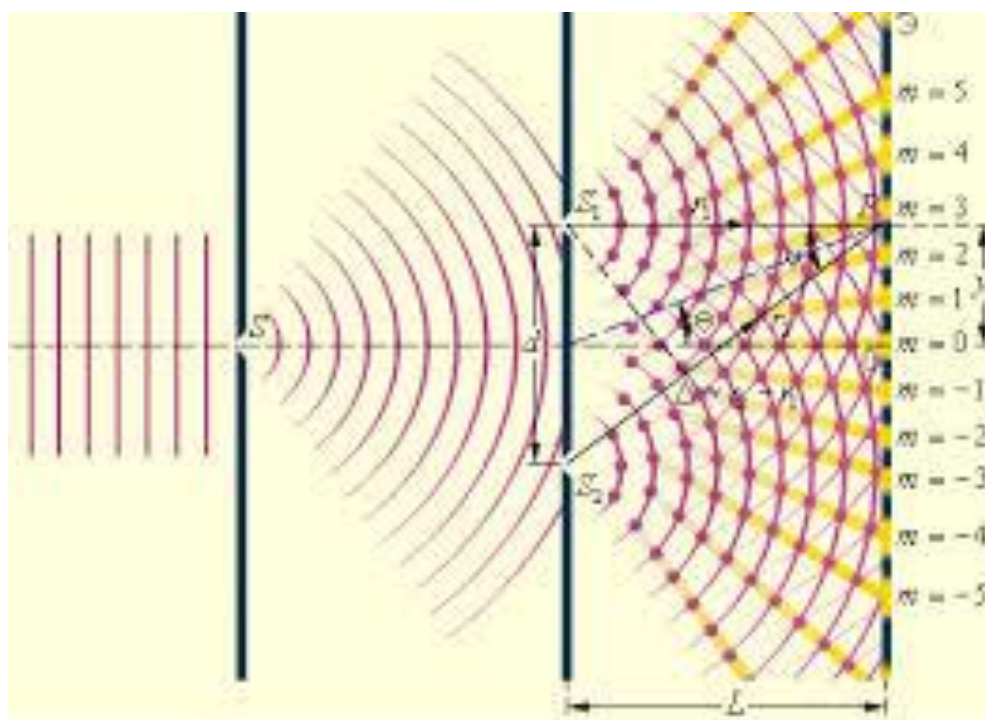


O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI  
NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

# OPTIKA



O'QUV – USLUBIY MAJMUA

NAMANGAN-2023

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI**  
**OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**  
**NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI**

**“TASDIQLAYMAN”**

**Fizika fakulteti dekani**

\_\_\_\_\_ **O. Ismanova**

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ **2023 yil**

# **O P T I K A**

**FANI BO‘YICHA**

**60530900-Fizika yo‘nalishi talabalari uchun**

## **O‘QUV-USLUBIY MAJMUUA**

<b>Bilim sohasi:</b>	500000 – Tabiiy fanlar, matematika va statistika
<b>Ta’lim sohasi:</b>	530000 – Fizika va tabiiy fanlar
<b>Ta’lim yo‘nalishi:</b>	60530900 – Fizika (kunduzgi)

**Namangan – 2023 yil**



O‘quv – uslubiy majmua oliy ta’lim muassasalari o‘qituvchilari va talabalari, umumiy fizika, nazariy fizika, astronomiya fanlarini o‘qitishda zamonaviy pedagogik texnologiyalarini qo‘llash jarayonlariga qiziquvchilar uchun mo‘ljallangan.

Tuzuvchi: I.O.Zaxidov \_\_\_\_\_

Taqrizchi: A. Xalmirzayev \_\_\_\_\_

“Optika” fanining o‘quv – uslubiy majmuasi fizika kafedrasining 2023 yil 28 avgust 1 - sonli majlisida muhokama etilgan va ma’qullangan.

Yig‘ilish raisi:

Fizika kafedrası mudiri  
B.Abdulazizov

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

2023-yil

## MUNDARIJA

<b>1. Ma'ruzalar matni.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Amaliy mashg'ulot.....</b>	<b>78</b>
<b>3. Laboratoriya mashg'ulotlari.....</b>	<b>103</b>
<b>4. Mustaqil ta'lim mashg'ulotlari.....</b>	<b>168</b>
<b>o'quv dasturi.....</b>	<b>171</b>
<b>testlar.....</b>	<b>179</b>
<b>dasturiga muvofiq baholash mezonlari.....</b>	<b>191</b>

## MA'RUZALAR MATNI

### **1-Mavzu. Kirish. Optika fanining rivojlanish tarixi va boshqa bo'limlar bilan bog'liqligi. Optika qonunlarini amaliyotga, fan va texnika sohalariga tadbiqu. Fanning vazifalari. Optika fanining rivojlanish tarixi va boshqa bo'limlar bilan bog'liqligi.**

Optika - yorug'likning tabiati, uning xosil bulishi va tarqalish qonunlarini o'rganuvchi fandır. Optika bo'limida to'lqin uzunligi  $0,1 \text{ \AA}$  dan  $1 \text{ sm}$  gacha diapazondagi spektrga ega bo'lgan elektromagnit to'lqinlari o'rganiladi. Demak, yorug'lik deganda to'lqin uzunligi yuqoridagi diapazonda bo'lgan barcha tarqalayotgan elektromagnit maydonlari nazarda tutiladi. Ko'zga ko'rinadigan yorug'likka tegishli elektromagnit to'lqinlar  $0,4-0,76 \text{ mkm}$  intervaldagi uzunlikka ega bo'ladi.

Optikaning eng asosiy muammosi - yorug'likning tabiati hakidagi masaladir. Yorug'likning tabiati xaqidagi boshlang'ich tasavvurlar qadimgi asrlarda paydo bo'lgan.

-Qadimgi induslar ko'z "olov tabiat" ga ega deb o'ylaganlar:

-Grek filosofi va matematigi Pifagor (er.av. 582-580 yy.) ko'zdan buyumlarga qarab "qaynoq bug'lanishlar" chiqadi va shu sababli ko'rish sezgilari paydo bo'ladi, deb hisoblagan.

-Empedokl (er.av.492-432 yy.) - nurlanuvchi jismlardan ko'zga, ko'zdan nurlanuvchi jismlarga qarab nurlanish oqimi yo'naladi va ular uchrashib ko'rish sezgisini uyg'otadi, deb qaragan.

-Demokrit (er.av. 460-370 yy.) - ko'rish buyumlardan chiqayotgan mayda zarrachalar - atomlarning ko'zga kelib tushishi natijasida hosil bo'ladi, degan atomistik g'oyani ilgari surgan.

-Epikur (er.av.341-270 yy.), Aristotel (er.av. 384-332 yy.) lar ham ko'rish sezgisining sababi inson ko'zidan tashqarida yotadi, deb hisoblaganlar.

-Yevklid (er.av. 300 y.) - "ko'rish nurlari nazariyasi" ni yaratdi. Bu nazariyaga asosan ko'zdan "ko'rish nurlari" tarqalib, ularning uchlari jismlarga borib tegib, ular

to'g'risida ko'zda sezish tuyg'ularini uyg'otadi. Yevklid - yorug'likning to'g'ri chiziq bo'yicha tarqalishi haqidagi ta'limotning asoschisi.

-Arximed (er.av. 287-212 yy.) - botiq ko'zgular tizimi yordamida rim kemalarini yondirgan.

-Ptolemey (er. 70-147 yy.) - yorug'likning sinish qonunini o'rganishga doir ko'p tajribalarni amalga oshirgan.

-Arab fizigi Alxazen (1038 y.) - ko'zning ko'rish sababini, yorug'likning sinishini, botiq ko'zgularda yorug'likning qaytishini o'rgandi. U yorug'likning chekli tezlikka ega bo'lishini, Quyosh va Oyning gorizontda zenitdagiga nisbatan katta bo'lib ko'rinishi ko'zniing aldanishi deb to'g'ri fikr yuritdi.

-Bekon R. (1214-1294) - parabolik ko'zgular, linzalar va botiq ko'zgularning fokus masofalarini aniqlash bo'yicha qator ishlarni amalga oshirdi. Shu ishlar asosida ko'p o'tmay 1285 yilda ko'zoynak ixtiro qilindi.

-Italiyalik Port (1538-1615) - obskur-kamerani ixtiro qildi. Bu fotoapparatning yaratilishiga asos bo'ldi.

-Golland Z. Yansen 1590 yilda mikroskopni ixtiro qildi.

-Golland V. Snellius (1591-1628) va fransuz R.Dekart (1596-1650) - yorug'likning sinish qonunining hozirgi ta'rifini berishgan.

-Fransuz P. Ferma (1601-1665) - yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalish tamoyilini yaratdi.

-Grimaldi (1618-1663) yorug'likning difraksiyasini kashf qildi.

-Isaak Nyuton (1643-1727) yorug'likning prizmadagi dispersiyasini kuzatdi. U yorug'likning korpuskulyar nazariyasi asoschisidir.

-Ingliz R. Guk (1635-1703) va golland X.Gyuygens (1629-1695) yorug'likning to'lqin nazariyasini ishlab chiqdilar.

-T.Yung (1773-1829) - yorug'lik to'lqinlari interferensiyasining asosiy koidalarini ishlab chiqdi.

-Nemis fizigi Fraungofer (1787-1826) -difraksion panjarani yaratdi.

-M.Faradey (1791-1867) - elektromagnit induksiyan ixtiro qildi.

-Maksvell (1831-1879) - o'zinig nomi bilan ataluvchi tenglamalarni yaratdi va yorug'likning elektromagnit to'lqin nazariyasiga asos soldi.

-P.N.Lebedev (1866-1912) yorug'likning bosimini,

-G.Gers (1857-1894) - fotosamara hodisasini, M.Plank (1858-1947) - yorug'likning kvant nazariyasini yaratdi.

Yorug'lik tabiati to'g'risidagi keyingi tadqiqotlar A.Eynshteyn, N.Bor, Zommerfeld, A.Kompton, L.D.Broyl, Raman, P.Cherenkov, I.Tamm, N.Basov, A.Proxorov, CH.Tauns va boshqa olimlarning nomlari bilan bog'liqdir.

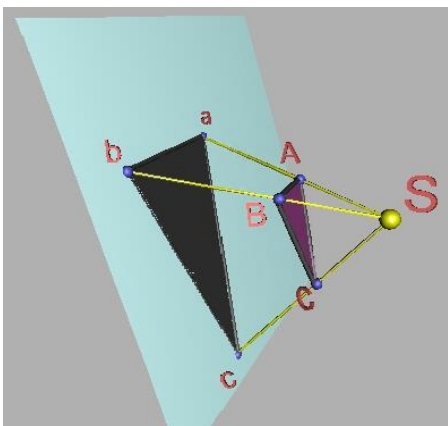
O'rta Osiyolik olimlar va mutafakkirlardan Forobiy, Xorazmiy, Beruniy, Ulug'bek, Ali Qushchi asarlarida optikaga doir ilmiy maqolalar uchraydi. Hozirgi davrda Respublikamizda optika va spektroskopiya sohasida akademiklar P. Habibullayev, R.B.Bekjonov, Otaxo'jayev, K.M.Muqimovlar yaratgan ilmiy maktablarda samarali ishlar amalga oshirilmoqda.

Optika fanining rivojlanish jarayonida uning quyidagi asosiy qonunlari yaratildi:

- a) Yorug'likning to'g'ri chiziq buyicha tarqalish qonuni.
- b) Yorug'lik dastalarining mustaqillik qonuni.
- s) Yorug'likning ko'zgusimon sirtlardan qaytish qonuni.
- d) Yorug'likning shaffof muhitlar chegarasida sinish qonuni.

Yorug'lik nurlari bir jinsli muhitda to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi. Buni jismlarning kichik o'lchamli yorug'lik manbalari bilan yoritilganda xosil bo'ladigan aniq soyalari misolida tushuntirish mumkin.

### Birinchi qonun (1-rasm)



1-pacm

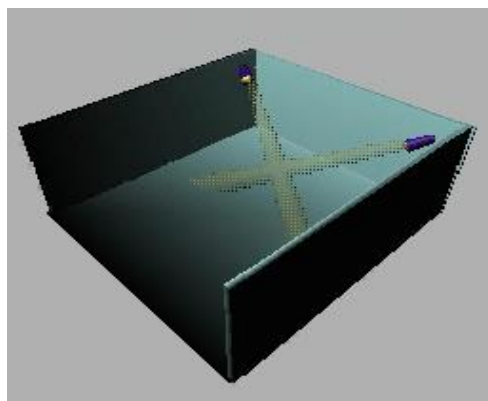
Yorug'lik dastalarining mustaqilligi nurlarning o'zaro kesishganida bir-biriga hech qanday ta'sir ko'rsatmasligida namoyon bo'ladi. Bir dasta ikkinchi dastaning bor yo'qligiga bog'liq bo'lmagan holda tarqaladi.

### Ikkinchi qonun (2-rasm)

Yorug'lik nurlari ikki muhit chegarasiga tushgan

vaqtda nurlar ikkiga ajraladi:

qaytgan (3-rasm) va sinib o'tgan nurlarga (4-rasm).



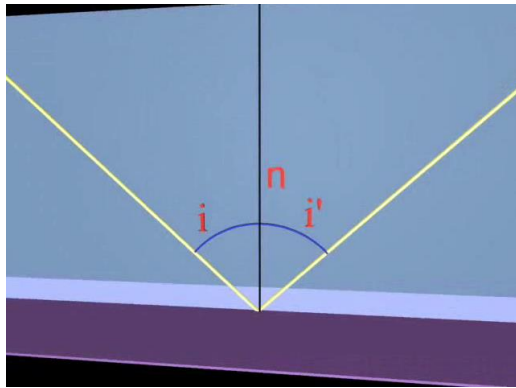
2-pacm.

**Yorug'likning qaytish qonuni kuyidagicha:**

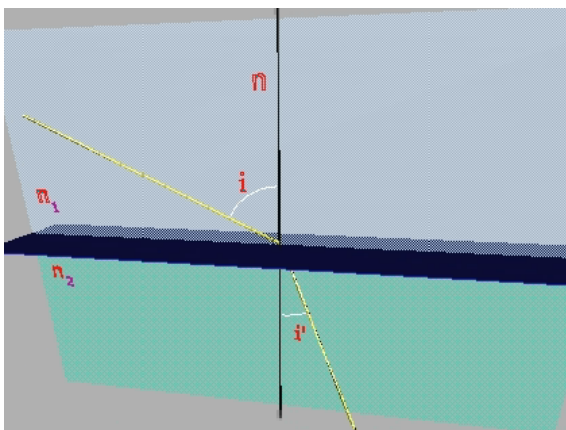
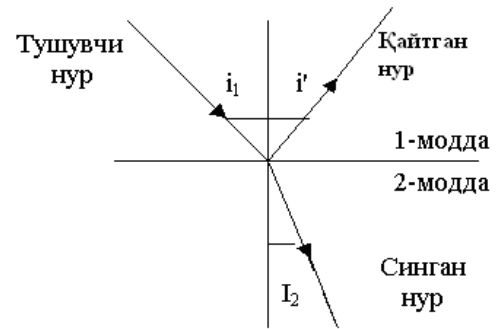
Yorug'likning tushish burchagi qaytish burchagiga teng. Tushgan nur, kaytgan nur va



tushish nuqtasiga o'tkazilgan normal bir tekislikda yotadi.  $i_1=i'$  (1)



3-расм.



4-расм.

Yorug'likning sinish qonuni: tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati berilgan moddalar uchun o'zgarmas kattalik bo'lib, shu ikkala muhitlarning nisbiy sindirish ko'rsatkichlariga teng. Tushgan nur, singan nur va tushish nuqtasiga o'tkazilgan normal bir tekislikda yotadi.

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{12}$$

Agar birinchi muhitning sindirish ko'rsatkichi ikkinchi muhitnikidan katta bo'lsa, ya'ni  $n_1 > n_2$ , bo'lsa tushish burchagi quyidagi shartni bajarganda

$$\sin i_1 = \frac{n_2}{n_1}$$

yorug'likning to'la ichki qaytishi kuzatiladi.

### Tayanch iboralar:

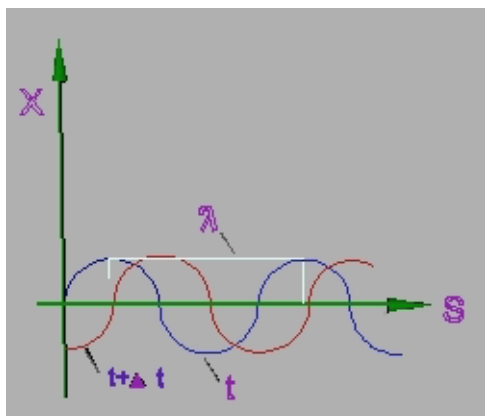
Optika, yorug'lik, yorug'lik dastalarining mustaqilligi, yorug'likning qaytish va sinish qonunlari, to'la ichki qaytish.

### Sinov savollari:

1. Optikaning predmeti va maqsadi nima?
2. Yorug'lik nima?
3. Yorug'lik to'g'risidagi tushunchalarning paydo bo'lish tarixini tushuntiring.
4. Yorug'likning asosiy qonunlarini aytib bering.
5. To'la ichki qaytish hodisasini tushuntiring.

## 2-Mavzu. Elektromagnit to'liqlar: Elektromagnit to'liqlar uchun Maksvell tenglamalar sistemasi. Elektromagnit to'liqlarning umumiy ko'rinishi va hossalari. Yassi elektromagnit to'liq tenglamasi.

To'liqlar paydo kilinishi jihatdan har xil bo'lsa xam, ularni umumlashtiruvchi konuniyatlar mavjuddir. Biror nuqtada ma'lum bir vaqtda yuz bergan jarayon biror vaqtdan keyin fazoning boshqa nuqtasiga yetib keladi, ya'ni u ma'lum bir tezlik bilan tarqaladi (1-rasm). To'liqning  $x$  yo'nalishdagi tarqalishini ko'rib chiqsak, bu  $s$  to'liqni  $x$  koordinataning va  $t$  vaqtning funksiyasi sifatida quyidagicha yozish mumkin:



1-pacm.

$$s = f(x, t) \quad (1)$$

To'liqniy harakatni ifodalovchi difrensial tenglama, ya'ni yechimi  $vt-x$  va  $vt+x$  argumentli har qanday funksiya bo'la oladi:

$$\frac{\partial^2 s}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 s}{\partial x^2} \quad (2)$$

$f$  - funksiyaning ko'rinishi ixtiyoriy bo'lishi mumkin. Sinusoidal yoki kosinusoidal funksiya bo'lgan hol alohida ahamiyatga ega ekanligini bilamiz. Bu holda

$$s = a \sin \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{x}{v} \right), \quad (3)$$

bo'ladi. Bunda  $a$  - to'liqin amplitudasi,  $T$  - davri va  $\frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{x}{v} \right)$  - fazasi deyiladi.

Ko'pincha bu tenglamani quyidagi ko'rinishda yozadilar:

$$s = a \sin (\omega t - kx) \quad (4)$$

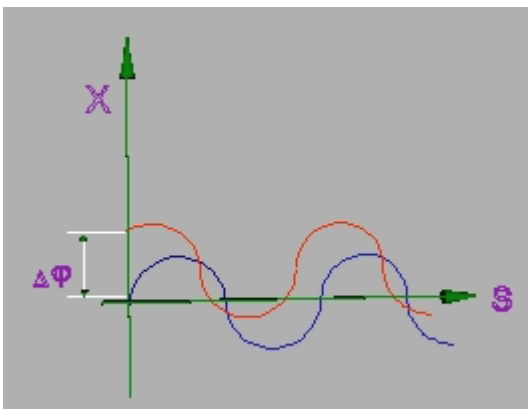
bu yerda:  $\lambda = vT$  to'liqin uzunligi,  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  -ga doiraviy chastota va  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  - ga to'liqin soni deyiladi.

Ko'p masalalarni matematik jihatdan yengillashtirish uchun trigonometrik funksiyalar o'rniga eksponensial funksiyalar kiritiladi. Buning uchun Eylerning

$$\exp(i\psi) = \cos \psi + i \sin \psi \quad (5)$$

formulasidan foydalaniladi. Bu ifodaning xaqiqiy  $\text{Re}(\exp i\psi)$  va mavhum  $\text{Im}(\exp i\psi)$  qismlari mos ravishda  $\cos \psi$  va  $\sin \psi$  trigonometrik funksiyalarni ifodalaydi.

Agar  $\psi = \omega t$  bulsa,  $a \exp(i\omega t)$  ifoda  $a$  - amplitudali va  $\omega$  - doiraviy chastotali garmonik tebranishni tavsiflaydi. Agar tebranishning boshlang'ich fazasi (2-rasm)  $\delta$  ga teng bo'lsa, u holda tebranish tenglamasi



2-rasm.

$$a \exp [i(\omega t + \delta)] = a \exp (i\delta) \times \exp (i\omega t) \quad (6)$$

ko'rinishda bo'ladi.

$$C = a \exp (i\delta) = a \cos \delta + ia \sin \delta \quad (7)$$

kompleks amplitudani unga qo'shma bulgan  $C^*$  ko'paytirsak, tebranish amplituda-sining kvadrati topiladi:

$$a^2 = CC^* = a \exp (i\delta) a \exp (-i\delta) \quad (8)$$

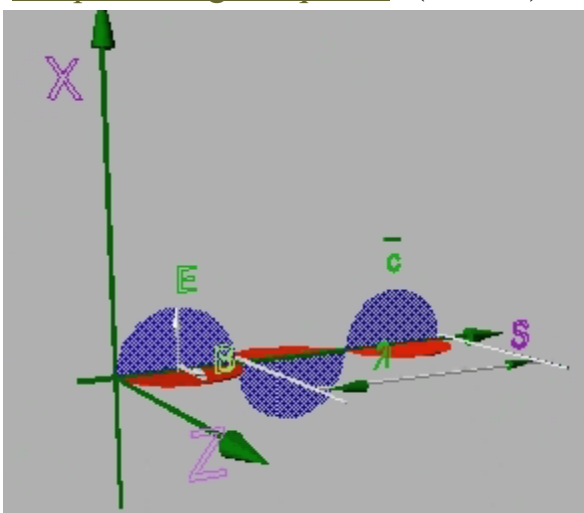
Ko'rsatkichli funksiyadan foydalanib, to'lqin tenglamasi (7) - ni quyidagicha yozishimiz

mumkin:

$$s = a \exp [i(\omega t - kx)] = a \exp (-ikx) \times \exp (i\omega t) \quad (9)$$

Bunday to'lqinga **monoxromatik to'lqin** deyiladi.

Yorug'likning elektromagnit nazariyasiga asosan u tez o'zgaruvchi elektr va magnit maydonlaridan tashkil topgan bo'lib, fazoda elektr va magnit maydon kuchlanganliklari vektorlari o'zaro tik tekisliklarda tebranadi. Elektromagnit to'lqinlarining tarqalishi (3-rasm) Maksvell tenglamalariga bo'ysunadi. Bir jinsli izotrop muhitlar uchun bu tenglamalar quyidagi ko'rinishda bo'ladi:



3-rasm.

$$\begin{aligned} c \operatorname{rot} \vec{E} &= -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}, \\ c \operatorname{rot} \vec{H} &= \varepsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \end{aligned} \quad (10)$$

Bu vektorlarning ixtiyoriy o'qdagi proyeksiyasini yozsak, tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\begin{aligned} c \frac{\partial E}{\partial x} &= -\mu \frac{\partial H}{\partial t}, \\ c \frac{\partial H}{\partial x} &= -\varepsilon \frac{\partial E}{\partial t}. \end{aligned} \quad (11)$$

Bu tenglamalarning ustida matematik o'zgartirishlarni amalga oshirib, quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} - \frac{c^2}{\varepsilon\mu} \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = 0,$$

$$\frac{\partial^2 H}{\partial t^2} - \frac{c^2}{\varepsilon\mu} \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} = 0. \quad (12)$$

**Tayanch iboralar:**

To‘lqin, yassi elektromagnit to‘lqini, to‘lqin uzunligi va tarqalish tezligi, fazasi, to‘lqin tenglamasi, to‘lqin tenglamasining kompleks ko‘rinishi.

**Sinov savollari:**

1. Yorug‘likning to‘lqin xossalarini kandy hodisalar orqali tushuntirish mumkin?
2. Elektromagnit to‘lqinlarini tavsiflovchi fizikaviy kattaliklarning tarifini ayting.
3. To‘lqin tenglamasini kompleks ko‘rinishda ifodalash qanday kulayliklarga ega?
4. Ko‘zga ko‘rinuvchi yorug‘likning chastotasi qanday oraliqqa to‘g‘ri keladi?

**3-Mavzu. Elektromagnit to‘lqin shkalasi. Yorug‘lik xodisalarining elektromagnit tabiati. Yorug‘likning vakuumda va muhitdagi tezligi. Elektromagnit to‘lqin energiyasi.**

Yorug‘likning elektromagnit nazariyasiga asosan u tez o‘zgaruvchi elektr va magnit maydonlaridan tashkil topgan bo‘lib, fazoda elektr va magnit maydon kuchlanganliklari vektorlari o‘zaro tik tekisliklarda tebranadi. Bu to‘lqinlarning tarqalishi Maksvell tenglamalari orqali ifodalanishi bizga ma’lum:

$$c \operatorname{rot} \vec{E} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t},$$

$$c \operatorname{rot} \vec{H} = \varepsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \quad (1)$$

Ixtiyoriy yo‘nalishda tarqalayotgan to‘lqin uchun yuqoridagi tenglamalarning ustida matematik o‘zgartirishlarni amalga oshirib, quyidagi ko‘rinishga keltirish mumkin:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} - \frac{c^2}{\epsilon\mu} \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = 0,$$

$$\frac{\partial^2 H}{\partial t^2} - \frac{c^2}{\epsilon\mu} \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} = 0. \quad (2)$$

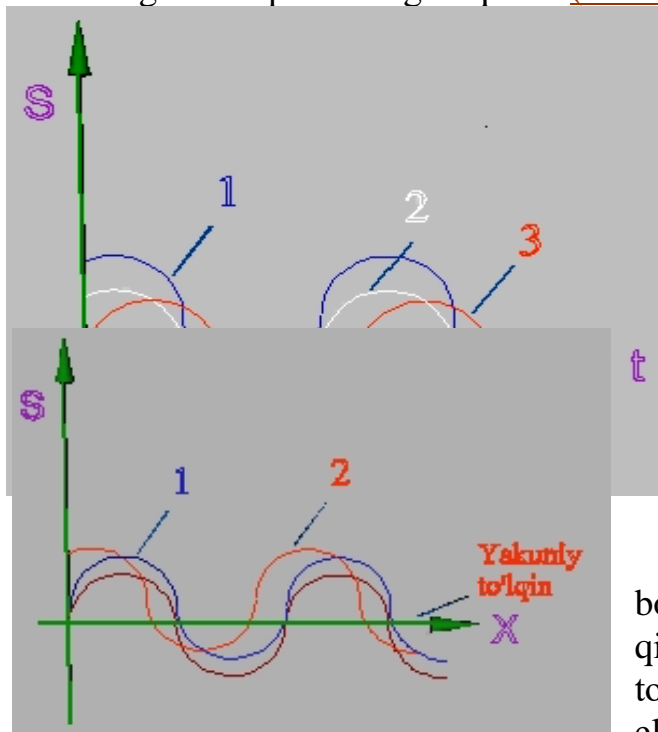
Demak, elektr va magnit maydonlari to‘lqin tarqalishini ifodalovchi bitta difrensial tenglamaga bo‘ysunadi. Bu tenglamaning eng sodda yechimi

$$E = E_0 \sin \omega \left( t \pm \frac{x}{v} \right) \quad (3)$$

ko‘rinishda bo‘ladi. Bu yerda

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} \quad (4)$$

ga teng bo‘lgandagina (3)-ifoda (2)- tenglamani qanoatlantiradi. Bu tezlik muhitda elektromagnit to‘lqinlarining tarqalish (1-rasm) tezligiga teng.



