

0-62

# **OPTIKADAN MASALALAR VA LABORATORIYA ISHLARI TO'PLAMI**

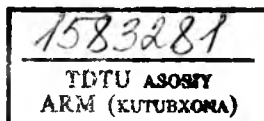
**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS  
TA'LIM VAZIRLIGI**

---

**R. Karimov, B. Eshchanov,  
Sh. Otajonov, I. Buribayev**

# **OPTIKADAN MASALALAR VA LABORATORIYA ISHLARI TO'PLAMI**

*O'quv qo'llanma*



*Cho'pon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi  
Toshkent — 2016*

UO'K 535(076.5)(075.8)

KBK 22.34v6.ya73

O 62

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan 5140200  
– Fizika, 5140400 – Astronomiya ta'lim yo'nalishlari bo'yicha tahsil olayotgan  
talabalar uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

**Taqrizchilar:**

*M. Qosimjonov – TDKTI professori.*

*T. Ahmadjonov – O'zMU dotsenti.*

**R. Karimov, B. Eshchanov, Sh. Otajonov, I. Buribayev**

O 62 Optikadan masalalar va laboratoriya ishlari to'plami. O'quv qo'llanma/ O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi – T.: Cho'lpon nomidagi NMIU, 2016, 184 bet.  
ISBN 978-9943-05-889-7

Ushbu o'quv qo'llanma 5140200 – Fizika hamda 5140400 – Astronomiya bakalavr ta'lim yo'nalishlarining o'quv rejasidagi Optika faniga tegishli o'quv dasturi talablari asosida tayyorlangan bo'lib, unda amaliy va laboratoriya mashg'ulotlarini o'z ichiga olgan ma'lumotlar berilgan.

Fizika fanining xususiyatlaridan kelib chiqib, qo'llanmadan o'rin olgan har bir laboratoriya ishi va masalalar bo'yicha nazariy ma'lumotlar, nazariy-amaliy, tajriba xatoliklarini hisoblash usullari hamda talabalar uchun foydali bir qator tavsiyalar berilgan. Iqtidorli talabalar uchun ayrim laboratoriya ishlarini bajarishda va masalalarni yechishda maxsus yaratilgan dastur asosida kompyuter imkoniyatlaridan foydalanib, ko'rgazmali pedagogik texnologiyalarni qo'llash usullariga ham alohida e'tibor berilgan.

Qo'llanma O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tasarrufidagi universitetlarning bakalavr ta'lim bosqichi talabalari uchun mo'ljallangan.

UO'K 535(076.5)(075.8)

KBK 22.34v6.ya73

ISBN 978-9943-05-889-7

© R.Karimov va boshq., 2016

© Cho'lpon nomidagi NMIU, 2016

## SO'ZBOSHI

Mamlakatimizda qabul qilingan Kadrlar tayyorlash milliy dasturidagi asosiy vazifalardan biri bugungi kun talablariga to'la javob beruvchi o'quv adabiyotlar yaratishdan iborat.

Ma'lumki, O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan tasdiqlashib, bakalavr ta'lim yo'nalishlariga joriy etilgan o'quv rejadagi fanlar bo'yicha ajratilgan umumiy soat hajmining 35–40% talaba tomonidan mustaqil o'zlashtiriladigan o'quv soatlarini tashkil qiladi. Bu esa fanlar bo'yicha maqsadli yo'naltirilgan adabiyotlari bilan ta'minlanganligiga ko'p jihatdan bog'liq.

Shu talabdan kelib chiqib, umumiy fizika kursining optika bo'limiga tegishli ushbu o'quv qo'llanma mualliflarning uzoq yillik pedagogik tajribalari asosida yaratilgan.

Umumiy fizika kursining «Optika» bo'limiga oid fizika praktikumi bo'yicha o'quv qo'llanmani yaratishda quyidagilarga alohida e'tibor berildi: har bir laboratoriya ishini bajarishdan maqsad, o'rganilayotgan fizik hodisa yoki jarayonning qisqacha nazariyasi yoki tafsiloti, kerakli optik qurilma va asboblari, ularni ishlash prinsiplari, optik sxemalari, laboratoriya ishida qo'llaniladigan usullar va tajriba o'tkazish tartibi, o'lchash natijalarini jadvallarga kiritish, ish tajribalari va ularni hisoblash usullari, ishchi ifodalar hamda ulardagi kattaliklarni belgilash va boshqalar.

Ushbu qo'llanmaga kiritilgan har bir laboratoriya ishidan olingan tajriba natijalarini hisoblashning bir necha usullari kiritilgan bo'lib, ular uchun dotsent R.K. Karimov tomonidan «Beysik» tilida tuzilgan dasturlar mavjud. Shuning uchun ushbu o'quv qo'llanma hajmini oshirmaslik maqsadida har bir laboratoriya ishi oxirida tegishli uslubiy ko'rsatmalar berildi. Undan tashqari, har bir laboratoriya ishiga zarur bo'lgan adabiyotlar ro'yxati, o'quv

qo'llanmaning oxirida esa asosiy va qo'shimcha adabiyotlarning to'liq ro'yxati keltirilgan.

O'quv qo'llanma ikki qismdan iborat bo'lib, birinchi qismi Optika fanidan laboratoriya ishlariga, ikkinchi qismida esa talabalar tomonidan amalda bajariladigan laboratoriya ishlarini masalalar yechishga tegishli maxsus ishlab chiqilgan dastur asosida kompyuterda amalga oshirish uchun namunalar berilgan. Qo'llanmaga kiritilgan laboratoriya ishlarining ba'zilar iqtidorli va yaxshi o'zlashtiradigan talabalar uchun mo'ljallangan bo'lib, ular kichik ilmiy izlanish ko'rinishiga keltirilgan. O'quv qo'llanmada laboratoriya ishlarini bajarish bilan bir qatorda tajribada olingan fizik kattaliklarni bir necha usullar bilan hisoblashga, izlanayotgan natijalarni nazariy yo'l bilan hisoblash va uni tajribada olingan natijalar bilan solishtirishga, fizik kattaliklarning xatoliklarini, ishonch intervallarini hisoblashga katta e'tibor berilgan. Laboratoriya ishlarida olingan natijalarni hisoblash uchun «Beysik» tilida tuzilgan dasturlar keltirilgan. Oldin talaba hisoblashlarni o'zi bajarib, keyin, olgan natijalarini o'qituvchi yordamida dasturda olingan natijalar bilan solishtiradi. Natijada, talabaning laboratoriya ishini yaxshi bajargani va hisoblari to'g'ri ekanligi aniqlanadi.

O'quv qo'llanmaning ikkinchi qismida iqtidorli talabalarning optikaga doir masalalarni chuqurroq o'rganishi uchun «Byesik» tilida dasturlar keltirilgan. Bu qo'llanmadagi deyarli hamma masalalar V.S. Volkenshteynning «Umumiy fizika kursidan masalalar» to'plamidan olingan. Bu masalalarda bir necha fizik kattaliklar berilgan bo'lib, bir yoki ikkita fizik kattaliklar topilsin, deyilgan. Lekin bu o'quv qo'llanmada shu masalaga tegishli ancha ko'p fizik kattaliklarni topish (hisoblash) mumkin. Bu esa talabalarning chuqurroq bilim olishiga imkoniyat beradi.

## I BOB. GEOMETRIK OPTIKA VA FOTOMETRIYA

### 1-ISH. YIG'UVCHI LINZANING FOKUS MASOFASINI ANIQLASH

**Zarur asboblari:** Pasaytiruvchi transformator, kichik kuchlanishli lampa (yorug'lik manbai), optik taglik, yig'uvchi linza, ekran.

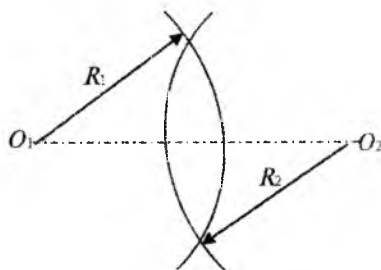
**Ishning maqsadi:** Optik asboblarning asosiy qismi bo'lgan shaffof shishadan yasalgan linzaning ishlash asoslari va parametrlari bilan tanishish. Tajribada linzadan buyum va tasvirgacha bo'lgan masofalarni o'lchash, uning fokus masofasini aniqlash. Yig'uvchi linza fokus masofasini bir necha usullar bilan aniqlash.

**Linzalar:** Linzalar asosan buyumning tasvirini hosil qilish uchun qo'llaniladi. Ko'proq. radiuslari  $R_1$  va  $R_2$  (1.1-shakl) bo'lgan sferik sirt bilan chegaralangan, sferik linzalardan foydalaniladi. Linzani chegaralab turuvchi sirtlar qavariq, botiq, yassi bo'lishi mumkin.

Linzaning o'rtasi ikki chekkasiga nisbatan qalin bo'lsa qavariq yoki yig'uvchi linza deyiladi. Yupqa linzaning qalinligi egrilik radiuslariga ( $R_1$  va  $R_2$ ) nisbatan kichik bo'ladi.

Linzaning chegaralab turuvchi sferik sirtlarining markazlaridan  $O_1$  va  $O_2$  (1.1-shakl) o'tuvchi to'g'ri chiziq uning bosh optik o'qi bo'ladi.

Buyumning tasvirini hosil qilishda va linzaning ifodasini keltirib chiqarishda gomotsentrik (bitta nuqtadan tarqaluvchi) nur dastalaridan foydalaniladi. Bunday nurlar bosh optik o'qqa nisbatan kichik burchaklarda (paraksial nurlar) tarqaladi. Ular uchun burchaklarning sinus va tangenslarini, burchaklarni o'zi



1.1-shakl.

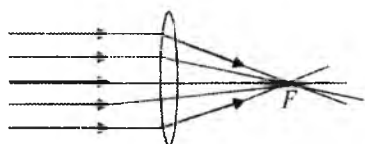
bilan almashtirishga imkon beradi. Natijada keltirib chiqarish ifodalari ancha soddalashadi. Ko'pchilik darsliklarda shu usuldan foydalanilgan.

Agar parallel nur dastasini yig'uvchi linzaga tushirsak, linzaning ikkinchi tomonida nurlarning yo'nalishi bir nuqtaga to'planadi (1.2-shakl). Ushbu nuqta  $F$  harfi bilan belgilanib, fokus masofasi deyiladi. Bosh optik o'qqa perpendikulyar bo'lgan va fokus masofasidan o'tuvchi tekislikka fokal tekislik deyiladi. Fokus masofa va fokal tekisligi linzaga nisbatan simmetrik joylashgan bo'ladi.

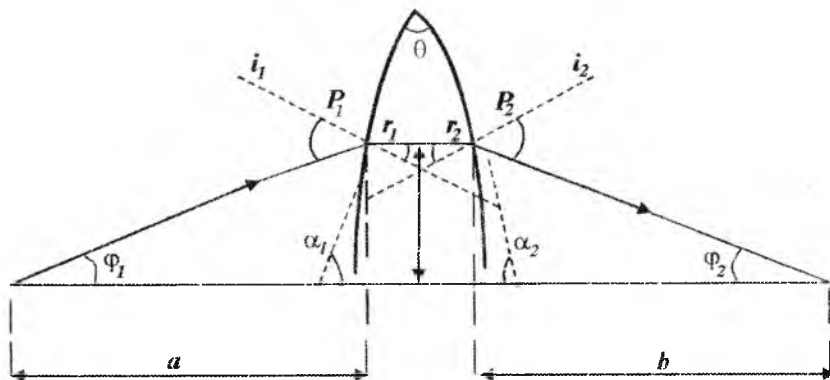
Yig'uvchi linzaning fokus masofasini aniqlaymiz. Egrilik radiuslari  $R_1$  va  $R_2$  bo'lgan sferik sirtlarning markazlari  $C_1$  va  $C_2$  nuqtalarda joylashgan linza yordamida buyumning tasvirini qanday hosil qilishini ko'ramiz (1.3-shakl).

Shishadan yasalgan linzaning sindirish ko'rsatkichi  $n$ , linza joylashgan muhitning sindirish ko'rsatkichi  $n_0$  bo'lsin. Linzadan a masofada, bosh optik o'qda joylashgan nuqtaviy manba (gomotsentrik nurlar) tasvirining vaziyati, ya'ni  $b$  ni aniqlaymiz. Uning uchun  $S$  manbadan tarqalayotgan ikkita nurning linzadan o'tgandan so'ng kesishgan nuqtasini topish kerak (1.3-shakl).

Ikkinchi nurning yo'nalishi bosh optik o'qqa nisbatan kichik  $\varphi$  burchak bilan tarqalayotgan bo'lsin (paraksial nurlar). Bosh optik



1.2-shakl.



1.3-shakl.

o'q bo'yicha tarqalayotgan nurning yo'nalishi linzadan o'tganda o'zgarmaydi. Ikkinchi nurning yo'nalishini linza o'zgartiradi. Bu nurning linzadan sinib o'tishi prizmadan o'tgan nur kabi bo'ladi. Prizmadan o'tgan nurning og'ish burchagi  $\gamma$  va prizmaning sindirish burchagi  $\theta$  quyidagi munosabatlar bilan aniqlanishi bizga ma'lum.

$$\gamma = i_1 + i_2 - r_1 - r_2 \quad \theta = r_1 + r_2$$

Bu yerda  $r_1$  va  $r_2$  burchaklar prizmaning birinchi yon tomoniga tushgan nurning tushish va sinish burchaklari;  $r_1$  va  $r_2$  lar uning ikkinchi tomonidagi mos burchaklar.

Ikkinchi nurning linzaga tushish burchagi  $r_1$  kichik deb hisoblasak, sinish qonuniga asosan quyidagini yozishimiz mumkin:

$$n_0 i_1 = n r_1 \quad n r_2 = n_0 i_2 \quad (1.1)$$

Natijada,

$$\gamma = \left( \frac{n}{n_0} - 1 \right) \theta \quad (1.2)$$

tenglikni hosil qilamiz. 1.3-shakldan quyidagi tenglik ko'rinadi:

$$\gamma = \varphi_1 + \varphi_2, \quad \theta = \alpha_1 + \alpha_2 \quad (1.3)$$

Bundan, (1.2) ga asosan:

$$\varphi_1 + \varphi_2 = (n/n_0 - 1) (\alpha_1 + \alpha_2) \quad (1.4)$$

tenglikni hosil qilamiz.

Linzani yupqa deb faraz qilinsa, u holda  $P_1$  va  $P_2$  nuqtalar ustma-ust tushadi va ular bosh optik o'qqa nisbatan  $h$  balandlikda joylashadi.  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\alpha_1$  va  $\alpha_2$  burchaklarning kichikligi tufayli quyidagi tengliklarni yozishimiz mumkin:

$$h/a = \operatorname{tg} \varphi_1 \approx \varphi_1; \quad \varphi_2 = h/b; \quad \alpha_1 = h/R_1; \quad \alpha_2 = h/R_2 \quad (1.5)$$

(1.5) ifoda inobatga olinsa, (1.4) ifoda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \left( \frac{n - n_0}{n_0} \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (1.6)$$

Agarda buyum linzaga nisbatan cheksiz uzoqda ( $a = \infty$ ) joylashgan bo'lsa, u holda tasvir linzaning fokusida ( $b = F$ ) hosil bo'ladi va (1.6) ifoda quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\frac{1}{F} = \frac{n - n_0}{n_0} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (1.7)$$

Shunday qilib, har qanday linza o'zining fokus masofasi, sindirish ko'rsatkichi va egrilik radiuslari bilan tavsiflanadi. Tajriba davomida linzaning sindirish ko'rsatkichi o'zgarmaydi ( $n = \text{const}$ ). Shu sababli, agarda linzani hosil qiluvchi sferik sirtlarning radiuslari bir-biriga teng bo'lsa ( $R_1 = R_2$ ), unda (1.7) ifodadan quyidagicha bog'lanish kelib chiqadi:

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{R} \quad \text{yoki} \quad F = \frac{2}{R} \quad (1.8)$$

Natijada, simmetrik sirtlar yordamida yaratilgan linzaning fokus masofasi egrilik radiusining yarmiga teng bo'lar ekan. (1.6) va (1.7) ifodalardan yuqqa linza ifodasini yozish mumkin:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \quad (1.9)$$

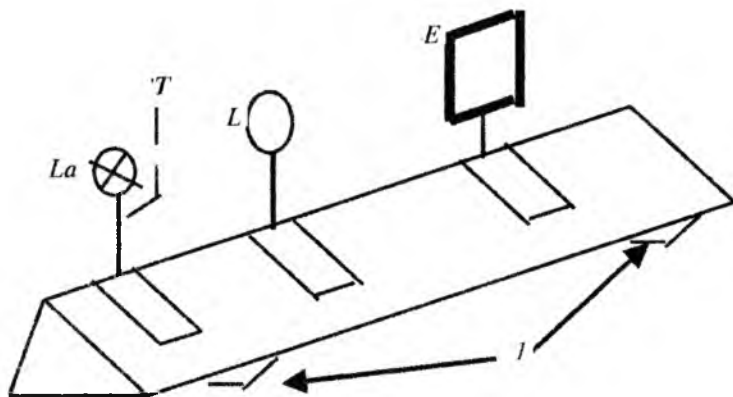
Yig'uvchi linza uchun  $F$  ning ishorasi musbat, sochuvchi linza uchun manfiy bo'ladi.

### **Eksperimental uskuna**

Tajribani o'tkazish uchun zarur asboblarni optik taglikka o'rnatilgan (1.4-shakl). Optik taglik uchburchak shaklidagi yaxlit temirdan yasalgan. U gorizontal tekislikka parallel o'rnatish uchun (1) boltlarga qo'yilgan. Yorug'lik manbayi sifatida past kuchlanishli yoritgich lampadan (La) foydalaniladi. Buyum vazifasini lampa oldidagi tirqish (T) bajaradi. Optik taglik bo'yicha, fokusini aniqlash zarur bo'lgan linza (L) va tirqishning tasvirini ko'rish uchun ekran erkin harakat qiladi.

Ishni bajarish oldidan quyidagi narsaga amal qilish kerak:

1. Tirqish, linza va ekraning markazlari bir o'qda joylashishi;



1.4-shakl.

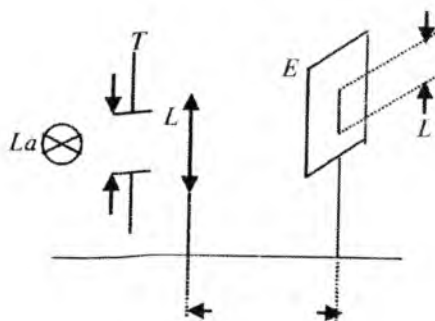
2. Tirqish, linza va ekran tekisliklari bir-biriga parallel bo'lishi va optik taglikka tik joylashishi lozim.

### O'lchashlar

#### Yig'uvchi linzaning fokus masofasini aniqlash

**1-usul.** Lampa pasaytiruvchi transformator orqali tok manbayiga ulanadi. Lampadan ma'lum masofada joylashgan ekranda, optik taglik bo'yicha linzani surib tirqishning aniq tasvirini hosil qilamiz. Shu vaziyatdagina linzadan tirqishgacha bo'lgan ( $a$ ) masofa va ekrangacha bo'lgan ( $b$ ) masofani aniqlaymiz. Olingan raqamlarni 1-jadvalga yozamiz. Tajriba 5 marta takrorlanadi. Raqamlarni bunday yozish tartibi, olingan natijalar asosida, linzaning fokus masofasini EHMda hisoblash dasturi yordamida bajarish uchun qulaydir.

**2-usul.** Linzaning fokus masofasini aniqlash uchun, tirqish, ekranda uning tasvir kattaliklari va linzadan ekrangacha bo'lgan masofani son qiymatlari olinadi. Tirqish va ekran oralig'ida linzaning shunday vaziyatini topish kerakki, ekranda tirqishning katta tasviri hosil bo'lsin. Chizg'ich yordamida tirqish va uning ekrandagi tasvir kattaliklarini o'lchaymiz. Optik taglikdan linza va ekran orasidagi ( $b$ ) masofani aniqlaymiz.



1.5-shakl.

1-jadval

| K | $a$ , sm | $A$ sm | F, sm |
|---|----------|--------|-------|
| 1 | $a_1$    | $b_1$  |       |
| 2 | $a_2$    | $b_2$  |       |
| 3 | $a_3$    | $b_3$  |       |

2-jadval

| K | $l$ , sm | $L$ , sm | $b$ , sm | F, sm |
|---|----------|----------|----------|-------|
| 1 | $l_1$    | $L_1$    | $b_1$    | $F_1$ |
| 2 | $l_2$    | $L_2$    | $b_2$    | $F_2$ |
| 3 | $l_3$    | $L_3$    | $b_3$    | $F_3$ |

1.6-shaklda AOB va A'OB' uchburchaklar bir-biriga o'xshash bo'lganligi tufayli quyidagi tenglikni yozish mumkin:

$$\frac{l}{a} = \frac{L}{b} \quad \text{yoki} \quad a = b \frac{l}{L} \quad (1.10)$$

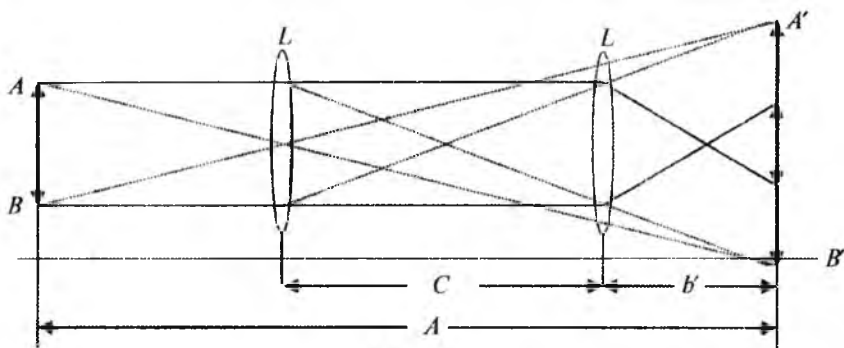
$a$  ning ushbu qiymatini (1.9) ifodaga qo'yib, soddalashtirishdan so'ng, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$F = b \frac{l}{L+l} \quad (1.11)$$

O'lchashlarni 10 marta takrorlab, olingan natijalar 2-jadvalga yoziladi.

**3-usul.** Bu usulda ekranda tirqishning (buyumning) kichiklashgan va kattalashgan tasvirlari hosil qilinadi. Tirqish, ekran, tirqishning





1.7-shakl.

Navbatma-navbat ekranda tirqishning kichik va katta tasvirlarini bir necha marta hosil qilib, olingan natijalarni 3-jadvalga yoziladi. Bu yerda EHMda hisoblashni qulaylashtirish uchun  $A=DA$  deb olingan.

3-jadval

| K  | DA (sm) | b (sm) | b' (sm) | S (sm) | F (sm) |
|----|---------|--------|---------|--------|--------|
| 1. | $DA_1$  | $b_1$  | $b'_1$  | $S_1$  | $F_1$  |
| 2. | $DA_2$  | $b_2$  | $b'_2$  | $S_2$  | $F_2$  |
| 3. | $DA_3$  | $b_3$  | $b'_3$  | $S_3$  | $F_3$  |

(1.13) ifoda yordamida linzaning fokus masofasi aniqlanadi.

Uchta usul bilan yig'uvchi linzaning fokus masofasi aniqlanganidan so'ng, ushu linza yordamida 2-ishda keltirilgan sochuvchi linzaning fokus masofasini aniqlash mumkin.

Bu laboratoriya ishidan olingan o'lchash natijalarini EHMda «Beysik» tilida tuzilgan L101 dasturi yordamida ko'rish mumkin.

#### Adabiyotlar

1. 12-bob 286–291-betlar;
2. 179–183-betlar;
3. 47–52-betlar;
7. 389–392-betlar;
10. 8–9-betlar.

## 2-ISH. SOCHUVCHI LINZANING FOKUS MASOFASINI ANIQLASH

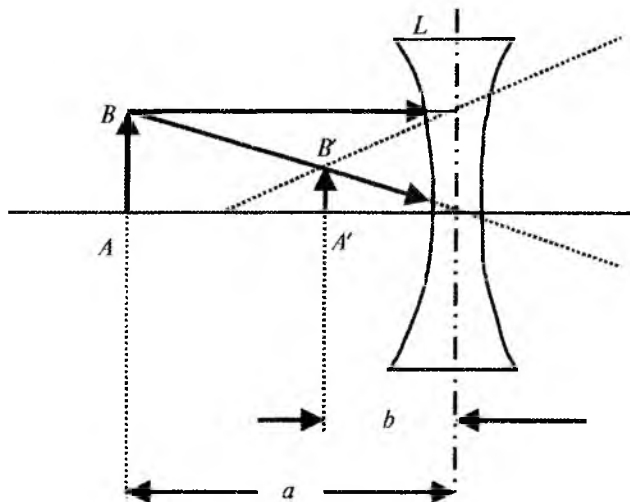
**Zarur asboblari:** optik taglik, yorug'lik manbai sifatida ishlatiladigan kichik kuchlanishli lampa, ekran, yig'uvchi va sochuvchi linzalar.

**Ishning maqsadi:** sochuvchi linzaning fokus masofasini aniqlash.

Agar linzalarning ikki chekkalari o'rtasiga nisbatan qalinroq bo'lsa, ular botiq yoki sochuvchi linzalar deyiladi (2.1-shakl). Sochuvchi linza yordamida buyumning haqiqiy tasvirini hosil qilib bo'lmaydi. Shuning uchun buyumning tasvirini ko'z bilan ko'ra olmaymiz. Quyida sochuvchi linzada buyumning tasviri qanday hosil bo'lishini ko'rib chiqamiz.

2.1-shaklga asosan, buyumning hosil bo'lgan tasviri: 1) kichik;

2) mavhum; 3) to'g'ri. Buyum va uning tasviri linzaning bir tomonida joylashadi. Shuning uchun ham linzaning asosiy ifodasini



2.1-shakl.

(1.9) sochuvchi linzalarga qo'llaganda fokus masofa va linzadan tasvirgacha (ekrangacha) bo'lgan masofalar manfiy ishora bilan olinadi:

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \quad (2.1)$$

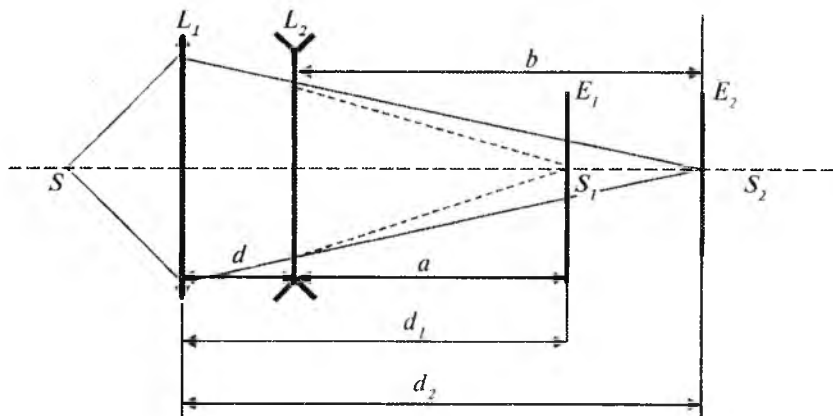
yoki

$$F = \frac{a \cdot b}{a - b} \quad (2.2)$$

## O'lchashlar

O'lchashlarni bajarish uchun yuqorida keltirilgan I-laboratoriya ishi uchun tayyorlangan eksperimental qurilmadan (1.4-shakl) foydalaniladi.

**1-usul.** Sochuvchi linzaning fokus masofasi yig'uvchi linza yordamida aniqlanadi. Buning uchun yig'uvchi linza  $L_1$  yordamida ekranning  $E_1$  holatida yorug'lik manbayi (yoki tirqish)  $S$  ning tasviri  $S_1$  hosil qilinadi. Hosil bo'lgan  $S_1$  tasvir  $L_1$  linzadan  $d_1$  masofada yotgan bo'lsin (2.2-shakl).



2.2-shakl.

Agar optik taglikka ekranning  $E_1$  holati bilan  $L_1$  linza orasiga  $L_2$  sochuvchi linzani ( $d$  masofada) joylashtirsak, ekranda  $S_1$  tasvir

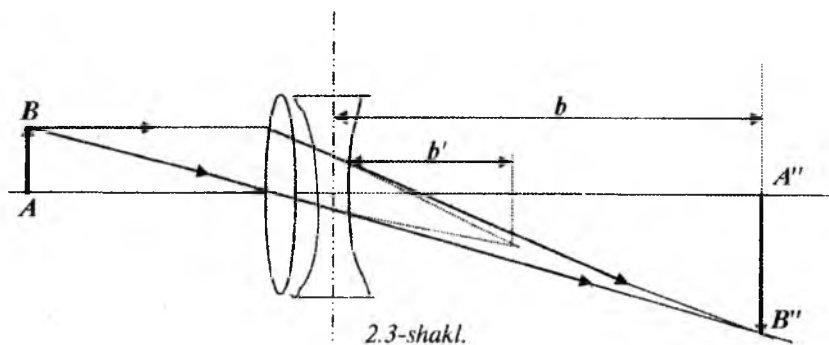
yo'qoladi. S manbayi tasvirini yana hosil qilish uchun ekranni  $E_2$  holatga ko'chirish kerak bo'ladi. Ekraning  $E_2$  holatidan  $L_1$  yig'uvchi linzagacha bo'lgan masofani  $d_2$  deb belgilaymiz.  $E_1$  ekranda hosil bo'lgan  $S_1$  tasvir  $L_2$  sochuvchi linza uchun buyum (nuqtaviy manba) vazifasini bajaradi va uning  $L_2$  sochuvchi linzada hosil bo'lgan tasviri  $S_2$  bo'ladi. Sochuvchi linzadan ekraning birinchi joylashgan nuqtasigacha ( $E_1$  holat) bo'lgan masofani «a» bilan, sochuvchi linzadan ekran joylashgan ikkinchi nuqtagacha ( $E_2$  holat) bo'lgan masofani «b» bilan belgilaymiz va ularning qiymatlarini sochuvchi linzaning fokus masofasi ifodasiga (2.1 va 2.2-ifodalar) qo'yib, fokus masofa  $F$  hisoblab topiladi. O'lchash natijalari 1-jadvalga kiritiladi.  $d$ ,  $d_1$  va  $d_2$  o'lchashlar kamida besh marta o'zgartirilib takrorlanadi.

1-jadval

| T/r | d | $d_1$ | $d_2$ | a | b | F | $F_{o'rt}$ |
|-----|---|-------|-------|---|---|---|------------|
| 1.  |   |       |       |   |   |   |            |
| 2.  |   |       |       |   |   |   |            |
| 3.  |   |       |       |   |   |   |            |
| 4.  |   |       |       |   |   |   |            |

**2-usul.** Bu usulda fokus masofasi aniqlanayotgan sochuvchi linza bilan birgalikda fokus masofasi aniq bo'lgan yig'uvchi linza olinadi. Agarda yig'uvchi linzaning fokus masofasi noma'lum bo'lsa, u 1- laboratoriya ishidagi 1- yoki 2-usullar yordamida aniqlanadi. Buning uchun o'lchashlar kamida besh marta takrorlanadi va yig'uvchi linzaning fokus masofasining o'rtacha qiymati aniqlanadi. Sochuvchi linzaning fokus masofasini ikkinchi usulda aniqlash uchun, unga mumkin qadar yaqin yig'uvchi linza qo'yilib bir murakkab sistema hosil qilinadi (2.3-shakl).

Ushbu sistema yordamida AB – tirqish tasvirini ( $A''B''$ ) ekranda hosil qilib, sochuvchi linzaning fokus masofasini aniqlashga kirishiladi. Murakkab sistemaning fokal tekisligida ( $A''B''$ ) tirqishning (AB) tasviri hosil bo'ladi. Yig'uvchi linza (AB) tirqishning fokal tekisligida ( $A'B'$ ) o'zining tasvirini hosil qiladi (shtrix chiziq). Yig'uvchi linza hosil qilgan  $A'B'$  tasvir sochuvchi linza uchun manba vazifasini bajaradi. Bu manba sochuvchi linzaning o'ng



tomonida joylashgani uchun  $b'$  ning ishorasi manfiy bo'ladi. Natijada  $b' - F$  ( $F$  – yig'uvchi linzaning fokus masofasi). Endi  $A'B'$  buyumning tasviri ( $A''B''$ ) vaziyatda hosil bo'ladi. Natijada 1.9-ifodadan foydalanish uchun faqat  $a$  – ning son qiymati o'rniga yig'uvchi linza fokus masofasining o'rtacha qiymatini manfiy ishorada qo'yish kerak. U holda sochuvchi linzaning fokus masofasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{1}{F_s} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = -\frac{1}{F_y} + \frac{1}{b} \quad (2.3)$$

Aniqroq o'lchash uchun har gal avvalo yig'uvchi linza bilan tirqishning aniq tasviri hosil qilinadi va buning uchun  $b'$  o'lchanadi,  $b' - o'$ lchangandan so'ng sochuvchi linzani yig'uvchi linzaga yopishtirib qo'yib, uning uchun  $b$  ni topamiz. Ushbu holatda sochuvchi linzaning fokus masofasini aniqlovchi ifoda quyidagicha yoziladi:

$$\frac{1}{F_s} = \frac{1}{b'} + \frac{1}{b} \quad (2.4)$$

bu yerda:  $b'$  – yig'uvchi linzadan ekrangacha masofa,  $b$  – murakkab sistemadan ekrangacha masofa.

Tajribani 5–6 marta takrorlash lozim. Olingan natijalar quyidagi 2-jadvalga yoziladi.

| K  | $b', \text{ sm}$ | $b, \text{ sm}$ | $F, \text{ sm}$ |
|----|------------------|-----------------|-----------------|
| 1. | $b'_1$           | $b_1$           | $F_1$           |
| 2. | $b'_2$           | $b_2$           | $F_2$           |
| 3. | $b'_3$           | $b_3$           | $F_3$           |

Fokus masofasini aniqlashning hamma usullar uchun labarotriyada EHMda hisoblashning tayyor dasturlari bor.

#### Adabiyotlar

1. 12-bob, 286–291-betlar;
2. 179–183-betlar;
- 3-bob, 47–53- betlar;
7. 389–392-betlar;
8. 381–389-betlar;
9. 8–9-betlar.

### **3-ISH. CHO'G'LANMA ELEKTR LAMPASINING YORUG'LIK KUCHINI VA SOLISHTIRMA QUVVATINI FOTOMETRIK USULDA ANIQLASH**

Yorug'lik o'zi bilan energiya olib yuradigan materiya ekanligi bizga ma'lum. Yorug'lik biror jismga (ko'z, fotoelement yoki fotoplastinka) tushganda, jismni tashkil qilgan atomlar bilan o'zaro ta'sirlashadi va tushgan yorug'lik energiyasi o'zaro ta'sir natijasida boshqa xil energiyalarga (mexanik, issiqlik, kimyoviy, elektr va boshqa) aylanadi.

Jismning harorati oshirib borilsa, u jismning o'zi yorug'lik manbayiga aylanishi mumkin. Yorug'lik manbalari asosan ikki xilda bo'ladi.

1. Tabiiy yorug'lik manbayi — Quyoshdir. Quyosh yorug'ligining tarkibi murakkabdir va u spektrlarga ajraladi. Har bir spektrga tegishli to'liq uzunliklari (intervali) mavjud.

2. Inson tomonidan hosil qilingan yorug'lik manbayining eng ko'p tarqalgani cho'g'lanma elektr lampalaridir. Cho'g'lanma elektr lampalari tuzilishi jihatidan turlicha bo'lib, ularning ham o'ziga xos spektrlari mavjud.

Yorug'likni seza oluvchi qabul qilgichlar (ko'z, fotoelementlar, fotoplastinka va boshqalar)ning turli spektrlarga sezgirligi turlichadir. Masalan, ko'zning quyosh nuri spektrining o'rta qismiga, ya'ni  $\lambda=555$  nm to'liq uzunligiga ega yorug'likda sezgirligi eng kattadir.

Optikaning yorug'lik energiyasini o'lchaydigan bo'limi fotometriya deb ataladi. Fotometrik o'lchashlarda ko'pincha nurlanishning, ya'ni yorug'likning ma'lum qismi ( $\lambda=400$  nmdan — 750 nmgacha) ishlatiladi va optikaning taraqqiyotida yorug'likning ushbu qismi uchun qabul qilgich sifatida ko'z ishlatiladi. Yorug'likning ko'z ko'radigan qismini bundan keyin yorug'lik nurlanishi deymiz va uni tavsiflash uchun yorug'lik oqimining nurlanishi yoki qisqacha yorug'lik oqimi tushunchasini kiritamiz. Yorug'lik manbayini

taʼvsiiflovchi asosiy fotometrik kattaliklar yorugʻlik oqimi ( $\Phi$ ), yoritilganlik ( $E$ ), yorugʻlik kuchi ( $I$ ) va boshqalar.

Bu yerda keltirilgan kattaliklarning barchasi yorugʻlik oqimi yordamida tushuntiriladi.

Yorugʻlik manbayi — yorugʻlik sohib turgan jism, odatda, maʼlum sirtga, yaʼni oʻlchamga ega. Masalan, elektr choʻgʻlanma lampa manbayini nuqtaviy manba deb olsa boʻladi. Buning uchun yorugʻlik manbayini oʻlchamlari shu qadar kichik boʻlsinki, undan biror masofada tarqalayotgan toʻlqin sirtini sferik sirt deb hisoblash mumkin boʻlsin. Bunday yorugʻlik manbayi odatda nuqtaviy manba deyiladi. Nuqtaviy manbalar hamma tomonlarga bir xilda (tekis) yorugʻlik nurini sochadi. Quyosh nurini ham nuqtaviy manbadan keladi, deymiz. Sababi, Quyosh oʻlchami Quyosh — Yer orasidagi masofadan juda ham kichikdir. Endi yuqorida aytilgan fotometrik kattaliklarni taʼriflaymiz.

1. Yorugʻlik oqimi ( $\Phi$ ) — birlik vaqtda yorugʻlik manbayining nurlanishi boʻlib, u energiya miqdorida oʻlchanadigan kattalikdir:

$$\Phi = \frac{\gamma}{t}$$

$\gamma$  — yorugʻlik energiya miqdori.

Yorugʻlik oqimining SI sistemasidagi birligi lyumen (lm). energetik birligi — Vatt. Agar yorugʻlik manbayi nuqtaviy boʻlsa, u holda hamma tomonga yorugʻlik tekis sochiladi va natijada nuqtaviy manbaning yorugʻlik oqimi istalgan yoʻnalish uchun doimiydir.

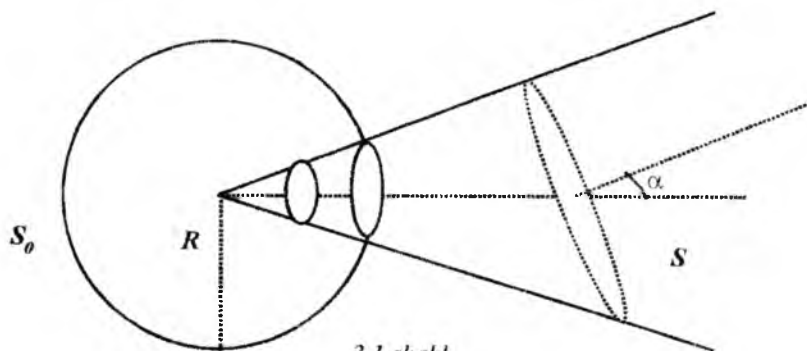
2. Fazoviy burchak birligiga toʻgʻri kelgan yorugʻlik oqimi kattaligi yorugʻlik kuchi deyiladi.

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

Yorugʻlik kuchining SI sistemasidagi birligi kandela (kd) (1 kandela taxminan 1 shamga teng).

$$1 \text{ kd} = 1 \text{ lm/str}$$

Fazoviy burchak quyidagicha aniqlanadi: nuqtaviy yorugʻlik manbayini R radiusga teng boʻlgan sferik sirt bilan oʻraymiz (3.1-shakl). Soʻngra markazi nuqtaviy manbada boʻlgan konusni chizamiz va bu konus sirt bilan oʻralgan sferaning qismi fazoviy burchak



3.1-shakl.

$\omega$  — deb ataladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$\omega = \frac{S_0}{R^2} = \frac{1\text{m}^2}{1\text{m}^2} = 1\text{str}$$

(str — steradian)

1 steradian shunday fazoviy burchakki, u sferada sfera radiusining kvadratiga teng yuzani kesadi.

To'liq sirti  $R$  radiusli sferaning to'liq sirtiga to'g'ri kelsin. Sferaning sirti  $S = 4\pi R^2$  bo'lsa, to'liq fazoviy burchak ( $\Omega$ ):

$$\Omega = \frac{S}{R^2} = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi$$

ga teng. Yuzaning yoritilganligi ( $E$ ) bir birlik sirtga tushgan yorug'likning oqimi bilan o'lchanadi.

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{\gamma}{S \cdot t} \quad (3.1)$$

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, biror sirtning yoritilganligi yorug'lik kuchiga va yorug'lik manbai bilan yoritilayotgan sirt orasidagi masofaga bog'liq

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{I \cdot \omega}{S} = \frac{I}{S} \cdot \frac{S_0}{R^2} = \frac{1}{S} \cdot \frac{S \cos \alpha}{R^2} = \frac{I}{R^2} \cos \alpha \quad (3.2)$$

3.1-shakldan ko'rinadiki  $\angle \alpha$  —  $S_0$  va  $S$  sirtlar orasidagi burchak bo'lib, boshqacha aytganda shu sirtlarga (yuzalarga) o'tkazilgan perpendikulyarlar orasidagi burchakdir. Bu esa tushish burchagidir.

Shunday qilib, yoritilganlik yorug'lik kuchiga to'g'ri va oraliq masofaning kvadratiga teskari proporsionaldir.

Agarda yorug'lik yuzaga tik tushsa, ( $\alpha=0$ ) u holda yoritilganlik

$$E = \frac{I}{R^2} \quad (3.3)$$

bo'ladi. Yoritilganlikning SI sistemasidagi birligi lyuks  $1\text{lk} = 1\text{lm}/\text{m}^2$ , energetik birligi vatt/ $\text{m}^2$ .

### Ishni bajarish tartibi

Ishni bajarishdan maqsad, fotometriyaning ob'ektiv usullaridan birini o'zlashtirishdir. Ish asosan ikki qismdan iborat:

1. Cho'g'lanma elektr lampasining yorug'lik kuchini fotometrik usulda aniqlash.

2. Cho'g'lanma elektr lampasining solishtirma quvvatini aniqlash.

Agar yorug'lik kuchlari  $I_1$  va  $I_2$  bo'lgan ikkita yorug'lik manbayi berilgan bo'lib, tekshirilayotgan yuzada bir xil yoritilganlik ( $E_1 = E_2$ ) hosil qilsa va maydoncha bilan manbalar orasidagi masofalar  $R_1$  va  $R_2$  bo'lsa, yoritilganliklarning tengligidan (3.3) – ifodaga asosan

$$I = I_1 \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad (3.4)$$

bo'ladi. Demak, birinchi manbaning yorug'lik kuchini bilgan holda (uni etalon hisoblab), ikkinchi manbaning yorug'lik kuchini aniqlash mumkin. Oxirgi (3.4) – ifoda yorug'lik manbalaridan tekshirilayotgan sirt yuzasiga bir xil burchaklar bilan yoki normal tushsa o'rinli bo'ladi. Bunday usul yordamida manbaning yorug'lik kuchini aniqlashni fotometrik usul deyiladi.

Ushbu laboratoriya ishida yoritilganligi bir xil qilib olinadigan yuzacha o'rniga fotoelementdan foydalanilgan. Ushbu tajribada turli yorug'lik manbalaridan kelayotgan yorug'lik oqimlarini taqqoslash fotoelement yuzasining yoritilganligini bir xil qilib ( $E_1 = E_2$ ) olish bilan erishiladi. Bu fotoelementga ulangan galvanometr strelkasining ko'rsatkichining bir xilligi bilan aniqlanadi.

## Qurilmaning tavsifi

Silindrik truba stolga o'rnatilgan. Trubaning bir uchiga fotoelement mahkamlangan bo'lib, ikkinchi uchiga cho'g'lanma lampaning patroni o'rnatilgan va patronni truba bo'ylab, fotoelement tomoniga millimetrlarga bo'lingan shkala bo'ylab harakatlantirish mumkin. Shunday tarzda, lampani fotoelementga nisbatan turli masofalarga joylashtiriladi.

Elektr cho'g'lanma lampochkaga (elektr sxemaga qarang) beriladigan kuchlanishni o'zgartirish mumkin va lampochkadagi tokni ampermetr va undagi kuchlanishni voltmetr yordamida o'lchanadi. Tajriba vaqtida etalon lampaga va yorug'lik kuchi aniqlanadigan lampalarning cho'g'lanma iplari mumkin qadar bir xil vaziyatda o'rnatilishi kerak. Undan tashqari ish davomida lampalarga berilgan kuchlanishlarni doimiy saqlab turish kerak.

## O'lchash va hisoblashlar

### 1-mashq. Cho'g'lanma lampaning yorug'lik kuchini aniqlash.

Ushbu mashq uch usulda bajarilishi mumkin:

#### 1-usul.

1. Qurilmaning elektr chizmasi tuzilgan. U bilan tanishib olish kerak.

2. Etalon cho'g'lanma lampani silindrik trubaga o'rnatiladi va elektr tok zanjiriga ulanadi. Etalon lampa uchun  $U=6V$ ,  $I_c=21$  sham.

3. Fotoelementni etalon cho'g'lanma lampa bilan yoritilganda tok borligi va uni to'la qorong'ilashtirganda tok yo'qligi tekshiriladi.

4. Cho'g'lanma lampani fotoelement tomon har 5 sm masofada siljitib,  $R_1$ ,  $R_2$ , ...,  $R_n$  masofalar uchun mos ravishda galvanometr ko'rsatishlari  $n_1$ ,  $n_2$ , ...,  $n_n$  lar yozib olinadi ( $R_i$  — lar lampalardan fotoelementgacha bo'lgan masofa).

5. So'ngra aynan shu galvanometrning ko'rsatkichlari uchun, ya'ni  $n_1$ ,  $n_2$ , ...,  $n_n$  lar uchun yorug'lik kuchi noma'lum bo'lgan, ya'ni tekshirilayotgan lampaning fotoelementgacha bo'lgan masofalari

$R_1, R_2, \dots, R_n$  lar yozib olinadi, shu holdagina tekshirilayotgan elektr lampaning yorug'lik kuchi quyidagi ifodaga asosan topiladi:

$$I_x = I_e \frac{R_x^2}{R_e^2} \quad (3.5)$$

Hamma o'lchashlar natijalari quyidagi jadvalga yoziladi, bu yerda  $U = 6V$ ;  $I_e = 21$  sham.

| T/r | n | $R_e$ , sm | $R_x$ , sm | $I_x$ , sm | I, sham | $\Delta I$ , sham | E (%) |
|-----|---|------------|------------|------------|---------|-------------------|-------|
| 1.  |   |            |            |            |         |                   |       |
| 2.  |   |            |            |            |         |                   |       |
| 3.  |   |            |            |            |         |                   |       |

## 2-usul.

Bu usulda 1-usuldagi 1–4 bandlar avvalgidek bajariladi.

5. Tekshirilayotgan lampani fotoelement tomon har 5 sm masofaga siljitib (xuddi etalon lampadagidek), galvanometr ko'rsatkichini yozib olinadi (etalon lampada ko'rsatilgan galvanometrning shkalalariga mos kelishi shart emas).

6. Bu holda  $n$  bilan  $R$  orasidagi bog'lanish grafigi chiziladi, unda  $n$  ning ko'rsatkichlari uchun quyidagi:

$$I_x = I_e \frac{R_x^2}{R_e^2}$$

ifoda o'rinli bo'ladi. Agar bog'lanish chizig'iy bo'lsagina manba nuqtaviy hisoblanadi.

## 3-usul.

1. Etalon lampa uchun turli ( $R_1$  da) masofalardagi galvanometr ko'rsatishlari yozib olinadi.

2. Noma'lum lampa uchun ham etalon lampadagi galvanometr ko'rsatishlari mos masofalar uchun ( $R_2$ ) topiladi.

1 va 2 – holatlar uchun  $E_1$  etalon va  $E_2$  noma'lum fototoklarning tengligidan

$$I_x = I_e \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad (3.5')$$

topiladi.

Galvanometr fototokni ko'rsatadi, ya'ni galvanometrning ko'r-satishi fototokka, u ham fotoelementning yoritilganligiga propo-sionaldir.

1) Shuning uchun ham etalon va noma'lum lampalar uchun darajalangan egri chiziqlar  $I = f(R)$  yoki  $n_i = f(R^2)$  chiziladi.

2) (3.5') ifodadan  $I_x$  ni topib, so'ngra lampalar uchun (3.3) ifoda asosida yoritilganliklar topiladi va fotoelementning yorug'lik tavsifnomasi  $I = f(R)$  yoki  $E = f(R)$  chiziladi.

3) Lampalar uchun 2 ta grafik chiziladi.

4) Grafiklardan bir xil fototoklar uchun  $R_1^2$  va  $R_2^2$  topiladi va bundan lampaning yorug'lik kuchi (3.5') ga asosan hisoblanadi:

$$I_x = I_e \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

(Yuqoridagi hisoblashlar tavsifnomaning faqat chizig'iy qismi uchun amalga oshiriladi):

$$E_1 = \frac{I_e}{R_1^2} \quad (\text{I — egri chiziqdan})$$

$$E_2 = \frac{I_x}{R_2^2} \quad (\text{II — egri chiziqdan})$$

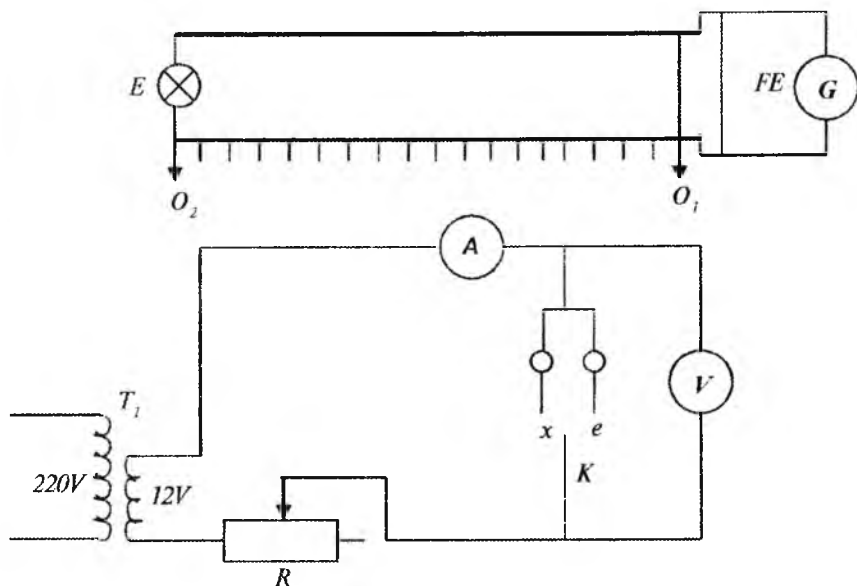
lekin,  $E_1 = E_2$  ( $I_e = \text{const}$ )

5) 2-grafikdan boshqa  $I_f$  qiymatlar uchun  $I_e$  topilib, (3.5') ifodaga asosan ( $I_x$ ) topiladi va  $I_x$  uchun o'rtacha qiymati hisob-lanadi:

$$I_x = \frac{I'_x + I''_x + \dots + I^n_x}{n}; \quad I_x - I_x \pm \Delta I_x$$

Hisoblashning 2-usuli.

$$I_x = I_e \frac{R_x^2}{R_e^2}$$



3.2-shakl.

$$y = ax^2 + b$$

$$y = I_x \quad a = I_e \quad x^2 = \left( \frac{R_x}{R_e} \right)^2$$

## 2-mashq. Cho‘g‘lanma lampaning solishtirma quvvatini aniqlash.

Elektr lampaning solishtirma quvvati deb, birlik yorug‘lik kuchini hosil qilish uchun sarf bo‘lgan elektr quvvatining miqdoriga aytiladi. U quyidagicha ifodalanadi:

$$\eta = \frac{W}{I}; \quad [\eta] = \frac{Vatt}{sham}$$

$W$  – lampaning tolasini qizdiradigan elektr tokining quvvati;  
 $\eta$  – solishtirma quvvatning miqdori, tolaning temperaturasi va lampa qizishining o‘zgarishi bilan bog‘liq.

## O'lchashlar va hisoblashlar

1. Optik taglikka tekshirilayotgan sirpang'ichli cho'g'lanma lampa shunday  $R$  masofaga qo'yiladiki, galvanometrning shu'lasi xuddi 1-mashqdagi etalon cho'g'lanma lampa qo'yilgandagi bironta  $R_e$  bo'linga siljisin.

2. Voltmetr va ampermetrning ko'rsatkichlaridan cho'g'lanma lampa olayotgan elektr ( $W$ ) quvvati hisoblanadi. 6–7 marta  $U$  – kuchlanish o'zgartirilib o'lchash bajariladi.

3. Har bir o'lchash uchun lampada sarflanayotgan quvvat va yorug'lik kuchi aniqlanadi, hamda solishtirma quvvat  $\eta = W/I$  hisoblanadi.

4. Solishtirma quvvat va  $W$  orasidagi bog'lanish jadvali chiziladi.

3.2-shakldagi ba'zi bir belgilashlar: 1) Optik truba  $O_1O_2$ . 2)  $E$  – etalon lampa (21 sham). 3)  $x$  – noma'lum lampa. 4) Tr – pasaytiruchi transformator. 5) V – voltmetr, zanjirning kuchlanishini o'lchash uchun.

6) A – ampermetr, zanjirdan o'tayotgan tok kuchini aniqlash uchun. 7) FE – fotoelement. 8) G – galvanometr. 9) R – reostat.

Ushbu laboratoriya ishidan olingan o'lchash natijalarini EHM da «Beysik» tilida tuzilgan L104 dasturda ko'rish mumkin.

### Adabiyotlar

1. 3-bob: 37–55-betlar;
2. 10–20-betlar;
10. 10–16-betlar.

#### 4-ISH. SHISHA PRIZMANING SINDIRISH KO'RSATKICHINI ANIQLASH

**Ishning maqsadi:** 1. Bir jinsli shaffof shisha prizmaning sindirish ko'rsatkichi, sindirish burchagi, nur dastasining og'ish burchagi va tushayotgan to'liqin uzunliklari orasidagi bog'lanishni o'rganish;

2. Prizmaning sindirish ko'rsatkichini o'lchash natijalari asosida uning dispersiyasini aniqlash yo'llari bilan tanishish.

**Zarur asboblari:** Simob lampasi (chizig'iy spektrlar) yordamida dispersiya hodisasini o'rganish uchun goniometr-spektroskop GS-5, bir jinsli shaffof shishadan tayyorlangan prizma.

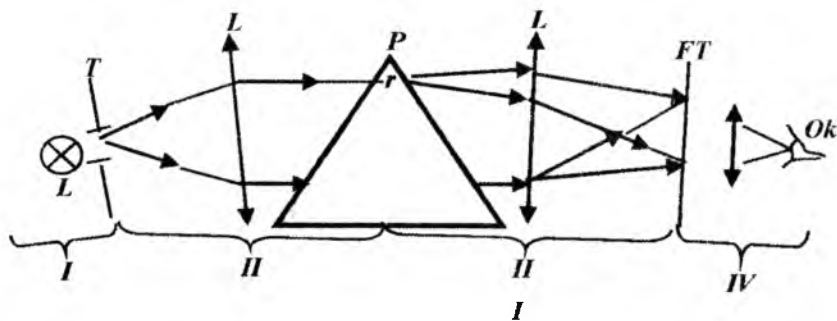
Sindirish ko'rsatkichining dispersiyasi deganda, uning to'liqin uzunliklariga bog'liqligi  $n=f(\lambda)$  tushuniladi. To'liqin uzunligining kamayishi bilan sindirish ko'rsatkichining oshishiga, ya'ni  $\frac{dn}{d\lambda} < 0$  normal (oddiy) dispersiya, to'liqin uzunligining kamayishi bilan sindirish ko'rsatkichining ham kamayishiga  $\frac{dn}{d\lambda} > 0$  anomal (oddiy bo'lmagan) dispersiya deyiladi.

#### Prizmaning sindirish ko'rsatkichi va eng kichik og'ish burchagi

Ko'pchilik optik asboblarda prizma asosiy vazifani bajaradi. Prizmaning sindirish ko'rsatkichining dispersiyasini tekshirishda goniometr-spektrometrdan foydalaniladi va uning optik chizmasi

4.1-shaklda keltirilgan.

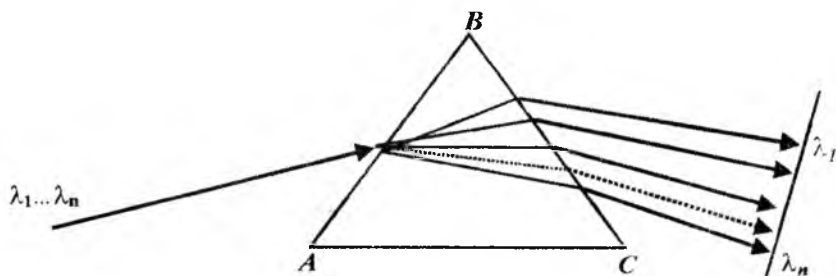
Ushbu shaklda: I qism T — tirqishni yoritish uskunasi, II qism kollimator — Pr prizma qirrasini parallel nurlar bilan yoritish



4.1-shakl.

moslamasi; **III** qism kamera — Pr prizmada dispersiyalangan (bir-biridan ajralgan) nurlarni fokal tekislikda (FT) to'playdigan moslama; **IV** — qism fokal tekislikdagi spektrlarni ko'z bilan ko'rishga moslashgan.

Xuddi shunday tarzda optik shaklga ega bo'lgan har qanday optik asboblarda majmuasi bilan ushbu ishini bajarish mumkin. Bir jinsli shaffof shishadan tayyorlangan prizmaning ko'rinishi teng tomonli uchburchakdan iborat. Quyidagi 4.2-shaklda ko'rsatilganidek, prizmaning AB qirrasini oq yorug'lik bilan yoritilganda BC qirrasidan turli ranglar ajralib chiqadi.



