqlangan 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 ignalar, 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 α sinish burchagi, β 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'nlashda bo'ladi. CHizmaning D nuqtadan nur yana sinib havoga o'tadi. Bu singan nur DT yo'nalishda ketadi. Tushish burchagini α , sinish burchagini β bilan belgilaymiz. Nur shisha plastinkadan D nuqtada α' burchak ostida chiqadi: $\alpha = \alpha'$.

Sinish qonunini keltirib chiqarish uchun 1.5-rasmdagi ko'yidagi 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. β burchakni hisoblash uchun DLO uchburchakdan foydalanamiz, bu uchburchakda

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

bo'ladi. Bu erda 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 α va β qiymatlarini , $\alpha-\beta$ aniqlanadi.

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

Nazorat uchun savollar:

1. Ishning maqsadi va borishini tushuntiring.
2. Absolyut 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'rsatgichini 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.Savelev, «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

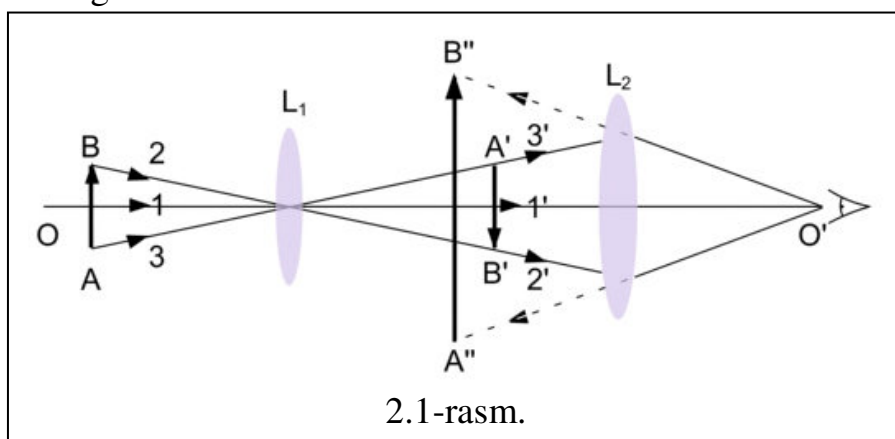
Kerakli asbob va jihozlar: mikrometrik vint o'rnatilgan o'lchash mikroskopi, mikrometr, sindirish ko'rsatkichi aniqlanadigan shisha plastinkalar.

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 – *okulyar*, qo'shimcha linza yoki linzalar sistemasi esa *ob'ektiv* deyiluvchi linzalar sistemasi ishlatiladi. Mikroskop ana shunday qurilmalardan biridir. Mikroskopning optik tuzilishi 2.1-rasmda keltirilgan.



Optik

mikroskopning kattalashtirish quyidagi formula orqali aniqlanadi.

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

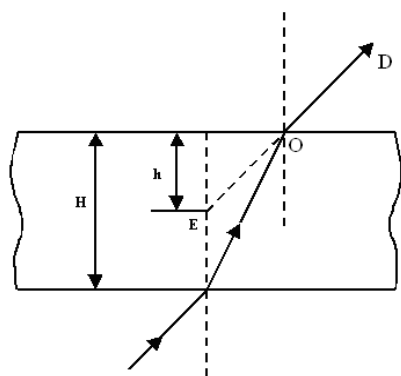
Bunda Δ - tubusning optik uzunligi, L_0 – eng yaxshi ko'rish masofasi, f_1 va f_2 – ob'ektiv va okulyarning fokus masofalari. Ob'ektiv va okulyarning kattalashtirishi quyidagicha topiladi:

$$\Gamma_{ob} = \frac{\Delta}{f_1} \text{ - ob'ektivning kattalashtirish,}$$

$$\Gamma_{ok} = \frac{L_0}{f_2} \text{ - okulyarning kattalashtirish.}$$

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.



1.2-rasm.

Mikroskopning ajrata olish chegarasi quyidagi formula orqali aniqlanadi.

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

bunda λ - yorug'likni to'lqin uzunligi, A – sonli apertura, n – nisbiy sindirish ko'rsatgichi, $U/2$ – burchakli apertura.

Mikroskopning foydali kattalashtirish

$$\Gamma = \frac{AZ^1}{0,5\lambda};$$

bunda Z^1 – tasvir o'lchovi.

Mikroskopning foydali kattalashtirishi qiymatlari intervali quyidagicha $500 A^0 < G < 1000 A^0$. Agar immersion sistemalarni sonli aperturasi $A=1,43 A^0$ 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 α burchak ostida tushayotgan bo'lsin (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'rinlidir:

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

Ikkinchi tomondan esa shaklda ko'ringanidek,

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

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

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

SHisha plastinkaning haqiqiy qalinligi (N) 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 kutarilgan xodisasidan, 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 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 shtangentsirkul 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, absolyut va nisbiy xatolik hisoblanadi va quyidagi jadvalga yoziladi.

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

Nazorat uchun savollar:

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'rsatgichini qaysi formula bilan aniqlanadi?
8. Sinish qonunini so'zlab bering.
9. Qaytish qonunini so'zlab bering.

Adabiyotlar:

1. G.S.Landsberg, "Optika", Toshkent, 1981.
2. I.V.Savelev, «Umumiy fizika kursi», 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F.A.Korolev, Fizika kursi, Toshkent, 1978.

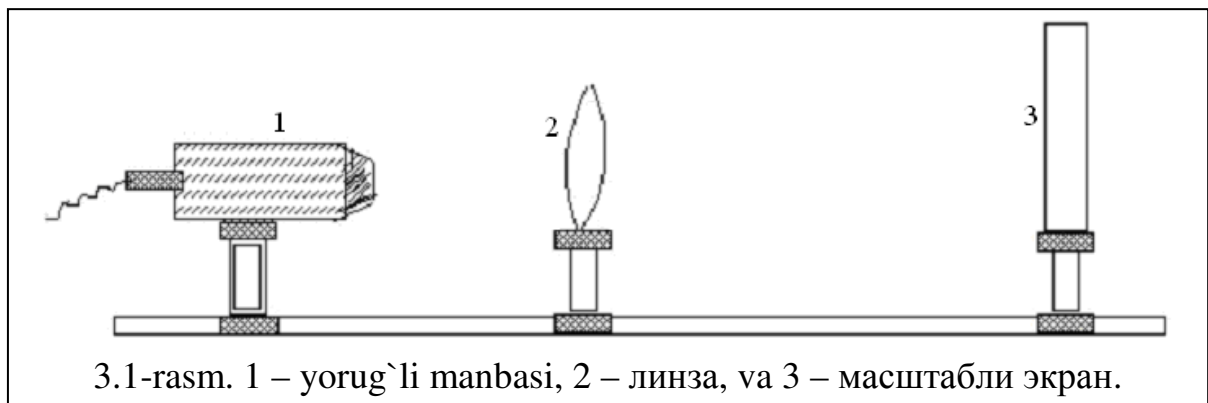
3-laboratoriya ishi. Yig'uvchi linzaning fokus masofasini aniqlash

Kerakli asbob va jihozlar: optik taglik, yig'uvchi 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 3.1-rasmda ko'rsatilgani kabi bir optik



o'q bo'yicha joylashtiriladi. Manbaning old qismidagi qog'ozga tushirilgan strelka buyum vazifasini o'taydi.

Ishning bajarilish tartibi:

Dastlab uch xil usul bilan qavariq linzaning fokus oralig'i topiladi.

Birinchi usul. Fokus masofasini linza bilan buyum va linza bilan tasvir o'rtasidagi masofalarga asosan topish. Bu holda optik tenglikda faqat qavariq linza qoldirilib, botiq linza qo'yiladi.

Linzani optik taglik ustida ohista siljitib, strelkaning ekrandagi aniq tasviri hosil qilinadi. Bu holda buyumdan ya'ni strelkadan linzagacha bo'lgan masofa α_1 hamda linzadan tasvirgacha, ya'ni ekrangacha bo'lgan masofa α_2 yozib olinadi. Bularning qiymatlari optik taglikning shkalasidan santimetrlarda yozib olinadi. α_1 va α_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 masofasini 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 ℓ lineyka yordamida,

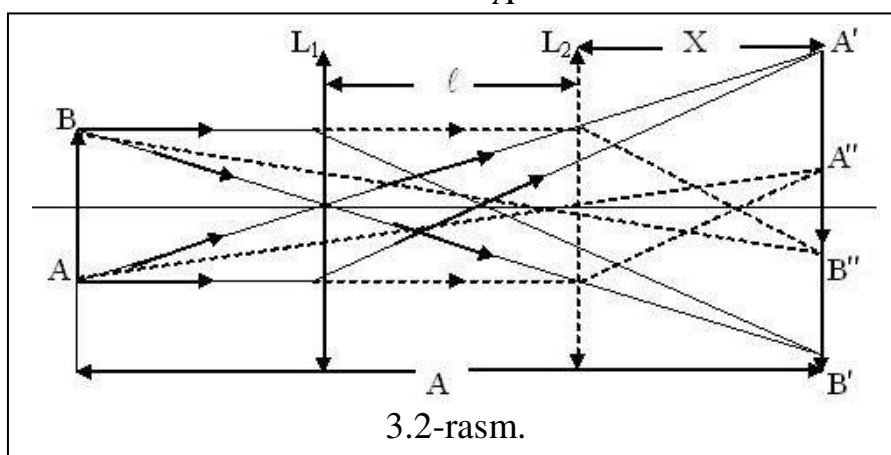
tasvirning o'lchami L esa masshtabli ekrandan topiladi. Bularni bilgan holda linzaning fokus masofasini quyidagi formula bilan hisoblash mumkin:

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

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

$$a_1 = A - (\ell + x), \quad a_2 = x + \ell \quad \text{bo'lgani uchun,}$$

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



3.2-rasm.

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

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

α_1 va α_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 orasiga qavariq linza joylashtiriladi. Linzani optik taglikda surish yo'li buyumning 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 orasidagi (A) masofa hamda linzaning ikkita vaziyati orasidagi ℓ masofa aniqlanadi. Olingan natijalar asosida (13) formula yordamida qavariq linzaning fokus masofasi topiladi.

Nazorat uchun savollar:

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 kamchiliklarka ega?
6. Ishning bajarish tartibi.
7. Bessel usuli boshqa usullardan qanday farqlanadi?

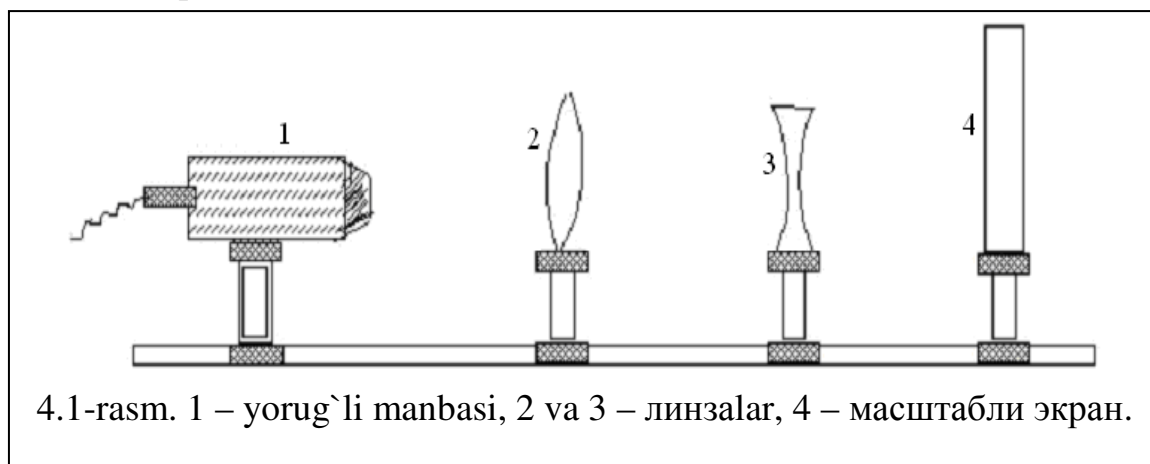
Adabiyotlar:

1. G.S.Landsberg, "Optika", Toshkent, 1981.
2. I.V.Savelev, «Umumiy fizika kursi», 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F.A.Korolev, Fizika kursi, Toshkent, 1978.