2-rasm.

Bo‘shliqda  $\epsilon = 1$  va  $\mu = 1$  bo‘lgani uchun,  $v=c$  bo‘ladi.

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\epsilon\mu} \quad (5)$$

moddaning mutloq sindirish ko‘rsatkichi deyiladi.

Har bir yorug‘likning mustaqillik xarakteriga ega bo‘lishiga sabab, turli nurlanishlarning elektr va magnit maydonlari yorug‘lik tarqalayotgan muhitga bu muhitda boshqa to‘lqinlar bor-yo‘kligiga qaramasdan ta’sir qilishidir. YA’ni, turli elektromagnit to‘lqinlari vakuumda tarqalganda ularning elektr va magnit maydonlari yo‘nalishlari, kuchlanganliklari va boshqa kattaliklari o‘zgarmaydi. Bu qonuniyat superpozitsiya

tamoyili (2-rasm) deb ataladi . Bu tamoyil o‘rinli bo‘lgan barcha hollarda fazoda bir vaqtda bir nechta elektromagnit to‘lqinlar mavjud bo‘lganda ularning elektr va magnit maydonlari kuchlanganliklari algebraik qo‘shiladi.

Har qanday real to‘lqinni bir necha monoxromatik to‘lqinlar qo‘shilishi – superpozitsiya sifatida qarash mumkin. Tushgan va qaytgan to‘lqinlar qo‘shilishi natijasida turg‘un to‘lqinlar yuzaga keladi.

Faraz qilaylik (3-rasm)

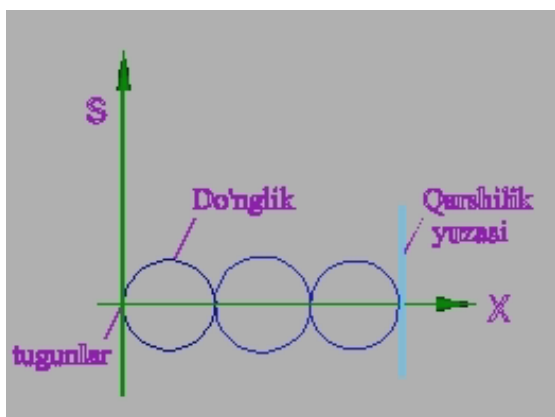
$$s_1 = a \sin (\omega t - kx) \quad (6)$$

tushayotgan va

$$s_2 = a \sin (\omega t + kx + \delta) \quad (7)$$

qaytayotgan to‘lqin tenglamasi bo‘lsin. Qaytgan to‘lqin fazasi o‘zgarishi muhimdir. Natijaviy to‘lqin bu ikkala to‘lqinlar superpozitsiyasidan iborat:

$$s = s_1 + s_2 = 2a \cos \left( kx + \frac{1}{2\delta} \right) \sin \left( \omega t + \frac{1}{2\delta} \right) \quad (8)$$



3-pacm.

ko‘rinishida bo‘ladi. Bu tenglamadan ko‘rinadiki, tebranishlar amplitudasi  $2a \cos(kx + 1/2\delta)$ -ga teng. Bu qiymat fazoning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga o‘tganda turlicha bo‘lib, sodda garmonik qonuniyat bo‘yicha o‘zgaradi. Vaqtga bog‘lik bo‘lgan ikkinchi g‘ad esa koordinataga bog‘lik bo‘lmaydi. Amplitudaning bunday garmonik funksiya orqali ifodalanishi uning ishorasi yarim to‘lqin sohasida o‘zgarmay qolishini va  $x$  – ning  $1/2 \lambda$  ga o‘zgarganda, ya‘ni bir yarim to‘lqindan ikkinchi yarim to‘lqinga

o‘tganda ishoraning qarama-qarshiga o‘zgarishini ko‘rsatadi yoki tebranish fazasi  $\pi$  ga o‘zgaradi. Turg‘un to‘lqinlarda amplitudaning nol qiymatiga mos keluvchi nuqtalar tugunlar, maksimal qiymatiga mos keluvchi nuqtalar do‘ngliklar deyiladi.

Viner (1890) yorug‘likning fotografiya emulsiyasiga ta‘sirini tadqiq qilib birinchi marta yorug‘likning turgun to‘lqinlarini hosil qildi.

Tajribalar ko‘rsatadiki, yorug‘likning fazaviy tezligi bo‘shliqda har qanday davrli to‘lqin uchun o‘zgarmas bo‘ladi. Boshqa muhitlarda esa monoxromatik to‘lqinning tarqalish tezligi uning to‘lqin uzunligiga bog‘lik bo‘ladi. Bunday muhitlarga disperslovchi muhitlar deyiladi. Har qanday real to‘lqinni ko‘p sondagi monoxromatik to‘lqinlar yig‘indisi sifatida qarashimiz mumkin, ya‘ni ixtiyoriy funksiyani kosinuslar va sinuslar to‘plami sifatida qarash mumkin. Buni Furiye kiritgan. Furiye teoremasiga asosan dastlabki funksiya  $T$  davrli davriy bo‘lsa, u holda qo‘shiluvchi sinuslar va kosinuslar davri xam  $T$  ga sodda karrali bo‘ladi:  $1/2 T$ ,  $1/3 T$ ,  $1/4 T$ , ... Bunga Furiye qatori deyiladi. Agar funksiya davriy bo‘lmasa Furiye integrallari ko‘rinishida tasvirlanadi.

Furye qatoridan foydalanib to‘lqinni monoxromatik to‘lqinlar to‘plami ko‘rinishida tasvirlash va uning dispersiyalovchi muhitda ham tarqalishini o‘rganishimiz mumkin.

### **Tayanch iboralar:**

Elektromagnit to‘lqinlari uchun Maksvell tenglamalari, to‘lqin tugunlari va do‘ngliklar, Yorug‘lik tezligi, superpozitsiya tamoyili, Furye qatori va integrallari.

### **Sinov savollari:**

1. Yorug‘lik to‘lqinlari uchun Maksvell tenglamalarini yozing.
2. Monoxromatik to‘lqin nima?
3. To‘lqinlar superpozitsiya tamoyilini tushuntiring.
4. Elektromagnit to‘lqinlari uchun Furye yoyilmasining ma’nosini tushuntiring.

## **4-Mavzu. Elektromagnit to‘lqinlarning tarqalishi, sinishi va qaytishi. Elektromagnit to‘lqinlarning ikki muhit chegarasiga qaytishi va sinishi. Yorug‘likning to‘la ichki qaytishi va Bryuster burchagi.**

Umumiy holda, V-xajmni to‘ldirgan elektromagnit maydonning to‘liq energiyasi

$$W = \frac{1}{8\pi} \int_V (\varepsilon E^2 + \mu H^2) dV \quad (1)$$

ga teng bo‘ladi.

Agar,  $\varepsilon E^2 = \mu H^2$  e’tiborga olsak, (1) – ifodani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$W = \frac{1}{4\pi} \int_V \varepsilon E^2 dV = \frac{1}{4\pi} \int_V \mu H^2 dV \quad (2)$$

Nurlanish quvvati energiyadan vaqt bo‘yicha olingan hosilaga teng:

$$P = - \frac{\partial W}{\partial t} \quad (3)$$

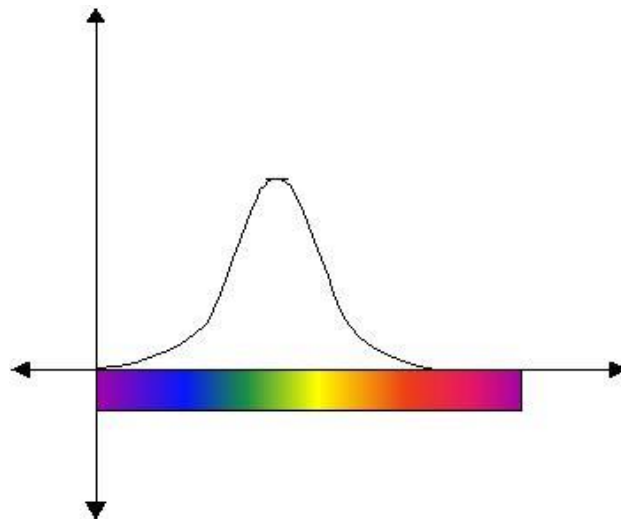
Birlik sirdan oqib o‘tayotgan energiya oqimi Umov-Poynting vektori orqali aniqlanadi:

$$\vec{S} = \frac{c}{4\pi} \left[ \vec{E} \times \vec{H} \right] \quad (4)$$

Oqim energiyasining to'liq uzunliklar bo'yicha taqsimlanishini quyidagi funksiya orqali ifodalash mumkin:

$$\varphi(\lambda) = \frac{d\Phi}{d\lambda} \quad (5)$$

bu yerda  $d\Phi$  - energiyaning  $\lambda$  va  $\lambda + d\lambda$  oraliqidagi to'liq uzunliklariga mos keluvchi oqimidir. Odam ko'zining har xil to'liq uzunlikdagi yorug'likni sezishi ko'rinish funksiyasi  $V(\lambda)$  yordamida aniqlanadi. Yorug'lik intensivligini uning ko'rish sezgisini uyg'otish xususiyati bilan tavsiflash uchun yorug'lik oqimi deb ataluvchi  $F$  kattalik kiritiladi (1-rasm).



1-rasm.

$$\Phi = \int_0^{\infty} V(\lambda) \varphi(\lambda) d\lambda \quad (6)$$

Demak, yorug'lik oqimi ko'rish sezgisi bilan baholanadigan nuriy energiya oqimidir.

Yorug'likning modda bilan o'zaro turli ta'sirlari orasida uning bosimga ega ekanligi xam alohida ahamiyatga egadir. Yorug'likning bosimi to'g'risidagi g'oyani Kepler aytgan bo'lib, kometalar dumining hosil bo'lishiga sabab shudir deb aytgan. Keyinchalik Kruks, Franklin, Yung, Maksvell va boshqalar yorug'likning bosimi mavjud bo'lishi kerakligini ko'rsatib o'tganlar.

Agar sirtning yorug'likni kaytarish koeffitsiyenti  $r$  -ga teng bo'lsa va  $1 \text{ cm}^2$  yuzaga 1 s da normal tushayotgan energiyani  $E$  bilan belgilasak, yorug'lik bosimi

$$p = \frac{E}{c} (1 + \rho) \quad (7)$$



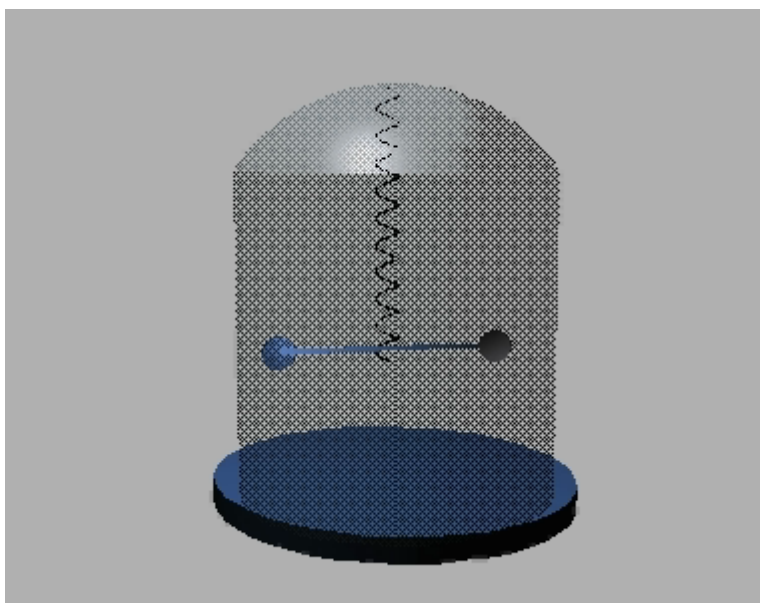
ifoda bilan aniqlanadi.

Yorug'likning kvant nazariyasi yaratilgandan keyin yorug'likning bosimini fotonlar impulsining yutuvchi yoki qaytaruvchi sirtga uzatilishi natijasi deb talqin qilinadi. N-1 cm<sup>2</sup> sirtga 1s da YE energiyani olib keluvchi n-chastotali yorug'likdagi fotonlar soni bo'lsa, ular tomonidan sirt birligiga uzatiladigan impuls

$$(1 - \rho)N \frac{h\nu}{c} + 2\rho N \frac{h\nu}{c} = N \frac{h\nu}{c} (1 + \rho) = \frac{E}{c} (1 + \rho) \quad (8)$$

ga teng bo'ladi. Bu yorug'likning to'liq nazariyasi bilan olingan ifodaga to'g'ri keladi.

1909 yilda P.N.Lebedev birinchi bo'lib yorug'likning bosimini tajribada o'lchadi. Lebedev tajribasi 2-rasmda ko'rsatilgan.



**2-rasm.**

Lebedev o'lchashlarida olingan natijalar Maksvell hisoblab topgan yorug'lik bosimining qiymatiga (20 foiz aniqlikda) mos kelgan. 1923 yilda Gerlax Lebedev tajribasini takomillashgan holda takrorladi va nazariya bilan juda yaxshi mos keladigan natijalarga erishdi.

Yorug'lik bosimi mavjudligi koinotda yuz beradigan qator hodisalarni tushuntirib berishga yordam beradi. Masalan, kometalar quyruq'ining paydo bo'lishi, yulduzlarning chegaraviy o'lchamlari to'g'risidagi masalani hal qilishda va boshqa astronomik hodisalarni to'g'ri talqin qiladi.

### **Tayanch iboralar:**

Yorug'lik oqimi, energiyasi, energiya zichligi, quvvati, bosimi, Lebedev tajribasi.

### **Sinov savollari:**

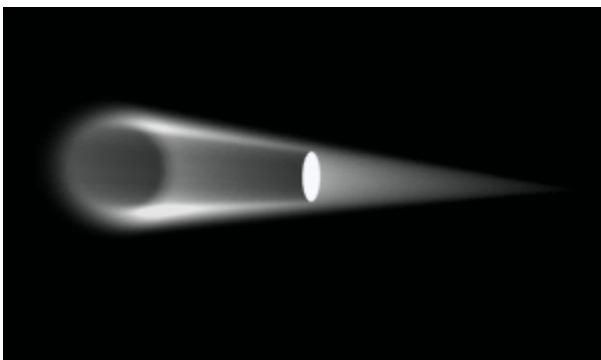
1. Yorug'lik oqimi nima?
2. Yorug'likning energiyasi va quvvati formulalarini yozing.
3. Yorug'lik bosimining yuzga kelishi sababini to'liq va korpuskulyar nazariya orqali

tushuntirib bering.

4. Lebedev tajribasida konveksion hodisalar qanday usulda bartaraf qilinadi?
5. Yorug'lik bosimi qanday astronomik hodisalarni tushuntirishga yordam beradi?

### 5-Mavzu. Ferma prinsipi. Qaytgan va singan nurlarning intensivliklari. Frenel tenglamalari. Frenel biqizmasi yordamida yorug'lik interferensiyasini kuzatish.

Yorug'lik kuchi. Yorug'lik manbai nurlanishining birlik fazoviy burchak ostida tarqatayotgan yorug'lik oqimiga yorug'lik kuchi deyiladi (1-rasm).



1-pacm.

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (1)$$

Agar yorug'lik kuchi yo'nalishga bog'liq bo'lmasa bunday manbalarga izotrop manbalar deyiladi. Bunday manbalar uchun

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} \quad (2)$$

buladi. Yorug'lik kuchi birligi - *kandela (kd)*. U platinaning erish temperaturasidagi (2046,6 K)  $1/60 \text{ sm}^2$  yuzidan normal

yo'nalishda chiqayotgan yorug'lik kuchining  $1/60$  qismiga teng. Bundan tashkari - *sham (shm)* o'lchov birligidan ham foydalaniladi.  $1 \text{ shm} = 1,005 \text{ kd}$  ga teng.

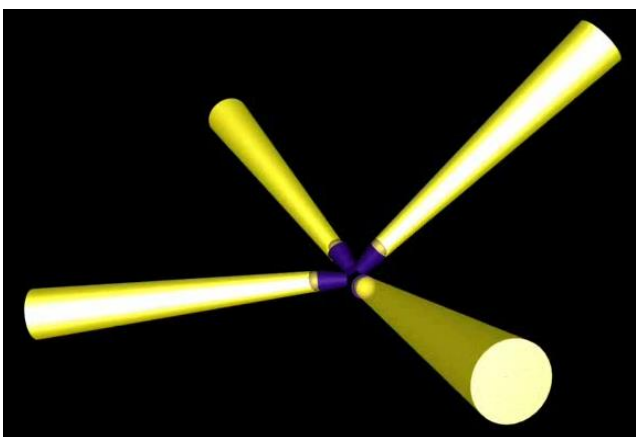
Yorug'lik oqimining o'lchov birligi sifatida *lyumen (lm)* dan foydalaniladi (2-rasm).

$$1 \text{ lm} = 1 \text{ kd} * 1 \text{ ster}$$

To'lqin uzunligi  $\lambda = 0,555 \text{ mk}$  bo'lgan yorug'likdan hosil bo'ladigan  $1 \text{ lm}$  oqimga  $0,0016 \text{ vt}$  energiya oqimi to'g'ri kelishi tajribalardan aniqlangan.

$$A = 0,0016 \text{ vt/lm}$$

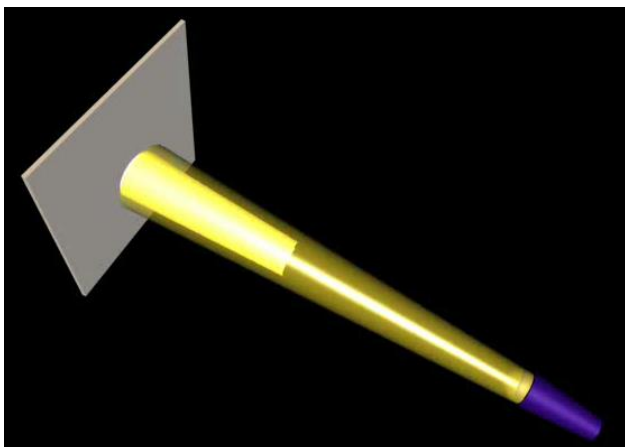
kattalik *yorug'likning mexanikaviy ekvivalenti* deyiladi.



2-pacm.

yoritilganlik deyiladi (3-rasm).

Yoritilganlik. Biror sirtning birlik yuzasiga tushayotgan yorug'lik oqimiga



3-rasm.

$$E = \frac{d\Phi_{\text{yuz}}}{dS} \quad (3)$$

Nuqtaviy yorug'lik manbai hosil qiladigan YE yoritilganlik yorug'lik kuchi  $I$ , sirdan manbagacha bo'lgan masafa  $r$  va sirtning  $n$  normali bilan manba tomon yo'nalish orasidagi burchak  $\alpha$  bilan quyidagicha bog'langan:

$$E = - \frac{I \cos \alpha}{r^2} \quad (4)$$

Yoritilganlik birligi *lyuks (lk)* 1 *lm* oqimning 1  $m^2$  sirt bo'yicha tekis hosil qiladigan yoritilganligiga teng.

Yorituvchanlik. Manbaning yorituvchanligi deb birlik yuzasidan hamma tarafga sochilayotgan yorug'lik oqimiga aytiladi (4-rasm):



4-rasm.

$$R = \frac{d\Phi_{\text{sov}}}{dS} \quad (5)$$

Yorituvchanlik birligi yoritilganlikdek 1  $lm/m^2$  larda o'lchanadi.

Ravshanlik.

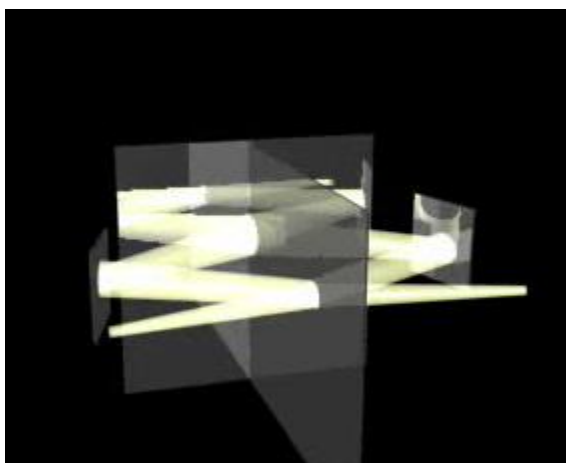
Yorug'likning berilgan yo'nalish bo'yicha sochilayotgan yorug'lik oqimiga ravshanlik deyiladi. Ravshanlik  $\Delta S$  yuzachaning berilgan yo'nalishdagi yorug'lik kuchining  $\Delta S$  yuzachaning o'sha yo'nalishga tik tekislikdagi proyeksiyasiga nisbati bilan aniqlanadi.

$$B = \frac{d\Phi}{d\Omega \Delta S \cos \theta} \quad (6)$$

Ravshanligi yo'nalishga bog'liq bo'lmagan manbalarga *Lambert manbalari* yoki *kosinusli manbalar* (bunday manba sirtining elementi tarqatayotgan oqim  $\cos \theta$  ga proporsional) deyiladi. Bunday manbalar uchun quyidagi munosabat o'rinli:

$$R = \pi B \quad (7)$$

Ravshanlik birligi -  $kd/m^2$ .



5-rasm.

Yorug'lik manbalarining kattaliklarini taqqoslash yo'li bilan aniqlash uchun ishlatiladigan asboblarga fotometrlar deyiladi (5-rasm). Fotometrlar ikki xil bo'ladi: **1.** Vizual - ko'z bilan ko'rib taqqoslashga asoslangan.

2. Obyektiv - asboblardan ko'rsatkichiga qarab aniqlash.

Yutuvchi pona, teshikli aylanuvchi disk, ikki qutblovchi prizmalar tizimi, Lyummer-Brodxon fotometri, Ulbrextning sharsimon fotometri va boshqalarning ishlashi yorug'lik manbalarining kuchi, sirtlarning yoritilganliklarini ko'z bilan taqqoslashga asoslangan. Obyektiv fotometrlarda fotoelementlar, fotoko'paytirgichlar, fotoqarshiliklar, bolometrlar va termoparalardan foydalaniladi.

Fotometrlarda etalon - yorug'lik kuchi aniq bo'lgan yorug'lik manbaining biror sirtida hosil qilgan yoritilganligi yorug'lik kuchi aniqlanishi kerak bo'lgan yoritgich hosil qiladigan yoritilganlik bilan solishtiriladi.

$I_1$  va  $r_1$  lar etalon lampaning yorug'lik kuchi va lampadan sirtgacha bo'lgan masofa:  $I_2$  va  $r_2$  - noma'lum lampa uchun yuqoridagi kattaliklar bo'lsa:

$$I_2 = I_1 \left( \frac{r_2}{r_1} \right)^2 \quad (8)$$

ifoda orqali talab qilinayotgan yorug'lik kuchi aniqlanadi.

### Tayanch iboralar:

Yorug'lik kuchi, yoritilganlik, yorituvchanlik, ravshanlik, fotometriya, yorug'likning mexanikaviy ekvivalenti, fotometrlar, Lyummer-Brodxon fotometri.

### Sinov savollari:

1. Yorug'lik kuchi nima?
2. Yorug'likning mexanikaviy ekvivalenti deganda nimani tushunasiz?
3. Yorug'lik kuchi birligi - *kandela* etaloni nimaga teng?
4. Izotrop manbalar deb qanday manbalarga aytiladi?
5. Yorug'lik kattaliklarini vizual va obyektiv aniqlash usullari nimalardan iborat?
6. Lyummer-Brodxon fotometrining ishlash prinsipini tushuntiring.

## 6-Mavzu. Yorug'lik dispersiyasi. Normal va anomal dispersiya. Yorug'lik dispersiyasining klassik nazariyasi.

Fazoda ma'lum bir yunalishda, masalan  $x$  - o'qi bo'yicha tarqalayotgan elektromagnit to'liqini quyidagi tenglamalar yordamida ifodalash mumkin:

$$\begin{aligned} E &= E_0 \cos(at - kx + \alpha) \\ H &= H_0 \cos(at - kx + \alpha) \end{aligned} \quad (1)$$

bu yerda:  $YE_0$  va  $H_0$  lar mos ravishda elektr va magnit maydon kuchlanganligi vektorlarining amplituda qiymatlari;  $\alpha$  - tebranishning boshlangich fazasi. Yorug'likning ko'p ta'sirlarida uning elektr tashkil qiluvchisining hissasi juda katta bo'lganligi uchun biz bundan keyin yorug'lik deganda asosan uning elektr tebranishlarini ko'zda tutamiz.

Yorug'lik vektorining amplitudasi modulini  $A$  - harfi bilan belgilaymiz. U vaqtda yorug'lik to'lqini tenglamasi

$$A \cos[at - kx + \alpha] \quad (2)$$

ko'rinishda ifodalanadi.

Faraz kilaylik, fazoda bir xil chastotali ikkita to'lqin

$$\begin{aligned} A_1 \cos(at - kx + \alpha_1) \\ A_2 \cos(at - kx + \alpha_2) \end{aligned} \quad (3)$$

qo'shib qandaydir g'alayonlanishni yuzaga keltirayotgan bo'lsin. Natijaviy to'lqin amplitudasi quyidagiga teng bo'ladi

$$A = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1) \quad (4)$$

Agar to'lqinlar hosil qilgan tebranishlarning fazalar farqi  $\alpha_2 - \alpha_1$  vaqt o'tishi bilan o'zgarmasa bunday to'lqinlarga *kogerent* to'lqinlar deyiladi.

Agar manba kogerent bo'lmasa fazalar farqining vaqt bo'yicha o'zgarishi ixtiyoriy bo'lar edi va  $\cos(\alpha_2 - \alpha_1)$  ning o'rtacha qiymati nolga teng bo'lar edi. U vaqtda natijaviy to'lqin intensivligi har bir to'lqin intensivliklarining algebraik yig'indisiga teng bo'ladi.

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 \quad (5)$$

yoki

$$I = I_1 + I_2$$

Agar to'lqinlar kogerent bo'lsa  $\cos(\alpha_2 - \alpha_1)$  ning qiymati vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi (lekin fazoning har bir nuqtasi uchun o'zining anik bir qiymatiga ega bo'ladi). Natijaviy to'lqin intensivligi esa:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2} \cos(\alpha_2 - \alpha_1) \quad (6)$$

ga teng bo'ladi. Bu ifodadan ko'rinadiki natijaviy to'lqin intensivligi fazalar farqining qiymatiga bog'liqdir. Shunday qilib, fazoda kogerent to'lqinlarning qo'shilishi natijasida energiyaning kayta taqsimlanishi yuzaga keladi. Bu hodisaga *yorug'likning interferensiyasi* deyiladi.