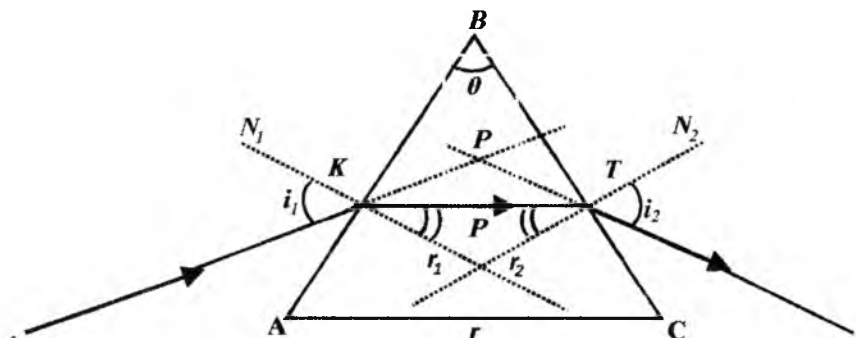
4.2-shakl.

bu yerda,  $\lambda_1$  — qizil rang yorug'likning to'liq uzunligi bo'lib, u tushayotgan yo'nalishdan binafsha rang to'liq uzunligiga nisbatan kichik burchakka og'adi. Buning sababi  $\lambda_q > \lambda_b$  va  $n_q < n_b$ , ya'ni katta to'liq uzunligiga kichik sindirish ko'rsatkichi va kichik to'liq uzunligiga katta sindirish ko'rsatkichi mos keladi. Kichik sindirish

ko'rsatkichiga mos keluvchi to'liqin uzunligi prizmada kichik burchakka sinib o'tadi, sindirish ko'rsatkichi kattaga mos keluvchi to'liqin uzunligi katta burchakka sinadi. Buning asosiy sababi monoxromatik yorug'lik to'liqlarining bir jinsli shisha muhitda turli xil tezliklar bilan tarqalishidir:

$$v = \frac{c}{n}; \quad c = \lambda v; \quad v = \frac{\lambda v}{n}; \quad n = \sqrt{\epsilon \mu} \quad (4.1)$$

Endi ma'lum bir to'liqin uzunlikdagi nurning shisha prizmadan o'tishini ko'ramiz (4.3-shakl).



4.3-shakl.

bu erda:  $AB = BC$  prizmaning qirralari,  $AC$  — prizmaning asosi,  $\angle B = \theta$  sindirish burchagi. 4.3-shakldagi yorug'lik nuri o'tuvchi qirralar ( $AB$  va  $BC$ ) orasidagi burchakka prizmaning *sindirish burchagi* deyiladi. Prizmaning  $AB$  qirrasiga  $\lambda_i$  yorug'lik nuri  $i_1$  burchak ostida tushganda u prizmadan o'tish jarayonida  $AC$  asos tomon sinadi. Natijada  $\lambda$  yorug'lik nuri prizmaning  $BC$  qirrasidan  $i_2$  burchak ostida chiqadi.

Tushish burchagi  $i_1$  va chiqish burchagi  $i_2$  orasidagi  $\alpha$  burchakka prizmaning *og'dirish burchagi* deyiladi. Prizmaning sindirish ko'rsatkichi  $n$  bo'lsin, uning og'dirish burchagi  $\alpha$  ni topaylik. To'liqin uzunligi  $\lambda_i$  bo'lgan nur prizmaning  $AB$  qirrasida singanidan so'ng  $N_1$  normalga nisbatan  $r_1$  burchak bilan tarqaladi. Sinish qonuniga

asosan  $\frac{\sin i}{\sin r} = n.$

Prizmaning  $BC$  qirrasiga yorug'lik nuri  $N_2$  normalga nisbatan  $r_2$  burchak bilan tushadi.  $r_1, r_2$  – burchaklar prizmaning  $\theta$  sindirish burchagi bilan aniqlanadi.

Uning uchun  $\triangle KBT$  uchburchakdan foydalanamiz. Bizga ma'lum, uchburchakning burchaklari  $\angle K + \angle B + \angle T = \pi$ , lekin

$$\angle K = \frac{\pi}{2} - r_1 \text{ va } \angle T = \frac{\pi}{2} - r_2; \angle B = \theta \text{ tengliklar e'tiborga olinsa quyidagi}$$

$$\theta + \frac{\pi}{2} - r_1 + \frac{\pi}{2} - r_2 = \pi \quad (4.2)$$

tenglama hosil bo'ladi.  $\pi + 0 - (r_1 - r_2) = \pi$

Natijada, quyidagi ifodaga kelamiz:

$$\theta = r_1 + r_2 \quad (4.3)$$

Agarda  $r_2$  to'la ichki qaytish burchagidan  $i_{cheg}$  chegara burchak kichik bo'lsa ( $n \sin i_{cheg} = 1$ ) prizmaning  $BC$  qirrasidan o'tuvchi nur  $N_2$  normalga nisbatan  $i_2$  burchakka sinadi. U  $BC$  qirrasiga tushish burchagi  $r_2$  bilan quyidagicha bog'lanishda bo'ladi:

$$n \sin r_2 = \sin i_2 \quad (4.4)$$

Og'ish burchagi  $\alpha$  ni  $\triangle KPT$  uchburchak yordamida aniqlaymiz. Chizmada burchak  $\triangle KPT$  uchburchakning tashqi burchagi bo'lganligi uchun quyidagi tenglikni yozamiz:

$$\alpha = (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2) = (i_1 + i_2) - (r_1 + r_2) \quad (4.5)$$

(4.3) ifodadan foydalanib,

$$\alpha = i_1 + i_2 - \theta \quad (4.6)$$

ifodani hosil qilamiz. Bizga ma'lumki, berilgan prizma uchun sindirish burchagi  $\theta$  o'zgarmas. Shu sababdan, prizmaning  $\alpha$  og'irish burchagi  $i_1$  tushish va  $i_2$  o'tish burchaklarining funksiyasidir. Bu funksiyaning eng kichik qiymatini topish kerak, ya'ni:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial i_1} = 0 = i_2 - \theta \quad (4.7)$$

va

$$\frac{\partial \alpha}{\partial i_2} = 0 = i_1 - \theta \quad (4.8)$$

$$\text{Natijada, } i_1 - \theta = i_2 - \theta \text{ yoki } i_1 = i_2 = i \quad (4.9)$$

(4.9) ifodani hisobga olsak, (4.6) ifodadan quyidagilar kelib chiqadi:

$$\alpha = \alpha_{\min} = 2i - \theta \quad \text{bundan esa,}$$

$$i = \frac{\theta + \alpha_{\min}}{2} \quad (4.10)$$

va shunindek,  $\theta = r_1 + r_2 = 2r$  dan quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$r = \frac{\theta}{2} \quad (4.11)$$

### **Prizmada monoxromatik nurning eng kichik burchakka og'ishi va uning dispersiyasi**

(4.10) va (4.11) ifodalarni hisobga olib, prizmaning og'dirish burchagi asosida quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \frac{\theta + \alpha_{\min}}{2}}{\sin \frac{\theta}{2}} = n \quad (4.12)$$

(4.12) ifodadan ko'rinadiki, prizmaning  $n$  sindirish ko'rsatkichi asosan ikkita burchaklarning sinuslari nisbatiga bog'liq ekan. Shu narsani yodda tutish kerakki, har bir monoxromatik nurning to'liq uzunligi uchun mos ravishda  $\alpha_{\min}$  og'dirish burchagi mavjud. 4.2-shaklga asosan, prizmaning  $AB$  qirrasiga tabiiy yorug'lik (quyosh nuri) tushirilsa, uning  $BC$  qirrasidan 7 xil rangli to'liqlarni (spektrlarni) kuzatish mumkin.

Laboratoriya ishida simob (Hg) lampasidan foydalanilganligi tufayli, uning har bir monoxromatik nuri uchun eng kichik og'ish burchagini aniqlash orqali tajribada ishlatilgan prizmaning dispersiyasini topish mumkin.

Shisha prizmaning dispersiyasi va uning burchak dispersiyasi o'zaro bog'langan. Bu bog'lanishni topish uchun (4.12) ifodadan to'liq uzunlik bo'yicha hosila olinadi:

$$\frac{\partial n}{\partial \lambda} = \frac{\cos \frac{\theta + \alpha_{\min}}{2}}{2 \sin \frac{\theta}{2}} \frac{\partial \alpha}{\partial \lambda} \quad (4.13)$$

(4.13) ifodadan burchak dispersiyasini topish qulay, ya'ni

$$\frac{\partial \alpha}{\partial \lambda} = \frac{2 \sin \frac{\theta}{2}}{\cos \frac{\theta + \alpha_{\min}}{2}} \frac{\partial n}{\partial \lambda} = \frac{2 \sin \frac{\theta}{2}}{\sqrt{1 - \sin^2 \frac{\theta + \alpha_{\min}}{2}}} \frac{\partial n}{\partial \lambda} = \frac{2 \sin \frac{\theta}{2}}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \frac{\theta}{2}}} \frac{\partial n}{\partial \lambda} \quad (4.14)$$

Demak, prizmaning burchak dispersiyasi uning sindirish burchagi  $\theta$  ga va prizma dispersiyasiga bog'liq ekan.

## Xulosa

1. Goniometr yordamida simob lampasining berilgan monoxromatik nuri uchun prizma sindirish ko'rsatkichini topishda: a) avvalo prizmaning  $\theta$  sindirish burchagini o'lchash; b) monoxromatik nur uchun  $\alpha_{\min}$  eng kichik og'ish burchagini topish kerak.

2. Tajriba davomida bitta prizmadan foydalanilgani tufayli  $\theta = \text{const}$  bo'ladi. Natijada kuzatilgan simob spektrining har biri uchun  $\alpha_{\min}$  qiymatlarni o'lchash lozim.

Ushbu holdagina (4.12) va (4.14) ifodalarni keng mulohaza qilish mumkin. Bu ish ancha murakkab bo'lganligi sababli avvalo goniometr yaxshilab sozlangan bo'lishi kerak.

## Ishni bajarish tartibi

Ishni bajarishdan oldin yuqorida ko'rsatilagan nazariya va maqsad bilan tanishib chiqish hamda, o'lchash jarayonida olingan natijalarni yozish uchun jadval tayyorlash kerak.

Goniometrlarning ishlash asoslari 4.1-shaklda keltirilgan spektral asbobdan deyarli farq qilmaydi.

1. Kollimator tirqishini Hg lampa nuri bilan yoritamiz. Ko'rish trubkasini cheksizlikka qo'yamiz. Kollimator va ko'rish trubkasining o'qlari bir chiziqda yotishi kerak. Ko'rish trubkasi okulyarida tik (vertikal) ip o'rnatilgan. Demak, kollimator va ko'rish trubkasi bir chiziqqa qo'yilganda okulyardan qarasak, kollimator tirqishi va vertikal ip aniq ko'rinadi (ustma-ust o'rnatilishi kerak).

1-jadval

| T/r      | $\theta$   | $\lambda_1$<br>$\alpha_{\min}$ | $\lambda_2$<br>$\alpha_{\min}$ | $\lambda_3$<br>$\alpha_{\min}$ | $\lambda_4$<br>$\alpha_{\min}$ | $\lambda_5$<br>$\alpha_{\min}$ | $\lambda_6$<br>$\alpha_{\min}$ | $\lambda_7$<br>$\alpha_{\min}$ |
|----------|------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1.       | $\theta_1$ | $\alpha_1$                     | $\alpha_1$                     | $\alpha_1$                     | $\alpha_1$                     | $\alpha_1$                     | $\alpha_1$                     | $\alpha_1$                     |
| 2.       | $\theta_2$ | $\alpha_2$                     | $\alpha_2$                     | $\alpha_2$                     | $\alpha_2$                     | $\alpha_2$                     | $\alpha_2$                     | $\alpha_2$                     |
| 3.       | .          | .                              | .                              | .                              | .                              | .                              | .                              | .                              |
| 4.       | .          | .                              | .                              | .                              | .                              | .                              | .                              | .                              |
| 5.       | .          | .                              | .                              | .                              | .                              | .                              | .                              | .                              |
| o'rtacha |            |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |

2. Shisha prizma sindirish burchagini aniqlash.

Boshlang'ich holatda, okulyarga qarab ko'rish trubkasini aylantirib, vertikal ipni kollimator tirqishi o'rtasiga keltiramiz va bu holat uchun 0 burchakni yozib olamiz. Bu holat prizмага tushgan nurning (boshlang'ich-sinmagan) yo'nalishini ko'rsatadi.

3. Goniometr stoli ustiga tekshirilishi kerak bo'lgan shisha prizmani shunday qo'yamizki, prizmaning sindirish burchak bissekt-risasi taxminan kollimator o'qiga perpendikulyar bo'lsin.

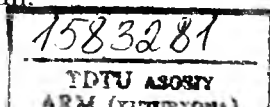
Endi stolni aylantirib, tanlangan burchagimizga yopishgan ikkinchi tomon ko'rish trubkasiga to'g'ri keltiriladi va krestlar ustma-ust tushirilib, mikroskopik truba orqali burchakni yozib olamiz. Prizmaning bu vaziyati bo'lsin. Shunday qilib, prizmaning sindirish burchagi

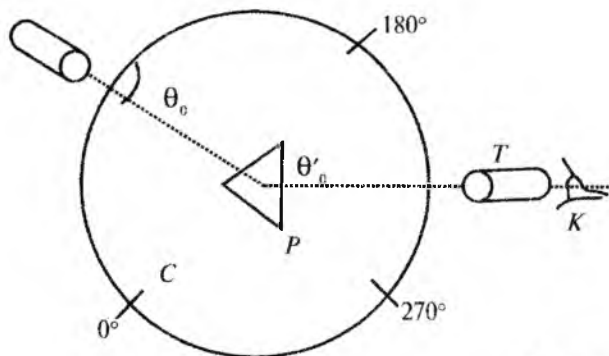
$$\theta = 180^\circ - (\theta_0 - \theta'_0)$$

ga teng. Bu hol 4.4-shaklda ko'rsatilgan. Agar  $\theta_0$  dan  $\theta'_0$  ga o'tishda limbining nolinchisi bo'limidan o'tilgan bo'lsa, u vaqtda

$$\theta = 180^\circ - (\theta_0 + 360^\circ - \theta'_0) = \theta'_0 - (180^\circ + \theta_0)$$

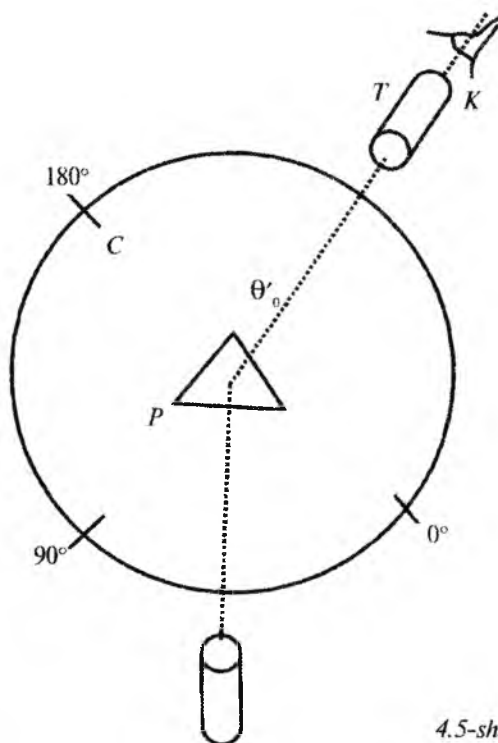
ga teng bo'ladi. Bu hol 4.5-shaklda keltirilgan.





4.4-shakl.

Shakldagi belgilar: C – goniometr stolchasi, P – shisha prizma, T – kollimator trubasi, K – ko‘z. Tajriba bir necha marta takrorlanib, olingan natijalar 1-jadvalga yoziladi.



4.5-shakl.

4. Shisha prizmadan o'tgan simob nurining hamma ko'ringan spektrlari uchun eng kichik og'ish burchaklarini o'lchash.

Simob lampasi yoqilib, goniometr tirqishi yoritiladi. Simob nuri optikaviy truba yordamida shisha prizмага tushadi. Optik truba (kamera) va ko'rish trubasi to'g'ri chiziqda (optik o'qda) o'rnatilgan. Shu sababdan, sozlangan (fokuslangan) goniometr okulyaridan qaraladi. Oq nurni (tirqish tasvirini) okulyar krestining tik chizig'i ustiga ustma-ust joylashtirilib va vintlar qotirilib, mikroskopik truba orqali burchak yozib olinadi. Bu  $\alpha_0$  bilan belgilanadi. Tajribani o'tkazish jarayonida, shisha prizmaning sindirish burchagi chap tomonimizda, asosi esa o'ng tomonimizda yotsin. Ushbu spektrlar asos tomonidan kuzatiladi. Natijada ko'rish trubasini o'ng tomonga aylantirilsa, okulyarda turlicha simob spektrlari ko'rinadi. Aytaylik birinchi okulyarda simobning qizil spektri ko'rindi, u vaqtda ko'rish trubkasi mahkamlanadi. Prizma turgan stolni teskari tomonga aylantirilsa, okulyarda avval spektr biror tomonga siljib, so'ngra orqaga qaytadi. Shu spektrning qaytgan vaziyatida stolni mahkamlanadi. Endi ko'rish trubasini harakatlantirib okulyar krestining tik chizig'ini mana shu qizil spektr bilan ustma-ust tushirib trubani ham qotirib qo'yiladi. Keyin mikroskopik truba orqali burchakni  $\alpha'$  yozib olinadi. Shisha prizmaning qizil nuri uchun og'dirish burchagi  $\alpha_q = \alpha_0 - \alpha'$  ifodadan topiladi. O'lchashni bir necha bor takrorlab, aniqlangan  $\alpha_q$  qiymatlarni 1-jadvalga yoziladi. Qolgan barcha simob spektrlari uchun ham eng kichik og'ish burchaklari shunday qilib aniqlanadi.

Agarda  $\alpha_0$  qiymati  $\alpha'_1$  — dan kichik bo'lsa, u holda  $\alpha$  ni topish uchun quyidagi  $\alpha_i = 360^\circ - \alpha'_1 + \alpha_0$  ifodadan foydalanish kerak.

### **Olingan natijalarni hisoblash va tahlil qilish**

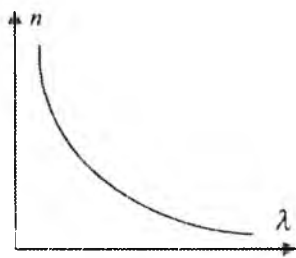
1-jadvaldan foydalanib  $\alpha_i$  va  $\theta$  burchaklarning o'rtacha qiymatlari topiladi. Bu natijalar asosida prizmaning har bir nurga mos kelgan sindirish ko'rsatkichi quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$n_i = \frac{\sin\left(\frac{\theta}{2} + \frac{\alpha_i}{2}\right)}{\sin \frac{\theta}{2}} \quad (4.15)$$

[7] adabiyotda keltirilgan jadval yordamida simob spektrining to'liq uzunliklari aniqlanadi. So'ng ma'lum  $n_i$  va  $\lambda_i$  asosida  $n(\lambda)$  dispersiya grafigi chiziladi (4.6-shakl).

Sindirish ko'rsatkichi va to'liq uzunliklari orasidagi bog'lanishni Koshi ifodasi yordamida aniqlash mumkin. U quyidagicha yoziladi:

$$n_i = a + \frac{b}{\lambda_i^2} \quad (4.16)$$



4.6-shakl.

Ushbu ifodadagi  $a$  va  $b$  kattaliklarini eng kichik kvadratlar usuli bilan topish mumkin. Natijada, (4.16) ifodada  $n_i$  ni yoki  $\lambda_i$  ni hisoblab, (4.15) ifoda natijalari bilan taqqoslash mumkin. Undan tashqari (4.15) va (4.16) ifodalardan shisha prizmaning dispersiyasi aniqlanadi (4.6-shakl). 4.16 tenglama asosida quyidagi

$$\frac{\partial n}{\partial \lambda} = -\frac{2b}{\lambda^3} \quad (4.17)$$

tenglik o'rinlidir. (4.14), (4.15) va (4.16) ifodalar asosida  $n$ ;  $\lambda$ ;

Laboratoriyada  $\frac{\partial n}{\partial \lambda}$  va  $\frac{\partial \alpha}{\partial \lambda}$  larni EHM da hisoblash dasturlari mavjud.

$\frac{\partial n}{\partial \lambda} = f\left(\frac{1}{\lambda^3}\right)$  bog'lanish grafigi chiziladi va (4.17) ifodadagi « $b$ » koeffitsient aniqlanadi.

Bu laboratoriya ishidan olingan o'lchash natijalarini EHM da «Beysik» tilida tuzilgan L106 dasturida ko'rish mumkin.

#### Adabiyotlar

1. 544—554-betlar;
3. 5—10-betlar;
7. 425—433-betlar;
10. 17—27-betlar.

## II BOB. YORUG'LIK SPEKTRLARINI O'RGANISH BO'YICHA LABORATORIYA ISHLARI

### 5-ISH. VODOROD SPEKTRINI O'RGANISH. RIDBERG DOIMIYSINI ANIQLASH

**Ishning maqsadi:** 1. Vodorodning nur chiqarish spektrlarini o'rganish. 2. Ridberg doimiysini aniqlash.

**Zarur qurilmalar:** vodorod-deyterili DBC-25 turdagi lampa va SLP-2 turdagi spektroskop.

Siyraklashtirilgan gazlarda alohida atomlarning nur chiqarishini tajribada o'rganish, ya'ni atomlarning energiya yutishi va chiqarishi jarayonini o'rganish atom tuzilishini o'rganishda juda muhim ahamiyatga ega. Bu sohada eng oddiy atom – vodorod atomining spektrlarini o'rganish hozirgi zamon atom tuzilishi haqidagi ta'limotning yuzaga kelishida juda muhim o'rin tutadi. XIX asrning oxirlarida Balmer (1885-y.) o'tkazgan tajribalar, keyinchalik Ridberg va Rittslar tomonidan o'tkazilgan izlanishlar yordamida vodorod spektrining hamma chastotalari uchun quyidagi ifoda o'rinli ekanligi aniqlanadi:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = c \cdot R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (5.1)$$

Bu ifodani to'liq uzunligi uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (5.2)$$

(5.1) va (5.2) ifodalarda:  $c$  – yorug'lik tezligi;  $n = 1, 2, 3, 4, 5$  – spektr seriyalarini bildiruvchi sonlar; Balmer seriyasi uchun  $n=2$  bo'ladi;  $m=n+1; n+2, \dots$  – har bir seriyadagi chiziqli spektrni bildiradi. (5.1) va (5.2) ifodalardagi  $R$  Ridberg doimiysi deb nom olgan va vodorod spektrlarining to'liq uzunliklarini yoki chastotalarini juda aniq o'lchanganligi sababli juda katta aniqlikda hisoblab chiqilgan.

Plank va Eynshteynning yorug'lik kvantlari, yorug'lik fotonlari haqidagi tushunchalari va fikrlari asosida Nils Bor o'z postulatlarini yaratganligi ma'lum. Bunga asosan, har qanday nurlanish energiyalari alohida-alohida porsiyalar — kvantlar ko'rinishida atomlardan chiqadi va yutiladi. Bu jarayon atomning bir statsionar holatidan ikkinchi statsionar holatiga o'tishi bilan sodir bo'ladi va ajralib chiqqan (yoki yutilgan) energiya quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$h\nu = E_m - E_n \quad (5.3)$$

bu yerda:  $\nu$  — chastota;  $h$  — Plank doimiysi.

Bor nazariyasiga asosan ma'lum statsionar holatdagi vodorod atomining energiyasi quyidagiga teng:

$$E_n = -\frac{2\pi^2 e^4 m_e}{h^3} \cdot \frac{1}{n^2} \quad (5.4)$$

bunda nurlanish chastotasi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\nu_{nm} = \frac{2\pi^2 e^4 m_e}{h^3} \cdot \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (5.5)$$

bu yerda:  $e$  va  $m_e$  — elektronning zaryadi va massasi.

(5.5) ifodani Balmer-Ritts ifodasi (5.1) bilan taqqoslab Ridberg doimiysini universal kattaliklar ( $e$ ,  $m$ ,  $c$ ,  $h$ ) orqali yozish imkoniyati mavjud:

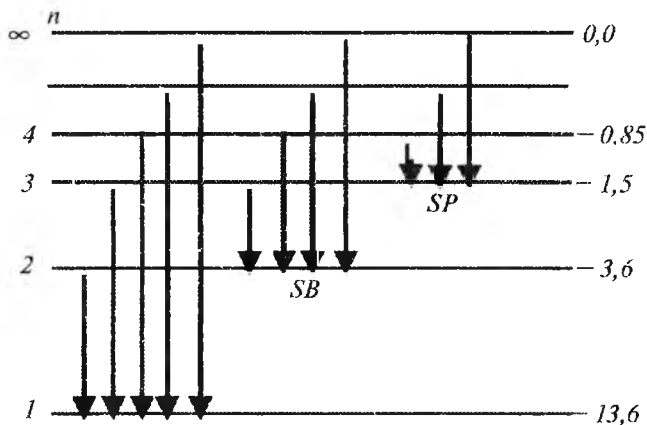
$$R = \frac{2\pi^2 m_e e^4}{c \cdot h^3} \quad (5.6)$$

(5.6) ifodada  $m$ ,  $e$ ,  $c$  va  $h$  SGS birliklar sistemasida olingan. Agar  $R$  xalqaro birliklar sistemasida (SI) ifodalansa, (5.6) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$R = \frac{e^4 \cdot m_e}{8h^3 \cdot \epsilon_0^2} \quad (5.7)$$

Ushbu laboratoriya ishida vodorod spektrlarining to'liq uzunliklarini tajribada aniqlash yo'li orqali Ridberg doimiysini hisoblanadi va olingan natija (5.6) yoki (5.7) ifodalar yordamida topilgan natijalar bilan taqqoslanadi. 5.1- shaklda vodorod atomining energetik sathlari

ko'rsatilgan. O'qlar bilan bir spektral chiziqqa oid o'tishlar ko'rsatilgan. Shakldan ko'rinib turibdiki, vodorod spektrini seriyalarga ajratish mumkin. Yuqorida keltirilgandek, har bir seriyadagi spektral chiziq uchun  $n$  – o'zgarmas bo'ladi, lekin  $m$  esa  $m = n + 1$  dan  $\infty$  gacha bo'lgan har qanday qiymatlarni qabul qiladi. Bu ishda vodorod atomi nurlanishining ko'z bilan ko'rish sohasida joylashgan Balmer seriyasini o'rganiladi.



5.1-shakl.

Balmer seriyasi uchun  $n = 2$  ga teng,  $m$  ning qiymatlari birinchi to'rtta chiziq uchun 3, 4, 5 va 6 sonlariga teng bo'ladi. Bu spektral chiziqlar  $H_{\alpha}$ ,  $H_{\beta}$ ,  $H_{\gamma}$  bilan belgilanadi.

### Eksperimental qurilmaning tavsifi

Vodorod spektrini tajribada tekshirish uchun ishlatiladigan eksperimental qurilma vodorod lampa va spektroskopdan (5.2-shakl) iboratdir.

Vodorod-deyteriyli DVS-25 lampa shisha ballondan iborat bo'lib, uning ichida ikkita elektrod, ya'ni anod va katod joylashgan. Anodning o'rtasida dumaloq teshik bo'lib, undan yorug'lik chiqishi mo'ljallangan.

Lampaning katodi o'zgaruvchan tokli 5V kuchlanish berish bilan qizdiriladi. Anod va katodga o'zgarmas 300V kuchlanish beriladi.

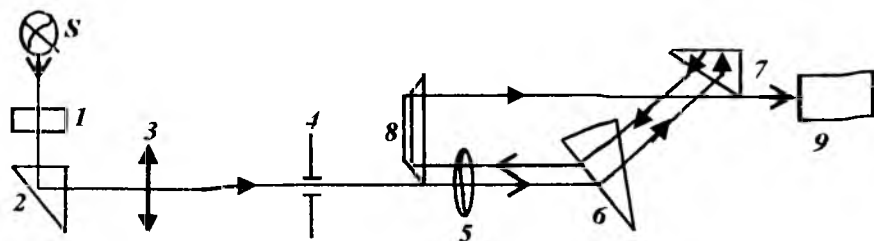
Bu ikkala kuchlanish maxsus elektr manbayi yordamida olinadi. Bu manbani ishlatish tartibi manbaning o'ziga yozib qo'yilgan. Anod va qizdirgichining tok qiymatlari potentsiometrlar yordamida o'zgartiriladi. Tok manbayi 10 daqiqa davomida qizdiriladi. Lampani yoqib o'chirishning hamma qoidalariga rioya qilish kerak, aks holda lampa tezda ishdan chiqadi.

O'lchashlar asosan vodorod spektrining ko'rinuvchan qismida, ya'ni Balmer seriyalari oralig'ida olib boriladi. Bu ishda shisha prizmalı SLP-2 turdagi spektroskop ishlatiladi. Spektroskopning sxemasi 5.2-shaklda keltirilgan. Ushbu spektroskop to'lqin uzunliklari  $0,38 \div 10$  mkm diapazondagi spektrlarni tekshirish uchun mo'ljallangan.

S — yorug'lik manbayidan chiqqan nur himoyalovchi shisha (1) plastinkadan va nurning yo'nalishini o'zgartiruvchi (2) prizmadan o'tib, yig'uvchi linzaga keladi va kengligi 0,03 mm bo'lgan (4) tirqishga tushadi. Fokus masofasi 322 mm bo'lgan (5) obyektivdan chiqqan parallel nurlar ikkita tashkil etuvchidan iborat dispersiyalovchi elementga tushadi. Ulardan birinchisi  $60^\circ$  va ikkinchisi  $30^\circ$  burchakli prizma ((6) va (7) prizmalar). Ikkinchi prizmaning katta kateti tomoni ko'zgusimon qilingan. Parallel nurlar dastasi har ikkala prizmadan o'tib, ikkinchi prizmaning ko'zgusimon tomonidan qaytib, yana shu prizmalardan teskari yo'nalishda o'tadi. Shunday qilib, dispersiyalovchi sistema uchta  $60^\circ$  burchakli prizmalarga ekvivalent bo'ladi. Spektrlarga ajralgan yorug'lik, ko'rish trubasini yoki chiqish kollimatori vazifasini bajaruvchi (9) okulyar yordamida kuzatiladi. Dispersiyalovchi prizmalar 470,5 nm to'lqin uzunligidagi nur uchun eng kichik og'ish burchagida o'rnatilgan.

Asbob 519,146 nm va 519,235 nm to'lqin uzunligidagi nurlarni ajratishi mumkin. Nurlanish chiziqlarini kuzatish (9) okulyar yordamida bajariladi. Okulyarning ko'rish maydonida spektral chiziqlarni o'lchash uchun ko'rsatkich bor. Okulyarning chap tomonida bo'limlarga bo'lingan shkalali maxovik bor, u 100 ta bo'limga bo'lingan.

Uning bir marta to'la aylanib chiqishi 100 bo'limga teng bo'ladi. Maxovik aylanayotganda, unga mos ravishda 350 li prizma ham buraladi va bu okulyar ko'rish maydonidan spektral chiziqlarning



5.2-shakl.

birin-ketin o'tishiga olib keladi. O'lchash olib borilayotgan vaqtda maxovikni faqatgina bitta tomonga burash kerak, aks holda muntazam ravishda xatoga yo'l qo'yish mumkin.

Spektroskop pasportidagi darajali jadvalda spektral chiziqlarning to'lqin uzunliklariga mos keluvchi «maxovik» shkalasi bo'limlarining qiymatlari berilgan. Bunda maxovik katta to'lqin uzunligidan kichik to'lqin uzunliklari tomoniga burash orqali natijalar olinadi. Bunday qoidaga butun ish davomida rioya qilish kerak. Birinchi jadvaldagi ma'lumotlardan o'lchash natijalarini qayta ishlashda foydalanish mumkin.

### O'lchashlar va uning natijalarini qayta ishlash

Oldin vodorod lampasini yoqish va o'chirish bilan tanishib chiqish kerak. Uning qoidasi elektr manbai bo'lgan qutining devorida yozilgan. Laborantsiz lampani yoqish mumkin emas. Lampani spektroskopning kollimatoridagi himoya oynasiga yaqin keltirib, hamma nurlanish spektrlari yaxshi kuzatiladigan qilib o'rnatilishi kerak.

Spektroskopda kuzatiladigan spektral chiziqlarning yorqin va tiniqligi vodorod lampasining spektroskopga nisbatan joylashishiga kuchli bog'liq.

Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, spektroskop orqali vodorod atomiga mos keluvchi spektral chiziqlardan tashqari, vodorod molekulasiga mos keluvchi spektral chiziqlar yoki boshqa gazlar atomlarining spektral chiziqlari ko'rinishi mumkin. Shuning uchun kerakli spektral chiziqlarni qidirib topishda tajribaga ega bo'lish kerak.

Kuzatilayotgan spektrning qizil qismida joylashgan yorqin birinchi  $H_{\alpha}$  spektral chiziq topiladi. Ikkinchi  $H_{\beta}$  spektral nurlanish chizig'i yorqin ko'k rangda bo'lib, spektrda alohida ajralib turadi.  $H_{\gamma}$  va  $H_{\delta}$  nurlanish spektral chiziqlari orasida vodorod molekulasiga mos keluvchi sariq va yashil molekulyar «yo'lka» joylashgan. Uchinchi  $H_{\gamma}$  — binafsha-zangori ko'rinishdagi spektral chiziq.

Bu chiziq oldida vodorod molekulasiga mos keluvchi kuchsiz, notiniq zangori rangdagi spektral «yo'lka» joylashgan. To'rtinchi  $H_{\delta}$  — binafsha rangli spektral chiziq bo'lib, uni har doim kuzatish imkoni bo'lavermaydi. Balmer to'plamini qidirib, kuzatishni bir necha marta takrorlab, tajriba o'ttirish kerak. Shundan so'ng o'lchashlarga o'tish mumkin.

Spektral chiziqlarga mos keluvchi maxovik shkalasidagi belgilarning holatini aniqlashda maxovik faqat bir yo'nalishda aylantirilishi kerak.

O'lchash natijalari 1-jadvalga joylashtiladi.

Olingan natijalar bilan jadval to'ldirilgandan so'ng o'lchash tugallanadi deyish mumkin va shu natijalar yordamida belgilangan spektral chiziqlar to'liq uzunliklarining qiymatlari aniqlanadi.

1-jadval

Vodorod nurlanish chiziqlarining holatini o'lchash

| T/r | Chiziqning rangi            | Maxovik holatlari |                |                | D, o'rtacha     |
|-----|-----------------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|
|     |                             | D <sub>1</sub>    | D <sub>2</sub> | D <sub>3</sub> |                 |
| 1.  | H $\alpha$ qizil            |                   |                |                | D <sub>01</sub> |
| 2.  | H $\beta$ ko'k-yashil       |                   |                |                | D <sub>02</sub> |
| 3.  | H $\gamma$ binafsha zangori |                   |                |                | D <sub>03</sub> |
| 4.  | H $\delta$ binafsha         |                   |                |                | D <sub>04</sub> |

To'liq uzunliklarining aniq qiymatini Gartmanning quyidagi interpolyatsiya ifodasi orqali aniqlash mumkin:

$$\lambda_x = \lambda_0 + \frac{c}{d_x - d_0} \quad (5.8)$$

bu yerda  $\lambda_0$ ,  $c$  va  $d_0$  — uchta doimiy bo'lib, ular uchta ma'lum nurlanish chiziqlari orqali topiladi;  $d_x$  va  $\lambda_x$  — maxovik shkalasidan

olingan qiymat va aniqlanayotgan to'liq uzunligi. Bu ifoda yordamida prizmatik spektroskopning dispersiya chizig'ini chizish mumkin.

$\lambda_0$ ,  $c$ ,  $d_0$  – Gartman doimiylarini aniqlash uchun, uchta ma'lum  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  – to'liq uzunlikka ega bo'lgan normallar deb ataluvchi chiziqlarning  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  holatlari aniqlanadi. Hosil qilingan uchta tenglamalar sistemasi orqali noma'lumlar aniqlanadi:

$$d_0 = \frac{d_3(\lambda_2 - \lambda_3)(d_2 - d_1) - d_1(\lambda_1 - \lambda_2)(d_3 - d_2)}{(\lambda_2 - \lambda_3)(d_2 - d_2) - (\lambda_1 - \lambda_2)(d_3 - d_2)}$$

$$c = \frac{(\lambda_1 - \lambda_2)(d_1 - d_0)(d_2 - d_0)}{d_2 - d_1}; \quad \lambda_0 = \lambda_1 - \frac{c}{d_1 - d_2} \quad (5.9)$$

Bu kattaliklar aniqlangandan so'ng (5.8) ifodadan noma'lum to'liq uzunliklari hisoblanadi. Ushbu ishda vodorod spektrining chiziqlari topiladi. Normal sifatida 1-jadvalda keltirilgan kattaliklar olinadi. Bu algoritm kompyuterda hisoblash uchun kerak.

Endi (5.2) Balmer ifodasining bajarilishini tekshirish kerak. Buning uchun eng kichik kvadratlar usulini qo'llash qulay.  $\lambda_{\min}$  va  $n^2$  orasidagi bog'lanish chiziqli bo'lganligidan, quyidagi almash-tirishlar kiritib, chiziqli bog'lanishni hosil qilish mumkin:

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = y_i, \quad + \frac{1}{m^2} = x_i, \quad \frac{R}{n^2} = b_0, \quad R = -b_i$$

u holda (5.8) ifoda quyidagicha bo'ladi:  $y_i = b_1 x_i + b_0$  undan so'ng bog'lanish koeffitsienti, juft korrelyatsiya koeffitsienti, o'rtacha kvadratik xatoni hisoblash mumkin.

Nihoyat, Ridberg doimiysini va uning xatosini hisoblab, olingan natijani jadvaldagi natija bilan solishtirish kerak.

Bu laboratoriya ishidan olingan o'lchash natijalarni EHM da «Beysik» tilida tuzilgan dastur L107 da ko'rish mumkin.

#### Adabiyotlar

1. 38-bo'lim, 721–737-betlar;
3. 250–253-betlar;
7. 616–620-betlar;
11. 3–8-betlar.

## 6-ISH. STILOSKOPNI DARAJALASH, SIMOB VA NEON SPEKTRLARINING TO'LQIN UZUNLIKLARINI ANIQLASH

**Zarur asboblari:** stiloskop, yorug'lik manbalari (simob lampasi, neon lampasi, vodorod lampasi va boshqalar).

Nur sochish ikki xilda bo'lib, integral nur sochishga va monoxromatik nur sochishga bo'linadi. Integral nur sochishda sochilgan (elektromagnit to'lqin) yorug'lik to'lqinining hamma sohasi  $\lambda = 0$  dan  $\lambda = \infty$  gacha, ya'ni juda ham keng intervalda bo'ladi. Monoxromatik nur sochish esa juda ham tor sohada, ya'ni  $\lambda$  dan  $\lambda + d\lambda$  gacha ( $d\lambda \rightarrow 0$ ) bo'ladi. Monoxromatik nur sochishda, odatda ma'lum to'lqin uzunligi, chastotasi bo'lib, ular o'zaro quyidagi ifoda yordamida ifodalanadi:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

Istalgan muhitning sindirish ko'rsatgichi (optikada muhit dielektrikni tashkil etadi)  $n = \sqrt{\epsilon}$  ifoda bilan ifodalanib, optik muhitda yorug'likning tarqalish tezligi

$$v = \frac{c}{n}$$

va bu muhitdagi to'lqin uzunlik

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

bilan ifodalanadi.  $\lambda_0$  — vakuumdagi to'lqin uzunlik. Ko'pchilik yorug'lik manbalari (lazerlardan boshqa) ning nur sochishi murakkab bo'lib, ular turli to'lqin uzunliklarga ega bo'lgan monoxromatik nur sochishlardan tashkil topadi va bular spektrlar deyiladi.

Sindirish ko'rsatkichi bilan to'liqin uzunligi (yoki to'liqin chastotasi) orasidagi bog'lanishga moddaning dispersiyasi deyiladi. Ikki xildagi dispersiya mavjud bo'lib, birinchisini normal dispersiya ( $dn/d\lambda < 0$  yoki  $d\vartheta/d\lambda > 0$ ) va ikkinchisi anomal dispersiya ( $dn/d\lambda > 0$  yoki  $d\vartheta/d\lambda < 0$ ) deyiladi. Shisha prizmadan oq (murakkab) yorug'lik o'tganida ( $n=f(\lambda)$ ) dispersiya mavjudligidan u spektrlarga ajraladi, natijada, o'sha spektrdagi qisqa to'liqinlarning sinish burchagi uzun to'liqinlarga nisbatan kattaroq bo'ladi.

Ma'lumki, yorug'lik tarqalishida ikki xildagi tezliklar mavjud bo'ladi.

1. Yorug'likning faza tezligi ( $\vartheta$ ), bu tezlik monoxromatik to'liqinga xosdir.

2. Yorug'likning to'da tezligi ( $u$ ), bu tezlik monoxromatik bo'lmagan, ya'ni murakkab to'liqinlar harakatiga (to'daga) xosdir.

To'da tezlik bilan faza tezliklar orasidagi bog'lanish Reley ifodasi bilan quyidagicha ifodalanadi:

$$u = \vartheta - \lambda \frac{d\vartheta}{d\lambda} \quad (6.1)$$

$$\vartheta = \frac{c}{n} \quad \text{dan} \quad n = \frac{c}{\vartheta} \quad (6.2)$$

$$\frac{\partial n}{\partial \lambda} = \frac{c}{v^2} \frac{d\vartheta}{d\lambda} \quad (6.3)$$

(6.1) va (6.3) ifodalardan quyidagi natijalarni olish mumkin:

1. Normal dispersiya holi uchun  $dn/d\lambda < 0$ ;  $d\vartheta/d\lambda > 0$ ;  $u < \vartheta$ .

2. Anomal dispersiya holi uchun  $dn/d\lambda > 0$ ;  $d\vartheta/d\lambda < 0$ ;  $u > \vartheta$ .

3. Dispersiya yo'q bo'lgan hol uchun  $dn/d\lambda = 0$ ;  $d\vartheta/d\lambda = 0$ ;  $u = \vartheta$ .

I. Normal dispersiya uchun dispersiya ifodasini empirik ravishda Koshi quyidagicha ifodaladi:

$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{D}{\lambda^4} + \dots \quad (6.4)$$

Ko'p shisha prizmalar uchun Koshi ifodasi

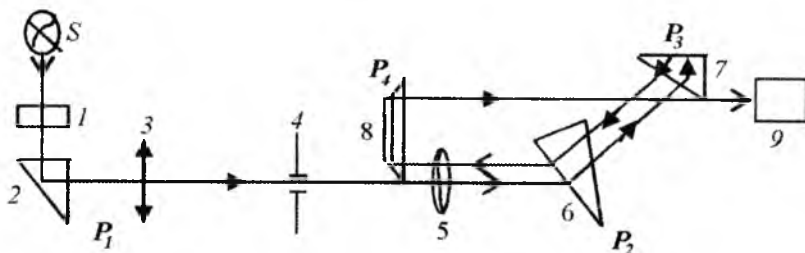
$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2} \quad (6.5)$$

ko'rinishida yozilsa, yetarli bo'lib, unda A va B koeffitsientlar prizma moddasini ifodalaydi va berilgan prizma uchun doimiydir.

II. Murakkab moddalarning kimyoviy tarkibini, uning nur sochish xususiyatiga qarab o'rganish bilan optikaning spektral tahlil bo'limi shug'ullanadi. Buning uchun oldindan biror etalon modda spektral chiziqlarining to'liq uzunliklaridan bir nechitasi (ikki va undan ortiq) ma'lum bo'lish kerak.

Ushbu laboratoriya ishida spektral apparat sifatida stiloskop ishlatilsa, u holda stiloskop tirqishiga tekshiriluvchi manbadan (simob lampasi, neon lampasi, vodorod lampasi) yorug'lik yuborimiz. Ko'rish trubasidan qarab, barabanni aylantirib, ko'ringan spektrlarning vaziyatlarini daftarga yozib olinadi. Berilgan yorug'lik manbayi uchun ko'ringan spektrlarni millimetrlri qog'ozga ularning vaziyatlariga qarab chiziladi.

Masalan,



6.1-shakl.

Shu spektr chiziqlardan eng kamida uchtasining (buning uchun bir nechta spektrlarining to'liq uzunliklari ma'lum bo'lgan manbani olgan qulay) to'liq uzunligi ( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ) va ularning vaziyatlari ( $d_3, d_2, d_3$ ) ma'lum bo'lsa, quyidagicha berilgan Gartman ifodasi yordamida:

$$\lambda_j = \lambda_0 + \frac{c}{d_j - d_0} \quad j = 1, 2, 3 \quad (6.6)$$

$\lambda_0$ ,  $c$ ,  $d_0$  koeffitsientlarni topib olamiz. So'ngra, bu koeffitsientlarni (6.7) ga qo'yib:

$$\lambda_i = \lambda_0 + \frac{c}{d_i - d_0} \quad (6.7)$$

hamda ifodada faqat stiloskopdan olingan baraban ko'rsatishlarini ( $d_i$ ;  $i=1 \div k$ ) berib, noma'lum spektr to'liqin uzunliklarni, shu jumladan, bu stiloskopda o'lgangan boshqa yorug'lik manbayi spektrlarining to'liqin uzunliklarini hisoblaymiz.

Shisha prizmalar ishlatilgan spektral apparatlarda (masalan, stiloskopda) Gartman ifodasi yordamida prizmaning sindirish ko'rsatgichi bilan yorug'lik to'liqin uzunligi orasidagi bog'lanishni ifodalash ancha yaxshi natijalarni beradi. Gartman ifodasi

$$n_i = n_0 + \frac{c}{\lambda_i - \lambda_0} \quad (6.8)$$

$\lambda_i$  o'rniga (6.7) ifodada hisoblangan qiymatlar qo'yilib  $n_i$  hisoblanadi.  $n_0$ ,  $c$ ,  $\lambda_0$  koeffitsientlar berilgan prizmaning turi uchun doimiydir. (6.8) ifodaga asosan dispersiya jadvali chiziladi.

III. Dispersiyaning elementar klassik nazariyasiga binoan, agarda yorug'lik optik moddaga — dielektrikka tushsa uning atomlari (molekulalari) dipol hosil qiladi. Dipol momenti hosil bo'lishini «Elektr va magnetizm» kursining «Dielektriklar elektr maydonida» mavzusida  $D = \epsilon_0 \epsilon E = \epsilon_0 E + k_0 4\pi N_{er}$  ekanini ko'rib o'tgan edik. Optik elektronlarga ta'sir etuvchi kuchlar: elastik kuchlar  $F_{el} = -kr$ , tormozlovchi kuchlar  $F_{tor} = -\hbar\omega$  hamda majburlovchi kuch  $F_{maj} = eE = eE_0 \cos(\omega t - kx)$ . Bu kuchlar ta'sirida optik elektron tezlanish oladi. Elektronning harakat tenglamasi:

$$F = F_{el} + F_{tor} + F_{maj} \quad (6.9)$$

$$\ddot{r} + \frac{\hbar\omega}{m} + \frac{kr}{m} = \frac{eE_0}{m} \cos(\omega t - kx) \quad (6.10)$$

Ushbu tenglama ikkinchi darajali differensiyal tenglama bo'lib, uning yechimini quyidagicha

$$r = A \cos(\omega \cdot t - kx + \varphi) \quad (6.11)$$

ko'rinishda izlaymiz.  $\ddot{r}$  va  $\dot{r}$  larni topib, (6.10) tenglamaga qo'yamiz, so'ngra elektronning harakatiga to'sqinlik qiluvchi kuch bo'lmasin ( $h=0$ ) deb, quyidagilarni olamiz:

$$E = E \cos(\omega t - kx)$$

$$r = \frac{eE_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)} \cos(\omega t - kx) \quad (h=0 \text{ bo'lgani uchun } \varphi = 0)$$

Topilganlar  $\epsilon_0 E + k_0 4\pi N_e r$  tenglamaga qo'yilsa ( $n = \sqrt{\epsilon}$ ):

$$n^2 = 1 + \frac{k_0 4\pi N_e e^2}{\epsilon_0 m (\omega_0^2 - \omega^2)} \quad (6.12)$$

(6.12) – dispersiya ifodasidir. Bu yerda  $\omega_0 = \frac{2\pi c}{\lambda_0}$  va  $\omega = \frac{2\pi c}{\lambda}$  ekanini nazarga olinsa:

$$\frac{1}{n_i^2 - 1} = \frac{\epsilon_0 m 4\pi^2 c^2}{k_0 4\pi N_e e^2} \frac{1}{\lambda_0^2} + \left( -\frac{\epsilon_0 m 4\pi^2 c^2}{k_0 4\pi N_e e^2} \right) \left( \frac{1}{\lambda_i} \right)^2 \quad (6.13)$$

(6.13) – ifodadagi kattaliklar SI sistemasiga keltirilsa:  $k_0 = 1/4\pi$ ;  $\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12}$  SI birlik;  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg;  $c = 3 \cdot 10^8$  m/sek;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Kl;  $[N] = \text{mol/m}^3$ ;  $[\lambda] = \text{m}$ .

Belgilashlar kiritib:

$$y_i = a + bx_i \quad (6.14)$$

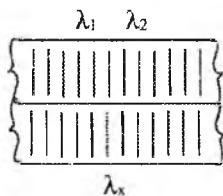
ni olamiz. (6.14) ifodaga (6.8) ifodadan olingan  $\lambda_i$  va  $n_i$  qiymatlarni qo'yib, eng kichik kvadratlar usuli bilan tenglama koeffitsientlari  $A$ ,  $B$ ,  $\sigma_a$ ,  $\sigma_b$ ,  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  larni topamiz va (6.14) ifoda grafigini chizamiz.

### Stiloskopning tuzilishi

Stiloskop SLP-2 – spektral asbob bo'lib, berilgan murakkab yorug'likni spektrlarga ajratadi. Qurilmaning tuzilishi quyidagilardan

iborat (6.2-shakl). Yorug'lik nuri S manbadan  $P_1$  prizmagga (2) tushadi va bu prizmadan chiqqan yorug'lik kondensorga (3) tushadi.

Kondensor linzadan iborat bo'lib, diafragma (4) teshigini tekis yoritib beradi. Diafragma teshigi esa obyektivning (5) fokusida joylashgan. Shuning uchun ham obyektivdan chiqqan



6.2-shakl.

parallel nurlar dastasi  $P_2$  — prizmagga (6) tushib, undan sinib o'tib, yana  $P_3$  — prizmaning (7) gipotenuzasiga tushadi.  $P_3$  — prizmaning (7) katta kateti kumushlanganligi tufayli, undan orqaga qaytgan nur yana  $P_2$  — prizmagga tushib o'tadi va undan keyin yana obyektivdan o'tib,  $P_4$  — prizmadan (8) (nurni  $180^\circ$  ga qaytaruvchi) qaytib okulyardan o'tib, kuzatuvchi ko'ziga tushadi.  $P_2$  va  $P_3$  prizmalardan yorug'lik ikki marta (u yoqqa va teskarisiga) o'tganligi uchun, ular dispersiyalovchi (nurlarning yo'lini cho'zish uchun ishlatiladi) prizmalar deyiladi.

Stiloskopdagi baraban  $P_2$  — prizmagga bog'langan barabanni aylantirilsa,  $P_3$  — prizma ham aylanib, okulyardagi uchwurchak shakldagi belgi ustiga kerakli spektr chizig'ini keltirib, barabandan spektr vaziyatini aniqlash uchun ishlatiladi.

## O'lchashlar

1. Mavjud yorug'lik manbalarini (Hg, Ne, H) ishlatib, stiloskop yordamida ko'ringan spektrlarning vaziyatlarini stiloskop barabandan yozib olib, har biri quyidagi jadvallarga kiritiladi.

1-jadval

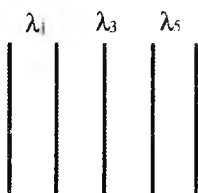
Simob

Neon

Vodorod

| T/r | Spektr rangi  | Baraban ko'rsa-tishi | T/r | Spektr rangi  | Baraban ko'rsa-tishi | T/r | Spektr rangi  | Baraban ko'rsa-tishi |
|-----|---------------|----------------------|-----|---------------|----------------------|-----|---------------|----------------------|
| 1.  | Xira qizil    | $d_1$                | 1.  | Xira qizil    | $d_1$                | 1.  | Xira qizil    | $d_1$                |
| 2.  | Qizil         | $d_2$                | 2.  | Qizil         | $d_2$                | 2.  | Qizil         | $d_2$                |
| 3.  | Ravshan qizil | $d_3$                | 3.  | Ravshan qizil | $d_3$                | 3.  | Ravshan qizil | $d_3$                |
| 4.  | ...           | ...                  | 4.  | ...           | ...                  | 4.  | ...           | ...                  |

2. Spektrlar vaziyatiga mos stiloskop barabanining ko'rsatishlari millimetrlri qog'ozga jadvalda yozilganidek o'z masshtabida kiritiladi va shu kiritilgan vaziyatlar tepasiga har bir manba spektri quyidagi sxemadagidek chiziladi:



6.3-shakl.

Bunday chizilgan shakldan berilgan yorug'lik manbalarida qanday spektrlar (ranglarining to'liqin uzunliklari) bir-biriga yaqin kelishi, yoki qaysi to'liqin uzunliklar bu yorug'lik manbayida bor (yoki yo'q) ekanligini ko'z oldimizga keltirib tasavvur qila olamiz.

3. Jadvaldagi (istalgan yorug'lik manbayidan) spektrlarning eng kamida ikkita yoki uchtasining to'liqin uzunligi qiymatini ( $\lambda_1, \lambda_2$  va  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ) ularning ranglaridan, jadvaldan topib, yozib olishimiz kerak.

## Hisoblashlar (kalkulyator yoki EHM yordamida)

### 1-usul

1. Fizika qo'llanmasidan TF-5 (og'ir flint) shisha prizma uchun  $\lambda$  larga mos  $n_\lambda$  — qiymatlarni yozib olish kerak. So'ngra 6.5-ifoda yordamida eng kichik kvadratlar usuliga asosan tenglama koef-fitsientlari  $A, B, \sigma_a, \sigma_b, \varepsilon_a, \varepsilon_b$  hisoblanadi.

2. Topilgan  $a=A, b=B$  qiymatlar tenglamaga qo'yiladi:

$$y_{li} = A + \frac{B}{\lambda_i^2} \quad (6.15)$$

(6.15) ifodada  $y_{li} = n_i$ . (6.14) ifodaga yorug'lik to'liqin uzunligining ko'zga ko'rinadigan sohasiga mos ( $\lambda_r = (4000-7500)\text{\AA}$ ) qiymatlarini berib,  $y_{li}$  qiymatlar hisoblanadi. So'ngra  $y_{li}$  va  $x_i = 1/\lambda_i^2$  larning bog'lanish grafigi chiziladi.

3. Yana  $y_{li}$  bilan  $\lambda_i$  orasidagi bog'lanish (normal dispersiya) ham chiziladi.

4. 1-usulda aytilganlarni EHM yordamida hisoblash uchun ifodalar quyidagicha ifodalanadi:

(6.1) ifoda:

$$N(I) = A + \frac{B}{L(I)^2}, \quad I = 1 \div k \quad (6.16)$$

$$y1(I) = A + B \cdot X(I)$$

Ushbu ifodalar yordamida  $A$ ,  $B$ ,  $SIGA$ ,  $SIGB$ ,  $EPSA$ ,  $y1(I)$ ,  $X(I)$  larni EHM da hisoblash va bular jadvalining chizilishi L108 dasturda keltirilgan [11].

5. Kalkulyator va EHM yordamida hisoblangan natijalar solishtiriladi.

## 2-usul

1. Jadvaldagi istalgan o'lchash natijalaridan aniqlangan (tanlangan) uchta spektr to'liqin uzunliklari  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  va ularga tegishli stiloskop barabanining ko'rsatishlari  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  qiymatlariga asosan (6.6) ifodaga yuqoridagi qiymatlarni qo'yib, uchta noma'lum tenglamalardan  $\lambda_0=L_0$ ,  $d_0=D_0$ ,  $c_0=C_0$  lar topiladi. Bu qiymatlarni (6.6) ifodaga qo'yib

$$\lambda_i = L_0 + \frac{C_0}{d_i - D_0}$$

jadvaldagi qolgan di qiymatlar uchun  $\lambda_i$  — lar hisoblanadi.

2. Bu oxirgi tenglama yordamida qolgan yorug'lik manbalari uchun ham  $d_i$  larni ifodaga qo'yib,  $\lambda_i$  lar hisoblanadi va jadvalga kiritiladi.

3. Millimetrli (30x30 sm<sup>2</sup>) qog'ozga absissa o'qiga  $d_i$ , ordinata o'qiga  $\lambda_i$  ni qo'yib, bularning bog'lanish grafigi chiziladi.

4. 2-usulda aytilganlarni EHM da ishlash uchun (6.6) ifoda quyidagicha ifodalanadi:

$$L(I) = L_0 + \frac{C}{D(I)} \quad (I = 1 \div k)$$

EHM ga  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  va ularga to'g'ri kelgan stiloskop barabani ko'rsatishlari  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  ni kiritib va yana qolgan  $d_i$  larni kiritamiz. Komputerdan  $L_0$ ,  $C$ ,  $D_0$  qiymatlarni hamda har bir  $d_i$  ga mos kelgan  $\lambda_i$  ni hisoblash va  $\lambda_i$  bilan  $d_i$  lar orasida bog'lanishni chizish L108 dasturi yordamida amalga oshiriladi.

5. Qolgan yorug'lik manbalari uchun ham  $d_i$  larga to'g'ri kelgan  $\lambda_i$  larni o'sha dastur yordamida hisoblanadi.

6. Kalkulyator va EHM da olingan hisoblash natijalari solishtiriladi.

### 3-usul

1. Qo'llanma jadvallaridan TF-5 shisha prizmasi uchun olingan uchta  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  va ularga to'g'ri kelgan tegishli sindirish ko'rsatkichlari  $n_1, n_2, n_3$  lar olingan qiymatlarni (6.8) ifodaga qo'yib, uch noma'lumli uchta tenglamaga ega bo'lamiz.

Bu tenglamalarni yechib  $n_0, C, \lambda_0$  noma'lum koeffitsientlarini topamiz. Bu topilgan koeffitsient qiymatlarni (6.8) ifodaga qo'yamiz:

$$n_i = N_0 + \frac{C_0}{\lambda_i - \lambda_0} \quad (6.8')$$

Yuqoridagi istalgan usul bilan (I, II-usullarda) hisoblangan  $\lambda_i$  qiymatlarni bu ifodaga qo'yib, har bir yorug'lik manbayidagi to'lqin uzunligiga mos kelgan sindirish ko'rsatkichini hisoblaymiz.