4-laboratoriya ishi. Sochuvchi linzaning fokus masofasini aniqlash

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

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



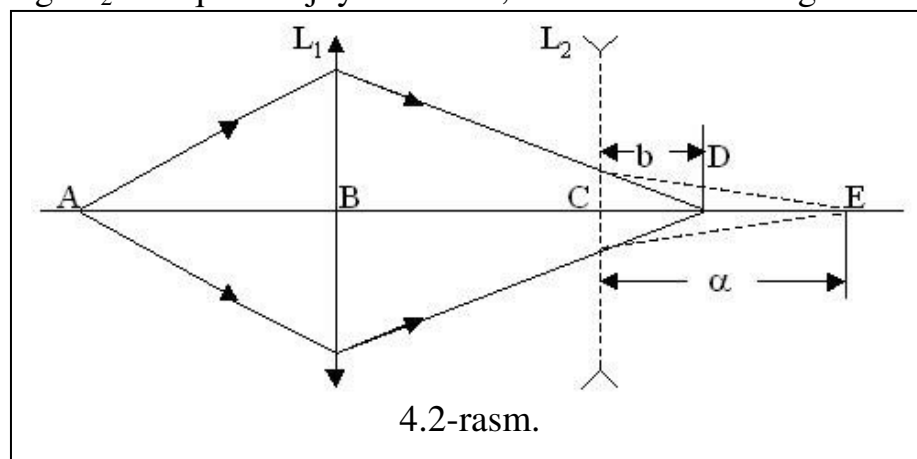
Qurilmaning tavsifi

Ekran, yorug'lik manbasi va linzalar 4.1-rasmda ko'rsatilgani kabi bir optik o'q bo'yicha joylashtiriladi. Manbaning old qismidagi qog'ozga 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 uchun savollar:

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 ytib bering.
7. Linzalar qanday kamchiliklarka ega?

Adabiyotlar.

1. G.S.Landsberg, "Optika", Toshkent, 1981.
2. I.V.Savelev, «Umumiy fizika kursi», 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F.A.Korolev, Fizika kursi, Toshkent, 1978.

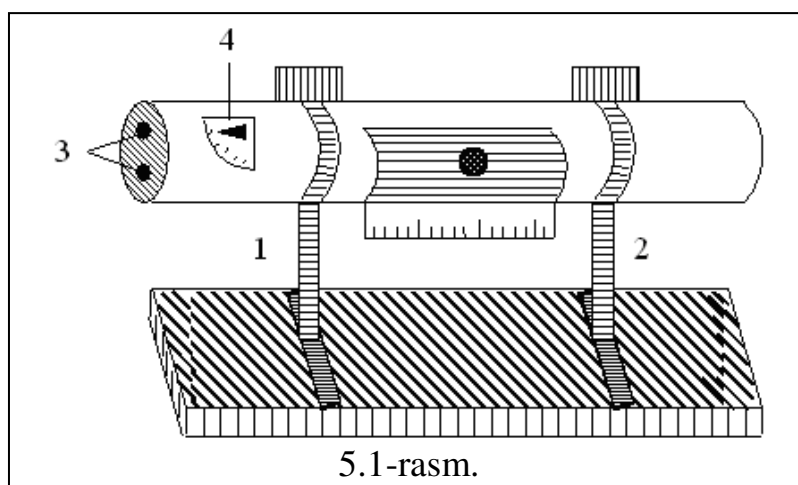
5-laboratoriya ishi. Fotoelement yordamida fotoeffektning asosiy qonunini va fotometriya qonunlarini tekshirish. Yoritilganlik qonunini o'rganish

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 gorizontaal vaziyatda joylashtirilgan tsilindr 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 fotometrغا parallel nurlar dastasini yo'naltirishdan iborat. Yorug'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 erda 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 α 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 sifat mikroampermetrning ko'rsatish yozib boriladi. Bular mos ravishda tushish burchagi α 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 uchun savollar:

1. Fotometrik kattaliklar va ularning birliklari.
2. Fotoeffekt hodisasi haqida tushuncha bering.
3. Eynshteyn formulasini tushuntiring.
4. Fotoeffektning "qizil chegarasi" nima?
5. Fotoelementlar 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.Savelev, «Umumiy fizika kursi», 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F.A.Korolev, Fizika kursi, Toshkent, 1978.

6-laboratoriya ishi. Spektroskopni darajalash, darajalangan egri chiziq bo'yicha yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash

Ishdan maqsad: dispersiya xodisasi 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 qog'oz.

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

Nazariy qism.

Moddalarning optik hossalari. Moddaning optik hossalari nurlarni qaytarish, sindirish va yutishi bilan xarakterlanadi. Bu hodisalar sindirish ko'rsatkichi, yutilish koeffitsientlari orqali ifodalanadilar. Optik muhitlarning noxiziqlik xususiyatini bu erda ko'rmaymiz, sindirish ko'rsatkichi va yutilish koeffitsientlarini nurlanish quvvatiga bog'liq emas, deb hisoblaymiz. Muhitda X o'qi bo'yicha tarqalayotgan ω chastotali yassi monoxromatik to'lqinning elektr maydoni kuchlanganligi:

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

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

s – yorug'lik vakuumdagi tezligi,

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

ϵ, G - mos ravishda muhitning dielektrik sindiruvchanligi va elektr o'tkazuvchanligi, ϵ' - kattalik, n - sindirish ko'rsatkichi va κ - yutilish koeffitsienti bilan quyidagicha bog'langan.

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

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

Xususiy holni ya'ni ikkita bir xil amplitudali, lekin bir-birlaridan kichik farq qiluvchi ω_1 va ω_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:

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

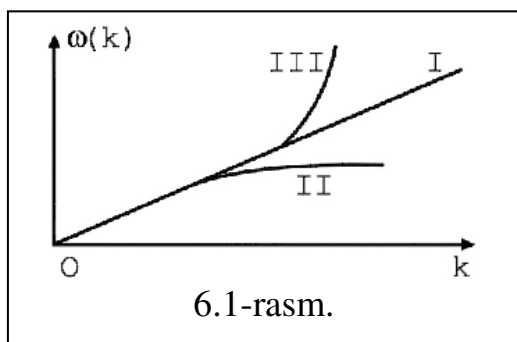
ifodani hosil qilamiz. $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ ifoda chastotalari bir-biridan kam farq qilganligi uchun u (4) ifodaning istagan birini chastotasiga yaqin bo'lgan to'liqinni ifodalaydi. To'liqinning amplitudasi kattaligi $2E_0$ bo'ladi. U $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ chastota va $\frac{k_1 + k_2}{2}$ to'liq sonining o'zgarishiga qarab juda ham sekin o'zgaradi. Ko'pchilik moddalarda keng diapozondagi chastotaga ega bo'lgan oq yorug'lik to'liqlari amalda susaymasdan tarqaladi. Misol tariqasida ko'zga ko'rinadigan yorug'likni 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 erda n – muhitning sindirish ko'rsatkichi. $n(\omega)$ – moddalarning optik xossasining juda muhim xarakteristikasi. Sindirish ko'rsatkichi orqali to'liqinning fazoviy tezligi ham ifodalanadi.

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

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 monoxramatorlar) ishlatiladi.



YUqorida ko'rilgan monoxromatik to'liqlarda 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:

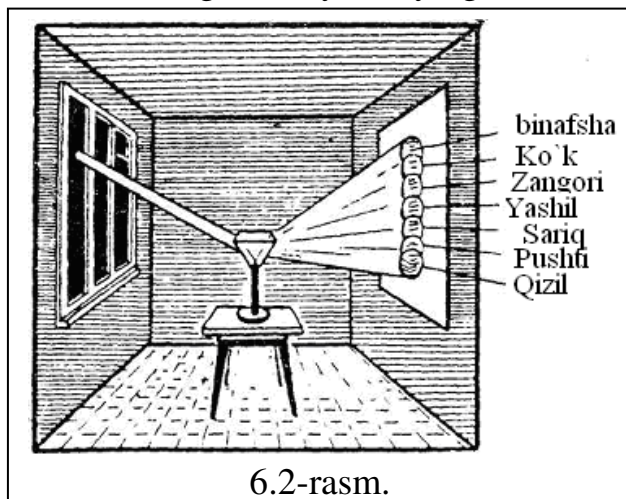
$$\frac{\Delta\omega}{\Delta k} = \frac{d\omega}{dk} \quad (9)$$

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

$$v_{gp} = \frac{d\omega}{dk} = \frac{d}{dk}(k \times v_{\phi}) = v_{\phi} + k \frac{dv}{dk} = v_{\phi} - \lambda \frac{dv}{d\lambda} \quad (10)$$

ga teng bo'ladi. Bunda $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, odatda $\frac{dv}{d\lambda} > 0$ hosil musbat, chunki $v_r < v_f$ bo'ladi. Bu hol *normal dispersiyani* ifodalaydi. Biroq, anomal dispersiya ham yuz berishi mumkin. Bu hol $\frac{dv}{d\lambda} < 0$ – manfiy va $v_r > v_f$ bo'lganda yuz beradi.

YOrug'likni yutmaydigan muhitlar asosan dielektrik hisoblanadi. Ular



6.2-rasm.

uchun normal dispersiya 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 $v_r = v_f$ (bunda masalan vakuum)

II. Normal dispersiya sohasi, bunda - $v_r < v_f$

III. Anomal dispersiya sohasi, bunda - $v_r > v_f$

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 ettita 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 xodisa yorug'likning *dispersiyasi* deyiladi. Ana shu xodisaga asoslanib spektrlarni o'rganuvchi asbob *spektroskop* deyiladi. Ranglari bilan farq qiluvchi nurlar to'lqin 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'lqinining uzunligi $\lambda_q = 7,6 \cdot 10^{-5}$ sm, binafsha yorug'lik to'lqinining uzunligi $\lambda_b = 4 \cdot 10^{-5}$ sm.

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

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

6.3-rasm.

Spektroskopning tuzilishi va ishlashi.

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

Spektroskop ikkita trubadan tashkil topgan: kollimator va ko'rish trubalarini ob'ektivlari fokus masofasi – 150 mm, okulyarning fokus masofasi – 32 mm, kollimator va ko'rish trubalari teshigining nisbati 1:6,5, prizmasining o'rtacha dispersiyasi 0,019 bo'lib, ko'rish soxasidagi spektrlari (400 – 760 nm) soxasida spektral analiz bo'yicha tajriba o'tkazishga mo'ljallangan.

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

Tekshirilayotgan nurlar dastasiga taalluqli hamma rangdagi nurlarning geometrik o'zni *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 okulyar 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 ob'ektiv 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. Kollimatoridan chiqqan yorug'lik dastasi prizmaning oldingi yon qirrasiga tushadi, unda yoyiladi va prizmadan to'lqin uzunliklariga mos xolda 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'limga bo'lingan shkala joylashtirilgan

Spektrometrni graduirovka (shkala qiymatlarini aniqlash) lash 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'lqin uzunliklari jadvallarda keltiriladi. Neon nuri spektrining to'lqin uzunliklari bo'yicha tarkibi.

6.1-jadval.

№	Chiziqlarning rangi va holati	To'lqin 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 sistemasida esa mikrometr uchun darajalash grafigi chiziladi.

Bunda abstsissa o'qiga baraban shkalasi bo'limlari qo'yilsa, ordinata o'qiga neon yorug'lik chiziqlarining to'lqin uzunliklari qo'yilib, unga mos keluvchi grafiu chiziladi. Bu grafik bizga spektrning xoxlagan chizig'ining to'lqin uzunligini aniqlashga imkon beradi.

Eslatma: to'lqin uzunliklari nanometr va angestremlarda o'lchanadi. 1 nm (nanometr) = 10^{-9} m, 1 Å (angestrem) = 10^{-10} 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, spektrning 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'rsatkichlari shunday tartibda xuddi shunday usul bilan yozib olinadi va jadvalga tushiriladi (6.2-jadval).

6.2-jadval.

№	CHiziqlarning rangi va holati	To'lqin 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 abstsissa o'qiga, ranglarning to'lqin uzunliklari orrdinata o'qiga joylashtirilib, nuqtalar belgilanadi va tutashtirilib, egri chiziq olinadi.
6. Spektroskopning kollimatori mahsus yoritgichga qaratiladi va undagi spektrning diskret chiziqlari kuzatiladi.
7. Mikrometr barabani harakatga keltirilib, vizir ipi diskret chiziqlarga mos keltiriladi, baraban shkalasidagi ko'rsatkich yozib olinadi.
8. Keyin mikrometrning darajalash grafigi bo'yicha bizni qiziqtirayotgan chiziqlarning mikrometr ko'rsatkichlari darajalash grafigining abstsissa 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 uchun savollar:

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.