Birinchi to'lqin  $S_1$  va ikkinchi to'lqin  $S_2$  yo'lni bosgan bo'lsa,  $P$  nuqtada hosil bo'lgan natijaviy to'lqin fazalar farqi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\delta = \omega \left( \frac{s_2}{v_2} - \frac{s_1}{v_1} \right) = \frac{\omega}{c} (n_2 s_2 - n_1 s_1) \quad (7)$$

$\Delta = n_2 s_2 - n_1 s_1 = L_2 - L_1$  ga to'liqlarning optikaviy yo'llar farqi deyiladi. Bu vaqtda fazalar farqi

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \quad (8)$$

Agar optikaviy yo'llar farqi juft sondagi yarim to'liqin uzunligiga karrali bo'lsa, ya'ni

$$\Delta = \pm 2k \frac{\lambda}{2} = \pm k\lambda \quad (9)$$

bo'lsa  $\delta$  fazalar farqi  $2\pi$  ga karrali bo'ladi va ikkala to'liqlarning xam  $R$  nuqtadagi fazasi bir xil bo'ladi. Qo'shiluvchi to'liqlar bir-birini kuchaytiradi. (9) - shart interferensiyaning maksimum sharti deyiladi.

Agar  $\Delta$  tok sondagi yarim to'liqin uzunligiga karrali bo'lsa, ya'ni

$$\Delta = \pm (2k + 1) \frac{\lambda}{2} = \pm \left( k + \frac{1}{2} \right) \lambda \quad (10)$$

bo'lsa,  $\delta = \pm (k2\pi + \pi)$  bo'ladi. To'liqlar  $R$  nuqtaga karama-karshi faza bilan yetib keladi va bir-birini so'ndiradi. (10) - shart interferensiyaning minimum sharti deyiladi.

### **Tayanch iboralar:**

Interferensiya, kogerentlik, fazalar farqi, optik yo'llar farqi, interferensiyaning maksimum va minimum shartlari.

### **Sinov savollari:**

1. Yorug'lik superpozitsiya tamoyilining ko'llanish chegarasini ayting.
2. Yorug'likning interferetsiyasi deb qanday hodisaga aytiladi?
3. Kogerentlik nima?
4. Qachon yorug'liklarning qo'shilishi natijasida intensivlik kuchayadi va qachon susayadi?
5. Natijaviy to'liqin fazasi qanday kattaliklarga bog'liq bo'ladi?
6. Optik yo'l yurish farqi 1 ga teng bo'lgan to'liqlar qo'shilganda energiya taqsimoti qanday bo'ladi?

**7- Mavzu. Yorug'lik bosimi va elektromagnit to'lqin impulsi. Elektromagnit to'lqinlarni dielektriklarda tarqalishi. Kompleks sindirish ko'rsatkichi. Elektromagnit to'lqining superpozitsiyasi (maksimum, minimum shartlari).**

Ikita bir xil davrli to'lqinlarning fazoda qo'shilishi natijasida kuzatishlar uchun yetarlicha  $\tau$  vaqt davomida tebranishlarning fazalar farqi o'zgarmay tursa, natijaviy tebranishning o'rtacha energiyasi dastlabki tebranishlarning o'rtacha energiyalari yig'indisidan farq kiladi va fazalar farqining qiymatiga qarab katta yoki kichik bo'lishi mumkin. Bunday to'lqinlarga kogerent to'lqinlar deyiladi. Fazoning ixtiyoriy ikki  $R_1$  va  $R_2$  nuqtalarida yuz berayotgan yorug'lik tebranishlari quyidagicha bo'lsin:

$$\begin{aligned}\xi_1(P_1, t) &= A_1(P_1, t) \cos[\omega t + \alpha_1(P_1, t)], \\ \xi_2(P_2, t) &= A_2(P_2, t) \cos[\omega t + \alpha_2(P_2, t)]\end{aligned}\quad (1)$$

Tebranish amplitudalari  $A_1(P_1, t)$  va  $A_2(P_2, t)$  larni va fazalari  $\alpha_1(P_1, t)$  va  $\alpha_2(P_2, t)$  larni vaqtning tasodifiy funksiyalari deb hisoblaymiz. Ixtiyoriy mutlaqo rasman quyidagi kattaliklarni kiritamiz:

$$\begin{aligned}c_{12}(\tau) &= \left[ A_1^2(P_1) A_2^2(P_2) \right]^{-\frac{1}{2}} \times \\ &\times \overline{A_1(P_1, t) A_2(P_2, t + \tau) \cos[\alpha_2(P_2, t + \tau) - \alpha_1(P_1, t)]}; \\ s_{12}(\tau) &= \left[ A_1^2(P_1) A_2^2(P_2) \right]^{-\frac{1}{2}} \times \\ &\times \overline{A_1(P_1, t) A_2(P_2, t + \tau) \sin[\alpha_2(P_2, t + \tau) - \alpha_1(P_1, t)]}\end{aligned}\quad (2)$$

Ulardan quyidagi kombinatsiyalarni tuzamiz:

$$\begin{aligned}\gamma_{12}(\tau) &= \sqrt{c_{12}^2(\tau) + s_{12}^2(\tau)}, \\ \operatorname{tg} \psi_{12}(\tau) &= s_{12}(\tau) / c_{12}(\tau)\end{aligned}\quad (3)$$

Bu yerda  $\gamma_{12}(\tau)$  - kattalik ikkala to'lqinlarning interferensiyalashish qobiliyatining o'lchovidir yoki bir-biridan  $\tau$  qadar farqlanuvchi turli paytlarda  $R_1$ ,  $R_2$  nuqtalaridagi yorug'lik tebranishlari kogerentligini aniqlaydi.

Agar  $R_1$  va  $R_2$  nuqtalar ustma-ust tushsa tebranishlar fakat yuz beradigan vaqti bilan farqlanadi. Bu holda gap tebranishlarning *vaqt buyicha kogerentligi* haqida boradi.

Agar  $t$  va  $t+\tau$  paytlar bir xil ( $\tau = 0$ ), lekin  $R_1$  va  $R_2$  nuqtalar turlicha bo'lsa, tebranishlarning *fazoviy kogerentligi* to'g'risida gapiriladi.

Ikki tirqishdan bo'ladigan interferensiyaning Yung taklif kilgan sxemasidan yulduzlarning chiziqli va burchakli o'lchamlarini aniqlashda foydalaniladi. Bunday

o'lchash tamoyilini 1868 yilda Fizo o'rtaga tashlagan edi. 1890 yilda Maykelson bu usulni takomillashtirdi va 1920 yilga kelib bu asbobni yasadi va uning yordamida ba'zi bir yulduzlarning diametrini o'lchadi.

Ikki yulduz bir-biridan  $\theta$  burchakli masofada joylashgan bo'lib, bu burchak shunchalik kichik bo'lsinki, uni teleskop fokal tekisligida ajratib bo'lmasin. Teleskopning obyektivini oralaridagi masofasi  $D$  bo'lgan ikkita tirqishli to'siq bilan berkitsak, bu ikkita tirqishdan chiqayotgan nurlar interferensiyasi kuzatiladi. Ikki manbadan hosil bo'lgan interferensiyon tasmlar tizimi bir-biriga nisbatan  $\theta$  masofaga siljigan bo'ladi.

Bitta tizimga mos keluvchi markaziy tasma va unga qo'shni bo'lgan keyingi tasma orasidagi burchak  $\varphi$  - ga teng bo'ladi. Bu burchak  $D \sin\varphi = \lambda$  yoki  $\varphi = \lambda / D$  shartlardan aniqlanadi. Tirqishlar orasidagi masofa  $D$  - ni uzgartirib,  $\varphi$  - burchakni o'zgartirish mumkin.  $\varphi = 2D$  bo'lganda, ya'ni bir tizimning maksimumiga ikkinchi tizimning minimumi to'g'ri kelganda tasmlar yuqoladi. Shunday qilib berilgan to'lqin uzunligi uchun izlanayotgan burchakli masofa  $\theta = \lambda / 2D$  shartdan aniqlanadi.

1920 yilda Maykelson qo'shloq Kapella yulduzining burchakli masofasi  $0,042^0$  ga tengligini o'lchadi. O'sha yili Maykelson gigant yulduzlar turkumiga kiruvchi Betelgeyze yulduzining diametrini o'lchadi. U  $0,047^0$  ga teng bo'lgan. Tajribalardan bu yulduzning chiziqli diametri  $3,9 \cdot 10^8$  km ekanligi aniqlangan (solishtirish uchun Quyoshning diametri  $1,4 \cdot 10^6$  km ga teng).

1958 yilda Braun va Tvisslar aniqligi  $0,0005'$  ga teng bo'lgan yulduz interferometrlarini yaratishdi.

### **Tayanch iboralar:**

Kogerent to'lqinlar va manbalar, fazoviy va vaqt bo'yicha kogerentlik, yulduz interferometrlari.

### **Sinov savollari:**

1. Qanday to'lqinlarga kogerent to'lqinlar deyiladi?
2. Fazoviy kogerentlik nima?
3. Vaqt buyicha kogerentlik deganda nimani tushunasiz?
4. Yulduz interferometrlarining ishlash prinsipini tushuntiring.



## 8- Mavzu. Yorug'lik interferentsiyasi. InterferentsiY. Kogerent to'lqinlar va ularning qoshilishi. Optik yo'llar farqi va fazalar farqi.

Yorug'lik to'lqinlarining interferensiyasini ikki xil manbadan kelayotgan nurlarni qo'shish natijasida hosil qilib bo'lmaydi. Chunki bunda manbalardan kelayotgan nurlar (hatto bir manbaning turli nuqtalaridan kelayotgan nurlar xam) monoxromatik bo'lmaydi. Faqatgina lazerlar bundan istisno. Demak interferensiyani kuzatishda asosiy qiyinchilik monoxromatik kogerent manbalarni yuzaga keltirishdir. Buning ko'p turlari mavjud. Masalan, to'lqin frontini bo'lish asosida yuzaga keladigan interferentsiY. Gyuygens (1690y.) yorug'lik to'lqinlarining tarqalishini o'zining nomi bilan ataluvchi tamoyil orqali tushuntirdi. **Gyuygens tamoyili** quyidagicha: *yorug'lik to'lqini fronti yetib kelgan fazoning har bir nuqtasi ikkilamchi yorug'lik manbaiga aylanadi. Bu ikkilamchi to'lqinlarning o'ramasi bo'lgan sirt to'lqin frontining xaqiqiy o'rnini belgilaydi.*

Interferensiyani kuzatish uchun **Yung quyidagi usulni taklif qilgan:** Yorug'lik to'lqini tarkalish yunalishiga tik tekislikda bir-biridan d-masofada joylashgan ikkita tirqishga ega bo'lgan to'siq quyiladi. Gyuygens tamoyiliga asosan bu ikkala nuqtaga yetib kelgan to'lqin fronti ikkilamchi manbalarni yuzaga keltiradi. Bu nurlar to'siqdan l-masofada joylashgan ekranning R nuqtasida interferension manzarani yuzaga keltiradi. Silindrik to'lqinlar uchun bu manzara ketma-ket joylashgan yorug' va xira to'g'ri chiziqli tasmalar ko'rinishida bo'ladi. Bu tasmalar kengligini quyidagicha aniqlaymiz. Ekrandagi nuqtalar o'rnini  $S_1$  va  $S_2$  chiziqlarga tik yunalishda o'lchanadigan x koordinata bilan tavsiflaymiz. Hisob boshini  $S_1$  va  $S_2$  ga nisbatan simmetrik joylashgan O nuqtada tanlab olamiz. Manbalar bir xil fazada tebranadi deb hisoblaymiz.

Rasmdan foydalanib quyidagi ifodalarni yozishimiz mumkin:

$$\begin{aligned} s_1^2 &= l^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2 \\ s_2^2 &= l^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2 \end{aligned} \quad (1)$$

bundan

$$s_2^2 - s_1^2 = (s_2 + s_1)(s_2 - s_1) = 2xd \quad (2)$$

Ko'zga yaqqol ko'rinadigan interferension manzarani hosil qilish uchun manbalar orasidagi d masofa ekrangacha bo'lgan l masofadan ko'p marta kichik bo'lishi kerak. Bu vaqtda interferension tasmalar hosil bo'ladigan sohaning kattaligini ko'rsatuvchi x masofa xam l dan kichik bo'ladi. Shu shartlar bajarilganda  $s_2 - s_1 \approx 2l$  deb hisoblash mumkin. Sindirish ko'rsatkichi  $n = 1$  bo'lgan muhitda

$s_2 - s_1$  ayirma optik yo'llar farqi  $\Delta$  ni beradi. Demak,

$$\Delta = \frac{xd}{l} \quad (3)$$

deb hisoblash mumkin. Intensivlikning maksimumi va minimumlari  $x$  ning quyidagi qiymatlarida kuzatiladi:

$$\begin{aligned} x_{\max} &= \pm k \frac{l}{d} \lambda (k = 0, 1, 2, \dots) \\ x_{\min} &= \pm \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{l}{d} \lambda (k = 0, 1, 2, \dots) \end{aligned} \quad (4)$$

Intensivlikning ikkita ko'shni minimumlari orasidagi masofa *interferension tasmaning kengligi* deyiladi. U quyidagiga teng bo'ladi

$$\Delta x = \frac{l}{d} \lambda \quad (5)$$

Bu formuladan ko'rinadiki, manbalar orasidagi  $d$  masofa kamaygan sari tasmalar orasidagi masofa orta boradi. Bu masofani o'lchab,  $l$  va  $d$  ni bilgan holda  $\lambda$  ni hisoblab topish mumkin.

### **Tayanch iboralar:**

Interferension tuzilmalar, Gyuygens tamoyili, ikki nurli interferensiya, Yung tuzilmasi.

### **Sinov savollari:**

1. Interferensiya yuzaga kelishining asosiy shartlari nimalardan iborat?
2. Qanday interferension tuzilmalarni bilasiz?
3. Ikki nurli interferensiyaning boshqa turlardan afzalligi nimada?
4. Gyuygens tamoyilining fizikaviy ma'nosi va undan kelib chiqadigan xulosalarni ayting.
5. Yung tuzilmasida interferensiya qanday kuzatiladi?

## **9- Mavzu. Yorug'lik interferensiyasi: Yung usuli, Frenelning bikuzgu, bilinza va biprizma usullari.**

Interferension tajribalarda bitta yorug'lik manbaining ikki tasvirini beradigan moslamalar yordamida ikki kogerent to'liqlar manbai hosil qilinadi. Bunda ko'pincha

yorug'likning qaytish va sinishidan foydalaniladi. Mana shunday usullardan Biye linzalari, Frenel biko'zgusi va biprizmalarida interferensiyani kuzatishni ko'rib o'tamiz.

Frenel ko'zgulari. Bir-biriga yaqin burchak ostida joylashtirilgan ikkita yassi ko'zgular (qaytaruvchi sirlari orasidagi burchak  $180^0$  ga yaqin) yordamida hosil qilingan interferension sxema quyidagicha: Ko'zgulardan  $r$  – masofada  $S$  yorug'lik manbai joylashtiriladi.  $S$  manbaning ikkala ko'zgudagi mavhum tasvirlari kogerent manbalar vazifasini bajaradi. OQ nur SO nurning OM ko'zgudan qaytishidir. OP nur esa bu nurning ON ko'zgudan qaytishidir. OP va OQ nurlar orasidagi burchak  $2\alpha$  ga teng. Rasmdan  $S_1$  va  $S_2$  manbalar orasidagi masofa quyidagiga tengligi kelib chikadi:

$$d = 2r \sin \alpha \approx 2r\alpha \quad (1)$$

Mavhum manbalardan ko'zgular kesishish tekisligigacha bo'lgan masofa  $a = r \cos \alpha \approx r$  ga teng .

Demak,  $l = r + b$  bo'ladi. Hosil bo'lgan interferension tasmalar kengligi quyidagiga teng:

$$\Delta x = \frac{l}{d} \lambda = \frac{r+b}{2r\alpha} \lambda \quad (2)$$

Interferensiya kuzatiladigan PQ sohaning eni  $2btg\alpha \approx 2b\alpha$  . Kuzatilayotgan interferension tasmalar sonini topish uchun bu masofani tasmalar kengligiga bo'lamiz:

$$N = \frac{4\alpha^2 br}{\lambda(r+b)} \quad (3)$$

Frenel biprizmasi. Sindirish burchagi  $\theta$  kichik bo'lgan bitta asosga ega

bo'lgan ikkita prizmadan iborat. Prizmadan  $a$  masofada  $S$  yorug'lik manbai joylashtiriladi. Prizma hamma nurlarni bir xil  $\alpha = (n-1)\theta$  burchakka og'diradi. Ikkala prizmadan sinib o'tgan nurlar  $S$  manbaning  $S_1$  va  $S_2$  mavhum tasvirlarini hosil kiladi. Bu manbalar  $S$  manba bilan bir tekislikda yotadi. Manbalar orasidagi masofa quyidagiga teng:

$$d = 2a \sin \alpha \approx 2a\alpha = 2a(n-1)\theta \quad (4)$$

Manbadan ekrangacha bo'lgan masofa  $l=a+b$  bo'lgani uchun, interferension tasma kengligi quyidagicha topiladi:

$$\Delta x = \frac{a+b}{2a(n-1)\theta} \lambda \quad (5)$$

Kuzatilayotgan tasmalar soni

$$N = \frac{PQ}{\Delta x} = \frac{4ab(n-1)^2 \theta^2}{\lambda(a+b)} \quad (6)$$

Yassi plastinkalarda interferensiya. Yassi-parallel plastinkaga yorug'lik dastasi tushayotgan bo'lsin. Plastinka ikkala sirtidan yorug'likning qaytishi tufayli kogerent manbalar hosil bo'ladi va ular interferensiyalanadi. 1 va 2 nurlarga tik qilib AV tekislik o'tkazamiz. Rasmdan 1 va 2 nurlarning optikaviy yullar farqi  $\Delta = nS_2 - S_1$  bo'ladi. Rasmdan

$$S_1 = 2btg i_2 \sin i_1, S_2 = 2b / \cos i_2$$

$$\Delta = \frac{2bn}{\cos i_2} - 2btg i_2 \sin i_1 \quad (7)$$

Matematik almashtirishlardan va yorug'likning sinish qonunidan foydalanib bu ifodani quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$\Delta = 2b\sqrt{n^2 - \sin^2 i_1} \quad (8)$$

1 va 2 nurlarning tebranishlar faza farqini hisoblashda ularning yo'l yurish farqlaridan tashqari, optikaviy zichligi kattaroq bo'lgan muhitni optikaviy zichligi kichikroq bo'lgan muhitdan ajratib turuvchi sirtidan yorug'likning qaytishida fazasi  $\pi$  ga o'zgarishini e'tiborga olish kerak. Uni hisobga olish uchun yul yurish farqiga yarim to'lqin uzunligini qo'shish yoki ayirish kifoY. Demak,

$$\Delta = 2b\sqrt{n^2 - \sin^2 i_1} - \frac{\lambda}{2} \quad (9)$$

Interferensiyaning maksimum sharti

$$\Delta = 2b\sqrt{n^2 - \sin^2 i_1} = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad (10)$$

### Tayanch iboralar:

Frenel biko'zgusi va biprizmasi, yupqa plastinkalarda interferensiya, to'lqin fazasining o'zgarishi.

### Sinov savollari:

1. Qaytgan nurlarda kogerent manbalarni hosil qilish tuzilmalarida interferensiyaning kuzatishni tushuntirib bering.
2. Frenel biko'zgusida hosil bo'lgan interferensiyalar tasmlar soni va kengligi nimalarga bogliq?

3. Frenel biprizmasida sindirish burchagining oshishi interferensiyalar tasmalarga qanday ta'sir qilishi mumkin?
4. Nima uchun yupqa plastinkalarda interferensiyani o'rgananda faqat ikkita nurlardan foydalaniladi? Qolgan nurlarning ta'sirini tushuntirib bering.
5. Qanday sirtlardan qaytganda to'lqinlarning fazasi o'zgaradi?
6. Yupqa plastinkalar qalinligining interferensiyalar manzaraga ta'sirini tushuntirib bering.

## **10- Mavzu. Interferensiyalar polosalar kengligi. O'tgan va qaytgan nurlardan xosil bo'lgan interferensiya (yupqa parda, Nyuton xalqalari, pona).**

Teng og'malik interferensiyalar manzaralar. Yupqa yassi-parallel plastinkaga tarqoq yorug'lik nurlari (xar xil burchak ostida) tushayotgan bo'lsin. Bu vaqtda plastinkadan qaytgan nurlarning yul yurish farqlari faqat nurlarning og'malik burchaklariga bog'liq bo'ladi. Bir xil og'malik burchagiga ega bo'lgan barcha nurlar bir xil fazalar farqi hosil qiladi. Bu nurlar qo'shilishi natijasida interferensiyalar manzara yuzaga keladi.

Bir xil qalinlik tasmalari. Uchidagi burchagi  $\theta$  ga teng bo'lgan pona ko'rinishidagi plastinka olamiz. Unga parallel nurlar dastasi tushayotgan bo'lsin. Interferensiyani faqat bir xil qalinlikka ega bo'lgan nurlarning qo'shilishi tufayli kuzatish mumkin. Shu sababli bu holda interferensiyalar tasmalarga bir xil qalinlikdagi tasmalar deyiladi. Oq rangda kuzatilayotgan interferensiyalar manzara rangdor bo'ladi va plastinka yoki plyonkaning sirti kamalakdek rang-barang bo'lib ko'rinadi. Masalan, suv yuzasidagi yog' tomchisi, sovun pufaklari shu tusda bo'ladi.

Bir xil qalinlik tasmalarining mumtoz misoli sifatida Nyuton xalqalarini ko'rib o'tamiz.

Nyuton xalqalari. Egrilik radiusi katta bo'lgan yupqa linzani qalin yassi shisha plastinka ustiga qo'yamiz. Ular orasidagi havo qatlamining qalinligi markazdan uzoqlashgan sayin oshib boradi. Sirtlaridan kogerent tulkinlarni qaytaruvchi yupqa plyonka rolini plastinka va linza orasidagi xavo katlami bajaradi. Agar plastinka sirtiga taxminan tik ravishda monoxromatik nurlar dastasi tushayotgan bo'lsa, xavo katlamining yukorigi va pastki nuqtalaridan qaytgan yorug'liklar uzaro interferensiyalashadi. Linzaning tegish nuqtasida kora dog, uning atrofida esa kengligi kamayib boruvchi kator konsentrik yorug'lik va korongi xalqalar ko'rinadi. Xavo uchun  $n = 1$  bo'lgani uchun, nurlarning yul yurish farqi  $\Delta = 2b$  ga teng deb hisoblash mumkin.

Rasmdan kelib chiqadiki,

$$R^2 = (R - b)^2 + r^2 \approx R^2 - 2bR + r^2 \quad (1)$$

bunda  $R$  – linzaning egrilik radiusi,  $r$  - xavo qatlamining qalinligi  $b$  bo‘lgan nuqtalardan iborat aylananing radiusi. Bu ifodadan  $b = r^2 / 2R$  ekanligini va yorug‘lik plastinkadan qaytgan vaqtidagi fazasining  $\pi$  ga o‘zgarishini hisobga olsak, yo‘l yurish farqi

$$\Delta = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

Intensivlikning maksimumi va minimumi uchun yozilgan

$$\begin{aligned} \Delta &= k\lambda = 2k\left(\frac{\lambda}{2}\right), \\ \Delta &= (2k + 1)\left(\frac{\lambda}{2}\right) \end{aligned} \quad (3)$$

shartlarni umumlashtirib quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta = m \frac{\lambda}{2} \quad (4)$$

bunda  $m$ –ning juft qiymatlariga intensivlikning maksimumlari va toq qiymatlariga minimumlar mos keladi. Nyuton xalqalari radiusi uchun

$$r = \sqrt{\frac{R\lambda}{2}(m - 1)}, (m = 1, 2, 3, \dots) \quad (5)$$

Yupqa plastinkalarda interferensiya o‘odidasidan foydalanib *optikaviy tizimlarni ravshanlashtirish* mumkin. Buning uchun optikaviy asbob ustiga yupqa qatlam qoplanadi. Uning qalinligi shunday tanlab olinadiki, u yoki interferensiyaning maksimum shartini yoki minimum shartini qoniqtirsin. Bu hol ayniqsa qatlamning sindirish ko‘rsatkichi optik asbob sindirish ko‘rsatkichiga yaqin bo‘lganda yaxshi natija beradi.

### **Tayanch iboralar:**

Teng og‘malik va teng qalinlik interferension tasmalar, Nyuton xalqalari, optik asboblarni ravshanlashtirish.

### **Sinov savollari:**

1. Qanday interferensiyalar teng ogʻmalikdagi tasmlar deyiladi?
2. Oq yorugʻlikda yuzaga keladigan teng ogʻmalikdagi interferensiyalar manzara qanday koʻrinishda boʻladi?
3. Teng qalinlikdagi interferensiyalar tasma nima?
4. Nyuton xalqalari qanday paydo boʻladi?
5. Nyuton xalqalaridan qayerlarda foydalanish mumkin?
6. Qanday qilib optik asboblarni ravshanlashtirish mumkin?

### **11- Mavzu. Interferensiya hodisasini amaliyotga tadbiqu. Ikki nurli interferometrlar.**

Yorugʻlik interferensiyasi hodidasidan texnikada keng foydalaniladi. Bu hodisaga asosan ishlovchi asboblarga *interferometrlar* deyiladi. Interferometrlar yordamida sirtlarning tekisligi, ularning kalinaligi, sindirish koʻrsatkichi, yorugʻlik toʻlqin uzunligi va boshqa kattaliklarni aniqlash mumkin. Koʻp nurlardan yuzaga keladigan interferensiya yuqori ajrata olish kuchiga ega boʻlgan spektroskopiyada, lazerlar fizikasida, yuqqa dielektrik va metall qatlamlar fizikasida, metrologiyada va h.k larda keng qoʻllaniladi. Yuqori qaytarish koefitsiyentiga ega boʻlgan sirtlardan ketma-ket qaytishlarda plastinkaga tushayotgan nurning amplitudasi har bir qaytishda maʼlum qismga kamayadi. YAʼni tushayotgan nurning amplitudasi koʻp sonli amplitudalarga boʻlinayotgandek boʻladi. Shuning uchun koʻp nurli interferensiyaning bunday turiga *toʻlqin amplitudasi boʻlinadigan interferensiya* deyiladi.

Difraksiya panjarada yuzaga keladigan koʻp sonli interferensiyada tushayotgan nurlar toʻlqin frontining panjara tirqishlari orqali boʻlinib oʻtishi kuzatiladi. Bunga *toʻlqin fronti boʻlinadigan interferensiya* deyiladi.

Interferometrlarning baʼzi birlarining ishlash usullarini oʻrganamiz.