2. Millimetrli ( $30 \times 30 \text{ sm}^2$ ) qog'ozga abisissa o'qiga  $\lambda_i$  lar  $[(4000 \div 7000) \text{ \AA}]$ , ordinata o'qiga sindirish ko'rsatkichi qiymatlari  $- n_i$  qo'yilib,  $n_i$  bilan  $\lambda_i$  bog'lanish (normal dispersiya) grafigi chiziladi.

3. III usulda aytilganlarni EHM da ishlash uchun (6,7') va (6.8') ifodalarni quyidagicha yozish mumkin:

$$L(I) = L0 + \frac{C}{D(I) - D(0)} \quad (6.7')$$

$$N(I) = N0 + \frac{C}{L(I) - L(0)} \quad (6.8')$$

Istalgan o'lchash natijalaridagi jadvaldan yoki yuqoridagi hisoblashlardan  $L_1, L_2, L_3$  va  $D_1, D_2, D_3$  kattaliklarni va  $D(I)$  ( $I = 1 \div k$ ) larni EHMga kiritamiz. EHM  $L0, C, D0$  lar va  $L(I)$  larni keyinchalik (6.8') ifodadan  $N0, C1, L10$  larni topadi va yana (6.8') ifoda yordamida  $L(I)$  larni to'g'ri kelgan  $N(I)$  larni hisoblaydi. Hisoblashlar oxirida  $N(I)$  bilan  $L(I)$  orasidagi bog'lanish grafigi

(normal dispersiya) ekranda tasvirlanadi. Bu aytilganlarni hisoblash va grafikda tasvirlash L1080 nomli dasturda keltirilgan.

4. Kalkulyator va EHM da olingan natijalar, jadvallar solishtiriladi.

#### 4-usul

1. (6.14) ifoda

$$y_i = a + bx_i \quad (6.14)$$

Bu yerda  $y_i = \frac{1}{n_i^2 - 1}$   $x_i = \left( \frac{1}{\lambda_i} \right)^2$  (6.14)

$$b = -\frac{\epsilon_0 m 4 \pi^2 c^2}{N e^2} \quad a = -\frac{b}{\lambda_i^2} \quad (6.15)$$

2. Yuqoridagi usullarning biridan yoki qo'llanma jadvallaridan TF-5 prizma uchun  $\lambda_i$  va  $n_i$  larni topib, (6.14) ifoda yordamida eng kichik kvadratlar usuli bilan ifoda koeffitsientlari  $a=A$ ,  $b=B$ ,  $\sigma_a$ ,  $\sigma_b$ ,  $\epsilon_a$ ,  $\epsilon_b$  lar topiladi.

3. Millimetrli (30x30 sm<sup>2</sup>) qog'ozga absissa o'qiga  $x_i$  va ordinata o'qiga  $y_i$  lar qo'yilib, bog'lanish grafigi chiziladi. Undan  $a$  va  $b$  lar topiladi.

4. Ikkinchi bandeda topilgan  $A$  va  $B$  qiymatlardan (6.15) ifodaga asosan,  $\lambda_0$  va  $N$  (molek/m<sup>2</sup>) lar hisoblanadi.

5. Topilgan  $A$  va  $B$  qiymatlar  $y_i = A + Bx_i$  ifodaga qo'yilib,  $x_i$  ga turli qiymatlarni  $[x_i = (1/\lambda_i)^2]$  berib,  $y_i$  bilan  $x_i$  lar ham uchun grafik chizilib, tajriba va nazariya chiziqlari solishtiriladi.

6. IV usulni EHM da hisoblash uchun (6.14) ifodani quyidagicha yozamiz:

$$Y(I) = A + BX(I) \quad (I = 1 \div k)$$

Ikkinchi bandedagi  $L(I)$  va  $N(I)$  qiymatlarini EHM xotirasiga kiritib,  $A$ ,  $B$ ,  $SIGA$ ,  $SIGB$ ,  $EPSA$ ,  $L0$ ,  $N$  larni va (6.14) ifoda grafigini hisoblash va ekranga chiqarish L1088 nomli dasturda keltirilgan. Bu laboratoriya ishida ifodalarga va EHM ifodalariga kirgan fizik kattaliklar:

K-tajriba soni.

$D_1, D_2, D_3$  – barabanning ko'rsatishlari (bo'lim).

$L_1, L_2, L_3$  – baraban ko'rsatishiga to'g'ri kelgan spektrlarning to'liq uzunliklari (nm).

$D(I), L(I)$  – baraban ko'rsatishlari va ularga mos kelgan to'liq uzunliklar (bo'lim, nm).

$L0, N0, C, D0$  – ifodalarga kirgan koeffitsientlar.

$N$  – birlik hajmdagi polyarizatsiyalangan molekulalar (molek/m<sup>3</sup>).

Bu laboratoriya ishidan olingan o'lchash natijalarini EHM da «Beysik» tilida tuzilgan dastur L108 va L1081 da ko'rish mumkin.

#### **Adabiyotlar**

1. 56-§. 544--566-betlar;
2. 3-§. 268--276-betlar;
7. 616--632- betlar;
8. 356--365-betlar;
11. 8--17-betlar.

### III BOB. YORUG'LIK DISPERSIYASI VA YUTILISHI

#### 7-ISH. ABBE REFRAKTOMETRI YORDAMIDA SUYUQLIKLARNING SINDIRISH KO'RSATKICHINI VA REFRAKSIYASINI ANIQLASH

**Zarur asbob va qurilmalar:** Abbe refraktometri, glitserinning suvdagi bir necha xil konsentratsiyali eritmaları.

**Ishdan maqsad:** Glitserinning suvdagi eritmasini sindirish ko'rsatkichini eritmaning konsentratsiyasiga bog'liqligini o'rganish hamda bu bog'lanish to'g'ri chiziqli ekanligini tajribada tekshirish.

#### Qisqacha nazariya

Biz quyida Lorens-Lorents (L-L) ifodasini olamiz va uning natijalari bilan tanishib chiqamiz. Lorens-Lorents ifodasi yorug'lik dispersiyasini klassik elektron nazariyasining matematik ifodasidir, ya'ni  $n = f(\lambda)$  yoki  $n = f(\nu)$  funksiya ko'rinishini aniqlaydi. Bunda  $n$  — berilgan moddaning sindirish ko'rsatkichi,  $\lambda$  — tushayotgan yorug'likning to'liq uzunligi va  $\nu$  — uning chastotasi. Ma'lumki, moddaning sindirish ko'rsatkichi bilan uning dielektrik singdiruvchanligi ( $\epsilon$ ) va magnit singdiruvchanliklari ( $\mu$ ) orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$n = \sqrt{\epsilon\mu} \quad (7.1)$$

Ko'pchilik dielektrik moddalar uchun  $\mu=1$  bo'lgani uchun:

$$n = \sqrt{\epsilon} \quad (7.2)$$

deb olishimiz mumkin.

Tashqi elektromagnit to'liqinning elektr maydoni ta'sirida dielektrikning atom yoki molekulalarining elektronlari muvozanat vaziyatidan qandaydir masofalarga siljiydi. Bu holda molekulalar yoki atomlar qutblanib qoladi va ularning dipol momentlari  $\vec{p} = pr$  ga teng bo'ladi. Bu yerda:  $q$  — zaryad,  $[\vec{r}]$  — musbat va manfiy zaryadlar markazlari orasidagi siljish masofasi. Agar biz o'rga-

nayotgan dielektrikning birlik hajmda  $N$  ta qutblangan atom yoki molekula bo'lsa, u holda birlik hajmdagi dipol momenti yoki qutblanish vektori:

$$\vec{P} = N\vec{p} = q\vec{r} \cdot N \quad (7.3)$$

ga teng bo'ladi. Bu yerda dielektrikning tarkibi bir xil tipdagi  $N$  ta atom yoki molekulalardan tashkil topgan deb va ularda bittadan elektron tashqi maydon ta'sirida  $\vec{r}$  masofaga siljiydi deb faraz qilinadi. Agar dielektrik bir necha tipdagi atom yoki molekulalardan tashkil topgan bo'lsa qutblanish vektori quyidagiga

$$\vec{P} = \sum N_i q_i \vec{r}_i \quad (7.4)$$

teng bo'ladi.

Agar muhit izotrop bo'lsa va uncha katta bo'lmagan elektr maydonida

$$\vec{P} = \alpha \vec{E}(s) \quad (7.5)$$

tenglik o'rinli bo'ladi. Bu yerda  $\alpha$  – dielektrikning qutblanish koeffitsienti. Elektr maydon induksiya vektori  $\vec{D}$  va elektr maydon kuchlanganligi  $\vec{E}$  orasidagi quyidagi bog'lanishlarni hisobga olamiz.

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} \quad (7.6)$$

va

$$\vec{D} = \vec{E} + 4\pi \vec{P} \quad (7.7)$$

yoki

$$\vec{D} = \vec{E} + 4\pi \alpha \vec{E} \quad (7.8)$$

(7.6) va (7.8) – ifodalardan

$$\epsilon = 1 + 4\pi \alpha \quad (7.9)$$

ga tengligi kelib chiqadi.

(7.7) ifodadan

$$\epsilon = 1 + 4\pi \left| \frac{\vec{P}}{\vec{E}} \right| \text{ ga teng bo'ladi.}$$

yoki

$$\varepsilon = 1 + 4\pi \frac{Ner}{|\vec{E}|} \quad (7.10)$$

(7.10) ifodani yozishda, biz yuqorida qayd qilganimizdek, dielektrikda faqat bir xildagi atomlar bor deb qabul qildik va har bir atomda bitta elektron tashqi elektr maydoni ta'sirida siljiydi, deb hisobladi. Bunday elektronlar optik elektronlar deyiladi.

(7.2) ifodani hisobga olsak, (7.10) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$n^2 = 1 + 4\pi \frac{Ner}{E} \quad (7.11)$$

Agar biz tashqi maydonning o'zgarish qonuniyatini va bunda optik elektronlarning siljishini aniqlab, ularni (7.11) ifodaga qo'ysak, qo'yilgan masalani to'liq yechgan bo'lamiz. Bizga 6-laboratoriya ishidagi (6.9)-ifodadan ma'lumki, yorug'lik dispersiyasining klassik nazariyasiga ko'ra elektronga turli kuchlar ta'sir etadi va bu kuchlar ta'sirida elektron qandaydir harakat qiladi. Natijada, tebranayotgan elektron uchun differensial tenglama kelib chiqadi va bu tenglamani yechib, topilgan  $r$  — ning ifodasini (7.11)- ifodaga qo'ysak muhitning sindirish ko'rsatkichini tashqi elektromagnit to'lqinning chastotasiga (to'lqin uzunligiga), hajm birligidagi zarrachalar soniga ( $N$ ) bog'liqligi, ya'ni Lorens-Lorents ifodasi kelib chiqadi.

Elektronning siljish masofasini  $r=r_0 \cos \omega t$  va tashqi elektr maydonni  $E=E_0 \cos \omega t$  ko'rinishda olamiz.

Bunda  $r$  uchun ikkinchi darajali differensial tenglamaning yechimidan quyidagi ifoda:

$$r_0 = \frac{\frac{e}{m_e} E_0}{\omega_0^2 - \omega^2 - \frac{4\pi N e^2}{3m_e}}$$

kelib chiqadi. Natijada, sindirish ko'rsatkichi uchun quyidagi ifodaga kelimiz:

$$n^2 = 1 + \frac{\frac{4\pi e^2}{m_e} NE_0 \cos \omega t}{E_0 \cos \omega t (\omega_0^2 - \omega^2 - \frac{4\pi Ne^2}{3m_e})} = 1 + \frac{\frac{4\pi e^2 N}{m_e}}{\omega_0^2 - \omega^2 - \frac{4\pi Ne^2}{3m_e}} \quad (7.12)$$

(7.12) ifodani quyidagicha o'zgartiramiz:

$$n^2 - 1 = \frac{\frac{4\pi e^2 N}{m_e}}{\omega_0^2 - \omega^2 - \frac{4\pi Ne^2}{3m_e}}$$

Bu ifodani quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$\begin{aligned} (n^2 - 1)(\omega_0^2 - \omega^2 - \frac{4\pi Ne^2}{3m_e}) &= \frac{4\pi e^2 N}{m_e} (n^2 - 1)(\omega_0^2 - \omega^2) = \\ &= \frac{4\pi Ne^2}{3m_e} (1 + \frac{n^2 - 1}{3}) = \frac{4\pi Ne^2}{3m_e} (n^2 + 2) \end{aligned}$$

va quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{4\pi e^2 N}{3m_e (\omega_0^2 - \omega^2)} \quad (7.13)$$

Natijada, biz Lorens-Lorents ifodasini oldik. Bu yerda  $\omega$  ni  $\omega_0$  ga intiltirganda (7.13) ifodaning o'ng tomonini cheksizlikka intilishining sababi biz yuqorida tebranayotgan elektronga qarshilik kuchini, ya'ni sindirish ko'rsatkichi  $n$  ning mavhum qismini hisobga olmaganimizdir.

(7.13) ifodadagi  $N$  hajm birligidagi molekularlar soni bo'lib, u moddaning zichligiga proporsional bo'ladi. Berilgan modda bilan elektromagnit to'lqinlar uchun (7.13) ifodadagi  $e$ ,  $m$ ,  $\omega_0$  va  $\omega$  lar o'zgarmas bo'lgani uchun

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{\rho} = \text{const} \quad (7.14)$$

bo'ladi. Bu o'zgarmas kattalik solishtirma refraksiya deb ataladi. Bundan tashqari atom va molekulyar refraksiyalar degan kattaliklar mavjud. Solishtirma refraksiya  $R$  ni elementning atom massasiga ko'paytirsak molekulyar refraksiyasini olamiz. Birorta molekulaning molekulyar refraksiyasi

$$R_M = N_1 R_{A1} + N_2 R_{A2} + N_3 R_{A3} + \dots + \quad (7.15)$$

$R_M$  ga teng bo'ladi. Bu ifodada  $N_i$  lar molekula tarkibiga kirgan bir xildagi atomlar soni  $R_{Ai}$  lar shu atomlarning atom refraksiyalaridir. Masalan, suv ( $H_2O$ ) uchun:

$$R_{H_2O} = 2R_{AH} + R_{AO}$$

Glitserin ( $C_3H_8O_3$ ) uchun:

$$R_{C_3H_8O_3} = 3R_{AC} + 8R_{AH} + 3R_{AO}$$

Agar biz  $N$  ta atomning atom refraksiyasini bilsak, u holda  $N$  ta atomlarning ixtiyoriy  $m$  tasidan tuzilgan molekulaning molekulyar refraksiyasini (7.15) ifoda yordamida hisoblab topishimiz mumkin.

Tajriba natijalarini hisobga olgan holda, Eykman solishtirma refraksiya uchun quyidagi ifodani oldi:

$$R = \frac{n^2 - 4}{n + 0,4} \cdot \frac{1}{\rho}$$

Bu ifodaning afzalligi,  $R$  uchun tajriba natijalari bilan nazariy qiymatlarining bir-biriga yaqin kelishidir.

Moddalarning sindirish ko'rsatkichi uning tabiatiga bog'liq. Agarda tashqi muhitning parametrlari (harorat, bosim va hokazolar)

o'zgarmas bo'lsa, turli moddalarning sindirish ko'rsatkichi  $n = \sqrt{\epsilon}$  turlicha bo'ladi. Bu hol moddalarni tashkil etgan molekulalarning tashqi yorug'lik to'lqinining elektr maydoni ta'sirida qutblanish xususiyatiga bog'liq. Klassik elektron nazariyada modda sindirish ko'rsatkichi bilan uning molekulalarining qutblanishi orasidagi bog'liqlik Lorens-Lorents ifodasi bilan aniqlanadi.

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{\rho} = \frac{4\pi}{3} \frac{N_A}{M} \alpha \quad (7.16)$$

bu yerda:  $\rho$  – moddaning zichligi,  $N_A$  – Avogadro soni,  $M$  – molekulyar og‘irlik,  $\alpha$  – qutblanuvchanlik.

(7.16) ifodaning o‘ng tomonidagi kattaliklar o‘zgarmas bo‘lgani uchun, uning chap tomonidagi qismi tashqi muhit parametrlari o‘zgarganda ham o‘zgarmas bo‘lishi kerak. Shuning uchun unga solishtirma refraksiya  $R$  koeffitsienti deyiladi:

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{1}{\rho} \quad (7.17)$$

$R \cdot M$  – ko‘paytma molekulyar refraksiya nomini olgan. (7.16) ifoda bilan aniqlanuvchi refraksiya moddaning agregat holati o‘zgarganda ham doimiy qolib, tashqi muhitning temperaturasi va bosimi o‘zgarganda kichik miqdorlarda o‘zgarishi mumkin. Bu o‘zgarishning sababi (7.16) ifodani keltirib chiqazganda elektromagnit to‘lqin bilan moddani tashkil etgan molekulalar orasidagi ta’sirlashuvda molekulalarning o‘lchami va qutblanuvchanligi e’tiborga olinmaganligidir. Ma’lumki, bular tashqi muhitning o‘zgarishiga bog‘liqdir. Bu masala hozirgacha to‘la yechilmagan. Shunday bo‘lsa ham, (7.16)- ifoda ko‘p hollarda to‘g‘ri natija beradi.

Agar moddalar aralashmasi bo‘lsa, uning uchun refraksiya ifodasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\left( \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right) \frac{1}{\rho} = \sum P_i \left( \frac{n_i^2 - 1}{n_i^2 + 2} \right) \frac{1}{\rho} \quad (7.18)$$

Bu ifodaning chap tomonida solishtirma refraksiya berilgan bo‘lsa, o‘ng tomonida esa solishtirma refraksiya yig‘indisining  $P_i$  «og‘irlik qismi»ga ko‘paytmasi berilgan. Bu holdagi aralashma refraksiyasi additivlik xususiyatiga ega, ya’ni aralashmani tashkil etuvchilar miqdorini e’tiborga olib yig‘iladi. Lekin ba’zi hollarda additivlik prinsipi bajarilmasligi ham mumkin. (7.16) ifodadan ko‘rinib turibdiki, molekulyar refraksiya molekulalar qutblanishining o‘rtacha o‘lchovini bildiradi:

$$R_M = RM = \frac{4\pi}{3} N_A \alpha = 2,54 \cdot 10^{24} \cdot \alpha \quad (7.19)$$

Nurlanishning ko'zga ko'rinadigan diapazonida molekullarning qutblanishi moddada elektron bulutlarining muvozanat holatidan chetga chiqishiga bog'liq bo'lib, kimyoviy birikmalardagi har bir elektronlarning effektiv siljishlarining yig'indisiga teng. Bu yig'indining ma'nosi shundan iboratki, u additivlik xususiyatini bildiradi, lekin bu additivlik xususiyati kimyoviy birikmaning qismlariga tegishlidir. Refraksiyaning additivlik xususiyati molekullarning tarkibini va xususiyatlarini aniqlashda ishlatiladi.

Refraktometriya — fizik o'lchash usuli bo'lib, kimyoviy birikmalarning (ayniqsa organik) tarkibini va xususiyatlarini ularning sindirish ko'rsatkichini o'lchash orqali aniqlashga asoslangan. Sindirish ko'rsatkichini aniqlashda turli refraktometrlar ishlatiladi. Bu laboratoriya ishini bajarishda Abbe refraktometri qo'llaniladi.

### **Abbe refraktometrining ta'rifi va ishlash prinsipi**

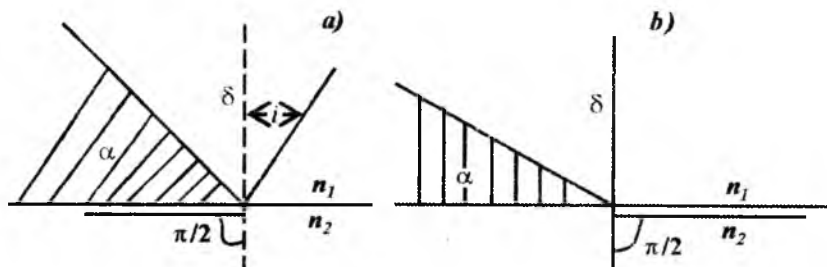
Abbe refraktometrining ishlash prinsipi nurlarning ikki muhit chegarasidan to'la ichki qaytish hodisasiga asoslangan. Nur optik zichligi katta bo'lgan muhitdan optik zichligi kichik bo'lgan muhit chegarasiga tushayotgan bo'lsin ( $n_1 > n_2$ ) (7.1 a-shakl).

Tushish va sinish burchaklari quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

Tushish burchagining qandaydir  $i = i_{\text{cheg}}$  holida singan nur ikki muhitning chegarasi bo'ylab tarqaladi va  $r = \pi/2$  bo'ladi.

Tushish burchagining  $i > i_{\text{cheg}}$  qiymatlarida singan nur bo'l-maydi va tushuvchi nur ikki muhit chegarasidan to'la qaytadi. Agar  $i < i_{\text{cheg}}$  shart bajarilsa, to'la ichki qaytish hodisasi ro'y bermaydi va ikki muhit chegarasiga tushayotgan nurning bir qismi ikkinchi muhitga sinib o'tadi. Shunday qilib, ikki muhit chegarasida qaytish kuzatilayotganda yorqin va yarim soyali sohalar ko'rinadi. Yorqin va yarim soyali sohalar chegarasi  $r = 90^\circ$  shartga mos kelib,  $n_2$  ni bilgan holda  $i_{\text{cheg}}$  tushish burchagini aniqlab,  $n_1$  ning qiymatini hisoblab topish mumkin.



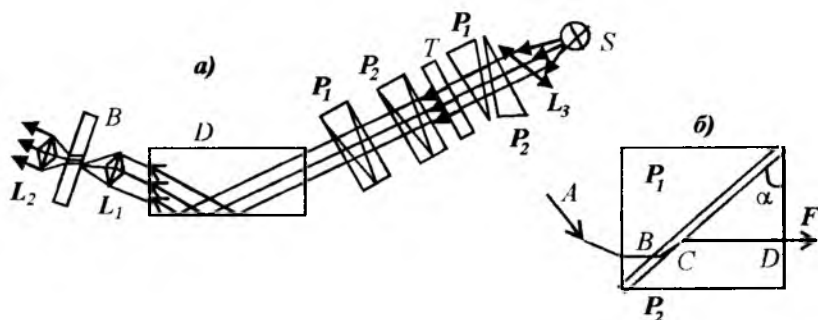
7.1-shakl. Chegaraviy holatda nurning sinishi:  
 a – to‘la qaytish holi, b – yarim soya holi bo‘ladi.

Agar nur ikki muhit chegarasiga optik zichligi kichik bo‘lgan muhit tomonidan tushayotgan bo‘lsa, (7.1 b-shakl) ikkinchi muhitga sinib o‘tgan nur, tushish burchagiga bog‘liq ravishda ikki muhit chegarasiga o‘tkazilgan normal bilan qiymati 0 dan  $i_{\text{cheg}}$  gacha bo‘lgan burchakni hosil qilishi mumkin. Chegaraviy  $i$  burchak tushish burchagining  $\pi/2$  qiymatiga teng (sirpanuvchi nur). Shunday qilib, singan nurlarda yorqin va quyuq soyali keskin chegara hosil bo‘ladi. Shu holatning ro‘y berishiga qarab, biror muhitning sindirish ko‘rsatkichi aniqlanishi mumkin. Bu usul to‘la ichki qaytish usulidan farqli ravishda sirpanish usuli deb nom olgan.

Abbe refraktometrining konstruksiyasi shunday yasalganki, u bilan muhitlarning sindirish ko‘rsatkichini ikkala usulda ham aniqlash mumkin. Abbe refraktometrining optik sxemasi, undagi nurlarning yo‘llari 7.2-shaklda keltirilgan.

Abbe refraktometrining asosida sindirish ko‘rsatkichi katta qymatli ( $n > 1,7$ )  $P_1$  va  $P_2$  prizmalar yotadi. Bu prizmalar gipotenuzali tomonlari bilan bir-biriga qaratib joylashtirilgan. Ularning oraliq‘i 0,1mm atrofida bo‘lib, bu oraliqqa tekshiriluvchi suyuqlik joylashtirilishi mumkin.  $P_1$  prizmaning gipotenuzali tomoni xiralashtirilgan. Unga manbadan tushayotgan nur xira sirtida turli burchaklarda sochilib, oraliqdagi suyuqlikka tushadi. Oraliqdagi suyuqlik yassi parallel shaklga ega bo‘lgani uchun undan o‘tgan nurlar ham turli burchaklarda tarqaladi. Suyuqlikdagi sirpanuvchi  $BC$  nurga (7.2 b-shakl),  $P_2$  prizmadan  $F$  yo‘nalishda tarqaluvchi chegaraviy  $CD$  mos keladi. Bu hol kuzatish yo‘nalishidagi yorqin va soyali sohalarining chegarasiga mos keladi. Bu yorqin va soya sohalar chegarasi cheksiz-

likka sozlangan ko'rish trubasi ( $L_1$  va  $L_2$  linzalar) yordamida kuzatiladi. Ko'rish trubasining fokal tekisligiga shkala ko'rsatkichining tasvirlari tushiriladi (ip va kesishgan chiziqlar). Ko'rish sohasida bir vaqtning o'zida shkala tasvirining bir qismi va  $P_2$  prizmadan chiqib fokuslangan nurlarning bir qismi ko'rinadi.



7.2-shakl. Abbe refraktometrida nurlarning yo'li.

$P_1$  va  $P_2$  prizmalardan iborat sistemani burab, ko'rish nayining o'qiga nisbatan chegaraviy nurlarning og'ish burchagini o'zgartirib, shunday holga erishish mumkinki, bu holda yorqin va soya sohalar chegarasi  $L_2$  okulyarni ko'rish sohasida bo'lib va ko'rsatkich holati bilan mos tushsin. Prizmali sistema buralayotganda u bilan bog'liq bo'lgan shkalali plastinka ham o'z holatini o'zgartiradi. Shkala sariq nur ( $\lambda=5890\text{\AA}$ ) uchun  $n$  sindirish ko'rsatkichining raqamli qiymatlarida darajalangan.

Haqiqatan ham  $i$  burchakning qiymati (7.2 b-shakl) o'lchash prizmasining sirtiga surtilgan moddaning sindirish ko'rsatkichi bilan belgilanadi.  $P_2$  prizmadan chiqishdagi nurning  $D$  nuqtasi uchun:

$$N \sin r' = \sin i \quad (7.20)$$

ifodani yozish mumkin. Bu yerda  $N$  —  $P_2$  prizmaning sindirish ko'rsatkichi. Geometrik nuqtayi nazardan

$$a = r + r' \quad (7.21)$$

deb yozish mumkin. Bu yerda  $\alpha$  — prizmaning sindirish burchagi. Nurning  $C$  nuqtadagi sinishi yana bir ifodani yozish imkonini beradi:

$$n = N \sin r \quad (7.22)$$

Yuqoridagi (7.21) va (7.22) ifodalar asosida quyidagi munosabatni olishimiz mumkin:

$$n = \sin \alpha \sqrt{N^2 - \sin^2 i} - \cos \alpha \cdot \sin i \quad (7.23)$$

(7.23) ifodaning tahlili shuni ko'rsatadiki, sindirish ko'rsatkichini aniqlovchi shkala bir tekis o'lchamli emas. Sindirish ko'rsatkichining katta qiymatlari sohasida kengayib, uning kichik qiymatlari sohasida toraygan. Shuning uchun  $n$  ni aniqlasak, uning aniqlilik qiymatlari 1,6÷1,7 sohasida  $\Delta n = 2 \cdot 10^{-4}$  ga, 1,3÷1,4 sohasida  $\Delta n = 5 \cdot 10^{-4}$  ga teng.

Agar kuzatish monoxromatik bo'lmagan nurda olib borilsa, sindirish ko'rsatkichi to'liq uzunligiga bog'liq bo'lgani uchun yorug' soha bilan soya soha chegarasi rangli bo'lib, tiniqligi buziladi. Bu kamchilikni tuzatish uchun nurlar yo'liga optik o'qlari o'zaro mos keluvchi «Amichi» nomli ikkita prizmadan iborat kompensator joylashtiriladi. Bu prizmalarning har biri sindirish ko'rsatkichi turlicha bo'lgan uchta prizmalardan yig'iladi. Ularning dispersiyasi shunday tanlanganki, to'liq uzunligi 5890 Å bo'lgan monoxromatik nur bu prizmalardan o'tishda og'maydi. Boshqa to'liq uzunliklaridagi nurlarning og'ish effektini yo'qotish va yorug' va soya sohalar chegarasining tiniqligini oshirish uchun «Amichi» nomli prizmalar optik o'qi atrofida bir-biriga nisbatan ma'lum burchakka og'dirilishi kerak. Buning uchun qurilmaning qobig'iga o'rnatilgan burash dastasini burab, prizmalarni qarama-qarshi tomonga aylantirib, yorug' va soya sohalar chegarasining tiniqligi oshiriladi. Natriy nurlanishining D to'liq uzunligiga yorug' va soya sohalar chegarasi mos kelib, uning uchun jadvalda sindirish ko'rsatkichining qiymatlari berilgan. 7.2-shaklda prizma D nurlarni buradi va shuning uchun qurilmaning o'lchamini kichraytiradi. Shu chizmadagi B belgi vizir vazifasini (krest va gorizontaal chiziq) bajaruvchi shisha plastinkani bildiradi.

Qurilmaning chap tomonida ochiladigan qopqoq bor. Qopqoqga ko'zgu o'rnatilgan va uning yordamida shkalani yoritish mumkin. Buning uchun yorug'lik nurining intensivligi ko'zguni burash bilan

o'zgartiriladi va shkalaning yorqinligi oshirilib-kamaytirilishi mumkin.

Prizmalarning sirtini buzib qo'ymaslik uchun, ular bilan ehtiyot bo'lib, ishlash kerak. Sindirish ko'rsatkichini aniq o'lchash uchun  $P_1$  va  $P_2$  prizmalarning ishchi sirtlarini har gal tajribadan so'ng yumshoq mato bilan artib turish kerak.

O'lchashlarga kirishishdan avval qurilmani to'g'ri joylashtirish kerak va etalon suyuqlikning (distillangan suvning sindirish ko'rsatkichi  $t=20^{\circ}\text{C}$  da  $n=1,3329$ ) o'lchanishi kerak.

O'lchash paytida ko'z qurilmasining okulyari orqali to'g'ri yo'nalishda qarashi va mustaqil o'lchashlar soni iloji boricha ko'p bo'lishi kerak.

### O'lchashlar

Glitserinning suvdagi eritmasining sindirish ko'rsatkichining konsentratsiyaga bog'liqligini o'lchash. Tajriba shuni ko'rsatadiki, ba'zi hollarda moddalar aralashmasining  $R$  refraksiyasini, aralashmani tashkil etuvchilarining refraksiyalarining yig'indisi sifatida qarash mumkin:

$$R = \frac{C_1}{100} R_1 + \frac{C_2}{100} R_2 + \dots \quad (7.24)$$

bu yerda  $C_i$  — aralashmani tashkil etuvchilarining foizli miqdori.

Agar ikki komponentli aralashmada  $C_1 + C_2 = 100$  bo'lsa, u holda (7.24) munosabatni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{1}{\rho} = \frac{C_1}{100} (R_1 - R_2) + R_2 \quad (7.25)$$

Bu yerda:

$$\rho = \rho_s + (\rho_g - \rho_s) \cdot \frac{C_1}{100},$$

$n$  — aralashmaning sindirish ko'rsatkichi,  $\rho_g$  va  $\rho_s$  — aralashma tashkil etuvchilarining zichliklari:

$$\rho_g = 1,26 \text{ g/sm}^3 \quad \rho_s = 0,998 \text{ g/sm}^3$$

Bu mashqda (7.24) munosabatning to'g'riligini tekshirish kerak. Buning uchun avval distillangan suvning, glitserinning suvdagi beshta: 3,12%, 6,25%, 12,5%, 25% va 50% li eritmalarining sindirish ko'rsatkichlarini o'lchash kerak. So'ngra suvsizlantirilgan glitserinning sindirish ko'rsatkichi aniqlanadi.

O'lchashlar ikki marta takrorlanishi kerak. Olingan natijalar 1-jadvalga joylashtiriladi.

1-jadval

Eritmalar sindirish ko'rsatkichlarini o'lchash natijalari

| T/r | Konsentratsiya,<br>% | n(1) | n(2) | n (o'rtacha) |
|-----|----------------------|------|------|--------------|
| 1.  | 0                    |      |      |              |
| 2.  | 3,12                 |      |      |              |
| 3.  | ...                  |      |      |              |
| 4.  | ...                  |      |      |              |
| 5.  | ...                  |      |      |              |
| 6.  | ...                  |      |      |              |
| 7.  | 100                  |      |      |              |

Natijalarni olib bo'lgandan so'ng, ularni tahlil etish kerak. (7.24) ifodaning to'g'riligini tekshirishda eritma konsentratsiyalari va sindirish ko'rsatkichlari orasidagi bog'lanish to'g'ri chiziqdan iborat ekanligini ko'rsatish kerak.

Quyidagi  $\rho(I)=0,998+2,62 \cdot 10^{-9} C(I)$ ,  $n(I)=N(I)$  va  $C(I)=X(I)$  belgilashlar kiritib, (7.24) ifodani EHM da hisoblash uchun dasturlashtirishga mos holga keltiramiz:

$$R(I) = \frac{[N(I)]^{-2} - 1}{[N(I)]^{-2} + 2} \cdot \frac{1}{0,998 + 2,62 \cdot 10^{-3} \cdot X(I)} = \quad (7.26)$$

$$= (R_1 - R_2) \cdot 10^{-2} \cdot X(I) + R_2$$

Ikkinchi jadvalga kerakli natijalarni joylashtiramiz:

| T/r | Glitserinning suvdagi hajmiy konsentratsiyasi, % | Glitserinning suvdagi miqdor konsentratsiyasi, % | Eritmaning sindirish ko'rsatkichi N (I) |
|-----|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1   | 0                                                | 0                                                |                                         |
| 2   | 3,12                                             | 4,8                                              |                                         |
| 3   | 6,25                                             | 9,1                                              |                                         |
| 4   | 12,50                                            | 16,6                                             |                                         |
| 5   | 25,0                                             | 28,4                                             |                                         |
| 6   | 50,0                                             | 44,0                                             |                                         |
| 7   | 100,0                                            | 100,0                                            |                                         |

Yordamchi natijalarni tahlil etish uchun (7.26) ifodani quyidagicha  $y(I)=Ax(I)+B$  ko'rinishda yozamiz. Bu yerda  $Y(I)=R(I)$ ,  $A=(R_1-R_2) \cdot 10^{-2}$ ,  $B=R_2$  EHM da hisoblash natijasida toza suv, glitserin va glitserinning suvdagi turli konsentratsiyali eritmalarining refraksiyasini chiziqli bog'lanishning korrelyatsiya koeffitsientini va tajriba natijalarining hisob chizig'idan o'rtacha kvadratik chetlanishlarini topish mumkin. Bitta koordinatalar sistemasida  $n(C1)$  va  $R(Ci)$  bog'lanish chiziqlarini chiziladi va ular solishtiladi.

Bu laboratoriya ishidan olingan o'lchash natijalarini EHM da «Beysik» tilida tuzilgan dastur L109 va L1091 da ko'rish mumkin.

#### Adabiyotlar

1. 156-§. 557-563-betlar,
2. 276-279-betlar;
3. 197-204-betlar.

## 8-ISH. MURAKKAB KIMYOVIIY MODDALARNING MOLEKULAR REFRAKSIYASINI ANIQLASH

Ushbu laboratoriya ishining asosiy maqsadi murakkab kimyoviy moddalarning molekulyar refraksiyalarini ularni tashkil etgan atomlarning refraksiyalari orqali aniqlashdir. Shunday empirik qoida borki, unga asoslanib murakkab kimyoviy moddalarning refraksiyasini uni tashkil etgan atomlarning refraksiyalarining yig'indisi sifatida aniqlash mumkin. Tajriba shuni ko'rsatadiki, ko'p holda molekulyar refraksiya additivlik xususiyatiga ega:

$$R_m = \sum_i R_{Ai} \cdot q_i \quad (8.1)$$

bu yerda  $I$  — atom turi,  $q_i$  — shu turdagi atomlarning soni,  $R_{Ai}$  — atomlarning refraksiyasi.

Bajarilayotgan laboratoriya ishida uglerod, vodorod va kislorod kabi elementlardan tashkil topgan birikmalar bo'lgan suv, glitserin va etil, butil hamda boshqa spirtlarning refraksiyalari o'rganiladi. Agar tajriba yo'li bilan shu uchta birikmalarning sindirish ko'rsatkichlari o'lchansa, qolganlarining sindirish ko'rsatkichlari hisoblab topilishi mumkin. Misol uchun suv, glitserin va butil spirtining sindirish ko'rsatkichlari o'lchanib aniqlangan bo'lsa, ularning molekulyar refraksiyalarini hisoblab topish mumkin. Shu molekulyar refraksiyalar asosida tenglamalar sistemasini tuzib, vodorod, kislorod va uglerod atomlari refraksiyalarining qiymatlarini hisoblab topish mumkin. Topilgan  $R_0$ ,  $R_c$ ,  $R_H$  kislorod, uglerod va vodorod atomlarining refraksiyalari orqali shu atomlardan tashkil topgan har qanday kimyoviy birikmalarning molekulyar refraksiyalarini aniqlash mumkin.

### O'lchashlar

Ushbu laboratoriya ishini bajarishda Abbe refraktometridan foydalaniladi. Abbe refraktometrining optik sxemasi va ishlatish uslubi 7-ishda keltirilgan. Lampa yoqiladi va uni shunday o'rnatish kerakki,

bunda yorug'lik shkalani yorutuvchi ko'zguga va yoritish prizmasining tomoniga tushadigan bo'lsin.  $P_2$  prizmaning silliqlangan tomoniga tekshiriladigan suyuqlikdan 2–3 tomchi tomiziladi, so'ngra yoritish prizmasi o'z joyiga qo'yiladi (7.2 b-shakl, 7-ish). Asbobning chap tomonida shkalaning yoritish ko'zgusidan pastda joylashgan o'lchash pallagining tutqichini surib, ko'rish maydonida ravshan va xira maydonlar chegarasi aniqlanadi. Har bir tajriba 3–4 marta takrorlanadi. Sindirish ko'rsatkichi noma'lum moddalar (suv, glitserin, butil spirti) uchun  $n$  o'lchanib, quyidagi 1-jadval to'ldiriladi va tajribalardan olingan  $n$  larning o'rtachasi no'rt hisoblanadi.

1-jadval

|                           | $n_1$ | $n_2$ | $n_3$ | $n_4$ | $n_{o'rt}$ |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|------------|
| Suv $H_2O$                |       |       |       |       |            |
| Glitserin $C_3H_8O_3$     |       |       |       |       |            |
| Butil spirti $C_4H_{10}O$ |       |       |       |       |            |
| ...                       | ..    | ..    | ..    | ..    | ..         |

Jadvaldan  $n$  – larni bilgan holda, biz yuqorida keltirib chiqarilgan Lorens-Lorents ifodasidan foydalanib, murakkab kimyoviy moddalarni tashkil etuvchi atomlarning refraksiyalarini hisoblaymiz:

Suv ( $H_2O$ ) uchun:  $R_{H_2O} = 2R_H + R_O$

Glitserin ( $C_3H_8O_3$ ) uchun:  $R_{C_3H_8O_3} = 3R_C + 8R_H + R_O$

Butil spirti ( $C_4H_{10}O$ ) uchun:  $R_{C_4H_{10}O} = 4R_C + 10R_H + R_O$

Lorens-Lorents ifodasidan foydalanib, moddalarning molekulyar refraksiyalarini hisoblaymiz:

$$\left. \begin{aligned} R_{H_2O} &= \frac{M_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} \cdot \frac{n_{H_2O}^2 - 1}{n_{H_2O}^2 + 2} = 0,00369191 \\ R_{C_3H_8O_3} &= \frac{M_{C_3H_8O_3}}{\rho_{C_3H_8O_3}} \cdot \frac{n_{C_3H_8O_3}^2 - 1}{n_{C_3H_8O_3}^2 + 2} = 0,0199888 \\ R_{C_4H_{10}O} &= \frac{M_{C_4H_{10}O}}{\rho_{C_4H_{10}O}} \cdot \frac{n_{C_4H_{10}O}^2 - 1}{n_{C_4H_{10}O}^2 + 2} = 0,0219626 \end{aligned} \right\} \quad (8.2)$$

Molekulyar refraksiyalar qiymatlarini bilgan holda, ularni (8.1) ga qo'yib, quyidagi tenglamalar sistemasi hosil qilinadi:

$$\begin{cases} 2R_H + R_O = 0,00369191 \\ 3R_C + 8R_H + 3R_O = 0,0199288 \\ 4R_C + 10R_H + R_O = 0,0219626 \end{cases} \quad (8.3)$$

(8.3) tenglamalardan atomlar refraksiyalari topiladi. Tenglamalar sistemasini yechib, kimyoviy moddalarni tashkil qiluvchi atomlarning (vodorod, kislorod va uglerod) atomlar refraksiyalari hisoblab chiqiladi:

$$\begin{cases} R_H = 0,00121248 \\ R_O = 0,00126693 \\ R_C = 0,00214271 \end{cases} \quad (8.4)$$

(8.4) ifodalarda keltirilgan  $H$ ,  $O$  va  $C$  larning atomar refraksiyalarining qiymatlarini (8.3) sistemaga qo'yib, molyar refraksiya uchun olingan natijalarni tekshiramiz, ya'ni:

$$R_{H_2O} = 2 \cdot 0,00121248 + 0,00126693 = 0,00369191$$

$$R_{C_3H_8O_3} = 3 \cdot 0,00214271 + 8 \cdot 0,00121248 + 3 \cdot 0,00126693 = 0,0199288$$

$$R_{C_4H_{10}O} = 4 \cdot 0,00214271 + 10 \cdot 0,00121248 + 0,00126693 = 0,0219617.$$

Demak, olingan natijalar Lorents-Lorents ifodasi yordamida hisoblangan molekulyar refraksiyaga teng ekan. Bu ifoda har qanday moddalar uchun o'rinaligidan biz atomar refraksiyalarini, ya'ni  $R_H$ ,  $R_O$ ,  $R_C$  larni bilgan holda, boshqa moddalar tarkibida  $H$ ,  $C$ ,  $O$  atomlar bo'lgan moddalarni sindirish ko'rsatkichini aniqlaymiz. Misol tariqasida quyidagi moddalarni (kimyoviy brikmalarni) ko'ramiz:

1. Metil spirti —  $CH_4O$ .
2. Etil spirti —  $C_2H_6O$ .
3. Propil spirti —  $C_3H_8O$ .
4. Atseton —  $C_3H_6O$ .
5. Benzol —  $C_6H_6$ .

Yuqoridagi moddalarni sindirish ko'rsatkichini osongina topamiz.

1. Metil spirti:  $R_{CH_4O} = R_C + 4R_H + R_O$

$$R_{CH_4O} = \frac{M}{\rho} \cdot \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \rightarrow n = \sqrt{\frac{M + 2\rho R_{CH_4O}}{M - \rho R_{CH_4O}}}$$

Shunday qilib, yuqoridagidek hisoblashlar natijasida, atomlar refraksiyalarini bilgan holda, bir qator noma'lum moddalarning sindirish ko'rsatkichlari aniqlanadi va quyidagi jadval to'ldiriladi.

2-jadval

| T/r | Moddaning nomi | Kimyoviy ifodasi                                              | Molekulyar massasi | Zichligi, kg m <sup>3</sup> | n, sindirish ko'rsatkichi |
|-----|----------------|---------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1.  | Suv            | H <sub>2</sub> O C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> | 18,01564           | 1                           | 1,33345                   |
| 2.  | Glitserin      | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>                 | 92,09541           | 1,2                         | 1,45815                   |
| 3.  | Butil sp.      | CH <sub>4</sub> O C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O             | 74,1237            | 0,80                        | 1,39513                   |
| 4.  | Metil sp.Etil  | C <sup>3</sup> H <sup>8</sup> O                               | 32,04243           | 8 0,798                     | 1,5126                    |
| 5.  | sp.            | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O                               | 46,06952           | 0,7893                      | 1,359                     |
| 6.  | Propil sp.     | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                                 | 60,09655           | 0,8035                      | 1,4505                    |
| 7.  | Atseton        |                                                               | 58,09067           | 0,792                       | 1,3475                    |
| 8.  | Benzol         |                                                               | 78,11472           | 0,879                       | 1,4135                    |

Laboratoriya ishining oxirida hisoblash va tajriba yo'llari bilan topilgan sindirish ko'rsatkichlarining qiymatlarini solishtiring. Xatoliklarni e'tiborga olgan holda, olingan natijalarni tahlil eting. Nazariy munosabatlar yordamida tekshirilgan suyuqliklar molekulari qutblanishlarining o'rtacha qiymatlarini toping.

Bu laboratoriya ishidan olingan o'lehash natijalarni EHM da «Beysik» tilida tuzilgan dastur L109 va L1091 da ko'rish mumkin.

#### Adabiyotlar

1. 156-§, 557-563-betlar.
2. 4-§, 276-279-betlar.
11. 19-26- betlar.

## 9-ISH. YORUG'LIKNING SUYUQLIKLARDA TARQALISHI. BUGER-BER QONUNINI O'RGANISH

Yorug'likning moddalar (suyuqliklar, gazlar, qattiq jismlar) bilan o'zaro ta'siri uning yutilishi (absorbsiya), refraksiyasi (sinish), qutblanishi, sochilishi va boshqalar orqali namoyon bo'ladi. Bu hodisalarning har birini miqdoriy xarakterlash uchun ma'lum bir kattaliklardan foydalaniladi: bular – yutilish koeffitsienti, qutblanish darajasi, sochilgan nurning intensivligi va boshqalar.

Yorug'likning ikki muhit chegarasida qaytishi va sinishini o'rganayotganda, uning yutilishi va sochilishini hisobga olish qiyin. Shuning uchun, bu jarayon faqat bitta kattalik – sindirish ko'rsatkichi  $n$  orqali ifodalanadi. Agar biz yorug'lik intensivligining kamayishini ham hisobga olmoqchi bo'lsak, u holda sindirish ko'rsatkichi bilan bir qatorda muhitda yorug'likning yutilishi va sochilishini hisobga oluvchi ekstinktsiya koeffitsientini kiritishimiz kerak bo'ladi.

Biror muhitdan o'tayotgan yorug'lik to'liqining elektromagnit maydoni ta'sirida muhitning elektronlari tebranadi va to'liqin energiyasining bir qismi elektronlarni (optik elektronlarni, ya'ni odatda atomda eng sust 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'liqin) tushayotgan bo'lsin, intensivlikning kamayishi ( $dI$ ) moddaning ( $dx$ ) qalinligiga va muhitdan o'tayotgan intensivlikka ( $I$ ) mutanosib bo'ladi:

$$-dI = \beta I dx \quad (9.1)$$

(9.1) dan

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

Bu ifodaning o'ng tomonini  $I_0$  dan  $I$  gacha va chap tomonini 0 dan  $x$  gacha integrallab, quyidagini olamiz:

$$I = I_0 e^{-\beta x} \quad (9.2)$$

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

Olingan (9.2) ifoda adabiyotlarda Buger qonuni nomi bilan ataladi. Bu qonunni Buger (1729-yil) tajribada topgan va nazariy jihatdan asoslagan. Undagi  $\beta$ , ko'pincha, ekstinktsiya koeffitsienti deb ataladi va u yorug'likning sochilishini hisobga olmaslik darajasida kam bo'lsa (yutilishga nisbatan), ekstinktsiya koeffitsientini yutilish koeffitsienti deb ataladi. Aksincha, agar yorug'likning sochilishi uning yutilishiga nisbatan katta bo'lsa, sochilish hisobiga yuzaga kelgan ekstinktsiya koeffitsienti deyishimiz o'rinliroq bo'ladi.

Yorug'likning sochilishi uning yutilishiga nisbatan juda kam bo'lgani uchun yorug'lik intensivligining kamayishi qonuni asosan yutilish hisobiga sodir bo'ladi, ya'ni (9.1) dagi mutanosiblik koeffitsienti ( $\beta$ ) yutilish koeffitsientini bildiradi.

(9.1) da yorug'likning yutilish koeffitsienti quyidagi ifoda orqali hisoblanadi:

$$\beta = \frac{1}{x} \ln \frac{I_0(x)}{I(x)} \quad (9.3)$$

Natural logarifm o'rniga o'nli logarifmni ishlatish qulay bo'lgan hollarda (9.3) ifoda o'rniga quyidagini olamiz:

$$\beta = \frac{2,303}{x} \lg \frac{I_0(x)}{I(x)} \quad (9.4)$$

$\beta$  – koeffitsientning son qiymati moddada yorug'lik intensivligining

2,72 marta kamaytiruvchi qatlam ( $x = \frac{1}{\beta}$ ) qalinligini ifodalaydi.

Bundan ko'rinib turibdiki, yutilish koeffitsientining o'lchov birligi  $\text{sm}^{-1}$ , yoki  $\text{m}^{-1}$  ko'rinishda bo'ladi.

Yorug'likning yutilish qonuni yuqorida aytganimizdek, Buger tomonidan aniqlangan. Keyinchalik ushbu qonun Lambert va Ber tomonidan har tomonlama o'rganilgan. Bu qonunning qo'llanish

sohasini Vavilov o'rgangan va u tushayotgan yorug'lik intensivligini  $10^{10} \div 10^{20}$  martagacha o'zgartirganda ham Buger qonuni o'rinli ekanligini ko'rsatgan.

Aralashmali suyuqliklarda yorug'likning yutilishini har tomonlama o'rganib, Ber yutilish koefitsientini (ekstinksiya koefitsientini), yorug'likning solishtirma yutilish koefitsienti ( $k$ ) va aralashma konsentratsiyasi ( $c$ ) ko'paytmasi sifatida tekshiradi:

$$\beta = ks \quad (9.5)$$

bu yerda  $k$  — solishtirma yutilish koefitsienti. Bunda Buger qonuni quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$I = I_0 e^{-kcx} \quad (9.6)$$

va yangi kattalik — solishtirma yutilish koefitsienti uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$k = \frac{1}{c \cdot x} \ln \frac{I_0}{I} \quad (9.7)$$

Berning tajribalaridan olingan asosiy xulosalardan biri solishtirma yutilish koefitsienti ( $k$ ) aralashmalarning konsentratsiyasiga bog'liqligidir. Bu xulosa Ber qoidasi deb ataladi va asosan kichik konsentratsiyali aralashmalar uchun o'rinlidir. Konsentratsiyaning oshishi bilan bu qoidadan cheklanish kuchayib boraveradi. Bundan tashqari ekstinktsiya (yutilish) koefitsienti konsentratsiyaga mutanosib ( $\beta$ - $c$ ) bo'lishi bilan birgalikda solishtirma yutilish koefitsienti ( $k$ ) tashqi omillarga bog'liq bo'lishi mumkin (temperatura, erituvchining tabiatiga va hokazo).

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

$$\beta = k\rho \quad (9.8)$$

(9.5) va (9.8) ifodalarni Ber qonuni ham deyiladi. (9.5) va (9.8) lardagi

$$k_c = \frac{\beta}{c} \quad (9.9)$$

va

$$k\rho = \frac{\beta}{\rho} \quad (9.10)$$

$k_c$  va  $k_p$  — larning doimiyligi aralashmalardagi molekularning o'zaro ta'siri (kichik konsentratsiyalar) ekstinktsiya koeffitsientiga ta'sir qilmaslik darajasida kichik bo'lganda o'rinli bo'ladi. Bu qoidaning fizik ma'nosi molekulaning yutish qobiliyati atrofdagi molekular ta'siriga bog'liq emasligidan iboratdir.

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

Buger-Ber qonuni (9.7) yorug'likning yutilishini o'lchash yo'li bilan yutuvchi modda konsentratsiyasini aniqlash uchun juda foydalidir. Bu usul ko'pincha kimyoviy tahlili juda murakkab bo'lgan moddalar konsentratsiyasini tez topish uchun laboratoriya va sanoatda qo'llaniladi.

Bulardan tashqari kimyoviy toza suyuqlik yoki aralashmaning optik xususiyatlarini tavsiflash uchun muhitdan yorug'likning o'tish koeffitsienti

$$A = \frac{I(x)}{I_0(x)} = \exp(-\beta x) \quad (9.11)$$

va yorug'likning so'nishini tavsiflaydigan kattalikni aniqlash mumkin.

$$B = \frac{I_0 - I}{I_0} \quad (9.12)$$

$A$  va  $B$  koeffitsientlar, ayniqsa, tajriba har xil to'lqin uzunlikli yorug'liklarda olib borilganda spektral o'tish va so'nishni tavsiflovchi kattaliklar sifatida katta ahamiyatga ega bo'ladi.

### Qurilma va o'lchash usullari

Suyuqliklarda yorug'lik yutilishini o'rganish va Buger-Lambert-Ber qonunini tekshirish uchun yasalgan qurilmaning sxemasi 9.1-shaklda berilgan. U umumiy asosga (1) o'rnatilgan bo'lib, gorizontal joylashgan geliy-neon lazeri (2) 45° gradus burchak bilan joylashgan prizma (5) va vertikal holda o'rnatilgan silindr ko'rinishdagi

kyuvetadan (6) iborat. Kyuvetaning yuqori uchiga fotodiod (9) o'rnatilgan va hosil bo'lgan fototokni o'lchash uchun (keng o'lchash diapazoniga ega bo'lgan) raqamli mikroampermetrga (11) ulangan. Kyuveta maxsus rezina truba (14) orqali qo'shimcha shisha idishga (12) ulangan. Bu idishga kerakli qalinlikdagi o'rganilayotgan suyuqlik qatlami hosil qilinadi. Kyuvetada suyuqlik balandligini aniq qo'yish uchun maxsus jo'mrak (13) o'rnatilgan. Qo'shimcha shisha idishning eng yuqori ko'tarilishi kyuvetaning uchiga joylashgan fotodioddan 3–5 sm pastroqda bo'lishi kerak.

Geliy-neon lazeri monoxromatik parallel nurlar dastasini hosil qiladi va bu nur dastasi prizmadan 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 mutanosibdir.

Demak, biz suyuqlikning har xil qalinligiga mos keluvchi fototokni o'lchab berilgan intensivlikdagi nurning ( $I_0$ ) qancha qismi suyuqlik tomonidan yutib qolingani ( $I_0 - I$ ) va qancha qismi suyuqlikdan o'tganligini ( $I$ ) bilishimiz mumkin.

Kyuvetaning tashqi sirtiga joylashtirilgan darajalangan o'lchagichlar yordamida suyuqlik qatlamining qalinliklarini aniq bilib va

unga mos keluvchi fototokni o'lchagan holda,  $\beta = \frac{1}{x} \ln \frac{I_0(x)}{I(x)}$  ifoda

orqali berilgan suyuqlikda yorug'likning yutilish (yoki ekstinktsiya) koeffitsientini hisoblaymiz.

Bu yerda  $I_0$  ni bilish ma'lum qiyinchiliklar hosil qilishi mumkin.  $I_0$  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 qiyinchiliklarni yengish uchun berilgan suyuqlikning (distillangan suv) yoki aralashma uchun har xil qalinliklar 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  $I_2$  bo'lsa, unda yorug'likning berilgan suyuqlikda yutilish koeffitsienti quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

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

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 konsentratsiyali aralashmalar tayyorlanib (0,5l) konsentratsiya son qiymati ko'rsatilgan shisha idishlarga solinadi. Berilgan konsentratsiyali aralashma uchun tajribalar o'tkazib bo'lganidan so'ng o'lchash kyuvetasi distillangan suv bilan bir necha bor chayib tashlanadi.

**1-mashq.** Bu mashqni bajarishning asosiy maqsadi distillangan suv va mis kuporosining suvdagi ma'lum konsentratsiyali eritmasi uchun Buger-Lambert qonunning bajarilishini o'rganishdir.

Mashqni bajarish uchun 0,5 litrli shisha idishli distillangan suv va shuncha miqdorda tayyorlangan mis kuporosining suvdagi eritmasi (1–3% atrofida) olinadi.

Birinchi bo'lib shisha idishga (jo'mrak berk) distillangan suv solinib u shtativga ma'lum balandlikda joylashtiriladi.

Fototokni o'lchash sxemasi ulanib, uning ish holatida ekanligi tekshirib ko'riladi. Yorug'lik manbayi sifatida ishlatilayotgan lazer yoqilib, uning ishlash tartibi turg'unlashguncha (10 daq.) 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 jumrak ochilib, suv sathi balandligi 5 sm gacha ko'tariladi va jumrak berkitiladi. Yana tokni o'lchash sxemasi ulanib, shu qalinlikka mos keluvchi fototok mikroampermetr ko'rsatishidan yozib olinadi. Suvning ustuni to 50 sm bo'lguncha har bir 5 sm balandlikdagi (demak, 10 ta nuqtada) fototok o'lchab boriladi va suv sathini 5 sm dan kamaytirib borib, tajriba qaytariladi. Bu o'lchashlar 4–6 marta (yuqoriga 2–3 marta, pastga qarab 2–3 marta) qaytariladi. Suvning har bir qalinligi

kyuvetadan (6) iborat. Kyuvetaning yuqori uchiga fotodiod (9) o'rnatilgan va hosil bo'lgan fototokni o'lchash uchun (keng o'lchash diapazoniga ega bo'lgan) raqamli mikroampermetrga (11) ulangan. Kyuveta maxsus rezina truba (14) orqali qo'shimcha shisha idishga (12) ulangan. Bu idishga kerakli qalinlikdagi o'rganilayotgan suyuqlik qatlami hosil qilinadi. Kyuvetada suyuqlik balandligini aniq qo'yish uchun maxsus jo'mrak (13) o'rnatilgan. Qo'shimcha shisha idishning eng yuqori ko'tarilishi kyuvetaning uchiga joylashgan fotodioddan 3–5 sm pastroqda bo'lishi kerak.

Geliy-neon lazeri monoxromatik parallel nurlar dastasini hosil qiladi va bu nur dastasi prizmadan 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 mutanosibdir.

Demak, biz suyuqlikning har xil qalinligiga mos keluvchi fototokni o'lchab berilgan intensivlikdagi nurning ( $I_0$ ) qancha qismi suyuqlik tomonidan yutib qolganligi ( $I_0 - I$ ) va qancha qismi suyuqlikdan o'tganligini ( $I$ ) bilishimiz mumkin.