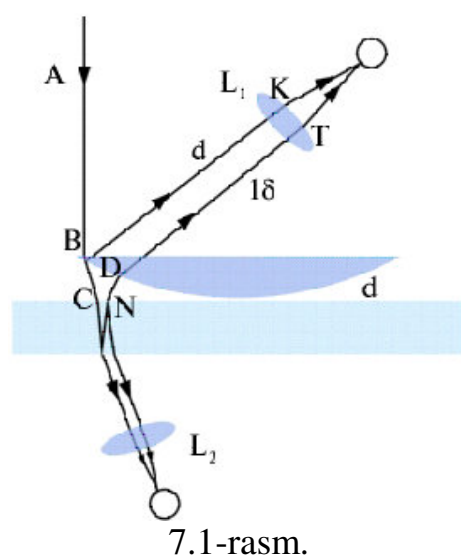
1. G.S.Landsberg, “Optika”, Toshkent, 1981.
2. I.V.Savelev, «Umumiy fizika kursi», 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F.A.Korolev, Fizika kursi, Toshkent, 1978.

7-Laboratoriya ishi. Linzaning egrilik radiusini Nyuton halqalari yordamida aniqlash

Kerakli asboblari: Nyuton halqasini hosil qiluvchi qurilma, shtangentsirkul, 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. CHizmada birinchi to'lqin shisha qatlamida VS yo'lni o'tganda. Ikkinchi to'lqin ND+DC yo'lni

o'tadi.

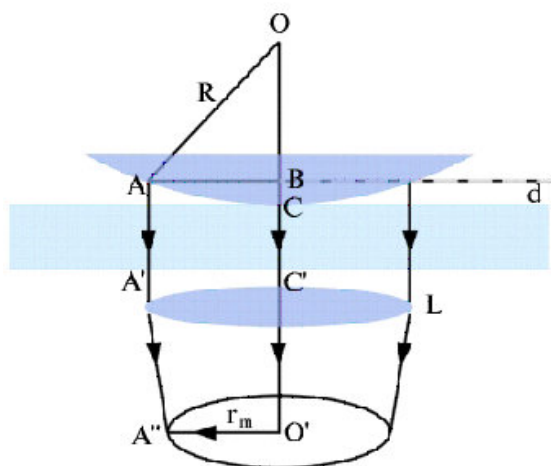
Natijada fazalar farqi vujudga keladi. Yassi qavariq linzaning egrilik radiusi katta bo'lganligi tufayli juda kichik masofada bir xil qalinlikdagi havo qatlami deb hisoblash mumkin. Natijada yupqa qatlamda hosil bo'ladigan interferentsion manzara kuzatiladi. U vaqtda yorug'lik to'lqinlari shisha plastinkadan havoga o'tganligi tufayli elektr maydon kuchlanganligi vektorining fazasi o'zgarmaydi. SHuning uchun interferentsion manzaraning maksimum ifodasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

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

β - sinish burchagi m - interferentsion 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:

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

Laboratoriya uskunasi o'tgan to'lqinlarda interferentsion manzara kuzatiladi. Interferentsion manzara kontsentrik aylanmalardan iborat. 2 - rasmdan ko'rindiki d - havo qatlamiga r_m - aylanali xalqa radiusi mos keladi. Havo qatlami



7.2-rasm.

qalinlashgan sari interferentsion halqalarning qalinligi torayib, ular bir - biriga yaqinlashib boradi. Katta havo qatlamida interferentsion manzara chaplashganligi sababli kuzatilmaydi.

Endi yassi qavariq linza va yassi parallel shisha plastinka oralig'idagi havo qalinligi d_m va interferentsion manzaradagi Nyuton xalqalari radiuslari orasidagi bog'lanishni ko'raylik.

Rasmda OVA uchburchak uchun $AO^2 = |OC - BC|^2 + AB^2$ tenglikni Pafagor teoremasiga ko'ra yozamiz va belgilashlar

kiritamiz. $AO = R$ linzaning 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 xalqasi radiusi kvadrati, linzaning egrilik radiusiga, interferentsion manzara (Nyuton halqasi) ning m tartibiga va monoxromatik to'lqin uzunlikka bog'liq, ekanligi ko'rinadi. Tajribada λ - to'lqin uzunligi ma'lum, interferentsion tartibini sanash mumkin va shtangentsirkul 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 halqalarning 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. Natijada 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'liqin uzunligini aniqlash mumkin.

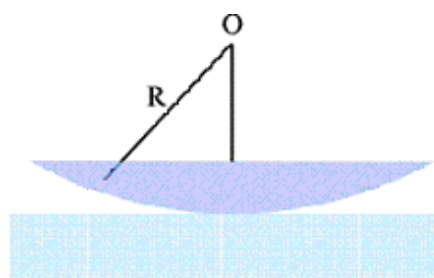
Ifodasi:

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

Tajriba o'tkazuvchi qurilma sxemasi 7.3-rasmda keltirilgan.



a)



b)

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

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'prok Nyuton halqalarini hosil qilinadi.
3. SHtangentsirkul yordamida hosil bo'lgan Nyuton halqasini gardishidagi binafsha va qizil to'liqlarning 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.

Nazorat uchun savollar

1. Interferentsiya 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.Savelev, «Umumiy fizika kursi», 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F.A.Korolev, Fizika kursi, Toshkent, 1978.
4. S.Bozorova, N.Kamolov, Fizika (optika, atom va yadro fizikasi), Toshkent, 2007.

8-laboratoriya ishi. YOrug'lik to'liqu uzunligini difraktsion panjara yordamida aniqlash

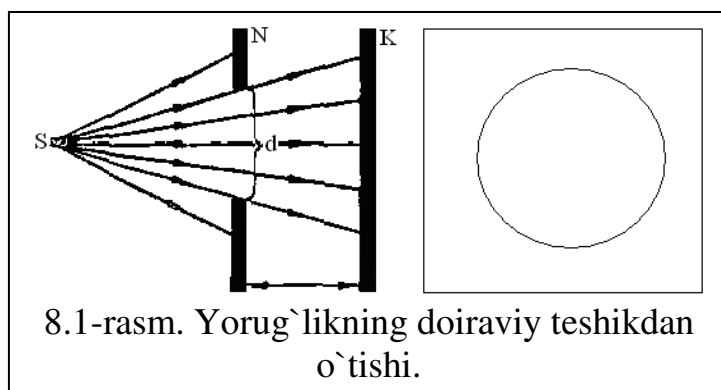
Kerakli asbob va materiallar: 1) difraktsion panjara; 2) yorug'lik to'linining uzunligini aniqlashda ishlatiladigan mahsus asbob; 3) yorug'lik manbai; 4) masshtabli chizg'ich.

Ishning maqsadi: shishadan tayyorlangan difraktsion panjara yordamida yorug'lik to'lini uzunligini aniqlash.

Nazariy qism

YOrug'likning difraktsiyasi deb, yorug'lik to'linlarining juda ingichka to'siqni aylanib o'tishida, noshaffof ekrandagi kichkina doiraviy teshikdan yoki tirqishdan o'tishida to'g'ri chiziqli tarqalishdan og'ishiga aytiladi. Difraktsiya hodisasida yorug'lik to'linlari 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 yorug'lik dastasining yo'liga o'lchami tushayotgan yorug'lik to'lini uzunligi bilan taqqoslanarli to'siq qo'yilsa, yorug'lik dastasi shu to'siqni aylanib o'tadi, ya'ni difraktsiyalanadi. YOki ingichka yorug'lik dastasi noshaffof ekrandagi doiraviy teshikdan o'tib boshqa ekranga tushayotgan bo'lsin. Agar doiraviy teshikning o'lchami tushayotgan yorug'lik to'linining uzunligi bilan taqqoslanarli bo'lsa, ekranda nurlarning geometrik soya sohasiga ham o'tib ketganligini yoki yorug'likning teshikdan o'tishida avvalgi yo'nalishidan og'ishi hodisasini (difraktsiyasini) kuzatamiz.



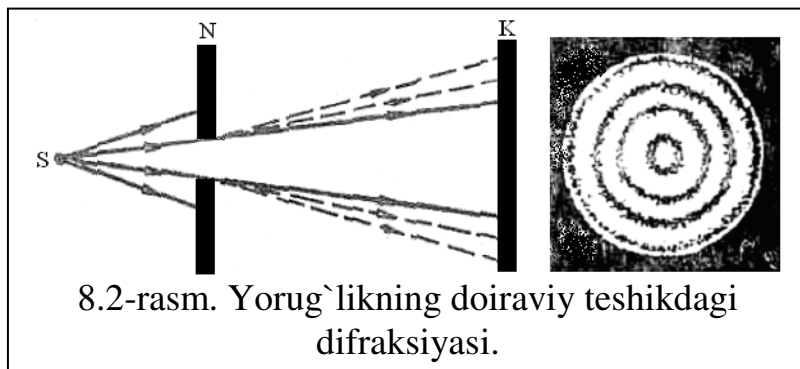
Endi monoxromatik yorug'likning noshaffof ekrandagi doiraviy teshikdan o'tishdagi difraktsiyasini batafsil qaraylik.

YOrug'lik manбайдan 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 dumaloq teshik o'lchamini yanada kichraytirishni davom ettirsak, N ekrandagi teshik o'lchami tushayotgan yorug'lik to'lini 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.

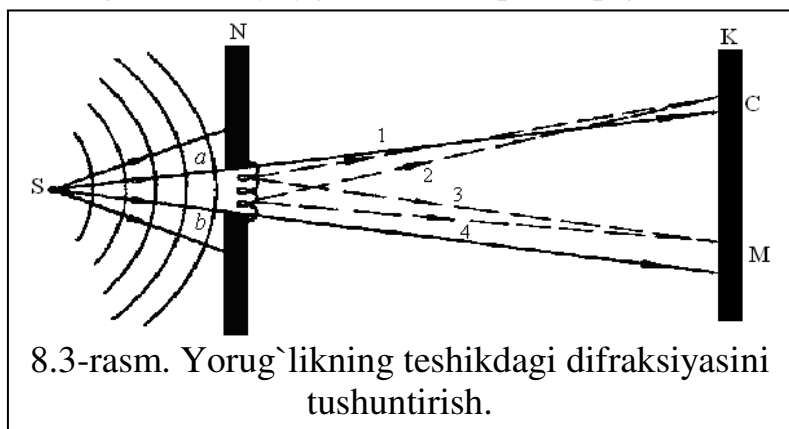


Masalan, 1,5-2 m masofada difraktsiyani kuzatmoqchi bo'lsak, teshik o'lchami d tushayotgan yorug'lik to'lqin uzunligi λ ga juda yaqin bo'lishi, (ya'ni $d \approx \lambda$) kerak. Vujudga kelgan difraktsion manzarada

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, difraktsion manzara kamalakka o'xshab bo'yalgan bo'ladi.

Difraktsiya hodisasi yorug'likning to'lqin xossalari tufayli namoyon bo'ladi. SHuning uchun Gyuygens-Frenel printsipiga ko'ra tushuntirishimiz mumkin.



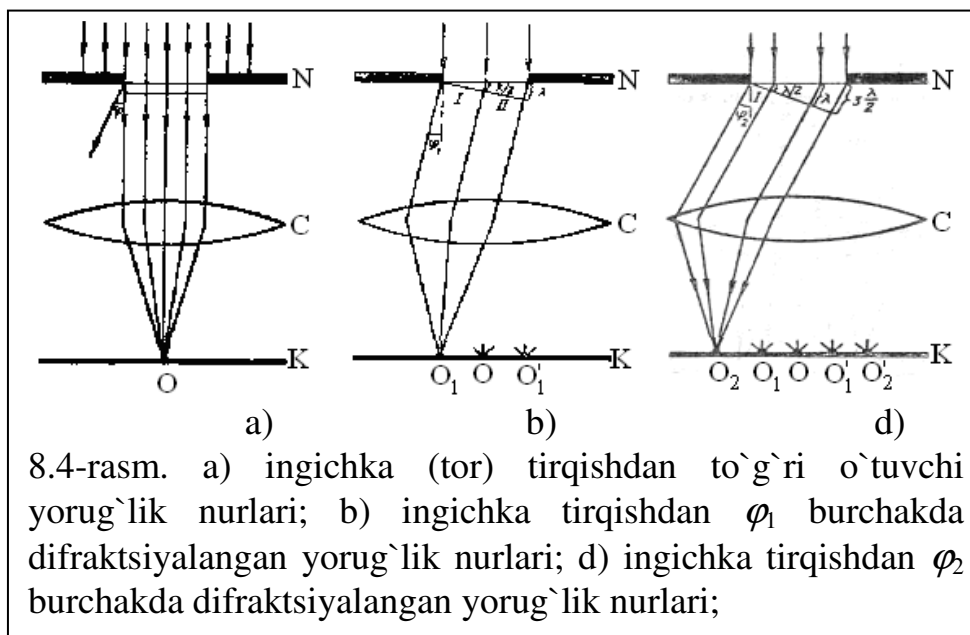
S yorug'lik manбайдan chiqayotgan yorug'lik N noshaffof ekrandagi ab doiraviy teshikdan o'tib K ekranga tushayotgan bo'lsin.