*Jamen interferometri.* Bu interferometr ikkita bir-biriga parallel joylashtirilgan yassi plastinkalardan tashkil topgan. Plastinkalarning qalinligi  $h$ , sindirish koʻrsatkichi  $n$ . Yorugʻlik dastasi birinchi plastinkaga tushib, rasmdagidek ikkita nurga ajraladi va bu nurlar ikkinchi plastinkada xam yana ikkita nurga ajraladi. Bu nurlarning yoʻl yurish farqi quyidagiga teng:

$$\Delta = 2hn \cos r_1 - 2hn \cos r_2 = 2hn(\cos r_1 - \cos r_2) \quad (1)$$

Agar plastinkalar bir-biriga parallel joylashtirilgan bulsa,  $r_1 = r_2$  buladi va  $\Delta = 0$ . Bu yerda  $r_1$  va  $r_2$  nurlarning birinchi va ikkinchi plastinkalarda sinish burchaklari.

Agar plastinkalar orasidagi burchak  $\varepsilon$  ga teng bo'lsa,

$$\Delta = 2hn \sin r \delta r \approx h\varepsilon \sin i \quad (2)$$

Jamen interferometri gaz temperaturasi o'zgarganda yoki begona aralashma bo'lganda sindirish ko'rsatkichida bo'ladigan juda kichik o'zgarishlarni aniqlashga yordam beradi.

Maykelson interferometri. Yorug'lik manbaidan chiqayotgan nur yo'liga qo'yilgan yarim shaffof plastinkadan qisman o'tadi va qisman qaytadi. Bu nurlar bir-biriga tik joylashtirilgan ko'zgulardan qaytib yana plastinkaga tushadi va undan qaytgan va sinib o'tgan nurlar bir yo'nalishda ketadi. Bu nurlar ko'rish trubasiga tushib, u yerda interferensiyani yuzaga keltiradi. Plastinkadan bir nur bir marta, ikkinchi nur esa uch marta o'tadi. Nurlarning bu yo'l yurish farqlarini yo'qotish uchun qalinligi xuddi shunday boshqa plastinka birinchi nur yo'liga qo'yiladi. Hosil bo'lgan interferensiyon manzara cheksizlikda lokallangan (joylashgan) teng og'malik tasmalari bilan tasvirlanadi.

Agar sirtlarning qaytarish koeffitsiyentlari katta bo'lsa bir necha marta qaytgan nurlar qo'shilishi natijasida ko'p nurli interferensiya kuzatiladi. Bu vaqtda natijalovchi dastaning intensivligi qo'shni dastalar orasidagi fazalar farqiga

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} 2dn \cos r \quad (3)$$

bog'lik bo'ladi. Agar qaytish koeffitsiyenti  $R$  bilan, o'tkazish koeffitsiyenti  $T$  bilan belgilansa, ular fazalar farqiga quyidagicha bog'langan bo'ladi:

$$I = \frac{T^2}{(1-R)^2} \frac{I_0}{1 + [4R/(1-R)^2] \sin^2 \frac{1}{2} \delta} \quad (4)$$

Intensivligi yaqin bo'lgan ko'p dastalarda interferensiyani kuzatish *Fabri-Pero* etalonida va *Lyumner-Gerke* plastinkasida amalga oshiriladi.

### **Tayanch iboralar:**

Interferometrlar amplitudasi bo'linadigan interferensiya, to'lqin fazasi bo'linadigan interferensiya, Jamen interferometri, Fabri-Pero etaloni, Lyumner-Gerke plastinkasi.

### **Sinov savollari:**



1. Interferometrlarning ishlash prinsipini tushuntiring.
2. Interferometrlar kayerlarda qo'llaniladi?
3. To'lqin amplitudasi bo'linuvchi interferensiya qanday hosil qilinadi?
4. To'lqin fazasi bo'linuvchi interferensiya nima?
5. Kanday interferensiyalar kurilmalarni bilasiz?

## 12- Mavzu. Jamen va Maykelson interferometrlari. Fabri - Pero interferometri.

Yorug'likning to'g'ri chiziqli tarqalishdan chetlashishi bilan bog'liq bo'lgan barcha hodisalarga yorug'likning difraksiyasi deyiladi. Xususan, yorug'likning to'siqni aylanib o'tishi va geometrik soya sohasiga kirishi difraksiya natijasida yuzaga keladi. Mexaniq to'lqinlar difraksiyasini (masalan, tovush to'lqinlari) kuzatish oson. Lekin yorug'likning difraksiyasini kuzatish uchun alohida sharoitlar yaratilishi kerak. Bunga sabab, difraksiya miqyosining to'siq o'lchamlari va to'lqin uzunligi orasidagi nisbatga bog'liqligidir.

Yorug'lik to'lqinlarining difraksiyasini Gyuygens tamoyili ("Yorug'lik to'g'risidagi trakt", 1690 y.) orqali tushuntirib berish mumkin. Lekin, bu tamoyil faqatgina yorug'lik frontining tarqalish yunalishi to'g'risidagi masalanigina hal qilishga yordam berib, turli yo'nalishda tarqalayotgan yorug'liklarning intensivligi va amplitudasi xakida xech kanday ma'lumot bermaydi. Bu muammoni Frenel tuzatdi. U Gyuygens g'oyasini ikkilamchi to'lqinlar interferensiyasi tushunchasi bilan to'ldirdi. Shuning uchun bu tamoyilga *Frenel-Gyuygens tamoyili* deyiladi. Natijalovchi to'lqinning intensivligini yoki amplitudasi quyidagicha aniqlanadi.

Faraz kilaylik,  $L$  yorug'lik manbaining to'lqin sirti  $S$  bo'lsin. Shu sirdan qandaydir  $r$  masofada yotgan  $R$  nuqtaning amplitudasini topish uchun to'lqin sirtini kichik  $dS$  qismchalarga bo'lamiz. Bu sirtlar ikkilamchi to'lqinlar manbai bo'lib, ularning amplitudalari  $dS$  sirtlarning kattaligiga bog'liqdir. Sferik to'lqinning amplitudasi manbagacha bo'lgan  $r$  masofa ortgan sayin  $1/r$  qonun bo'yicha kamayib boradi. Har bir sirdan  $R$  nuqtaga yetib kelgan to'lqin quyidagiga teng:

$$d\xi = K \frac{a_0 dS}{r} \cos(\alpha t - kr + \alpha_0) \quad (1)$$

Bu yerda  $(\alpha t - \alpha_0)$  to‘lqin sirt  $S$  joylashgan yerdagi tebranish fazasi.  $K$  – proporsionallik koeffitsiyenti bo‘lib, u  $\varphi$  burchak ortib borishi bilan kamayadi va  $\varphi = \pi/2$  bo‘lganda nolga aylanadi.

Barcha ikkilamchi manbalarning fazalari  $L$  dan kelayotgan g‘alayonlanish bilan aniqlanganligi uchun, bu manbalar o‘zaro qat’iy uyg‘unlashgan, ya’ni kogerent manbalar bo‘ladi. Shuning uchun bu manbalardan chiquvchi ikkilamchi to‘lqinlar interferensiyalashadi.  $R$  nuqtadagi natijaviy tebranish butun  $S$  sirt uchun olingan tebranishlarning superpozitsiyasidan iborat bo‘ladi:

$$\xi = \int_S K(\varphi) \frac{a_0}{r} \cos(\alpha t - kr + \alpha_0) dS \quad (2)$$

Bu ifoda Gyuygens-Frenel tamoyilining matematik ifodasidir. Ammo, yuqoridagi ifoda bilan natijaviy to‘lqin amplitudasini hisoblash juda qiyin. Frenel simmetrik xususiyatga ega bo‘lganda natijaviy tebranishlar amplitudasi oddiy algebraik yoki geometrik qo‘shish yo‘li bilan aniqlanishini ko‘rsatdi.

Yorug‘likning difraksiyasi ikki xil bo‘ladi: parallel nurlar dastasi hosil qiladigan difraksiyaga *Fraunhofer difraksiyasi*, sferik to‘lqinlar hosil qiladigan difraksiyaga esa *Frenel difraksiyasi* deyiladi.

### ***Tayanch iboralar:***

Yorug‘lik difraksiyasi, ikkilamchi to‘lqinlar va ularning interferensiyasi, Frenel-Gyuygens tamoyili, Frenel difraksiyasi, Fraunhofer difraksiyasi.

### ***Sinov savollari:***

1. Yorug‘lik xar doim to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqaladimi?
2. Yorug‘lik difraksiyasi nima?
3. Gyuygens tamoyilining qanday kamchiliklari mavjud?
4. Ikkilamchi nurlar interferensiyasi deganda nimani tushunasiz?
5. Frenel-Gyuygens tamoyilini tushuntirib bering.
6. Difraksiyaning qanday turlarini bilasiz?

## **13- Mavzu. Yorug‘lik difraksiyasi. Gyuygens - Frenel printsipti. Frenel’ning zonalar usuli.**

Bir jinsli muhitda  $L$  manbadan tarqaluvchi to‘lqinlar  $R$  nuqtada hosil qilgan yorug‘lik tebranishlarining amplitudasini Gyuygens-Frenel tamoyiliga asosan

hisoblaymiz. To‘lqin sirtini **LP** chiziqqa nisbatan simmetrik deb hisoblaymiz. Frenel to‘lqin frontini shunday bo‘laklarga bo‘lishni taklif qiladiki, har bir bo‘lakning chetidan **R** nuqttagacha bo‘lgan masofalar bir-biridan  $\lambda/2$  ga farq qilsin. Bu xalqasimon zonalarga Frenel zonalari deyiladi. **m** - zonaning tashki chetidan **R** nuqttagacha bo‘lgan  $b_m$  masofa quyidagiga teng bo‘ladi:

$$b_m = b + m \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

bu yerda: **b** – to‘lqin sirtining uchidan **R** nuqttagacha bo‘lgan masofa. Natijaviy to‘lqin amplitudasi (intensivligi) ni hisoblash uchun Frenel zonalarining yuzasini aniqlash kerak. **m** - zona to‘lqin sirtida ajratadigan sferik segment balandligi -  $h_m$ , yuzasi  $S_m$ - bo‘lsin. U vaqtda **m** - Frenel zonasining yuzasi  $\Delta S_m = S_m - S_{m-1}$  bo‘ladi.

Rasmdan:

$$r_m^2 = a^2 - (a - h_m)^2 = (b + m \frac{\lambda}{2})^2 - (b + h_m)^2$$

yoki

$$r_m^2 = 2ah_m - h_m^2 = bm\lambda + m^2 \left(\frac{\lambda}{2}\right)^2 - 2bh_m - h_m^2 \quad (2)$$

bundan:

$$h_m = \frac{bm\lambda + m^2 \left(\frac{\lambda}{2}\right)^2}{2(a+b)} \quad (3)$$

**m** – ning kichik qiymatlari uchun  $\lambda^2$  qatnashgan qo‘shiluvchini tashlab yozish mumkin:

$$h_m = \frac{bm\lambda}{2(a+b)} \quad (4)$$

Sferik segmentning yuzasi:

$$S_m = 2\pi ah_m = \frac{\pi ab}{a+b} m\lambda \quad (5)$$

**m** - Frenel zonasining yuzasi esa:

$$\Delta S_m = S_m - S_{m-1} = \frac{\pi ab}{a+b} \lambda \quad (6)$$

$m$  ga bog'lik bo'lmaydi. Demak, zonalarining yuzi taxminan bir xildir. Lekin zona tartibi oshib borgan sayin  $\varphi$  burchak oshib boradi, ya'ni  $K(\varphi)$  kattalik kamayib boradi. Bu koeffitsiyentning kamayishi  $m$  - ning oshishi bilan yuzaning oshishiga nisbatan keskinrok bo'ladi. Shunday kilib, Frenel zonolari  $R$  nuqtada uyg'otayotgan tebranishlar amplitudalari monoton kamayuvchi qatorni hosil qiladi:

$$A_1 > A_2 > A_3 \dots > A_m > A_{m+1} \dots$$

Natijaviy amplituda esa:

$$A = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + \dots = \frac{A_1}{2} + \left(\frac{A_1}{2} - A_2 + \frac{A_3}{2}\right) + \left(\frac{A_3}{2} - A_4 + \frac{A_5}{2}\right) + \dots \quad (7)$$

Monoton kamayuvchi qator xususiyatlaridan foydalansak, qavs ichidagi ifodalar nolga teng bo'ladi va

$$A = \frac{A_1}{2} \quad (8)$$

bo'ladi.

Shunday xulosaga amplitudalarni grafik usulda qo'shishdan foydalanib ham kelish mumkin. Buning uchun xar bir zonadan kelayotgan to'lqinni vektor shaklida belgilaymiz. Natijaviy vektor ushbu vektorlarning yig'indisidan iborat bo'ladi.

$m$  - Frenel zonasining radiusi

$$r_m = \sqrt{\frac{ab}{a+b} m \lambda} \quad (9)$$

ko'rinishda bo'ladi. Agar bir xil fazali to'lqinlarni o'tkazib, boshqasi ushlab qolinsa natijaviy to'lqin amplitudasi kuchayadi. Sore (1875 y.) o'lchamlari (9) shartni qanoatlantiruvchi plastinkalar yordamida yorug'likni kuchaytiruvchi plastinkalar yaratdi. Bunday plastinkalarga *zonali plastinkalar* deyiladi. R. Vud yasagan plastinkalarda qarama-qarshi fazalar bir xil fazaga keltiriladi (yo'l yurish farqi o'gartirilib).

***Tayannch iboralar:***

Frenel zonalari, to‘lqin fazasini aniqlash, amplitudasini aniqlash, to‘lqin amplitudasining to‘lqin fronti sirti yuzasiga bog‘likligi, grafik usulda amplitudani aniqlash, zonali plastinkalar.

***Sinov savollari:***

1. Frenel zonalari nima?
2. Frenel zonalari yordamida natijaviy to‘lqin fazasi kanday aniklanadi?
3. Frenel zonalarining yuzalari bilan yorug‘lik intensivligi orasidagi bog‘liklikni tushuntiring.
4. Frenelning boshlang‘ich zonalarining yuzasi zonalar tartib nomeriga qanday bog‘langan?
5. Frenel zonalarining radiusi nimalarga bog‘lik?
6. Amplitudani grafik usulda aniqlashni tushuntirib bering.
7. Zonali plastinkalarning ishlashini tushuntirib bering.

**14- Mavzu. Zonaviy plastinkalar. Dumaloq tirqich, dumaloq to‘siq, to‘g‘ri chiziqli tirqich va to‘g‘ri chiziqli to‘siqdagi interferentsiya.**

Doiraviy teshikdan hosil bo‘ladigan difraksiya. Sferik to‘lqin yo‘liga radiusi  $r_0$  bo‘lgan doiraviy teshikli ekran joylashtiramiz. Agar teshik radiusi

$$r_0 = \sqrt{\frac{ab}{a+b} m \lambda} \quad (1)$$

shartni qanoatlantirsa, u birinchi  $m$  ta Frenel zonasini o‘tkazadi. Bu ifodadan  $m$  ni topsak:

$$m = \frac{r_0^2}{\lambda} \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) \quad (2)$$

ga teng bo‘ladi.  $R$  nuqtadagi natijaviy to‘lqin amplitudasi quyidagicha aniqlanadi:

$$A = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + \dots \pm A_m$$

yoki:

$$A = \frac{A_1}{2} \pm \frac{A_m}{2} \quad (3)$$

Agar  $m$  - toq son bo'lsa,  $A_m$  amplituda musbat ishora bilan,  $m$ - juft son bo'lsa, manfiy ishora bilan olinadi.

$m$  - ning kichik qiymatlarida  $A_m$  kattalik  $A_1$  dan kam farq qiladi. Demak,  $m$  toq son bo'lganda  $R$  nuqtadagi amplituda taxminan  $A_1$  ga teng bo'ladi,  $m$  juft bo'lganda esa nolga teng bo'ladi. Shunday qilib, doiraviy teshikdan hosil bo'ladigan difraksion manzara navbatma-navbat joylashgan yorug' va qora konsentrik xalkalardan iborat bo'ladi. Agar  $m$  tok bo'lsa markazda yorug' dog', agar  $m$  juft bo'lsa qora dog' hosil bo'ladi.

Doiraviy diskdan bo'ladigan difraksiya. Nuqtaviy yorug'lik manbai va kuzatish nuqtasi orasiga radiusi

$$r_0 = \sqrt{\frac{ab}{a+b} m \lambda} \quad (4)$$

shartni kanoatlantiruvchi shaffofmas doiraviy diskni shunday joylashtiramizki, u birinchi  $m$ - ta Frenel zonasini ushlab qolsin. U vaqtda  $R$  nuqtadagi natijaviy to'lqin amplitudasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$A = A_{m+1} - A_{m+2} + A_{m+3} - \dots = \frac{A_{m+1}}{2} + \left( \frac{A_{m+1}}{2} - A_{m+2} - \frac{A_{m+3}}{2} \right) + \dots \quad (5)$$

Qavslar ichidagi ifodalar nolga teng bo'lgani uchun

$$A = \frac{A_{m+1}}{2} \quad (6)$$

Demak, doiraviy diskdan hosil bo'ladigan difraksion manzara birin-ketin joylashgan yorug' va qora konsentrik xalkalardan iborat bo'ladi. Manzaraning markazida har doim (6) shartni kanoatlantiruvchi yorug' dog' hosil bo'ladi.

Parij Fanlar Akademiyasi 1818 yilda e'lon qilgan tanlovda Frenel yorug'lik difraksiyasining yuqorida bayon qilingan nazariyasini yoqlab chikdi. Bu masalada Puasson bilan katta tortishuv yuzaga keldi. Frenel nazariyasini Arago o'sha yerning o'zidayok tajribalar bilan ko'rsatib berdi. Natijada doiraviy teshik va to'siqlarda bo'ladigan difraksion dog'lari hazil qilib "*Puasson dog'lari*" – deb ataladigan bo'ldi.

**Tayanch iboralar:**

Doiraviy teshikdan yuzaga keladigan difraksiya, doiraviy diskda yuzaga keladigan difraksiya, natijaviy to‘lqin amplitudasining to‘siq va ekran o‘lchamlariga bog‘lik bo‘lishi, Puasson dog‘lari.

**Sinov savollari:**

1. Doiraviy teshikdan hosil bo‘ladigan difraksiyani tushuntirib bering.
2. Teshikdan hosil bo‘lgan difraksion manzara markazida yorug‘ va korong‘u dog‘larning hosil bo‘lishi nimalarga bog‘liq?
3. Doiraviy diskdan hosil bo‘ladigan difraksiyani tushuntirib bering.
4. Nima uchun doiraviy diskdan kuzatiladigan difraksion manzaraning markazida doim yorug‘ dog‘ hosil bo‘ladi?
5. Puasson dog‘lari nima?

**15- Mavzu. Fraunhofer difraktsiY. Difraksion panjara va uning asosiy xarakteristikalari. Dispersiya, ajrata olish qobiliyati.**

Yorug‘lik yo‘liga cheti to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘lgan shaffofmas yarim tekislik urnatamiz. Soddalik uchun to‘lqin sirtini yassi deb xisoblaymiz va u tekislikka parallel bo‘lsin. Tekislikdan orqa tarafda undan  $b$  masofada ekran joylashtiramiz. Ekraning ixtiyoriy  $R$  nuqtasidagi natijaviy tebranishni o‘rganamiz. To‘lqin frontining ochiq qismini juda tor bo‘laklarga bo‘lamiz. Hosil bo‘lgan zonalar chetidan  $R$  nuqttagacha bo‘lgan masofa bir xil  $\Delta$  kattalikka farq qilsin. Bu vaqtda qo‘shni zonalar  $R$  nuqtada hosil qilgan tebranishlar bir xil fazaga farq qiladi. Xar bir zona hosil kilgan tebranishlar amplitudalari shu zonalar yuzasiga, demak ularning kengligiga bog‘liq bo‘ladi. Shuning uchun

$$d_1 = \sqrt{(b + \Delta)^2 - b^2} = \sqrt{2b\Delta - \Delta^2} \approx \sqrt{2b\Delta} \quad (1)$$

Birinchi  $m$  zonaning umumiy kengligi:

$$d_1 + d_2 + \dots + d_m = \sqrt{(b + m\Delta)^2 - b^2} = \sqrt{2bm\Delta + m^2\Delta^2}.$$

$m$  uncha katta bo‘lmagani uchun ildiz ostidagi ikkinchi hadni tashlab yozish mumkin:

$$d_1 + d_2 + \dots + d_m = \sqrt{(b + m\Delta)^2 - b^2} = \sqrt{2bm\Delta} = d_1 \sqrt{m}.$$

$$\text{Bundan } d_m = d_1(\sqrt{m} - \sqrt{m-1}) \quad (2)$$

ekanligi kelib chiqadi.

Bu ifoda orqali kengliklar nisbatini aniqlasak (yuzalar ham shu nisbatta bo'ladi) quyidagicha bo'ladi:

$$d_1 : d_2 : d_3 : \dots = 1 : 0,41 : 0,32 : 0,27 : \dots$$

Bu ifodadan ko'rinadiki,  $R$  nuqtada hosil qilingan tebranishlarning amplitudalari dastlab juda keskin kamayib boradi va  $m$

ning qiymati oshgan sayin bu kamayish sekinlashib boradi. Natijaviy to'lqin har bir zonadan kelayotgan to'lqinlar yig'indisiga teng bo'lganligi uchun, amplitudalarni grafik usulda qo'shganda siniq spirali hosil bo'ladi. Agar zonalar sonini cheksiz orttirsak, bu siniq chiziq silliqlik chiziqqa aylanadi. Bu spiralgga Kornyu spirali deyiladi. Kornyu spiralinig tenglamasini nazariy yo'l bilan topish mumkin. Uning parametrik tenglamasi quyidagicha:

$$\begin{aligned} \xi &= \int_0^v \cos \frac{\pi u^2}{2} du, \\ \eta &= \int_0^v \sin \frac{\pi u^2}{2} du. \end{aligned} \quad (3)$$

Bu ifodalar *Frenel integrallari* deb ataladi.

$v$ -parametrning mohiyati quyidagicha: To'lqin sirtining cheksiz tor zonasining  $R$  nuqtada hosil qilgan tebranish amplitudasining vektori  $dA$  spiralinig biror elementi bilan ustma-ust tushadi va bu element  $v$  parametrning ma'lum kiyamatiga mos keladi. Bu qiymat bilan zonaning ekrandagi proyeksiyasidan  $R$  nuqttagacha bo'lgan masofa  $x'$  masofa orasida quyidagi bog'liqlik bor:

$$v = x' \sqrt{\frac{2a}{\lambda b(a+b)}} \quad (4)$$

( $a$  - yorug'lik manбайдan tekislikkacha bo'lgan masofa,  $b$  – tekislikdan ekrangacha bo'lgan masofa,  $\lambda$  - to'lqin uzunligi). Agar  $v$  ning kiyamati  $+\infty$  dan  $-\infty$  ga intilganda egri chiziq asimptotik yakinlashib boradigan  $F_1$  va  $F_2$  nuqtalar spiralinig fokuslari yoki qutblari deyiladi. Ularning koordinatlari quyidagicha:

$$\xi = +1/2, \eta = +1/2 \text{ } F_1 \text{ nuqta uchun,}$$

$$\xi = -1/2, \eta = -1/2 \text{ } F_2 \text{ nuqta uchun.}$$



## Tayanch iboralar:

Tekislik chetidan va tirqishdan bo‘ladigan difraksiya, Frenel integrallari, Kornyu spirallari va ularning fokuslari.

## Sinov savollari:

1. Tekislik chetidan bo‘ladigan difraksiyada difraksion manzara ko‘rinishi kanday bo‘ladi?
2. Ekran siljishi difraksion manzaraga qanday ta‘sir qiladi? Tekislikning siljishi-chi?
3. Bosh maksimumdan keyingi maksimumlar intensivligining keskin kamayishiga sabab nima?
4. Frenel integrallarining mohiyatini tushuntirib bering.
5. Kornyu spirali nima?

## 16- Mavzu. Difraksiya hodisasining amaliyotdagi o‘rni. Spektral qurilmalrning va ularning klassifikatsiyasi.

Fraunhofer (1821-1822 y.y.) parallel nurlar dastasida hosil bo‘ladigan difraksiyani organdi. Faraz silaylik, cheksiz uzun tirqishga yassi yorug‘lik to‘lqini tushayotgan bo‘lsin. Tirqishdan keyin yig‘uvchi linza va linza fokal tekisligiga ekran joylashtirsak, Fraunhofer difraksiyasini kuzatamiz.

Tirqishning ochiq kismini  $dx$  kenglikdagi elementar zonalarga ajratamiz. Har bir zonaning  $R$  nuqtada hosil qilgan tebranish amplitudasini  $dA$  vektor yordamida tasvirlash mumkin. Linza fokal tekislikda yassi to‘lqinlarni yig‘adi. Shuning uchun Fraunhofer difraksiyasida  $d\xi$  ifodada  $1/r$  ko‘paytuvchi bo‘lmaydi. Difraksiya burchagining kichik qiymatlari bilan chegaralanib  $K(\varphi)$  – koeffitsiyentni taxminan o‘zgarimas deb hisoblaymiz. Bu vaqtda:

$$dA = Cdx$$

bo‘ladi va  $S$  kattalik burchakka bog‘liq bo‘lmaydi. Agar hamma zonalardan kelayotgan tebranishlar amplitudalarining algebraik yig‘indisini  $A_0$  desak, uni  $dA$  ni tirqishning butun kengligi  $b$  buyicha integrallab topamiz:

$$A_0 = \int dA = \int_0^b Cdx = Cb$$

Demak,

$$dA = \frac{A_0}{b} dx \quad (1)$$

bo‘ladi.

Endi tebranishlarning fazaviy munosabatini aniqlaymiz. Koordinatalari 0 va  $x$  bo‘lgan zonalar  $R$  nuqtada hosil qilgan tebranishlar fazalarini topamiz. Bu tebranishlarning fazalar farqi  $\Delta = x \sin \varphi$  yo‘l hisobiga hosil bo‘ladi.  $x=0$  bulgan zona tebranishi fazasi  $\omega t$  bo‘lsa,  $x$  zonaning fazasi :

$$\omega t - 2\pi \frac{\Delta}{\lambda} = \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \varphi \quad (2)$$

$R$  nuqtada hosil bolgan natijaviy to‘lqin quyidagicha ifodalanadi:

$$d\xi = \frac{A_0}{b} \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \varphi\right) dx \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \xi &= \int_0^b \frac{A_0}{b} \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \sin \varphi\right) dx = \\ &= \frac{A_0}{b} \left(-\frac{\lambda}{2\pi \sin \varphi}\right) \left[ \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} b \sin \varphi\right) - \sin \omega t \right] = \\ &= \left[ A_0 \frac{\sin\left[\left(\frac{\pi}{\lambda}\right)b \sin \varphi\right]}{\left(\frac{\pi}{\lambda}\right)b \sin \varphi} \right] \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{\lambda} b \sin \varphi\right). \end{aligned} \quad (4)$$

Quyidagi ifoda  $R$  nuqtadagi natijaviy tebranish amplitudasini beradi:

$$A_p = \left[ A_0 \frac{\sin\left[\left(\frac{\pi}{\lambda}\right)b \sin \varphi\right]}{\left(\frac{\pi}{\lambda}\right)b \sin \varphi} \right]. \quad (5)$$

Linza markazining to‘g‘risida yotgan nuqta uchun  $A_\varphi = A_0$  bo‘ladi, ya’ni  $\varphi = 0$  bo‘lganda hamma elementar zonalaridan kelayotgan tebranishlar  $R$  nuqtaga bir xil fazada yetib keladi va natijaviy to‘lqin amplitudasi ularning algebraik yig‘indisidan iborat bo‘ladi. Agar:

$$\left(\frac{\pi}{\lambda}\right)b \sin \varphi = \pm k\pi, \text{ yoki } b \sin \varphi = k\lambda (k = 1, 2, 3, \dots) \quad (6)$$

bo‘lsa,  $A_\varphi$  amplituda nolga aylanadi. Bu shart intensivlikning minimum shartidir.