Kyuvetaning tashqi sirtiga joylashtirilgan darajalangan o'lchagichlar yordamida suyuqlik qatlamining qalinliklarini aniq bilib va

unga mos keluvchi fototokni o'lchagan holda,  $\beta = \frac{1}{x} \ln \frac{I_0(x)}{I(x)}$  ifoda

orqali berilgan suyuqlikda yorug'likning yutilish (yoki ekstinktsiya) koeffitsientini hisoblaymiz.

Bu yerda  $I_0$  ni bilish ma'lum qiyinchiliklar hosil qilishi mumkin.  $I_0$  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 qiyinchiliklarni yengish uchun berilgan suyuqlikning (distillangan suv) yoki aralashma uchun har xil qalinliklar 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  $I_2$  bo'lsa, unda yorug'likning berilgan suyuqlikda yutilish koeffitsienti quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

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

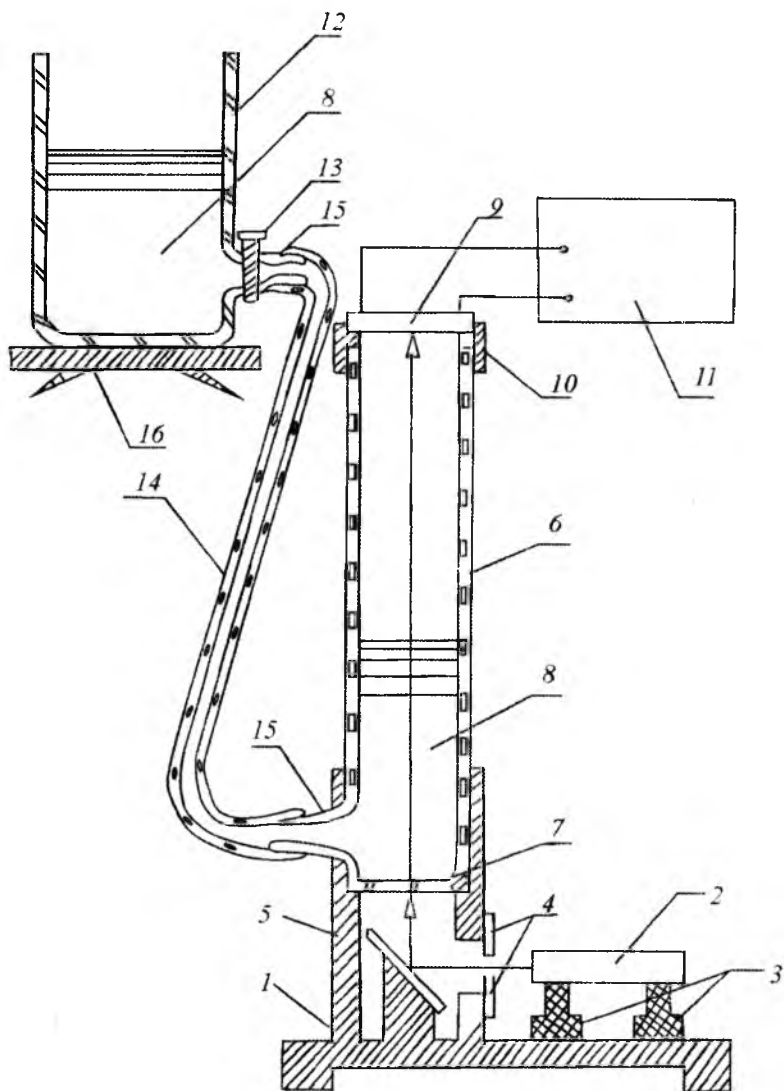
Yuqorida qayd qilingan o'lchashlarni bajarishga kirishishdan oldin berilgan qurilma bilan mukammal tanishib chiqish tavsiya qilinadi. Undan tashqari optik xususiyatlari o'rganiladigan suyuqlik va har xil konsentratsiyali aralashmalar tayyorlanib (0,5*l*) konsentratsiya son qiymati ko'rsatilgan shisha idishlarga solinadi. Berilgan konsentratsiyali aralashma uchun tajribalar o'tkazib bo'lganidan so'ng o'lchash kyuvetasi distillangan suv bilan bir necha bor chayib tashlanadi.

**1-mashq.** Bu mashqni bajarishning asosiy maqsadi distillangan suv va mis kuporosining suvdagi ma'lum konsentratsiyali eritmasi uchun Buger-Lambert qonunning bajarilishini o'rganishdir.

Mashqni bajarish uchun 0,5 litrli shisha idishli distillangan suv va shuncha miqdorda tayyorlangan mis kuporosining suvdagi eritmasi (1–3% atrofida) olinadi.

Birinchi bo'lib shisha idishga (jo'mrak berk) distillangan suv solinib u shtativga ma'lum balandlikda joylashtiriladi.

Fototokni o'lchash sxemasi ulanib, uning ish holatida ekanligi tekshirib ko'riladi. Yorug'lik manbayi sifatida ishlatilayotgan lazer yoqilib, uning ishlash tartibi turg'unlashguncha (10 daq.) 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 jumrak ochilib, suv sathi balandligi 5 sm gacha ko'tariladi va jumrak berkitiladi. Yana tokni o'lchash sxemasi ulanib, shu qalinlikka mos keluvchi fototok mikroampermetr ko'rsatishidan yozib olinadi. Suvning ustuni to 50 sm bo'lguncha har bir 5 sm balandlikdagi (demak, 10 ta nuqtada) fototok o'lchab boriladi va suv sathini 5 smdan kamaytirib borib, tajriba qaytariladi. Bu o'lchashlar 4–6 marta (yuqoriga 2–3 marta, pastga qarab 2–3 marta) qaytariladi. Suvning har bir qalinligi



9.1-shakl.

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

uchun tokning o'rtacha qiymati olinadi. Tajribada olingan natijalarni 1-jadvalga yozamiz.

1-jadval

| T/r | $I_0(\text{mA})$ | $x(\text{sm})$ | $I_1(\text{mA})$ | $I_2(\text{mA})$ | $I_3(\text{mA})$ | $I_4(\text{mA})$ | $I_{o'rt.}$ |
|-----|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|
| 1.  | $I_{01}$         | $x_1$          | $I_{11}$         | $I_{21}$         | $I_{31}$         | $I_{41}$         | $I_{o'rt.}$ |
| 2.  | $I_{02}$         | $x_2$          | $I_{12}$         | $I_{22}$         | $I_{32}$         | $I_{42}$         | $I_{o'rt.}$ |
| 3.  | $I_{03}$         | $x_3$          | $I_{13}$         | $I_{23}$         | $I_{33}$         | $I_{43}$         | $I_{o'rt.}$ |
| 4.  | $I_{04}$         | $x_4$          | $I_{14}$         | $I_{24}$         | $I_{34}$         | $I_{44}$         | $I_{o'rt.}$ |

(9.2)-ifoda yordamida  $\beta$  yutilish koeffitsientini kichik kvadratlar usulida hisoblaymiz. (9.2) ifodadan logarifm olsak, quyidagi:

$$\ln I_i = \ln I_0 - \beta x_i \quad (9.13)$$

tenglamani hosil qilamiz va belgilashlar kiritamiz:

$$y_i = \ln I_i; A = \ln I_0$$

Natijada,

$$y_i = A - \beta x_i \quad (9.14)$$

to'g'ri chiziq tenglamasiga kelamiz.

Tenglamalar turkumini yechish jarayonida  $A$  va  $\beta$  larning son qiymatlari topiladi. Hisoblashni EHM da bajarish uchun dastur mavjud.

$I_0$  va  $\beta$  qiymatlaridan foydalanib, (9.11) va (9.12) ifodalardagi  $A$  va  $B$  koeffitsientlarini topamiz.

**2-mashq.** Mashqning ikkinchi qismida shisha idishga tekshirilishi kerak bo'lgan aralashma konsentratsiyasi navbatma-navbat qo'yiladi. Har bir 5 sm aralashma ustunida 1- mashqdagidek o'lchashlar bajariladi. Olingan natijalarni 2- jadvalga yozamiz.

2-jadval

| T/r | $x, (\text{sm})$ | $c_1 \%$         |                  | $c_2 \%$         |                  | $c_3 \%$         |                  |
|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|     |                  | $I_1, \text{mA}$ | $I_2, \text{mA}$ | $I_1, \text{mA}$ | $I_2, \text{mA}$ | $I_1, \text{mA}$ | $I_2, \text{mA}$ |
| 1.  | $x_1$            | $I_{11}$         | $I_{21}$         | $I_{11}$         | $I_{21}$         | $I_{11}$         | $I_{21}$         |
| 2.  | $x_2$            | $I_{12}$         | $I_{22}$         | $I_{12}$         | $I_{22}$         | $I_{12}$         | $I_{22}$         |
| 3.  | $x_3$            | $I_{13}$         | $I_{33}$         | $I_{13}$         | $I_{23}$         | $I_{13}$         | $I_{23}$         |
| 4.  | $x_4$            | $I_{14}$         | $I_{24}$         | $I_{14}$         | $I_{24}$         | $I_{14}$         | $I_{24}$         |

2- jadval natijalaridan foydalanib *ln li* o'rt. va  $x_i$  koordinatalarda grafiklar chizamiz. Har bir konsentratsiya uchun (9.2) ifodadan  $\beta_\alpha$  ( $\alpha=1,2,3$ ) son qiymatlarini va (9.9) ifodadan  $k_{0i}$  larni topamiz. Aniqlangan  $k_{0i}$  va  $c$  yordamida grafik chizamiz. Kichik kvadratlar usulida (9.9) ifodadan  $k_{0i}$  aniqlab, (9.2) shaklga boshqa belgilar qo'yiladi. Olingan natijalarni bir biri bilan taqqoslash kerak.

#### **Adabiyotlar**

1. 157-§, 569–576-betlar;
2. 279–283-betlar;
3. 205–206-betlar;
10. 28–34-betlar.

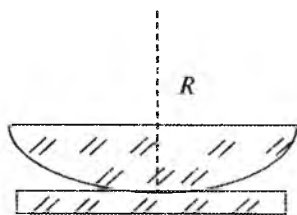
## IV BOB. YORUG'LIK INTERFERENSIYASI VA DIFRAKSIYASI

### 10-ISH. LINZANING EGRILIK RADIUSINI NYUTON HALQALARI YORDAMIDA ANIQLASH

Zarur qurilma va asboblari: MIR-12 mikroskopi, egrilik radiusi katta linza va yassi parallel shisha plastinka, sariq filtr  $\lambda = 578 \text{ nm}$ , yorug'lik manbai.

Yassi qavariq linzaning qavariq tomonini yassi parallel shisha plastinka ustiga 10.1-shaklda ko'rsatilgandek joylashtiramiz. Linzaning egrilik radiusi  $R$  bo'lsin.

Agarda linza ideal bo'lsa, u holda linza bitta nuqtasi bilan yassi parallel shisha plastinkaga tegib turadi. Shu tegib turgan nuqtadan tashqariga qarab, linza bilan plastinka orasidagi masofa ortib boradi.



10.1-shakl

Linzaning yassi tomoniga tik ravishda parallel monoxromatik to'lqinlarini tushiramiz. Bunda ikki hol bo'lishi mumkin:

1. Qaytgan yorug'lik to'lqinlaridan hosil bo'lgan Nyuton halqalari;
2. O'tgan yorug'lik to'lqinlaridan hosil bo'lgan Nyuton halqalari.

Qaytgan va o'tgan yorug'lik to'lqinlaridan hosil bo'lgan Nyuton halqalarini qarashdan oldin yupqa pardadan qaytgan va o'tgan to'lqinlarning interferensiyasini ko'rib o'tamiz va bundan olingan natijalarni Nyuton halqalari uchun qo'llaymiz.

Qalinligi  $d$ , sindirish ko'rsatkichi  $n_2$  bo'lgan yupqa parda berilgan bo'lsin. Tashqi muhitning sindirish ko'rsatkichini  $n_1$  deb belgilaymiz. Yorug'lik to'lqini yupqa pardaga  $i$  burchak bilan tushsin. Bu nur  $A$  nuqtada pardaning tepasidan qaytadi va sinadi. Yana  $B$  nuqtada pardaning pastidan qaytadi va o'tadi. 10.2-shaklda belgilangan burchaklar:  $i$  — tushish burchagi,  $i'$  — qaytish burchagi,  $r$  — sinish burchagi. Yorug'lik to'lqinlari:

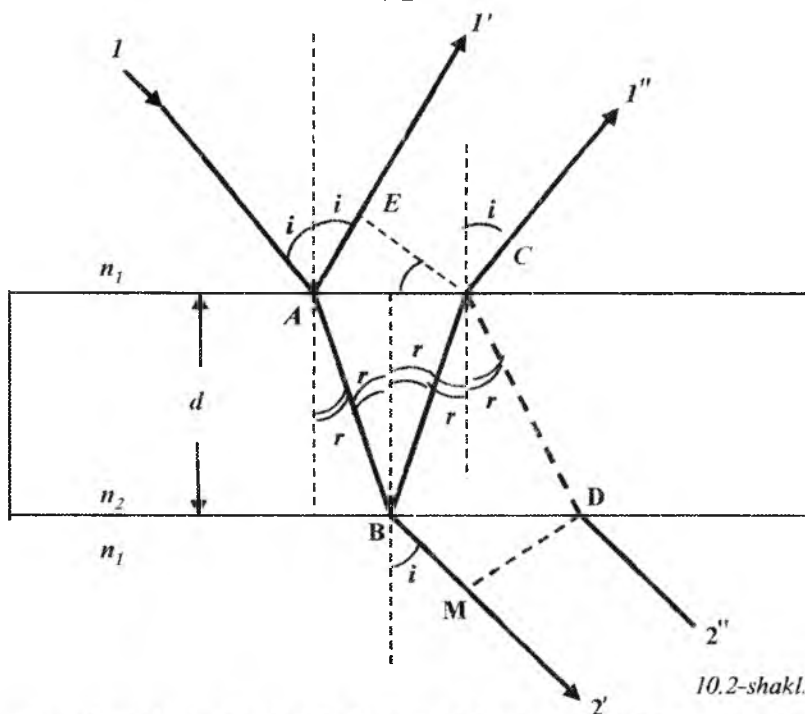
1 — tushgan yorug'lik to'lqini,  $1'$  va  $1''$  — qaytgan kogerent to'lqinlar,  $2'$  va  $2''$  — o'tgan kogerent to'lqinlar.

$I'$  va  $I''$  to'liqlar orasidagi optik yo'llar farqi, ya'ni muhitni nazarga olgan holdagi yo'llar farqi quyidagicha topiladi:

$$\delta = AB \cdot n_2 + BC \cdot n_2 - AE \cdot n_1 \quad (10.1)$$

To'liqlar orasidagi yo'llar farqini topganda, quyidagilarni nazarga olish kerak: agarda to'liqin sindirish ko'rsatkichi kichik muhitdan sindirish ko'rsatkichi katta bo'lgan muhitga tushib qaytsa, qaytgan to'liqin fazasi

$\pi$  - ga, yo'llar farqini esa  $\lambda/2$  ga o'zgartiriladi.



10.2-shakl.

Agarda to'liqin sindirish ko'rsatkichi katta muhitdan sindirish ko'rsatkichi kichik muhitga tushib qaytsa, u holda qaytgan to'liqin fazasini ham, yo'llar farqini ham o'zgartirmaydi. Bundan keyin ikkita to'liqin orasidagi yo'llar farqini topganimizda ularni hisobga olishimiz kerak. Bizda (10.2-shaklda)  $n_1 < n_2$  ekanini nazarga olib, (10.1) ifodani quyidagicha yozamiz:

$$\delta = (AB + BC) \cdot n_2 - \left( AE \cdot n_1 + \frac{\lambda}{2} \right) \quad (10.2)$$

10.2-shaklga asosan  $AB$ ,  $BC$ ,  $AE$  larni sinish burchagi  $r$ , qalinlikni  $d$  orqali ifodalab hamda  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$  ekanini nazarga olib, (10.2) ifodani sinish burchagi yordamida quyidagicha yozamiz:

$$\delta = 2n_2 d \cos r + \frac{\lambda}{2} \quad (10.3)$$

tushish burchak yordamida quyidagicha bo'ladi:

$$\delta = 2d\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \lambda/2 \quad (10.4)$$

Demak, yupqa pardadan qaytgan qo'shni to'qlinlar orasidagi yo'llar farqi  $d$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $i$ ,  $r$ ,  $\lambda$  — larga bog'liq ekan.

Ikkita qo'shni kogerent to'qlinlarning qo'shilishi natijasida hosil bo'lgan interferensiyaning maksimum va minimum shartlari quyidagicha ifodalanadi:

$$\left. \begin{array}{ll} \text{Maksimum sharti:} & \delta = \pm m\lambda, \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \\ \text{Minimum sharti:} & \delta = \pm (2m - 1)\frac{\lambda}{2}, \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \end{array} \right\} \quad (10.5)$$

(10.5) ifodadagi maksimum va minimum shartlarini yupqa pardadan qaytgan to'qlinlarning yo'llar farqi (10.3) va (10.4) ifodalariga qo'llaganda:

a) sinish burchagi orqali yozsak:

$$\left. \begin{array}{ll} \text{Maksimum sharti:} & 2 \cdot n_2 \cdot d \cdot \cos r = \pm \left( m - \frac{1}{2} \right) \lambda \\ \text{Minimum sharti:} & 2 \cdot n_2 \cdot d \cdot \cos r = \pm m\lambda \end{array} \right\} \quad (10.6)$$

b) tushish burchagi orqali yozsak:

$$\left. \begin{array}{ll} \text{Maksimum sharti:} & 2d\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} = \pm \left( m - \frac{1}{2} \right) \lambda \\ \text{Minimum sharti:} & 2d\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} = \pm m\lambda \end{array} \right\} \quad (10.7)$$

Agarda, 10.2-shaklda to'liqin havodan ( $n_2=1$ ) biror muhitga ( $n_2=n$ ) tushsa (10.6) va (10.7) ifodalar quyidagicha yoziladi:

$$\begin{cases} 2 \cdot n \cdot d \cos r = \pm \left( m - \frac{1}{2} \right) \lambda \\ 2 \cdot n \cdot d \cos r = \pm m \lambda \end{cases} \quad (10.8)$$

$$\begin{cases} 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} = \pm \left( m - \frac{1}{2} \right) \lambda \\ 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} = \pm m \lambda \end{cases} \quad (10.8')$$

Endi o'tgan to'liqlar (2') va (2'') orasidagi yo'llar farqini topamiz. Yana 10.2-shaklga asosan (2') va (2'') to'liqlar B nuqtada hosil bo'ladilar. (2'') to'liqin yupqa parda ichida BC va CD larni o'tadi. O'sha vaqtda esa

(2') to'liqin BM masofani o'tadi. 10.2-shakldan yuqoridagi 1" va 1" ga o'xshab, 2" va 2' kogerent to'liqlar orasidagi yo'llar farqi quyidagicha bo'ladi:

$$\delta = (BC + CD) \cdot n_2 - BM \cdot n_1 \quad (10.9)$$

Bu yerda ham 10.2- shakldan BC, CD va BM larni  $i, r, d, n, n_1, n_2$ , lar yordamida ifodalab, o'tgan kogerent to'liqlar uchun interferensiya natijasida hosil bo'lgan maksimum va minimum shartlarni quyidagicha aniqlaymiz:

a) sinish burchagi orqali:

$$\begin{cases} \text{Maksimum sharti:} & 2 \cdot n_2 \cdot d \cdot \cos r = \pm m \lambda \\ \text{Minimum sharti:} & 2 \cdot n_2 \cdot d \cdot \cos r = \pm \left( m - \frac{1}{2} \right) \lambda \end{cases} \quad (10.10)$$

b) tushish burchagi orqali:

$$\begin{cases} \text{Maksimum sharti:} & 2d \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} = \pm m \lambda \\ \text{Minimum sharti:} & 2d \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} = \pm (m - 1/2) \lambda \end{cases} \quad (10.11)$$

Bu yerda ham  $n_1=1$ ,  $n_2=n$  (muhit) bo'lsa, (10.10) va (10.11) ifodalar quyidagicha yoziladi:

$$\left. \begin{aligned} 2 \cdot n \cdot d \cdot \cos r &= \pm m \lambda \\ 2 \cdot n \cdot d \cdot \cos r &= \pm \left( m - \frac{1}{2} \right) \lambda \end{aligned} \right\} \quad (10.12)$$

$$\left. \begin{aligned} 2d\sqrt{n - \sin^2 i} &= \pm m \lambda \\ 2d\sqrt{n - \sin^2 i} &= \pm (m - 1/2) \lambda \end{aligned} \right\} \quad (10.13)$$

Agarda 10.2-shaklda to'liqin istalgan  $i$  burchak bilan emas, balki tik tushsa, u holda (10.6, 10.7) va (10.10, 10.11) ifodalar quyidagicha yoziladi:

1. Qaytgan to'liqin uchun (1" va 1')

$$\left. \begin{aligned} \text{Maksimum sharti:} \quad 2 \cdot n \cdot d \cdot \cos r &= \pm \left( m - \frac{1}{2} \right) \lambda \\ \text{Minimum sharti:} \quad 2 \cdot n \cdot d \cdot \cos r &= \pm m \lambda \end{aligned} \right\} \quad (10.14)$$

2. O'tgan to'liqlar uchun (2" va 2')

$$\left. \begin{aligned} \text{Maksimum sharti:} \quad 2 \cdot n \cdot d &= \pm m \lambda \\ \text{Minimum sharti:} \quad 2 \cdot n \cdot d &= \pm m \lambda \end{aligned} \right\} \quad (10.15)$$

Nyuton halqalarini hosil qiluvchi qurilma bilan tanishamiz. Ushbu qurilma 10.1-shaklda keltirilgan. Nyuton halqalari yassi qavariq shisha linza bilan yassi parallel shisha plastinka orasidagi qatlamdan qaytgan va o'tgan to'liqlardan hosil bo'ladi. Linza va yassi parallel shishaning qalinliklari katta bo'lgani uchun, ularda interferension manzara kuzatilmaydi. Bu qatlamda havo yoki suyuqlik bo'lishi mumkin. Agarda bu oraliqdagi moddaning sindirish ko'rsatkichini  $n$  desak, bu qurilmada yupqa parda rolini linza bilan shisha plastinka orasidagi  $d$  havo qatlami o'ynaydi.  $d$  — qalinlik, linza bilan plastinka tegib turgan joydan tashqariga kengaya boradi. Shunday qilib, interferensiya natijasida hosil bo'lgan Nyuton halqalari ikkita shishadan qaytgan yoki o'tgan to'liqlarning qo'shilishi natijasida vujudga keladi.

Bunday yupqa pardalarda hosil bo'lgan interferensiyaning po-nasimon yupqa pardalarda hosil bo'lgan interferensiya manzarasi, deyiladi.

Biz istalgan bir xil  $d$  qalinlikni olamiz va bu qalinlikdan qaytgan hamda o'tgan to'liqlarning orasidagi yo'llar farqini topamiz.

Bu yerda ham ikkita holni alohida qaraymiz:

1. Qaytgan to'liqdan hosil bo'lgan Nyuton halqalari.

Faraz qilaylik, to'liq uzunligi  $\lambda$  bo'lgan monoxromatik, o'zaro parallel yorug'lik to'liqlari linzaning yassi tomoniga tik tushsin. Bunda  $d$  qatlamdan qaytgan to'liqlardan hosil bo'lgan yo'llar farqi (10.14) ifodaga binoan:

$$\text{Maksimum sharti:} \quad 2 \cdot n \cdot d = \pm (2m-1) \frac{\lambda}{2} \quad m = 1, 2, 3, \dots \quad (10.16)$$

$$\text{Minimum sharti:} \quad 2 \cdot n \cdot d = \pm m \frac{\lambda}{2} \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (10.17)$$

bu yerda:  $d$  – linza – plastinka orasidagi istalgan qatlam,  $n$  – bu qatlamning sindirish ko'rsatkichi,  $\lambda$  – qurilmaga tushayotgan monoxromatik to'liqning to'liq uzunligi,  $m$  – qaytgan to'liqdan hosil bo'lgan Nyuton halqalarining (maksimum va minimumlarining) tartib nomerlari.

10.4-shakldagi uchburchakdan  $R \gg d$  ekanini nazarga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$2d = \frac{r_m^2}{R} \quad (10.18)$$

(10.18) ni (10.16) va (10.17) ifodalarga qo'yib, Nyuton halqalarini hosil qiluvchi qurilmaga normal tushuvchi monoxromatik yorug'likdan qaytgan yorug'likdan hosil bo'lgan Nyuton halqalarining yorug' (maksimum) va qorong'i (minimum) halqalarining radiuslarini topish ifodalarini olamiz. Yorug' Nyuton halqalarining radiusi (maksimum shartidan)

$$r_m = \sqrt{(2m-1) \frac{R\lambda}{2n}} \quad (10.19) \quad (m=1, 2, 3, \dots)$$

qorong'i Nyuton halqalarining radiusi (minimum sharti)

$$r_m = \sqrt{m \frac{R\lambda}{n}} \quad (10.20) \quad (m=0, 1, 2, 3, \dots)$$

Linza bilan yupqa shisha plastinka orasidagi bo'shliqda havo bo'lgani uchun  $n=1$ . Unda (10.20) ifoda quyidagicha yoziladi:

$$r_m = \sqrt{R \cdot \lambda \cdot m} \quad (10.21)$$

Ushbu ifodada  $r_m$  — qaytgan yorug'likdagi  $m$  — qorong'i (minimum) Nyuton halqasining radiusi,  $m$  — qorong'i halqalarning tartibi (tartib markazi nolinch deb ataladi).  $R$  — qurilmada ishlatilayotgan linzaning egrilik radiusi,  $\lambda$  — qurilmaga tushayotgan monoxromatik yorug'likning to'lqin uzunligi.

Shunday qilib, (10.21) ifoda yordamida linzaning egrilik radiusini aniqlash mumkin. Shuni aytish kerakki, shishalarda elastik deformatsiya bo'lishi natijasida linza bilan yassi plastinkani ideal bir nuqtada tegizib joylashtirish mumkin emas. Chunki, biz ularni bir-birlariga joylashtirib, bir-birlariga nisbatan qo'zg'almas holda mahkamlaymiz. Shu sababdan ideal nuqta o'rniga katta nuqta bo'lib, hosil qilingan Nyuton halqalarining bir nechtasini yo'qotamiz. Natijada, kuzatilgan Nyuton halqalarining tartib raqamlari o'zgargan bo'ladi. Sababi, nechta halqa yo'qolgani bizga noma'lum. Albatta, bu yo'qolgan Nyuton halqalarining sonini topsa bo'ladi. (10.21) ifodadan aniqlangan linzaning egrilik radiusining xatoligi ancha katta. Xatolikni kamaytirish maqsadida, (10.21) ifodaning o'rniga quyidagi ifoda ishlatiladi:

$$R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda} = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4\lambda(m-n)} \quad (10.22)$$

Shuni aytish kerakki, o'lchanayotgan Nyuton halqalarining radiuslari (diametrlari) juda ham kichikdir, shuning uchun ham bu Nyuton halqalarining radiuslarini o'lchash uchun *MIR-12* mikroskopi ishlatiladi.

Yana manbaning o'lchami katta bo'lganda, tarqalayotgan to'lqinlarning monoxromatiklik (yakka rangli) darajasini e'tiborga olish kerak. Manbadan chiqayotgan to'lqinlarning to'lqin oraliq uzunligi

( $\lambda$  — dan  $\lambda + \Delta\lambda$  gacha)  $\Delta\lambda$  bilan belgilanadi. Interferension manzaraning tartibi va monoxromatiklik darajasi orasidagi bog'lanish

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda}{m}$$

berilgan uskuna uchun interferensiya tartibini aniqlash mumkin. Simobning sariq to'liq uzunligining o'rtacha qiymati:  $\lambda = 5800\text{Å}$ , odamning ko'zi o'rtacha  $\Delta\lambda = 100\text{Å}$  to'liq oralig'ini ajrata oladi, u holda

$$m = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{5800\text{Å}}{100\text{Å}} = 58.$$

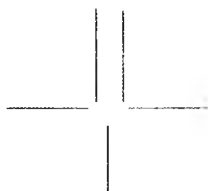
Natijada, (10.18) ifoda yordamida linza va shisha parda orasidagi havo qatlaminin qalinligini hisoblash mumkin:

$$d = \frac{m\lambda}{2n} = \frac{m\lambda}{2} = 17 \cdot 10^{-4} \text{ sm} = 0,0017 \text{ sm}$$

Nyuton halqalari ma'lum kenglikka ega. U markazdan uzoqlashgan sari ingichkalashib boradi va intensivligi ham kengayadi. Shu tufayli, hamma halqalarning radiuslarini bir xil aniqlikda o'lchash mumkin emas.

Qorong'i halqa radiusini o'lchashda, *MIR-12* mikroskopining vizirini taxminan halqa kengligining o'rtasiga qo'yiladi. *MIR-12* mikroskopning aniqligi 0,005 mm. Bunday aniqlikda radiusni 2 nisbiy xatolik bilan 20 ta halqaning radiusini o'lchasa bo'ladi.

**Mikroskop vizirining ko'rinishi.**

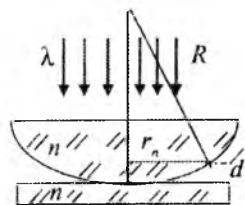


*10.3-shakl.*

### **Qurilmaning tuzilishi va ishini bajarish tartibi**

Nyuton halqalarini hosil qiluvchi qurilma *MIR-12* xildagi mikroskopning stolchasi ustiga joylashtirilgan bo'lib, stolcha mikroskop optik o'qiga perpendikulyar holda mikrometrik vint bilan gorizonta o'qda millimetr shkala bo'ylab siljiydi. Mikrometrik vintning to'liq aylanishi 100 bo'limga bo'lingan va bu 100 bo'lim 1 mm ga siljiydi.

Shunday qilib, halqalarning vaziyatini mm li lineyka va mikrometrik vint shkalasining ko'rsatishlariga binoan jadvalga yozib boramiz. Qurilmaga tik tushayotgan yorug'lik simob lampasidan mikroskop o'qiga nisbatan  $45^\circ$  burchak bilan joylashtirilgan.  $P$  — shaffof shisha plastinkaga tushirish bilan taminlanadi.



10.4-shakl.

1. Qurilmaning markazi (linzaning plastinkaga tegib turgan nuqtasi) mikroskop o'qiga joylashtiriladi.

2. Yorug'lik manbai yoqiladi.

3.  $P$  — plastinkaning manba yorug'ligiga nisbatan 450 ekanligi tekshiriladi.

4. Mikroskop okulyaridan qarab, halqalarni ko'rish kerak, okulyar va obyektivlarni burab, halqalarning yaxshi ko'rinishi ta'minlanadi.

5. Mikrometrik vintni burab, kerakli bo'lgan halqalarni okulyar ichidagi chiziqlar tagiga olib kelib, o'ng vaziyatlarini (yoki chap vaziyatlarini) jadvalga kirita boshlash kerak.

Shuni aytish kerakki, halqalar vaziyatini o'lchashda mikrovint rezbalarining xatoliklari kam bo'lishi uchun uni hamma vaqt bir tomonga burash kerak. Mumkin qadar ko'p halqalar vaziyati o'lchanadi. 0 dan 20 gacha har bir halqa, undan keyin har beshtadan, to 50 tagacha halqalar o'ng va chap vaziyatlari o'lchangani ma'quldir.

Mikroskopda ko'ringan halqalarning o'ng va chap vaziyatlari ma'lum bo'lsa, ularning ayirmasi istalgan halqaning diametri bo'ladi. O'lchashlar natijasi quyidagi jadvalga yoziladi.

| K   | chap $B_1(I)$ mm | o'ng $D_2(I)$ mm |
|-----|------------------|------------------|
| 1.  | $B_1(1)$         | $D_2(1)$         |
| 2.  | $B_1(2)$         | $D_2(2)$         |
| 3.  | $B_1(3)$         | $D_2(3)$         |
| ... | ...              | ...              |

Shunday qilib, olingan jadvaldan istalgan Nyuton halqalarining diametrlarini (radiuslarini) hisoblab topishimiz mumkin. Jadvalda:

$D_2(I)$  — mikroskop okulyarida ko‘ringan o‘ng halqalarning markazi qora dog‘ga nisbatan vaziyatlari.  $B_1(I)$  — mikroskop okulyarida ko‘ringan chap halqalarning markazi qora dog‘ga nisbatan vaziyatlari.

### O‘lchash natijalarini kalkulyator va EHM yordamida hisoblash

#### 1-usul

(10.21) ifodadan istalgan  $m$  — nchi Nyuton qora halqasining radiusini hisoblash ifodasi

$$r_m = \sqrt{R \cdot \lambda \cdot m} \quad (10.23)$$

O‘sha halqaning diametri

$$D_m^2 = 4R \cdot \lambda \cdot m \quad (10.24)$$

Yuqorida aytganimizdek, istalgan halqaning diametri jadvaldagi o‘ng va chap halqa vaziyatlarining ayirmasiga teng, ya‘ni:

$$D_m = D_2(m) - B_1(m) \quad (10.25)$$

Bunga asosan, (10.24) quyidagicha yoziladi:

$$[D_2(m) - B_1(m)]^2 = 4 \cdot R \cdot \lambda \cdot m \quad (10.26)$$

(10.26) ifodani quyidagicha yozamiz:

$$y_i = a + b_i \cdot x_i \quad (10.27)$$

Bu yerda:

$$b = 4R \cdot \lambda; \quad x_i = m_i; \quad y_i = [D_2(m) - B_1(m)]^2$$

Jadvaldagi o‘lchashlarga asosan, (10.27) ifoda yordamida eng kichik kvadratlar usuli bilan tenglama koeffitsientlari  $A$ ,  $B$ ,  $m_0$ ,  $R$  lar, ularning xatoliklari va nisbiy xatoliklari topiladi.  $m_0$  — yo‘qolgan Nyuton halqalarining soni yassi parallel shisha plastinka ustidagi yassi qavariq linza qattiq siqilib qo‘yilgani uchun ikkala shisha ham deformatsiyalanadi. Shu sababdan, mikroskop ostida ko‘ringan markaziy minimum nolinchii bo‘lmaydi.

Millimetrli qog‘ozga jadval ostida (10.26) ifodaga binoan abstsissa o‘qiga  $m_i$  lar, ordinata o‘qiga  $d_{\min}^2$  lar joylashtirib, bog‘lanish grafigi

chiziladi va ekstropolyatsiya qilib  $m_0$  topiladi. Keyin o'sha grafik ustiga  $y_{II}=A+Bx$ , nazariy tomondan olingan grafik chizilib, ular solishiriladi hamda  $A$  va  $B$  koeffitsientlar topiladi.

(10.26) tenglama va grafikdan olingan o'lash natijalarini EHM yordamida ishlash uchun (10.26) ni quyidagicha yozamiz:

$$[D_2(m) - B_1(m)]^2 = 0 + 4 \cdot R \cdot \lambda \cdot M(I) \quad (10.28)$$

Belgilashlar kiritib,

$$\begin{aligned} x(I) &= M(I), & y(I) &= [D_2(I) - B_1(I)]^2 \\ A &= 0, & B &= 4 \cdot R \cdot \lambda, & y(I) &= a + b \cdot x(I) \end{aligned} \quad (10.29)$$

tenglamaga ega bo'lamiz. Bu yerda  $I = L, N, T$  qiymatlarni oladi.

Jadval natijalarini (10.20), (10.21) ifodalarga ishlatib, eng kichik kvadratlar usuli bilan EHM da  $a=A$ ,  $b=B$ ,  $R$ ,  $M_0$ , bularning xatoliklari va  $x(I)$ ,  $y(I)$ ,  $y_I(I)$  larni hisoblash L103 dasturda berilgan [12].

## 2-usul

(10.21) ifodani  $m$  nchi halqa radiusi uchun yozsak,

$$r_m = \sqrt{R \cdot \lambda \cdot m}$$

1-usuldagi yo'qotilgan halqalarini ham nazarga olsak, u holda

$$r_{mi} = \sqrt{R \cdot \lambda (m_i + m_0)} \quad \text{va} \quad D_{mi}^2 = 4 \cdot R \cdot \lambda \cdot (m_i + m_0) \quad (10.30)$$

(10.30) ifodadan istalgan halqalar uchun linzaning egrilik radiuslarini hisoblash kerak (quyidagi tenglama):

$$R_i = \frac{1}{4\lambda} \frac{D_m^2}{(m_i + m_0)} \quad (10.31)$$

(10.31) ifoda yordamida yo'qotilgan halqalarni nazarga olib, linzaning egrilik radiuslari ( $R_i$ ), xatoliklari nisbiy xatoligi,  $R_{on}$  topiladi. EHM yordamida ishlash uchun (10.31) ifoda quyidagicha yoziladi:

$$R(I) = \frac{1}{4\lambda} [D_2(I) - B_1(I)]^2 / (I + MO) \quad (10.32)$$

$$I = L, N, T$$

Jadvaldagi o'lchash natijalari va (10.32) ifodaga asosan EHM da  $R(I)$ ,  $R_{on}$ ,  $DR$ ,  $EPSR$  larni hisoblash L1030 dasturda keltirilgan.

### 3-usul

(10.21) ifodani  $m$  va  $n$  — nchi halqalar uchun yozamiz:

$$\begin{aligned}r_m &= \sqrt{R \cdot \lambda \cdot m} & r_n &= \sqrt{R \cdot \lambda \cdot n} \\D_m^2 &= 4 \cdot R \cdot \lambda \cdot m & D_n^2 &= 4 \cdot R \cdot \lambda \cdot n \\D_m^2 - D_n^2 &= 4 \cdot R \cdot \lambda \cdot (m - n) \\D_m^2 &= 4 \cdot R \cdot \lambda \cdot T + D_n^2\end{aligned}\quad (10.33)$$

Belgilashlar kiritib,

$$\begin{aligned}x_i &= D_{ni}^2, y_i = D_{mi}^2, a = 4 \cdot R \cdot \lambda \cdot T \\y_i &= a + b \cdot x_i\end{aligned}\quad (10.34)$$

to'g'ri chiziqli tenglamaga ega bo'lamiz. (10.33) tenglamaga jadvaldagi o'lchash natijalarini ishlatib  $D_m^2$  bilan  $D_n^2$  bog'lanish grafigi chiziladi. Grafikdan  $R$  — aniqlanadi. Jadval natijalari va (10.34) ifodaga asosan eng kichik kvadratlar usuliga ko'ra  $a=A$ ,  $b=B$ ,  $R$  koeffitsientlar hamda ularning xatoliklari topiladi va  $y$  li bilan  $x$  i orasidagi bog'lanish grafigi chiziladi. Bu grafik ustiga  $y_{ji}=A+B \cdot x_i$  grafik chizilib, ular solishtiriladi. EHM yordamida ishlash uchun (10.33) va (10.34) ifodalar quyidagicha yoziladi:

$$[D_2(I) - B_1(I)]^2 = 4R\lambda T + [D_2(I - T) - B_1(I - T)]^2 \quad (10.35)$$

$$y_i = a + b \cdot x(i) \quad I = L, N, T \quad (10.36)$$

Jadvalda olingan o'lchashlarga binoan (10.34) ifoda yordamida eng kichik kvadratlar usuli bilan  $A$ ,  $B$ ,  $R$ ,  $KOR$ ,  $x(I)$ ,  $y(I)$ ,  $SIGA$ ,  $SIGB$ ,  $SIGR$ ,  $EPSA$ ,  $EPSB$ ,  $EPSR$  larni hisoblash L1031 dasturda berilgan [12].

### 4-usul

(10.21) ifodani  $m$  va  $n$  — Nyuton halqalari uchun yozsak:

$$\begin{aligned}r_m &= \sqrt{R \cdot \lambda \cdot m} & r_n &= \sqrt{R \cdot \lambda \cdot n} \\D_m^2 &= 4 \cdot R \cdot \lambda \cdot m & D_n^2 &= 4 \cdot R \cdot \lambda \cdot n\end{aligned}$$

$$D_m^2 - D_n^2 = 4 \cdot R \cdot \lambda \cdot (m - n) \quad (m - n) = T$$

$$R_i = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4R\lambda} \quad (10.37)$$

Jadvaldan olinganlardan va (10.37) ifoda yordamida turli  $m$  va  $n$  lar (halqa nomerlari) uchun linzaning egrilik radiuslari  $R_i$ , xatoligi  $\Delta R$ , nisbiy xatoligi  $\varepsilon_R$ ,  $R_{o'rt}$  lar topiladi.

EHM da ishlash uchun (10.37) ifoda quyidagicha yoziladi:

$$R(I) = [D_2(I) - B_1(I)]^2 - \frac{[D_2(I - T) - B_1(I - T)]^2}{4\lambda T} \quad (10.38)$$

Jadvalda olingan o'lchashlarga binoan (10.38) ifoda yordamida EHM da  $R(I)$  larni  $R_{o'rt}$ ,  $DR$ ,  $EPSR$  larni hisoblash L1032 programmada keltirilgan. Kalkulyator va EHM da olingan hisoblash natijalari solishtiriladi.

## 5-usul

(10.21) ifodaga binoan:  $r_m = \sqrt{R \cdot \lambda \cdot m}$   $r_n = \sqrt{R \cdot \lambda \cdot n}$ ,

$$D_m^2 = 4 \cdot R \cdot \lambda \cdot m \quad D_n^2 = 4 \cdot R \cdot \lambda \cdot n$$

$$D_m^2 - D_n^2 = 4 \cdot R \cdot (\lambda \cdot T(m - n)) \quad (10.39)$$

$$R(m, n) = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4\lambda T} \quad (10.40)$$

(10.40) ifoda yordamida turlicha kombinatsiyalar uchun jadvaldagi o'lchashlar asosida linzaning egrilik radiuslari,  $R_{o'rt}$ ,  $DR$ ,  $\varepsilon_R$  lar hisoblanadi. EHM yordamida hisoblash uchun (10.40) ifoda quyidagicha yoziladi:

$$R(J, I) = \frac{1}{4\lambda} [D_2(J) - B_1(J)]^2 - \frac{[D_2(J - I) - B_1(J - I)]^2}{J - I} \quad (10.41)$$

(10.41) ifodada  $I = L, N, T$ ,  $J = I + T, N, T$

Jadvalda olingan o'lchash natijalariga binoan (10.41) ifoda yordamida EHM da hisoblab, egrilik radiuslarini halqalarning turli kombinatsiyalari uchun  $R(J, I)$  lar  $R_{o'rt}$ ,  $DR$ ,  $EPSR$  larni hisoblash

L1033 dasturda keltirilgan. Kalkulyator va EHM da hisoblangan natijalar solishtiriladi.

Bu ishni hisoblash uchun keltirilgan ifodalar va EHM ga kirgan fizik kattaliklar quyidagilardir:  $K$  – tajriba soni.  $L$ ,  $N$  – ixtiyoriy boshlang'ich va oxirgi halqalar raqami.  $T$  – qadam.  $D_2(f)$  – mikroskopda ko'ringan markazdan o'ng tomondagi halqalar vaziyati (mm).  $B_1(f)$  – mikroskopda ko'ringan markazdan chap tomondagi halqalar vaziyati (mm).  $R_{o\gamma n}$  – egrilik radiusining o'rta qiymati (mm).  $DR$  – egrilik radiusining o'rtacha kvadratining xatoligi (mm).  $EPSR$  – egrilik radiusining nisbiy xatoligi.

Bu laboratoriya ishdan olingan o'lchash natijalarini EHM da «Beysik» tilida tuzilgan dastur L1031, L1032, L1033 larda ko'rish mumkin.

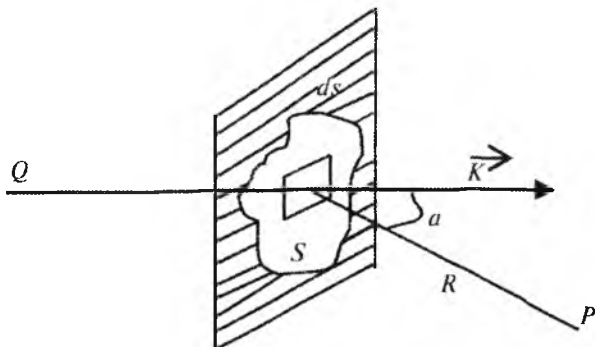
#### **Adabiyotlar**

1. 114–122-betlar;
2. 76–96-betlar;
3. 75–83-betlar;
7. 451–455-betlar;
12. 3–13-betlar.

## 11-ISH. DIFRAKSION UZUNLIKNI FRENEL DIFRAKSIYASI USULI BILAN O'RGANISH

Har qanday yorug'lik difraksiyasi hodisalarini yangi prinsiplar ishlatmasdan elektromagnit to'lqin nazariyasi asosida tushuntirish mumkin. Yorug'likning biror muhitda tarqalishi masalasini o'ziga mos chegaraviy shartlar asosida Maksvell tenglamalari yordamida yechish ko'pdan-ko'p matematik qiyinchiliklarni tug'diradi. Asosiy qonuniyatlarni hisoblab topishda taqribiy usullarni qo'llash qulayroqdir. Bu usullardan biri Gyugens-Frenel prinsipidir. Bu usul yorug'likning difraksion manzarasidagi yorug' va soya sohalaridagi intensivlik taqsimotini taqriban hisoblab topish imkonini beradi. Gyugens-Frenel prinsipiga asosan, kuzatish nuqtasidagi yorug'lik maydonini ikkilamchi yorug'lik to'lqinlarining interferensiyasi natijasi sifatida qarash mumkin. Ushbu ikkilamchi yorug'lik to'lqinlari fazodagi nuqtalarning asosiy yorug'lik manbayi to'lqinini g'alayonlashtirishi natijasida vujudga keladi.

11.1-shaklda ixtiyoriy shakldagi tirqish yordamida yorug'lik difraksiyasini hosil qilish sxemasi keltirilgan. Monoxromatik yorug'lik to'lqinini tarqatuvchi  $Q$  nuqtaviy manba berilgan bo'lib, undan tarqalayotgan to'lqin yo'liga  $S$  tirqishli ekran to'siq sifatida qo'yilgan



11.1-shakl.

bo'lsin (11.1-shakl). Agar ekrandagi tirqishning o'lchami yorug'lik to'lqin uzunligidan ko'p marta katta bo'lsa, tirqish chetidan har qanday uzoqlikdagi difraksion manzaraning xususiyati to'siq sifatida ishlatilgan ekranning materialiga bog'liq bo'lmaydi.

Frenel usuli bo'yicha qo'yilgan masalani taqriban yechish uchun  $S$  tirqishdagi yorug'lik to'lqinining  $E$  elektr maydon kuchlanganligi ekran bo'lmagandagi to'lqin elektr maydoni kuchlanganligiga teng va ekranning tirqishdan boshqa nuqtalarida esa nolga teng deb olinadi. Ixtiyoriy ko'rinishdagi  $S$  tirqish yuzasini juda kichik  $dS$  yuzachalarga bo'lib chiqaylik. Bu  $dS$  yuzaning o'lchami to'lqin uzunligining kvadratiga ( $\lambda^2$ ) nisbatan ko'p marta katta ( $dS \gg \lambda^2$ ) bo'lib, lekin  $S$  yuzaga nisbatan ko'p marta ( $S \gg dS$ ) kichik bo'lsin. Elementar  $dS$  qism tomonidan difraksion manzaraning  $R$  nuqtasida hosil qilingan  $d\vec{E}_p$  elektr maydon kuchlanganligi tirqishning  $dS$  qismidagi  $\vec{E}$  elektr maydon kuchlanganligiga va proektsiyasi  $dS_n$  ga teng bo'lgan  $R$  nuqtadan kuzatganda ko'rinuvchi  $dS$  maydonchani yuzasiga mutanosib bo'lsin. Agar  $dS$  elementar yuzadan  $R$  nuqtagacha bo'lgan masofani  $R$  bilan belgilasak, u holda  $R$  nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligining amplitudasi quyidagicha ko'rinishda aniqlanadi:

$$d\vec{E}_p = k(\alpha)\vec{E} \frac{e^{ikr}}{R} dS_n \quad (11.1)$$

bu yerda  $k(\alpha)$  — og'ish koeffitsienti bo'lib, u ikkilamchi to'lqinlar amplitudasining to'lqin vektori  $\vec{K}$  va kuzatish nuqtasiga o'tkazilgan normal orasidagi  $\alpha$  — burchakka bog'liqligini bildiradi.

Buning ajoyib tomoni shundan iboratki, biz  $k(\alpha)$  funksiyaning aniq ifodasini uning  $\alpha = 0$  da maksimum qiymatni oladi va ning o'sishi bilan qiymati bir tekisda kamayadi deb, ko'pgina difraksion

masalalarni yechishimiz mumkin. Birinchi ifodadagi  $\frac{e^{ikr}}{R}$  ko'paytma ikkilamchi to'lqinlar amplitudasining  $dS$  dan  $R$  yo'nalishda tarqalishida kamayishini bildiradi.  $R$  kuzatish nuqtasidagi to'la elektr maydonni, tirqishdagi barcha elementar  $dS$  yuzachalardan kelayot-

gan ikkilamchi to'liqlar elektr maydon kuchlanganliklarining yig'indisidan iborat, ya'ni:

$$\vec{E}_p = sk(\alpha)E \frac{e^{ikr}}{R} d\vec{S}_n \quad (11.2)$$

(11.2) ifoda Gyuygens-Frenel usulining matematik ifodasidir. Ushbu ifodadagi ifoda yordamida  $R$  kuzatish nuqtasidagi elektr maydon kuchlanganligini hisoblash juda murakkab masaladir. Lekin to'liqlar manbai bilan kuzatish nuqtasi  $R$  oralig'iga qo'yilgan to'siq-ekran simmetrik xususiyatiga ega bo'lsa (doira, to'g'ri burchakli to'rtburchak va hokazo) u holda hisoblashlar soddalashadi.

Frenel o'zi taklif etgan va «Frenel zonalar usuli» deb nom olgan hisoblash usuli katta qulayliklarga ega. Simmetriya xususiyati bor bo'lganda, ikkilamchi to'liqlar manbai ma'lum qoida bilan gruppalariga (zonalariga) to'planishi mumkin va  $R$  nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligini har bir zonadagi ikkilamchi to'liqlar manbalari ta'sirining yig'indisi sifatida ko'rish mumkin.

Agar to'liqlar sferik to'liqlar bo'lsa (yorug'lik manbai nuqtaviy), u holda bir jinsli izotrop muhitda tarqalayotgan to'liqlar sirti SP to'g'ri chiziqqa nisbatan simmetrik bo'ladi. U holda to'liqlar sirtini shunday doiraviy kamarlarga ajratamizki, bu doiraviy kamarning ikki chetidan  $R$  nuqtasigacha bo'lgan masofalar bir-biridan  $\lambda/2$  ga farq qilsin. Bu yerda shu muhitda tarqalayotgan yorug'likning to'liqlar uzunligidir.

(11.1) ifoda orqali ko'rsatish mumkinki, har bir zonaning yuzi  $\lambda^2$  aniqlik bilan bir-birlariga teng bo'lib, har bir keyingi zonaning egrilik radiusi avvalgisiga nisbatan  $\sqrt{n}$  kabi ortadi. Bu yerda  $n$  — zonalar tartib raqami. Qo'shni zonalar  $R$  nuqtasigacha kelayotgan to'liqlarning fazasi bir-biridan  $\pi$  ga farq qiladi, shuning uchun  $R$  nuqtadagi yig'indi elektr maydon kuchlanganligi quyidagicha ifodalanadi:

$$E_p = E_1 - E_2 + E_3 - E_4 + \dots \quad (11.3)$$

Ushbu qator hadlarining qiymati modul jihatdan qator soni oshgan sari qiymati ikki sababga ko'ra kamayib boradi: birinchidan, zonalar nomeri oshgan sari zonalar  $R$  nuqtasigacha bo'lgan masofa oshib borishiga bo'lsa, ikkinchidan zonalar tartib

raqami oshishi bilan ularning  $R$  kuzatish nuqtasidan ko'rinish yuzasining kamayishi (zonalarining og'ish effekti) hisobiga. (11.3) ifodadagi  $E_n$  maydon amplitudasi tartib raqami yig'indisining yarmiga teng, deb olish mumkin, ya'ni:

$$E_n = \frac{E_{n-1} + E_{n+1}}{2}$$

Shuning uchun, quyidagi ifodani yozishimiz mumkin:

$$E_p = \frac{E_l}{2} \pm \frac{E_m}{2}$$

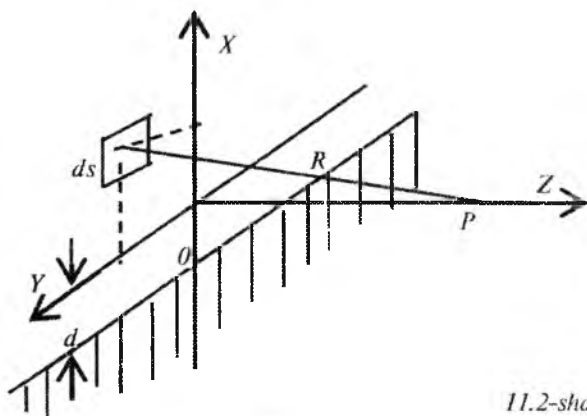
bunda,  $E_m$  — kuzatish  $R$  nuqtasidan eng uzoqdagi  $m$  — zonadan kelayotgan to'lqin amplitudasi.

Erkin to'lqin fronti uchun  $R$  nuqtadagi maydon amplitudasi markaziy zonadan kelayotgan to'lqin amplitudasining yarmiga teng, chunki  $m$  — ning katta qiymatlarida  $E_m$  ning hissasi kichikdir.

Agar to'lqin frontining bir qismi to'siq bilan berkitilgan bo'lsa, bu holda difraksion masalani yechishda ishlatilayotgan (11.3) yig'indida to'siq berkitgan zonalarini ifodalovchi hadlarni e'tiborga olmaslik kerak.

Qirrasini to'g'ri chiziqli to'siq chetidan hosil bo'lgan difraksion manzaraning tabiatini hisoblaylik. Soddalik uchun to'siq qirrasiga yassi frontli to'lqin tushadi, deb faraz qilaylik.

Qirrasini to'g'ri chiziqli to'siq yordamida difraksiya hosil qilish sxemasi 11.2-shaklda berilgan. Dekart ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) koordinatalar



11.2-shakl.

sistemasida ko'chish nuqtasi  $R$  uchun quyidagi  $L \gg d$  shart bajarilsin. Bu holda biz geometrik soya chegarasidagi difraksion tasvirdagi intensivlik taqsimotini aniqlaylik. Gyuygens-Frenel prinsipini qo'llashda  $S$  yuza vazifasini  $XOY$  tekislikning to'siq bilan berkitilmagan qismi bajaradi. Bu tekislikning har bir nuqtasidagi yassi to'lqin maydon kuchlanganligini bir xil deb olamiz. Bu tekislikni to'siq qirrasiga parallel bo'lgan tasma (yo'lka, chiziq) larga ajratamiz.

To'siq yaqinidagi to'lqin frontining dS elementlari uchun (kichik difraksion og'ishlar deyiladi) zonalarining og'ish faktori doimiydir. Shuning uchun  $R$  nuqtadagi maydon kuchlanganligiga zonalarining turlicha hissa qo'shishining sababi, bu zonalarining  $R$  nuqtadan turlicha masofada joylashganligidir.

Elementar dS yuzadan  $R$  nuqtagacha bo'lgan  $R$  masofa quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$R = \sqrt{L^2 + x^2 + y^2} = L + (x^2 + y^2)/2L$$

U holda (11.2) ifodadan foydalanib, uni  $\mu_1$  ga teng bo'lgan zonalaridan  $R$  nuqtaga kelgan to'lqinlar maydon kuchlanganligi  $E_p$  quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$E'_p = C \frac{E}{L} \int_{x=1}^{h_1} \int_{y=-\infty}^{y=+\infty} e^{ik[L + \frac{x^2 + y^2}{2L}]} dx dy = C \frac{E}{L} e^{ikL} \int_0^{h_1} e^{ik \frac{y^2}{2L}} dy \int_0^{h_1} e^{ik \frac{x^2}{2L}} dx$$

Bu yerda  $C = \text{const}$ . Bu ifodadagi «y» bo'yicha olingan birinchi integral doimiy ko'paytuvchini beradi, sababi u to'lqin frontining ( $OX_1$ ) polosasining kengligiga bog'liq emas. U holda  $0 \div X_1$  kenglikdagi to'lqin fronti  $R$  nuqtada hosil qilgan maydon kuchlanganligi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$E_p \approx \int_0^{x_1} e^{\frac{ikx^2}{2L}} dx$$

yoki yangi  $kx^2/L = \pi\eta^2$  ko'rinishdagi o'zgaruvchini kiritsak, u holda

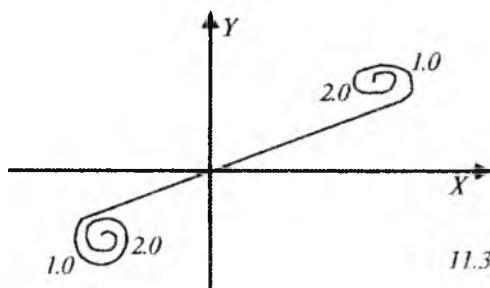
$$E_p = \int_0^{\eta_1} e^{\frac{i\pi\eta^2}{2}} d\eta \quad (11.4)$$

ifodani olamiz. Bu ifoda Kornyu spiralining kompleks formadagi parametrik tenglamasidir.

To'g'ri burchakli X,Y koordinatalar sistemasida Kornyu spiralining tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\begin{aligned} x(\eta_1) &= \int_0^{\eta_1} \cos(\pi\eta^2/2)d\eta \\ y(\eta_1) &= \int_0^{\eta_1} \sin(\pi\eta^2/2)d\eta \end{aligned} \quad (11.5)$$

Bu tenglamalar Frenel integrallari deyiladi:



11.3-shakl.