Gyuygens-Frenel printsipiga asosan yorug'lik to'lqinining (teshikni to'ldirayotgan) fronti ab qismining har bir nuqtasi

yorug'likning ikkilamchi manbai bo'ladi. Bu manbalar kogerent, shuning uchun ulardan chiqayotgan nurlar (to'lqinlar) 1 va 2, 3 va 4 o'zaro interferentsiyalashadi (8.3-rasm).

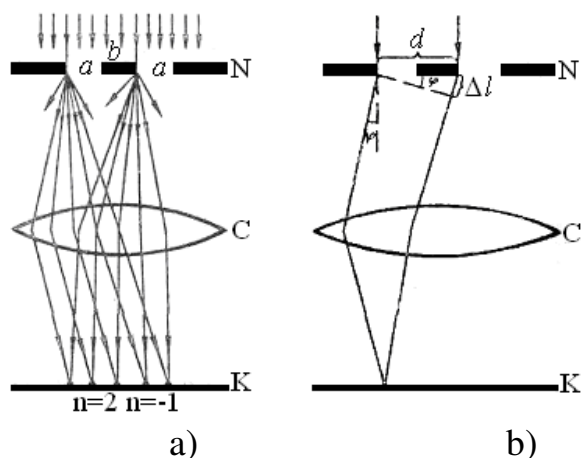
K ekranda difraktsiyalangan nurlarning interferentsiyasi ro'y beradi. Nurlarning yo'llar ayirmasiga qarab K ekranda S, M va hokazo nuqtalarda yoritilganlikning maksimumlari yoki minimumlari hosil bo'ladi. Boshqacha aytganda, ikkilamchi manbalardan chiqayotgan nurlarning interferentsiyalanishi sababli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

Amaliy optikada chekkalari parallel bo'lgan tirqishdagi difraktsiya ko'p uchraydi. SHuning uchun dastlab bir tor tirqishdan parallel nurlarda bo'ladigan difraktsiyani qaraylik.



1. Bir tirqishdan hosil bo'ladigan difraktsiya. 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 O nuqta orqali yuqorida ko'rsatganimizdek tirqishga parallel yorug' yo'l-yoritilganlik maksimumi o'tadi (8.4,a-rasm).

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



8.5-rasm. Ikkita tirqishdan yorug'likning difraktsiyasi.

Bu holda φ_1 burchakda difraktsiyalangan 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 (interferentsiya shartiga asosan) O_1 nuqtadan qorong'i yo'l-

difraktsiya minimumi o'tadi. Difraktsion manzarada O_1 ga simmetrik bo'lgan O_1^1 nuqtadan ham difraktsiya minimumi o'tishini payqash qiyin emas.

Endi $\varphi = \varphi_2$ burchak ostida difraktsiyalangan boshqa nurlar dastasini olsak, uning chekka nurlari orasidagi yo'l ayirmasi $\Delta\ell = 3\frac{\lambda}{2}$ ga teng bo'lsin. Bu holda butun 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 difraktsiya maksimumini (yorug' yo'lni) beradi. O_2^1 nuqtada ham difraktsiya maksimumini kuzatiladi. O_2 nuqtadan chetda joylashgan O_3 nuqta-dan yana qorong'i yo'l o'tadi.

SHunday qilib, bir tir-qishdan monoxromatik parallel nurlar o'tganda hosil qilingan difraktsiya 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 difraktsiya. Endi orasi b kenglikdagi noshaffof to'siq bilan bo'lingan a kenglikdagi ikkita tirqishdan hosil bo'ladigan difraktsiyani qaraylik.

SHu ikkita tirqishga parallel monoxromatik nurlar dastasi tik tushayotgan bo'lsin. Bunda bu tirqishlar Gyuygens-Frenel printsipiga binoan yorug'likning kogerent manbalari bo'ladi. Difraktsion manzarada asosiy rolni ikkala tirqishdan difraktsiyalangan nurlarning interferentsiyasi o'ynaydi.

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

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

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

bu erda: $d = a + b$.

Agar φ burchakda difraktsiyalangan bu nurlarni linza yordamida bir chiziqqa to'plansa, ular interferentsiyalanadi; interferentsiyaning 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 interferentsiya 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 difraktsiyalangan nurlar interferentsiya minimumini beradi (bu erda $(n=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$)

Ikkala tirqishdan hosil bo'ladigan difraktsiyada 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 difraktsiyalanganida ham difraktsiya manzarasi ikki tirqishdan bo'ladigan difraktsiya manzarasi kabi bo'ladi. Biroq, bu holda difraktsiya maksimumlari ravshanroq va torroq, ularni ajratib turgan difraktsiya minimumlari esa keng va butunlay qorong'i bo'ladi.

Biz (2) formuladan difraktsion 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 difraktsiya maksimumlariga mos burchaklarni tanlashimiz mumkin. Tekshirishlar ko'rsatadiki, (4) formuladan ko'p tirqishlardan hosil bo'lgan difraktsiya maksimumlarini aniqlashga ham foydalanish mumkin.

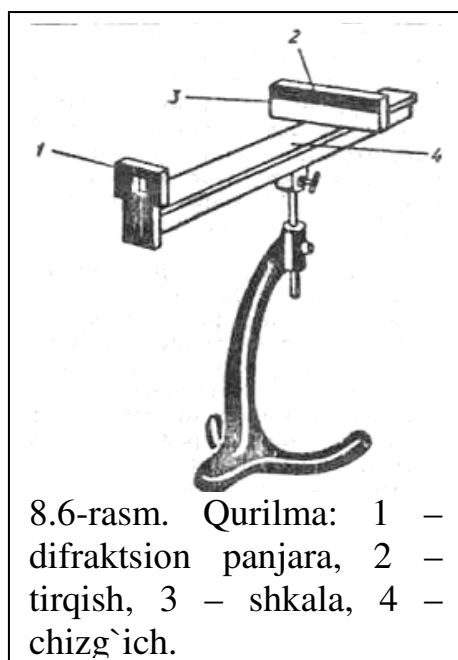
Agar oq yorug'likning parallel ko'p sonli tirqishlardan difraktsiyasini qarasak, markaziy yorug' yo'l oqligicha qoladi, undan chekkalarda hosil bo'ladigan maksimumlar esa kamalakka o'xshab bo'yalgan bo'ladi, har qaysi maksimumning ichkari chekkasi binafsha, tashqaridagi chekkasi esa qizil rangda bo'ladi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

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

Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi

Bir-biriga juda yaqin ko'p sonli parallel tirqishlar sistemasi *difraktsion panjara* deb yuritiladi. Oddiy tiniq (shaffof) difraktsion 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, ularni plastinkadagi tiniq tirqishlarning noshaffof oraliqlari deb qaraladi.



Difraktsion 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 millimetrdagi minglab tirqishlar va noshaffof oraliqlar (shtrixlar) bo'ladi. Panjaralar juda aniq tayyorlanadi, ularda shtrixlar orasidagi masofa birday saqlanishi shart. Difraktsion panjaraning eng qimmatli xossasi – oq yorug'likni spektrga yoyish qobiliyatidan iboratdir. Difraktsion panjara ham prizma kabi spektral asbob hisoblanadi. Ularni ishlatiladigan asosiy soha-spektral analiz uslubidir.

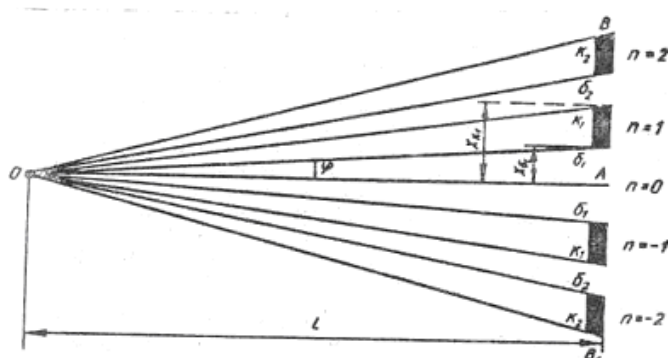
YUqorida biz (4) formulani ko'p sonli parallel tirqishlar sistemasi-difraktsion panjaraga ham qo'llash mumkinligini aytgan edik. SHuning

uchun (4) formulani difraktsion panjara formulasi deyish mumkin.

Difraktsion 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.

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 millimetrli shkala 3 chizilgan. SHkalaning nolinci bo'limi ekraning o'rtasiga mos tushadi va nolinci 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.



Difraktsion panjaradan ekrandagi tirqishgacha masofani 4 chizg'ich bo'yicha aniqlanadi.

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

Kuzatuvchi difraktsion panjara va 3 shkaladagi tirqish

orqali yorug'lik manbaiga qarab, yorug'lik manбайдan tashqari yana uning ikki tomonida simmetrik joylashgan difraktsion 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.

Difraktsion panjara formulasi (4) dan ushbuni yoza olamiz:

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

1 va 2-tartibli spektrlar bilan cheklanilganda φ burchakning juda kichikligini e'tiborga olib, $\sin \varphi \approx \tan \varphi$ deb yoza olamiz. U holda 8.7-rasmdan $\tan \varphi = \frac{x}{\ell}$ ga teng.

Binobarin, (6) formulani quyidagicha yozamiz:

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

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

Ishni bajarish tartibi:

1. YOritgich (elektr chirog'i) ni o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulanadi.
2. Asbobning ramkasiga difraktsion panjara o'rnatiladi. Bunda uning shtrixlari shkaladagi tirqishga parallel bo'lishi kerak.
3. Ekranni difraktsion panjaradan shunday masofaga joylashtirish kerakki, unda 3 shkaladan markaziy yorug' yo'l va tirqishning ikkala tomonida uchtdan difraktsion spektrlar dastasi ravshan ko'rinadigan bo'lsin. Difraktsion panjaradan 3 shkalali ekrangacha bo'lgan masofa ℓ_i o'lchanadi.
4. SHkala tirqishidan chap va o'ng tomondagi 1-tartibli spektrdagi binafsha (spektrning chekkasi) ranglar orasi Δx_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 Δx_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. ℓ_1 holat uchun (7) formula bo'yicha har qaysi tajriba uchun qizil va binafsha nurlarning to'lqin uzunliklari λ_q va λ_b lar hisoblanadi.
5. ℓ_2 va ℓ_2 masofalar uchun yuqoridagi kabi o'lchashlar bajariladi.
6. O'tkazilgan 9 ta o'lchash asosida $\langle \lambda_q \rangle$ va $\langle \lambda_b \rangle$ lar hisoblanadi.
7. O'lchash va hisoblashlar asosida $\langle \Delta \lambda_q \rangle$, $\langle \Delta \lambda_b \rangle$ va nisbiy xatolar E_{λ_q} va E_{λ_b} lar aniqlanadi. Natijalar 1-jadvalga yoziladi:

1-jadval. YOrug'lik to'lqini uzunligini difraktsion panjara yordamida aniqlashda o'lchash va hisoblash natijalari

Tajribalar	ℓ	n	x_q	h_b	λ_q	λ_b	$\Delta\lambda_q$	$\Delta\lambda_b$	E_{λ_q}	E_{λ_b}
1	ℓ_1	1								
2		2								
3		3								
4	ℓ_2	1								
5		2								
6		3								
7	ℓ_3	1								
8		2								
9		3								
O'rtacha qiymat										

Eslatma. Ikkinchi tartibli spektr uchun λ_q va λ_b larni aniqlashda $n=2$, uchinchi tartibli spektr uchun λ_q va λ_b larni aniqlashda $n=3$ deb olish kerak.

Nazorat uchun savollar:

1. YOrug'lik difraktsiyasi deb qanday hodisaga aytiladi?
2. Gyuygens-Frenel printsipini bayon qiling.
3. Bir tirqishdan hosil bo'ladigan difraktsiyani tushuntiring.
4. Ikki va ko'p tirqishlardan hosil bo'ladigan difraktsiyani qanday izoh-lanadi?
5. Difraktsion panjaraning tuzilishi qanday va u nimani aniqlash uchun ishlatiladi?
6. Difraktsion panjara bo'yicha λ ni aniqlash formulasi qanday keltirib chiqariladi?
7. Difraktsion spektrdagi ranglarning joylashish tartibi qanday?
8. Difraktsion manzaraning ro'y berishida yorug'likning interferentsiyasi hodisasidan foydalansa bo'ladimi yoki yo'qmi?
9. Nima uchun oq yorug'lik difraktsiyasida markaziy oq yo'ldan boshqa maksimumlar ranglarga bo'yalgan bo'ladi?