(5) va (6) ifodalardan ko‘rinadiki difraksion maksimum va minimumlarning vaziyati tirqishning vaziyatiga bog‘liq bo‘lmaydi. U faqat nurlarning yo‘nalishi bilan aniqlanadi. Demak, shaffof to‘siqda ikkita bir xil tirqish ochilgan bo‘lsa, ular bir-birining ustiga tushuvchi bir xil difraksion manzarani hosil kiladi. Lekin bu yerda tirqishlardan kelayotgan to‘lqinlarning interferensiyasini hisobga olish kerak bo‘ladi. Bosh maksimumlar orasiga ko‘shimcha minimum joylashadi. Agar tirqishlar bir-biridan uzoq va tor bo‘lsa, u holda dastlabki ikki mimimum orasiga ko‘pgina yangi minimumlar va maksimumlar joylashishi mumkin.

## Tayanch iboralar:

Fraunhofer difraksiyasi, to'liq fazasini va amplitudasini aniqlash, bitta va ikkita tirqishdan hosil bo'ladigan difraksiya.

## Sinov savollari:

1. Fraunhofer difraksiyasi nima?
2. Fraunhofer difraksiyasining Frenel difraksiyasidan asosiy farqi nimada?
3. Qanday shart bajarilganda tirqishdan hosil bo'ladigan difraksion manzara maksimumi kuzatiladi?
4. Intensivliklar minimumlarining o'rni qanday shartni qanoatlantiradi?
5. Ikkinchi tirqishning kushilishi difraksion manzaraga qanday ta'sir ko'rsatadi?
6. Ikkita tirqishdan bo'ladigan difraksiyada maksimumlar intensivliklarining nisbatlari qanday ko'rinishda bo'ladi?

## 17- Mavzu. Yorug'likning qutblanishi va kristallar optikasi. Tabiiy va qutblangan nurlar. Chiziqli qutblangan nur. Malyus qonuni.

Ikkita tirqishdan hosil bo'ladigan difraksion maksimumlar bitta tirqishdan hosil bo'ladigan maksimumlarga qaraganda torroq bo'ladi. Agar tirqishlar sonini yanada oshirsak bu manzara yaqqol ko'rinadi.

Bir-biridan bir xil masofada joylashgan juda ko'p sonli bir xil tirqishlar to'plamidan iborat optik asbobga difraksion panjara deyiladi. Qo'shni tirqishlarning o'rtalari orasidagi  $d$  masofa panjara *doimiysi* yoki *davri* deb ataladi. Orasidagi masofa  $a$  va kengligi  $b$  bo'lgan  $N$  ta tirqish bo'lgan umumiy holda ikkita bosh maksimum orasiga  $(N-1)$  dona qo'shimcha minimum joylashadi, bularning orasiga esa ikkilamchi maksimumlar tushadi. Tirqishlar soni ortishi bilan bosh maksimumlar intensivligi oshadi, chunki panjara o'tkazadigan yorug'lik miqdori ortadi.

Qo'shni tirqishlardan kelayotgan nurlarning yo'llar farqi  $\Delta = d \sin \varphi$  bo'ladi, demak fazalar farqi:

$$\delta = 2\pi \frac{\Delta}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \varphi \quad (1)$$

Qaysi yoʻnalishlar uchun  $\delta = \pm 2\pi m$  boʻlsa, yaʼni

$$d \sin \varphi = \pm m\lambda (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (2)$$

shart bajarilsa, ayrim tirqishlardan kelayotgan tebranishlar bir-birini kuchaytiradi. Natijaviy tebranish amplitudasi

$$A_{\max} = NA_p \quad (3)$$

boʻladi. Bu maksimumlar *bosh maksimumlar* deyiladi.  $m$  bosh maksimumlar *tartibini* koʻrsatadi. Kuzatiladigan bosh maksimumlar soni

$$m \leq \frac{d}{\lambda} \quad (4)$$

**Difraksion panjaraning dispersiyasi** deb bir-biridan toʻlqin uzunligi boʻyicha  $1\text{Å}$  ga farq qiluvchi ikkita spektral chiziq orasidagi burchakli yoki chizikli masofaga aytiladi.

*Burchakli dispersiya* deb

$$D = \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda} \quad (5)$$

kattalikka aytiladi.

$$\begin{aligned} d \cos\varphi \delta\varphi &= m \delta\lambda; \\ D &= \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda} = \frac{m}{d \cos\varphi} \end{aligned} \quad (6)$$

*Chizigiy dispersiya* deb

$$D_{\text{chiz}} = \frac{\delta}{\delta\lambda} = f' D = f' \frac{m}{d} \quad (7)$$

kattalikka aytiladi.

Spektral asbobning *ajrata olish kuchi* deb quyidagi oʻlchamsiz kattalikka aytiladi:

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} = mN \quad (8)$$

Demak, difraksion panjaraning ajrata olish kuchi spektrning tartibiga va tirqishlarning soniga proporsional bo‘ladi.

Agar yassi to‘lqin panjaraga  $\theta$  burchak ostida tushayotgan bo‘lsa, difraksion panjara formulasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$d \cos\theta(\theta - \varphi) = m\lambda \quad (9)$$

Rentgen nurlarining difraksiyasi uchun

$$\begin{aligned} d_1(\cos\alpha - \cos\alpha_0) &= \pm m_1\lambda, \\ d_2(\cos\beta - \cos\beta_0) &= \pm m_2\lambda, (m_i = 0,1,2,..) \\ d_3(\cos\gamma - \cos\gamma_0) &= \pm m_3\lambda. \end{aligned} \quad (10)$$

Laue formulalari va

$$2d \sin \vartheta = \pm m\lambda \quad (11)$$

Vulf-Bregg formulalaridan foydalaniladi.

### **Tayanch iboralar:**

Difraksion panjara va uning formulasi, difraksion panjara dispersiyasi, chiziqli va burchakli dispersiya, ajrata olish kuchi, nurlarning panjaraga burchak ostida tushishi, rentgen nurlarining difraksiyasi, Laue va Vulf-Bregg formulalari.

### **Sinov savollari:**

1. Difraksion panjaraning ishlashini tushuntirib bering.
2. Difraksion panjara nima maqsadda ishlatiladi?
3. Difraksion panjara davri nima?
4. Difraksion panjara dispersiyasi spektral chiziqlar shakliga qanday ta’sir qiladi?
5. Spektral asboblarning ajrata olish kuchini kandy oshirish mumkin?
6. Oddiy sharoitlarda rentgen nurlarining difraksiyasini kuzatish nima uchun qiyin?

## 18- Mavzu. Bir o'qli va ikki o'qli kristallar. Yorug'likning ikkilanib sinishi.

Yorug'likni kabul qiluvchi qurilmalar yorug'lik tez o'zgaruvchan maydon bo'lganligi uchun uning o'rtacha qiymatini qabul qiladi. Shuning uchun biz faqat yorug'likning amplitudasi to'g'risidagina gap yurita olamiz. To'lqin fazasini qayd qilish uning manbai to'g'risida ma'lumot beradi Demak, to'lqinlar manbalarining joylashishi to'g'risida to'liq tasavvurga ega bo'lish uchun to'lqinlarning amplitudalari taqsimotini ham, fazalar taqsimotini ham o'lchab bilishimiz kerak.

Fazalar taqsimotini interferension hodisalar yordamida aniqlashimiz mumkin. Interferensiyaning mohiyati shundaki, kogerent tebranishlar qo'shilganda ularning fazalar farqi natijaviy tebranish amplitudasini o'zgartiradi, ya'ni to'lqinlarning *fazaviy munosabatlarini* interferension manzaraning *amplitudaviy strukturosiga* aylantiradi. Shu usul bilan manba tasvirini yozib olish va qayta tiklashga *golografiya* deyiladi.

**Yassi to'lqinni golografiyalash.**  $N$  ekranga  $I$  yassi to'lqin tushayotgan bo'lsin. Sinov to'lqini yoki *tayanch to'lqin* deb ataluvchi to'lqin sifatida xam  $\theta$  yassi to'lqin olamiz. Agar manba yetarli darajada kogerent bo'lsa,  $N$  ekranda parallel davriy tasmalar ko'rinishidagi interferension manzara bo'ladi. Tasmalar orasidagi masofa to'lqin uzunligining  $I$  va  $\theta$  to'lqinlar tarqalishlari yo'nalishlari orasidagi  $2\varphi$  burchakka nisbatiga teng:

$$b = \frac{\lambda}{2\varphi} \quad \text{yoki} \quad 2\varphi = \frac{\lambda}{b} \quad (1)$$

Qabul qilgichning sirtidagi fazalar taqsimotida to'lqinga tegishli bo'lgan ma'lumot olinadi, ya'ni  $I$  to'lqinning tayanch to'lqinga nisbatan qanday joylashganligi aniqlanadi.

Endi to'lqinlarni qayta tiklashni ko'rib o'tamiz. Fotoplastinkani oldin o'zi ekspozitsiyalangan joyga o'sha vaziyatda qo'yamiz va  $I$  to'lqinni  $F$  diafragma bilan to'ssamiz.  $\theta$  tayanch nurni plastinkaga tushiramiz. Plastinkaning qorayishi davriy bo'lganligi uchun u  $b$  davrli difraksion panjara bo'ladi. Plastinkadan unгда difraksiyalangan yassi to'lqinlar to'plami hosil bo'ladi. Bu to'lqinlarning tarqalish yunalishlari (difraksiya burchaklari)

$$\theta = \varphi + \frac{m\lambda}{b} = \varphi + 2m\varphi, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2)$$

shartdan aniklanadi.  $m=0$  tushayotgan to'lqin yo'nalishiga mos keladi.  $m=-1$  bo'lganda  $\theta = -\varphi$  bo'ladi va bu to'lqin  $I$  to'lqin tarqalgan yo'nalishda tarqaladi. Shunday qilib, qabul qilgich sirtida to'lqin fazasi taqsimoti haqida ma'lumotni ham qayd qilish, ham qayta o'qish mumkin. Bu usulga golografiya deyiladi. Grekchadan *golografiya* degani *tula yozuv* ma'nosini beradi.

**Sferik to‘lqinni golografiyalash.**  $S$  nuqtaviy manbadan chiqarilayotgan sferik to‘lqin  $N$  plastinka sirtiga tushayotgan bo‘lsin. Tayanch to‘lqin sifatida ish plastinkadan qaytib,  $N$  ekran sirtiga tik tushayotgan, sferik to‘lqin bilan kogerent bo‘lgan yassi to‘lqin xizmat qiladi. Gologramma konsentrik xalqalar ko‘rinishidagi interferensiyalar manzaradan iborat bo‘ladi. Biror xalkaning  $r$  radiusini o‘lchab, to‘lqin frontining egrilik radiusi

$$R = \frac{r^2}{2\lambda n} \quad (3) \text{ ni}$$

hisoblab topamiz va shu bilan manbaning vaziyatini aniqlaymiz.

Y.N.Denisyuk (1962 y.) *qalin qatlamli plastinkalarda* hajmiy gologrammalarni olish usulini yuratdi. Kogerent to‘lqinlarda natijaviy tebranish amplitudasi katta va kichik bo‘ladigan joylar butun fazoda to‘lqin frontlarining ko‘rinishiga bog‘lik bo‘lgan biror qonun bilan taqsimlanadi. Shuning uchun hamma vaqt biror qalinlikka ega bo‘lgan fotoemulsiya qatlamida ikki o‘lchamli emas, balki uch o‘lchamli qorayishlar sodir bo‘ladi.

Denisyuk usulining ajoyib xususiyati shundaki, yorituvchi nurlanish sifatida oq yorug‘likdan foydalanish mumkin va shunga qaramasdan buyumning tasviri qayta tiklanadi. Bu yorug‘likning uch o‘lchamli tizimlarda difraksiyalanish xususiyatlaridan kelib chikadi: fakat Vulf-Bregg formulasi bilan bog‘langan to‘lqin uzunliklari va ularning tarqalish yunalishlaridagina yorug‘lik effektiv kaytadi. Nurlanishning qolgan xamma qismi gologrammadan o‘tadi va tasvir hosil qilishda qatnashmaydi. Ushbu usuldan foydalanib buyumning rangdor tasvirini o‘am o‘osil qilish mumkin bo‘ladi.

### **Tayanch iboralar.**

Golografiya, gologramma, yassi va sferik to‘lqin golografiyasi, fazaviy munosabatlardan amplitudaviy munosabatlarga o‘tish, ikki o‘lchamli va uch o‘lchamli golografiya, hajmiy tasvirga tushirish, Denisyuk usuli, rangli fotografiya.

### **Sinov savollari.**

1. Golografiya nima?
2. Fazaviy munosabatlardan amplitudaviy tuzilishlarga o‘tish deganda nimani tushunasiz?
3. Yassi to‘lqinlarda gologramma olishda oq yorug‘likdan foydalanish mumkinmi?
4. Sferik to‘lqinlar golografiyasini tushuntirib bering?
5. Hajmiy tasvirga tushirish qanday amalga oshiriladi?

6. Golografiyadan qayerlarda foydalaniladi?

**19- Mavzu. Polyarizatsion qurilmalar. Elliptik va doiraviy qutblangan yorug'likni olish va uni tekshirish.**

To'lqin optikasi barcha hodisalarning tahlili asosiga elektromagnit to'lqinlarning fazoda tarqalish jarayonini qo'yadi. Bir jinsli muhitda elektromagnit to'lqinlari oqimining energiyasi Umov-Poynting vektorining harakat yo'nalishida bo'ladi. Bu yo'nalishlar *yorug'lik nurlari* deb ataladi. Ko'p hollarda yorug'lik nuri deganda uchi nurlanish manbaida va o'ki to'lqin frontiga tik bo'lgan ingichka konus tushiniladi. Biroq, elementar yorug'lik konusini fizikaviy ajratmochi bo'linsa, o'sha zahotiy oq difraksion hodisalar yuzaga keladi, ajratilgan konus kengayadi va u qanchalik ingichka bo'lsa, bu kengayish shunchalik katta bo'ladi. Kengayish kattaligi:

$$\Delta\varphi = \frac{2\lambda}{D} \quad (1)$$

Bunday fizikaviy ajratilgan yorug'lik dastasini yorug'lik nuri bilan almashtirish uchun

$$D \gg \lambda \quad (2)$$

shart bajarilishi kerak.

Nurlarning fokuslanish joylarida to'lqin fronti radiusi nolga aylanmasligi uchun

$$R \gg \lambda \quad (3)$$

ifoda o'rinli bo'lishi kerak.

Bir jinsli bo'lmagan muhitlarda (2) (3) shartlar yetarli bo'lmaydi, chunki bir jinsli bo'lmagan muhitda sindirish ko'rsatkichining o'zgaruvchanligi tufayli yorug'lik to'lqini frontining deformatsiyalanishi kuzatiladi. Agar muhitning bir jinslimasligi tufayli to'lqin fronti radiusi uning uzunligi o'lchamida bo'lib qolsa nurlar tushunchasidan foydalanib bo'lmaydi. Yorug'lik nurlari tushunchasi

$$\lambda \frac{\partial n}{\partial x} \ll n \quad (4)$$

bo'lgandagina o'rinli bo'ladi.

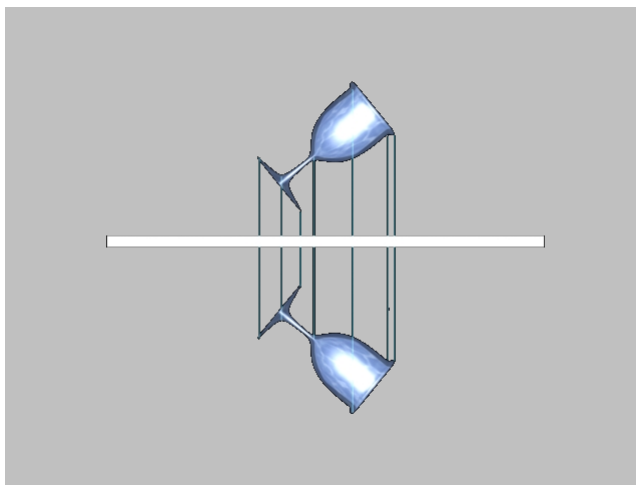
Agar muhitning yutish koeffitsiyenti ham bir jinsli bo'lmasa, quyidagi shart bajarilishi kerak:



$$\lambda \frac{\partial E}{\partial x} \langle \langle E \rangle \rangle \quad (5)$$

*Optikaning yorug'lik energiyasining tarqalishini erengiyaning harakat yo'nalishini kursatuvchi yorug'lik nurlari tasavvuri asosida tushuntiruvchi bo'limiga geometrik optika deyiladi.*

Yorug'likning yassi sirtlardan qaytishi. Yorug'likning qaytish qonunidan foydalanib, yassi ko'zgularda nurlarning yo'lini rasmdagidek chizamiz.



Nuqtaviy manbadan tarqalayotgan nurlar yassi ko'zgudan qaytgandan keyin ular ko'zguning orqa tomonida haqiqiy manbadan ko'zgugacha bo'lgan masofaga teng bo'lgan uzoqlikda va ko'zgu sirtiga o'tkazilgan perependikulyarda turgan mavhum manbadan tarqalayotgandek bo'ladi.

Yorug'likning sferik sirtidan qaytishi. Sferik sirtning simmetriya o'qi *optikaviy o'k* deyiladi. Bu o'qdan kam chetlangan nurlarga paraksial nurlar deyiladi paraksial nurlarda og'ish burchaklari kichik bo'lgani uchun bu burchak tangensi va sinuslarini shu burchaklarning o'zlarining qiymatlari bilan almashtirish mumkin.

Quyidagi belgilashlarni kiritamiz:

$a$  – ko'zgu cho'qqisidan yorug'lik manbaigacha bo'lgan masofa,

$b$  – ko'zgudan tasvirgacha bo'lgan masofa,

$r$  – ko'zguning egrilik radiusi,

$f$  – fokus masofa,

$h$  –  $M$  nuqtadan optikaviy uqqacha bo'lgan masofa.

Rasmdan quyidagi formulalarni yozish mumkin:

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \alpha_1 + \varphi \\ \alpha_3 &= \alpha_2 + \varphi \end{aligned} \quad (6)$$

Bu ifodalarni o'zgartirib:

$$\alpha_3 + \alpha_1 = 2\alpha_2 \quad (7)$$

$$\alpha_1 = -\frac{h}{a}, \alpha_2 = -\frac{h}{r}, \alpha_3 = \frac{h}{b}$$

ekanligini e'tiborga olsak (7) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{r} = \frac{1}{f} \quad (8)$$

Bu tenglama *sferik sirt tenglamasi* deyiladi.

Qabariq ko'zgular uchun ham shunday formulani olish mumkin.

### **Tayanch iboralar:**

Yorug'lik nurlari, geometrik optika, yassi va sferik sirtlardan yorug'likning qaytishi, sferik sirt tenglamasi, paraksial nurlar va paraksial optika, fokus masofasi, qabariq va botiq ko'zgu.

### **Sinov savollari:**

1. Geometrik optikaning qo'llanish chegaralarini ayting.
2. Qanday shartlar bajarilganda nurlar tushunchasi o'rinli.
3. Yassi sirtlarda nurlar yo'lini ko'rsating.
4. Paraksial optika nima?
5. Sferik sirt tenglamasini keltirib chiqaring.
6. Sferik sirtlarda tasvir yasang.

## 20- Mavzu. Suniy optik anizotropiya. Deformatsiya natijasida xosil bo'lgan anizotroplik.

Yorug'likning sinish qonunini uch yoqli optikaviy prizma uchun qo'llaymiz.  $LL'$  nur prizmaning  $AS$  yog'iga shunday tushadiki, bunda u prizmaning  $AVS$  kesim tekisligida sinadi. So'ngra u ikkinchi marta prizmaning  $AV$  yonida sinadi va prizmadan ikkinchi marta sinib o'tib, boshlang'ich yo'nalishdan  $\delta$  burchakka og'adi. Bu burchak kattaligi  $i_1$  tushish burchagi va prizma uchidagi  $\alpha$  burchak bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan bo'ladi:

$$\delta = i_1 + i_2 - \alpha \quad (1)$$

Nurlarning prizmada simmetrik o'tishida  $L$  nur prizmaning ikkala tomonidan uning  $A$  uchiga nisbatan teng kesmalar kesganda  $\delta$  burchak eng kichik qiymatga ega bo'ladi. Bu vaqtda  $i_1$  va  $i_2$  burchaklar o'zaro teng bo'ladi. Unda

$$\sin i = \sin \frac{\delta + \alpha}{2} \quad (2)$$

hosil bo'ladi. Sinish qonuniga asosan va  $i' = i'_1 + i'_2 = \alpha/2$  ekanligini e'tiborga olib quyidagilarni yozish mumkin:

$$n \sin i' = n \sin \frac{\alpha}{2} = \sin \frac{\delta + \alpha}{2} \quad (3)$$

Agar  $\alpha$  kichik bo'lsa, u holda  $\delta$  ham kichik bo'ladi, Shuning uchun:

$$\delta = (n - 1)\alpha \quad (4)$$

Bu prizma formulasidir.

Prizmaning burchak dispersiyasi

$$\frac{d\delta}{d\lambda} = \frac{2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}} \cdot \frac{dn}{d\lambda} \quad (5)$$

ga teng.

**Yorug'likning sferik sirtlarda sinishi.**  $S$  sferik sirtida yorug'likning sinishini ko'rib o'tamiz.  $A$  nuqta yorug'lik manbai,  $A'$  nuqta esa uning tasviri bo'lsin. Rasmdan foydalanib quyidagilarni yozamiz:

$$\begin{aligned}i - i' &= u + u' \\i &= u + u''\end{aligned}\quad (6)$$

Sinish qonuni va burchaklarning kichikligini e'tiborga olib:

$$i = \frac{n'}{n} i' \quad (7)$$

(6) tenglamaning birinchi tenglamasini  $n^0$  ga va ikkinchisini  $-(n^0-1)$  ga ko'paytirib quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\begin{aligned}(n^0 - 1)n^0 i' &= n^0 u + n^0 u', \\(n^0 - 1)n^0 i' &= n^0 u - u + n^0 u'' - u''\end{aligned}\quad (8)$$

ikkinchi tenglikni birinchi tenglikdan ayirsak:

$$u + n^0 u' - (n^0 - 1) u'' = 0 \quad (9)$$

Rasmdan,  $u$ ,  $u'$ ,  $u''$  burchaklar uchun

$$u = -h/a, u' = h/b, u'' = h/r \quad (10)$$

qiymatlarini (9) ga qo'ysak:

$$\frac{n^0 - 1}{r} + \frac{1}{a} - \frac{n^0}{b} = 0, \text{ yoki } \frac{n^0 - n}{r} + \frac{n}{a} - \frac{n'}{b} = 0 \quad (11)$$

sferik sirtlar uchun *nolinchi nur tenglamasi* hosil bo'ladi.

Bu tenglamani quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin:

$$n \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{r} \right) = n' \left( \frac{1}{b} - \frac{1}{r} \right) \quad (12)$$

Bu ifodalarga *Abbening nolinchi invariantlari* deyiladi.

### Tayanch iboralar:

Yorug'likning yassi sirtlarda sinishi, prizma, prizmaning nurlarni og'dirish burchagi, prizmaning dispersiyasi, sferik sirtlarda sinish, nolinchi nur tenglamasi, Abbening nolinchi invariantlari.

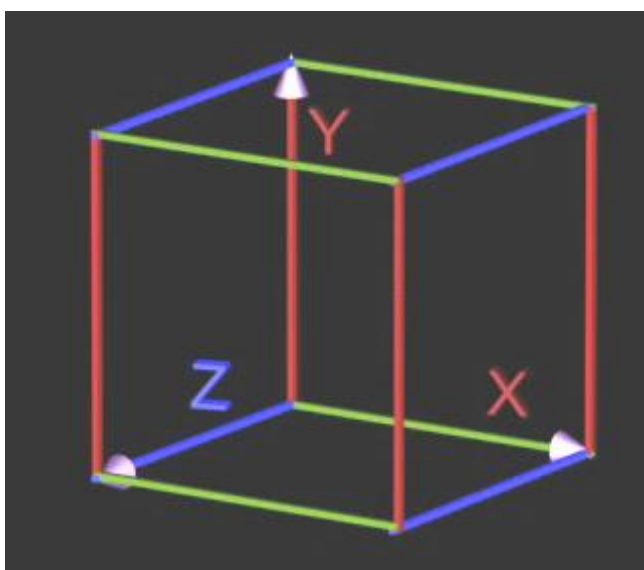
### Sinov savollari:

1. Yorug'likning sinish qonunini tushuntirib bering.
2. Prizmada nurlarning og'ish burchagi nimalarga bog'lik bo'ladi?
3. Prizmadan spektral asbob sifatida qanday foydalaniladi?
4. Yorug'likning sferik sirtlarda sinishini chizma yordamida ko'rsatib bering.
5. Nolinchi nur tenglamalarini yozing.
6. Nolinchi nur tenglamasidan foydalanib sferik sirtlarning fokuslarini aniqlash ifodasini keltirib chiqaring.

### 21- Mavzu. Kerr effekti. Qutblanish tekisligining aylanishi. Saxarometr.

Yorug'likning kristallarda turli yo'nalishda turlicha tezlikda tarqalishi optik anizotropiyani yuzaga keltiradi. Real muhitning anizotropiyasi bu muhitni tashkil qilgan atom yoki molekulalarning xususiyatlariga bog'liq.

Muhitning anizotropiyasi optik jixatdan shuni bildiradiki, muhit o'ziga tushayotgan yorug'likni turli yo'nalishda turlicha sezadi. *Anizotrop muhit*da yorug'lik fazasining tarqalish yo'nalishi energiyaning tarqalish yo'nalishidan farq qiladi (1-rasm.).