Kornyu spiralining elementar yoyini  $d\eta$  differensial bilan belgilaymiz. Koordinata boshidan  $\eta_1$  nuqttagacha bo'lgan masofani /  $\eta_1$  / bilan belgilaylik.  $\eta$  parametrning  $\eta_1$  nuqtadagi qiymatiga mos keluvchi  $dy/dx$  hosilani aniqlaylik. (11.5) ifodaga asosan  $\eta$  ning  $d\eta$  orttirishiga quyidagilar mos keladi:

$$dx = \cos \frac{\pi\eta^2}{2} d\eta$$

$$dy = \sin \frac{\pi\eta^2}{2} d\eta$$

Y a' ni,

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi\eta^2}{2}\right) = \operatorname{tg}\alpha$$

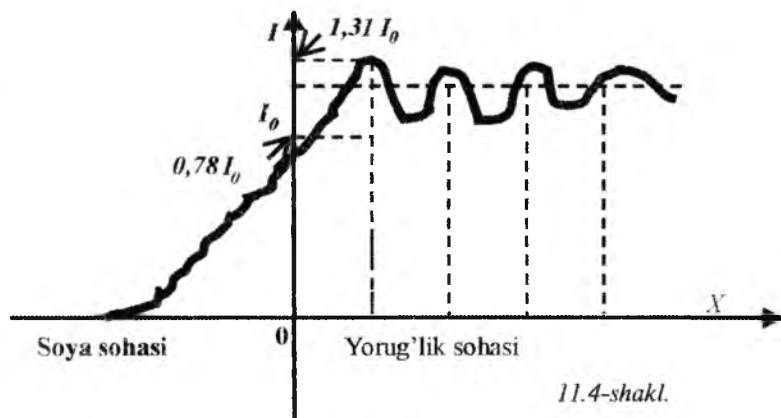
Bu yerda  $\alpha$  — egri chiziqning shu nuqtadagi urinmasining og'ish burchagi.

Shunday qilib,

$$\alpha = \frac{\pi \eta^2}{2} \quad (11.6)$$

Agar  $\eta = 0$  bo'lsa,  $\alpha = 0$  bo'ladi va Kornyu spirali 0 nuqtada X o'qiga urinma bo'ladi.

Agar  $\eta = 1$  bo'lsa,  $\alpha = \pi/2$  bo'ladi va Kornyu spirali 0 nuqtada Y o'qiga urinma bo'ladi. Shunday qilib, Kornyu spirali fokuslari atrofida ko'plab urinmalarni kuzatish mumkin. (11.6) munosabatga asoslanib,  $\eta$  parametrning berilgan qiymatiga mos nuqtani Kornyu spiralidan topish mumkin.



11.4-shakl.

Kornyu spirali yordamida har qanday nuqtadagi yorug'lik tebranishining amplitudasini aniqlash mumkin. Buning uchun Kornyu spiralida joylashgan ikki nuqtaning koordinatasini bilib, ularni to'g'ri chiziq bilan tutashtirish kerak. Bu nuqtalardan biri ochiq zonalarining birinchisining boshlanishida, ikkinchisi esa so'nggisining oxirida joylashgan. Ikki nuqtani tutashtirgan to'g'ri chiziqning uzunligi  $R$  nuqtadagi tebranish amplitudasini beradi. Yorug'lik intensivligining  $R$  nuqta koordinatasiga bog'liqligi (X o'qi yo'nalishida) 11.4-shaklda berilgan.

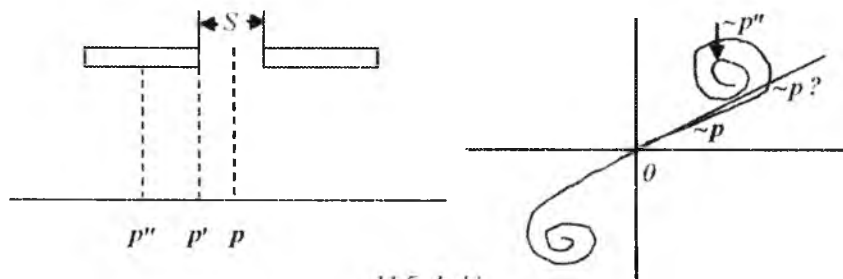
Geometrik soya chegarasidagi yorug'lik intensivligi taqsimoti grafigidan (11.4-shakl) ko'rinib turibdiki, geometrik soya qismiga o'tganda (X ning manfiy qiymatlar sohasida) yorug'lik intensivligining qiymati asta-sekin kamayib, nolga intiladi.

Chegaraning yon tomonlarida yorug'lik intensivligining almashib turuvchi maksimum va minimumlari joylashgan. Ularning koordinatalari quyidagi ifoda orqali aniqlanishi mumkin:

$$x_i = \frac{\pi L}{k} \eta_i^2 = \frac{\pi L}{k} \frac{2\alpha}{\pi} = \frac{2L}{k} \alpha.$$

bu yerda  $\alpha$  — Kornyu spiralidagi mos nuqtadan o'tgan urinmaning og'ish burchagi. Ushbu munosabat yordamida maksimum va minimumlarning koordinatalari, ularning kengligini aniqlash mumkin. Buning uchun  $L$ ,  $\lambda$  va  $\alpha_i$  larning qiymatlarini bilishimiz zarur.

Yarim tekislikdan hosil bo'lgan difraksiya masalasini yechish usuli bizga cheksiz uzun tirqishdan hosil bo'lgan difraksiyani aniqlash imkonini beradi. Tirqish markazining qarshisidagi  $P$  nuqtada yig'indi vektorning boshlanishi va oxiri Kornyu spiralining koordinata boshiga nisbatan simmetrik joylashgan.



11.5-shaki.

Tirqishning chetiga qarshi bo'lgan  $P'$  nuqtaga surilsa, yig'indi vektorning uchi spiralning markazi bo'lgan  $O$  nuqtaga siljiydi. Vektorning oxiri esa spiral bo'ylab  $P'$  chiziq tomonga siljiydi. Soyaning ichki tomoniga kirgan sari yig'indi vektorning uchi va oxiri spiral bo'ylab siljib, eng kichik masofada ( $P''$  nuqtaga mos keluvchi vektor uzunligida) joylashadi. Bu holda yorug'lik intensivligi minimum qiymatga erishadi. Vektor uchi va oxiri yanada spiral bo'ylab siljishida uning uzunligi uzayib-qisqarib kuchsiz tebranadi va mos ravishda kuchsiz maksimum va minimumlar paydo bo'ladi. Agar  $P$  nuqtani qo'zg'almas saqlab, tirqishning kengligini  $P$  nuqtaga nisbatan simmetrik ravishda kengaytirib borsak, u holda  $P$  nuqtadagi yorug'lik intensivligi maksimumlar va noldan farqli minimumlardan o'tib

pulslanadi. Markaziy yo'lcha difraksion manzaraning simmetrik o'qi bo'lib xizmat qiladi. Shunday qilib, difraksion manzaraning simmetriya markazini kuzatish natijasida tirqish orqali o'tayotgan zonalar miqdori to'g'risida aniq xulosa chiqarish mumkin.

Agar tirqishning kengligini asta-sekin oshira boshlasak, difraksion manzaraning markazida yorug'lik intensivligining minimumi (ikki yorug' yo'lka o'rtasida qorong'i yo'lka) paydo bo'lsa, bu holni paydo qiluvchi to'lqin fronti ikki birlamchi zonadan iborat bo'ladi. To'lqin fronti uchta zonadan iborat bo'lsa, difraksion manzaraning markazida yorug' yo'lka paydo bo'ladi va uning ikki yonida qorong'i yo'lka paydo bo'ladi. To'rt zonali to'lqin fronti difraksion manzaraning markazida yana qorong'i yo'lka bilan ikki yondosh minimumni hosil qiladi.

Shunday qilib, difraksion manzara markazi yonidagi minimumlar soni tirqish kengligiga mos kelgan Frenel zonalar sonidan birga farq qiladi. 1-jadvalda difraksion manzara intensivligining turli taqsimotlarining tirqish kengligiga bog'liq bo'lgan ko'rinishi (difraksion manzaraning markazida kuzatiladigan yakka, juft, uchta va hokazo maksimumli hollar) va ularga mos  $x$ , parametrlarning qiymatlari ko'rsatilgan va berilgan).

$$\eta = \frac{x\sqrt{2}}{\sqrt{L\lambda}}$$

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, agar  $\eta^2 \ll 1$  shart bajarilsa, u holda difraksion manzaraning markazida Fraungofer difraksiyasi holidagidek yagona maksimum hosil bo'ladi.

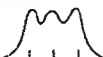
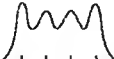
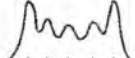
Agar  $\eta^2 = 1$  bo'lsa difraksion manzara Frenel difraksiyasi bo'lib, markazdagi holat tirqish kengligida joylashadigan zonalar soniga bog'liq. Agar  $\eta^2 \gg 1$  bo'lsa, manzaraning markazida intensivlik taqsimoti bir tekis bo'lib, bu hol geometrik optikaga mos keladi.

Difraksion manzara ko'rinishining  $\alpha$  va  $\eta$  parametrlarga bog'liqligi 1-jadvalda ifodalangan. Quyidagi  $\eta^2 = \frac{2x^2}{L\lambda} \approx 1$  shartdan difraksion  $L < 2x^2/\lambda$  uzunlikni aniqlash mumkin (bu kattalikning fizik mohiyatini aniqlashga harakat qiling).

Shunday qilib:  $Z_d \approx \frac{2x^2}{\lambda}$  yoki  $Z_d \approx \frac{b^2}{2\lambda}$ ,

bu yerda  $b$  — tirqish kengligi.

1-jadval

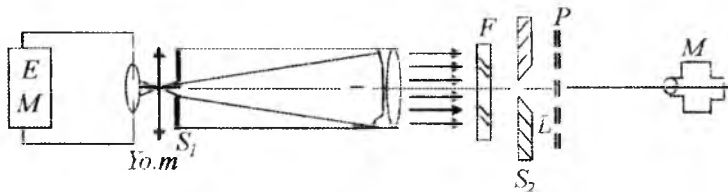
| Difraktsion manzaraning ko'rinishi |                                                                                   | $\alpha$          | $\eta$        |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------|
| 1                                  |  | $\frac{3\pi}{4}$  | $\sqrt{1,5}$  |
| 2                                  |  | $\frac{7\pi}{4}$  | $\sqrt{3,5}$  |
| 3                                  |  | $\frac{11\pi}{4}$ | $\sqrt{5,5}$  |
| 4                                  |  | $\frac{15\pi}{4}$ | $\sqrt{7,5}$  |
| 5                                  |  | $\frac{19\pi}{4}$ | $\sqrt{9,5}$  |
| 6                                  |  | $\frac{23\pi}{4}$ | $\sqrt{11,5}$ |

*Ishdan maqsad:* tirqish kengligi va kuzatish nuqtasi o'zgarganda difraktsion manzaraning o'zgarishiga qarab  $Z_d$  difraktsion uzunlikni aniqlash.

### Eksperimental qurilma

Frenel difraksiyasini kuzatish va kerakli o'lchashni bajarishga imkon beradigan qurilma GS-5 goniometr asosida yaratilgan va uning chizmasi 11.6-shaklda berilgan.

Simobli yorug'lik  $L$  lampasining nuri,  $K$  kondensor yordamida goniometr ko'rishiga sozlanadigan kollimatorning  $S_1$  tirqishiga



11.6-shakl. Frenel difraksiyasini kuzatish qurilmasining chizmasi.

tushiriladi (goniometr laborant tomonidan sozlanadi). Kollimator yordamida hosil qilingan yassi frontli, parallel nurlar dastasi  $F$  ( $\lambda=0,55$  mkm) yorug'lik filtridan o'tib, kengligi o'zgaruvchan  $S_2$  tirqishga tushadi. Uning kengligini o'lchash uchun kollimator mikrometrik o'lchagich bilan ta'minlangan. Tirqishning kengligi  $0,001$  mm qadam bilan  $0\div 0,4$  mm oraliqda o'zgaradi. Mikroskop  $M$  yordamida  $P$  tekislikdagi difraksion manzara kuzatiladi va o'lchashlar olib boriladi. Mikroskopning ko'ndalang yo'nalishidagi harakati mikroskopdagi mikrometrik qurilma yordamida amalga oshiriladi (mikroskop  $0,001$  mm qadam bilan maksimal  $2,4$  mm masofaga siljish mumkin). Mikroskop va  $S_2$  tirqish o'zaro qattiq qotirilgan holda kronshteynga o'rnatiladi. Kronshteyn o'z navbatida goniometr stolchasiga o'rnatilgan. Bu ishda goniometrning chiqish kollimatoridan foydanilmaydi.

### Topshiriqlar

1. Eksperimental qurilmaning elementlari bilan tanishing. Simob lampasini elektr ta'minot manbayini elektr tarmog'iga ulang. Tirqish  $S_2$  kengligini taxminan  $0,1\div 0,2$  mm oraliqda qo'yib, mikroskopni sozlash jarayonida okulyarda tirqishning aniq tasvirini hosil qiling. Mikroskop asosida bo'ylama chizg'ich shkalasi yordamida uning ish holatini belgilab oling. Mikroskopni siljitib, tirqish chetidagi difraksiyani kuzating. Difraksiya manzarasidagi yorug'lik intensivligining taqsimotini chizib oling va olingan tasvirni Kornyu spirali yordamida tushuntiring.

2. Mikroskopni avvalgi holatiga qaytarib, tirqishning aniq tasvirini okulyarda hosil qilib, uning bu holatini chizg'ich shkalasida belgilab oling. So'ngra mikroskopni asta-sekinlik bilan  $S_2$  tirqishdan ( $5$  mm dan ko'p bo'lmagan masofaga surib okulyarda birinchi jadvaldagi birinchi qatorda tasvirlangan difraksion manzaraga o'xshash markaziy maksimumli) tasvirni hosil qiling. Shu tasvir uchun mikroskopning holatini belgilab oling. So'ngra mikroskop holatini buzmasdan, tirqish kengligini asta-sekin o'zgartirib, difraksion manzara o'zgarish dinamikasini kuzating. Ikki, uch, to'rt, besh va olti maksimumli difraksion manzaralar hosil bo'lgandagi tirqish kengligining qiymatlarini yozib oling. O'lchash jarayonini uch marta qaytaring.

3. Mikroskopni avvalgi holatidan 5 mm masofaga siljitib, bajarilgan barcha o'lchashlarni qaytaring. Uchinchi sikl o'lchashlar mikroskopni 10mm masofaga siljitib bajariladi.

Olingan natijalarni ikkinchi jadvalga kiriting.

2-jadval

| N/N | N | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $b_1$ | $b_2$ | $b_3$ |
|-----|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.  | 1 | 5     | 10    | 20    |       |       |       |
| 2.  | 2 | —"    | —"    | —"    |       |       |       |
| 6.  | 6 | 5     | 10    | 20    |       |       |       |

4. O'lchashlarni tugatgandan so'ng, simob lampasini o'chiring va qurilmani boshlang'ich holatga sozlang.

### O'lchash natijalarini qayta ishlash

Ikkinchi jadvalda keltirilgan o'rtachalashtirilgan natijalardan foydalanib,  $b^2=2\eta^2\lambda L$  munosabatni ifodalovchi to'g'ri chiziqlar oilasini chizing. Ularning qiyaligi  $2\eta^2\lambda$  ko'paytmani, so'ngra difraksion  $\eta$  — parametрни va difraksion  $Z_d$  — uzunlikni aniqlash imkonini beradi.

### Tekshirish uchun savollar

1. Qanday hollarda Frenel va Fraungofer difraksiyalari kuzatiladi? Bu difraksiyalarning bir-biridan farqi nimada?

2. Tirqishdan va teshikdan hosil bo'lgan difraksiyalardagi vektor diagrammalarning farqi nimada?

3. Kornyu spirali yordamida difraksion yo'lkalarning kengligini qanday baholash mumkin?

4. Gyuygens-Frenel prinsipi asosida difraksion masalalarni taqriban yechish usulidagi asosiy prinsipial ahamiyatli qanday qiyinchiliklar bor?

### Adabiyotlar

1. 145—168-betlar;
2. 118—135-betlar;
6. 268—283-betlar;
12. 14—21-betlar.

---

## 12-ISH. DIFRAKSION PANJARA YORDAMIDA YORUG'LIKNING TO'LQIN UZUNLIGINI ANIQLASH

**Zarur asboblari:** Goniometr GS-5, difraksion panjara, simob lampasi.

Shaffof bo'lmagan to'siq chekkasidan yorug'lik to'lqinining to'g'ri chiziqli tarqalishidan har qanday og'ishiga difraksiya deyiladi. Yorug'lik difraksiyasi yorug'lik to'lqinining to'siq chekkalari bilan o'zaro ta'sirlashishidan vujudga keladi.

Masalan, juda ham ingichka ip olamiz va bu ipni monoxromatik yorug'lik nurining yo'liga joylashtiramiz. Ekranda o'sha ipning soyasi (qorong'i) bo'lishi o'rni yorug' chiziqlarga ega bo'lamiz. Undan tashqari bu oq chiziq atrofida yana yorug' va qorong'i ko'p chiziqlar vujudga keladi. Demak, yorug'lik ingichka ip chekkalaridan og'adi va difraksiya hodisasi bo'ladi. Yorug'likning ip chekkalaridan og'ib o'tgan qismlari bir-birlarini qoplashi natijasida interferensiyalashadi. Natijada, ekranda maksimum (yorug'), minimum (qorong'i) chiziqlar hosil bo'ladi.

Shunday qilib, yorug'lik difraksiyasi ikkita prinsip yordamida:

I. Gyuygens prinsipiga asoslanib sferik to'lqin frontining har xil nuqtasi o'z navbatida ikkilamchi yorug'lik manbayi hisoblanadi va bu yangi to'lqin shu muhitda ma'lum tezlik bilan tarqaladi.

II. Interferensiya qonuniga asosan, sferik to'lqin frontining hamma nuqtalari bir xil chastota va bir xil fazalarda tebranadi va ular kogerent manbalar hisoblanib, hosil bo'lgan ikkilamchi to'lqinlarning qo'shilishi natijasida fazoning ba'zi bir nuqtalarida bir-birlarini kuchaytiradi (maksimum bo'ladi), ba'zi bir nuqtalarida esa bir-birlarini susaytiradilar (minimum) hosil qiladilar.

Maksimum va minimumlarning hosil bo'lishini Frenel sferik to'lqin frontini zonalarga bo'lib, u zonalardan kuzatish nuqtasiga kelgan yorug'lik to'lqinining amplitudalarini qo'shish bilan tushuntiradi.

Difraksiya hosil qilishda asosan ikki xildagi difraksiya: yorug'lik manbayi bilan to'siq va to'siq bilan ekranlar oralig'i chekli bo'lgan hol va ikkinchisi Fraungofer xilidagi difraksiya (yorug'lik manbayi bilan to'siq va to'siq bilan ekran orasidagi masofalar cheksiz bo'lgan hol) ajratiladi.

Ikkinchi xildagi difraksiyani laboratoriya sharoitida olish uchun yorug'lik manbayi bilan to'siq oralig'i va to'siq bilan ekran oraliqlariga linzalar joylashtirish lozim.

I. Fraungofer turidagi difraksiyani, ya'ni tirqishdan hosil bo'lgan difraksiyani ko'rib chiqaylik.

Tirqish deb, hosil bo'lgan yarim tekisliklar bir-birlaridan  $b$  masofada parallel joylashgan sistemaga aytiladi.  $b$  tirqishning kengligi deyiladi. Tirqishga parallel nurlar dastasi tushishi kerak (Fraungofer turidagi difraksiya). Shuning uchun ham yorug'lik manbayi bilan tirqish oralig'iga va tirqish bilan manzarani kuzatiladigan ekran oralig'iga linzalar joylashtiramiz. Tirqishdan oldingi linza fokusida yorug'lik manbayi, tirqishdan keyingi linzaning fokal tekisligida ekran joylashgan bo'ladi.

Shunday qilib, tirqish tekisligiga parallel nurlar dastasini normal tushiramiz va tirqish tekisligi to'liq frontini hosil qiladi. Tirqish kengligi  $A = b$ ,  $\varphi$  – difraksiya burchagi (12.1-shakl). Agarda  $AB$  – tirqish oralig'ini  $x$  desak,  $A$  va  $B$  nuqtalardan  $\varphi$  – difraksiya burchagi bilan chiqqan nurlar orasidagi yo'llar farqi  $AB = d = x \sin \varphi$  bo'ladi. Tirqishning elementar  $dx$  – yuzalaridan (chunki  $dx$  – eni va  $l$  – tirqish uzunliklar ko'paytmasi yuzachani tashkil etadi) chiqqan tebranish amplitudalari  $dA = dx$  yoki  $dA = c dx$  bo'ladi. Tirqishning hamma yuzasidan ( $b$  – enidan) hosil bo'lgan tebranish amplitudasi:

$$A_0 = \int_0^b dA = \int_0^b c dx = cb$$

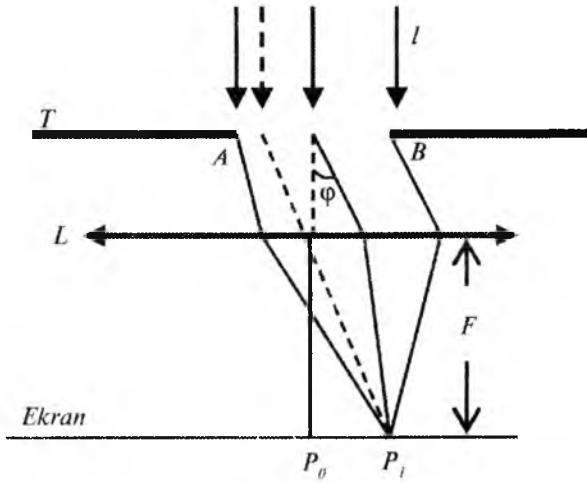
bundan,

$$c = \frac{A_0}{b}$$

kelib chiqadi.

$$dA = \frac{A_0}{b} dx$$

ni hosil qilamiz.



12.1-shakl.

Odatda difraktsiya burchaklari kichik bo'lganligidan,

$$S = \int_0^b ds = \int_0^b \frac{A_0}{b} \cos(\omega t - kd) dx = \int_0^b \frac{A_0}{b} \cos(\omega t - kx \sin \varphi) dx =$$

$$= A_0 \frac{\sin \frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}}{\frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}} \cos(\omega t - \frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda})$$

Bu tebranish amplitudasi  $\cos$  (yoki  $\sin$ ) lar oldidagi koef-fitsientdir, ya'ni

$$A_{\varphi} = A_0 \frac{\sin \frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}}{\frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}} \quad (12.1)$$

Intensivlik  $I_{\varphi} = (A\varphi)^2$  bo'lgani uchun

$$I_{\varphi} = I_0 \left( \frac{\sin \frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}}{\frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}} \right)^2 \quad (12.2)$$

Difraksiyalangan (tirqishdan) nurlarning maksimum yoki minimum shartlarini (12.2) ifodadan topamiz. (12.2) ifodaga quyidagi belgilash kiritib,

$$\beta = \frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda} \quad (12.3)$$

$$I_{\varphi} = I_0 \left( \frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \quad (12.4) \text{ ni olamiz.}$$

1. (12.4) dan  $\lim_{\beta \rightarrow 0} \frac{\sin \beta}{\beta} = 1$ ;  $I_{\varphi} = I_0$  maksimum bo'ladi.

Demak,  $\beta = \frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}$  2.  $\sin \varphi = 0$ ,  $\varphi = 0$  da nolinchii yoki bosh maksimum bo'ladi. Ekraning  $P_0$  nuqtasida (tirqish uchun), agarda tirqishga tushayotgan yorug'lik oq bo'lsa (quyosh nuri), oq yorug'chiziq, agarda monoxromatik (ma'lum to'lqin uzunligida – qizil, yoki ko'k, sariq,...) bo'lsa,  $P_0$  nuqtada o'sha tushgan rangdagi yorug'lik bo'ladi.

2. (12.2)dan

$$b \sin \varphi = \pm (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad (k = 1, 2, 3, \dots) \quad (12.5)$$

bo'lsa, ya'ni ushbu (12.5) shart bajarilsa ham, ekraning bu nuqtalarida boshqa maksimumlar bo'ladi. Lekin bu nuqtalardagi intensivliklar,  $\varphi = 0$  dagiga nisbatan juda ham kichik (xira) bo'ladi.

3. (12.2) ifodadan

$$b \sin \varphi = \pm k \lambda \quad (k = 1, 2, 3, \dots) \quad (12.6)$$

tirqishdan hosil bo'lgan difraksiyaning minimum (qorong'i) shartini beradi. Bu nuqtalar istalgan maksimumlar oralig'idir.

Shuni aytish kerakki, (12.2) ifodaga nazar tashlasak shuni ko'ramizki,  $+\varphi$ ,  $-\varphi$  difraksiya burchaklaridagi intensivliklar bir xil va  $P_0$  nuqtadagi (ekran markazidagi nolinci maksimumga nisbatan) manzara simmetrik joylashgan bo'ladi (sinuslar kvadratda bo'lgani uchun). Boshqa maksimumlar shartini, ya'ni (12.5) shartini (12.2) ifodaga qo'yib,  $k=1, k=2, k=3, \dots$  larni bersak,

$$I_0 : I_1 : I_2 : I_3 : \dots = 1 : 0.045 : 0.016 : 0.0086$$

lar kabi intensivliklar nisbatlari kelib chiqadi. Bu nisbatlardan ko'rinadiki, nolinci maksimum ( $\varphi=0$ ) boshqa maksimumlardan juda ham ravshan ekan.

Tirqish uchun minimum shartidan (12.6 ifodadan)

$$b \sin \varphi = \pm k \lambda \quad (12.6)$$

$$k \frac{\lambda}{b} = \sin \varphi \leq 1 \quad k \leq \frac{\lambda}{b} \quad (12.7)$$

minimumlar sonini beradi. Boshqacha aytganda, agarda  $\lambda > b$  bo'lganda, tirqishdan hech qanday difraksion manzara (maksimum yoki minimumlar) hosil bo'lmay ekan.

(12.6) ifodadan  $b \sin \varphi_{+1} = x \sin \varphi_{-1} = (\lambda - (-\lambda))_{\varphi} = 2\lambda \varphi_{\pm}$  burchak juda kichik bo'lgani uchun:

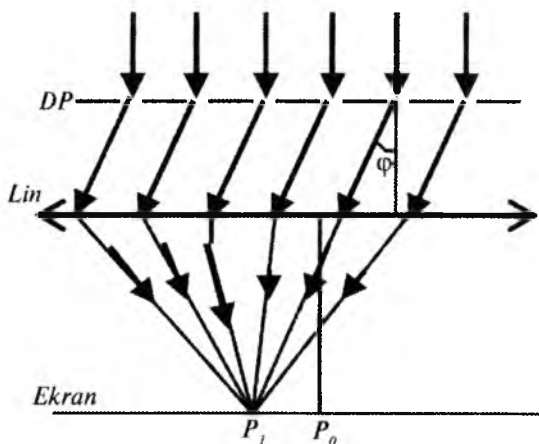
$$\Delta \varphi = \frac{2\lambda}{b} \quad (12.8)$$

ni olamiz. (12.8) ifoda tirqishdan hosil bo'lgan nolinci maksimumning burchak kengligi deyiladi.

II. Difraksion panjarada yorug'lik difraksiyasi hosil bo'lishini ko'ramiz.

Eni (kengligi) « $b$ » va uzunligi « $u$ » bo'lgan ( $u \gg b$ ) shaffof ramkaga tirqish deyiladi. Ko'p sondagi eni  $b$ , bir-birlaridan eni « $a$ » masofalardagi to'siqlardan iborat bo'lgan tirqishlar to'plamini difraksion panjara deyiladi. 12.2-shaklda difraksion panjara tasvirlangan bo'lib, unga parallel nurlar dastasi normal tushadi.

Difraksion panjara shaffof oraliqlarining (tirqishlarining) kengligini  $b$  bilan, tirqishlar orasidagi shaffof bo'lmagan oraliqlar  $a$  bilan belgilangan. Difraksion panjaradagi tirqishlarning umumiy



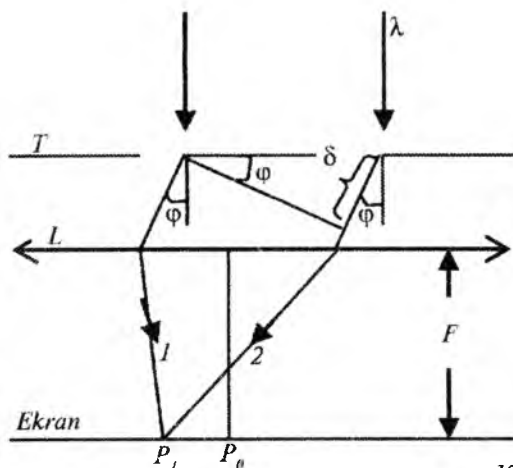
12.2-shakl.

sonini  $N$  va difraksiya panjara uzunligini  $L$  desak, u holda  $n=N/L$  ni difraksiya panjara birlik uzunligidagi shtrixlar soni deyiladi. Chunki, difraksiya panjara tekis yassi parallel shisha ustiga olmos qirrasini bilan bo'lish mashinasi yordamida, bir tekis qilib chiziqlar chiziladi. Olmos qirrasini chizgan izi  $a$ , izlar oralig'i  $b$  deb belgilanadi. Eng yaxshi difraksiya panjaralarda birlik uzunlikdagi shtrixlar soni 1 mm uzunlikda 2000 gacha chiziladi. Umumiy shtrixlar soni  $N = 200000$  gacha bo'ladi.

Difraksiya panjaradan pastda (12.3-shakl) linza  $L$  joylashtiriladi va linzaning fokal tekisligida ekran (difraksiya manzara kuzatilishi uchun) joylashtiriladi. Linza qo'yilishiga sabab, difraksiya panjaradan turli burchaklar bilan chiqqan yorug'lik dastalari linzadan o'tib, fokal tekisligida yig'iladilar va yig'ilgan joylarida maksimum (yorug'), minimum (qorong'i) chiziqlar hosil bo'ladi.

Hozir difraksiya panjaradagi hosil bo'lgan maksimum va minimum shartlarini ko'ramiz. Tirgich kengligi  $b$ , tirgichlar oralig'i  $a$  va  $a + b = d$  difraksiya panjara doimiy (yoki davri) bo'lgan  $N$  - ta tirgichlardan tashkil topgan difraksiya panjara berilgan bo'lsin. Bunda

$$n = \frac{N}{L} = \frac{1}{d} \text{ bo'ladi.}$$



12.3-shakl.

Bunday difraksion panjaraga parallel monoxromatik nurlar dastasi normal tushsin.

Normal tushgan parallel nurlar dastasi difraksion panjara bilan o'zaro ta'sirlashishi natijasida o'z yo'nalishini tushgan nurga nisbatan,  $\varphi$  — burchakka o'zgartiradi (difraksiya hodisasi). 12.3-shakldan bu yo'llar farqi  $\delta$  ga teng bo'ladi:

$$\delta = d \sin \varphi \quad (12.9)$$

Bu ikkita nur (boshqa tirqishlardan shu  $\varphi$  burchak bilan difraksiyalangan nurlar ham) linzadan o'tib, fokal tekistlikning  $P_\varphi$  nuqtasiga to'planadilar. Bu to'plangan nurlarning istalgan ikkitasi ( $d$  — oraliqdan chiqqanlar) orasidagi yo'llar farqi  $\delta = d \sin \varphi$  ga teng bo'ladi, ya'ni bir xil yo'llar farqiga ega bo'ladilar. Ikkita nurlar orasida yo'llar farqidan tashqari yana fazalar farqi ( $\Delta\varphi$ ) ham bor. Bular orasidagi bog'lanish:

$$\Delta\varphi = k\delta = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \varphi \quad (12.10)$$

Bu yerda  $k = 2\pi/\lambda$  to'liq soni deyiladi. Yuqorida qulaylik uchun ikkita tirqish va ikkita nurni olgan edik. Odatda difraksion panjarada  $N$  — ta tirqishlar bor, undan tashqari bir xil tirqishdan  $\varphi$  difraksiya burchagi bilan chiqqan nurlar ham ko'pdir. Agarda har bir

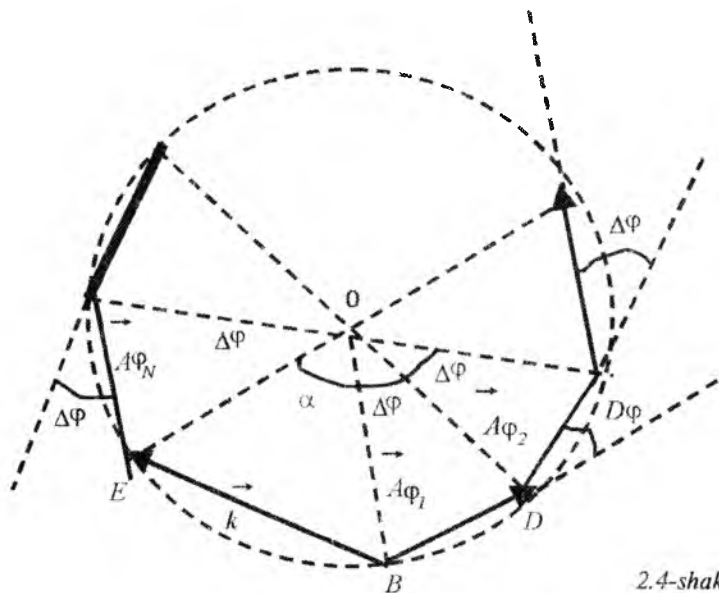
tirqishdan chiqqan nurlarning amplitudalarini  $A_i$  lar bilan belgilasak, u holda hamma tirqishlardan  $\varphi$  burchak bilan chiqib, ekranning  $P$  vaziyatiga yig'ilgan nurlar amplitudalarini quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{A} = \sum_{N \text{ ta}} \Delta \vec{A}_i = \sum_{1\text{-tir}} \Delta \vec{A}_i + \sum_{2\text{-tir}} \Delta \vec{A}_i + \dots + \sum_{N\text{-tir}} \Delta \vec{A}_i = \vec{A}\varphi_1 + \vec{A}\varphi_2 + \dots + \vec{A}\varphi_N \quad (12.11)$$

*tirqish*

Bu vektorlar bir-birlaridan  $\Delta\varphi$  fazalar farqiga farq qiladilar.

Agarda bu vektorlarni birin-ketin (12.4) shakldagidek qo'ya boshlasak, fazalar farqi  $\Delta\varphi = \text{const}$  bo'lgani uchun, aylananing koordinatalariga o'xshab ketadi. 12.4-shakldan  $\Delta OCD$  va  $\Delta OEC$  lardan yarim burchak sinuslarini topsak:



2.4-shakl.

$$\sin \frac{\Delta\varphi}{2} = \frac{\Delta\varphi}{2} = \frac{A\varphi}{OC} \quad OC = \frac{A\varphi}{2 \sin \frac{\Delta\varphi}{2}} \quad (12.12)$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{A}{OC} \quad A = A\varphi_i \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\Delta\varphi}{2}} \quad (12.12)$$

12.4-shakldan  $\alpha = 2\pi N\Delta\varphi$ ; ma'lumki,  $\Delta\varphi = 2\pi \frac{d \sin \varphi}{\lambda}$ .

Bu qiymatlarni (12.12) tenglamaga qo'ysak:

$$A = A\varphi_i \frac{\sin\left(\frac{\pi Nd \sin \varphi}{\lambda}\right)}{\sin\left(\frac{\pi d \sin \varphi}{\lambda}\right)} \quad (12.13)$$

$A\varphi_i$  — bitta tirqishdan  $\varphi$  — difraksiya burchagi bilan  $P_\varphi$  — nuqtaga kelgan amplitudalar.

$$A\varphi = A_0 \frac{\sin\left(\frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}\right)}{\frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}} \quad (12.14)$$

Shunday qilib,  $N$  ta tirqishlardan  $\varphi$  — difraksiya burchak bilan chiqib,  $P_\varphi$  nuqtaga kelgan natijaviy amplituda:

$$A = A_0 \frac{\sin\left(\frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}\right)}{\frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}} \frac{\sin\left(\frac{\pi Nd \sin \varphi}{\lambda}\right)}{\sin\left(\frac{\pi d \sin \varphi}{\lambda}\right)} \quad (12.15)$$

ifoda bilan ifodalanar ekan. Amplituda kvadrati yorug'lik intensivligiga mutanosibligini nazarga olib, yorug'lik intensivligi ifodasini quyidagicha yozamiz (chunki ekrandagi maksimum yoki minimumlarni intensivlik ifodasiga binoan topiladi):

$$I = I_0 \left( \frac{\sin\left(\frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}\right)}{\frac{\pi b \sin \varphi}{\lambda}} \right)^2 \left( \frac{\sin\left(\frac{\pi Nd \sin \varphi}{\lambda}\right)}{\sin\left(\frac{\pi d \sin \varphi}{\lambda}\right)} \right)^2 \quad (12.16)$$

(12.16) ifoda yordamida ekranning qaysi vaziyatlarida (joylarida) yorug'lik qo'shilishi natijasida kuchayishlarni (maksimumlarni) va (minimumlarni) tekshirib ko'rish mumkin. Shunday qilib, difraksion panjara uchun maksimum va minimum shartlari (12.16) ifodadan topiladi.

Difraksion panjara minimum sharti bitta tirqishdagi minimum sharti bilan bir xil bo'ladi, ya'ni:

$$b \sin \varphi = \pm k \lambda \quad (k=1,2,3,\dots) \quad (12.17)$$

(12.16) ifodani yorug'lik intensivligi va  $\alpha = \frac{\Delta \varphi}{2} = \frac{\pi d \sin \varphi}{\lambda}$  yordamida quyidagicha yozamiz:

$$I = I_0 \frac{\sin^2 N \alpha}{\sin^2 \alpha} \quad (12.18)$$

Bu intensivlik maksimum bo'ladi. Shu vektor qachonki  $\alpha = \pm k \pi$  ( $k=0,1,2,3$ ) shart bajarilsa, bu shartga muvofiq,

$$\frac{\pi d \sin \varphi}{\lambda} = \pm k \pi, \quad \text{unda } I = I_0 N^2$$

bo'ladi va

$$d \sin \varphi = \pm k \lambda \quad (m=0,1,2,3,\dots) \quad (12.19)$$

(12.19) ifoda difraksion panjaraga yorug'lik dastasi normal tushganda ekrandagi hamma maksimumlarning vaziyatini ko'rsatadigan ifoda bo'lib, bu ifodani difraksion panjara uchun bosh maksimumlar sharti deyiladi.  $\varphi = 0$  ni nolinch bosh maksimum deyiladi va bu nolinch maksimum bitta tirqishning nolinch maksimumidan  $N^2$  marta ko'p (juda ham ravshan) bo'ladi.

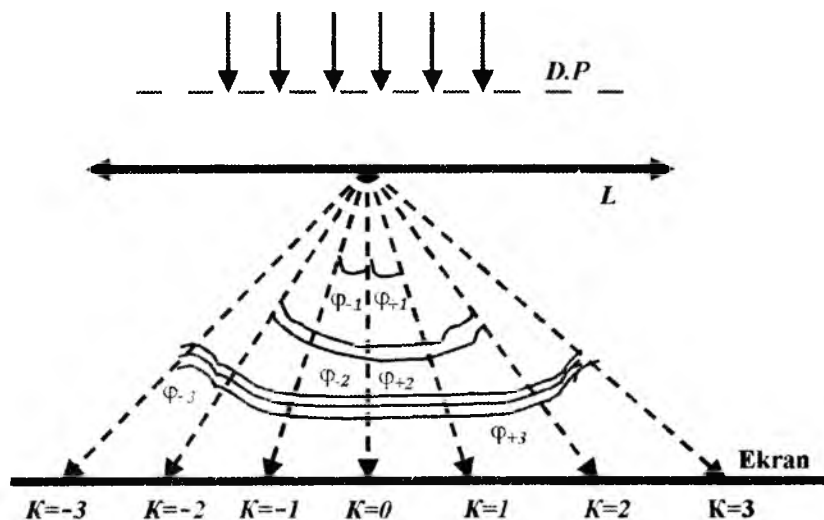
Shuni aytish kerakki, agarda difraksion panjaraga tushayotgan yorug'lik monoxromatik bo'lsa, ekrandagi hamma maksimumlar o'sha rangda bo'ladi, shu jumladan nolinch maksimum ham. Agarda difraksion panjaraga tushayotgan yorug'lik oq yorug'lik bo'lsa, difraksion maksimumlarda hamma ranglar (spektrlar) bo'ladi. Nolinch maksimum esa, keskin ravshan oq bo'ladi. Chunki nolinch maksimumda hamma spektrlar qo'shiladi.

Shunday qilib, difraksiyon panjara bilan ishlanganda, asosan (12.20)- ifoda bilan ish olib boramiz:

$$d \sin \varphi_{\pm k} = \pm k \lambda \quad (12.20)$$

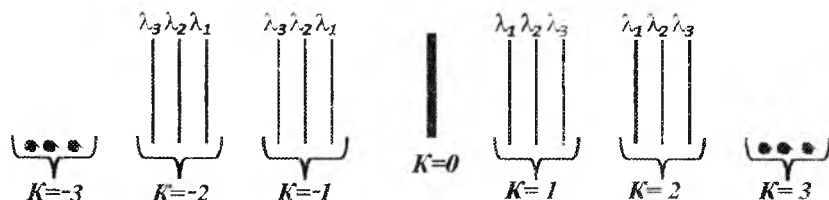
bu ifodada:  $d$  – difraksiyon panjara doimiysi,  $k$  – difraksiyon bosh maksimumlar tartibi,  $\lambda$  – tushayotgan yorug'lik to'qin uzunligi,  $\varphi_{\pm k}$  – difraksiya burchagi.

Bu burchak  $\varphi = 0$  dan ham o'ngda ( $+\varphi_1, +\varphi_2 + \varphi_3 \dots$ ), ham chap tomonda ( $-\varphi_1, -\varphi_2 - \varphi_3 \dots$ ) bo'ladi. Lekin  $|\varphi_{+k}| = |\varphi_{-k}|$  (12.20) va (12.16) ifodalar to'g'risida quyidagilarni aytish mumkin. Intensivlik ifodasida sinuslarning kvadrati bo'lgani uchun (sinus toq funksiya) uning asosi etib  $\varphi$  plyus yoki minus qiymatlarni olganda ham intensivlik plyus bo'laveradi, ya'ni bu ifodalarga asosan ekrandagi difraksiyon manzara (maksimumlar va minimumlar) no' holatga nisbatan simmetrik bo'ladi (12.5-shaklga qarang).



12.5-shakl.

Agarda difraksiyon panjara monoxromatik bo'lmagan yorug'lik dastasi bilan yoritilsa, difraksiyon manzara 12.6-shakldagidek ko'rinishga ega bo'ladi ( $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ ).



12.6-shakl.

## O'lchashlar

1. Goniometr GS-5 stolchasi ustiga difraksion panjarani kollimator tirqishiga parallel qilib joylashtiramiz. Bunda difraksion panjara tirqishlari stolchaga tik o'rnatiladi. Kollimator tirqishini keng yoki tor qilish mumkin.

2. Kollimatorning tirqishiga simob lampasidan yorug'lik tushiriladi.

3. Kollimatorning qarama-qarshi tomonida ko'rish trubkasi joylashgan. Ko'rish trubkasini o'q atrofida (stolcha o'qi atrofida) o'ng va chap tomonlarga siljitish mumkin. Ko'rish trubkasining avvalo juda ham intensivligi kuchli (oq) yorug'likka burab keltiramiz va ko'rish trubkasini shu yorug'likka fokuslaymiz. Bu  $k=0$  holat vaziyatini (burchagini) nonius bilan jihozlangan goniometr limbi yordamida aniqlangan burchakni (gradusini sekundlarda) ko'rsatilgan  $k=0$  ning tagiga yozib olamiz.

4. Keyin ko'rish trubkasini asta-sekin o'ng tomonga siljitib,  $k=+1$  dagi ko'ringan ( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ) spektrlarning vaziyatlarini  $k=+2, k=+3, k=+4$  dagi spektrlar vaziyatlarini, undan keyin  $k=0$  dan chap tomondagi spektrlarning vaziyatlarini ham aniqlab, tegishli  $k$  - lar va  $\lambda$  - lar tagiga yozamiz.

5. 4-bandda o'lchangan burchaklarning vaziyatlariga binoan, markaziy oq spektrga (yorug'likka) nisbatan qolgan spektrlarning burchaklarini topamiz. Masalan, 12.5-shakldan ko'rinadiki  $k=+1$  ning  $\lambda_2$  to'liq spektrining burchagi  $\varphi_{+1}$  ni topish uchun 12.5-shakldagi  $k=+1$  ning  $\lambda_2$  ga tegishli yozilgan burchagidan  $\varphi_0$  burchakni ayirish kerak. Xuddi shuningdek, o'ng va chap tomondagi spektrlarning burchaklarini topib,

1-jadvalga kiritish kerak (jadvalni to'lg'azish kerak). Masalan, agarda uchinchi tartibli ( $k = \pm 3$ ) sariq yorug'likning burchagi  $\varphi_{+3} = 2^{\circ}13'47''$  bo'lsa, 1-jadvalga asosan, quyidagicha yoziladi:

$$K = +3 \quad F_0(3) = 2(\text{grad.}) \quad F_1(3) = 13(\text{min.}) \quad F_2(3) = 47(\text{sek.})$$

Bu yozilishda  $F$  lardagi qavs ichida spektr tartibi ( $k$ ) yozilgan (birinchisi graduslarda, ikkinchisi minutlarda, uchinchisi esa sekundlarda).

1-jadval

| Tart     | chap spekt               | grad | min | sek | tart     | o'ng spekt               | grad | min | sek |
|----------|--------------------------|------|-----|-----|----------|--------------------------|------|-----|-----|
| $k = -1$ | binafsha<br>yashil sariq |      |     |     | $k = +1$ | binafsha<br>yashil sariq |      |     |     |
| $k = -2$ | binafsha<br>yashil sariq |      |     |     | $k = +2$ | binafsha<br>yashil sariq |      |     |     |
| $k = -3$ | binafsha<br>yashil sariq |      |     |     | $k = +3$ | binafsha<br>yashil sariq |      |     |     |
| $k = -4$ | binafsha<br>yashil sariq |      |     |     | $k = +4$ | binafsha<br>yashil sariq |      |     |     |

### O'lchash natijalarini hisoblash

1. 12.18-ifodaga asosan 1-jadvalning faqat sariq nur spektrlari uchun  $\lambda_0 = 5780 \text{ \AA} = 5,78 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  ni bilgan holda, jadvalning o'ng

spektrlari tomoni uchun  $d = \frac{k\lambda_0}{\sin\varphi_k}$  bilan  $d_i$  lar,  $d$ ,  $\varepsilon_d$  lar hisoblanadi.

Bu ifoda bilan EHM da hisoblash uchun ifoda quyidagicha yoziladi:

$$D(i) = \frac{k \cdot Lc}{\sin[F_0(I), F_1(I), F_2(I)]}$$

Oxirgi ifoda 1- jadvalning o'ng tomonidagi sariq spektrlar uchun  $D$  lar  $D_{o'rta}$ cha,  $EPsD$ ,  $N$  larni EHM da hisoblash  $L$  105 dasturida berilgan [12].

2. 1-banddagi aytilganlar ham kalkulyator va EHM da 1-jadvalning chap tomoni uchun ham ishlatiladi. O'ng va chap sariq spektrlar uchun ham kalkulyator va EHM da topilgan difraksion panjara doimiylari ( $d$ -lar) solishtiriladi va  $n=1/d$  dan difraksion panjaraning birlik uzunligidagi shtrixlar soni hisoblanadi:

3. O'rtacha  $d$ -topilgandan keyin  $\lambda_k = \sin \varphi_k / k$  dan:

a) o'ng tomondagi  $k = +1, k = +2, k = +3, k = +4$  lardagi qolgan binafsha ( $\lambda_b$ ) qiymatlari, o'rtacha kvadratik xatoliklari, nisbiy xatoliklari hisoblanadi:

b) chap tomondagi  $k = -1, k = -2, k = -3, k = -4$  lardagi  $\lambda_b, \lambda_{ya}$  lar va ularning o'rtacha qiymatlari, o'rtacha kvadratik va nisbiy xatoliklari hisoblanib, a banddagi tegishli qiymatlar bilan solishtiriladi.

4. 1-jadvaldagi o'ng va chap tomonlardan olingan o'xshashlarni alohida-alohida  $\lambda_b$  va  $\lambda_{ya}$  to'liq uzunliklarni EHM da hisoblash L 1051 dasturida berilgan [12].

5. Kalkulyator va EHM da hisoblangan  $\lambda_b$  va  $\lambda_{ya}$  to'liq uzunliklar solishtiriladi.

6. 1-jadvaldagi tegishli  $\lambda_b, \lambda_{ya}, \lambda_s$  spektrlarning o'ng va chap tomondagi tegishli burchaklarning  $k = \pm 1, k = \pm 2, k = \pm 3, k = \pm 4$  lardagi burchaklarning yig'indisining yarmini olib, sariq ranglardan  $d$  ni, undan keyin  $\lambda_b$  va  $\lambda_{ya}$  larni hisoblash kerak:

$$dk = \frac{k \lambda_{ok}}{\sin\left(\frac{\varphi + \varphi}{2}\right)} \quad (k = 1, 2, 3, 4) \quad (12.21)$$

$d$  – topilgandan so'ng.

$$d_b(k) = d \sin\left(\frac{\varphi_{+k} + \varphi_{-k}}{2}\right) / 2 \quad (k = 1, 2, 3, 4) \quad (12.22)$$

$$\lambda_{ya}(k) = d \sin\left(\frac{\varphi_{+k} + \varphi_{-k}}{2}\right) / 2 \quad (k = 1, 2, 3, 4) \quad (12.23)$$

(12.21) ifodani EHM da ishlash uchun L105 programmadan foydalaniladi. (12.22) va (12.23) ifodalarni EHM da ishlash uchun L1051-dastur ishlatiladi [12].

7. Ko'rish trubkasidan ko'ringan (o'ng va chap spektrlar) difraksion manzaraning haqiqiy tasvirini millimetrli qog'ozga (ranglari bilan) chiziladi.

Difraksion panjara yordamida doimiysini birlik uzunlikdagi shtrixlar sonini, to'liq uzunliklarni hisoblashdagi ifodalar va EHM da hisoblashdagi uchragan fizik kattaliklar:  $k$ -spektr tartibi (soni), LC-sariq nurning to'liq uzunligi (m), LB-binafsha nurning to'liq uzunligi (m), LYa-yashil nurning to'liq uzunligi (m), D-difraksion panjara doimiysi (m),  $F(I)-(F_0, F_1, F_2)$ -burchaklar (gradus, minut, sekund).

Bu laboratoriya ishidan olingan o'lchash natijalarni EHM da «Beysik» tilida tuzilgan dastur L1051, L1052, L1053 larda ko'rish mumkin.

#### **Adabiyotlar**

1. 168—201-betlar;
2. 135—148-betlar;
7. 524—536-betlar;
8. 471—477-betlar;
12. 25—32-betlar.

### 13-ISH. DIFRAKSION PANJARALARNING SPEKTRAL TAVSIFLARINI ANIQLASH

**Zarur asbob va qurilmalar:** GS-5 xilidagi goniometr, simob lampasi, 2 ta yoki 3 ta har xil davrga ega bo'lgan difraksion panjaralar.

**Ushbu laboratoriya ishdan maqsad:** difraksion panjaralarning spektral apparat sifatida tavsiflarini, ya'ni ularning burchak dispersiyasini va ajrata olish qobiliyatini (ajrata olish kuchini) spektrlar tartib raqamlariga, panjara davriga hamda ularning umumiy shtrixlari soniga bog'liqligini o'rganishdir.

Difraksion panjara prizмага o'xshab o'ziga tushgan oq (murakkab) yorug'likni spektrlarga ajratadi. Shuning uchun, difraksion panjara ham spektral apparat hisoblanadi. Chunki, difraksion panjaraga yorug'lik dastasi normal tushganda ekrandagi hamma bosh maksimumlarning vaziyatini ko'rsatadigan ifoda (bu ifoda 12-ishning nazariy qismida keltirib chiqarilgan):

$$d \sin \varphi = \pm k \lambda \quad (13.1)$$

Ushbu ifodadan ko'rinadiki, turli to'lqin uzunliklariga mos turli difraksiya burchaklari va aksincha, har bir difraksiya burchagiga mos o'zining to'lqin uzunligi to'g'ri keladi. Har bir difraksiya bosh maksimumining tartibi ( $k$ ) uchun to'lqin uzunliklar qancha katta bo'lsa, ekranda markaziy maksimumdan (o'ngda ham, chapda ham) spektrlar uzoqroq joylashadi.

Difraksion panjaralarning spektral apparat sifatidagi tavsiflariga ularning burchak dispersiyalari va ajrata olish qobiliyatlari kiradi.

1. Burchak dispersiyasi ( $D$ ). Burchak dispersiyasi deganda 2 ta bir-birlariga juda ham yaqin joylashgan spektralarning (to'lqin uzunliklarning:  $\lambda_2 - \lambda_1 = \delta \lambda$ ) ekranda bir-birlaridan qanday burchaklarga ( $\varphi_2 - \varphi_1 = d\varphi$ ) ajrata olishi tushiniladi:

$$D = \frac{d\varphi}{d\lambda} \quad (13.2)$$

$D$  ning o'lchov birligi:  $[D] - \text{radian Angstrom, radian/sm, radian/m}$  larda beriladi.

Difraksion panjaraning bosh maksimumlarini ifodalovchi (13.1) ifodadagi o'zgaruvchilardan  $\varphi$  va  $\lambda$  bo'yicha hosila olamiz:

$$d \cos \varphi \cdot d\varphi = k d\lambda$$

va difraksion panjaraning burchak dispersiyasi uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$D = \frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{k}{d \cos \varphi} = \frac{nk}{\cos \varphi} = \frac{nk}{\sqrt{1 - (k\lambda n)^2}} \quad (13.3)$$

bu yerda  $n = \frac{1}{d}$ :

Demak, difraksion panjaraning burchak dispersiyasi quyidagi shartlar bajarilganda katta bo'ladi: birinchidan,  $\lambda_1$  va  $\lambda_2$  lar ekranda bir-birlaridan uzoqda joylashgan ( $d\varphi$ -katta) bo'lsa; ikkinchidan, biriik uzunlikdagi panjara shtrixlarining soni ( $n$ ) ko'p bo'lsa; uchinchidan, bosh maksimumning tartibi ( $k$ ) katta bo'lsa. Masalan, ekranda  $\lambda_1$  va  $\lambda_2$  bir-birlariga yaqin spektrlar berilgan bo'lib, ular (13.1) shakldagidek joylashgan bo'lsin, unda:

$$D = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\lambda_2 - \lambda_1} = \frac{d\varphi}{d\lambda}$$

bo'ladi.

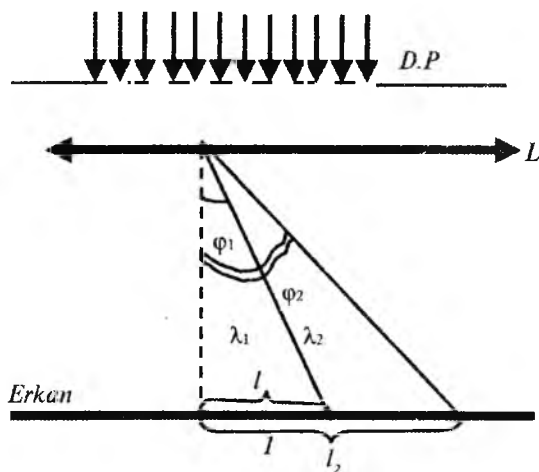
$$\text{Shakldan: } \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{l_2}{F} \quad \text{va} \quad \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{l_1}{F}$$

Odatda, burchaklar juda ham kichik bo'ladi. Kichik burchaklarda

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \operatorname{tg} \varphi_1$$

$$D = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\lambda_2 - \lambda_1} = \frac{1/F(l_2 - l_1)}{\lambda_2 - \lambda_1} = \frac{1}{F} \cdot \frac{dl}{d\lambda} = \frac{1}{F} \cdot D^* \quad (13.4)$$

Bu yerda:  $D^* = dl/d\lambda$  chiziqli dispersiya deyiladi:  $[D^*] - \text{mm}/\text{\AA}$ .  $F$  — linzaning fokus masofasi. Demak, burchak va chiziqli dispersiyalar o'zaro linzaning fokus masofasi orqali bog'langan ekan.



13.1-shakl.

2. Ajrata olish qobiliyati ( $R$ ) Spektral apparatlarning ajrata olish qobiliyati, yoki ajrata olish kuchi quyidagicha ifodalanadi:

$$R = \lambda / \Delta\lambda \quad (\lambda_2 - \lambda_1 = \Delta\lambda: \quad \lambda_1 \approx \lambda_2)$$

Agarda ikkita spektrlar ekranda bir-birlariga yaqin joylashgan bo'lsalar, ular xuddi bitta spektrga o'xshab ko'rinadi, ammo intensivligi kuchli bo'ladi.



13.2-shakl.

Qaysi vaqtda to'liq uzunliklari juda ham yaqin bo'lgan yorug'lik spektrlarini bir-biridan ajratishi mumkin? Bunday spektrlarni bir-birlaridan ajratishda Reley mezonini qo'llab, difraksion panjara-larning ajrata olish qobiliyatini topamiz. Reley mezonini quyidagidan iborat: intensivliklari teng bo'lgan ikkita yaqin spektrlarni bir-

birlaridan ajratish mumkin, qachonki birining maksimumiga ikkinchisining minimumi to'g'ri kelsa, 13.3 shaklda  $\lambda_1$  va  $\lambda_2$  to'liqin uzunliklar ( $\lambda_1 = \lambda_2$ ) berilgan bo'lib, ularning  $m$  – tartibli spektrlari tasvirlangan.

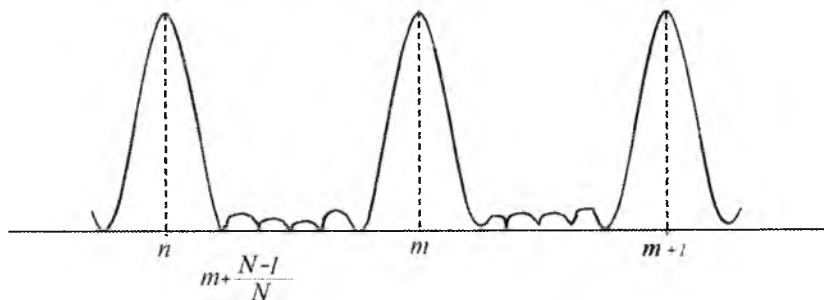
Ajrata olish qobiliyatini topishdan oldin yana difraksion panjara uchun chiqarilgan intensivlik ifodasini ko'ramiz va unga quyidagicha belgilashlar kiritamiz:

$$\frac{N\pi d \sin \varphi}{\lambda} = m' \pi, \quad d \sin \varphi = \pm \frac{m'}{N} \lambda$$

$$I = I_0 \frac{\sin^2(m' \pi)}{\sin^2(m' / N \pi)} \quad (13.4)$$

ga ega bo'lamiz.