Adabiyotlar

1. G.S.Landsberg, "Optika", Toshkent, 1981.
2. I.V.Savelev, «Umumiy fizika kursi», 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F.A.Korolev, 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 mikrinterferometri) yuzalarning shlifi, ya'ni silliqdigi nazorat qilinadi. SHu jumladan avtomobil texnikasining oyna va boshqa detallarining sifati nazorat qilinadi. 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 yoritkichlarini bir-biriga halaqitini batamom yo'qotish mumkin. Bu muammo esa XXI asr avtomobillari yaratilishidagi muammolardan biridir.

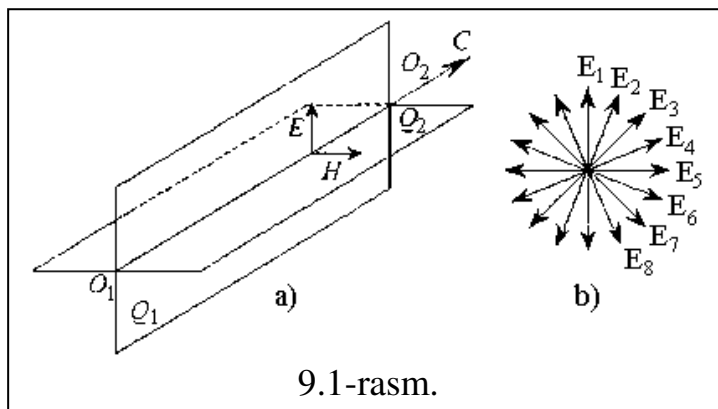
SHu sababli mazkur laboratoriya ishida qutblangan nurlarni olish va uni o'rganish uslubiga bag'ishlangandir.

Nazariy qism

Har qanday yorug'lik manbaini juda ko'p miqdordagi alohida hamda o'zaro mustaqil yorug'lik energiyasini nurlantirgichlarning (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 qa-rash 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 N kuchlanganligi vektori o'z-garadigan tekislik (Q_2 bilan belgilanadi) Q_1 tekislikka per-pendikulyar joylashadi.

YOrug'likning vakuumda tarqalish tezligini xarakterlovchi S-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.



9.1-rasm.

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 N vektorlar S vektorga perpendikular bo'lishi

bilan bir qatorda fazodagi yo'nalishi O_1O_2 o'qdan o'tuvchi ixtiyoriy tekisliklarda

joylashgan bo'ladilar (9.1,b-rasm – bu holatda S-vektor rasm tekisligiga perpendikular joylashgan). YOrug'lik tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar 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'lqi-nining elektr vektori faqat bir tekislikda tebranuvchi yorug'lik to'lqinini hosil qilishning turli usullari bor.

SHulardan biri bu shisha plastinka sirtiga gerapatit kris-tallarining 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'lqi-nidan yassi qutblangan nurlanish olish, uning qutblanish dara-jasini aniqlash hamda Malyus qonunini tekshirishdan iborat.

Agar J_0 intensivlikga 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 qutblan-tirgichdan (ya'ni yorug'lik qutblanishini tahlil etgichdan) o'tkazsak intensivligi $J = J_0 \cos^2 \alpha$ bo'ladi. Bu erda α qutblantirgich (tahlil etgich) 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 etgich) 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 kvadratika proporsional bo'lsa, u holda

$$J = J_0 \cos^2 \alpha \quad (2)$$

Ushbu (2) formula *Malyus qonunini* ifodalaydi.

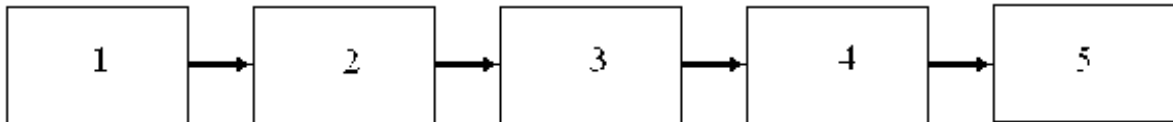
To'la qutblangan to'lqin faqat monoxromatik to'lqinlarga taaluqli. Monoxromatik bo'lmagan to'lqinlar uchun to'la qutblangan to'lqinni kuzatish mumkin emas.

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 erda $I_{\max}$ – tahlil etgichdan o'tgan yorug'lik intensivligining fotoelementda hosil qiladigan fototokining maksimal qiymati (Bu holda qutblantirgichning va tahlil etgichning mos ravishda qutblantirish va tahlil etuvchi tekisliklari ustma-ust tushadi). $I_{\min}$ – tahlil etgichdan o'tgan yorug'lik intensivligining fotoelementda hosil qiladigan fototokining minimal qiymati (bu hol qutblantirgich va tahlil etgichning qutblantirish va tahlil etuvchi tekisliklari o'zaro ko'ndalang



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

joylashgan).

Laboratoriya ishi qurilmasi 9.2-rasmda keltirilgan qurilma asosida bajariladi. YOrug'lik manбайдan parallel nurlar qutblantirgich va tahlil etgichdan o'tib fotoelementga tushadi. Fotoelement yorug'lik energiyasini elektr signaliga aylantiradi va uni o'lchash asbobi yordamida qayd qilinadi. Qutblantirgichga tushayotgan yorug'lik intensivligini I_0 bilan qutblantirgichdan o'tgan yorug'lik intensivligini I_0' deb olamiz va tahlil etgichdan 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'lga joylashtiriladi.
3. Kremniyli fotoelementni shunday joylashtirish kerakki, unga ulangan mikroampermetr eng katta ko'rsatgichga erishsin.
4. Tahlil etgichni qutblantirgichga nisbatan aylantirib mikroampermetr ko'rsatgichidan tokning minimal va maksimal qiymatlarini 4-5 marta qayd qilish kerak.
5. Tahlil etgich 360° qadar 5-10 qadam bilan aylantirib, fototoklar kattaligi yozib olinadi.
6. Beshinchi punktdagi ishlar 4-5 marta takrorlanadi va jad-valga 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 grafigi 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 etgich lar 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.Savelev, «Umumiy fizika kursi», 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F.A.Korolev, Fizika kursi, Toshkent, 1978.
4. S.Bozorova, N.Kamolov, Fizika (optika, atom va yadro fizikasi), Toshkent, 2007.

10-laboratoriya ishi. Issiqlik nurlanish qonunini sifat jihatdan tekshirish. Cho`g`lanma lampa temperaturasi aniqlash.

Kerakli asboblari va jihozlari: “OPPIR-017” tipidagi optik pirometr, B5-48 tipidagi doimiy tok manbai, temperaturasi o`lchanadigan jism (6 V li cho`g`lanish lampasi), 4 V li tok manbai.

Ishning maqsadi: optik pirometrning ish printsipi bilan tanishish, qizigan jismlarning temperaturasi o`lchash.

Nazariy qism

Yuqori temperaturalarni o`lchash uchun qizigan jismlarning issiqlik nurlanishidan foydalanishga asoslangan optikaviy usul ko`p qo`llaniladi. Issiqlik nurlanishini o`lchash vositasi orqali temperaturani aniqlash uchun ishlatiladigan asboblarga optik pirometrlar deyiladi. Optikaning ushbu usul yordamida yuqori temperaturalarni o`lchash bilan shug`ullanadigan qismiga *optik pirometriya* deyiladi. Bu usul bilan temperaturani aniqlash qizigan jism ravshanligini xuddi shu spektral oraliqdagi absolyut qora jism ravshanligi bilan taqqoslashga asoslangan. Bu holda temperaturaning shunday qiymati topiladiki, u aynan shu to`lqin uzunligidagi absolyut qora jismning ravshanlik temperaturasi teng bo`ladi. Jismning ushbu usul bilan topilgan temperaturasi uning ravshanlik temperaturasi deyiladi. Jismning ravshanlik temperaturasi har doim uning termodinamik temperaturasidan kichik bo`ladi. Bunga sabab aynan bir xil temperaturada istalgan jismning absolyut qora jismga nisbatan kam nurlanishidir.

Jismning ravshanlik temperaturasi bilan termodinamik temperaturasi o`rtasidagi farq ko`p hollarda ancha sezilarli bo`ladi. Ravshanlik temperaturasi  $T_{rav}$  bilan termodinamik temperatura orasida quyidagi bog`lanish mavjud:

$$\ln E_{\lambda,T} = \frac{C_1}{\lambda} \left(\frac{1}{T_{ter}} - \frac{1}{T_{rav}} \right) \quad (1)$$

bu erda λ - yorug`lik to`lqinining uzunligi. Temperatura va to`lqin uzunligiga bog`liq bo`lgan  $E_{\lambda,T}$  kattalik turli jismlar uchun turlicha qiymatga ega. Masalan volfram uchun uning qiymati  $\lambda=6600 \text{ A}$  bo`lganda $E_{\lambda,T}=0,4$ ga teng. S_1 kattalik esa quyidagicha aniqlanadi:

$$C_1 = \frac{hc}{K} = 1,438 \text{ sm} \cdot \text{grad} \quad (2)$$

bu erda c yorug`likning vakuumda tarqalish tezligi bo`lib, uning qiymati $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ga teng. $k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ j} \cdot \text{grad}$ – Boltsman doimiysi, $h=6,625 \cdot 10^{-34} \text{ j} \cdot \text{s}$ – Plank doimiysi.

Jismning pirometr yordamida topilgan ravshanlik temperaturasi T_{rav} ga xar doim ΔT musbat tuzatma kiritib, uning termodinamik temperaturasi aniqlash mumkin:

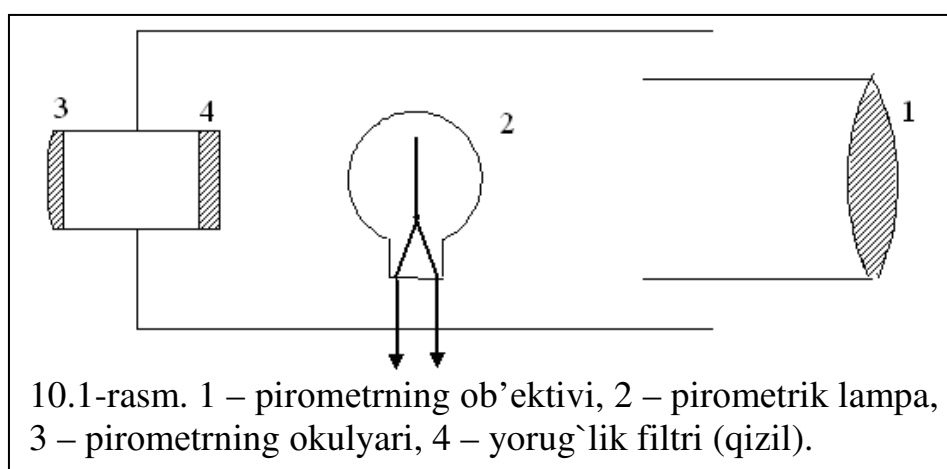
$$T_{ter} = T_{rav} + \Delta T \quad (3)$$

ΔT ning qiymatini quyidagi munosabatdan topish mumkin:

$$\Delta T = - \frac{\lambda T^2 \ln E_{\lambda, T}}{C_1} \quad (4)$$

Qurilmaning tavsifi:

Bu laboratoriya ishida “OPPIR-017” tipidagi pirometrdan foydalaniladi. Pirometrning printsiptial sxemasi 10.1-rasmda ko’rsatilgan. Pirometrning ob’ekti temperaturasi aniqlanayotgan jismning tasvirini pirometrik lampa tolasi joylashgan



tekislikka proektsiyalaydi.

Kuzatuvchi lampaning cho’g’lanish tolasini va temperaturasi aniqlanayotgan jismning tasvirini birgalikda yonma-yon okulyar orqali ko’radi. Okulyarning ichki tubusida qizil yorug’lik filtri joylashgan bo’lib, uning uchun $\lambda=6600 \text{ \AA}$ ga teng.