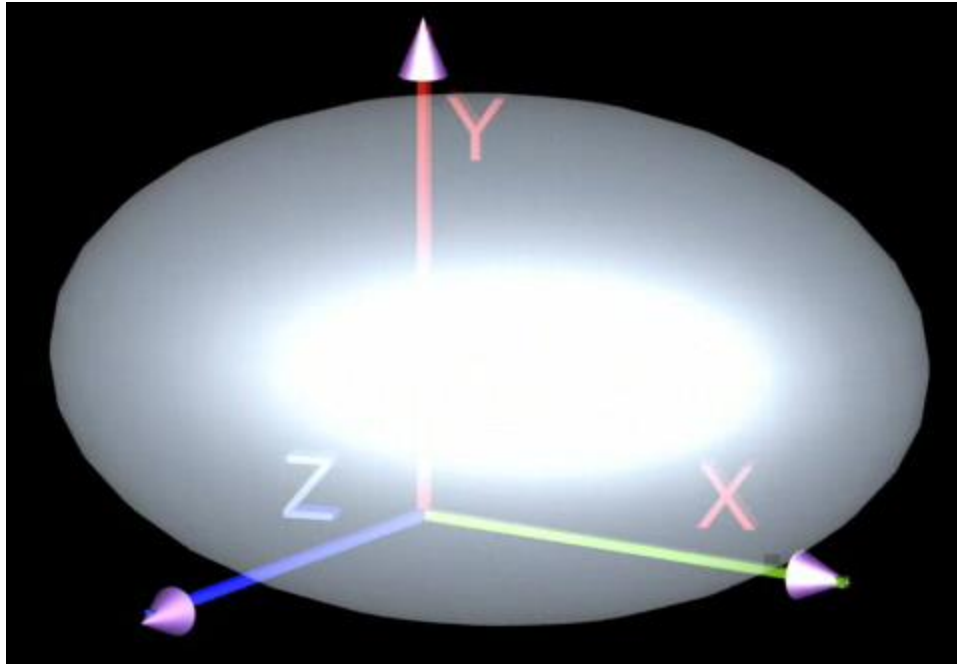


1-rasm.

To'liqlarning kristallarda tarqalishini hal qilish uchun panjarada yuzaga keladigan ikkilamchi nurlar interferensiyasini hisobga olish kerak. Birok, buning o'rniga Maksvell tenglamalarini muhitning  $\epsilon$  dielektrik singdiruvchanligi, va demak  $n$

– sindirish ko‘rsatkichining kristall tuzilishi tufayli yuzaga keladigan xususiyatlarini e‘tiborga olgan holda yechish kerak.

Anizotrop muhitning dielektrik singdiruvchanligiga tegishli bo‘lgan umumiy qonuniyatlar dielektrik singdiruvchanlik qiymatlarining butun to‘plamlarini bosh o‘qlari  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  bo‘lgan uch o‘qli *ellipsoid* yordamida



tasvirlashga keltiriladi (2-rasm). *Dielektrik singdiruvchanlikning ellipsoidining* (unga ko‘pincha *dielektrik singdiruvchanlik tenzori* ham deyiladi) o‘qlariga mos kelgan uchta  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  qiymati kristalda o‘zaro tik bo‘lgan uchta bosh yo‘nalishni ko‘rsatadi. Bu yo‘nalishda elektr induksiyasi  $D$  vektori va elektr kuchlanganligi  $E$  vektori bir xil yo‘nalishga ega.

$$D_x = \varepsilon_x E_x, D_y = \varepsilon_y E_y, D_z = \varepsilon_z E_z \quad (1)$$

Anizotrop moddalar uchun (1) tenglamani to‘liqroq yozsak, u quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$\begin{aligned} D_x &= \varepsilon_{xx} E_x + \varepsilon_{xy} E_y + \varepsilon_{xz} E_z, \\ D_y &= \varepsilon_{yx} E_x + \varepsilon_{yy} E_y + \varepsilon_{yz} E_z, \\ D_z &= \varepsilon_{zx} E_x + \varepsilon_{zy} E_y + \varepsilon_{zz} E_z. \end{aligned} \quad (2)$$

$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ -lar bir-biriga teng bo‘lmaganliklari uchun kristalda bosh o‘qdan boshqa hamma yo‘nalishlarda  $D$  bilan  $E$  ning yo‘nalishi bir xil bo‘lmaydi.

Anizotrop muhitlar uchun Maksvell tenglamalarini yechish izotrop muhitlarga nisbatan quyidagi xususiyatlari bilan farq qiladi:

1. Tayinli bir  $N$  yo‘nalish bo‘ylab turli fazaviy tezliklarga ega bo‘lgan chiziqli qutblangan ikki to‘lqin tarqalishi mumkin, bu fazaviy tezliklar  $D$  induksiya vektorining ikki xil yo‘nalishiga mos keladi
2. To‘lqin frontining tekisligida, ya’ni  $N$  ga tik bo‘lgan tekislikda elektr induksiyasining  $D$  vektori va magnit maydon kuchlanganligining  $N$  vektori yotadi. Bu  $N$  vektor magnit induksiyasining  $V=\mu N$  vektori bilan bir xil yo‘naladi, chunki optikada ko‘pchilik muhitlarning  $\mu$  si  $1$  ga teng.
3. Kristallda biror yo‘nalishda yorug‘lik tarqalishini hamda tegishli ( $D$  yoki  $YE$ ) vektorlar tebranishlarining yo‘nalishlarini xarakterlovchi ikki tezlikni ( $q'$  va  $q''$  yoki  $v'$  va  $v''$ ) oddiy qoidalar asosida topish mumkin.

Kristallda  $v'$  va  $v''$  nuriy tezliklarni topish uchun Frenel ellipsoididan foydalaniladi:

$$\varepsilon_x x^2 + \varepsilon_y y^2 + \varepsilon_z z^2 = 1 \quad (3)$$

Frenelning ko‘rsatishicha, Frenel ellipsoidi kristalldagi har qanday yo‘nalishda nuriy tezliklarni aniqlashga yordam beradi. Fazaning tarqalish tezligini ham Frenel ellipsoidi bilan bog‘langan yordamchi sirtidan foydalanib aniqlash mumkin. Bu sirt ham ellipsoid shaklida bo‘lib, indekslar ellipsoidi deb ataladi:

$$\frac{x^2}{\varepsilon_x} + \frac{y^2}{\varepsilon_y} + \frac{z^2}{\varepsilon_z} = 1 \quad (4)$$

### **Tayanch iboralar:**

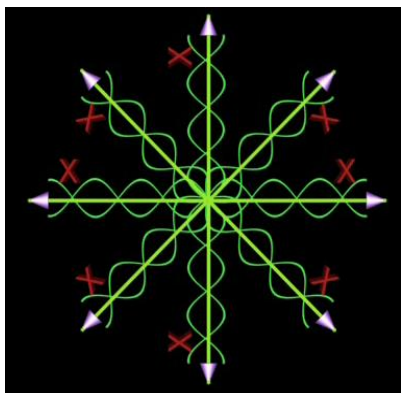
Anizotrop kristallar, anizotrop kristallar optikasi, dielektrik singdiruvchanlik ellipsoidi (yoki tenzori), Frenel ellipsoidi, ellipsoid tenglamalari.

### **Sinov savollari:**

1. Anizotrop moddalar qanday moddalar?
2. Kristallar anizotropiyasining optik hodisalarda namoyon bo‘lishini tushuntiring.
3. Dielektrik singdiruvchanlik ellipsoidi nima?
4. Dielektrik singdiruvchanlik tenzori yordamida optik anizotropiyani qanday tushuntirib berish mumkin?
5. Frenel ellipsoidi yordamida nuriy va fazaviy tezliklarni topishni tushuntirib bering.

**22- Mavzu. Issiqlik nurlanish. Jismlarning nur chiqarish va nur yutish qobiliyati. Absolyut qora jism nurlanishi.**

Bizga ma'lumki, tabiiy yorug'likda uni xarakterlovchi elektr  $YE$  va magnit maydoni  $N$  kuchlanganliklari vektorlari fazoda bir-biriga tik tekisliklarda tebranadi. Tebranishlarning yo'nalishlari biror usulda tartiblangan yorug'likka qutblangan yorug'lik deyiladi (1-rasm). Agar yorug'lik vektorining tebranishlari faqat bitta tekislikda yuz berayotgan bo'lsa, bunday yorug'likka yassi qutblangan yorug'lik deyiladi (2-rasm). Yassi qutblangan nurlarni tabiiy nurlardan qutblagichlar (*polyarizatorlar*) yordamida olish mumkin (3-rasm).



1-pacm  
tushayotgan yorug'lik

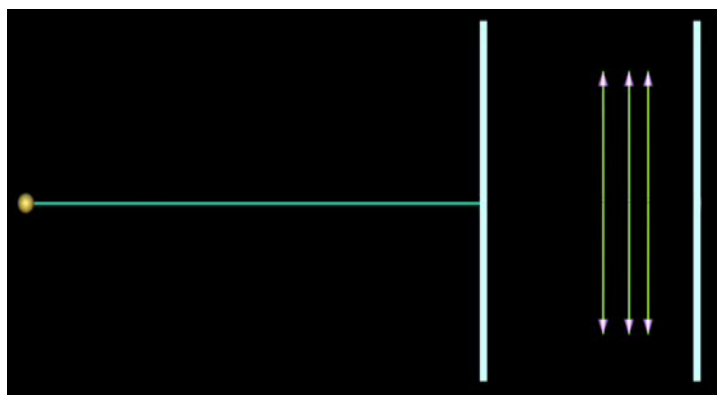
$$I = I_0 \cos^2 \varphi$$

ga teng bo'ladi. Bu tushayotgan va undan intensivligi. Bu ifodaga

Yorug'lik tarqibida

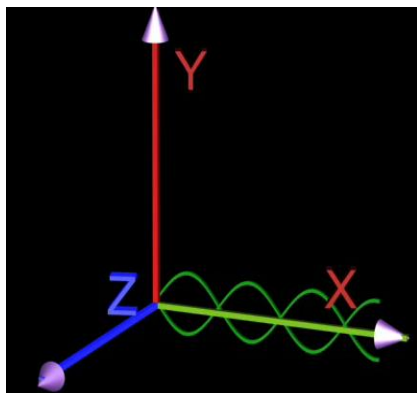
boshqa ko'prok qisman

darajasi



3-pacm

Polyarizatorga yassi qutblangan yorug'lik bo'lsin. Qutblagichdan o'tgan intensivligi



2-pacm

(1)

yerda:  $I$  va  $I_0$  – qutblagichga chiqqan yassi qutblangan nur **Malyus qonuni** deyiladi.

biror yo'nalishdagi yorug'lik yo'nalishdagiga nisbatan bo'lsa, bunday yorug'lik qutblangan deyiladi.

Yorug'likning qutblanish  $R$ :

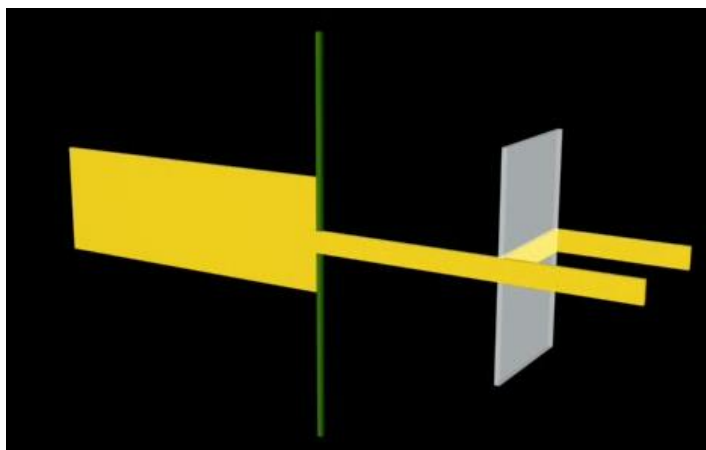
$$P = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

(2)

Yassi qutblangan yorug'lik uchun  $I_{min}=0$  va  $R=I$ ; tabiiy yorug'lik uchun esa  $I_{max}=I_{min}$  va  $P=0$  bo'ladi.



Yorug'lik ba'zi bir kristallardan o'tganda ikkiga ajraladi. Bu hodisaga nurlarning ikkilanib sinishi deyiladi (4-rasm). Nurlarning ikkilanib sinishini 1670 y. E.



4-рasm

Bartolomin island shpatida kuzatgan. Ikkilanma nur sindirish vaqtida nurlardan biri odatdagi sindirish qonunlariga bo'ysunadi va unga *oddiy nur* deb aytiladi. U  $o$  xarfi bilan belgilanadi. Nurlarning ikkinchisi *G'ayrioddiy nur* deyiladi va u sinish qonunlariga buysunmaydi. U  $ye$  xarfi bilan belgilanadi.

Ikkilanma nur sindirish hodisasi kubik tizimga kiruvchi kristallardan

tashqari barcha tiniq kristallarda kuzatiladi.

*Bir o'qli kristallar* deb ataluvchi kristallarda shunday yo'nalish mavjudki, bu yo'nalish buyicha oddiy va g'ayrioddiy nurlar ajralmagan holda va bir xil tezlik bilan tarqaladi. Bu yo'nalish *kristalning optikaviy uqi* deyiladi. Bularga misol: island shpati, turmalin, kvars va boshqalar.

Ikki o'qli kristallarda yorug'lik ikkiga ajralmaydigan yo'nalish ikkita bo'ladi. Bunday kristallarda ikkali nur ham g'ayrioddiy bo'lib, ular uchun sindirish ko'rsatkich kristall ichidagi yo'nalishga bog'lik bo'ladi. Masalan: slyuda, gips va boshqalar.

Ikkilanma nur sindirishiga kristalning anizotropiyasi sabab bo'ladi. Oddiy nurning tebranishlari kristalning bosh kesimiga tik yo'nalishda sodir bo'ladi. Shuning uchun oddiy nurning istalgan yo'nalishida  $YE$  vektor kristalning optikaviy o'ki bilan tug'ri burchak hosil qiladi va yorug'lik to'liqining tarqalish tezligi bir xil bo'ladi:

$$v_o = c / \sqrt{\epsilon} \quad (3)$$

G'ayrioddiy nurda esa yorug'lik vektori bosh kesim bilan ustma-ust tushuvchi tekislikda tebranadi. Shu sababli xar xil nurlar uchun  $YE$  vektor tebranishlari yo'nalishlari optikaviy o'k bilan har xil burchak tashkil qiladi. Bu nurlarning tezligi:

$$v_e = c / \sqrt{\epsilon} \quad (4)$$

G'ayrioddiy nurlarning to'liqin sirti aylanma ellipsoiddan iborat bo'ladi. Oddiy va g'ayrioddiy nurlar kristalldan chiqqandan keyin faqat tebranish tekisliklarining yo'nalishlari bilangina farq qiladilar.

Bu nurlarning sindirish ko'rsatkichlari

$$n_0 = \frac{c}{v_0}, n_z = \frac{c}{v_z} \quad (5)$$

Tezliklarning qiymatiga qarab kristallar musbat yoki manfiy kristallarga bo‘linadi: Agar  $v_e < v_0$  bo‘lsa (yoki  $n_e > n_0$ ), musbat kristall bo‘ladi. Agar  $v_e > v_0$  bo‘lsa (yoki  $n_e < n_0$ ), manfiy kristall bo‘ladi.

### Tayanch iboralar:

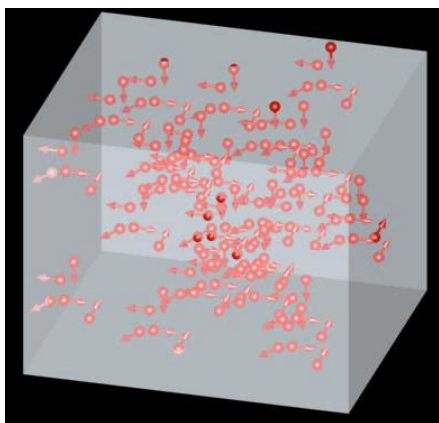
Qutblangan nurlar, qutblanish darajasi, Malyus qonuni, oddiy va g‘ayrioddiy nurlar, bir o‘qli va ikki o‘qli kristallar, manfiy va musbat kristallar, oddiy va g‘ayrioddiy nurlar tezligi va sindirish ko‘rsatkichi.

### Sinov savollari:

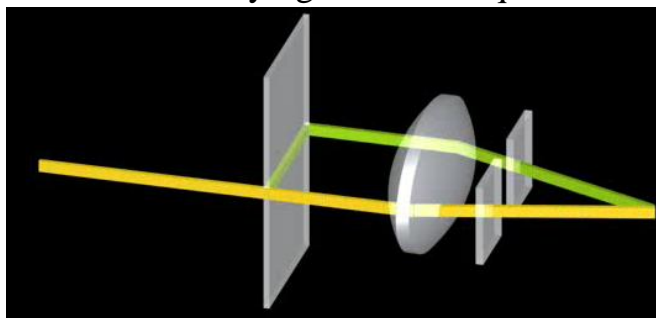
1. Qutblangan nurlar deb qanday nurlarga aytiladi?
2. Qutblangan nurlar qanday usullar bilan hosil qilinadi?
3. Qutblagichlar nima?
4. Nurlarning ikkilanib sinish hodisasini tushuntirib bering.
5. Kristall o‘qlari deganda nimani tushunasiz?
6. Kristaldan chiqqandan keyin oddiy va g‘ayrioddiy nurlarning tabiatini tushuntiring.

### 3- Mavzu. Issiqlik nurlanishi qonunlari. Kirxgof qonuni, Stefan-Boltsman qonuni, Vinning siljish qonuni, Plank formulasi.

Yorug‘lik dastasi kristallning yog‘iga normal ravishda tushadigan tajribani ko‘rib chiqamiz (1-rasm). Bosh tekislikni tushayotgan nur orqali o‘tkazamiz. Tajribaning ko‘rsatishicha



2-pacm



1-pacm

kristallning ichidan ikkita nur: oddiy va g‘ayrioddiy nur o‘tadi. Bu ikkala nur bosh tekislikda yotadi va tushayotgan nurga parallel, biroq bir-biriga nisbatan siljigan bo‘ladi. Kristallni tushayotgan nur

yoʻnalishida aylantirsak, oddiy nur siljmaydi, ikkinchisi esa bu nur atrofida aylanadi. Agar kristallga tabiiy yorugʻlik tushayotgan boʻlsa bu ikkala nurlarning intensivliklari bir xil boʻladi. Bu nurlar bir-biriga tik yoʻnalishda qutblangan boʻladi (2-rasm).

Agar dastalardan birini birinchi kristalldan chiqqandan keyin ikkinchi kristallning yogʻiga normal tushirsak, u holda ikkinchi kristallning bosh tekisligida yotgan yana ikki dasta hosil boʻladi va bu dastalar ikkinchi kristallning bosh tekisligiga nisbatan avvalgicha qutblangan boʻladi. Shunday qilib, qutblanish yoʻnalishi kristallning qanday joylashganligigagina bogʻliq boʻlib, unga tushayotgan yorugʻlikning qutblangan yoki tabiiy yorugʻlik ekanligiga bogʻliq boʻlmaydi. Agar ikkinchi kristallga tushayotgan yorugʻlikning amplitudasi  $A$  ga teng boʻlsa, u holda kristalldan chiqayotgan ikkala toʻlqinlarning amplitudalari mos ravishda:

$$\begin{aligned} A_0 &= A \sin \alpha, \\ A_e &= A \cos \alpha \end{aligned} \quad (1)$$

Ularning intensivliklarining nisbati quyidagicha boʻladi:

$$\frac{I_0}{I_e} = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \operatorname{tg}^2 \alpha \quad (2)$$

Bu ikki toʻlqin plastinkaning  $d$  qalinligini kesib oʻtib,  $(n_0 - n_e)d$  ga teng boʻlgan yoʻl farqiga ega boʻladi. Demak, oddiy nur gʻayrioddiy nurdan faza jihatdan

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_0 - n_e)d \quad (3)$$

miqdorda orqada qoladi.

Plastinkadan oʻtgan toʻlqinlarning tebranishlari:

$$\begin{aligned} x &= A \cos \alpha \cos \alpha x = A_0 \cos \alpha x, \\ e &= A \sin \alpha \cos(\alpha x - \varphi) = A_e \cos(\alpha x - \varphi) \end{aligned} \quad (4)$$

Bu tenglamalardan  $t$  ni yoʻqotib, quyidagiga ega boʻlamiz:

$$\frac{x^2}{A_0^2} + \frac{y^2}{A_e^2} - \frac{2xy}{A_0 A_e} \cos \varphi = \sin^2 \varphi \quad (5)$$

bu ellips tenglamasidir.

Shunday kilib chiziqli qutblangan nur kristall plastinkadan oʻtgandan sung, uning  $YE$  va  $N$  vektorlarining uchlari ellips chizadi. Bunday yorugʻlik *elliptik qutblangan yorugʻlik* deyiladi.

O‘zaro tik bo‘lgan yo‘nalishlarda qutblangan ikkita kogerent nurlar ustma-ust tushganda fazoda energiyaning qayta taqsimlanishi kuzatilmaydi. Chunki bir-biriga ta’sir qiluvchi nurlardagi tebranishlar bir xil yo‘nalishda bo‘lgandagina interferensiya hodisasi kuzatiladi.

Kristall plastinkani ikkita qutblagich orasiga joylashtiramiz. Oddiy va g‘ayrioddiy nurlar amplitudalari (1) munosabat bilan aniqlanadi.

Ikkala qutblagich o‘zaro parallel bo‘lgan vaqtda natijaviy to‘lqin intensivligi:

$$I_{\parallel} = I \cos^2 \frac{\varphi}{2} \quad (6)$$

Qutblagichlar o‘zaro tik joylashgan vaqtda:

$$I_{\perp} = I \cos^2 \frac{\pi + \varphi}{2} = I \sin^2 \frac{\varphi}{2} \quad (7)$$

(6) va (7) ifodalardan

$$\varphi = 2k\pi, (k = 0, 1, 2, \dots)$$

bo‘lsa, parallel joylashganda intensivlik maksimal bo‘lib, tik joylashganda nolga aylanadi.

$$\varphi = (2k + 1)\pi, (k = 0, 1, 2, \dots)$$

bo‘lganda esa aksincha bo‘lishi kelib chikadi.

### **Tayanch iboralar:**

Ikkilanib sinishda qutblanish, Elliptik qutblanish, qutblangan nurlar interferensiyasi, kristall plastinka qutblagichlar orasiga kiritilganda intensivliklarning o‘zgarishi.

### **Sinov savollari:**

1. Ikkilanib sinishda nurlarning qutblanishiga sabab nima?
2. Elliptik qutblangan nurlar qanday hosil qilinadi?
3. Nima uchun tik qutblangan nurlarda interferensiya kuzatilmaydi?
4. Qutblangan nurlarning interferensiyasi qachon kuzatiladi?
5. Qutblagichlar orasidagi plastinkaning qalinligi har xil bo‘lsa, qutblagichdan chiqqan nurlar qanday rangda ko‘rinadi?

## 24- Mavzu. Issiqlik nurlanishi qonunlarining qo'llanilishi. Optik pirometrlar. Yorug'lik manbalari

**Tabiiy aylanish.** Yassi qutblangan yorug'lik ba'zi moddalar orkali utganda yorug'lik vektori tebranish tekisligining aylanishi kuzatiladi, yoki qutblanish tekisligining aylanishi kuzatiladi. Bunday xossaga ega bulgan moddalar *optikaviy faol moddalar* deyiladi. Kristall jismlar (kvars, kinovar), sof suyukliklar (skipidar, nikotin), optikaviy faol moddalarning nofaol erituvchilardagi eritmalari (kand, vino kislotasi va boshkalarning suvdagi eritmalari) shular katoriga kiradi. Qutblanish tekisligining aylanishini Arago (1811 y.) kvarsda nurning ikkilanib sinishini urganishda kashf kilgan. Tulkin uzunligining tayinli kiymatida qutblanish tekisligining buralish burchagi moddaning kalinligiga proporsional buladi.

$$\varphi = \alpha l \quad (1)$$

$\alpha$  -koeffitsiyent aylanish doimiysi deb ataladi. U xar millimetrga tugri keladigan burchak graduslari bilan ifodalanadi. Aylanish doimiysi tulkin uzunligiga boglik buladi. Masalan, kvars uchun sarik nurlarda ( $\lambda = 0,5890$  mkm)  $\alpha = 21,7$  grad/mm, binafsha nurlarda esa ( $\lambda = 0,4017$  mkm),  $\alpha = 48,9$  grad/mm.

Eritmalarda qutblanish tekisligining ungga va chapga aylanishini aylanishini Paster (1848 y.) aniklagan.

Bio (1831 y.) tajribalar orkali eritmalarda qutblanish tekisligining aylanish burchagi nurning eritmadagi l yuliga va aktiv moddaning s konsentratsiyasiga proporsionaldir.

$$\varphi = [\alpha]_D l \quad (2)$$

bu ifodada  $[\alpha]$ - *solishtirma aylanish doimiysi* deyiladi.

Aylanish koeffitsiyenti tulkin uzunligining kvadratiga taxminan proporsional buladi. Umuman olganda,  $\lambda$  ortganda  $[\alpha]$  kamayadi.

Drudening tajribada tasdiklangan formulasi kuyidagicha:

$$[\alpha] = \frac{A}{\lambda^2 - \lambda_0^2}, \text{ shu } [\alpha] = \sum \frac{A_i}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \quad (3)$$

bu yerda  $\lambda_i$  -moddaning yutilish tasmalarining tulkin uzunligi.

Qutblanish tekisligining aylanishiga karab, optikaviy faol moddalar *ungga* va *chapga aylantiruvchi* moddalarga bulinadi. Agar nurga karama-karshi karab turilsa, unnga aylantiruvchi moddalarda qutblanish tekisligi soat strelkasi buyicha, chapga aylantiruvchi moddalarda esa soat strelkasiga teskari aylanadi.

Xamma optikaviy faol moddalar yukoridagi ikki xil kurinishda buladi. Bir kurinishdagi moddaning molekulari yoki kristallari ikkinchi kurinishdagi modda molekulari yoki kristallarining kuzgudagi aksi buladi. Bunday kristallarga *enantiomorf kristallar* deyiladi.

**Suniy aylanish.** Optikaviy nofaol moddalar magnit ta'sirida qutblanish tekisligini aylantirish xususiyatiga ega bulishi mumkin. Bu xodisani Faradey (1846 y.) kuzatgan. Shuning uchun bu xodisa ba'zan *Faradey samarasi* deb yuritiladi.

Qutblanish tekisligining aylanish burchagi yoruglikning modda ichida bosib utgan yuli va magnit maydon kuchlanganligiga proporsionaldir:

$$\varphi = VH \quad (4)$$

V- koeffitsiyent Verde doimiysi yoki solishtirma magnitaviy aylanish deb ataladi. U yoruglikning tulkin uzunligiga boglik.

**SaxarimetriY.**  $[\alpha]$  ning ma'lum bir eritmada tegishlitulkin uzunligi va temperaturaga oid kiymatini topib, eritilgan aktiv moddaning konsentratsiyasini topish mumkin. Masalan, kamishdan olingan shakarning suvdagi eritmalaridan  $t=20$  S da sarik nur utkazilganda  $\alpha = 66^\circ 46'$  bulgan.

Aktiv moddalarning konsentratsiyasini ulchashning bu usuli ishonchli va tezkor bulib xisoblanadi. Bu asboblarga *polyarimetrlar* yoki *saxarimetrlar* deyiladi.

Kand konsentratsiyasi aniklanganda naychaga kand eritmasi kuyiladi va uni analizator va polarizator orasiga joylashtiriladi. Naychada eritma bulmaganda analizatorning kurish maydoni yarim soyaga kuyilgan xolati kayd kilinadi. Sungra naychaga kand eritmasi tuldirilganda xam shunday xolat aniklanib, sung qutblanish tekisligining aylanish burchagi topiladi. (2) formulaga asosan kand eritmasi xisoblanadi.