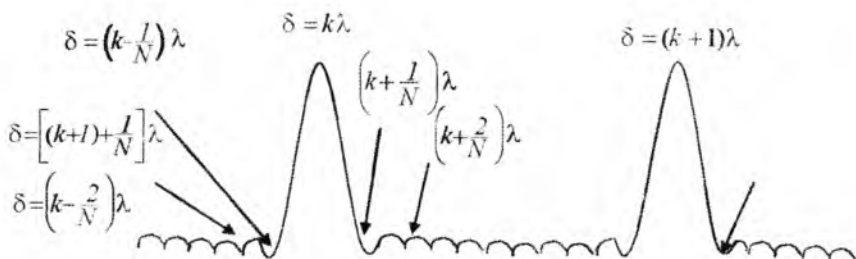
Bu ifodadan ko'rinadiki,  $m' = 0$  da intensivlik maksimum bo'ladi. Keyingi maksimum  $m' = N$  da,  $m' = 2N$  kuzatiladi va hokazo.



13.3-shakl.

Demak,  $d \sin \varphi = \pm m' \lambda$  minimum shartida  $m' = 0, N, 2N, 3N, \dots$  qiymatlarda bosh maksimumlarga ega bo'lamiz (13.3-shakl). Shakldan ko'rinadiki, istalgan maksimumlar oralig'ida  $(N-1)$  ta minimumlar bor. Bu minimumlar yondosh minimumlar deyiladi.

$(N-1)$  ta yondosh minimumlar oralig'ida  $(N-2)$  ta yondosh maksimumlar bor. Shunday qilib, istalgan ikkita bosh maksimum oralig'ida  $(N-1)$  ta yondosh minimumlar va  $(N-2)$  ta yondosh maksimumlar joylashgan ekan. Quyidagi shaklda  $m$  – bosh maksimumni keltiramiz:



13.4-shakl.

Bu tushunchalarga ega bo'lganimizdan keyin  $\lambda_1$  va  $\lambda_2$  ( $\lambda_1 \sim \lambda_2$ ) yorug'lik to'liqlari uchun difraksion panjaraning ajrata olish qobiliyatini ko'rib chiqamiz.

Reley mezoniga binoan  $\lambda_1$  ning  $k$  - maksimumi  $d \sin \varphi_1 = k \lambda_1$  ning  $k$  - maksimumi oldidagi minimumi ( $d \sin \varphi_2 = \left(k - \frac{1}{N}\right) \lambda_2$ ) bilan ustma-ust ( $\varphi_1 \sim \varphi_2$ ) tushishi kerak, deganimizga asosan:

$$k \lambda_1 = \left(k - \frac{1}{N}\right) \lambda_2 \text{ ni olamiz.}$$

$$k \lambda_1 = k \lambda_2 - \frac{1}{N} \lambda_2, \quad k(\lambda_2 - \lambda_1) = \frac{1}{N} \lambda_2$$

$$k d \lambda = \frac{1}{N} \lambda_2 \quad R = \frac{\lambda_2}{d \lambda} = k N. \quad (13.7)$$

( $\lambda_1 \sim \lambda_2 \sim \lambda$ ) deb hisoblanadi.

Bu yerda:  $k$  - bosh maksimumlar tartibi;  $N$  - difraksion panjaraning umumiy shtrixlar soni, ya'ni  $N = \frac{l}{d}$ ;  $l$  - difraksion panjaraning eni.

Misol uchun, difraksion panjaraning eni  $l = 1 \text{ sm} = 10 \text{ mm}$ , davri  $d = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mm}$  bo'lsa,  $N = 500$  ta bo'ladi.

## O'lchashlar

Difraksion panjaralarning spektral tavsifini o'rganish uchun 2 ta yoki 3 ta difraksion panjara berilgan bo'lsa, o'lchashlar ketma-ketligi har bir panjara uchun quyidagi tartibda o'tkaziladi.

Ushbu laboratoriya ishida o'lchashlarni bajarish ketma-ketligi natijalarini jadvalga joylashtirish tartibi 12-ishdagidek bo'ladi.

1. Simob lampasini goniometrning kollimatori tirqishiga yaqin qilib joylashtiramiz. Simob lampasi laborant ruxsati bilan yoqiladi.

2. Difraksion panjaralardan biri goniometr stolchasiga kollimatorning tirqishiga parallel qilib o'rnatiladi.

3. Ko'rish trubkasini burab, intensivligi kuchli bo'lgan oq yorug'likka fokuslanadi. Bu  $k = 0$  bo'lgan bosh maksimumdir. Ko'rish trubkasini ushbu vaziyatni goniometr limbi yordamida aniqlangan burchakni gradus, minut va sekundlarda yozib olamiz. Bu  $k = 0$  bo'lgan bosh maksimumning ekrandagi vaziyatini ko'rsatadi.

4. Ko'rish trubkasini o'ng tomonga qarab asta-sekin siljitib  $k = \pm 1$ ,  $k = \pm 2$  va  $k = \pm 2$  spektrlarning vaziyatiga mos burchaklarni gradus, minut va sekundlarda har bir spektrning tartib raqamiga ( $k$ ) tegishli binafsha, yashil va sariq ranglar qarshisiga yozib olinadi.

12-ishning 12.5-shaklida keltirilganidek har bir  $k = +1$ ,  $k = +2$  va  $k = +3$  lar uchun 3 tadan (binafsha, yashil va sariq) ranglar ko'rinadi. Shu ranglarga mos burchaklarni yozib olish kerak bo'ladi.

5. Ko'rish trubkasini endi  $k = 0$  dan chap tomonga surib,  $k = -1$ ,  $k = -2$  va  $k = -3$  bosh maksimumlarga mos keluvchi ranglarning (binafsha, yashil va sariq) qarshisiga gradus, minut va sekundlarda vaziyatini yozib olinadi.

6. 4 va 5 bandlarda keltirilgan burchaklardan  $k = 0$  bosh maksimumning holatiga mos burchak  $k = +1$ ,  $k = +2$ ,  $k = +3$  va  $k = -1$ ,  $k = -2$ ,  $k = -3$  lar mos spektrlarning difraksiya burchaklarini (12.5-shaklda keltirilganidek) aniqlab, 1-jadval to'ldiriladi. Bunda gradus, minut va sekundlar o'z qatoriga kiritilishiga e'tibor berish kerak.

7. Agarda difraksion panjara 2 yoki 3 ta bo'lsa, ushbu o'lchashlar har bir difraksion panjara uchun takrorlanadi va mos ravishda 1-jadval to'ldiriladi.

| <b>k</b> | <b>Chap spektr</b>          | <b><math>\lambda</math> (Å)</b> | <b>Difr.bur-chagi grad., min., sek.</b> | <b>k</b> | <b>O'ng spektr</b>          | <b><math>\lambda</math> (Å)</b> | <b>Difr. bur-chagi grad., min., sek.</b> |
|----------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|----------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------------------|
| $k = -1$ | binafsha<br>yashil<br>sariq | 4358<br>5461<br>5780            |                                         | $k = +1$ | binafsha<br>yashil<br>sariq | 4358<br>5461<br>5780            |                                          |
| $k = -2$ | binafsha<br>yashil<br>sariq | 4358<br>5461<br>5780            |                                         | $k = +2$ | binafsha<br>yashil<br>sariq | 4358<br>5461<br>5780            |                                          |
| $k = -3$ | binafsha<br>yashil<br>sariq | 4358<br>5461<br>5780            |                                         | $k = +3$ | binafsha<br>yashil<br>sariq | 4358<br>5461<br>5780            |                                          |
| $k = -4$ | binafsha<br>yashil<br>sariq | 4358<br>5461<br>5780            |                                         | $k = +4$ | binafsha<br>yashil<br>sariq | 4358<br>5461<br>5780            |                                          |

### O'lchash natijalarini hisoblash

1. Bu laboratoriya ishida simob spektrlarining binafsha, yashil va sariq ranglarining to'liq uzunliklarini ma'lum, deb olamiz va ular quyidagilarga teng:

$$\lambda_b = 4358 \text{ Å} = 4,358 \cdot 10^{-5} \text{ sm}, \lambda_{ya} = 5461 \text{ Å} = 5,461 \cdot 10^{-5} \text{ sm}, \\ \lambda_{s} = 5780 \text{ Å} = 5,78 \cdot 10^{-5} \text{ sm}$$

2. Difraksion panjaralarning bosh maksimumlarini ifodalovchi  $d \sin \varphi = k\lambda$  ifodadan foydalanib, 1-jadvaldagi binafsha, yashil va sariq ranglarning to'liq uzunliklarini bilgan holda, jadvalning o'sha spektrlari uchun

$$d = \frac{k\lambda}{\sin \varphi_k}$$

ifodadan foydalanib,  $d$  lar hisoblanadi va ularning o'rtacha qiymatlari topiladi. Xatoliklari hisoblab chiqiladi.

3.  $d_{o'rt}$  ni bilgan holda uzunlik birligiga to'g'ri keluvchi shtrixlar soni ( $n$ ) hisoblanadi. Agarda 2 yoki 3 ta difraksion panjaralar berilgan

bo'lsa, ularning har birining davri ( $d$ ) va uzunlik birligiga mos keluvchi shtrixlar soni ( $n$ ) hisoblanadi.

4. Difraksion panjaralarning burchak dispersiysini (13.3) ifoda

$$D = \frac{nk}{\sqrt{1 - (nk\lambda)^2}}$$

yordamida hisoblanadi. Bu ifodaning maxrajidan 1 ga yaqin son chiqishini hisobga olgan holda spektrning tartib raqami ( $k$ ) va difraksion panjaraning uzunlik birligiga mos keluvchi shtrixlar soniga ( $n$ ) bog'liqligi ko'rsatiladi. Bunda har bir difraksion panjara ( $n$ ) uchun  $k = \pm 1$ ,  $k = \pm 2$  va  $k = \pm 3$  lar uchun burchak dispersiyasi hisoblab chiqiladi.

5. (13.5) va (13.7) ifodalardan foydalanib, berilgan har bir difraksion panjaraning ajrata olish qobiliyati hisoblab chiqiladi. Buning uchun har bir difraksion panjaraning eni ( $R$ ), davri ( $d$ ) aniqlangandan keyin ularning umumiy shtrixlari soni ( $N$ )lar hisoblab chiqariladi. So'ngra,

$$R = mN \quad (13.7)$$

ifodadan  $k = \pm 1$ ,  $k = \pm 2$ ,  $k = \pm 3$  lar uchun  $R_1 = k_1 N_1$ ,  $R_2 = k_2 N_2$  va  $R_3 = k_3 N_3$  lar birinchi difraksion panjaraning ajrata olish qobiliyatlarini bosh maksimum spektrining tartibi ( $k$ ) ga bog'liqligi hisoblanadi. Olingan natijalardan ko'rinadiki har bir difraksion panjara uchun spektrlar tartibi ( $k$ ) oshishi bilan panjaraning ajrata olish qobiliyati oshib borishiga ishonch hosil qilinadi. Ikkinchi difraksion panjara uchun ham  $R_1 = k_1 N_1$ ,  $R_2 = k_2 N_2$  va  $R_3 = k_3 N_3$  lar hisoblanib, ajrata olish qobiliyatini panjaraning shtrixlar soniga (difraksion panjaraning davriga) bog'liq bo'lishi ko'rsatiladi.

6. Har bir difraksion panjara uchun ( $N = \text{const}$ ) binafsha, yashil, sariq ranglar sohasida  $k = 1$ ,  $k = 2$  va  $k = 3$  lar uchun panjaraning ajrata olishi mumkin bo'lgan to'liq uzunliklar farqi ( $\Delta\lambda$ ) hisoblanadi.

Misol uchun, bitta difraksion panjaraning umumiy shtrixlar soni  $N_1 = 500$  bo'lsin, ikkinchisidagi  $N_2 = 100$  bo'lsin. U holda (13.7) ifodadan yashil spektr sohasidagi  $\Delta\lambda$  ni hisoblaymiz:

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN$$

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda_{ya}}{kN} \quad \text{bo'ladi.}$$

a. Birinchi difraksion panjara uchun ( $N = 500$ )  $k = 1$  bo'lganda, yashil rang sohasida ( $\lambda = 5461\text{\AA}$ )  $\Delta\lambda_1 = 11,2 \cdot 10^{-8} \text{ sm} = 11,2\text{\AA}$  bo'lishiga ishonch hosil qilib,  $\Delta\lambda$  ni  $k = 2$  va  $k = 3$  lar uchun hisoblanadi.

b. Ikkinchi difraksion panjara uchun ( $N = 100$ ) va  $k = 1$  bo'lganda  $\Delta\lambda_1 = 56,1 \cdot 10^{-8} \text{ sm} = 56,1\text{\AA}$  bo'lishini hisoblab,  $\Delta\lambda$  ni  $k = 2$  va  $k = 3$  lar uchun aniqlanadi. Olingan natijalar tahlil qilinadi.

#### **Adabiyotlar**

1. § 50; 209–217-betlar;
3. § 25, 114–123-betlar;
- [5]- § 33. 225–227-betlar.

## V BOB. YORUG'LIKNING QUTBLANISHI

### 14-ISH. CHIZIQLI QUTBLANGAN YORUG'LIKNI HOSIL QILISH VA UNI O'RGANISH

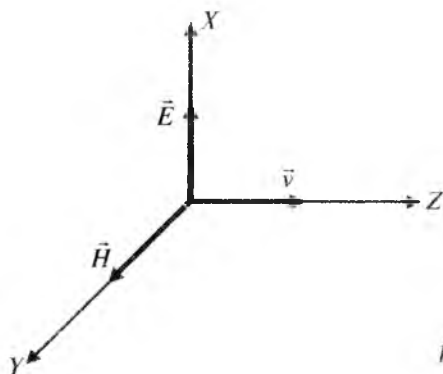
Ushbu laboratoriya ishidan maqsad yorug'likning chiziqli qutblanishini hosil qilish va Malyus qonunini o'rganishdan iborat.

Yorug'lik elektromagnit to'lqin tabiatiga ega bo'lib, uning asosiy xossaligidan biri bu to'lqinlarning ko'ndalang ekanligi, ya'ni  $\vec{E}$  va  $\vec{H}$  vektorlarning to'lqin tarqalish yo'nalishiga (nurga) perpendikulyar tekisliklarda tebranishidir. Har bir tabiiy manbalardan (lazerlardan tashqari) chiqayotgan yorug'lik tabiiy to'lqin bo'lib, ularda nur yo'nalishiga nisbatan perpendikulyar tekislikda yotgan turli yo'nalishdagi tebranishlar bir-birini juda tez va tartibsiz almashtirib turadi. Agarda ushbu tebranishlar ma'lum yo'nalish bo'yicha tartiblangan bo'lsa, bunday yorug'likni biz qutblangan yorug'lik deb ataymiz. Yorug'likning  $\vec{E}$  vektorining tebranishlari bitta tekislikda sodir bo'layotgan bo'lsa, u holda chiziqli qutblangan yorug'lik hosil bo'ladi va bu tekislik tebranish tekisligi deyiladi. Unga perpendikulyar bo'lgan tekislik, ya'ni vektori tebranayotgan tekislik qutblanish tekisligi deb ataladi.

(14.1) shaklda chiziqli qutblangan to'lqinda  $\vec{E}$  va  $\vec{H}$  vektorlarning o'zaro joylashishi berilgan.

Tabiiy (qutblanmagan) yorug'likni o'zaro perpendikulyar tekisliklarda chiziqli qutblangan, bir tomonga tarqalayotgan ikkita to'lqinlarning yig'indisidan iborat deb qarashimiz mumkin. Bunda bu to'lqinlar fazalarining o'zgarishi bir-biriga hech qanday bog'liq bo'lmagan deb qaraladi.

Chiziqli (yassi) qutblangan yorug'likni tabiiy yorug'likdan qutblagichlar (polarizatorlar) yordamida ajratib olish mumkin. Qutblagichlar, ma'lum tekislikda tebranayotgan (qutblagich tekisligiga parallel) tebranishlarni o'zidan o'tkazadi va unga perpendikulyar



14.1-shakl.

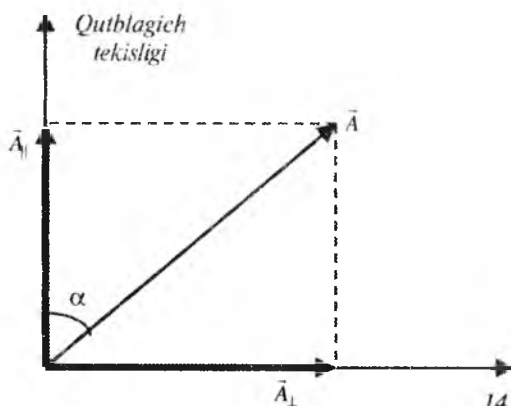
tekislikdagi tebranishlarni butunlay o'tkazmaydi. (14.2)  $\vec{A}$  shaklda amplitudaning qutblagich tekisligi bilan burchak hosil qiluvchi tekislikdagi tebranishni  $A_{\parallel}$  va  $A_{\perp}$  tebranishlarga ajratish mumkinligi ko'rsatilgan. Shakldan

$$A_{\parallel} = A \cos \alpha \quad (14.1)$$

va

$$A_{\perp} = A \sin \alpha \quad (14.2)$$

bo'ladi.



14.2-shakl.

Qutblagich tekisligiga parallel bo'lgan  $A_{\parallel} = A \cos \alpha$  tebranish asbobdan to'liq o'tadi, unga perpendikulyar bo'lgan  $A_{\perp} = A \sin \alpha$

tebranish esa butunlay o'tmaydi. Bizga ma'lumki, yorug'likning intensivligi amplitudaning kvadratiga proporsional bo'lgan kattalikdir, ya'ni:

$$I_{\parallel} = A_{\parallel}^2 = (A \cos \alpha)^2 \quad (14.3)$$

va

$$I_{\perp} = A_{\perp}^2 = (A \sin \alpha)^2 \quad (14.4)$$

bo'ladi. Bulardan

$$I = I_{\parallel} = A^2 \cos^2 \alpha = I_0 \cos^2 \alpha$$

ga teng intensivlik qutblagichdan to'liq o'tadi. Demak, qutblagichdan o'tgan yorug'likning intensivligi:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha \quad (14.5)$$

(14.5) munosabat bilan aniqlanar ekan. (14.5) ifoda Malyus qonuni, deb ataladi.

Agarda tabiiy nurning yo'liga bitta qutblagich (polarizator) qo'ysak, undan o'tgan nurning intensivligi

$$I = \frac{1}{2} I_{tab}$$

ga teng bo'ladi va bu intensivlik qutblagichning qanday burchak hosil qilib turishiga bog'liq emas. Chunki, biz yuqorida har qanday tabiiy nurni ikkita o'zaro perpendikulyar tekisliklarda qutblangan tebranishlarning yig'indisidan iborat deb qabul qilgan edik. Shuning uchun qutblagichdan o'tgan to'liqning intensivligi hamma vaqt unga tushayotgan tabiiy nur intensivligining yarmiga teng bo'ladi. Unda birinchi qutblagichning tekisligi bilan burchak hosil qiluvchi ikkinchi qutblagichni (analizatorni) joylashtirsak, ikkinchi qutblagichdan o'tgan yorug'likning intensivligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$I = \frac{1}{2} I_{tab} \cos^2 \alpha \quad (14.7)$$

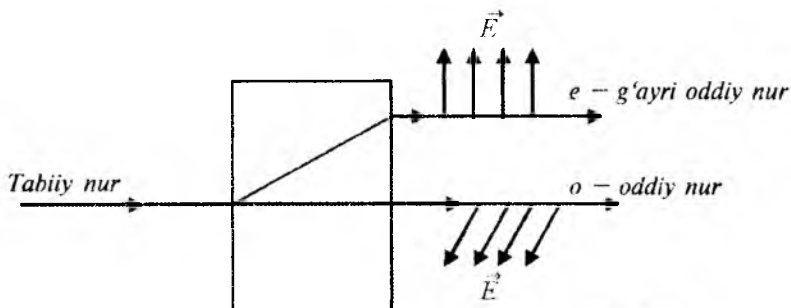
(14.7) ifodadan ko'rinadiki, ikkala qutblagichlarning tekisliklari o'zaro parallel bo'lsa ( $\alpha = 0$ ), ulardan o'tgan yorug'lik intensivligi maksimal qiymatga ega bo'ladi va

$$I = \frac{1}{2} I_{\text{tab}}$$

ga teng bo'ladi. Agar ikkala qutblagichlarning tekisliklari o'zaro perpendikulyar bo'lsa ( $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ), ularidan o'tgan yorug'lik intensivligi  $I = 0$  bo'ladi. Bunda polyarizator va analizatorlar o'zaro to'g'ri burchak  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  hosil qiladigan holda joylashtirilganda ulardan yorug'lik o'tmaydi.

Tabiiy (qutblanmagan) yorug'lik qutblagichdan (polyarizatoridan) o'tganda qutblanishining asosiy sababi uni anizotrop muhitda (kristallarda) o'zaro perpendikulyar tekisliklarda qutblangan ikkita nurga ajralib chiqishidir. Yorug'likning bunday fundamental xossasiga ikkilanib sinish hodisasi deyiladi. Bu hodisa birinchi marta 1670-yilda Bartolini tomonidan island shpatida ( $\text{CaCO}_3$  kalsiy karbonat tuzi) aniqlangan va u Gyugens tomonidan har tomonlama o'rganib chiqilgan. Tajriba natijalarini Gyugens 1690-yilda o'zining «Yorug'lik haqidagi traktat» asarida e'lon qilgan. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, island shpati kristalliga tushgan tabiiy nur undan ikkita nurga ajralib chiqadi. Hosil bo'lgan nurlardan birini Gyugens oddiy (o) nur ikkinchisini esa g'ayrioddiy (e) nur deb atadi. Ikkinchi nurni g'ayrioddiy deb atalishining asosiy sababi shuki, bu nur uchun muhitning sindirish ko'rsatkichi ne uning kristalldagi yo'nalishiga qarab o'zgarib turadi; undan tashqari tabiiy nur kristallga normal (tik) tushganda ham g'ayrioddiy nur ma'lum burchakka og'adi (14.3-shakl). Shuning uchun tabiiy yorug'lik kristallga normal tushganda ham, biz uning ikkilanib sinish hodisasini kuzatamiz. Oddiy nur uchun esa kristallning sindirish ko'rsatkichi hamma yo'nalishlarda ham o'zgarmas bo'ladi. Masalan, g'ayrioddiy nur uchun island shpatining sindirish ko'rsatkichi 1,486 dan 1,658 gacha o'zgarsa, oddiy nur uchun esa, u hamma yo'nalishlarda 1,658 ga teng. G'ayrioddiy nurning oddiy nurdan yana bir farqi shundan iboratki, u ikki muhit chegarasiga o'tkazilgan normal va tushuvchi nur bilan bir tekislikda yotmaydi, ya'ni odatdagi sinish

qonunining buzilishini kuzatishimiz mumkin. Oddiy va g'ayrioddiy nurlarning eng asosiy o'xshashliklari ularning chiziqli qutblangan ekanliklarida bo'lib, ular o'zaro perpendikulyar tekisliklarda qutblangandir.



14.3-shakl.

Tabiiy nurdan qutblangan nur hosil qilishning yana bir usuli bu ba'zi kristallarda uchraydigan dicroizm hodisasidir. Bunday kristallarda oddiy nur g'ayrioddiyga nisbatan tez yutiladi va bunday kristalldan faqat bitta chiziqli qutblangan nur chiqadi. Amalda qo'llaniladigan qutblagichlarning (polarizator va analizatorlar) aksariyati polyaroidlardan tuzilgan asboblardir. Laboratoriya sharoitlarida ba'zan island shpatidan yasalgan Nikol prizmasi qutblagichlar sifatida ishlatiladi.

Tabiiy yorug'lik polarizatoridan o'tganda qutblangan nurlar hosil bo'lishini tushuntirish uchun, uni optik anizotrop muhitdan o'tishini ko'rib chiqamiz. Anizotrop dielektriklarda elektr maydon induksiya vektori bilan elektr maydon kuchlanganligi orasidagi quyidagi

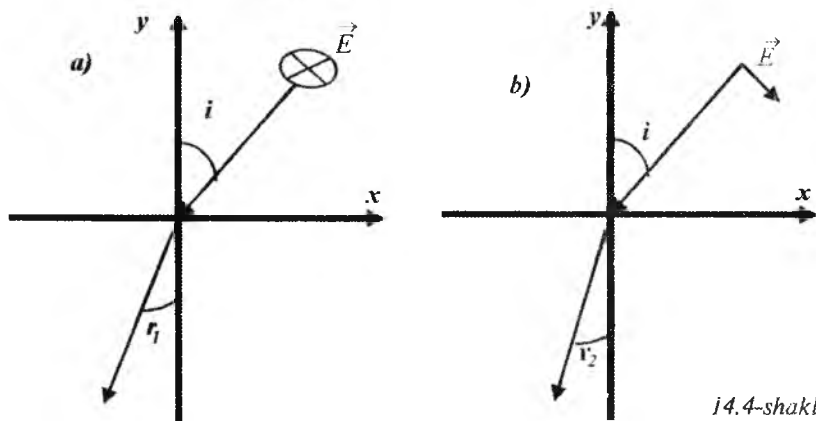
$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E} \quad (14.8)$$

bog'lanish izotrop muhitdagidan murakkab bo'ladi. Buning asosiy sababi anizotrop muhitlarda (14.8) ifodadagi dielektrik singdiruvchanlik ( $\epsilon$ ) yo'nalishga bog'liq bo'ladi. Umuman olganda,  $x$ ,  $y$ ,  $z$  o'qlar bo'yicha ikki o'qli kristallar uchun  $\epsilon_x \neq \epsilon_y \neq \epsilon_z$  va bir o'qli kristallarda esa  $\epsilon_x \neq \epsilon_y \neq \epsilon_z$  ko'rinishga ega bo'ladi. Agarda biz  $n = \sqrt{\epsilon}$  ekanligini (dielektriklarda  $\mu=1$ ) hisobga olsak, kristallga ma'lum

yoʻnalish boʻyicha tarqalayotgan nur tushganda uning tarkibidagi har xil tekisliklarda tebranayotgan  $\vec{E}$  – vektorlar uchun muhitning sindirish koʻrsatkichi har xil boʻladi. Natijada, havo-kristall chegarasiga  $i$  – burchak bilan tushgan tabiiy nurdagi oʻzaro perpendikulyar tekisliklarda qutblangan nurlar har xil burchak bilan sinib, ikkinchi muhitda, yaʼni kristalda turli xil yoʻnalishda tarqaladi. Bu hodisani biz yuqorida yorugʻlikning *ikkilanib* sinishi deb atadik.

Bu hodisani yana ham oddiyroq tushuntirish uchun, tabiiy nur fazalarining oʻzgarishi bir-biriga bogʻliq boʻlmagan ikkita oʻzaro perpendikulyar tekisliklarda chiziqli qutblangan nurlarning yigʻindisidan iborat deb olgan modelimiz asosida uning anizotrop muhit chegarasidagi holatini koʻramiz (14.4-shakl). Birinchi qutblangan nurning  $\vec{E}$  – vektori  $Z$  oʻqiga parallel, yaʼni xoy tekisligiga perpendikulyar tekislikda tebranayotgan, ikkinchisining  $\vec{E}$  – vektori xoy tekisligida tebranayotgan boʻlsin.  $\vec{E}$  – vektorlari, tushish tekisligiga perpendikulyar ( $\vec{E}_\perp$ ) va parallel ( $\vec{E}_\parallel$ ) boʻlgan (14.4 (a) va 14.4 (b) – shakllar) toʻlqinlar uchun sinish qonunini yozamiz:

$$\frac{\sin i}{\sin r_1} = \sqrt{\epsilon_c} \quad \text{va} \quad \frac{\sin i}{\sin r_2} = \sqrt{\epsilon_0} \quad (14.9)$$



14.4-shakl.

Anizotrop muhitlarda  $\varepsilon_e \neq \varepsilon_o$  bo'lgani uchun o'zaro perpendikulyar tekisliklarda qutblangan nurlar kristallga har xil burchak bilan sinib ( $n_1 \neq n_2$ ) kiradi. Chunki (14.9) ifodadan ko'rinadiki  $\varepsilon_e \neq \varepsilon_o$  bo'lgani uchun sinish burchaklari o'zaro teng bo'lmaydi, ya'ni  $n_1 \neq n_2$  bo'ladi. Bu nurlar kristall ichida har xil yo'nalishda tarqaladi. Yuqoridagilardan ko'rinadiki, anizotrop muhitga (bir o'qli yoki ikki o'qli) kristalldan chiqqan har bir nur o'zaro perpendikulyar tekisliklarda chiziqli qutblangan bo'ladi. Bu nurlar har birining intensivligi tabiiy nur intensivligining yarmiga teng:

$$I_e = I_o = \frac{1}{2} I_{tab}$$

Agarda Nikol prizmasidagidek oddiy nurning yo'nalishini o'zgartirib yuborilsa, yoki polyaroidlardagi dixroizm hodisasiga asosan oddiy nurni kristall yutib qolsa, qutblovchi qurilmadan bitta chiziqli qutblangan, intensivligi

$$I = \frac{1}{2} I_{tab}$$

ga teng nur olinadi.

### **Eksperimental qurilma**

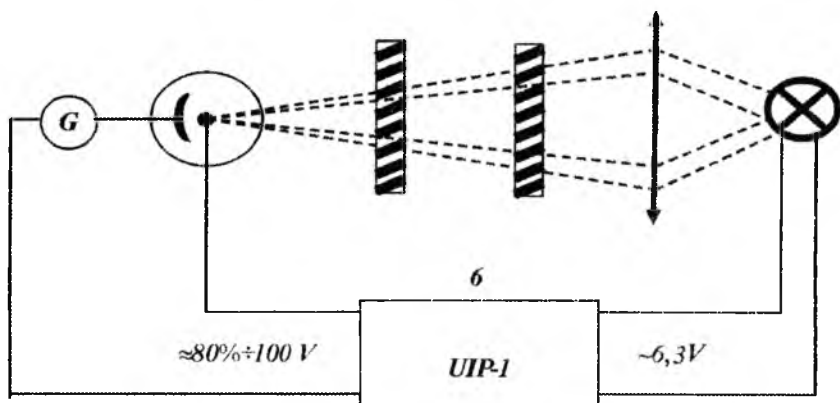
Qurilma sxemasi 14.5-shaklda ko'rsatilgan.

Past kuchlanishli universal elektr manbayi UIP-1 (6 yoki 12V) (6) ga ulangan cho'g'lanma lampadan (1) sochilgan yorug'lik kondensor linzalari (2) yordamida surma-seziyli vakuum fotoelementining fotokatodi (5) ga yig'iladi. Fotoelement ham UIP-1 elektr manbayiga ulangan. Fotoelementga tushuvchi yorug'lik oqimiga to'g'ri mutanosib bo'lgan fototok kuchini o'lchash uchun zanjirga galvanometr (7) ulangan. Yorug'lik yo'lida qutblovchi (3) va (4) moslamalar joylashtirilgan. Bu ikkita qutblagichlarning biri (3) qurilmaga mahkamlangan, ikkinchi qutblagich (4) gardishga mahkamlangan.

Gardish gradusli shkalalarga ajratilgan limb va qo'zg'almas qutblagich (3) ga nisbatan (4) qutblagichning aniq burilish burchagini topish maqsadida nonius bilan jihozlangan. Tabiiy yorug'lik (3) qutblagich, polyarizator orqali o'tgandan keyin chiziqli qutb-

langan holatda bo'ladi. (3) qutblagichni tushuvchi yorug'likka nisbatan burchak holati hech qanday ahamiyatga ega emas.

(4) qutblagich (analizator) burilish burchagining hisob boshini topish uchun bu qutblagichni burib, fototokning minimal yoki maksimal qiymatiga erishgan holatlarini aniqlab olishimiz zarur bo'ladi. Bunda qutblagichlar bir-biriga nisbatan shunday joylashgan bo'ladi, ulardan o'tuvchi yorug'likning tebranish tekisligi parallel (maksimum holatida) yoki perpendikulyar (minimum holatida) bo'ladi.



14.5-shakl.

Qurilma chiqishida joylashgan ikkinchi qutblagich (4) analizator yorug'likning qutblanish tekisligini aniqlashda yordam beradi. Analizatorni burish yo'li bilan tushayotgan chiziqli yorug'likning bir qator o'qlar bo'yicha, masalan, koordinata o'qlari bo'yicha tekislikda ajratib olish mumkin. Bunda, albatta, analizatorga tushayotgan chiziqli qutblangan yorug'likning vaziyati katta ahamiyatga ega. Analizatoridan o'tgan yorug'lik intensivligining qiymatiga qarab tushgan yorug'likning qutblanish tekisligi qanday holatda ekanligiga baho berish mumkin.

Analizatoridan o'tgan yorug'lik intensivligi fotoelement yordamida qayd qilinadi (intensivlik fotoelementda hosil bo'lgan fototokga to'g'ri mutanosib). Qayd qilingan yorug'lik intensivligining qiymati qanaqa vaziyatda kelib tushayotganiga bog'liq bo'ladi. Agarda analizatorga

tushayotgan yorug'likning tebranish tekisligi, ya'ni polarizatorning bosh qutblash tekisligi, analizatorning bosh qutblash tekisligi bilan  $\alpha$  burchak hosil qilgan bo'lsa, u holda analizatordan o'tgan yorug'likning intensivligi

$$I = I_0 \cos^2 \alpha \quad (14.5)$$

teng ekanligi yuqorida ko'rsatilgan edi.  $I_0$  — analizatorga tushayotgan yorug'lik intensivligi. Agarda analizator va polarizatorlarning qutblash tekisliklari bir-biriga nisbatan perpendikulyar bo'lsa, u holda o'tgan yorug'lik nolga teng bo'ladi. Yuqorida berilgan qonuniyat Malyus qonuni deyiladi. Ushbu ishda asosan Malyus qonuni tekshiriladi.

### **Ishni bajarish tartibi**

1. Laborant nazoratida elektr manbai UIP-1, yoritish lampochkalari, fotoelement zanjiri va galvanometr ulanadi.
2. 10–12 minutdan so'ng, ya'ni qurilma ishchi holatiga kelgandan keyin o'lchashlar boshlanadi.
3. Analizator ketma-ketlik bilan  $5-6^\circ$  burilib, har bir holatda hosil bo'lgan fototok qiymati o'lchanadi. O'lchashlar jadval ko'rinishida daftarga yozib boriladi.
4. Bu o'lchashlar analizatorning to'la bir marta aylanib chiqishi uchun bajariladi.
5. O'lchashlar analizatorni teskari tamonga burish orqali davom ettiriladi.

### **Natijalarni qayta ishlash tartibi**

1. Millimetrlı qog'ozga qutb koordinatalar sistemasi radiusining har  $5-6^\circ$  burchaklari uchun namunaviy chizmasi tayyorlanadi. Radius vektorining uzunligini 100 mm deb olish tavsiya etiladi.
2. Bu koordinatalar sistemasida olingan intensivlik qiymatlarini burchakka bog'liqlik jadvali chiziladi.
3. Xuddi shu koordinatalar sistemasida burchakni bir xil o'zgartirib,  $\cos^2$  funksiya uchun jadval chiziladi.

4. Hosil bo'lgan jadvallar bir-biri bilan solishtirilib, olingan natijalar tahlil qilinadi va tabiiy yorug'lik polyarizator va analizatordan o'tganda (14.5) ifoda, ya'ni Malyus qonuni o'rinli ekanligiga ishonch hosil qilinadi.

Bu laboratoriya ishdian olingan o'lchash natijalarni EHM da «Beysik» tilida tuzilgan dastur L123 da ko'rish mumkin.

#### **Adabiyotlar**

1. 371—388-betlar;
2. 224—234-betlar;
3. 133—137-betlar;
4. 87—100-betlar,
5. 272—276-betlar.

## ENG KICHIK KVADRATLAR USULI (E K K U)

Koshi ifodasidan ( $N(i) = a + b/\lambda^{2(i)}$ )  $a = A$  va  $b = B$  larni eng kichik kvadratlar (EKKU) usulidan topadigan bo'lsak, ifodani quyidagicha yozamiz:

$$Y(i) = n(i); \quad x(i) = 1/\lambda^{2(i)^2}; \quad Y(i) = a + b \cdot x(i) \quad (1)$$

Bu tenglamalarda  $i$  ning qiymatlarini (1) va (2) tenglamalardan olsak u holda:

$$\begin{aligned} y(1) &= a + b \cdot x(1) \\ y(2) &= a + b \cdot x(2) \end{aligned} \quad (2)$$

Ikkinchi tenglamalarda noma'lumlar  $a$  va  $b$  hisoblanadi.

$$\begin{aligned} 1a + x(1) \cdot b &= y(1) \\ 1a + x(2) \cdot b &= y(2) \end{aligned} \quad (3)$$

EKKU usulidan noma'lum  $a$  va  $b$  larni topish uchun (3) tenglamadan, avval  $a$  ning koeffitsiyentiga hammasiga ko'paytirib qo'shamiz va ko'paytiramiz:

$$2a + [x(1) + x(2)] \cdot b = [y(1) + y(2)] \quad (4)$$

so'ngra (3) tenglamalarni  $b$  — ning koeffitsientiga ko'paytirib qo'shamiz.

$$a + x_i b = y_i \quad y(i) = n(i) \quad x(i) = 1/\lambda_{(i)}^2 \quad i = 1 + k$$

Agarda  $k=2$  decak,

$$\frac{\begin{aligned} a + x_{(1)}b &= y_{(1)} \\ a + x_{(2)}b &= y_{(2)} \end{aligned}}{2a + [x_{(1)} + x_{(2)}] \cdot b = [y_{(1)} + y_{(2)}]} \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{x_{(1)}a + x_{(1)}^2 b}{x_{(2)}a + x_{(2)}^2 b} &= \frac{x_{(1)} \cdot y_{(1)}}{x_{(2)} \cdot y_{(2)}} \end{aligned} \right\} + \quad (6)$$

$$\frac{\left[ x_{(1)} + x_{(2)} \right] \cdot a + \left[ x_{(1)}^2 a + x_{(2)}^2 \right] \cdot b}{\left[ \left( x_{(1)} y_{(2)} \right) + x_{(2)} \cdot y_{(2)} \right]} =$$

Belgilash kiritamiz:

$$S_1 = \left[ x_{(1)} + x_{(2)} \right] S_3 = \left[ y_{(1)} + y_{(2)} \right]$$

$$S_2 = \left[ x_{(1)}^2 a + x_{(2)}^2 \right] S_4 = \left[ \left( x_{(1)} y_{(2)} \right) + x_{(2)} \cdot y_{(2)} \right]$$

$$2a + S_1 \cdot b = S_3 \quad (5)$$

$$S_1 \cdot a + S_2 \cdot b = S_4 \quad (6)$$

Bu tenglamani determinant usulida yechib  $a=A$  va  $b=B$  larni topamiz.

Yuqoridagilarni quyidagi masala misolida ko'rib chiqamiz:

$$\lambda_1 = 527 \text{ nm} \quad \text{da} \quad n_1 = 1,7640.$$

$$\lambda_2 = 486 \text{ nm} \quad \text{da} \quad n_2 = 1,7743.$$

Bu karttaliklarni **KOSH2** dasturiga kiritcak:

```
LOAD"f:\bas\kosh2
```

```
5 REM KOSH2
```

```
10 CLS : KEY OFF: SCREEN 2
```

```
15 PRINT " Dispersya, KOSHI FORMULASI N(I)=A+B/L(i)^2 "
```

```
20 PRINT " N(i)-Sindirish ko'rsatgichlar "
```

```
25 PRINT " L(i) -To'lqin uzunliklar (nm.) "
```

```
30 PRINT " 1) L(1)=434, L(2)=486, L(3)=589, L(4)=656, L(5)=768 nm."
```

```
35 PRINT " N(1)=1.340, N(2)=1.337, N(3)=1.333, N(4)=1.331, N(5)=1.329 "
```

```
40 PRINT " 2) TF3; L(1)=762, L(2)=687, L(3)=656, L(4)=589, nm."
```

```
45 PRINT " N(1)=1.7333, N(2)=1.7398, N(3)=1.7431, N(4)=1.7522 "
```

```
50 PRINT " L(5)=527, L(6)=486, L(7)=434, L(8)=431, L(9)=405 nm."
```

```
55 PRINT " N(5)=1.7640, N(6)=1.7743, N(7)=1.7918, N(8)=1.7931, N(9)=1.8048 "
```

```
60 PRINT " Istalgan K=2 va undan ko'p L(i) va N(i) larni bering? "
```

```
65 INPUT " L(i) va N(i) lar soni K =",K
```

```

70 SS=11 : FOR I=1 TO K : SS=SS+1 : LOCATE SS, 17
75 PRINT "L(";I;")="; : INPUT " ",L(I) : NEXT I
80 SS=11 : FOR I=1 TO K : SS=SS+1 : LOCATE SS,38
85 PRINT "N(";I;")="; : INPUT " ",N(I) : NEXT I
90 S1=0 : S2=0 : S3=0 : S4=0
95 FOR I=1 TO K
100 X(I)=1/L(I)^2 : Y(I)=N(I)
105 S1=S1+X(I) : S2=S2+X(I)^2
110 S3=S3+Y(I) : S4=S4+X(I)*Y(I)
115 NEXT I
120 D=(K*S2-S1*S1) : DA=S2*S3-S1*S4
125 DB=K*S4-S1*S3 : A=DA/D : B=DB/D
130 PRINT "      | Y1(i) ="; A ;" + ";B ;" /L(i)^2 |"
135 P1=3.14 : C=3E+17
140 LSR=(L(1)+L(2))/2 : NSR=A+B/(LSR)^2 : VSR=C/LSR
145 TSR=1/VSR : WSR=2*P1*VSR
150 E=-2*B/(LSR)^3 : F=-(2*P1*B)/LSR^2
155 V=C/NSR : U=V-LSR*F : P=V/U
160 PRINT " 1) S1 =";S1
165 PRINT " 2) S2 =";S2
170 PRINT " 3) S3 =";S3
175 PRINT " 4) S4 =";S4
180 PRINT " 5) D ="; D
185 PRINT " 6) Da =";DA
190 PRINT " 7) Db =";DB
195 PRINT " 8) A =";A
200 PRINT " 9) B =";B
205 PRINT " 10) Lsr ="; LSR" nm."
210 PRINT " 11) Tsr ="; TSR" sek."
215 PRINT " 12) Vsr ="; VSR" 1/sek."
220 PRINT " 13) Wsr ="; WSR" 1/sek."
225 PRINT " 14) Nsr ="; NSR
230 PRINT " 15) dN/dL =";E" 1/nm."; " 16) dV/dL =";F" 1/sek."
235 PRINT " 17) V ="; V" nm/sek."; " 18) U =";U" nm/sek."
240 PRINT " 19) V/U =";P
245 PRINT " Hamma kattaliklar mkm. larda berilgan va hisoblangan "
250 END

```

>>

Dispersiya, KOSHI FORMULASI  $N(I)=A+B/L(i)^2$

N(i) – Sindirish ko'rsatgichlar

L(i) – To'liqin uzunliklar (nm.)

2) TF3; L(1)=762, L(2)=687, L(3)=656, L(4)=589, nm.

N(1)=1.7333, N(2)=1.7398, N(3)=1.7431, N(4)=1.7522

L(5)=527, L(6)=486, L(7)=434, L(8)=431, L(9)=405 nm.

N(5)=1.7640, N(6)=1.7743, N(7)=1.7918, N(8)=1.7931, N(9)=1.8048

Istalgan K=2 va undan ko'p L(i) va N(i) larni bering?

L(i) va N(i) lar soni K = 2

L ( 1 ) = 527 N ( 1 ) = 1.7640

L ( 2 ) = 486 N ( 2 ) = 1.7743

| Y1(i) = 1.705411 + 16271.7 / L(i)^2 |

1) S1 = 7.834404E-06

2) S2 = 3.088938E-11

3) S3 = 3.5383

4) S4 = 1.38635E-05

5) D = 4.008738E-13

6) Da = 6.836545E-13

7) Db = 6.522896E-09

8) A = 1.705411

9) B = 16271.7

10) Lsr = 506.5 nm.

11) Tsr = 1.688333E-15 sek.

12) Vsr = 5.923001E+14 1/sek.

13) Wsr = 3.719645E+15 1/sek.

14) Nsr = 1.768838

15) dN/dL = -2.50452E-04 1/nm.

16) dV/dL = -.3983213 1/sek.

17) V = 1.696029E+17 nm/sek.

18) U = 1.696029E+17 nm/sek.

19) V/U = 1

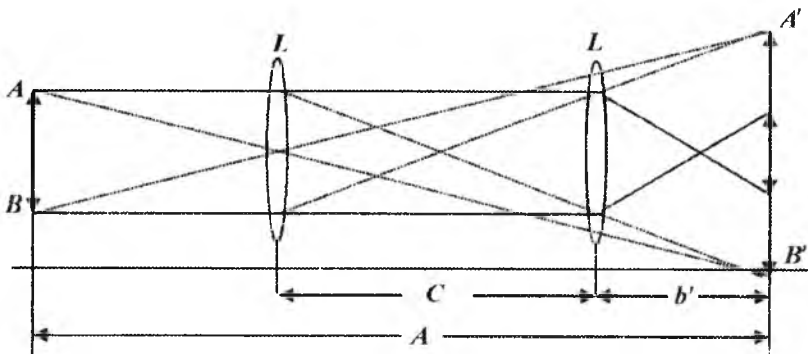
Hamma kattaliklar nm. larda berilgan va hisoblangan.

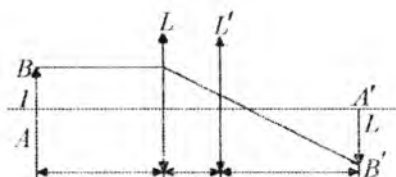
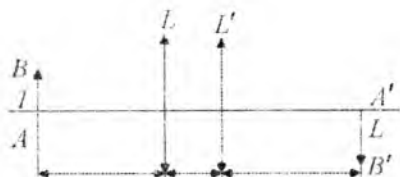
## REM L101

10 CLS : KEY OFF

15 PRINT «Linzaning fokus masofasini aniqlash»

20 PRINT





```

25 PRINT "          I   I   I   T   "
30 PRINT "          O.....I.....I.....O"
35 PRINT "          P       I   I   "
40 PRINT "                      I   "
45 PRINT "          L1   L2   I   "
50 PRINT "                      *   "
55 PRINT "
60 DIM P(30), L1(30), L2(30), T(30), F1(30), F2(30), F3(30)
65 PRINT "K – Tajriba soni "
70 PRINT "P – Buyum, L1, L2 – linzalar vaziyati, T – Tasvir (sm.larda)"
75 PRINT "F1, F2, F3 – linzaning fokus masofalari (sm.)"
80 INPUT " Tajriba soni K =", K
85 SS = 13 : FOR I=1 TO K : SS=SS+1 : LOCATE SS, 7
90 PRINT "P(;"I;")="; : INPUT " ", P(I) : NEXT I
95 SS = 13 : FOR I=1 TO K : SS=SS+1 : LOCATE SS, 22
100 PRINT "L1(;"I;")="; : INPUT " ", L1(I) : NEXT I
105 SS=13 : FOR I=1 TO K : SS=SS+1 : LOCATE SS, 39
110 PRINT "L2(;"I;")="; : INPUT " ", L2(I) : NEXT I
115 SS=13 : FOR I=1 TO K : SS=SS+1 : LOCATE SS, 56
120 PRINT "T(;"I;")="; : INPUT " ", T(I) : NEXT I
125 S1=0 : S2=0 : S3=0
130 FOR I=1 TO K
135 F1(I)=((L1(I)-P(I))*(T(I)-L1(I)))/((L1(I)-P(I))+(T(I)-L1(I)))
140 S1=S1+F1(I)
145 F2(I)=((L2(I)-P(I))*(T(I)-L2(I)))/((L2(I)-P(I))+(T(I)-L2(I)))
150 S2=S2+F2(I)
155 F3(I)=((T(I)-P(I))^2-((L2(I)-L1(I))^2)/(4*(T(I)-P(I))))
160 S3=S3+F3(I)
165 PRINT " F1(;"I;")=";F1(I) F2(;"I;")=";F2(I) F3(;"I;") ="; F3(I)
170 NEXT I
175 F1SR=S1/K : F2SR=S2/K : F3SR=S3/K : FSR=(F1SR+F2SR+F3SR)/3
180 PRINT " F1sr =" ;F1SR" F2sr =" ;F2SR" F3sr =" ; F3SR" sm."
185 ST=1.96+2.4/(K-1)+5.9/(K-1)^2.37

```

```

190 S4=0 : S5=0 : S6=0
195 FOR I=1 TO K
200 DF1(I)=F1(I)-F1SR : S4=S4+DF1(I)*DF1(I)
205 DF2(I)=F2(I)-F2SR : S5=S5+DF2(I)*DF2(I)
210 DF3(I)=F3(I)-F3SR : S6=S6+DF3(I)*DF3(I) : NEXT I
215 DF1=ST*SQR(S4/(K*(K-1))) : DF2=ST*SQR(S5/(K*(K-1)))
220 DF3=ST*SQR(S6/(K*(K-1)))
225 PRINT " DF1 =";DF1" DF2 =";DF2" DF3 =";DF3
230 EPSF1=100*DF1/F1SR : EPSF2=100*DF2/F2SR : EPSF3=100*DF3/F3SR
235 PRINT "EpsF1 =";EPSF1" EpsF2 =";EPSF2" EpsF3 ="; EPSF3
240 PRINT "( F1sr + - DF1 ) =";F1SR;" + -";DF1;"
245 PRINT "( F2sr + - DF2 ) =";F2SR;" + -";DF2;"
250 PRINT "( F3sr + - DF3 ) =";F3SR;" + -";DF3;"
255 PRINT "Fsr = (F1sr+F2sr+F3sr)/3 =";FSR" sm"
260 END

```

### 5 REM L103

```

10 CLS : KEY OFF
15 PRINT "1) L103 EKKU  $Y(i)=a+b*X(i)$ ; 2) O'rtacha arifmetik usul"
20 PRINT "3) L103 Oddiy usul; 4) Kombinatsion usul"
25 PRINT " 5) EKKU  $Y(i)=b.X(i)$ ; 6) Jadval  $Y(i)=a+b*X(i)$  "
30 PRINT " 7) Jadval. Nyuton halqalari  $(R_i)^2 = R*LC*I$  "
35 PRINT " 8) Jadval. Nyuton halqalari  $r(i) = \text{Sqr}(R*LC*I)$  "
40 DIM B1(35), D2(35), X(35), Y(35), Y1(35), DY(35), R(35), DR(35),
A(35), Q(35,35)
45 PRINT " L, N, T - Boshlang'ich, oxirgi va qadam halqa soni "
50 PRINT " R - Linzaning egrilik radiusi (mm.); M0-Yo'qotilgan halqalar soni "
55 PRINT " D2(i)= 27.48, 28.20, 28.84, 29.4, 29.86, 30.33 (mm.)"
60 PRINT " B1(i)= 21.95 21.17, 20.55, 20.04, 19.56, 19.14 (mm.)"
65 PRINT " i = 5 10 15 20 25 30 (halqa soni) "
70 INPUT " Boshlang'ich halqa soni L =",L
75 INPUT " Oxirgi halqa soni N =",N
80 INPUT " Qadam halqa soni T =",T
85 CLS : KEY OFF
90 PRINT " D2(i)= 27.48, 28.20, 28.84, 29.4, 29.86, 30.33 (mm.)"
95 PRINT " B1(i)= 21.95, 21.17, 20.55, 20.04, 19.56, 19.14 (mm.)"
100 PRINT " i = 5 10 15 20 25 30 (halqa soni) "
105 K=((N-L)/T)+1
110 PRINT " Hisoblashlar soni K =";K

```

```

115 SS=4 : FOR I=L TO N STEP T : SS=SS+1 : LOCATE SS, 10
120 PRINT "D2(";I;")="; : INPUT " ", D2(I) : NEXT I
125 SS=4 : FOR I=L TO N STEP T : SS=SS+1 : LOCATE SS, 35
130 PRINT "B1(";I;")="; : INPUT " ", B1(I) : NEXT I
135 REM (D2(i)-B1(i))^2= 0+(4*L*R)*1 ; Y(i)=a+b*X(i)
140 S1=0 : S2=0 : S3=0 : S4=0
145 FOR I=L TO N STEP T
150 X(I)=I : Y(I)= (D2(I)-B1(I))^2
155 S1=S1+X(I) : S2=S2+X(I)^2
160 S3=S3+Y(I) : S4=S4+X(I)*Y(I)
165 NEXT I
170 D=K*S2-S1*S1 : DA=S2*S3-S1*S4 : DB=K*S4-S1*S3
175 A=DA/D : B=DB/D : M0=A/B : R=B/(.002312) : LL=S3/(4*R*S1)
180 PRINT "S1=";S1" S2=";S2" S3=";S3" S4=";S4
185 PRINT "D=";D" Da=";DA" Db=";DB
190 PRINT "A=";A" B=";B" M0=";M0
195 PRINT "LL=";LL" mm."
200 PRINT "1) EKKU usuli R=";R" mm."
205 PRINT "| Y1(i) =" : A ";" ; B ";" *X(i) "
210 S9=0 : FOR I=L TO N STEP T
215 Y1(I)=A+B*X(I)
220 DY(I)=Y(I)-Y1(I) : S9=S9+DY(I)^2
225 PRINT I;". X(";I;")=";X(I)" Y(";I;")=";Y(I)" Y1(";I;")=";Y1(I)
230 NEXT I
235 SIG=SQR(S9/(K-2)) : PA=D/S2 : PB=D/K
240 DELA=SIG/SQR(PA) : DELB=SIG/SQR(PB)
245 PRINT " DelA=";DELA" DelB=";DELB" DelR="; DELB
250 PRINT " F5 Bosilsin " : STOP
255 PRINT " 2) L103 O'rtacha arifmetik usul "
260 S21=0 : S22=0 : S23=0 : S24=0
265 FOR I=L TO (N/2) STEP T
270 X(I)=I : Y(I)= (D2(I)-B1(I))^2
275 S21=S21+X(I) : S22=S22+Y(I)
280 NEXT I
285 FOR J=(N/2+T) TO N STEP T
290 X(J)=J : Y(J)= (D2(J)-B1(J))^2
295 S23=S23+X(J) : S24=S24+Y(J)
300 NEXT J
305 P1=K/2

```

```

310 D=P1*S23-P1*S21 : DA=S22*S23-S21*S24 : DB=P1*S24-P1*S22
315 A=DA/D : B=DB/D : M0=A/B : R=B/(.002312)
320 PRINT " S21=";S21" S22=";S22" S23 =" ;S23" S24 =" ;S24
325 PRINT " D =" ; D" Da =" ;DA" Db =" ;DB
330 PRINT " A =" ;A" B =" ;B" M0 =" ;M0" P =" ;P1" R =" ;R" mm."
335 PRINT " LL =" ;LL" mm."
340 PRINT " F5 Bositsin " : STOP
345 PRINT " 3) L103 Oddiy usul K =" ;K
350 S10=0 : P=0 : FOR I=L TO N STEP T
355 P=P+1 : LC=.000578
360 R(I)= (D2(I)-B1(I))^2/(4*LC*(1+M0)) : S10=S10+R(I)
365 PRINT " "P". R(" ;I;" ) =" ;R(I)
370 NEXT I
375 RSR=S10/K
380 PRINT " Rsr =" ;RSR" mm."
385 ST=1.96+2.4/(K-1)+5.9/(K-1)^2.37
390 S11=0 : FOR I=L TO N STEP T
395 DR(I)=R(I)-RSR : S11=S11+DR(I)*DR(I)
400 PRINT " DR(" ;I;" ) =" ;DR(I)
405 NEXT I
410 SIG=SQR(S11/K/(K-1)) : DELR=ST*SIG : EPSR= 100*DELR/RSR
415 PRINT " ST =" ;ST" DelR =" ;DELR" EpsR =" ;EPSR
420 PRINT " (Rsr + - DelR ) =" ; RSR ;"+ -";DELR ;"
425 PRINT " F5 Bositsin ? Endi R(i)=f(i) jadvalasi " : STOP
430 CLS : SCREEN 2
435 LINE (0,0)-(0,180)
440 LINE (0,180)-(600,180)
445 S30=0 : FOR I=L TO N STEP T
450 R(I)= (D2(I)-B1(I))^2/(4*LC*(1+M0)) : S30=S30+R(I)
455 PSET (18*I,180-.07*R(I))
460 NEXT I
465 LOCATE 22,70 : PRINT " i"
470 LOCATE 5,3 : PRINT " R(i) "
475 LOCATE 21,10 : PRINT " R(i)=(D2(i)-B1(i))^2/(4*LC*(i+M0)) "
480 LOCATE 20,10 : PRINT " Linzaning egrilik radiusi (mm.) Rsr =" ;RSR;"
485 LOCATE 23,3 : PRINT
490 PRINT "F5 Bositsin ? " : STOP
495 LC=.000578 : M=K*(K-1)/2 : PRINT " 4) Kombinatsiya usuli M =" ;M
500 S12=0 : P=0 : FOR I=L TO N STEP T

```

```

505 FOR J=1+T TO N STEP T
510 A(J)=(D2(J)-B1(J))^2 : A(I)=(D2(I)-B1(I))^2
515 Q(J,I)=(A(J)-A(I))/(4*LC)/(J-I) : S12=S12+Q(J,I) : P=P+1
520 PRINT "  "P".    R("J;"I;"") =":Q(J,I)
525 NEXT J : NEXT I
530 RKSR=S12/M
535 PRINT "Rsr =":RKSR"  mm."
540 PRINT "F5 Bosilsin ? " : STOP
545 S15=0 : S16=0
550 FOR I=L TO N STEP T
555 X(I)=I+3 : Y(I)=(D2(I)-B1(I))^2
560 S15=S15+X(I)^2
565 S16=S16+X(I)*Y(I)
570 NEXT I
575 LC=.000578 : K=((N-L)/T)
580 B=S16/S15 : R=B/(4*LC)
585 PRINT "5) EKKU  Y(i)=b*X(i):  R =":R" sm."
590 S17=0 : FOR I=L TO N STEP T
595 Y1(I)=B*X(I)
600 DY(I)=Y(I)-Y1(I) : S17=S17+DY(I)^2
605 PRINT I;" X("I;"")=":X(I)" Y("I;"")=":Y(I)" Y1("I;"")=":Y1(I)
610 NEXT I
615 DELB=SQR(S17/(S16*(K-1))) : EPSB=100*DELB/B
620 PRINT "  B =":B" DelB =":DELB" EpsB =":EPSB
625 PRINT "  F5 Bosilsin ? Endi Y(i)=a+b*X(i) jadvali " : STOP
630 CLS : SCREEN 2
635 PRINT "      6) Jadval Y(i)=a+b*X(i):  R =":R" sm."
640 LINE (0,0)-(9,180)
645 LINE (0,180)-(600,180)
650 S18=0 : FOR I=L TO N STEP T
655 Y1(I)=A+B*X(I) : S18=S18+Y1(I)
660 PSET (18*I,180-Y1(I))
665 NEXT I
670 LOCATE 5,3 : PRINT " Y(i)"
675 LOCATE 22,70 : PRINT " X(i)"
680 LOCATE 22,50 : PRINT "  Nyuton halqalari "
685 LOCATE 22,10 : PRINT " Y(i)=":A;" + ":B;"*X(i)
690 LOCATE 23,3 : PRINT
695 PRINT "  F5 Bosilsin ? " : STOP

```

```

700 CLS : SCREEN 2
705 PRINT " 7) Jadval  $Y(i) = r(i) = \text{Sqr}(I * R * LC)$  "
710 X=300 : Y=90
715 FOR I=L TO N STEP T
720 R(I)= (D2(I)-B1(I))/2 : X(I)=I
725 Y(I)=R(I)^2 : Y(I)=R*LC*X(I)
730 CIRCLE (X,Y),6*Y(I)
735 NEXT I
740 LOCATE 12,36 : PRINT "L=";L
745 LOCATE 12,3 : PRINT "N=";N
750 LOCATE 13,3 : PRINT "T=";T
755 LOCATE 22,10 : PRINT "  $r(i) = \text{Sqr}(R * LC * i)$  "
760 LOCATE 22,50 : PRINT "Nyuton halqalari "
765 LOCATE 23,3 : PRINT
770 PRINT " F5 Bosilsin ? " : STOP
775 CLS : SCREEN 2
780 PRINT " 8) Jadval  $r(i) = \text{Sqr}(I * R * LC)$  "
785 X=300 : Y=90
790 FOR I=1 TO N STEP 1
795 R(I)= (D2(I)-B1(I))/2 : X(I)=I
800 Y(I)=R(I)^2 : Y(I)=R*LC*X(I)
805 CIRCLE (X,Y),6*Y(I)
810 NEXT I
815 LOCATE 12,36 : PRINT "L=";1
820 LOCATE 12,3 : PRINT "N=";N
825 LOCATE 13,3 : PRINT "T=";1
830 LOCATE 22,10 : PRINT "  $r(i) = \text{Sqr}(R * LC * i)$  "
835 LOCATE 23,3 : PRINT
840 END
>> >>

```

## 5 REM L104

```

10 CLS : KEY OFF
20 PRINT " Lab 104 "
30 DIM R0(20),RX(20),JX(20),DJX(20),ST(20)
35 PRINT " K – Tajriba soni "
40 PRINT " J0 – Etalon lampaning yorug'lik kuchi (Sham.)"
45 PRINT " JX(I) – Noma'lum lampaning yorug'lik kuchi (Sham.)"
50 PRINT " R0(i) – Etalon lampadan fotoelementgacha masofa (sm.)"
55 PRINT " RX(i) – Noma'lum lampadan fotoelementgacha masofa (sm.)"