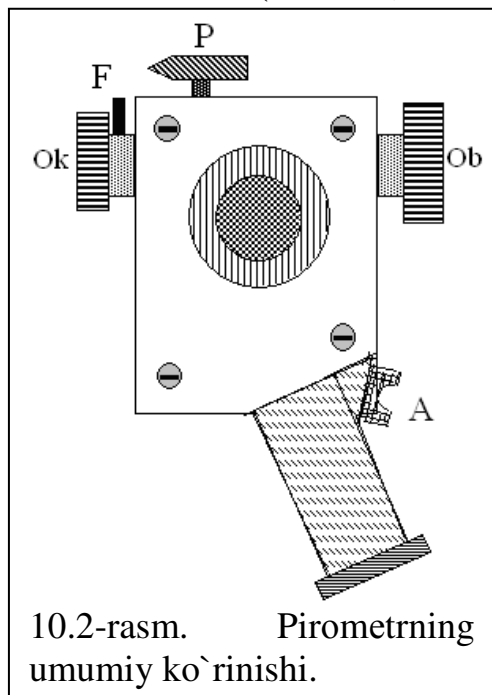
Lampaning cho’g’lantirish zanjiriga ulangan milliampermetr shkalasi bevosita TSelsiy graduslarida kalibrlangan. Milliampermetrning tsiferblatida ikkita diapazon bor. I diapazon – $800 - 1400^\circ\text{S}$ va II diapazon $1200 - 2000^\circ\text{S}$ temperaturalar oralig’ida ishlashga moslashtirilgan. Pirometrning cho’g’lanish (etalon) lampasi kuchlanishi 6 V B5-48 tipidagi doimiy tok manbaidan yondiriladi. Uni boshqa xildagi akkumulator yoki batareyalar bilan almashtirish mumkin emas. Cho’g’lanish tolasining toki pirometrga bevosita o’rnatilgan reostat bilan boshqariladi.

Ishni bajarish tartibi:

1. Ishni boshlashdan oldin pirometrning tuzilishi va ishlash printsipti bilan tanishib chiqish lozim.

2. Tolasining temperaturasi aniqlanishi lozim bo’lgan cho’g’lanma lampa pirometrning ob’ekti bilan bir optik o’qqa, bir-biridan eng kamida 50 sm masofada joylashtiriladi.

3. Cho'g'lanma lampaga 4 – 6 V li kuchlanish manbai yoki LATR orqali biror kuchlanish (masalan, 4 – 12 V) beriladi.



4. Pirometrning okulyarida lampa tolasining aniq tasviri hosil qilinadi. Tasvirni fokuslash okulyar (*Ok*) va ob'ektiv (*Ob*) ni burash yo'li bilan amalga oshiriladi (10.2-rasm).

5. *R* barabanning strelkasi dastlab "1" holatiga qo'yiladi. Keyinchalik kuchlanishning berilayotgan qiymati oshirilishi jarayonida, lozim bo'lsa "2" va "3" holatlarga o'tkaziladi.

6. Okulyar gardishiga o'rnatilgan *F* qizil yorug'lik filtri burash yo'li bilan ko'rish maydoniga tutiladi.

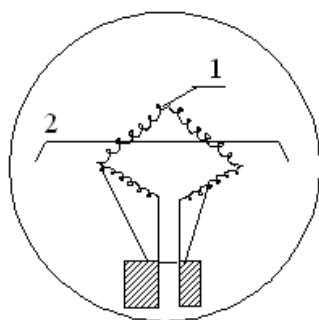
7. *A* dastani bosish yo'li bilan pirometrning etalon lampasi yondiriladi. Bu paytda ko'rish maydonida gorizontaal to'g'ri chiziq shaklidagi yorqin nur paydo bo'ladi. *A* dasta faqat o'lchash paytida juda qisqa muddatga yoqilib, ish bajarish bilanoq darhol

o'chirilishi lozim. Aks holda akkumulator batareyasi razryadlanib qoladi.

8. Pirometrning nur chizig'i bilan kuzatilayotgan lampa tolasi 10.3-rasmda ko'rsatilgani singari ustma ust tushishi kerak.

9. Pirometrning *K* xalqasi buralib, lampa tolasi bilan pirometr nur chizig'ining ravshanliklari tenglashtiriladi.

10. *K* xalqaning shu vaziyatida ampermetr tsiferblati ko'rsatib, turgan son yozib olinadi va 100 ga ko'paytiriladi. Bu lampa tolasining T_{rav} ravshanlik temperaturasi beradi.



10.3-rasm. 1 – cho'g'lanma lampa tolasi , 2 – pirometr-ning nurli chizig'i.

11. Ishda berilgan tuzatmalar jadvalidan tajribada topilgan T_{rav} ning qiymatiga mos keluvchi ΔT tuzatma topiladi hamda (3) formula yordamida lampa tolasining termodinamik temperaturasi T_{ter} aniqlanadi.

12. SHundan so'ng bu tajriba kuchlanishning turli qiymatlari uchun takrorlanadi. Buning uchun cho'g'lanma lampaga kuchlanish manbaidan 4, 6, 8, 10 va 12 V kuchlanishlar navbat bilan beriladi hamda kuchlanishning har bir qiymati uchun T_{ter} topiladi.

13. Kuchlanishning ma'lum qiymatidan boshlab lampa tolasi bilan pirometrning nur chizig'i ravshanliklarini *K* xalqa yordamida tenglashtirib bo'lmay qolishi mumkin. Bu holda *R* barabanni navbatdagi diapazonga o'tkazib qo'yish lozim.

14. Cho'g'lanish lampasiga berilgan kuchlanish bilan lampa tolasining termodinamik temperaturasi orasidagi bog'lanish grafikasini tuzish kerak. Abtsissa o'qiga U kuchlanishning, ordinata o'qiga esa T_{ter} ning qiymatlarini qo'yish tavsiya etiladi.

Tuzatmalar jadvali

T_{rav}	ΔT	T_{rav}	ΔT	T_{rav}	ΔT
800	27	1600	108	2400	242
900	34	1700	121	2500	262
1000	42	1800	136	2600	284
1100	51	1900	152	2700	306
1200	60	2000	168	2800	329
1300	71	2100	185	2900	353
1400	82	2200	203	3000	378
1500	95	2300	222	3100	403

Nazorat uchun savollar:

1. Issiqlik nurlanishi deb nimaga aytiladi?
2. Absolyut qora jism nima ?
3. Issiqlik nurlanishining Kirxgof qonunini tushuntiring.
4. Optik pirometriya deb nimaga aytiladi?
5. Stefan – Boltsman va Vin qonunlarini tushuntiring.
6. “Ultrabinafsha halokat” nima?
7. Plank formulasi nimani ifodalaydi.
8. Pirometrning tuzilishi va ishlash printsipini aytib bering?
9. Ishning tartibini tushuntiring.

Adabiyotlar.

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

11-laboratoriya ishi. Eritmalarda yorug'likni yutilish koeffitsiyentini aniqlash va Buger-Ber qonunini o'rganish

Nazariy qism

YOrug'likning moddalar (suyuqliklar, gazlar, qattiq jismlar) bilan o'zaro ta'siri uning absorbttsiya, refraktsiyasi, qutblanishi, sochilishi va hokazolar orqali namoyon bo'ladi. Bu hodisalarning har birini miqdoriy tavsiflash uchun ma'lum bir kattaliklar orqali ifodalanadi: bular-yutilish koeffitsienti, 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'rsatgichi n orqali ifodalanadi. Agar biz yorug'lik intensivligini kamayishini ham hisobga olmoqchi bo'lsak u holda sindirish ko'rsatgichi bilan bir qatorda muhitda yorug'likni yutilishi va sochilishini hisobga oluvchi ekstinktsiya koeffitsienti (yoki yutilish ko'rsatkichini) kiritishimiz kerak bo'ladi.

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

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

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

Birinchi formuladan

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

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

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

bu erda 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 β ko'pincha ekstinktsiya koeffitsienti (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) ekstinktsiya koeffitsientini yutilish ko'rsatkichi deb olinadi. Aksincha, agar yorug'likning sochilishi uning yutilishiga nisbatan katta bo'lsa, sochilish hisobiga yuzaga kelgan ekstinktsiya koeffitsienti de'yishimiz 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 proportsionallik koeffitsienti (β) 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 β koeffitsientning 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 qonunni 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 (ekstinktsiya koeffitsientini), yorug'likni solishtirma yutilish ko'rsatkichi (k) va aralashma kontsentratsiyasi (C) ko'paytmasi sifatida tekshirdi:

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

Bu erda 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 hulosalardan biri solishtirma yutilish ko'rsatkichi (k) aralashmalarining kontsentratsiyasiga bog'liqligidir. Bu hulosa *Ber qoidasi* deb ataladi va asosan kichik kontsentratsiyali aralashmalar uchun o'rinlidir. Bundan tashqari ekstinktsiya (yutilish ko'rsatkichi) koeffitsienti kontsentratsiyaga proportsional (β , 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 (ρ) proportsional 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_{ρ} -larning doimiyligi aralashmalardagi molekulalarning o'zaro ta'siri (kichik kontsentratsiyalar) ekstinktsiya koeffitsientiga ta'sir qilmaslik darajada kichik bo'lganda o'rinli bo'ladi. Bu qoidaning fizik ma'nosi molekulaning yutish qobiliyati atrofdagi molekulalar ta'siriga bog'liq emasligidan iboratdir.

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

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

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

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

va yorug'likni yutilishini xarakterlaydigan kattalikni aniqlash mumkin.

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

A va V koeffitsientlar ayniqsa tajriba har xil to'lqin uzunlikli yorug'likda olib borilganda spektral o'tish va yutilishni xarakterlovchi kattaliklar sifatida katta ahamiyatga ega bo'ladi.

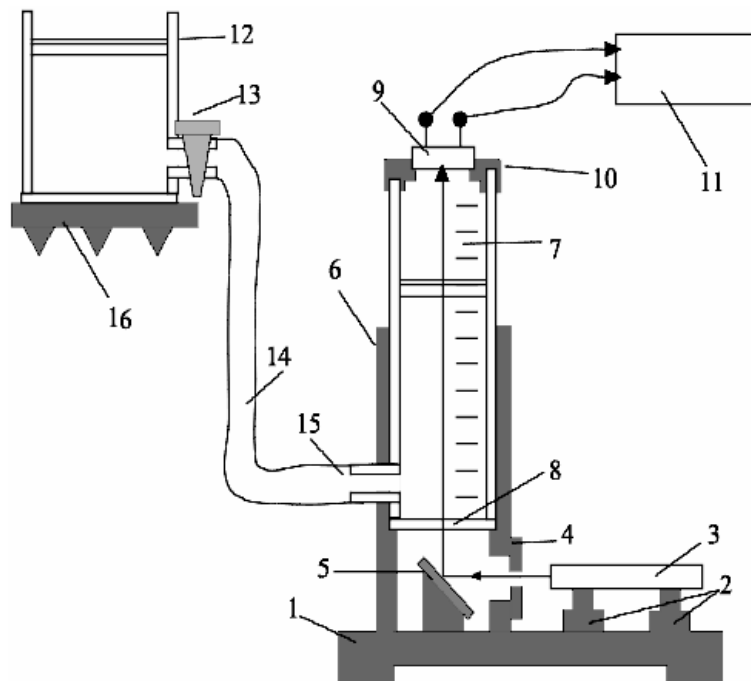
Qurilma va o'lchash metodikasi

Suyuqliklarda yorug'likni yutilishini o'rganish va Buger-Lambert-Ber qonunini tekshirish uchun yasalgan qurilmaning sxemasi 11.1-rasmda 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 tsilindr 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 aniq qo'yish uchun maxsus kran (13) o'rnatilgan. Qo'shimcha shisha idishni eng yuqori ko'tarilishi kyuvetaning uchiga joylashgan fotodioddan 3-5 sm pastroqda bo'lishi kerak.

Yarimo'tkazgichli lazer monoxromatik parallel nurlar dastasini hosil qiladi va bu nur dastasi ko'zgudan 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.



11.1-rasm.

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 ekstinktsiya koeffitsientini) ko'rsatkichini hisoblaymiz.

Bu erda 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 balandligini 5 – 10 sm ga o'zgartirib) o'tgan yorug'lik intensivligiga mos keluvchi fototokni o'lchab yorug'likning yutilish koeffitsientini hisoblash kerak. Masalan x_1 qalinlik uchun intensivlik I_1 bo'lsa va x_2 uchun I_2 yutilish koeffitsienti

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

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 β hamda o'tish A va yutilish B koeffitsientlari 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, uni shtativga ma'lum balandlikda joylashtiriladi. Fototokni o'lchash sxemasi ulanib, uni ish holatida ekanligini tekshirib ko'riladi. YOrug'lik manbai sifatida ishlatilayotgan lazer yoqilib, uni ishlash rejimi stabillashguncha (1 – 2 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 β hamda (10) va (11) ifodalardagi o'tish A va yutilish B koeffitsientlarini topamiz.

2-mashq

Bu mashqni bajarishdan asosiy maqsad mis kuporasining suvdagi ma'lum konsentratsiyali eritmasi yoki kanifolning spirdagi eritmasining distirlangan suvdagi aralashmasi uchun yutilish ko'rsatkichini β hamda o'tish A va yutilish B koeffitsientlari aniqlanib, Buger–Lambert qonuni bajarilishini o'rganish.