### ***Tayanch iboralar:***

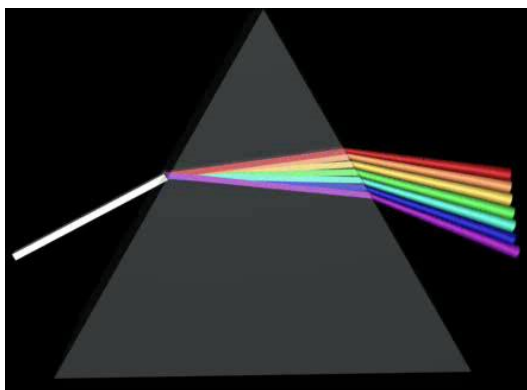
Qutblanish tekisligining aylanishi, tabiiy va suniy aylanish, aylanish doimiysi, solishtirma aylanish doimiysi, optik faol moddalar, unnga va chapga aylantiruvchi

moddalar, enantiomorf kristallar, magnit maydonida qutblanish tekisligining aylanishi, Verde doimiysi, saxarimetrlar, polyarimetrlar.

### *Sinov savollari:*

1. Qutblanish tekisligining aylanishiga sabab nima?
2. Optik faol moddalar kandy moddalar?
3. Qutblanish tekisligining aylanish burchagi nimalarga boglik?
4. Ungga va chapga aylantiruvchi moddalar bir-biridan nimasi bilan fark kiladi?
5. Suniy aylanish kandy yuzaga keladi?
6. Qutblanish tekisligining aylanishidan kayerlarda foydalaniladi?

## 25- Mavzu. Fotolyuminestsentsiya, fosforesentsiya va flyuoresentsiya.

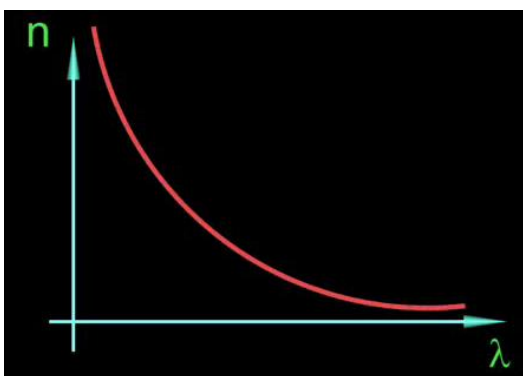


1-расм.

1. Dispersiyaning elementar elektron nazariyasi.

Moddanning yorug'likni sindirish ko'rsatkichining yorug'lik to'lqin uzunligiga yoki chastotasiga bog'liq bo'lish hodisasiga **dispersiya** deyiladi (1-rasm). Nyuton (1672 y.) yorug'likning shisha prizmada sinishida dispersiya hodisasini kuzatgan. Tajribalardan aniqlanganki, to'lqin uzunligi kamayishi bilan sindirish ko'rsatkichi keskin oshib boradi. Demak, *modda dispersiyasi* deb ataluvchi  $dn/d\lambda$  kattalik ham modul bo'yicha

ortib boradi. Bunday dispersiyaga **normal dispersiya** deyiladi (2-rasm).

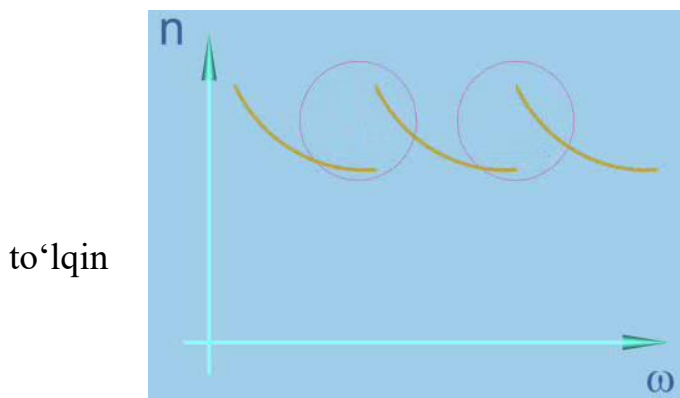


2-расм.

Normal dispersiya uchun:

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4} + \dots, \quad (1)$$

munosabat o'rinli bo'ladi. Bu yerda  $a, b, c, \dots$  tajribalardan aniqlanadigan kattaliklar. Formulaning birinchi ikki hadidan foydalansak:

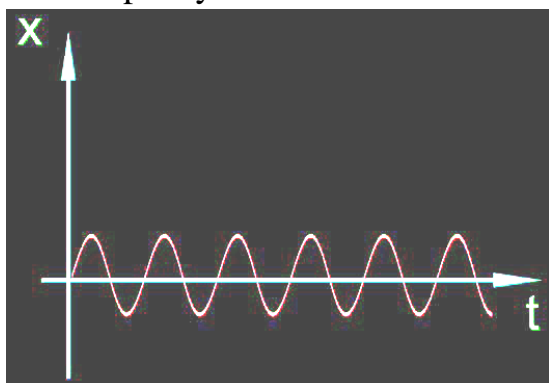


3-pacm

$$\frac{dn}{d\lambda} = -\frac{2b}{\lambda^3} \quad (2)$$

Spektrning yutilish qismida uzunligining oshishi bilan sindirish ko'rsatkichining oshishi kuzatiladi. Bunday dispersiyaga **anomal dispersiya** deyiladi (3-rasm).

Dispersiyani tushuntirish uchun to'liqlarning biror muhitda tarqalishini **ko'rib chikamiz** (4-rasm).



4-pacm.

Monoxromatik to'liq uchun quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$\xi = A \cos(\omega t - kx) \quad (3)$$

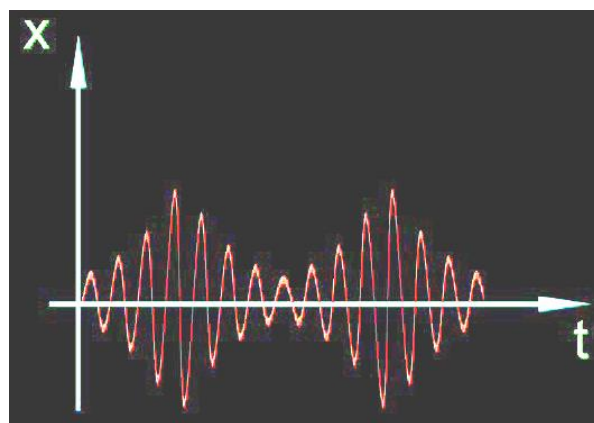
Bu to'liq fazasining fiksatsiyalangan qiymati:

$$\omega t - kx = const \quad (4)$$

bu ifodani differensiallab

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{\omega}{k} \quad (5)$$

qiymatni olamiz. Bu tezlik to'liqning fazoviy tezligini beradi.



5-pacm.

Real to'liq bir qancha monoxromatik to'liqlar to'plamidan iborat bo'ladi. To'liqlar guruhining amplitudasi maksimal bo'lgan nuqta *to'liqlar guruxining markazi* deyiladi. Bu markaz harakatlanish tezligiga *gruppaviy tezlik* deyiladi:

$$u = \frac{d\omega}{dk} = \frac{d(\nu\lambda)}{dk} = \nu + \lambda \frac{d\nu}{dk} = \nu - \lambda \frac{d\nu}{d\lambda} \quad (6)$$



Yorug'lik dispersiyasi elektromagnit nazariyasi va moddaning elektron nazariyasi asosida tushuntirilishi mumkin. Buning uchun yorug'likning modda bilan o'zaro ta'sirini ko'rib chiqamiz.

Lorens nazariyasiga asosan ko'pchilik optikaviy hodisalarni sifat jihatdan tushuntirish uchun atom va molekullarning ichida "kvazielastik" bog'langan elektronlar mavjud deb hisoblanadi.

Elektromagnit to'lqinining moddadan o'tishida har bir elektronga

$$f = eE \cos(\omega t + \alpha) \quad (7)$$

qonun bo'yicha o'zgaruvchi kuch ta'sir qiladi. Bu kuch ta'sirida elektron majburiy tebrana boshlaydi. Tebranishning fazasi va amplitudasi quyidagicha aniqlanadi:

$$r_m = \frac{(eE/m)}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}}, \quad \text{tg } \varphi = \frac{2\beta \omega}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad (8)$$

Bu yerda  $\omega_0$  - elektronning xususiy tebranish chastotasi,  $\beta$  - so'nish koeffitsiyenti.

Elektronlarning muvozanat holatidan siljishi natijasida molekula elektrik dipol momentiga ega bo'ladi:

$$p(t) = \sum e_i r_i(t) = \left( \sum \frac{e_i^2 / m_i}{\omega_{0i}^2 - \omega^2} \right) E(t) \quad (9)$$

Bu ifodani molekular soni  $N$  ga ko'paytirib modda qutblanish vektorining oniy qiymati ifodasini olamiz

$$P(t) = Np(t) = N \left( \sum \frac{e_i^2 / m_i}{\omega_{0i}^2 - \omega^2} \right) E(t) \quad (10)$$

Nihoyat,

$$n^2 = \varepsilon = 1 + \frac{P}{\varepsilon E} = 1 + \frac{N}{\varepsilon} \sum \frac{e_i^2 / m_i}{\omega_{0i}^2 - \omega^2} \quad (11)$$

Anomal dispersiya  $\omega_0 = \omega$  ga yaqinlashganda, ya'ni rezonans yutilish hodisasi yuz berganda kuzatiladi.

**Tayanch iboralar:**

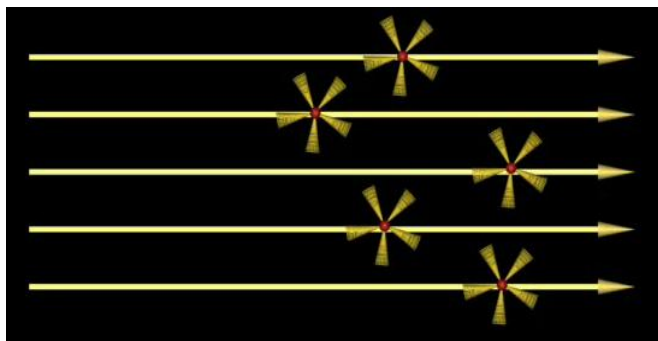
Yorug'likning modda bilan o'zaro ta'siri, dispersiya, normal va anomal dispersiya, faza va guruh tezligi, dispersiyaning elektron nazariyasi, rezonans yutilish.

### Sinov savollari:

1. Yorug'lik dispersiyasi nima?
2. Normal va anomal dispersiyani tushuntirib bering.
3. To'lqinlarning guruh tezligi ularning fazaviy tezligiga teng bo'lishi mumkinmi?
4. Lorens nazariyasiga asosan dispersiyani tushuntirib bering.

### 26- Mavzu. Tashqi fotoeffekt uchun Eynshteyn formulasi. Fotoeffekt xodisalarining amalda qo'llanilishi

Elektronlarning majburiy tebranishlari tufayli paydo bo'ladigan ikkilamchi to'lqinlar yorug'lik to'lqini olib kelayotgan energiyaning bir qismini chetga sochadi. Yorug'likning muhitda tarqalishida sochilishini Frenel nazariyasiga asosan ikkilamchi nurlarning interferensiyasi yordamida tushuntirish mumkin. Bir jinslilikning buzilishi



1-расм.

bu fazoviy bir jinslimasliklarda yuz beradigan difraksiya hodisalariga sabab bo'ladi. Bunday mayda birjinslimasliklar tufayli bo'ladigan difraksiya yorug'likning diffuziyasi [.../INSTALL/Optics/Optics/CLIPS/Les28.1.avi](http://.../INSTALL/Optics/Optics/CLIPS/Les28.1.avi) yoki *sochilishi* deyiladi (1-rasm).

Tindal (1869 y.) ko'zga ko'rinadigan yorug'lik to'lqinining uzunligiga nisbatan kichik bo'lgan zarralarda sochilishini birinchi bo'lib laboratoriya sharoitida kuzatdi. U osmonning zangori bo'lib ko'rinishiga Quyosh yorug'ligining Yer atmosferasidagi mayda chang zarralarida sochilishidan bulsa kerak deb hisoblagan.

Optik birjinslimasligi yaqqol ko'rinuvchi muhitlarga *xira muxitlar* deyiladi. Xira muhitlarda yorug'likning sochilishiga *Tindal hodisasi* deyiladi.

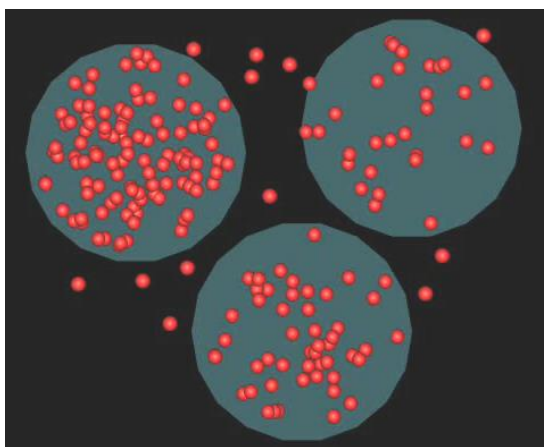
Reley (1899 y.) o'lchamlari yorug'lik to'lqin uzunligiga nisbatan kichik bo'lgan sferik zarralarda sochilgan yorug'lik intensivligini aniqlash uchun quyidagi ifodani aniqladi:

$$I = I_0 \frac{9\pi^2 \varepsilon_0^2 N(V')^2}{2\lambda^4 L^2} \left( \frac{\varepsilon - \varepsilon_0}{\varepsilon + \varepsilon_0} \right)^2 (1 + \cos^2 \theta) \quad (1)$$

Bu yerda:  $N$  – sohib yuboruvchi hajmdagi zarralar soni,  $V'$  va  $\varepsilon$  – zarraning hajmi va dielektrik singdiruvchanligi,  $\varepsilon_0$  – muhitning dielektrik singdiruvchanligi,  $\theta$  - sochilish burchagi,  $L$  – kuzatish nuqtasigacha bo‘lgan masofa.

Sochilgan yorug‘lik intenesivligi to‘lqin uzunligining to‘rtinchi darajasiga teskari proporsional ekan, bu qonunga *Reley konuni* deyiladi.

Mandelshtam (1907 y.) toza suyuqlik yoki gazlarda optik jihatdan birjinslimaslikka olib keladigan fizik sabablar borligini tushuntirib berdi. Mandelshtam va Smoxulovskiy (1908 y.) larning fikricha, bunga sabab zichlik fluktuatsiyasidir. Bu fluktuatsiyalar modda molekularining tartibsiz harakati tufayli yuzaga keladi; shuning uchun molekular sababchi bo‘lgan bunday sochilishga *molekulyar sochilish* [.../INSTALL/Optics/Optics/\\_CLIPS/\\_Les28\\_2.avi](http://.../INSTALL/Optics/Optics/_CLIPS/_Les28_2.avi) deyiladi (2-rasm).



2-рasm.

Zichlik fluktuatsiyasining ortishi uchun ayniqsa modda kritik holatining yaqinida qulay sharoit yuzaga keladi. Bu fluktuatsiyalar yorug‘likning shunday intensiv sochilishiga olib keladiki, yorug‘lik solingan shisha ampula butunlay qora bo‘lib ko‘rinadi (bu hodisa *kritik opalessensiya* deb ataladi).

*Yorug‘likning kombinatsion sochilishi.* Reley qonuniga asosan, sochilgan yorug‘likda energiya taqsimoti birlamchi yorug‘likdagi taqsimotdan spektrning qisqa to‘lqinli qismida energiya qiyosan ortiq bo‘lishi bilan farq qiladi. Biroq,

Raman, Landsberg va Mandelshtamm (1928 y.) larning sinchiklab o‘tkazgan tajribalari sochilgan yorug‘lik spektrida tushayotgan yorug‘likni xarakterlovchi chiziqlardan tashqari qo‘shimcha chiziqlar bo‘lishini ko‘rsatdi, ular tushayotgan yorug‘likning har bir chizig‘i yonida turadi. Bu hodisaning quyidagi konunlari tajribalardan topilgan:

1. Yuldoshlar tushayotgan yorug‘likning har bir chizig‘i yonida bo‘ladi.

Uyg‘otuvchi yorug‘lik spektral chizig‘ining chastotasi bilan yo‘ldoshlardan har biri chiziqlarining chastotalari orasidagi farq sochuvchi modda uchun xarakterli bo‘lib, uning molekularining xususiy tebranishlari chastotalariga teng.

2. Yuldoshlar tushuvchi chiziqdan ikki tomonda *simmetrik* yotuvchi ikki tizimdan iborat.

3. Temperatura ko'tarilganda "binafsha" yuldoshlarning intensivligi keskin oshadi.

Bu vaqtda sochilgan yorug'lik chastotasi tushayotgan yorug'lik bilan molekulalar ichida bo'ladigan tebranishlar chastotasining kombinatsiyasidan tarkib topadi. Shuning uchun bunday sochilishga *kombinatsion sochilish* deyiladi.

Kombinatsion sochilish usuli moddaning molekulyar tuzilishini tadqiq etishning muhim usuli hisoblanadi. Molekula tebranishlarining xususiy chastotalari bu usul yordamida osongina aniqlanadi, bu usul molekula simmetriyasining xarakteri, molekulalar ichida ta'sir kiluvchi kuchlarning kattaligi va umuman molekulyar dinamikaning o'ziga xos tomonlari tug'risida fikr yuritishga imkon beradi.

Mandelshtamm-Brillyuen uyg'otuvchi nurlanishning katta intensivligida chiziqli bo'lmagan bir qator optik hodisalar yuzaga kelishini kuzatganlar. Bunday sochilishga majburiy sochilish deb ataladi.

#### **Tayanch iboralar:**

Yorug'likning sochilishi, molekulyar sochilish, zichlik flukuatsiyasi, Tindal hodisasi, kritik opalessensiya, Reley qonuni, Mandelshtamm-Brillyuen sochilishi, kombinatsion sochilish.

#### **Cinov savollari:**

1. Yorug'likning sochilishi nima?
2. Tindal hodisasini tushuntirib bering.
3. Molekulyar sochilish nima va u qayerlarda qo'llaniladi?
4. Reley qonunining mohiyatini tushuntirib bering.
5. Kombinatsion sochilish nima va uning spektroskopiyada qo'llanishini tushuntiring.
6. Mandelshtamm-Brillyuen sochilishining fizik mohiyatini tushuntirib bering.

**27- Mavzu. Yorug'likning sochilishi. Molekulyar va spektral analiz. Optik bir jinsli bo'lmagan muhitda yorug'likning sochilishi. Yorug'likning muhitlardan molekulalar va kombinatsion sochilishi. Sochilish spektrini tajribada qayd qilish.**

Moddadan yorug'lik o'tayotganda to'lqinning elektromagnitik maydoni ta'sirida muhitning elektronlari tebraniadi va bu to'lqin energiyasining bir qismi elektronlarni tebrantirishga sarf bo'ladi. Elektronlarga berilgan bu energiyaning bir qismi elektronlar tarqatadigan ikkilamchi to'lqinlar ko'rinishida yana yorug'likka qaytarib beriladi; uning boshqa bir qismi esa energiyaning boshqa turlariga ham o'tishi mumkin. Agar

moddaning sirtiga  $I$  intensivlikli prallel nurlar dastasi (yassi to‘lqin) tushayotgan bo‘lsa, yuqorida aytilgan protsesslar oqibatida, to‘lqin modda ichiga kira borgan sari uning  $I$  intensivligi kamaya boradi.

Xaqiqatan ham tajriba yassi to‘lqinning intensivligi

$$I = I_0 e^{-\alpha d} \quad (1)$$

qonun bo‘yicha sistematik ravishda kamayib borishini ko‘rsatadi, bunda  $I_0$ -kirayotgan to‘lqinning intensivligi,  $\alpha$  - umuman aytganda to‘lqin uzunlikka bog‘liq bo‘lgan yutilish koeffitsiyenti,  $d$  - qatlamning qalinligi.  $\alpha$  ni o‘lchaganda, albatta, yorug‘likning bir qismi tekshirilayotgan modda chegarasidan qaytishini hisobga olish va masalan, Frenel formulalari yordamida tegishli tuzatmalar kiritish kerak. Kalinligi  $d_1$  va  $d_2$  bo‘lgan qatlamlardan o‘tgan yorug‘likning mos  $I_1$  va  $I_2$  intensivliklarini o‘lchash yana ham qulayrok.  $I_1/I_2 = \text{yexr} [\alpha(d_2 - d_1)]$  munosabatdan  $\alpha$  yutilish koeffitsiyentining haqiqiy qiymatini, ya‘ni yorug‘likning qaytishiga tegishli tuzatmadan holi bo‘lgan qiymatini topamiz.

Bu  $\alpha$  koeffitsiyenti son qiymati moddaning yorug‘lik (yassi to‘lqin) intensivligini  $\text{ye} = 2,72$  marta kamaytiruvchi qatlamning  $d = 1/\alpha$  qalinligini ko‘rsatadi.  $\alpha$  koeffitsiyent to‘lqin uzunlikning funksiyasi bo‘lganligi uchun odatda uning qiymatlari jadval ko‘rinishida yoki grafik ko‘rinishida beriladi. Ba‘zan  $\alpha$  ning  $\lambda$  ga bog‘lanishi ancha g‘alati ko‘rinishga ega bo‘lib, unda ko‘p yutilishning ensiz sohalari bor, bularga yaqin joylashgan to‘lqin uzunliklar esa sezilmas darajada susaymasdan o‘tadi.

$I = I_0 \text{yexr}(-\alpha d)$  umumiy qonuniyat  $\alpha$  yutish koeffitsiyenti to‘g‘risida tushuncha kiritadi va yutuvchi modda qalinligi arifmetik progressiya bo‘yicha ortib borgani holda yorug‘likning intensivligi geometrik progressiya bo‘yicha kamayib borishini ko‘rsatadi. Bu qonunni Buger (1729 y) tajribada topgan va nazariy jihatdan asoslagan. U Buger qonuni deyiladi. Bu qonunning fizik ma‘nosi quyidagidan iborat: yutish ko‘rsatkichi yorug‘likning intensivligiga, binobarin yutuvchi qatlamning qalinligiga bog‘liq emas. S.I. Vavilov yorug‘lik intensivligi o‘zgarishining juda keng sohasida Buger qonuni to‘g‘ri ekanligini ko‘rsatdi. Ammo shuni hisobga olish lozimki, yorug‘lik yutgan molekula yangi uyg‘ongan holatga o‘tib, yutilgan energiyani jamqaradi. Molekula hali bunday holatda turganida uning yorug‘lik yutish qobiliyati o‘zgargan bo‘ladi. S.I. Vavilov tajribalarida Buger qonunining eng katta intensivliklarda ham to‘g‘ri bo‘lishi shu narsani isbot qiladiki, har bir paytda bunday uyg‘otilgan molekulalar soni juda oz bo‘ladi, ya‘ni molekulalar uyg‘ongan holatda juda qisqa vaqt turadi. Haqiqatan ham, bu tajribalarda ishlatilgan barcha moddalarda molekulalarning uyg‘ongan holatda juda qisqa vaqt turadi. Haqiqatan ham, bu tajribalarda ishlatilgan barcha moddalarda molekulalarning uyg‘ongan holatda turish vaqti  $10^{-8}$  s dan ortmaydi. Juda ko‘p moddalar ana shu tipga taalluqli, demak, ular uchun Buger qonuni o‘rinlidir.

Buger zichligi hamma joyda ham bir xil bo'lmagan muhitning yorug'lik yutishi masalasini ko'rib chikdi va "nurlarni tutib qola oladigan yoki sochib yubora soni teng zarralarni uchratganidagina yorug'lik bir xil o'zgara oladi" va demak, yutish uchun "qalinliklar emas, balki bu qalinliklarda joylashgan modda massalari" ahamiyatga egadir, deb ishonch bildirdi. Bugerning bu ikkinchi qonuni katta amaliy ahamiyatga ega, chunki tajriba haqiqatan ham shuni ko'rsatadiki, yorug'likni gaz molekulari yutgandagi yoki deyarli yutmaydigan erituvchida erigan modda molekulari yutgandagi ko'pchilik hollarda yutish koeffitsiyenti yorug'lik to'lqini yulidagi birlik uzunlikda joylashgan yutuvchi molekularlar soniga, ya'ni  $s$  – konsentratsiyaga proporsional bo'ladi. Boshqacha aytganda,  $\alpha$  – absorbsiya (yutish) koeffitsiyenti  $\alpha = As$  munosabat bilan ifodalanadi va Bugerning umumlashgan qonuni

$$I = I_0 e^{-Acd} \quad (2)$$

ko'rinish oladi, bunda  $A$  – konsentratsiyaga bog'liq bo'lmagan va yutuvchi modda molekulari uchun xarakterli bo'lgan yangi koeffitsiyent.  $A$  ni konsentratsiyaga bog'liq emas, deb tasdiqlaydigan qonun ko'pincha Berr qonuni deb ataladi, chunki Berr rangli suyukliklarning yorug'lik yutishi ustida o'tkazgan o'lchashlari asosida ana shunday xulosaga kelgan edi. Bu qonunning fizik ma'nosi molekulaning yutish qobiliyati atrofdagi molekularlar ta'siriga bog'liq emasligidan iboratdir.

Atomda elektron tebranishlarining so'nishini xarakterlovchi  $g$  koeffitsiyent absorbsiya hodisasini izohlab beradi. Haqiqatan ham, yutuvchi muhitda  $z$  chuqurlikka yetib borgan yassi to'lqin amplitudasi

$$A = A_0 \exp\left[-\frac{2\pi}{\lambda_0} n_H z\right] \quad (3)$$

ko'rinishda ifodalanishini topgan edik. Ravshanki, bu qonun Buger qonuniga ekvivalent, chunki bu holda  $z=d$ , to'lqin intensivligi amplituda kvadratiga proporsional bo'lganligidan  $\alpha$  yutilish koeffitsiyenti  $\frac{4\pi}{\lambda_0} n_H$  bilan ifodalanadi.  $g=0$  bo'lganda  $n_H$  koeffitsiyent nolga aylanadi, ya'ni  $g$  koeffitsiyent nolga teng bo'lgan muhit yorug'likni yutmaydi.

### Tayanch iboralar:

Yorug'likning yutilishi, yutilish koeffitsiyenti, kattik jismlarda yutilish, Buger - Berr qonuni, Vavilovning yorug'likning yutilishiga oid tadqiqotlari.

### Sinov savollari:

1. Yorug'likning yutilishi nima?
2. Yutilish koeffitsiyenti nimalarga bog'liq va qanday aniqlanadi?

3. Suyukliklarda yutilish koeffitsiyentining eritma konsentratsiyasiga bog'liqligini tushuntirib bering.
4. Vavilovning yoruglik yutilishiga doir tadqiqotlarini tushuntirib bering.
5. Yorug'likning yutilishining fan va texnikada qo'llanishini ko'rsating.