```

```

60 INPUT " O'lehashlar soni K =" ,K
65 INPUT " J0 =" ,J0
70 SS=7 : FOR I=1 TO K : SS=SS+1 : LOCATE SS,16
75 PRINT "R0(";I;")="; : INPUT " ",R0(I) : NEXT I
80 SS=7 : FOR I=1 TO K : SS=SS+1 : LOCATE SS,32
85 PRINT "RX(";I;")="; : INPUT " ",RX(I) : NEXT I
90 P=0 : S3=0 : FOR I=1 TO K
95 JX(I)=J0*RX(I)^2/R0(I)^2 : S3=S3+JX(I) : P=P+1
100 PRINT " "P". JX(";I;")=";JX(I)" Sham."
105 NEXT I
110 JXSR=S3/K
115 S4=0 : FOR I=1 TO K
120 DJX(I)=JX(I)-JXSR
125 S4=S4+DJX(I)^2
130 NEXT I
135 ST(K)=1.96+2.4/(K-1)+5.9/((K-1)^2.37)
140 PRINT " ST(";K;") =" ;ST(K)
145 DELJX=ST(K)*SQR(S4/(K*(K-1)))
150 EPSJX=100*DELJX/JXSR
155 PRINT " JXsr =" ;JXSR" Sham."
160 PRINT " DELJX =" ;DELJX " EPSJX =" ;EPSJX" % "
165 PRINT " (JXsr + - DeJX) = " ;JXSR;" + - " ;DELJX;" Sham"
170 END

```

## 5 REM L109

```

10 CLS : KEY OFF
15 PRINT " 1) H2O suv,                2) C3H8O3 glitserin,
      3) C4H10O butil spirt, "
20 PRINT " 4) C2H6O etil spirt,      5) CH4O metil spirt, "
25 PRINT " 6) C3H8O propil spirt,   7) C3H6O atseton,
      8) C6H6 benzol. "
30 PRINT " K=3 ta o'lehangani N(k) larni bering ? "
35 INPUT " O'lehashlar soni K =" ,K
40 SS=4 : FOR I=1 TO K : SS=SS+1 : LOCATE SS,7
45 PRINT "N(";I;") =" ; : INPUT " ",N(I) : NEXT I
50 H=1.0078 : O=16 : C=12.01
55 RO(1)=1 : RO(2)=1.2613 : RO(3)=.8098 : RO(4)=.7893
60 RO(5)=.7928 : RO(6)=.8035 : RO(7)=.792 : RO(8)=.879
65 M(1)=2*H+O : M(2)=3*C+8*H+3*O : M(3)=4*C+10*H+O :
M(4)=2*C+6*H+O

```

```

70 M(5)=C+4*H+O : M(6)=3*C+8*H+O : M(7)=3*C+6*H+O :
M(8)=6*C+6*H
75 S=0 : FOR I=1 TO K
80 RM(I)=(M(I)/RO(I))*(N(I)^2-1)/(N(I)^2+2)
85 S=S+RM(I)
90 PRINT " RM(";I;") =";RM(I) : NEXT I
95 D=16 : DC=8*RM(1)+6*RM(3)+10*RM(2)-(8*RM(3)+2*
RM(2)+30*RM(1))
100 DH=12*RM(1)+3*RM(3)-(4*RM(2)+3*RM(1))
105 DO=8*RM(2)+30*RM(1)-(32*RM(1)+6*RM(3))
110 RAC=DC/D : RAH=DH/D : RAO=DO/D
115 PRINT " D=";D" DC=";DC" DH=";DH" DO=";DO
120 PRINT " RAC=";RAC" RAH=";RAH" RAO=";RAO
125 FOR J=1 TO 8
130 RM(1)=2*RAH+RAO : RM(2)=3*RAC+8*RAH+3*RAO :
RM(3)=4*RAC+10*RAH+RAO
135 RM(4)=RAC+4*RAH+RAO : RM(5)=2*RAC+6* RAH+RAO :
RM(6)=3*RAC+8*RAH+RAO
140 RM(7)=3*RAC+6*RAH+RAO : RM(8)=6*RAC+6*RAH
145 PRINT " M(";J;") =";M(J) RM(";J;") =";RM(J) : NEXT J
150 PRINT " F5 Bosilsin " : STOP
155 S5=0 : FOR I=1 TO 8
160 N1(I)=SQR(M(I)+2*RO(I)*RM(I)) : N2(I)=SQR(M(I)-RO(I)*RM(I))
165 N(I)=N1(I)/N2(I) : S5=S5+N(I)
170 PRINT " N(";I;") =";N(I) : NEXT I
175 END
>>

```

## 5 REM LI23

```

10 CLS : KEY OFF
15 PRINT " F(i)=W+E.C(i) "
20 DIM C(30),N(30),F(30),N1(30),F1(30), F2(30),Y2(30), Y21(30)
25 DIM Y3(30),X4(30),Y5(30),AL(30)
30 PRINT " X1,Y1,Y3,X4-koordinatar "
35 PRINT " K-Tajriba soni , C(i) — konsentratsiyalar ( % ) "
40 PRINT " F(i)-burchaklar (Grad.) "
45 X1=5 : Y1=5 : Y3=190 : X4=600
50 X3=X1 : Y4=Y3
55 INPUT " K=",K
60 SS=6 : FOR I=1 TO K : SS=SS+1 : LOCATE SS, 17

```

```

65 PRINT "C(";I;")="; : INPUT " ",C(I) : NEXT I
70 SS=6 : FOR I=1 TO K : SS=SS+1 : LOCATE SS,35
75 PRINT "F(";I;")="; : INPUT " ",F(I) : NEXT I
80 S9=0 : P=0 : FOR I=1 TO K
85 AL(I)=F(I)/C(I) : S9=S9+AL(I) : P=P+1
90 PRINT P". Alpha(";I;") =" ;AL(I)
95 NEXT I
100 ALSR=S9/K : PRINT " ALSr =" ;ALSR
105 PRINT " F5 Bosilsin " : STOP
110 S1=0 : S2=0 : S5=0 : S6=0
115 FOR I=1 TO K
120 S1=S1+C(I) : S2=S2+C(I)^2
125 S5=S5+F(I) : S6=S6+C(I)*F(I)
130 NEXT I
135 D1=(K*S2-S1*S1) : DW=S2*S5-S1*S6
140 DE=K*S6-S1*S5 : W=DW/D1 : E=DE/D1
145 PRINT " S1=" ;S1 " S2=" ;S2
150 PRINT " S5=" ;S5 " S6=" ;S6
155 PRINT " D1 =" ; D1 " DW =" ;DW " DE =" ;DE
160 PRINT " W =" ;W " E =" ;E " ALSr=E =" ;ALSR
165 PRINT " [ F1(i) =" ; W ;" + ";"E ;" *C(i) ] ; 1) F(i)=W+E*C(i) "
170 S9=0 : S10=0 : S11=0
175 FOR I=1 TO K
180 F1(I)=W+E*C(I)
185 DF2(I)=F(I)-F1(I) : S10=S10+DF2(I)^2
190 PRINT I;" C(";I;")=" ;C(I)" F(";I;")=" ;F(I)" F1(";I;")=" ;F1(I)
195 NEXT I
200 PRINT "F5 Bosilsin"
205 STOP
210 PRINT " W =" ;W " E =" ;E
215 M=0 : FOR I=1 TO K : M=M+1
220 X(I)=C(I)
225 F11(I)=W+E*X(I)
230 PRINT " "M". C(";I;") =" ;C(I)" F11(";I;")=" ;F11(I)
235 NEXT I
240 CX=600/(X(K)-X(1)) : CY=180/(F11(K)-F11(1))
245 PRINT " Cx =" ;CX " Cy =" ;CY
250 S14=0 : S15=0
255 FOR I=1 TO K

```

```

260 X2(I)=CX*(X(K)-X(I)) : S14=S14+X2(I)
265 Y2(I)=CY*(F11(K)-F11(I)) : S15=S15+Y2(I)
270 PRINT I;" X2(";I;")="";X2(I)" Y2(";I;")="";INT(Y2(I))
275 NEXT I
280 PRINT "F5 Bosilsin"
285 STOP
290 ZS=INPUT $(1)
295 REM GRAPHIC Y2(i)=W+E*C(i)
300 CLS : SCREEN 2
305 LINE (X3,Y3+5)-(X1,Y1)
310 LINE -(X1-2,Y1+5) : LINE -(X1+2,Y1+5) : LINE -(X1,Y1)
315 LINE (X3,Y3)-(X4+5,Y4)
320 LINE -(X4,Y3-2) : LINE -(X4,Y3+2) : LINE -(X4+5,Y4)
325 REM RAZMETKA X
330 FOR I=0 TO (X4-5) STEP 20
335 PSET (X3+I,Y3-1) : NEXT I
340 REM RAZMETKA Y
345 FOR I=0 TO (Y3-10) STEP 10
350 PSET (X3+1,Y3-I) : NEXT I
355 REM EXPER. KRIVAJA
360 FOR I=1 TO K
365 PSET (X2(I),(Y3-Y2(I)))
370 NEXT I
375 PRINT "F5 Bosilsin" : STOP
380 REM TEOR. KRIVAJA Y3(J)=W+E*X(j)
385 LINE (X2(1),(Y3-Y2(1)))-(X2(K),(Y3-Y2(K)))
390 LOCATE 5,5 : PRINT " F(i) "
395 LOCATE 17,45 : PRINT " F(i)=";W;"+";E;"*C(i) "
400 LOCATE 22,70 : PRINT " C(i) "
405 LOCATE 23,3 : PRINT
410 END
>>

```

## 5 REM L1031

10 CLS : KEY OFF

```

15 PRINT " 1) L103 EKKU  $Y(i)=a+b \cdot X(i)$ ; 2) O'rtacha arifmetik usul "
20 PRINT " 3) L103 Oddiy usul; 4) kombinatsion usul "
25 PRINT " 5) EKKU  $Y(i)=b \cdot X(i)$ ; 6) Jadval  $Y(i)=a+b \cdot X(i)$  "
30 PRINT " 7) jadval Nyuton halqalari  $(R_i)^2 = R \cdot LC \cdot I$  "
35 PRINT " 8) Nyuton halqalarining markazi  $X_0(i)$  "

```

```

40 DIM B1(35),D2(35),X(35),Y(35),Y1(35)
45 DIM DY(35),R(35),DR(35),A(35),Q(35,35),X0(35)
50 PRINT " L, N, T -Boshlangich, oxirgi va qadam halqa sonlari"
55 PRINT " R -Linzaning egrilik radiusi (mm.); M0-Yo'qotilgan halqalar soni"
60 PRINT " D2(i)= 27.48, 28.20, 28.84, 29.4, 29.86, 30.33 (mm.)"
65 PRINT " B1(i)= 21.95, 21.17, 20.55, 20.04, 19.56, 19.14 (mm.)"
70 PRINT " i = 5 10 15 20 25 30 (halqa soni) "
75 INPUT "Boshlangich halqa soni L =",L
80 INPUT "Oxirgi halqa soni N =",N
85 INPUT "Qadam halqa soni T =",T
90 'CLS : KEY OFF
95 K=((N-L)/T)+1
100 PRINT "Hisoblashlar soni K =",K
105 SS=14 : FOR I=L TO N STEP T : SS=SS+1 : LOCATE SS, 10
110 PRINT "D2(";I;")="; : INPUT " ",D2(I) : NEXT I
115 SS=14 : FOR I=L TO N STEP T : SS=SS+1 : LOCATE SS,35
120 PRINT "B1(";I;")="; : INPUT " ",B1(I) : NEXT I
125 REM (D2(i)-B1(i))^2= 0+(4*L*R)*I ; Y(i)=a+b*X(i)
130 S1=0 : S2=0 : S3=0 : S4=0
135 FOR I=L TO N STEP T
140 X(I)=I : Y(I)= (D2(I)-B1(I))^2
145 S1=S1+X(I) : S2=S2+X(I)^2
150 S3=S3+Y(I) : S4=S4+X(I)*Y(I)
155 NEXT I
160 D=K*S2-S1*S1 : DA=S2*S3-S1*S4 : DB=K*S4-S1*S3
165 A=DA/D : B=DB/D : M0=A/B : R=B/(.002312) : LL=S3/(4*R*S1)
170 PRINT "S1=";S1" S2=";S2" S3=";S3" S4=";S4
175 PRINT "D =" ; D" Da =" ;DA" Db =" ;DB
180 PRINT "A =" ;A" B =" ;B" M0 =" ;M0
185 PRINT "Lam =" ;LL" mm."
190 PRINT "I) EKKU usuli R =" ;R" mm."
195 PRINT "[ Y1(i) =" ; A ; "+" ;B ;"*X(i) "
200 S9=0 : FOR I=L TO N STEP T
205 Y1(I)=A+B*X(I)
210 DY(I)=Y(I)-Y1(I) : S9=S9+DY(I)^2
215 PRINT I," X(";I;")=";X(I)" Y(";I;")=";Y(I)" Y1(";I;")=";Y1(I)
220 NEXT I
225 SIG=SQR(S9/(K-2)) : PA=D/S2 : PB=D/K
230 DELA=SIG/SQR(PA) : DELB=SIG/SQR(PB)

```

```

235 PRINT "DelA =";DELA" DelB =";DELB" DelR =";DELR
240 PRINT "F5 Bosilsin " : STOP
245 PRINT "2) L103 O'rtacha arifmetik usul "
250 S21=0 : S22=0 : S23=0 : S24=0
255 FOR I=L TO (N/2) STEP T
260 X(I)=I : Y(I)= (D2(I)-B1(I))^2
265 S21=S21+X(I) : S22=S22+Y(I)
270 NEXT I
275 FOR J=(N/2+T) TO N STEP T
280 X(J)=J : Y(J)= (D2(J)-B1(J))^2
285 S23=S23+X(J) : S24=S24+Y(J)
290 NEXT J
295 P1=K/2
300 D=P1*S23-P1*S21 : DA=S22*S23-S21*S24 : DB=P1*S24-P1*S22
305 A=DA/D : B=DB/D : M0=A/B : R=B/(.002312)
310 PRINT "S21=";S21" S22=";S22" S23 =";S23" S24 =";S24
315 PRINT "D ="; D" Da =";DA" Db =";DB
320 PRINT "A =";A" B =";B" M0 =";M0" P =";P1" R =";R
325 'PRINT "LL =";LL" mm."
330 PRINT "F5 Bosilsin " : STOP
335 PRINT "3) L103 Oddiy usul K =";K
340 S10=0 : P=0 : FOR I=L TO N STEP T
345 P=P+I : LC=.000578
350 R(I)= (D2(I)-B1(I))^2/(4*LC*(I+M0)) : S10=S10+R(I)
355 PRINT " "P" R(";I;" ) =";R(I)
360 NEXT I
365 RSR=S10/K
370 PRINT "Rsr =";RSR" mm."
375 ST=1.96+2.4/(K-1)+5.9/(K-1)^2.37
380 S11=0 : FOR I=L TO N STEP T
385 DR(I)=R(I)-RSR : S11=S11+DR(I)*DR(I)
390 PRINT "DR(";I;" ) =";DR(I)
395 NEXT I
400 SIG=SQR(S11/K/(K-1)) : DELR=ST*SIG : EPSR=100*DELR/RSR
405 PRINT "ST =";ST" DelR =";DELR" EpsR =";EPSR
410 PRINT " ( Rsr + - DelR ) ="; RSR ;"+ -";DELR ;"
415 PRINT "F5 Bosilsin ? " : STOP
420 LC=.000578 : M=K*(K-1)/2 : PRINT " 4) Kombinatsiya usuli M =";M
425 S12=0 : P=0 : FOR I=L TO N STEP T

```

```

430 FOR J=1-T TO N STEP T
435 A(J)=(D2(J)-B1(J))^2 : A(I)=(D2(I)-B1(I))^2
440 Q(J,I)=(A(J)-A(I))/(4*LC)/(J-I) : S12=S12+Q(J,I) : P=P+1
445 PRINT " " "P". R(";",",",";I")="";Q(J,I)
450 NEXT J : NEXT I
455 RKSR=S12/M
460 PRINT "Rsr =" ; RKSR " mm."
465 PRINT "F5 Bosilsin ?" : STOP
470 S15=0 : S16=0
475 FOR I=L TO N STEP T
480 X(I)=I : Y(I)=(D2(I)-B1(I))^2
485 S15=S15+X(I)^2
490 S16=S16+X(I)*Y(I)
495 NEXT I
500 LC=.000578 : K=((N-L)/T)
505 B=S16/S15 : R=B/(4*LC)
510 PRINT "5) EKKU Y(i)=b*X(i); R=" ; R " sm."
515 S17=0 : FOR I=L TO N STEP T
520 Y1(I)=B*X(I)
525 DY(I)=Y(I)-Y1(I) : S17=S17+DY(I)^2
530 PRINT I; ". X(" ; I ; ")=" ; X(I) " Y(" ; I ; ")=" ; Y(I) " Y1(" ; I ; ")=" ; Y1(I)
535 NEXT I
540 DELB=SQR(S17/(S16*(K-1))) : EPSB=100*DELB/B
545 PRINT "B =" ; B " DelB =" ; DELB " EpsB =" ; EPSB
550 PRINT "F5 Bosilsin ?" : STOP
555 CLS : SCREEN 2
560 PRINT "6) Jadval Y(i)=a+b*X(i); R =" ; R " sm."
565 LINE (0,0)-(0,180)
570 LINE (0,180)-(600,180)
575 S18=0 : FOR I=L TO N STEP T
580 Y1(I)=A+B*X(I) : S18=S18+Y1(I)
585 PSET (18*I,180-Y1(I))
590 NEXT I
595 LOCATE 5,3 : PRINT " Y(i)"
600 LOCATE 22,70 : PRINT " X(i)"
605 LOCATE 22,40 : PRINT " Nyuton haqalari "
610 LOCATE 22,10 : PRINT " Y(i)=" ; A ; " + " ; B ; " * X(i)
615 LOCATE 23,3 : PRINT
620 PRINT "F5 Bosilsin ?" : STOP

```

```

625 CLS : SCREEN 2
630 PRINT "7) jadval  $Y(i) = (R_i)^2 = I \cdot R \cdot LC$  "
635 X=300 : Y=90
640 FOR I=L TO N STEP T
645 R(I)= (D2(I)-B1(I))/2 : X(I)=I
650 Y(I)=R(I)^2 : Y(I)=R*LC*X(I)
655 CIRCLE (X,Y),5*Y(I)
660 NEXT I
665 LOCATE 12,36 : PRINT "L=";L"
670 LOCATE 12,3 : PRINT "N=";N
675 LOCATE 13,3 : PRINT "T=";T
680 LOCATE 22,10 : PRINT " $(R_i)^2 = R \cdot LC \cdot i$  "
685 LOCATE 22,50 : PRINT "Nyuton halqalari "
690 LOCATE 23,3 : PRINT
695 PRINT "F5 Bosilsin ? " : STOP
700 PRINT "8) Halqalar markazi topiladi "
705 P=0 : FOR I=L TO N STEP T
710 R(I)= (D2(I)-B1(I))/2 : X0(I)=R(I)+B1(I) : P=P+1
715 PRINT " " "P". X0(";I;") =";X0(I)
720 NEXT I
725 END

```

## 5 REM M1918

10 CLS : KEY OFF

```

15 PRINT " Fotoelektr effekt ( $h\nu = A + m \cdot U_m^{2/2}$  ); ( $h\nu = h\nu_{min} + q \cdot U_{utut}$ )"
20 PRINT "H – Plank doimiysi (J*sek..)"
25 PRINT "Q – Elektronning zaryadi (KL..)"
30 PRINT "M – Elektronning massasi (kg..)"
35 PRINT "C – Yoruglikning bo'shliqdagi tezligi (m/sek..)"
40 PRINT "A – Moddaning chiqish ishi ( eV yoki J.)"
45 PRINT "Utut – Tutib turuvchi kuchlanish (B..)"
50 PRINT "V va Vmin – Chastota va minimal chastota ( Hz.)"
55 PRINT "L va Lkr – To'liqin uzunlik va qizil chegara ( m.)"
60 PRINT "Um – Elektronning maksimal tezligi ( m/sek..)"
65 PRINT "Pq – Elektronning metall sirtiga bergan bosimi ( kg.m/sek..)"
70 PRINT "Ptot- Foton impulsi, Lkom- Kompton to'liqin uzunlik"
75 PRINT "$19-18 da  $E_{ps}=4.9 \text{ eB} = 7.84e-19 \text{ J}$ ,  $A=4.5 \text{ eB} = 7.2e-19 \text{ J}$ "
80 PRINT " 1 eB = ( 1.6E-19 ) J. "
85  $E=4.9 \cdot 1.6E-19$  :  $A=4.5 \cdot 1.6E-19$ 
90 REM M1918 masalada  $E_{ps}=h \cdot V$  va  $A=h \cdot V_{min}$  lar electron voltlarda berilgan.

```

```

95 INPUT " Fotonning energiyasi ( J.) E=h*V =" ,E
100 INPUT " Elektronning metallidan chiqish ishi (J.) A =" ,A
105 Q=1.6E-19 : C=3E+08 : M=9.1E-31 : H=6.62E-34
110 V=E/H : VMIN=A/H : EK=E-A : UM=SQR(2*EK/M)
115 L=C/V : LQ=C/VMIN : PQ=M*UM : PV=E/C
120 UT=A/Q : MF=E/C^2 : LDB=H/PQ : LKOM=H/(M*C)
125 T=1/V : Pi=3.14 : W=2*Pi*V
130 PRINT " 1) V =E/H =" ;V" 1/sek."
135 PRINT " 2) Vmin =A/H =" ;VMIN" 1/sek."
140 PRINT " 3) Ekin =E-A =" ;EK" J."
145 PRINT " 4) Umax =SQR(2*Ek/M) =" ;UM" m/sek."
150 PRINT " 5) L =C/V =" ;L" m."
155 PRINT " 6) Lqiz =C/Vmin =" ;LQ" m."
160 PRINT " 7) Utut =A/Q =" ;UT" B."
165 PRINT " 8) Mfot =E/C^2 =" ;MF" kg."
170 PRINT " 9) Pq =M*Um =" ;PQ" kg*m/sek."
175 PRINT " 10) Pphot =E/C =" ;PV" kg*m/sek."
180 PRINT " 11) Ldb =H/Pq =" ;LDB" m."
185 PRINT " 12) Lkom =H/(M*C) =" ; LKOM" m."
190 PRINT " 13) T =1/V =" ;T" sek."
195 PRINT " 14) W =2*pi*V =" ; W" 1/sek."
200 END

```

### Chiqish ishi

**M1918**  $E = 4,9$  эВ energiyali yoruglik kvanti  $A = 4,5$  эВ ish bajargan holda metallidan fotoelektronlarni uzib chiqaradi. Har bir elektron uchib chiqayotganda metall sirtiga berilgan maksimal impulsni toping:

(Hamma kattaliklar SI sistemasida ishlansin)

$L$  va  $L_{kr}$  — To'liq uzunlik va qizil chegara ( m )

$U_m$  — Elektronning maksimal tezligi ( m/sek.)

$P_q$  — Elektronning metall sirtiga bergan bosimi ( kg.m/sek.)

$P_{fot}$  — Foton impulsi,  $L_{kom}$  — Kompton to'liq uzunlik

**№19-18** da  $E_{ps}=4,9$  эВ =  $7.84e-19$  J ,  $A=4.5$  эВ =  $7.2e-19$  J,  $P_q=?$

$1 \text{ eB} = ( 1.6E-19 ) \text{ J.}$  ,  $p_1=3,14$

Berilgan:

Fotonning energiyasi ( J.)  $E=h \cdot \nu = 7.84e-19 \text{ J}$

Elektronning metallidan chiqish ishi (J.)  $A = 7.2e-19 \text{ J}$

1)  $\nu = E_{ps}/h = 1.18429E+15 \text{ 1/sek.}$

2)  $\nu_{min} = A/h = 1.087613E+15 \text{ 1/sek.}$

- 3)  $E_{kin} = E_{ps} - A = 6.4E-20 \text{ J}$ .      4)  $U_{max} = \sqrt{2(E_{k}/M)} = 375045.8 \text{ m/sek}$ .
- 5)  $L = C/v = 2.533163E-07 \text{ m}$ .
- 6)  $L_{qiz} = C/v_{min} = 2.758334E-07 \text{ m}$ .
- 7)  $U_{tut} = A/Q = 4.5 \text{ B}$ .
- 8)  $M_{fot} = E/C^2 = 8.71111E-36 \text{ kg}$ .
- 9)  $P_q = M \cdot U_m = 3.412917E-25 \text{ kg} \cdot \text{m/sek}$ .
- 10)  $P_{fot} = E/C = 2.613333E-27 \text{ kg} \cdot \text{m/sek}$ .
- 11)  $L_{db} = h/P_q = 1.93969E-09 \text{ m}$ .
- 12)  $L_{kom} = h/(M \cdot C) = 2.424908E-12 \text{ m}$ .
- 13)  $T = 1/v = 8.443878E-16 \text{ sek}$ .
- 14)  $? = 2 \cdot p_1 \cdot v = 7.437342E+15 \text{ 1/sek}$ .
- >>

### Nyuton halqalari

M1613 Nyuton halqalarini hosil qiladigan qurilma monoxromatik yoruglik bilan yoritilmoqda. Kuzatish qaytgan yoruglikda olib borilmoqda. Ikki qo'shni qora halqalarning radiuslari mos holda 4,0 mm va 4,38 mm. Linzaning egrilik radiusi 6,4 m. Halqalarning tartib raqamlari va tushayotgan yoruglikning to'liq uzunligi topilsin.

Berilgan: (Hamma kattaliklar mm. larda topilsin)

$X_0$  – Mikroskopdagi  $M=0$  halqa vaziyati (mm.)

$r(m)=4 \text{ mm.}$ ,  $r(m+1)=4.38 \text{ mm.}$ ,  $R=6400 \text{ mm.}$   $m_1=?$ ,  $m+1=?$ ,  $\lambda_m=?$

Berilgan:

Egrilik radiusi (mm.)  $R = 6400$

Halqa radiusi (mm.)  $r(m) = 4$

Halqa radiusi (mm.)  $r(m+1) = 4.38$

Mikroskopdagi  $M=0$  dagi halqa vaziyati (mm.)  $X_0 = 25$

Hamma kattaliklar mm.larda hisoblangan

1)  $d(m) = 2 \cdot r(m) = 8 \text{ mm.}$       2)  $d(m+1) = 2 \cdot r(m+1) = 8.76 \text{ mm.}$

3)  $m_1 = M = 5.024494$       4)  $m_2 = M+1 = 6.024494$

5)  $\lambda_m = r(m)^2 / m \cdot R = 4.975626E-04 \text{ mm.}$

6)  $L(m) = (2 \cdot p_1 \cdot r_1) = 25.12 \text{ mm.}$

7)  $L(m+1) = (2 \cdot p_1 \cdot r_2) = 27.5064 \text{ mm.}$

8)  $h(m) = r(m)^2 / 2 / R = .00125 \text{ mm.}$

9)  $h(m+1) = r(m+1)^2 / 2 / R = 1.498781E-03 \text{ mm.}$

10)  $D_2(m) = X_0 + r(m) = 29 \text{ mm.}$

11)  $B_1(m) = X_0 - r(m) = 21 \text{ mm.}$

12)  $D_2(m+1) = X_0 + r(m+1) = 29.38 \text{ mm.}$

$$13) B1(m+1) = X0 - r(m+1) = 20.62 \text{ mm.}$$

$$14) m \text{ va } m+1 \text{ halqalar orasidagi masofa } \{R(m+1) - R(m)\} = dr = .3800001 \text{ mm.}$$

$$15) m \text{ va } m+1 \text{ halqalar orasidagi yuza } \{S(m+1) - S(m)\} = ds = 34.69383 \text{ mm}^2.$$

M1512 Yorug'lik nuri Yassi – parallel shisha plastinkaga  $30^\circ$  burchak bilan tushib, undan dastlabki nurga parallel holda chiqadi. Shishaning sindirish ko'rsatgichi 1,5. Agar nurlar orasidagi masofa 1,94 sm bo'lsa, plastinkaning X qalinligi qancha?

Berilgan: (Hamma kattaliklar SI o'lcham birliklarida hisoblangin).

$$\text{Qaysi raqamni ishlaysiz } M(1, 2) = 1$$

$$< i = 30 \text{ grad.}, n = 1.5, ED = 1.94 \text{ sm.}, x = ?$$

Berilgan:

$$\text{Moddanning sindirish ko'rsatgichi } N = 1.5$$

$$\text{Tushish burchak (grad.) } < i = 30$$

$$\text{Tushgan, o'tgan nurlar orasi (sm.) } ED = 1.94$$

$$1) < r = 19.47178 \text{ Grad.}$$

$$2) \tan r(19.47178) = .3533705$$

$$3) \sin i(30) = .4997702$$

$$4) \sin r(19.47178) = .3331801$$

$$5) \cos i(30) = .8661581$$

$$6) \cos r(19.47178) = .9428633$$

$$7) \text{Plastinka qalinligi } X = 10.08672 \text{ sm.}$$

Uchburchaklar tomonlarining uzunliklari (sm).

$$8) BC = 3.564349$$

$$9) AC = CF = FQ = 9.510397 \text{ sm.}$$

$$10) BD = 5.82$$

$$11) AD = 8.736693 \text{ sm.}$$

$$12) CD = 2.255651$$

$$13) CE = 1.127307 \text{ sm.}$$

$$14) AF = CQ = 7.128698$$

$$15) AZ = 3.56271 \text{ sm.}$$

$$16) FZ = 6.17458$$

$$17) QW = 6.171741 \text{ sm.}$$

## M18.06

### Issiqlik nurlanishidan masalalar

Elektr lampochka spirali volframdan bo'lib, uning diametri  $d = 0.3 \text{ mm}$ , uzunligi  $x = 5 \text{ sm}$ . Lampa kuchlanishi  $U = 127 \text{ B}$ , undan o'tayotgan tok  $I = 0.31 \text{ A}$ . Muvozanat nur sochish absolyut qora jismnikiga nisbati  $k_1 = 0.3$  ga teng bo'lsa, volfram temperaturasi qancha ?

Berilgan:

Hamma kattaliklar SI sistemasida berilgan va yechilgan.

$$\text{Volfram diametri (m.) } D = 3e-04$$

$$\text{Volfram uzunligi (m.) } X = 5e-02$$

$$\text{Volfram solishtirma qarshiligi (Om.m) } RO = 5.5e-08$$

$$\text{Berilgan kuchlanish (B.) } U = 127$$

$$\text{Lampadagi tok (A.) } I = 0.31$$

$$k1 = (E/EpsT) = 0.3$$

$$1) s1 = 7.065001E-08 \text{ m}^2.$$

$$2) S = .0000471 \text{ m}^2.$$

$$3) R = 3.892427E-02 \text{ Om}.$$

$$4) P = 39.37 \text{ Bt}.$$

$$5) Lmax = 1.091535E-06 \text{ m}.$$

$$6) E = 835880.8 \text{ J/m}^2/\text{sek}.$$

$$7) T = 2647.647 \text{ grad}.$$

$$8) T1 = (T^4) = 4.914055E+13 \text{ grad}^4.$$

$$9) T2 = (T^5) = 1.301068E+17 \text{ grad}^5.$$

$$10) Eps(T) = 2786269 \text{ J/m}^2/\text{sek}.$$

$$11) Eps(Lm,T) = 1.678378E+12 \text{ J/m}^2/\text{sek/grad}^5$$

$$12) Vmin = 2.748422E+14 \text{ 1/sek}.$$

$$13) w = (2 \cdot p1 \cdot Vmin) = 1.726009E+15 \text{ 1/sek}.$$

$$14) a = (2 \cdot p1 \cdot h \cdot C2) = 3.741624E-16$$

$$15) b = (h \cdot c / k) = .0143913$$

$$16) Eps(Lm,T) = (3.741624E-16 / Lm^5) / (\exp(.0143913 / (Lm \cdot T)) - 1)$$

$$17) U(Lm,T) = (c / (4 \cdot p1)) \cdot EPST = 6.655101E+13 \text{ J/M}^3.$$

### Frenel zonalari. Zonaviy plastinkalar

**M101** Agar yorug'lik manbayidan to'liqin sirtigacha bo'lgan masofa 1,2 m, to'liqin sirtidan kuzatish nuqtasigacha masofa 1,7 m va to'liqin uzunligi  $5 \cdot 10^{-7}$  m bo'lsa, Frenelning birinchi 10 ta zona radiuslari hisoblandsin.

Berilgan (Hamma kattaliklar mm. larda hisoblandsin).

To'liqin uzunlik  $L = 5 \cdot 10^{-4}$  mm manbadan to'liqin sirtigacha

$A = 1200$  mm

Sirdagi kuzatish nuqtasiga  $B = 1700$  mm. Frenel zonalari soni  $M = 10$ .

Zonalar balandligi  $h(m) = (m \cdot b \cdot L) / (2 \cdot (a + b))$  (mm.)

$m$  ta zonalarning sirtlari,  $Sig(m) = 2 \cdot p1 \cdot a \cdot h(m)$  (mm<sup>2</sup>.)

$A = 1.2$  m,  $B = 1.7$  m,  $L = 5e-07$  m,  $M = 10$  zona,  $D = 100$  marta kattaytir.

a b

s\*-----l..... P

To'liqin uzunlik (mm.)  $L = 5e-04$

Manbadan to'liqin frontigacha masofa (mm.)  $A = 1200$

To'liqin frontidan kuzatish nuqtasigacha masofa (mm.)  $B = 1700$

Frenel zonalarining soni  $M = 10$

$$1. R(1) = .5930634 \text{ h}(1) = 1.465517E-04 \text{ mm. Sig}(1) = 1.104414 \text{ mm}^2.$$

$$2. R(2) = .8387183 \text{ h}(2) = 2.931035E-04 \text{ mm. Sig}(2) = 2.208828 \text{ mm}^2.$$

$$3. R(3) = 1.027216 \text{ h}(3) = 4.396552E-04 \text{ mm. Sig}(3) = 3.313242 \text{ mm}^2.$$

$$4. R(4) = 1.186127 \text{ h}(4) = 5.862069E-04 \text{ mm. Sig}(4) = 4.417655 \text{ mm}^2.$$

$$5. R(5) = 1.32613 \text{ h}(5) = 7.327586E-04 \text{ mm. Sig}(5) = 5.522069 \text{ mm}^2.$$

$$6. R(6) = 1.452703 \text{ h}(6) = 8.793104E-04 \text{ mm. Sig}(6) = 6.626484 \text{ mm}^2.$$

$$7. R(7) = 1.569098 \text{ h}(7) = 1.025862E-03 \text{ mm. Sig}(7) = 7.730897 \text{ mm}^2.$$

$$8. R(8) = 1.677437 \text{ h}(8) = 1.172414E-03 \text{ mm. Sig}(8) = 8.83531 \text{ mm}^2.$$

9.  $R(9) = 1.77919$   $h(9) = 1.318966E-03$  mm.  $Sig(9) = 9.939724$  mm2.  
 10.  $R(10) = 1.875431$   $h(10) = 1.465517E-03$  mm.  $Sig(10) = 11.04414$  mm2.  
 F5 Bosilsin  
 >>

Frenel zonalarining soni  $M = 6$

Kombinatsiyalar soni  $K = 15$

1.  $DR(2; 1) = .2456549$  mm. 2.  $DR(3; 1) = .4341526$  mm.  
 3.  $DR(4; 1) = .5930634$  mm. 4.  $DR(5; 1) = .7330666$  mm.  
 5.  $DR(6; 1) = .8596393$  mm. 6.  $DR(3; 2) = .1884977$  mm.  
 7.  $DR(4; 2) = .3474085$  mm. 8.  $DR(5; 2) = .4874117$  mm.  
 9.  $DR(6; 2) = .6139844$  mm. 10.  $DR(4; 3) = .1589108$  mm.  
 11.  $DR(5; 3) = .298914$  mm. 12.  $DR(6; 3) = .4254867$  mm.  
 13.  $DR(5; 4) = .1400032$  mm. 14.  $DR(6; 4) = .2665759$  mm.  
 15.  $DR(6; 5) = .1265727$  mm.

Istalgan bitta zonaning sirti  $|Sig(m+1) - Sig(m)| = 1.104414$  mm2.

F5 Bosilsin.

**M100** Nyuton halqalarini hosil qiladigan qurilma simob yoyining normal tushayotgan  $\lambda = 6000\text{Å}$  nuri bilan yoritilmoqda. Kuzatish qaytgan yorug'likda olib boriladi. Agar ikkinchi va yigirmanchi qora halqalar orasidagi masofa 4,8 mm bo'lsa, u holda uchinchi va o'n oltinchi halqalar orasidagi masofa nechaga teng?

Berilgan: (hamma kattaliklar mm.larda bo'lsin.)

Nyuton halqalariga doir masala (qaytgan; MIN.)

Qaytgan, Min  $r(m) = \text{Sqr}(m \cdot R \cdot L)$

$R$  — Linzaning egrilik radiusi (mm)

$L$  — To'liq uzunlik (mm.)

$m_1$  va  $m_2$  -halqalar soni

$r(m_1)$  va  $r(m_2)$  — halqalarning radiusi (mm)

Halqa radiuslari orasidagi masofa (mm)  $dr = \{r(m+1) - r(m)\}$

$d_1$  va  $d_2$  — halqalarning diametri (mm)

$h(m)$ ,  $h(m+1)$  — Linza bilan yassi plastinka orasidagi oraliq (mm)

$B_1(m)$ ,  $D_2(m)$  — chap va o'ng halqalar vaziyatlari (mm)

$X_0$  — Mikroskopda  $M=0$  halqa vaziyati (mm)

$L=6000\text{Å}$ ; halqa radiuslari orasi (mm)  $y = R(16) - R(3) = ?$

$x = R(20) - R(2) = 4.8$  mm,  $X_0 = 25$  mm

To'liq uzunlik (mm.)  $L = 6e-04$

Halqa radiuslari orasi (mm.)  $X = R(20) - R(2) = 4.8$

Mikroskopning  $X=0$  nuqtasi (mm)  $X_0 = 25$

1)  $x = R(20) - R(2) = 4.800001$  2)  $y = R(16) - R(3) = 3.559985$  mm.

- |                                         |                                          |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| 3) $E=R(20)-R(16) = .7411089$           | 4) $T=R(20)-R(3) = 4.301094 \text{ mm.}$ |
| 5) $U=R(16)-R(2) = 4.058892$            | 6) $F=R(3)-R(2) = .4989071 \text{ mm.}$  |
| 7) $R = 4106.562$                       | 8) $L = 6.000001E-04 \text{ mm.}$        |
| 9) $R(20)= 7.019882$                    | 10) $R(2)= 2.219882 \text{ mm.}$         |
| 11) $R(16)= 6.278774$                   | 12) $R(3)= 2.718789 \text{ mm.}$         |
| 13) $h(20)= 6.000001E-03$               | 14) $h(2)= 6.000001E-04 \text{ mm.}$     |
| 15) $h(16)= .0048$                      | 16) $h(3)= 9.000001E-04 \text{ mm.}$     |
| 17) $D2(20) = 32.01988$                 | 18) $B1(20) = 17.98012 \text{ mm.}$      |
| 19) $D2(16) = 31.27878$                 | 20) $B1(16) = 18.72123 \text{ mm.}$      |
| 21) $D2(3) = 27.71879$                  | 22) $B1(3) = 22.28121 \text{ mm.}$       |
| 23) $D2(2) = 27.21988$                  | 24) $B1(2) = 22.78012 \text{ mm.}$       |
| 25) $Sqr(R*L)=Z = 1.569693 \text{ mm.}$ | 26) $(R*L)=Z^2 = 2.463937 \text{ mm}^2.$ |
| 27) $s2 = 7.736763$                     | 28) $s3 = 7.736764 \text{ mm}^2.$        |
| 29) $s16 = 7.736759$                    | 30) $s20 = 7.736759 \text{ mm}^2.$       |
| 31) $d2 = 4.439762$                     | 32) $d3 = 5.437577 \text{ mm.}$          |
| 33) $d16 = 12.55755$                    | 34) $d20 = 14.03977 \text{ mm.}$         |
| 35) $L2 = 13.94086$                     | 36) $L3 = 17.07399 \text{ mm.}$          |
| 37) $L16 = 39.4307$                     | 38) $L20 = 44.08486 \text{ mm.}$         |

F5 Bosilsin.

**M1520** Oq yo'rug'lik shisha plastinkaga 45° burchak bilan tushganida turlicha to'lqin uzunliklarda bo'lgan nurlar uchun sinish burchagi quyidagicha bo'lib chiqqan.

5-ta  $L(\text{nm.})$ , burchaklar  $F0(\text{grad.})$ ,  $F1(\text{min.})$  berilgan:

$L = 759, 687, 589, 486, 397 \text{ (nm.)}$

$F = 24^0 2', 23^0 57', 23^0 47', 23^0 27', 22^0 57' \text{ (gr. min.)}$

|                   |                             |              |
|-------------------|-----------------------------|--------------|
| $L(1) = 759$      | $F0(1) = 24$                | $F1(1) = 2$  |
| $L(2) = 687$      | $F0(2) = 23$                | $F1(2) = 57$ |
| $L(3) = 589$      | $F0(3) = 23$                | $F1(3) = 47$ |
| $L(4) = 486$      | $F0(4) = 23$                | $F1(4) = 27$ |
| $L(5) = 397$      | $F0(5) = 22$                | $F1(5) = 57$ |
| $F(1) = 24.03333$ | $R(1) = \sin(1) = .4070739$ |              |
| $F(2) = 23.95$    | $R(2) = \sin(2) = .4057456$ |              |
| $F(3) = 23.78333$ | $R(3) = \sin(3) = .4030866$ |              |
| $F(4) = 23.45$    | $R(4) = \sin(4) = .3977583$ |              |
| $F(5) = 22.95$    | $R(5) = \sin(5) = .3897407$ |              |

$N(1) = 1.736356 \quad L(1) = 759 \text{ nm.} \quad V(1) = 3.952569E+14 \text{ Hc.}$

$N(2) = 1.74204 \quad L(2) = 687 \text{ nm.} \quad V(2) = 4.366812E+14 \text{ Hc.}$

$N(3) = 1.753532 \quad L(3) = 589 \text{ nm.} \quad V(3) = 5.093379E+14 \text{ Hc.}$

$N(4) = 1.777022 \quad L(4) = 486 \text{ nm.} \quad V(4) = 6.17284E+14 \text{ Hc.}$

$N(5) = 1.813578$   $L(5) = 397$  nm.  $V(5) = 7.556675E+14$  Hc.

Istalgan 2, 3, 4 va 5 gacha  $L(i)$ ,  $N(i)$  juftlarni bering?

F5 bosilsin Endi  $X1$ ,  $XK$ ,  $DX$  lar berilsin?

CONT

$X1 = 1$

$XK = 5$

$DX = 1$

$K = 5$

$D = 7.012915E-11$   $Da = 1.196525E-10$   $Db = 1.181252E-06$

$A = 1.706173$   $B = 16843.95$

$[ N(i) = 1.706173 + 16843.95 / (L(i)^2) ]$

F5 Bosilsin Endi  $L1$ ,  $LK$ ,  $DL$  lar berilsin ?

$A = 1.706283$   $B = 16823.89$

$N(i) = 1.706283 + 16823.89 / (L(i)^2)$

Ko'zga ko'rinadigan to'liq uzunliklar  $[ L = 400-760 ]$  nm.

$L1 = 400$

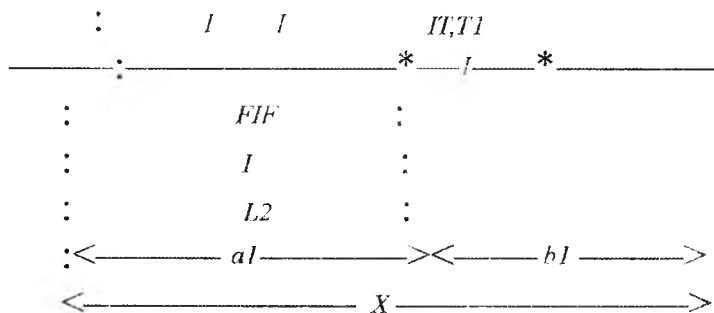
$LK = 760$

$DL = 20$

$M$  -- Beriladigan  $L(i)$  lar soni  $M = 19$

|                   |                    |                        |
|-------------------|--------------------|------------------------|
| 1. $L(1) = 400$   | $N(1) = 1.811448$  | $V(1) = 1.656134E+08$  |
| 2. $L(2) = 420$   | $N(2) = 1.80166$   | $V(2) = 1.665131E+08$  |
| 3. $L(3) = 440$   | $N(3) = 1.793177$  | $V(3) = 1.673009E+08$  |
| 4. $L(4) = 460$   | $N(4) = 1.785776$  | $V(4) = 1.679942E+08$  |
| 5. $L(5) = 480$   | $N(5) = 1.77928$   | $V(5) = 1.686075E+08$  |
| 6. $L(6) = 500$   | $N(6) = 1.773549$  | $V(6) = 1.691524E+08$  |
| 7. $L(7) = 520$   | $N(7) = 1.768466$  | $V(7) = 1.696386E+08$  |
| 8. $L(8) = 540$   | $N(8) = 1.763937$  | $V(8) = 1.700741E+08$  |
| 9. $L(9) = 560$   | $N(9) = 1.759884$  | $V(9) = 1.704658E+08$  |
| 10. $L(10) = 580$ | $N(10) = 1.756244$ | $V(10) = 1.708191E+08$ |
| 11. $L(11) = 600$ | $N(11) = 1.752962$ | $V(11) = 1.71139E+08$  |
| 12. $L(12) = 620$ | $N(12) = 1.749992$ | $V(12) = 1.714294E+08$ |
| 13. $L(13) = 640$ | $N(13) = 1.747296$ | $V(13) = 1.716939E+08$ |
| 14. $L(14) = 660$ | $N(14) = 1.744841$ | $V(14) = 1.719354E+08$ |
| 15. $L(15) = 680$ | $N(15) = 1.7426$   | $V(15) = 1.721566E+08$ |
| 16. $L(16) = 700$ | $N(16) = 1.740548$ | $V(16) = 1.723595E+08$ |
| 17. $L(17) = 720$ | $N(17) = 1.738665$ | $V(17) = 1.725462E+08$ |
| 18. $L(18) = 740$ | $N(18) = 1.736932$ | $V(18) = 1.727183E+08$ |
| 19. $L(19) = 760$ | $N(19) = 1.735335$ | $V(19) = 1.728773E+08$ |

**M1537** Fokus masofasi 16 sm bo'lgan linza buyumning oralari 60 sm bo'lgan ikki vaziyatda aniq tasvir beradi. Buyumdan ekrangacha bo'lgan masofa topilsin.



Linza ning fokus masofasi (sm)  $F = 16$  sm

Linza lar orasidagi masofa (sm)  $Y = 60$  sm

Linza sindirish ko'rsatkichi  $n = 1.5$

1)  $X = 100$  sm.

2)  $a = 20$  sm.

3)  $b = 80$  sm.

4)  $F1 = 16$  sm.

5)  $F2 = 16$  sm.

6)  $R = 16$  sm.

7)  $D = 6.25$  diop.

8)  $b/a = T/B1 = 4$  marta katta

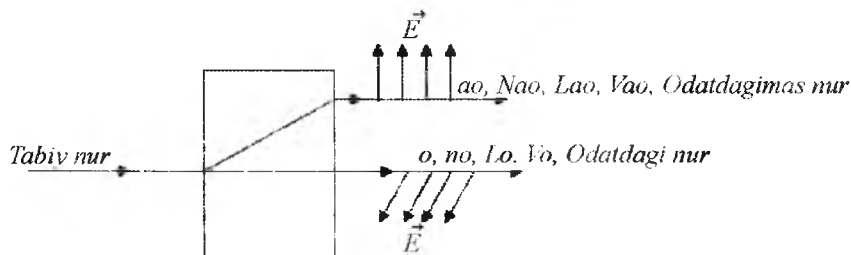
9)  $b1/a1 = a/b = T1/B1 = .25$  marta kichik

Agarda buyum balandligi berilsa,  $Th, Th1$  lar va hosil bo'lgan uchbur-chaklarning burchaklari va tomonlari topiladi.

**M 1663** Bo'shliqdagi to'liq uzunligi 5890 A bo'lgan yassi qutblangan yorug'lik dastasi island shpati plastinkasining optik o'qiga perpendikulyar ravishda tushadi. Agar odatdagi va odatdagi bo'lmagan nurlar uchun island shpatining sindirish ko'rsatkichi  $n_o = 1.66$  ba  $n_e = 1.49$  bo'lsa, kristaldagi odatdagi va odatdagi bo'lmagan nurlarning to'liq uzunliklari topilsin.

**\$16-63** Ikkilanib sinishga doir masala:

$\lambda_{am} = 5890$  A;  $n_o = 1.66$ ;  $n_e = 1.49$ ;  $L_o = ?$ ,  $L_e = ?$



Vakuumdagi to'liqin uzunlik (m.)  $\lambda_m = 5.89e-07$

Odatdagi nur uchun  $n_0 = 1.66$

Odatdagi bo'lmagan nur uchun  $n_e = 1.49$

1)  $V = c/\lambda_m = 5.093378E+14$  Hc. 2)  $\lambda_0 = \lambda_m/n_0 = 3.548193E-07$  m.

3)  $\lambda_e = \lambda_m/n_e = 3.953021E-07$  m. 4)  $U_0 = \lambda_0/V = 1.807229E+08$  m/sek.

5)  $U_{A0} = \lambda_e/V_{A0} = 2.013423E+08$  m/sek.

6)  $V_0 = c/\lambda_0 = 8.455008E+14$  Hc. 7)  $V_{A0} = c/\lambda_e = 7.589133E+14$  Hc.

8)  $T = 1/V = 1.963333E-15$  sek. 9)  $W = 2 \cdot p \cdot V = 3.198642E+15$  Hc.

10)  $T_0 = 1/V_0 = 1.182731E-15$  sek. 11)  $T_{A0} = 1/V_{A0} = 1.317674E-15$  sek.

12)  $W_0 = 2 \cdot p \cdot V_0 = 5.309745E+15$  Hc.

13)  $W_{A0} = 2 \cdot p \cdot V_{A0} = 4.765976E+15$  Hc.

14)  $E = h \cdot \nu = 3.371816E-19$

15)  $E_0 = 5.597216E-19$  16)  $E_{A0} = 5.024006E-19$  J.

17)  $P = E/c = 1.123939E-27$  18)  $P_0 = 1.865739E-27$

19)  $P_{A0} = 1.674669E-27$  kg.m/sek.

>>

**M1605** Yung tajribasida to'liqin uzunligi  $\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$  bo'lgan monoxromatik yorug'lik bilan yoritilgan teshiklar o'rtasidagi masofa  $l = 1$  mm va teshiklardan ekrangacha bo'lgan masofa  $L = 3$  m.

Uchta birinchi yorug' yo'llarining vaziyati topilsin.

Berilgan:  $L$  — To'liqin uzunlik (mm).

$h$  —  $s_1$  va  $s_2$  manbalar orasidagi masofa (mm).

$X$  — Manbalardan ekrangacha masofa (mm).

Bu erda 4 ta masala berilgan:

1)  $L = 6e-04$ ,  $h = 1$ ,  $x = 3000$  mm.

2)  $L = 5e-04$ ,  $h = 1$ ,  $x = 2000$  mm.

3)  $L = 6e-04$ ,  $h = 1.2$ ,  $x = 3000$  mm.

4)  $L = 7.5e-04$ ,  $h = 1.6$ ,  $x = 4000$  mm.

Topish kerak:  $Y_{\max}(i), Y_{\min}(i), \Delta y(i, j), i = 1 \dots K, j = i + 1 \dots K$

To'liqin uzunlik (mm).  $L = 6e-04$

Manbalar oralig'i (mm).  $h = 1$

Ekrangacha masofa (mm).  $X = 3000$

Hisoblashdagi max va min lar soni  $K = 6$

1.  $Y_{\max}(1) = 1.8$   $Y_{\min}(1) = .9000001$  mm.

2.  $Y_{\max}(2) = 3.6$   $Y_{\min}(2) = 2.7$  mm.

3.  $Y_{\max}(3) = 5.4$   $Y_{\min}(3) = 4.5$  mm.

4.  $Y_{\max}(4) = 7.200001$   $Y_{\min}(4) = 6.3$  mm.

5.  $Y_{\max}(5) = 9$   $Y_{\min}(5) = 8.100001$  mm.

6.  $Y_{\max}(6) = 10.8$   $Y_{\min}(6) = 9.900001$  mm.

max. va min. polasalar kengligi  $dY_{\max} = dY_{\min} = 1.8 \text{ mm}$ .

F5 Bosilsin

CONT

max kombinatsiyalar soni  $M = 15$

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. $DY(2, 1) = 1.8 \text{ mm}$ .  | 2. $DY(3, 1) = 3.6 \text{ mm}$ .  |
| 3. $DY(4, 1) = 5.4 \text{ mm}$ .  | 4. $DY(5, 1) = 7.2 \text{ mm}$ .  |
| 5. $DY(6, 1) = 9 \text{ mm}$ .    | 6. $DY(3, 2) = 1.8 \text{ mm}$ .  |
| 7. $DY(4, 2) = 3.6 \text{ mm}$ .  | 8. $DY(5, 2) = 5.4 \text{ mm}$ .  |
| 9. $DY(6, 2) = 7.2 \text{ mm}$ .  | 10. $DY(4, 3) = 1.8 \text{ mm}$ . |
| 11. $DY(5, 3) = 3.6 \text{ mm}$ . | 12. $DY(6, 3) = 5.4 \text{ mm}$ . |
| 13. $DY(5, 4) = 1.8 \text{ mm}$ . | 14. $DY(6, 4) = 3.6 \text{ mm}$ . |
| 15. $DY(6, 5) = 1.8 \text{ mm}$ . |                                   |

**M16-54** Davri  $2 \cdot 10^{-4}$  difraksiyon panjara yordami bilan olingan birinchi tartibi spektrdagi simob yoyining ikki chizig'i ( $\lambda_1 = 5770 \text{ \AA}$  va  $\lambda_2 = 5791 \text{ \AA}$ ) ekranda bir-biridan qanday masofada turadi? Spekrni ekranga proektsiyalovchi linzaning fokus masofasi  $0,6 \text{ m}$ .