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

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

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

YOrug'lik manbai sifatida ishlatilayotgan lazer yoqilib, uni ishlash rejimi stabillashguncha (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 eritma 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. Eritma ustuni to 35 sm bo'lguncha har bir 5 sm balandligidagi (demak 7 ta nuqtada) fototok o'lchab boriladi va o'lchashlar suv har 5 sm ga kamaytirilib tajriba qaytariladi. Bu o'lchashlar 4-6 marta (yuqoriga 2-3 marta, pastga qarab 2-3 marta) qaytariladi va har eritmaning qalinligi uchun tokning o'rtacha qiymati olinadi.

Olingan natijalardan foydalanib yutilish ko'rsatkichi β hamda (10) va (11) ifodalardagi o'tish A va yutilish B koeffitsientlarini topamiz.

Olingan natijalarni bir-biri bilan taqqoslab xulosalar chiqarish kerak.

Nazorat uchun savollar

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.Savelev, «Umumiy fizika kursi», 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F.A.Korolev, Fizika kursi, Toshkent, 1978.

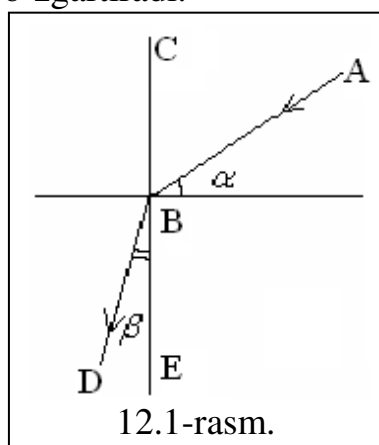
12-laboratoriya ishi. Lazer nurlari yordamida shisha prizmada yorug'likning to'la qaytishi xodisasini o'rganish va uning sindirish ko'rsatkichini aniqlash.
Geometrik optika qonunlarini tekshirish

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 perpendikulyar o'zaro qanday joylashishini ta'riflaydi. Bunda α - *tushish burchagi*, β - *sinish burchagi* deyiladi (12.1-rasm).

To'lqinlarning sinish qonuni Gyugens printsipli yordamida keltirib chiqarilgan. Bu qonun quyidagicha tushuvchi nur, singan nur va ikki muhit chegarasiga nurning tushish nuqtasidan o'tkazilgan perpendikulyar bir tekislikda yotadi; tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati berilgan ikki muhit ushun o'zgarmas kattalikdir:

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

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

$$n = \frac{v_1}{v_2} \quad (2)$$

shuning uchun sinish qonuni quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = n \quad (3)$$

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

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \quad \text{va} \quad n_2 = \frac{c}{v_2}$$

bo'lgani uchun bunda c – yorug'likning vakuumdagi tezligi bo'lsa, $n = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$

deb yozish mumkin. Absolyut 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 $v_1 > v_2$ singan nur muhitlarning ajralish chegarasiga perpendikulyar chiziqliqqa 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:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{n}. \quad (4)$$

Singan nur optik zichligi kattaroq muhitdan chiqib, avvalgi tushuvchi nur bo'yicha yo'naladi. Shuning uchun $\alpha < \beta$ ya'ni singan nur perpendikulyar uzoqlashadi. Tushish burchagining muayyan qiymatida sinish burchagi 90° ga yaqinlashadi va singan nur deyarli ikki muhitning chegara chizig'i bo'yicha yo'nalgan bo'ladi. Eng katta sinish burchagi 90° bo'lib, bu burchakka α_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 xodisa yorug'likning *to'la qaytishi* deyiladi va u quyidagicha aniqlanadi:

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

Ishning bajarish tartibi:

1-mashq.

1. Bir tomonida, 360° ga bo'lingan doira va masshtabli katakchalar bo'lgan maxsus qurilma o'rtacha yoki kamroq yoritilgan joyga o'rnatiladi.
2. Qalinligi 1 sm li, yarim doira shaklidagi shisha prizma avval yarim doira tomoni pactga qaratib, uning markazi, 360° li doira markazi bilan ustma-ust tushiriladi va qo'lda yoki tutqich yordamida ushlab turiladi.
3. Lazer nuri havodan shisha prizma markaziga 360° li doirani biror α_1 burchagi orqali yo'naltiriladi.
4. Singan nur shisha prizmani R radiusi orqali yo'nalib, biror β_1 burchak orqali chiqib ketadi.
5. SHunday tarzda $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ va α_5 burchaklarda nurni yo'naltirib, singan nurning $\beta_2, \beta_3, \beta_4$ va β_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	α_i	β_i	n_i	$n_{o'rt}$	Δn_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° li doiraning markazi bilan ustma-ust tushirib, yarim doira tomonini yuqoriga qaratib joylashtiriladi.
2. Lazer nurini yuqori tomondan 360° 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 α_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 uchun savollar:

1. Yorug'likning sinishini tushuntirib bering.
2. Yorug'likning to'la qaytishi deb nimaga aytiladi?
3. Absolyut sindirish ko'rsatkichi deb nimaga aytiladi?
4. Ishning maqsadi va borishini tushuntiring.
5. Absolyut va nisbiy sindirish ko'rsatkichlari haqida tushuncha bering.
6. CHegaraviy burchak nima?
7. Sinish hodisasini Nyuton va Gyuygens nazariyalari asosida tushuntiring.
8. Sindirish ko'rsatkichini fizik ma'nosi nimadan iborat?
9. Sindirish ko'rsatkichi 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.Savelev, «Umumiy fizika kursi», 3-tom, Toshkent, 1976.
3. F.A.Korolev, 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 r-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 kollejlariidagi 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 deyiladi. 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 $\nu_i = \nu_{mn}$ 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 (fotonni elektromagnit to'lqin bo'lakchasi deb qarash mumkin) ta'sirida yuqori energetik sathdan quyi energetik sathga o'tgan zarraning chiqargan fotonining chastotasi, fazasi, qutblanishi majburlovchi fotonning parametrlari bilan aynan bir hil 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 erda 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 ”-sathdagi 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 muvozanat 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 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. Bazibir 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 qo'yi energetik sathga o'tishidagi hosil qilgan spontan nurlanishi tasirida hosil bo'lishi mumkin.

Nurlanishni faol muhitdagi yuqori energetik sathda joylashgan zarralar 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 jisimli lazerlarning o'ziga xos turiga kiradi. Bu turdagi lazerlarda invers bandlik hosil qilishni va kogerent nurlanish olishni energetik sathlar hamda energetik sohalar asosida tushintirish 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 qo'yi

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.

Elektronlar energetik sathlarning va sohalarning sxematik diagrammasi 13.1-rasmda keltirilgan.

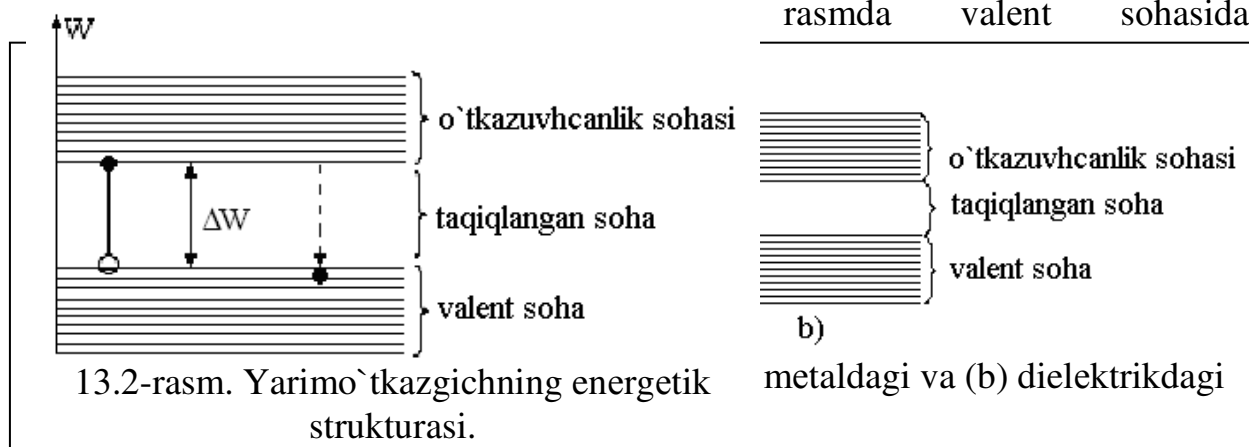
Yarimo'tkazgich moddalarda sohalar diagrammasi 13.1,b-rasmda ko'rsatilgandek bo'ladi. Faqat taqiqlangan sohaning kengligi dielektriklarinikiga nisbatan kamroq bo'lib, qiymati bir elektron volt atrofida bo'ladi.

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

Yarimo'tkazgichning (sof, aralashmasiz) elektr o'tkazuvchanligi yoki unda invers bandlik hosil bo'lishini 2 rasmda keltirilgan energetik struktura orqali tushintirish 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 ortaboshlagan sari valent sohadagi bog'langan elektronlarning energiyasi ortib, yadro bilan bog'lanishni uzib, o'tkazuvchanlik sohasiga o'taboshlaydilar. Ushbu o'tishlardan biri 13.2-

rasmda valent sohasidan

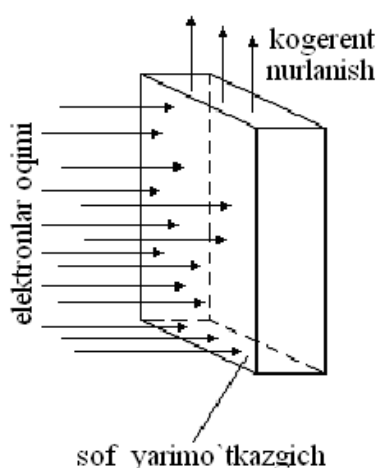


o'tkazuvchanlik sohasiga yo'nalgan tutash chiziq bilan ko'rsatilgan. SHunday qilib, o'tkazuvchanlik sohasida erkin elektron tok tashuvchilar, valent sohada kovak tok tashuvchilar paydo bo'ladi. Bir vaqtning o'zida sof yarim o'tkazgich moddada elektronli va kovakli o'tkazuvchanlik paydo bo'ladi. Issiqlik ta'sirida ushbu elektronlar va kovaklar tartibsiz xarakatda bo'ladilar hamda uchrashib rekombinatsiyalashishadi. Bu jarayon 13.2-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 13.3-rasmda tasvirlangan.

Plastinkaning olti tomonidan ikki qarasha-qarshi tomoni 13.3-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 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 termodinamik muvozanatdagi yarimo'tkazgichning valent sohasidagi kovaklar sonidan ortiq bo'ladi. Sof yarimo'tkazgichdagi ushbu holatga *invers bandlik holati* deyiladi.



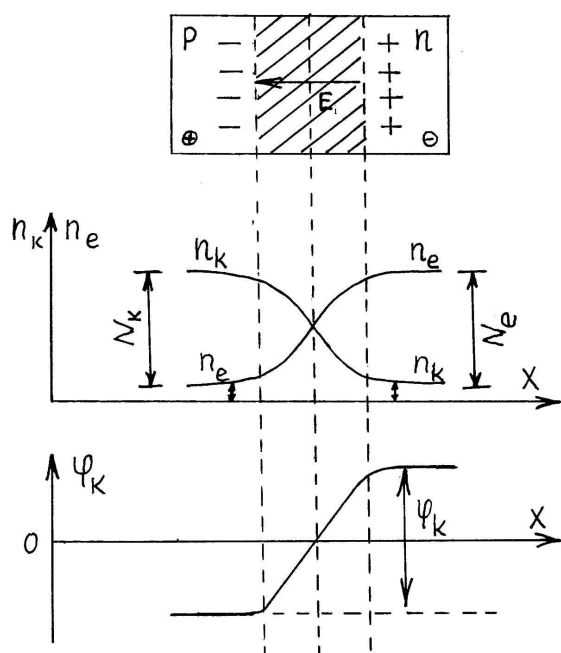
13.3-rasm. Elektronlar oqimi bilan sof yarimo'tkazgichda kogerent nurlanish olishning sxematik chizmasi.

Sof yarimo'tkazgich hajmining biror nuqtasida zarralarning issiqlik ta'siridan tartibsiz xarakati natijasida erkin elektron va kovak uchrashib, 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 majburlab, rekombinatsiyalashtirishi natijasida parametrlari bo'yicha, o'ziga aynan o'xshagan hamda tarqalish yo'nalishi bilan mos tushgan majburiy nurlanishlarni hosil qiladi. Ushbu yo'nalishda tarqalayotgan nurlanishlar yarimo'tkazgichning ko'zguli sirtlaridan ko'p martalab aks etib,

yarimo'tkazgich ichidan ko'p marta o'tishi natijasida elektron va kovaklarning majburiy rekombinatsiyalarini tashkil etadi va majburiy nurlanishlar miqdori ortib

boradi. Bu jarayonida bir qism nurlanish yarimo'tgazgichning ko'zguli sirt tomonilaridan chiqib to'radi. Albatta bu jarayon uzliksiz davom etishi uchun yarimo'tkazgich plastinaga tashqaridan uzliksiz ravishda elektronlar kiritilib turishi kerak. Tajribalarning ko'rsatishicha bu usuldagi damlash jarayonida yarimo'tkazgich plastina tez qizib ketadi va 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 yarimo'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 valentli bir xil moddali sof yarimo'tkazgich olinadi, uni ikki qismga ajratib, ularga mos ravishda uch va to'rt valentli sof yarimo'tkazgich moddalar kiritilib, turli xildagi, yani (p va n) o'tkazuvchanlik hosil qilinadi. SHu qismlar orasida shartli o'ta yupqa qatlam bor deb, bu qatlamni ikki hildagi o'tkazuvchanlikka ega o'tkazgichlarning bir-biri bilan tutashgan sohasi, yani kontakt sohasi deb qarash mumkin. Ushbu kontakt sohasidagi $p-n$ o'tish hodisasini ko'raylik (13.4-rasm). Masalaning mohiyatini tushunish oson bo'lishi uchun p va n o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarimo'tkazgichlarda asosiy tok tashuvchilarning miqdorlari o'zaro teng deb olish mumkin (13.4 rasm).



13.4-rasm. Yarimo'tkazgichli $p-n$ o'tishdagi jarayonlarni tushintirish uchun zarur bo'lgan chizmalar. (n_k – kovaklar, n_e – elektronlar konsentratsiyasi).

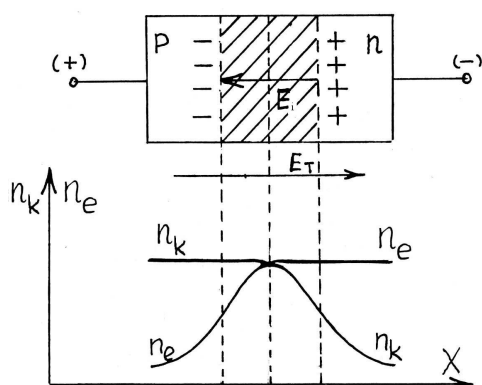
Kontakt hosil qilingan boshlang'ich paytda p -sohasidagi kovaklar konsentratsiyasi n -sohadagi kovaklar konsentratsiyasidan n -sohadagi elektronlar konsentratsiyasi esa p -sohadagi elektronlar konsentratsiyasidan katta bo'ladi (13.4-rasm). Buning natijasida $p-n$ o'tish kontakt sohasida elektronlar va kovaklarning diffuziyasi vujudga keladi.

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 ionlarning yuzaga chiqishi, shu sohada ikki qoplamalari musbat va manfiy zaryadlangan kondensator kabi ikki qatlam vujudga keladi. Bu qatlamda potentsiallar ayirmasi φ_k va maydon kuchlanganligi E_k

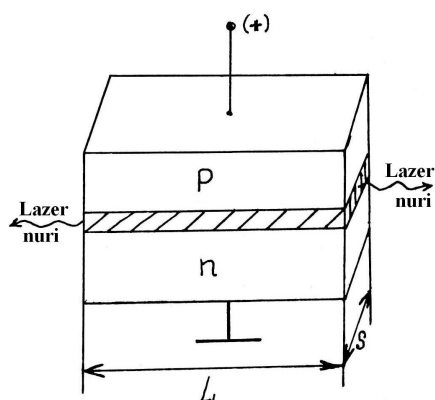
bo'lgan elektr maydon paydo bo'ladi (13.4-rasm). Bu elektr maydonning yo'nalishi shundayki, u asosiy tok tashuvchilarning harakatiga to'sqinlik qilib, asosiy bo'lmagan zaryadlarni harakatlantirib ko'chiradi. Bu zaryadlarning ko'chish natijasidagi tokni *siljish toki* deyiladi.

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



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

qutbini esa n qismiga ulaylik (13.5-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/indi elektr maydon miqdori kamayadi. Buning natijasida asosiy tok tashuvchilarni 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 (injeksiyanadi).



13.6-rasm. Yarimo'tkazgichli p - n o'tishda ishlovchi injeksiyali lazerning konstruktsiyasi ko'rsatilgan.

bir-biridan ajratib turadi. Bunday sohani *to'siq qatlam* deb, paydo bo'lgan potentsiallar ayirmasini esa, *potensial to'siq* deb atash qabul qilingan.

SHu p - n o'tish sohasiga tashqi elektr manbai ulangan holni ko'raylik (13.5-rasm). Tashqi elektr manbaining manfiy qutbini p - n o'tishning p qismiga, elektr manbaining musbat qutbini p - n o'tishning n qismiga ulaylik. Bu holda p - n o'tishdagi potentsial to'siqning miqdori ortadi va asosiy tok tashuvchilarning o'tishi yanada yomonlashib, diffuzion tokning miqdori nolga teng bo'ladi.

Endi elektr manbaining musbat qutbini p - n o'tishning p qismiga, manfiy

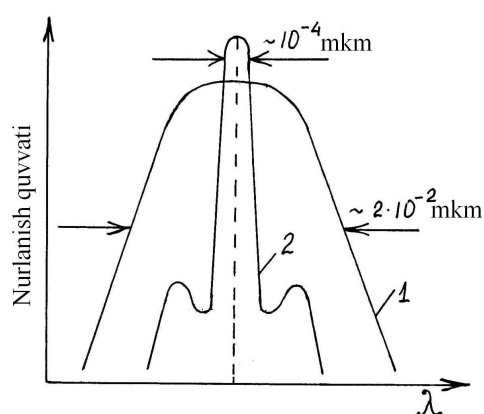
Ushbu holda donorli va akseptorli aralashmalarining konsentratsiyasi 10^{18} - 10^{19} sm^{-3} bo'lgan yarimo'tkazgichlardagi elektronlarni va kovaklarni tashqi elektr maydon ta'sirida p - n o'tish sohasiga kiritilib, invers bandlik (p -sohadagi o'tishda termodinamik muvozanat holatiga nisbatan elektronlarning, 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 sirlari yaxshilab silliqiladi (13.6-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'lchovchi qurilma lazerli dioddan, uning elektr ta'minot manbaidan (BP-47), mexanik modulyatordan, intensivlikni susaytirgichdan, FD-7K turdagi fotodioddan, ostsillografdan (C 1-77) va V3-38 turdagi millivoltmetrdan iborat bo'lib, nurlanishning ko'p parametrlarini o'lchash imkoniyatini beradi.

Lazer nuri mexanik modulyatordan, intensivlikni susaytirgichdan o'tib, fotodiod FD-7K tomonidan qabul qilinib, elektr signalga 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.



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

Generatsiya effektivligi γ damlash quvvatiga bog'liq holda quyidagi

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

formula bilan aniqlanadi. Bu erda P – lazer nurlanishining quvvati, P_n – elektr ta'minot quvvati.

Nurlanishning qutblanish darajasi η quyidagi formula

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

bilan aniklanadi. Bu erda $I_{\max}$ va $I_{\min}$ mos xolda" qutblantirgichni lazer nuri atrofida 360° ga burishdagi fotoqabulqilgichda hosil bo'lgan elektr tokining maksimal va minimal qiymatlari.

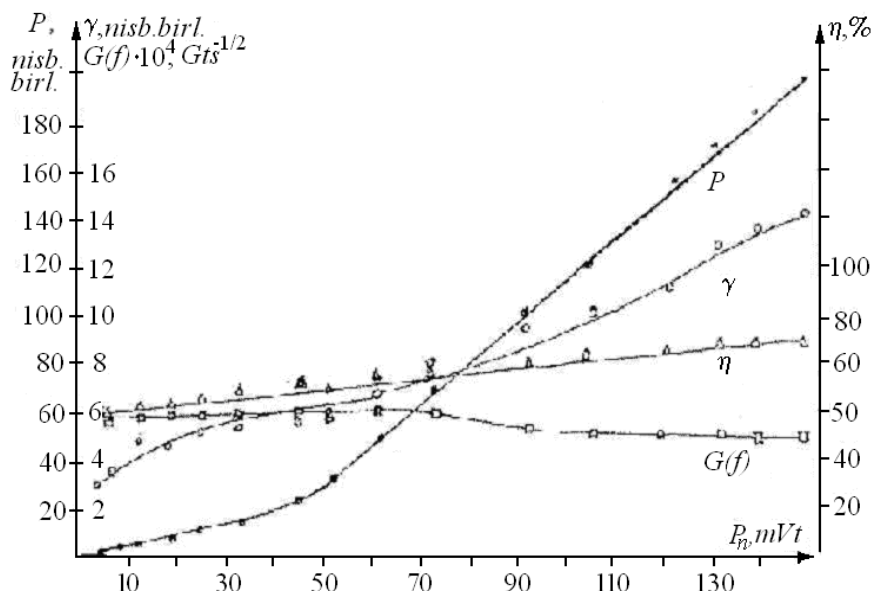
Yarimo'tkazgichli lazer nurlanishi shovqinlarining spektral zichligi V3-38 tipdagi millivoltmetr yordamida aniqlanadi. Buning uchun elektr signalining doimiy $U_{\approx}$ va o'zgaruvchan $U_{\sim}$ tashkil etuvchilari FD-7K dan olinadi. Lazer nurlanishi shovqinlarining spektral zichligi bu holda quyidagi

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

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

Quvvat, qutblanish va shovqin xarakteristikalari

Lazer nurlanishining quvvatini P , generatsiya effektivligini γ , qutblanish darajasi η va nurlanish shovqinining spektral zichligini $G(f)$, lazerli diodning elektr P_i ta'minot quvvatiga bog'liqligi olindi va natijalar 13.8-rasmda keltirilgan.



13.8-rasm. Yarimo'tkazgichli lazer P , γ , η , va $G(f)$ parametrlarining elektr ta'minot R_n quvvatiga bog'liqlik grafigi.

13.8-rasmda kurinib turibdiki yarimo'tkazgichli lazerning damlash quvvati 3 dan 150 mVt gacha ortganda lazer nurlanishi quvvati 3 dan 200 nisbiy birliklarga ortgan bo'lsa, generatsiya effektivligi 3 dan 14 gacha ortdi. Lazer nurlanishining bunday chiziqli ravishda ortishini $p-n$ o'tishdagi elektron va kovaklar kontsentratsiyasining 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 kiymatiga 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.

13.8-rasmdan yana shu narsa ko'rinib turibdiki, damlash quvvati 150 mVt gacha o'zgarganda lazer nurlanishi shovqinlarining spektral zichligi o'zgarib qoldi. Bunga sabab, yarimo'tkazgichli $p-n$ diodning damlash quvvati ortishi bilan lazer nurlanishining 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 kilib 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 manbaining kuchlanishiga bog'liqligini olamiz. Bu erda 1 – mikroampermetr bilan o'lchangan fototok, u lazer nurlanishi quvvatiga mutanosib kattalik.
5. Olingan natijalarni jadval ko'rinishida yozib, ular asosida $I=f(U_T)$ bog'lanish grafigini chizamiz.

2-mashq: Bir o'lchamli difraktsion panjara yordamida lazer nurlanishining to'lqin uzunligini aniqlash

1. Difraktsion panjarani va ekranni lazer nuri buylab joylashtiramiz.
2. Ekrandagi difraktsion manzaradagi asosiy va yordamchi maksimumlarining holatini aniklaymiz. Maksimumlar orasidagi Δx_n masofani va difraktsion panjaradan asosiy maksimumgacha bulgan Z masofani bilgan holda, ushbu

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

formula asosida difraktsiya burchagini aniklaymiz.

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

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

formula asosida aniklaymiz. Bu erda n – difraktsiya tartibi, d - difraktsion panjara doimiysi.

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

1. Qutblantirgichni va fotoqabulqilgichni lazer nuri bo'ylab joylashtiramiz.
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 η darajasini aniqlaymiz. Bu erda $I_{\max}$ va $I_{\min}$ mos holda qutblantirgichni lazer nuri atrofida 360° 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.Savelev, Umumiy fizika kursi, 3-tom, - Toshkent, O'qituvchi 1976.

MUNDARIJA

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

**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 ¹/₁₆.

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.