Berilgan: (masalani mm larda yechamiz)

$d = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ ,  $Fok = 0.6 \text{ m}$ ,  $dL_{21} = L_2 - L_1 = ?$

$M = 2$  spektrlar oralig'i  $DL_{43} = L_4 - L_3 = ?$

Spektr tartibi  $M = 1$

To'liq uzunlik (mm)  $L_{\text{am}1} = 5.77 \cdot 10^{-4}$

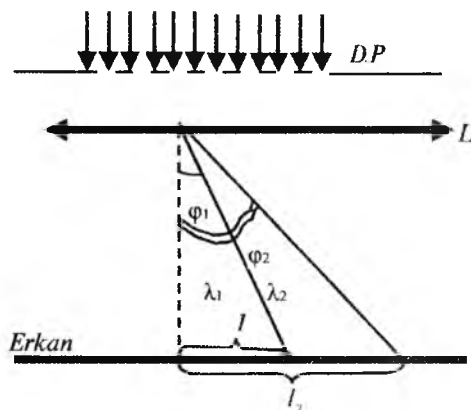
To'liq uzunlik (mm)  $L_{\text{am}2} = 5.791 \cdot 10^{-4}$

Difr. panjara doimisi (mm)  $d = 2 \cdot 10^{-3}$

Linza fokus masofasi (mm)  $F = 600$

$L_{\text{am}1}$  va  $L_{\text{am}2}$  orasidagi masofa,  $DL_{21} = (L_2 - L_1) = .7180481 \text{ mm}$ .

F5 Bosilsin



# CONT

- 1)  $V1 = 5.199306E+14$
- 3)  $W1 = 3.265164E+15 \text{ Hz.}$
- 5)  $T1 = .3013119$
- 7)  $\sin F1 = .2885$
- 9)  $\cos F1 = 3E+08$
- 11)  $\tan F1 = .3013119$
- 13)  $F1 = 16.77668$  14)  $F2 = 16.83955$
- 15)  $A1 = 35.25769$  16)  $A2 = 35.40521 \text{ grad.}$
- 17)  $L1 = 180.7871$  18)  $L2 = 181.5052$
- 19)  $L3 = 423.8782$  20)  $L4 = 426.1971 \text{ mm.}$
- 21)  $n = 500 \text{ shtr/mm.}$  22)  $DL21 = (L2 - L1) = .7180481 \text{ mm.}$
- 23)  $dLam = (Lam2 - Lam1) = 2.099958E-06 \text{ mm.}$
- 24)  $DisF = (df/dLam) = 522.2042 \text{ grad/mm.}$  25)  $DisL = (dL/dLam) = 313322.5$
- 26)  $Fajrat = (Lam2/dLam) = 275.7675$
- 27)  $F1 = 16 \text{ grad. } 46 \text{ min. } 36 \text{ sek.}$
- 28)  $F2 = 16 \text{ grad. } 50 \text{ min. } 22 \text{ sek.}$
- 29)  $AF1 = 626.6451$
- 30)  $AF2 = 626.8526 \text{ mm.}$
- 31)  $AF3 = 734.6242$
- 32)  $AF4 = 735.9646 \text{ mm.}$
- 33)  $\sin F3 = .577$
- 34)  $\sin F4 = .5791$
- 35)  $\cos F3 = .8167441$
- 36)  $\cos F4 = .8152566$
- 37)  $\tan F3 = .7064636$
- 38)  $\tan F4 = .7103285$
- 39)  $dL43 = (L4 - L3) = 2.318909 \text{ mm.}$
- 40)  $A1 = 35 \text{ grad. } 15 \text{ min. } 27 \text{ sek.}$
- 41)  $A2 = 35 \text{ grad. } 24 \text{ min. } 18 \text{ sek.}$
- 42)  $E1 = H \cdot V1 = 3.441941E-19$
- 43)  $E2 = H \cdot V2 = 3.429459E-19 \text{ J.}$
- 44)  $P1 = E1/C = 1.147314E-27$
- 45)  $P2 = E2/C = 1.143153E-27 \text{ kg.m/sek.}$

**M2903** Suv uchun  $\lambda_1 = 441 \text{ nm}$  ga sindirish ko'rsatgichi  $n = 1,341$ ,  $\lambda_2 = 589 \text{ nm}$  uchun esa  $n_2 = 1,334$  ga teng.  $\lambda_{o'n} = (\lambda_0 + \lambda_2)/2$  uchun faza va to'da tezliklar o'rtacha qiymati topilsin.

Berilgan:

- 2) Suv;  $L(1)=434$ ,  $L(2)=486$ ,  $L(3)=546$ ,  $L(4)=589$   
 $N(1)=1.3403$ ,  $N(2)=1.3371$ ,  $N(3)=1.3345$ ,  $N(4)=1.3330$   
 $L(5)=656$ ,  $L(6)=768$   
 $N(5)=1.3311$ ,  $N(6)=1.3289$
- 3) Serouglerod- CS2:  $L(1)=656$ ,  $L(2)=589$ ,  $L(3)=527$   
 $N(1)=1.620$ ,  $N(2)=1.629$ ,  $N(3)=1.642$
- 4) Shisha;  $L(1)=759$ ,  $L(2)=589$ ,  $L(3)=486$ ,  $L(4)=397$   
 $N(1)=1.510$ ,  $N(2)=1.515$ ,  $N(3)=1.521$ ,  $N(4)=1.530$   
 $K=2$  yoki ko'p  $L(i)$ ,  $N(i)$  larni bering ?  
Beriladigan  $L(i)$  va  $N(i)$  lar soni  $K = 2$   
 $N(5)=1.7640$ ,  $N(6)=1.7743$ ,  $N(7)=1.7918$ ,  $N(8)=1.8048$

Istalgan bir-biriga yaqin  $K=2$  ta  $L(i)$  va  $N(i)$  larni bering ?

Beriladigan  $L(i)$  va  $N(i)$  lar soni  $K = 2$

$$L(1) = 527 \quad N(1) = 1.7640$$

$$L(2) = 486 \quad N(2) = 1.7743$$

EKKU A va B lar topiladi:

$$1) D = 4.008738E-13 \quad 2) DA = 6.836545E-13$$

$$3) DB = 6.522896E-09 \quad 4) A = 1.705411$$

$$5) B = 16271.7 \quad 6) N(i) = 1.705411 + 16271.7 / L(i)^2$$

$$7) Lsr = (L(1) + L(2)) / 2 = 506.5 \text{ nm.}$$

$$8) Vsr = C / Lsr = 5.923001E+14 \text{ 1/sek.}$$

$$9) Tsr = 1 / Vsr = 1.688333E-15 \text{ sek.}$$

$$10) Wsr = 2 * \pi * Vsr = 3.719645E+15 \text{ 1/sek.}$$

$$11) Nsr = A + B / Lsr^2 = 1.768838$$

$$12) DV/DL = -2 * \pi * B / Lsr^3 = -3.983213 \text{ 1/sek.}$$

$$13) DN/DL = -2 * B / Lsr^3 = -2.50452E-04 \text{ 1/nm.}$$

$$14) \text{Faza tezlik } V = C / Nsr = 1.696029E+17 \text{ nm/sek.}$$

$$15) \text{To'da tezlik } U = V - Lsr * (dV/DL) = 1.574396E+17 \text{ nm/sek.}$$

$$16) V/U = 1.077257$$

>>

### DISP – Dispersiydan masalalar.

Koshi Ifodasi  $N(i) = a + b / L(i)^2$ ,  $L-(m.)$

$$1) \text{TF3; } L(1)=762, \quad L(2)=687, \quad L(3)=656, \quad L(4)=589$$

$$N(1)=1.7333, \quad N(2)=1.7398, \quad N(3)=1.7431, \quad N(4)=1.7522$$

$$L(5)=527, \quad L(6)=486, \quad L(7)=434, \quad L(8)=431, \quad L(4)=404.7$$

$$N(5)=1.7640, \quad N(6)=1.7743, \quad N(7)=1.7918, \quad N(8)=1.7931, \quad N(9)=1.8048$$

$$2) \text{SUV; } L(1)=434, \quad L(2)=486, \quad L(3)=546, \quad L(4)=589$$

$$N(1)=1.3403, \quad N(2)=1.3371, \quad N(3)=1.3345, \quad N(4)=1.3330$$

$$L(5)=656, \quad L(6)=768 \quad N(5)=1.3311, \quad N(6)=1.3289$$

$$3) \text{Serouglerod – CS2: } L(1)=656, \quad L(2)=589, \quad L(3)=527$$

$$N(1)=1.620, \quad N(2)=1.629, \quad N(3)=1.642$$

$$4) \text{Shisha; } L(1)=759, \quad L(2)=589, \quad L(3)=486, \quad L(4)=397$$

$$N(1)=1.510, \quad N(2)=1.515, \quad N(3)=1.521, \quad N(4)=1.530$$

$K=2$  yoki ko'p  $L(i)$ ,  $N(i)$  larni bering?

Beriladigan  $L(i)$  va  $N(i)$  lar soni  $K = 2$

$$L(1) (m.) = 656 \quad N(1) = 1.7431$$

$$L(2) (m.) = 589 \quad N(2) = 1.7522$$

$$1) D = 3.121878E-13 \quad 2) DA = 5.323589E-13$$

$$3) DB = 5.085895E-09 \quad 4) A = 1.705252$$

$$5) B = 16291.14 \text{ nm}^2.$$

$$[Y1(i) = 1.705252 + 16291.14 / L(i)^2]$$

F5 Bosilsin

CONT

$$A=1.705252 \quad B=16291.14 \text{ nm}^2. \quad [Y1(I)=1.705252 + 16291.14 / L(I)^2]$$

L-lar  $L1=400$ ,  $LK=760$ ,  $DL=20$  nm. da berilsin

$$L1 = 400$$

$$LK = 760$$

$$DL = 10$$

**M1652** Birinchi tartibli spektrdagi  $\lambda = 6680 \text{ \AA}$  uchun difraksiyon panjara burchak dispersiyasi  $p \cdot 2,02 \cdot 10^{-5} \text{ rad/m}$  Difraksiyon panjara davrini toping.

Berilgan: (Hamma kattaliklarni mm.larda beramiz.)

Difraksiyon panjara, Burchak dispersiya; Masala § 16–52

d – Difraksiyon panjara doimiysi

n – Panjara 1 mm dagi shtrixlar soni

$$m=1, \quad \lambda=6680 \text{ \AA}, \quad \text{Dis}=(d/\lambda) = 2.02e+05 \text{ rad/m}, \quad d=?$$

$$\text{Dis}=m/\sqrt{d^2-(m*\lambda)^2},$$

$$d=\sqrt{(m/\text{Dis})^2+(m*\lambda)^2}$$

Spektr tartibi  $M = 1$

$$\text{To'liqin uzunlik (mm.) } \lambda = 6.68e-04$$

$$\text{Burchak dispersiyasi (rad/mm.) } \text{Dis} = 2.02e02$$

$$1) \sin F = .1337241$$

$$2) \cos F = .9910186$$

$$3) \tan F = .134936$$

$$4) F = 7.688745 \text{ grad.}$$

$$5) d = 4.99536E-03 \text{ mm.}$$

$$6) n = 1/d = 200.1858 \text{ shtr/mm.}$$

$$7) F = 7 \text{ grad } 41 \text{ min. } 19 \text{ sek.}$$

>>

**M1930** Grafit rentgen nurlarini burchak bilan sochsa (to'liqin uzunligi  $2,54 \cdot 10^{-9} \text{ sm}$ ), Kompton sochilishda rentgen nurlarining to'liqin uzunligi qanday bo'lgan?

Berilgan:

Q – Elektronning zaryadi (KL.)

M – Elektronning massasi (kg.)

C – Yorug'likning bo'shliqdagi tezligi (m/sek.)

$L1$  – sochilgan, va  $L$  – tushgan to'liqin uzunliklar (m.)

$E1=h.v1$ —sochilgan, va  $E=h.v$  – tushgan energiyalar (J.)

$F1$ fot-sochilgan, va  $F$ fot – tushgan foton impulsarlari (kg.m/sek.)

$M1$ -sochilgan, va  $M$  – tushgan foton massalari (kg.)

$$<F=60 \text{ grad., sochilgan } L1=2.54e-09 \text{ sm., tushgan } L=L(\text{Rentgen})=?$$

$$\text{Sochilgan toliqin uzunlik ( m.) } L1 = 2.54e-07$$

Sochilish burchagi (grad.)  $F = 60$

1)  $V1 = 1.181102E+15$  1/sek.

2)  $V = 1.181108E+15$  1/sek.

3)  $T1 = 8.466667E-16$  sek.

4)  $T = 8.466626E-16$  sek.

5)  $W1 = 7.417323E+15$  1/sek.

6)  $W = 7.417358E+15$  1/sek.

7)  $L1 = 2.54E-07$  m.

8)  $L = 2.539988E-07$  m.

9)  $L_{kom} = 2.424908E-12$  m.

10)  $S = \sin(F/2) = .4997702$

11)  $dL = (L1 - L) = 1.222134E-12$  m.

12)  $E_{p1} = h \cdot v1 = 7.818898E-19$  j.

13)  $E_{ps} = h \cdot v = 7.818935E-19$  j.

14)  $P_{fot1} = h \cdot v1 / c = 2.606299E-27$

15)  $P_{fot} = H \cdot V / C = 2.606312E-27$  kg.m/sek.

16)  $M_{1fot} = 8.687664E-36$  kg.

17)  $M_{fot} = 8.687705E-36$  kg.

18)  $\cos F = .5004597$

19)  $P_q = (M \cdot U) = 1.561629E-18$  kg.m/sek.

20)  $U = 1.716075E+12$  m/sek.

21)  $E_{kin} = 1.339936E-06$  j.

Hamma kattaliklar SI sistemasida hisoblangan.

>>

**M1918**  $\epsilon = 4,9$  эВ energiyali yorug'lik kvantlari.  $A = 4,5$  эВ ish bajargan holda metallardan fotoelektronlarni uzib chiqaradi. Har bir elektron uchib chiqayotganda metall sirtiga berilgan maksimal impulsni toping.

$E_{ps} = 4.9$  эВ =  $7.84e-19$  J,  $A = 4.5$  эВ =  $7.2e-19$  J

$1 \text{ eB} = (1.6E-19) \text{ J}$ .

Fotonning energiyasi (J.)  $E = h \cdot V = 7.84e-19$  J

Elektronning metalldan chiqish ishi (J.)  $A = 7.2e-19$  J

1)  $V = E/H = 1.18429E+15$  1/sek. 2)  $V_{min} = A/H = 1.087613E+15$  1/sek.

3)  $E_{kin} = E - A = 6.4E-20$  J.

4)  $U_{max} = \sqrt{2 \cdot E_{kin} / M} = 375045.8$  m/sek.

5)  $L = C/V = 2.533163E-07$  m.

6)  $L_{qiz} = C/V_{min} = 2.758334E-07$  m.

7)  $U_{ut} = A/Q = 4.5$  B.

8)  $M_{fot} = E/C^2 = 8.71111E-36$  kg.

9)  $P_q = M \cdot U_m = 3.412917E-25$  kg\*m/sek.

10)  $P_{fot} = E/C = 2.613333E-27$  kg\*m/sek.

11)  $L_{db} = H/P_q = 1.93969E-09$  m.

12)  $L_{kom} = H/(M \cdot C) = 2.424908E-12$  m.

13)  $T = 1/V = 8.443878E-16$  sek.

14)  $W = 2 \cdot p1 \cdot V = 7.437342E+15$  1/sek.

>>

**M1919** Agar biror metall sirtidan  $2,2 - 10^{15}$   $1/_{sek}$  chastotali yorug'lik bilan ajralib chiqadigan fotoelektronlar  $6,6$  V teskari potensial bilan, chastotali yorug'lik

bilan ajralib chiqadigan fotoelektronlar 16,5 V teskari potensial bilan butunlay tutilsa, Plank doimiysi aniqlansin.

Berilgan:

Fotoelektr effekt  $h\nu = A + (m \cdot U_m^2/2)$ ;  $h\nu = h\nu_{\min} + (q \cdot U_{\text{tut}})$

H – Plank doimisi (J\*sek..)

Q – Elektronning zaryadi (KL.)

M – Elektronning massasi (kg.)

C – Yorug'likning bo'shliqdagi tezligi (m/sek.)

A – Moddaning chiqish ishi ( eV yoki J.)

U1 va U2 – Tutib turuvchi kuchlanishlar (B.)

$\nu_{\min}$  – minimal chastota ( Hz.)

$\lambda_{m1}$ ,  $\lambda_{m2}$  va  $\lambda_{qiz}$  – To'liq uzunliklar va qizil chegara (m.)

U1m va U2m – Elektronning maksimal tezliklari ( m/sek.)

Pq – elektronning metall sirtiga bergan bosimi ( kg.m/sek.)

Volkenshteyn, masala §19-19

$\nu_1 = 2.2 \cdot 10^{15}$  Hz,  $U_1 = 6.6$  B;  $\nu_2 = 4.6 \cdot 10^{15}$  Hz,  $U_2 = 16.5$  B;  $h = ?$

Birinchi to'liq chastotasi ( Hz.)  $\nu_1 = 2.2 \cdot 10^{15}$

Birinchi tutib turuvchi potensial ( B.)  $U_1 = 6.6$

Ikkinchi to'liq chastotasi ( Hz.)  $\nu_2 = 4.6 \cdot 10^{15}$

Ikkinchi tutib turuvchi potensial ( B.)  $U_2 = 16.5$

1)  $h = q \cdot (U_2 - U_1) / (\nu_2 - \nu_1) = 6.599999 \cdot 10^{-34}$  j\*sek.

F5 Bosilsin

1)  $h = q \cdot (U_2 - U_1) / (\nu_2 - \nu_1) = 6.599999 \cdot 10^{-34}$  j\*sek.

2)  $\nu_1 = 2.2 \cdot 10^{15}$  1/sek. 3)  $\nu_2 = 4.6 \cdot 10^{15}$  1/sek.

4)  $T_1 = 1/\nu_1 = 4.545455 \cdot 10^{-16}$  sek. 5)  $T_2 = 1/\nu_2 = 2.173913 \cdot 10^{-16}$  sek.

6)  $W_1 = 2 \cdot p_1 \cdot \nu_1 = 1.3816 \cdot 10^{16}$  1/sek.

7)  $W_2 = 2 \cdot p_1 \cdot \nu_2 = 2.8888 \cdot 10^{16}$  1/sek.

8)  $E_{p1} = h \cdot \nu_1 = 1.452 \cdot 10^{-18}$  j. 9)  $E_{p2} = h \cdot \nu_2 = 3.035999 \cdot 10^{-18}$  j.

10)  $\lambda_{m1} = C/\nu_1 = 1.363636 \cdot 10^{-7}$  m.

11)  $\lambda_{m2} = C/\nu_2 = 6.52174 \cdot 10^{-8}$  m.

12)  $U_{1m} = \sqrt{2 \cdot q \cdot U_1 / M} = 1523443$  m/sek.

13)  $U_{2m} = \sqrt{2 \cdot q \cdot U_2 / M} = 2408775$  m/sek.

14)  $P_{1q} = M \cdot U_{1m} = 1.386333 \cdot 10^{-24}$  kg.m/sek.

15)  $P_{2q} = M \cdot U_{2m} = 2.191985 \cdot 10^{-24}$  kg.m/sek.

16)  $E_{1kin} = q \cdot U_1 = 1.056 \cdot 10^{-18}$  j. 17)  $E_{2kin} = q \cdot U_2 = 2.64 \cdot 10^{-18}$  j.

18)  $A_1 = E_{p1} - E_{1kin} = 3.959997 \cdot 10^{-19}$  j.

19)  $A_2 = E_{p2} - E_{2kin} = 3.959995 \cdot 10^{-19}$  j.

**№ M1903** Fotoelektr effektdan masalalar:

1 2 3 4 5 6 Masala nomerlari

$L=6123; 5791; 5461; 4047; 3655; 2537$  Angstrom

$M=2\% \quad 4\% \quad 4\% \quad 2.9\% \quad 2.5\% \quad 4\%$

$P=125$  Bt,  $\tau=1$  sek,  $M=0.02$ ,  $M=0.04$ , ...

Hamma kattaliklar SI sistemasida olinsin va hisoblangin.

80 % quvvat nurlanishga ketadi desak,  $0.8 \cdot P$

Simob yoyining quvvati (Bt)  $P = 125$

To'liq uzunlik (m.)  $L = 6.123 \cdot 10^{-7}$

Nurlanish vaqti (sek.)  $\tau = 1$

$L$  -larning intensivligi (%)  $M = 2$

$V=C/L : T=1/V : W=2 \cdot P \cdot V : E=h \cdot \nu = h \cdot c/L$

$N \cdot h \cdot V = 0.8 \cdot P, \quad N \cdot h \cdot c / (M \cdot L) = 0.8 \cdot P$

1)  $V = C/L = 4.899559 \cdot 10^{14}$  1/sek.      2)  $T = 1/V = 2.041 \cdot 10^{-15}$  sek.

3)  $W = 2 \cdot P \cdot V = 3.076923 \cdot 10^{15}$  1/sek.      4)  $E = h \cdot V = 3.243508 \cdot 10^{-19}$  J.

5)  $P_{imp} = h \cdot \nu / c = 1.081169 \cdot 10^{-27}$  kg.m/sek.

6)  $N = 0.8 \cdot P \cdot (M \cdot L) / h / C = 6.166164 \cdot 10^{20}$  kvant.

**№ M1817** Issiqlik nurlanishiga doir masala: nurlanish absolyut qora jism hisoblangin.

Hamma kattaliklar SI sistemasida. masalada:  $T_1=1000$  K.  $T_2=3000$  K.  
Topish kerak:

1)  $E(L_2, T_2) / E(L_1, T_1) = ?$ , 2)  $L_{1m} = ?$ ,  $L_{2m} = ?$ , 3)  $E_{2m} / E_{1m} = (T_2 / T_1)^5 = ?$   
Jismning boshlangich harorati (K.)  $T_1 = 1000$

Jismning oxirgi harorati (K.)  $T_2 = 3000$

1)  $L_{1m} = B / T_1 = 2.89 \cdot 10^{-6}$  m.      2)  $L_{2m} = B / T_2 = 9.633332 \cdot 10^{-7}$  m.

3)  $\epsilon_{p1} = \text{Sig} \cdot T_1^4 = 56700$       4)  $\epsilon_{p2} = \text{Sig} \cdot T_2^4 = 4592700$  J/sek/m<sup>2</sup>

5)  $L_{1m} / L_{2m} = 3$       6)  $E(L_2, T_2) / E(L_1, T_1) = 243$

7)  $A = (2 \cdot P \cdot h \cdot C^2) = 3.741624 \cdot 10^{-16}$       8)  $B1 = (h \cdot C / K) = .0143913$

9)  $\epsilon_{p1}(L_{1m}, T_1) = 56700$

10)  $\epsilon_{p2}(L_{2m}, T_2) = 4592700$  J/sek/m<sup>2</sup>

11)  $V_1 = C / L_{1m} = 1.038062 \cdot 10^{14}$

12)  $V_2 = C / L_{2m} = 3.114187 \cdot 10^{14}$  1/sek.

13)  $T_{11} = 1 / V_1 = 9.633333 \cdot 10^{-15}$

14)  $T_{22} = 1 / V_2 = 3.211111 \cdot 10^{-15}$  sek.

15)  $W_1 = 2 \cdot P \cdot V_1 = 6.519031 \cdot 10^{14}$

16)  $W_2 = 2 \cdot P \cdot V_2 = 1.95571 \cdot 10^{15}$  1/sek.

17)  $\epsilon_{p1}(L_{1m}, T_1) = (3.741624 \cdot 10^{-16} / L_{1m}^5) / (\text{EXP}(.0143913 / (L_{1m} \cdot T_1)) - 1)$

18)  $\epsilon_{p2}(L_{2m}, T_2) = (3.741624 \cdot 10^{-16} / L_{2m}^5) / (\text{EXP}(.0143913 / (L_{2m} \cdot T_2)) - 1)$

>>

**M1933** Rentgen nurlari

Rentgen nurlari energiyasi  $\epsilon_p 0,6$  MeV. Kompton sochilishidan keyin rentgen nurlarining uzunligi 20% ga o'zgargan bo'lsa, tegili elektron energiyasini toping.

$$h=6.62e-34 ; c=3e+08; m=9.1e-31; 1\text{B}=1,6e-19\text{J}$$

Berilgan:

Rentgen nurlari energiyasi (J)  $E_{ps} = \dots$ ;  $E_{ps}$

$M$  — Elektronning massasi (kg.)

$C$  — Yorug'likning bo'shliqdagi tezligi (m/sek.)

$L_1$ -sochilgan, va  $L$  — tushgan to'liqin uzunliklar (m.)

$E_1=h.v_1$ -sochilgan, va  $E=h.v$  — tushgan energiyalar (J.)

$P_{fot}$ -sochilgan va  $P_{fot}$  — tushgan foton impulsarlari (kg.m/sek.)

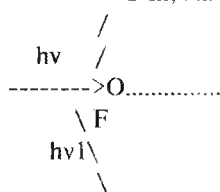
$M_1$ -sochilgan, va  $M$ - tushgan foton massalari (kg.)

Tushgan  $h\nu=0.6 \text{ Mev}=9.6e-14 \text{ J}$ ;  $L_1=1.2*L$ ;  $E_k=m*V_m^2/2=?$

Sochilgan rentgen nuri 20 % ga o'zgargan ;  $L_1=1.2*L$

Tushgan rentgen nur energiya (J.)  $E_{ps} = 9.6e-14$

O m,  $V_m$



$$E_{kin} = (E_{ps} - E_{ps1}) = m*V_m^2/2 = 1.6E-14 \text{ J.}$$

$$E_{kin} = 9.999999E-02 \text{ Mev.}$$

F5 Bosilsin

CONT

$$1) L = 2.06875E-12 \text{ m.}$$

$$2) V = 1.450151E+20 \text{ 1/sek.}$$

$$3) T = 6.895833E-21 \text{ sek.}$$

$$4) W = 9.106949E+20 \text{ 1/sek.}$$

$$5) E_{ps}=h.v = 9.6E-14 \text{ j.}$$

$$6) L_1 = 2.4825E-12 \text{ m.}$$

$$7) V_1 = 1.208459E+20 \text{ 1/sek.}$$

$$8) T_1 = .3054007 \text{ sek.}$$

$$9) W_1 = 7.589125E+20 \text{ 1/sek.}$$

$$10) E_{ps1}=h.v_1 = 8E-14 \text{ j.}$$

$$11) L_{kom} = 2.424908E-12 \text{ m.}$$

$$12) dL = (L_1 - L) = 4.1375E-13 \text{ m.}$$

$$13) E_{kin} = (E_{ps} - E_{ps1}) = 1.6E-14 \text{ J.}$$

$$14) V_M = \text{SQR}(2*E_{kin}/M) = 1.875229E+08 \text{ m/sek.}$$

$$15) P_{fot}=h.v/c = 3.2E-22 \text{ kg.m/sek.}$$

$$16) P_{1fot}=h.v_1/c = 2.666667E-22 \text{ kg.m/sek.}$$

$$17) M_{1fot} = 8.888889E-31 \text{ kg.}$$

$$18) M_{fot} = 1.066667E-30 \text{ kg.}$$

$$19) S_1 = [\text{Sin}(F/2)]^2 = \text{Sqr}(dL/2/A) = .0853125$$

$$20) s_2 = \text{Sin}(F/2) = .292083$$

$$21) c_1 = \text{Cos}(F/2) = .956393$$

$$22) T_1 = \text{Tan}(F/2) = .3054007$$

$$23) F = 33.98264 \text{ Grad.}$$

$$24) F = 33 \text{ grad. } 58 \text{ min. } 57 \text{ sek.}$$

>>

**M1617**

Nyuton halqalariga doir masala (qaytgan; MIN.)

Qaytgan,  $\min r(m) = \text{Sqr}(m \cdot R \cdot L)$ ;  $Z = \text{Sqr}(R \cdot L)$

$R$  - Linzaning egrilik radiusi (mm.)

$L$  - To'liq uzunlik (mm.)

$m_1$  va  $m_2$  - Halqalar raqami

$r(m_1)$  va  $r(m_2)$  - Halqalarning radiusi (mm.)

Halqa radiuslari orasidagi masofa (mm.)  $dr = \{r(m+1) - r(m)\}$

$d_1$  va  $d_2$  - Halqalarning diametri (mm.)

$H(m)$ ,  $H(m+1)$  - Linza bilan yassi plastinka orasidagi oraliq (mm.)

$B_1(m)$ ,  $D_2(m)$  - chap va o'ng halqalar vaziyatlari (mm.)

$X_0$  - Mikroskopda  $M=0$  halqa vaziyati (mm.)

Agar ikkinchi va yigirmanchi qorong'i Hyuton halqalari orasidagi masofa 2.94 mm bo'lsa, uchunchi va o'n oltinchi qorong'i halqalar orasidagi masofa qanchaga teng? Kuzatish qaytgan yorug'likda.

1)  $L = 5.78 \times 10^{-4}$  mm.; 2)  $R = 1600$  mm.

$X = R(20) - R(2) = 2.94$ ; To'liq uzunliklar  $L$  - (mm.);  $y = R(16) - R(3) = ?$

Linzaning egrilik radiusi (mm.)  $R = 1600$

Halqa radiuslari orasi (mm.)  $X = R(20) - R(2) = 2.94$

Mikroskopning  $X=0$  dagi nuqtasi (mm.)  $X_0 = 25$

Mikroskopning  $X=0$  dagi nuqtasi (mm.)  $X_0 = 25$

1)  $x = R(20) - R(2) = 2.94$

2)  $y = R(16) - R(3) = 2.180491$  mm.

3)  $E = R(20) - R(16) = .453929$

4)  $T = R(20) - R(3) = 2.63442$  mm.

5)  $U = R(16) - R(2) = 2.486071$

6)  $F = R(3) - R(2) = .3055806$  mm.

7)  $R = 1600$

8)  $L = 5.777258 \times 10^{-4}$  mm.

9)  $R(20) = 4.299678$

10)  $R(2) = 1.359677$  mm.

11)  $R(16) = 3.845749$

12)  $R(3) = 1.665258$  mm.

13)  $h(20) = 5.777258 \times 10^{-3}$

14)  $h(2) = 5.777258 \times 10^{-4}$  mm. 15)  $h(16) = 4.621807 \times 10^{-3}$

16)  $h(3) = 8.665887 \times 10^{-4}$  mm. 17)  $D_2(20) = 29.29968$

18)  $B_1(20) = 20.70032$  mm.

19)  $D_2(16) = 28.84575$

20)  $B_1(16) = 21.15425$  mm.

21)  $D_2(3) = 26.66526$

22)  $B_1(3) = 23.33474$  mm.

23)  $D_2(2) = 26.35968$

24)  $B_1(2) = 23.64032$  mm.

25)  $\text{Sqr}(R \cdot L) = Z = .9614371$  mm.

26)  $(R \cdot L) = Z^2 = .9243613$  mm<sup>2</sup>

27)  $s_2 = 2.902494$

$$28) s_3 = 2.902495 \text{ mm}^2.$$

$$29) s_{16} = 2.902491$$

$$31) d_2 = 2.719353$$

$$33) d_{16} = 7.691498$$

$$35) L_2 = 8.538774$$

$$37) L_{16} = 24.1513$$

$$30) s_{20} = 2.902485 \text{ mm}^2.$$

$$32) d_3 = 3.330517 \text{ mm}.$$

$$34) d_{20} = 8.599354 \text{ mm}.$$

$$36) L_3 = 10.45782 \text{ mm}.$$

$$38) L_{20} = 27.00198 \text{ mm}.$$

F5 Bosilsin

**\$\$\$15-38** Linzaga masala;  $1/a + 1/b = 1/F = (n-1) \cdot 2/R$ ;  $X = a + b = ?$

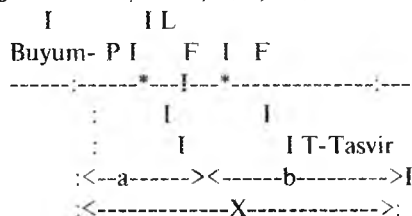
F-Fokus masofa, R-Egrilik radiusi, D-Optik kuchi

L-Linza. P-Buyum, T-Tasvir,  $K = T/P = b/a$

$(1/a + 1/b) = 1/F$ ;  $R = (n-1) \cdot 2/F$ ;  $X = a + b$

Sferik sirtlar bilan chegaralangan egrilik radiuslari 12 sm dan bo'lgan ikki yoqlama qabariq linza buyum bilan ekran o'rtasida shunday masofaga qo'yilganki, ekrandagi tasvir buyumdan K mart katta chiqqan. Linzaning sindirish ko'rsatgichi  $n = 1.5$

Agarda  $K = b/a = 1, 3, 5, 10, 20, 0.2$  bo'lsa,  $X = a + b = ?$



Linzaning egrilik radiusi (sm.)  $R = 12$

Linzaning sindirish ko'rsatgichi  $n = 1.5$

Tasvirning buyumdan kattaligi  $K = T/P = b/a = 5$

$$X(.8) = 27 + 21.6 = 48.6 \text{ sm.} = .486 \text{ m.}$$

$$X(1) = 24 + 24 = 48 \text{ sm.} = .48 \text{ m.}$$

$$X(1.2) = 22 + 26.4 = 48.4 \text{ sm.} = .4840001 \text{ m.}$$

$$X(1.4) = 20.57143 + 28.8 = 49.37143 \text{ sm.} = .4937143 \text{ m.}$$

$$X(1.6) = 19.5 + 31.2 = 50.7 \text{ sm.} = .507 \text{ m.}$$

$$X(1.8) = 18.66667 + 33.6 = 52.26667 \text{ sm.} = .5226667 \text{ m.}$$

$$X(2) = 18 + 36.00001 = 54.00001 \text{ sm.} = .54 \text{ m.}$$

$$X(2.2) = 17.45454 + 38.4 = 55.85455 \text{ sm.} = .5585455 \text{ m.}$$

$$X(2.4) = 17 + 40.8 = 57.80001 \text{ sm.} = .578 \text{ m.}$$

$$X(2.600001) = 16.61538 + 43.20001 = 59.81539 \text{ sm.} = .5981539 \text{ m.}$$

$$X(2.800001) = 16.28571 + 45.60001 = 61.88572 \text{ sm.} = .6188572 \text{ m.}$$

$$X(3.000001) = 16 + 48.00001 = 64.00001 \text{ sm.} = .6400001 \text{ m.}$$

$$X(3.200001) = 15.75 + 50.40001 = 66.15001 \text{ sm.} = .6615001 \text{ m.}$$

**M1617**

Nyuton halqalariga doir masala (qaytgan; MIN.)

Qaytgan,  $\min r(m) = \text{Sqr}(m \cdot R \cdot L)$  ;  $Z = \text{Sqr}(R \cdot L)$

$R$  - Linzaning egrilik radiusi (mm.)

$L$  - To'liq uzunlik (mm.)

$m_1$  va  $m_2$  - Halqalar raqami

$r(m_1)$  va  $r(m_2)$  - Halqalarning radiusi (mm.)

Halqa radiuslari orasidagi masofa (mm.)  $dr = \{r(m+1) - r(m)\}$

$d_1$  va  $d_2$  - Halqalarning diametri (mm.)

$H(m)$ ,  $H(m+1)$  - Linza bilan yassi plastinka orasidagi oraliq (mm.)

$B_1(m)$ ,  $D_2(m)$  - chap va o'ng halqalar vaziyatlari (mm.)

$X_0$  - Mikroskopda  $M=0$  halqa vaziyati (mm.)

Agar ikkinchi va yigirmanchi qorong'i Hyuton halqalari orasidagi masofa 2.94 mm bo'lsa, uchunchi va o'n oltinchi qorong'i halqalar orasidagi masofa qanchaga teng? Kuzatish qaytgan yorug'likda.

1)  $L = 5.78 \times 10^{-4}$  mm.; 2)  $R = 1600$  mm.

$X = R(20) - R(2) = 2.94$ ; To'liq uzunliklar  $L$  - (mm.);  $y = R(16) - R(3) = ?$

Linzaning egrilik radiusi (mm.)  $R = 1600$

Halqa radiuslari orasi (mm.)  $X = R(20) - R(2) = 2.94$

Mikroskopning  $X=0$  dagi nuqtasi (mm.)  $X_0 = 25$

Mikroskopning  $X=0$  dagi nuqtasi (mm.)  $X_0 = 25$

1)  $x = R(20) - R(2) = 2.94$  2)  $y = R(16) - R(3) = 2.180491$  mm.

3)  $E = R(20) - R(16) = .453929$  4)  $T = R(20) - R(3) = 2.63442$  mm.

5)  $U = R(16) - R(2) = 2.486071$  6)  $F = R(3) - R(2) = .3055806$  mm.

7)  $R = 1600$  8)  $L = 5.777258 \times 10^{-4}$  mm.

9)  $R(20) = 4.299678$  10)  $R(2) = 1.359677$  mm.

11)  $R(16) = 3.845749$  12)  $R(3) = 1.665258$  mm.

13)  $h(20) = 5.777258 \times 10^{-3}$

14)  $h(2) = 5.777258 \times 10^{-4}$  mm. 15)  $h(16) = 4.621807 \times 10^{-3}$

16)  $h(3) = 8.665887 \times 10^{-4}$  mm. 17)  $D_2(20) = 29.29968$

18)  $B_1(20) = 20.70032$  mm.

19)  $D_2(16) = 28.84575$

20)  $B_1(16) = 21.15425$  mm.

21)  $D_2(3) = 26.66526$

22)  $B_1(3) = 23.33474$  mm.

23)  $D_2(2) = 26.35968$

24)  $B_1(2) = 23.64032$  mm.

25)  $\text{Sqr}(R \cdot L) = Z = .9614371$  mm.

26)  $(R \cdot L) = Z^2 = .9243613$  mm<sup>2</sup>.

27)  $s_2 = 2.902494$

$$28) s_3 = 2.902495 \text{ mm}^2.$$

$$29) s_{16} = 2.902491$$

$$31) d_2 = 2.719353$$

$$33) d_{16} = 7.691498$$

$$35) L_2 = 8.538774$$

$$37) L_{16} = 24.1513$$

$$30) s_{20} = 2.902485 \text{ mm}^2.$$

$$32) d_3 = 3.330517 \text{ mm}.$$

$$34) d_{20} = 8.599354 \text{ mm}.$$

$$36) L_3 = 10.45782 \text{ mm}.$$

$$38) L_{20} = 27.00198 \text{ mm}.$$

F5 Bosilsin

**\$\$\$15-38** Linzaga masala;  $1/a + 1/b = 1/F = (n-1) \cdot 2/R$ ;  $X = a + b = ?$

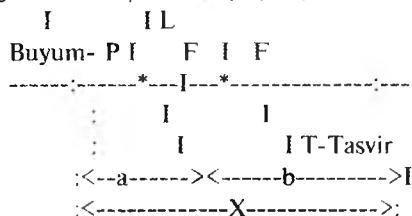
F-Fokus masofa, R-Egrilik radiusi, D-Optik kuchi

L-Linza. P-Buyum, T-Tasvir,  $K = T/P = b/a$

$(1/a + 1/b) = 1/F$ ;  $R = (n-1) \cdot 2/F$ ;  $X = a + b$

Sferik sirtlar bilan chegaralangan egrilik radiuslari 12 sm dan bo'lgan ikki yoqlama qabariq linza buyum bilan ekran o'rtasida shunday masofaga qo'yilganki, ekrandagi tasvir buyumdan K mart katta chiqqan. Linzaning sindirish ko'rsatgichi  $n = 1.5$

Agarda  $K = b/a = 1, 3, 5, 10, 20, 0.2$  bo'lsa,  $X = a + b = ?$



Linzaning egrilik radiusi (sm.)  $R = 12$

Linzaning sindirish ko'rsatgichi  $n = 1.5$

Tasvirning buyumdan kattaligi  $K = T/P = b/a = 5$

$$X(.8) = 27 + 21.6 = 48.6 \text{ sm.} = .486 \text{ m.}$$

$$X(1) = 24 + 24 = 48 \text{ sm.} = .48 \text{ m.}$$

$$X(1.2) = 22 + 26.4 = 48.4 \text{ sm.} = .4840001 \text{ m.}$$

$$X(1.4) = 20.57143 + 28.8 = 49.37143 \text{ sm.} = .4937143 \text{ m.}$$

$$X(1.6) = 19.5 + 31.2 = 50.7 \text{ sm.} = .507 \text{ m.}$$

$$X(1.8) = 18.66667 + 33.6 = 52.26667 \text{ sm.} = .5226667 \text{ m.}$$

$$X(2) = 18 + 36.00001 = 54.00001 \text{ sm.} = .54 \text{ m.}$$

$$X(2.2) = 17.45454 + 38.4 = 55.85455 \text{ sm.} = .5585455 \text{ m.}$$

$$X(2.4) = 17 + 40.8 = 57.80001 \text{ sm.} = .578 \text{ m.}$$

$$X(2.600001) = 16.61538 + 43.20001 = 59.81539 \text{ sm.} = .5981539 \text{ m.}$$

$$X(2.800001) = 16.28571 + 45.60001 = 61.88572 \text{ sm.} = .6188572 \text{ m.}$$

$$X(3.000001) = 16 + 48.00001 = 64.00001 \text{ sm.} = .6400001 \text{ m.}$$

$$X(3.200001) = 15.75 + 50.40001 = 66.15001 \text{ sm.} = .6615001 \text{ m.}$$

$X(3.400001)=15.52941 + 52.80001 = 68.32943 \text{ sm.} = .6832943 \text{ m.}$   
 $X(3.600001)=15.33333 + 55.20001 = 70.53334 \text{ sm.} = .7053335 \text{ m.}$   
 $X(3.800001)= 15.15789 + 57.60001 = 72.75791 \text{ sm.} = .7275791 \text{ m.}$   
 $X(4.000001)= 15 + 60.00001 = 75.00001 \text{ sm.} = .7500001 \text{ m.}$   
 $X(4.200001)=14.85714 + 62.4 = 77.25715 \text{ sm.} = .7725714 \text{ m.}$   
 $X(4.4) = 14.72727 + 64.8 = 79.52728 \text{ sm.} = .7952728 \text{ m.}$   
 $X(4.6) = 14.6087 + 67.2 = 81.8087 \text{ sm.} = .818087 \text{ m.}$   
 $X(4.8) = 14.5 + 69.6 = 84.1 \text{ sm.} = .8409999 \text{ m.}$   
 $X(5) = 14.4 + 72 = 86.39999 \text{ sm.} = .8639999 \text{ m.}$   
 >>

## PLIR

<i-Tushish va <r-Sinish burchak,  $n=\sin(i)/\sin(r)$

I',1" -Qaytgan, 2',2" -O'tgan nurlar

Moddaning sindirish ko'rsatgichi  $N = 1.5$

Plastinkaning qalinligi (sm)  $X = 3.5$

Boshlangich gradus  $\angle i_1 = 30$

Oxirgi gradus  $\angle i_K = 45$

Orttirma gradus  $\angle d_i = 15$

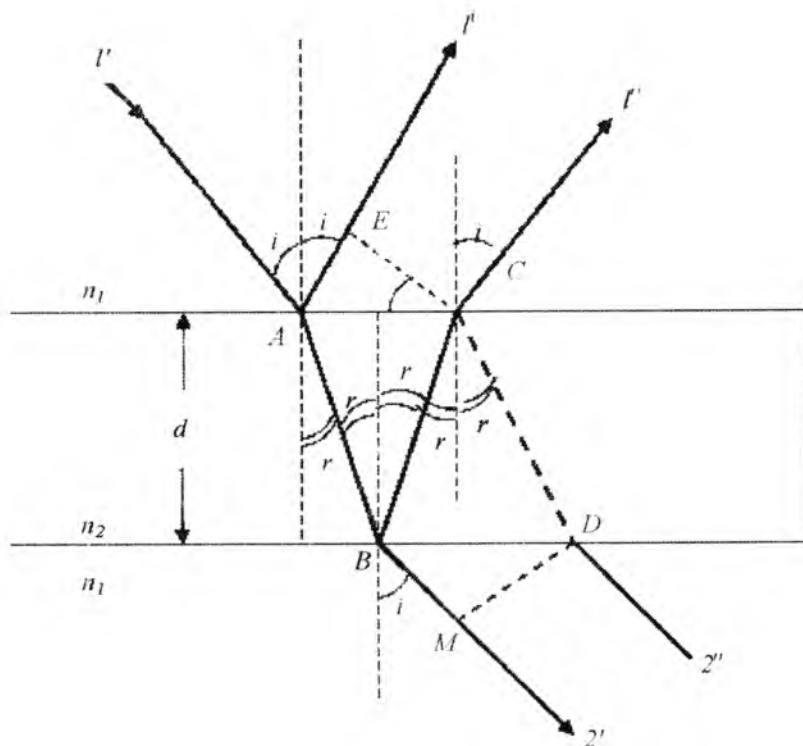
Hisoblashlar soni  $K = 2$

\*\* 1 \*\*

- |                          |                                           |
|--------------------------|-------------------------------------------|
| 1) $\angle i(1) = 30$    | 2) $\angle r(1) = 19.47178 \text{ Grad.}$ |
| 3) $\tan(30) = .5769964$ | 4) $\tan(19.47178) = .3533706$            |
| 5) $\sin(30) = .4997702$ | 6) $\sin(19.47178) = .3331801$            |
| 7) $\cos(30) = .8661581$ | 8) $\cos(19.47178) = .9428632$            |
| 9) $BC(30) = 1.236797$   | 10) $AC(30) = 3.031554$                   |
| 11) $BD(30) = 2.019487$  | 12) $AD(30) = 3.031554$                   |
| 13) $CD(30) = .7826905$  | 14) $CE(30) = .3911654$                   |
| 15) $AF(30) = 2.473594$  | 16) $AZ(30) = 1.236228$                   |
| 17) $FZ(30) = 2.142523$  | 18) $CW(30) = 1.565381$                   |
| 19) $CM(30) = .7823307$  | 20) $MW(30) = 1.355868$                   |
| 21) $(90-J) = 60$        | 22) $(90-r_2) = 70.52822 \text{ Grad.}$   |

Hamma masofalar sm. larda hisoblangan

- |                               |                                           |
|-------------------------------|-------------------------------------------|
| ** 2 ** 1) $\angle i(2) = 45$ | 2) $\angle r(2) = 28.12757 \text{ Grad.}$ |
| 3) $\tan(45) = .999204$       | 4) $\tan(28.12757) = .5342489$            |
| 5) $\sin(45) = .7068252$      | 6) $\sin(28.12757) = .4712168$            |
| 7) $\cos(45) = .7073883$      | 8) $\cos(28.12757) = .8820174$            |
| 9) $BC(45) = 1.869871$        | 10) $AC(45) = 2.475859$                   |
| 11) $BD(45) = 3.497214$       | 12) $AD(45) = 2.475859$                   |



$$13) CD(45) = 1.627343$$

$$14) CE(45) = 1.150247$$

$$15) AF(45) = 3.739742$$

$$16) AZ(45) = 2.643344$$

$$17) FZ(45) = 2.64545$$

$$18) CW(45) = 3.254686$$

$$19) CM(45) = 2.300494$$

$$20) MW(45) = 2.302326$$

$$21) (90-J) = 45$$

$$22) (90-r_2) = 61.87243 \text{ Grad.}$$

Hamma masofalar sm. larda hisoblangan

### M1616

Halqa radiuslari orasidagi masofa (mm.)  $dr = \{r(m+1) - r(m)\}$

$d_1$  va  $d_2$  – Halqalarning diametri (mm.)

$H(m)$ ,  $H(m+1)$  – Linza bilan yassi plastinka orasidagi oraliq (mm.)

$B_1(m)$ ,  $D_2(m)$  – chap va o'ng halqalar vaziyatlari (mm.)

$X_0$  – Mikroskopda  $M=0$  halqa vaziyati (mm.)

$R=15000$  mm.;  $dr=9$  mm.;  $m_1=5$ ;  $m_2=25$ ;  $\lambda_m=?$

Egrilik radiusi (mm.)  $R = 15000$

Halqa radiuslari orasi (mm.)  $D_r = 9$

Halqa raqami  $M_1 = 5$

Halqa raqami  $M_2 = 25$

Mikroskopdagi  $M=0$  dagi halqa vaziyati (mm.)  $X_0 = 25$

$m_1 = 5$        $m_2 = 25$

1)  $R(m_1) = 7.28011$       2)  $R(m_2) = 16.27882$  3)  $L = 7.066667E-04$

4)  $H(m_1) = 1.766667E-03$       5)  $H(m_2) = 8.833332E-03$

6)  $D_2(m_1) = 32.28011$       7)  $B_1(m_1) = 17.71989$

8)  $d_1 = 14.56022$       9)  $D_2(m_2) = 41.27882$

10)  $B_1(m_2) = 8.72118$       11)  $d_2 = 32.55764$

12)  $L_5 = 45.7191$       13)  $L_{25} = 102.231$  mm.

14)  $s_5 = p_1 \cdot r(m_1)^2 = 1.766667E-03$

15)  $s_{25} = p_1 \cdot r(m_2)^2 = 8.833332E-03$  mm<sup>2</sup>.

16) Halqa radiuslari orasidagi masofa  $dr = 8.998711$  mm.

Hamma kattaliklar mm. larda.

F5 Bosilsin

|                    |                      |                          |
|--------------------|----------------------|--------------------------|
| $r(1) = 3.255764$  | $B_1(1) = 21.74424$  | $D_2(1) = 28.25577$ mm.  |
| $r(2) = 4.604346$  | $B_1(2) = 20.39566$  | $D_2(2) = 29.60435$ mm.  |
| $r(3) = 5.639149$  | $B_1(3) = 19.36085$  | $D_2(3) = 30.63915$ mm.  |
| $r(4) = 6.511528$  | $B_1(4) = 18.48847$  | $D_2(4) = 31.51153$ mm.  |
| $r(5) = 7.28011$   | $B_1(5) = 17.71989$  | $D_2(5) = 32.28011$ mm.  |
| $r(6) = 7.974962$  | $B_1(6) = 17.02504$  | $D_2(6) = 32.97496$ mm.  |
| $r(7) = 8.613943$  | $B_1(7) = 16.38606$  | $D_2(7) = 33.61395$ mm.  |
| $r(8) = 9.208692$  | $B_1(8) = 15.79131$  | $D_2(8) = 34.20869$ mm.  |
| $r(9) = 9.767292$  | $B_1(9) = 15.23271$  | $D_2(9) = 34.76729$ mm.  |
| $r(10) = 10.29563$ | $B_1(10) = 14.70437$ | $D_2(10) = 35.29563$ mm. |
| $r(11) = 10.79815$ | $B_1(11) = 14.20185$ | $D_2(11) = 35.79815$ mm. |
| $r(12) = 11.2783$  | $B_1(12) = 13.7217$  | $D_2(12) = 36.2783$ mm.  |
| $r(13) = 11.73883$ | $B_1(13) = 13.26118$ | $D_2(13) = 36.73882$ mm. |
| $r(14) = 12.18196$ | $B_1(14) = 12.81805$ | $D_2(14) = 37.18195$ mm. |
| $r(15) = 12.60952$ | $B_1(15) = 12.39048$ | $D_2(15) = 37.60952$ mm. |
| $r(16) = 13.02306$ | $B_1(16) = 11.97694$ | $D_2(16) = 38.02306$ mm. |
| $r(17) = 13.42386$ | $B_1(17) = 11.57614$ | $D_2(17) = 38.42386$ mm. |
| $r(18) = 13.81304$ | $B_1(18) = 11.18696$ | $D_2(18) = 38.81304$ mm. |
| $r(19) = 14.19155$ | $B_1(19) = 10.80845$ | $D_2(19) = 39.19155$ mm. |
| $r(20) = 14.56022$ | $B_1(20) = 10.43978$ | $D_2(20) = 39.56022$ mm. |

F5 Bosilsin

## **Optikadan masalalar**

1. M 1918 — Fotoeffekt.
2. M 1918 — Chiqish ishi.
3. M 1613 — Nyuton halqalari.
4. M 1512 -Yassi parallel shisha plastinka.
5. M 1816 — Issiqlik nurlanishi.
6. M 101 — Frenel zonalari.
7. M 100 — Nyuton halqalari.
8. M 1520 — Koshi formulasi.
9. M 1537 — Linza.
10. M 1663 — Yorug'lik qutblanishi.
11. M 1605 — Yung tajribasi.
12. M 1654 — Difraksion panjara.
13. M 2903 — Dispersiya.
14. M 1652 — Difraksion panjara.
15. M 1930 — Rentgen nurlari.
16. M 1918 — Fotoelektron effekt.
17. M 1919 — Fotoeffekt.
18. M 1903 — Fotoeffekt.
19. M 1917 — Issiqlik nurlanishi.
20. M 1933 — Rentgen nurlari.
21. M 1617 — Nyuton halqalari.
22. M 1538 — Linzalar.
23. PLIR — Yupqa parda.
24. M 1616 — Nyuton halqalari.
25. EKKU — Koshi formulasi. Dispersiya.

## ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. *Каримов Р., Каримова Г.* Ёруғлик интерференцияси ва дифракциясидан масалалар ечишга доир методик қўлланма. Тошкент, «Университет», 1975.
2. *Каримов Р., Юсупов Р.А.* Использование ПВМ в учебных лабораториях по общему курсу физики. Ташкент, «Университет», 1990.
3. *Каримов Р., БҒрибоев И., Горбатов И.А.* Ёруғлик спектрларини Ёрганиш бўйича лаборатория ишларини бажариш. Тошкент, «Университет», 1993.
4. *Каримов Р., БҒрибоев И., Горбатов И.А.* Дифракция ва интерференцияни ўрганиш бўйича лаборатория ишларини бажариш. Тошкент, «Университет», 1993.
5. *Ландсберг Г.С.* Оптика. Тошкент «Ўқитувчи», 1981.
6. *Годжаев Н.М.* Оптика. Москва, «Высшая школа», 1977.
7. *Савельев Н.В.* Умумий физика курси. III-том. Тошкент «Ўқитувчи», 1966.
8. *Калитеевский Н.И.* Волновая оптика. Москва, «Высшая школа», 1978.
9. *Матвеев А.Н.* Оптика. Москва, «Высшая школа», 1985.
10. *Бутиков Е.И.* Оптика. Москва, «Высшая школа», 1986.
11. Физический практикум. Электричество и оптика. Под. Ред. В.И. Иверновой. Изд. «Наука», М. 1968.
12. *Гольдин Л.М.* Лабораторные занятия по физике. Москва, «Наука», 1963.
13. *Зейдель А.Н.* Элементарные оценки ошибок измерений. Москва, «Наука» 1965.
14. *Каримов Р., Бурибаев И., Юсупов Р.А., Горбатов И.А., Рихсиева Ш.Т.* Фотометриядан лаборатория ишлари. Методик қўлланма. Тошкент, «Университет», 1993.
15. *Каримов Р., Бурибаев И., Юсупов Р.А., Горбатов И.А., Рихсиева Ш.Т.* Ёруғлик спектрларини ўрганиш. Методик қўлланма. Тошкент, «Университет», 1993.
16. *Каримов Р., Бурибаев И., Юсупов Р.А., Горбатов И.А., Рихсиева Ш.Т.* Дифракция ва интерференцияни ўрганиш. Методик қўлланма. Тошкент, «Университет», 1993.
17. *Каримов Р.* Оптика. Маърузалар матни. Тошкент, «Университет», 2001.
18. *Сивухин Д.В.* Оптика Т. IV. Москва, «Физматлит», 2005 г.

## MUNDARIJA

|                 |   |
|-----------------|---|
| So'zboshi ..... | 3 |
|-----------------|---|

### BIRINCHI QISM

#### I bob. Geometrik optika va fotometriya

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1-ish. (Lab101) Yig'uvchi linzaning fokus masofasini aniqlash.....                                                           | 5  |
| 2-ish. Sochuvchi linzaning fokus masofasini aniqlash.....                                                                    | 13 |
| 3-ish. (Lab104) Cho'g'lanma elektr lampasining yorug'lik<br>kuchini va solishtirma quvvatini fotometrik usulda aniqlash..... | 18 |
| 4-ish. (Lab106) Shisha prizmaning sindirish ko'rsatkichini aniqlash.....                                                     | 27 |

#### II bob. Yorug'lik spektrlarini o'rganish bo'yicha laboratoriya ishlari

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5-ish. (Lab107) Vodorod spektrini o'rganish.<br>Ridberg doimiysini aniqlash.....                           | 37 |
| 6-ish. (Lab108) Stiloskopni darajalash, neon va simob spektrlarining<br>to'liq uzunliklarini aniqlash..... | 44 |

#### III bob. Yorug'lik dispersiyasi va yutilishi

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7-ish. (Lab109) Abbe refraktometri yordamida suyuqliklarning<br>sindirish ko'rsatkichini va refraksiyasini aniqlash..... | 55 |
| 8-ish. Murakkab kimyoviy moddalarning molekulyar refraksiyasini<br>aniqlash.....                                         | 68 |
| 9-ish. Yorug'likning suyuqlikda tarqalishi. Buger-Ber qonunini<br>o'rganish. ....                                        | 72 |

#### IV bob. Yorug'lik interferensiyasi va difraksiyasi

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 10-ish. (Lab103) Linzaning egrilik radiusini Nyuton halqalari<br>yordamida aniqlash.....       | 81  |
| 11-ish. Difraksion uzunlikni Frenel difraksiyasi usuli bilan<br>o'rganish.....                 | 95  |
| 12-ish. (Lab105) Difraksion panjara yordamida yorug'likning<br>to'liq uzunligini aniqlash..... | 107 |
| 13-ish. Difraksion panjara larning spektral tavsiflarini aniqlash .....                        | 122 |

#### V bob. Yorug'likning qutblanishi

|                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 14-ish. (Lab123) Chiziqli qutblangan yorug'likni hosil qilish va uni<br>o'rganish. .... | 131 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|

### IKKINCHI QISM

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| Eng kichik kvadratlar usuli..... | 141 |
| Adabiyotlar ro'yxati. ....       | 182 |

**Rahmatilla Karimov,  
Bahodir Eshchanov,  
Shavkat Otajonov,  
Isaboy Buribayev**

**OPTIKADAN MASALALAR VA  
LABORATORIYA ISHLARI TO'PLAMI**

*O'quv qo'llanma*

*Muharrir Olim Usmonov*

*Badiiy muharrir Nasiba Adilxanova*

*Texnik muharrir Yelena Tolochko*

*Kompyuterda sahifalovchi Gulchehra Azizova*

Litsenziya raqami AI № 163. 09.11.2009. Bosishga 2016-yil 15-noyabrda ruxsat etildi. Bichimi 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Ofset qog'oz. Tayms garnituras. Shartli bosma tabog'i 10,69. Nashr tabog'i 9,84. Adadi 300 nusxa. Shartnoma № 158—2016. Buyurtma № 195.

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi tezkor matbaa bo'limida chop etildi. 100011, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30.  
Telefon: (371) 244-10-45. Faks: (371) 244-58-55.