## **28- Mavzu. Sochilish nazariyalari. Sochilgan yorug'likning qutblanishi. Sochilishning nozik strukturasi.**

Manbaning nurlanishga sarflanayotgan energiyasi turlicha to'ldirilishi mumkin. Masalan:

-ximiyaviy reaksiyada ajraladigan energiya hisobida yuzaga keladigan nurlanishga *ximilyuminessensiya*;

-elektr energiyasi hisobiga yuz beradigan gaz razryadi nurlanishiga *elektrolyuminessensiya*;

-elektronlar bilan bombardimon kilish tufayli yuzaga keladigan nurlanish *katodolyuminessensiya*;

-jismlarni kizdirish tufayli chiqariladigan nurlanish *issiqlik nurlanishi*. va boshqalar.

Agar jism bilan nurlanish orasidagi energiya taqsimoti har bir to'lqin uzunligi uchun doimiy qolsa, jism-nurlanish tizimidagi holat *muvozanatli* bo'ladi. Barcha nurlanishlar orasida faqatgina issiqlik nurlanishi muvozanatli bo'ladi. Muvazanatda bo'lgan holat va jarayonlar uchun termodinamika qonunlarini qo'llash mumkin. Demak, issiqlik nurlanishi xam termodinamika tamoyillaridan kelib chiqadigan ba'zi umumiy qoidalarga bo'ysunadi. Shu qonunlarni ko'rib chiqamiz.

**Kirxgof qonuni.** Nurlanayotgan jismning birlik yuzasidan hamma yo'nalish bo'ylab chiqarilayotgan energiya oqimiga jismning *energiyaviy yorituvchanligi* deyiladi.

$$R_{\omega T} = \int_0^{\omega} r_{\omega T} d\omega \quad (1)$$

bu yerda  $r_{\omega T}$  jismning *nur chiqarish qobiliyati* deyiladi.

Jism sirtiga  $dF$  nuriy energiya oqimi tushayotgan, bu energiya oqimining  $dF$  qismi yutilayotgan bo'lsin. Jismning *nur yutish qobiliyati* deb quyidagi o'lchamsiz kattalikka aytiladi:

$$a_{\omega T} = \frac{d\Phi'_{\omega}}{d\Phi_{\omega}} \quad (2)$$

Kirxgof qonuni quyidagicha: *Nur chiqarish va nur yutish qobiliyatlarining o'zaro nisbati jismlarning tabiatiga bog'liq bo'lmay, hamma jismlar uchun chastota (yoki to'lqin uzunligi) hamda temperaturaning universal funksiyasi hisoblanadi.*

$$f(\omega, T) = \frac{r_{\omega T}}{a_{\omega T}} \quad (3)$$

**Stefan-Bolsman va Vin qonunlari.** 1879 y.da Stefan, eksperimental natijalarga asoslanib, 1884 y.da Bolsman termodinamik mulohazalardan foydalanib, mutloq qora jismning energiyaviy yoritilganligi uchun quyidagi ifodani topdilar:

$$R_s = \int_0^{\infty} f(\omega, T) = \sigma T^4 \quad (4)$$

bu yerda  $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-7} \text{ eml/m}^2 \cdot \text{zpa}^{\circ}$  - *Stefan-Bolsman doimiysi* deyiladi. (4) – ifoda **Stefan-Bolsman qonuni** deb ataladi.

Vin (1893 y.) termodinamika va elektrodinamika qonunlaridan foydalanib, spektral taqsimot funksiyasining quyidagi ko'rinishda bo'lishini ko'rsatdi:

$$f(\omega, T) = \omega^3 F\left(\frac{\omega}{T}\right) \quad (5)$$

$$T\lambda_m = b \quad (6)$$

Bu ifodalar **Vin qonunlari** deb yuritiladi. Bu ifodadagi  $b = 2,90 \cdot 10^7 \text{ A}^{\circ}$  *zpa* ga teng.

**Reley-Jins formulasi.** Reley va Jins energiyaning erkinlik darajalari bo'yicha teng taqsimlanishi haqidagi klassik statistik teorema asoslanib quyidagi ifodani oldilar:

$$f(\omega, T) = \frac{\omega^2}{4\pi^2 c^2} kT \quad (7)$$

bu ifoda **Reley-Jins formulasi** deb ataladi.



Issiqlik nurlanishi qonunlarini klassik fizika asosida tushuntirishlarning barchasi muvoffaqiyatsizlikka uchrashi bu qonunlardan tashqari yana qandaydir qonuniyatlar borligini ko'rsatdi.

1900 y.da **M.Plank**  $f(\omega, T)$  funksiyaning tajriba natijalari bilan anik mos keluvchi ifodasini topishga muvaffaq bo'ldi. Buning uchun u klassik nazariyaga mos kelmovchi quyidagi nazariyani ilgari surdi: *elektromagnit to'lqinlari alohida-alohida energiya porsiyasi (kvanti) shaklida tarqaladi*. Kvant energiyasi nurlanish chastotasiga proporsional:

$$\varepsilon = \hbar \omega \quad (8)$$

Issiqlik nurlanishida energiya taqsimoti funksiyasi ko'rinishi quyidagicha:

$$f(\omega, T) = \frac{\hbar \omega^3}{4\pi^2 c^2} \frac{1}{e^{\hbar\omega/kT} - 1} \quad (9)$$

Bu formula **Plank formulasi** deb aytiladi. Plank doimiysining tajribalardan topilgan qiymati quyidagiga teng:  $\hbar = 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .

Plank formulasi yordamida yuqorida bayon qilingan barcha qonunlarni keltirib chiqarish mumkin. Issiqlik nurlanishi qonunlarini o'rganish jarayonida kvant fizikasiga asos solindi va bu nazariya yordamida barcha mikro va makro dunyoda ruy berayotgan hodisalar to'la tushuntirilib berildi.

### **Tayanch iboralar:**

Nurlanish turlari – ximilyuminessensiya, elektroyuminessensiya, katodolyuminessensiya, issiqlik nurlanishi, energetik yorituvchanlik, jismlarning nur yutish va nur chiqarish qobiliyatlari, nurlanish qonunlari – Kirxgof, Stefan-Bolsman, Vin, Reley-Jins, Plank nazariyasi, energiya kvanti, kvant nazariyasi.

### **Sinov savollari:**

1. Tabiatdagi nurlanish turlarini ayting.
2. Quyosh nurlanishi qanday turdagi nurlanishga misol bo'ladi?
3. Muvozanatli nurlanish nima?
4. Issiqlik nurlanishi qonunlaridan qayerlarda foydalaniladi?
5. Klassik nazariya issiqlik nurlanishi qonunlarini tushuntirishda nima uchun ojizlik qildi?
6. Kvant nazariyasi yordamida nurlanish qonunlari kanday tushuntiriladi?

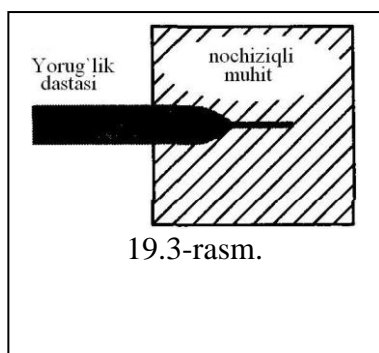
Foydalanilgan adabiyotlar

1. S.A.Axmanov, S.Y.Nikitin, Fizicheskaya optika, M., Izd.MGU, 1998 g.

2. I.V.Savelyev, Umumiy fizika kursi, t. 3, Toshkent, 1976, .
3. I.V.Savelyev, Kurs obshey fiziki, t. 2, M., Nauka, 1982 g.
4. I.V.Savelyev, Kurs obshey fiziki, t. 3, M., Nauka, 1982 g.
5. L.V. Tarasov, Vvedeniye v kvantovuyu optiku. M., Visshaya shkola, 1987 g.
6. A.P.Matveyev, Optika, Moskva, Visshaya shkola, 1985.
7. G.S.Landsberg, Optika, Toshkent, O'qituvchi, 1981.
8. S. Bozorova, N. Kamolov, Fizika (Optika va yadro fizikasi), Toshkent, 2007 y.

## 29- Mavzu. Spontan majburiy va indutsirlangan nurlanich. Lazerlar. Golografiya va uning amalda qo'llanilishi.

**Yorug'likning majburiy kombinatsion sochilishi** (19.2-rasm). Dastlab yorug'likning kombinatsion sochilishi hodisasi 1928 yilda Rossiyada G.S.Landsberg va L.I.Mandelshtam hamda ularga bog'liq bo'lmagan holda Hindistonda CH.V.Raman va K.S.Krishnan tomonidan kuzatilgan. MKS ni 1962 yilda Vudberi va Nga kuzatdilar. Bu effektning ma'nosi shundaki, kuchli lazer dastasi maydonida muhit intensiv nurlanish generatsiyalaydi. Bu nurlanish chastotasi, lazer chastotasiga nisbatan, molekulyar tebranishlar chastotasiga teng bo'lgan kattalikka siljigan bo'ladi. Bu jarayon mexanizmi, spontan sochilishdagi kabi, molekulyar tebranishlar tomonidan vujudga keltiriluvchi yorug'lik modulyatsiyasidan iborat. Yo'nalishi har tomonga va kuchsiz bo'lgan spontan sochilishdan farqi shundaki, majburiy sochilish lazer generatsiyasini eslatadi. Majburiy sochilishning quvvati va yo'nalishi lazer dastasining analogik parametrlariga yaqindir. Buning sababi shundaki, majburiy sochilish xaotik



molekulyar-issiqlik tebranishlarda bo'lib o'tmay, balki muhitning yorug'lik tomonidan uyg'otilgan va fazalangan katta hajmida ro'y beradi. Spontan sochilishining majburiy sochilishiga o'tishi uyg'otuvchi yorug'likning *MKS ostonasi* deb atalmish intensivligidan oshganida ro'y beradi. MKS ni 1962 yilda Vudberi va Nga kuzatdilar.

**Yorug'likning o'zifokuslanishi** - bu kuchli lazer dastasi maydonida muhitning fokuslovchi (linzaviy) hususiyatlarga ega bo'lishidir (19.3-rasm). Buning natijasida yorug'lik dastasi yupka yorug'lanuvchi ipga aylanadi yoki bir nechta shunday iplarga bo'linadi.

**Kuchli yorug'lik to'lqinlari uchun superpozitsiya prinsipining buzilishi.** Nochiziqli optik hodisalarning ko'p qirraligida, ularning barchasiga tegishli bo'lgan, ba'zi bir umumiy hususiyatlarni ko'rsatish mumkin. *Birinchi*dan, yorug'lik intensivligiga kuchli bog'lanish mavjud. Ma'lumki, nochiziqli optik effekt yetarlicha yuqori quvvatli yorug'lik intensivliklarida sezilarli bo'ladi. Nochiziqli optika - kuchli yorug'lik maydonlari, yuqori quvvatli lazer dastalari optikasidir. *Ikkinchi*dan,

nochiziqli effektlar uchun superpozitsiya prinsipining buzilishi xarakterlidir. Bu prinsipning mohiyati shundaki, har xil chastotali, yo'nalishli, qutblanishli yorug'lik to'lqinlari muhit bilan bir-biridan mustaqil ravishda o'zaro ta'sirlashadilar va tarqaladilar. Nochiziqli optikada bunday emas. Bunda yangi spektral komponentlar paydo bo'ladi, har xil yorug'lik to'lqinlari o'zaro ta'sirlashadilar, bitta to'lqinning ikkinchisiga aylanishigacha ular orasida energiya almashinishi ro'y beradi. Masalan, ikkinchi optik garmonika generatsiyasi.

## 2. Nochiziqli muhitning moddiy tenglamasi

Nochiziqli optik hodisalar nazariyasi moddiy tenglamalar va Maksvell tenglamalari asosida tuzilgan. Dielektrik, neytral, nomagnit muhit uchun Maksvell tenglamalari quyidagicha bo'ladi:

$$\operatorname{rot}\vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}, \quad \operatorname{rot}\vec{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \quad \operatorname{div}\vec{D} = 0, \quad \operatorname{div}\vec{H} = 0,$$

bu yerda

$$\vec{D} = \vec{E} + 4\pi\vec{P}$$

Maksvell tenglamalaridan quyidagicha to'lqin tenglamasi kelib chiqadi:

$$\operatorname{rot}\operatorname{rot}\vec{E} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{P}}{\partial t^2}, \quad (19.1)$$

u izotrop muhit uchun quyidagicha ko'rinish oladi:

$$\Delta\vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \frac{4\pi}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{P}}{\partial t^2} \quad (19.2)$$

(19.1) va (19.2) tenglamalarda  $\vec{E}$  - yorug'lik to'lqinining elektr maydoni kuchlanganligi vektori,  $\vec{P}$  - muhit qutblanishining vektori. Bu tenglamalar teng holda ham chiziqli, ham nochiziqli muhitlar uchun o'rinlidir. Bu tenglamalarga binoan, muhitning qutblanishi yorug'lik maydonining manbasi hisoblanadi.

O'z navbatida, muhitning qutblanishi tushuvchi yorug'lik to'lqini ta'sirida vujudga keladi. Yorug'lik maydoni orqali qutblanishning vujudga keltirilishi quyidagicha yoziladi, bu tenglama esa muhitning strukturasi va hususiyatlari ko'rsatadi:

$$\vec{P} = \vec{P}(\vec{E})$$

Nochiziqli muhitning oddiy moddiy tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$P = \kappa E + \chi^{(2)} E^2 + \chi^{(3)} E^3 + \dots \quad (19.3)$$

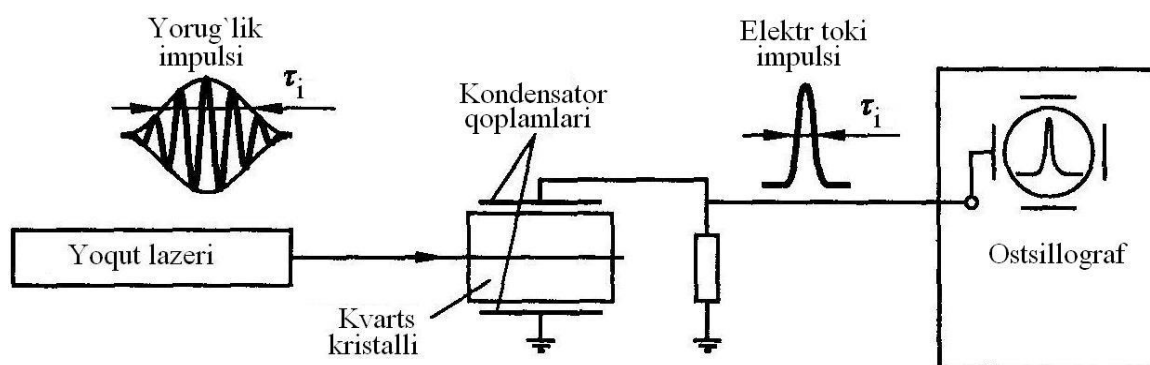
Bu tenglamaga binoan, muhitning qutblanishi yorug'lik maydoni qutblanganligining *nochiziqli* funksiyasidir. (19.1) - (19.3) tenglamalardan optik garmonikalar generatsiyalanishi va boshqa nochiziqli optik effektlarning mumkinligi kelib chiqadi. Shu o'rinda takidlash kerakki, (19.3) tenglamadagi nochiziqli qo'shiluvchilarning nisbiy kattaligi yorug'lik maydoni kuchlanganligining, ya'ni yorug'lik to'lqini intensivligining, oshishi bilan o'sadi.  $\kappa$ ,  $\chi^{(2)}$ ,  $\chi^{(3)}$ ,... kattaliklar muhit hossalriga bog'liq va *optik kiruvchanlik* deb ataladi. Hususan,  $\kappa$  - *chiziqli optik kiruvchanlik*,  $\chi^{(2)}$

- ikkinchi darajali nohiziqli kiruvchanlik,  $\chi^{(3)}$  - uchinchi darajali nohiziqli kiruvchanlik deyiladi va hokazo.

### 30- Mavzu. Magnioptika va elektrooptika

Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, kvadratik nohiziqli muhitda, kuchli yorug'lik to'liqini ta'sirida yorug'lik intensivligiga kattaligi proporsional bo'lgan doimiy qutblanish vujudga kelishi kerak. Bu effekt *optik detektorlash* yoki *yorug'likning to'g'rilanishi* deyiladi. O'z navbatida doimiy qutblanish muhitda doimiy elektr maydonining paydo bo'lishiga olib keladi. Bu elektr maydoni qayd qilinishi va o'lchanishi mumkin.

19.4-rasmda optik detektorlashni kvars kristallida kuzatishning sxemasi tasvirlangan. Yoqut lazerining yorug'lik dastasi elektr kondensator ichiga



19.4-rasm.

joylashtirilgan kvarsga tushadi. Detektorlash effekti tufayli lazerning yorug'lik impulsi kondensator zanjirida elektr toki impulsini uyg'otadi. Bunday tajribalarni turli xil muhitlarning kvadratik optik nohiziqliligini aniqlash uchun qo'llash mumkin.

#### 1. Atomlarning kvant hossalari. Bor postulatları

Uzoq tarixdan ma'lumki, bizning ongimizdan tashqarida yashayotgan obyektiv borliq, ya'ni materiya atomlardan tashkil topgan. O'sha davrdan atomga materiyaning bo'linmas eng kichik zarrasi deb qaralgan edi. Shuning uchun ham atom grekcha «atomos» so'zidan olingan bo'lib, «bo'linmas» degan ma'noni anglatadi.

Atomning tuzilishi haqidagi birinchi atom modelini 1904 yilda ingliz olimi J.J.Tomson (1856-1940) yaratdi. Bu modelga binoan atom shar shaklida bo'lib, uning butun hajmida zaryadlar bir tekis taqsimlangan. Shu musbat zaryadlar orasida elektronlar ham joylashgan bo'lib, ularning soni musbat zaryadlar soniga teng bo'gani uchun atom neytral hisoblanadi. Elektron muvozanat vaziyatidan siljiganda uni muvozzant vaziyatiga qaytaruvchi elastik kuchga o'xshash kuch hosil bo'ladi. Shu kuch ta'sirida elektron garmoni k tebranma harakat qiladi. Maksvell elektromagnit to'liqin

nazariyasiga asosan elektron atomda tebranma harakat qilgani uchun atom monoxromatik elektromagnit to‘lqin sochadi.

Bu elektromagnit to‘lqin chastotasi elektronning tebranish chastotasiga to‘g‘ri keladi. Tomson shu atom modeli bilan atomning nurlanish spektri chiziqli bo‘lishini tushuntirib berdi. G.N.Lorens, Tomsonning bu atom modeli asosida yorug‘lik dispersiyasining elektron nazariyasini yaratdi. Bu nazariya normal va anomal dispersiyalarini tushuntirib berdi. O‘z vaqtida Tomson modeli fizikada muhim rol o‘ynaydi. Ammo bu model uzoq yashamadi.

Ingliz olimi Rezerfordning radioaktiv moddalardan chiquvchi  $\alpha$ - zarrachalarini yupqa metal qatlamidan o‘tganda sochilishini o‘rganib, 1911 yilda atom tuzilishining yangi modelini yaratdi. Rezerford atom tuzilishini quyidagicha faraz qildi: *atomning nihoyat kichik sohasida musbat zaryad joylashgan, uning atrofidagi atomning barcha sohasi esa manfiy zaryadli elektronlar bulutidan iborat bo‘lib, bu elektronlarning to‘liq zaryadi musbat zaryadga miqdoran teng.*

Rezerford yuqoridagi tajriba natijalari asosida atomning yadro modelini yaratdi. Bu modelga binoan atom markazida musbat zaryadlangan yadro («mag‘iz» degan ma‘noni anglatadi) joylashgan. Yadro bilan elektronlar o‘zaro ta’sirlashishi natijasida elektronlar yadro atrofida aylana shaklidagi orbitalar bo‘ylab aylanma harakat qiladilar. Yadro kuchlari maydoni markazga intilma kuch vazifasini bajaradi. Yadro atrofida aylanayotgan elektron uchun Nyutonning III qonuni quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{m_e v^2}{r} \quad (27.1)$$

bu yerda  $v$  – elektronning orbitadagi tezligi,  $m_e$  – elektronning massasi,  $e$  – elektron zaryadi,  $r$  – orbita radiusi,  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$  – elektr doimiy. Elektronlarning umumiy zaryadi, yadrodagi musbat zaryadlarning umumiy zaryadiga teng bo‘lgani uchun atom elektr zaryadiga ega emas.

Rezerford tajribaga va atom yadro modeliga asoslanib atom zaryadini va o‘lchamini aniqlashga muvaffaq bo‘ldi. Yadroning zaryadi elektron zaryadiga karrali bo‘lib,

$$q = +Ze \quad (27.2)$$

ekanligi aniqlandi. Bu yerda  $Z$  – elementning Mendeleev davriy sistemasidagi tartib raqami. Rezerford ana shu narsaga aniqlik kiritadiki, elementning davriy sistemadagi o‘rni Mendeleev ko‘rsatganidek, uning atom massasi bilan emas, balki yadro zaryadi bilan aniqlanadi. Rezerford ayrim elementlarning davriy sistemadagi o‘rniga tuzatishlar kiritdi, ya’ni ularning tartib raqamlarini o‘zgartiradi. Rezerford tadqiqotlari yadro o‘lchami ( $10^{-13} \text{ sm}$ ) ni aniqlashga imkon berdi.

Ammo atom tuzilishi to‘g‘risidagi Rezerford modeli klassik fizika qonunlari doirasida joylashmaydi. Bu model yadro atrofida aylanayotgan elektronning orbitasi nima sababdan turg‘un ekanligiga ham javob bera olmaydi. Atom sochilayotgan yorug‘lik spektri ham uzluksiz bo‘lmay, balki chiziqlidir. Daniyalik fizik Nils Bor M.Plankning kvant energiyasi haqidagi ta’limotini va tajribada kuzatilgan vodorod atomi spektral seriyalarini o‘rganib, atom tuzilishining yangi nazariyasini yaratdi.

Atomning energetik holatlarining diskretligi to'g'risidagi tasavvurga tayanib, N.Bor 1913 yilda Rezerfordning atom modeliga o'sha vaqtda tajribada kuzatilgan vodorod atomi spektri va nurlanish kvanti tushunchalarini mohirlik bilan umumlashtirib, atomning yangi nazariyasini yaratdi. Bor o'zining atom nazariyasiga isbotsiz qabul qilinuvchi uch postulatni asos qilib oldi. Bu postulatlar quyidagicha ta'riflanadi.

*I postulat.* Atom yetarlicha uzoq vaqt turg'un holatlarda bo'lishi mumkin, bu holatlardagi atom energiyasining qiymatlari  $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$  diskret qatorni tashkil etadi. Atom ana shu turg'un holatlarini birida bo'lishi mumkin xolos. Atomning turg'un holatiga elektronning turg'un orbitalarda aylanishi mos keladi. Elektronlar turg'un orbitalarda aylanganda atom yorug'lik sochmaydi va yutmaydi.

*II postulat.* Atomdagi elektron ixtiyoriy orbitalar bo'ylab aylanmasdan impuls momenti Plank doimiysiga karrali bo'lgan orbitalar bo'ylab aylanadilar:

$$L_n = m_e v r_n = n \hbar \quad (27.3)$$

bu yerda  $n = 1, 2, 3, \dots$ , qiymatlarni oladi va elektron orbitasining tartib raqamini bildiradi,  $r_n$  –  $n$ -orbita radiusi,  $\hbar = h/2\pi = 1,055 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ .

*III postulat.* Atom energiyasi  $W_n$  bo'lgan bir turg'un holatdan energiyasi  $W_m$  bo'lgan ikkinchi turg'un holatga o'tganda energiyaning bitta kvanti chiqariladi yoki yutiladi. Bu kvantning chastotasi quyidagi

$$\omega = \frac{W_n - W_m}{\hbar} \quad (27.4)$$

munosabat bilan aniqlanadi.  $W_m < W_n$  shart bajarilsa, kvant nurlantiriladi,  $W_m > W_n$  bo'lganda esa kvant yutiladi.

Elektron yuqori orbitadan quyi orbitaga tushsa, atom yorug'lik kvanti sochadi. Elektron kuyi orbitadan yuqori orbitaga chiqishi uchun esa tashqaridan yorug'lik kvanti yutadi.

## AMALIY MASHG'ULOTLAR

### 1. Geometrik optika. Linza va prizmalarda nurlarning yo'li. Tasvir yasash.

#### Linzalarning optik kuchi. Yorug'likning qaytish va sinish qonuni.

1. Ikkita yassi to'g'ri to'rtburchakli ko'zgu ikki qirrali  $\varphi = 170^\circ$  burchak hosil qiladi. Ko'zgularning tegib turish chizig'idan  $l = 10 \text{ sm}$  masofada va har bir ko'zgudan bir hil masofada nuqtaviy yorug'lik manbai turibdi. Manbaning ko'zgulardagi mavhum tasvirlari orasidagi  $d$  masofa aniqlansin. (3.5 mm)

2. Botiq yumaloq ko'zgu ekranda narsa tasvirini  $G=4$  marta kattalashtirib beradi. Narsadan ko'zgugacha bo'lgan masofa  $\alpha = 25$  sm. ko'zguning egrilik radiusi aniqlansin. (40 sm)

3. Botiq ko'zguning fokus masofasi  $f = 15$  sm. Ko'zgu narsaning haqiqiy tasvirini 3 marta kichiklashtirib beradi. Narsadan ko'zgugacha bo'lgan  $\alpha$  masofa aniqlansin. ( 60 sm )

4. **a** va **b** rasmlarda sferik ko'zguning bosh optik o'qi MN ning o'rni, nurlanuvchi nuqta S vauning tasviri S' ko'rsatilgan. Tuzish yo'li bilan ko'zguning optik markazo O, Uning qutblari P va bosh fokusi F ning o'rni topilsin. Berilgan ko'zgu botiq yoki qavariqligi aniqlansin. Tasvir haqiqiy bo'ladimi yoki mavhummi?



5. Qavariq ko'zguning egrilik radiusi  $R = 50$  sm, balandligi  $h = 15$  sm bo'lgan jism ko'zgudan  $a = 1$  m masofada turibdi. Ko'zgudan tasvirgacha bo'lgan masofa  $b$  va uning balandligi  $H$  aniqlansin. (-20 sm, 3 sm)

6. Botiq ko'zgu ekranda quyoshning tasvirini  $d = 28$  mm li doira ko'rinishida beradi. Osmondagi quyoshning diametri burchak o'lchagichda  $\beta = 32^\circ$ . Ko'zguning egrilik radiusi  $R$  aniqlansin.( 6 m )

7. Stolda qog'oz varag'i yotibi. Qog'ozga  $\alpha = 30^\circ$  burchak ostida tushayotgan yorug'lik nuri unda yorug' dog hosil qilmoqda. Agar qog'oz ustida  $d = 5$  sm qalinlikdagi yassi parallel shisha pilastina qo'yilsa bu dog' qanchaga siljiydi?( 1.1 sm )

8. Nur  $d = 30$  mm qalinlikdagi shishaplastinkaga  $\alpha = 60^\circ$  burchak ostida tushadi. Plastinkadan chiqqandan keyin nurning yon tomonga silishi aniqlansin.(15.4 mm)

9. Yorug'lik sindirish ko'rsatkichi  $n_1$  bo'lgan muhitdan sindirish ko'rsatkichi  $n_2$  bo'lgan muhitga o'tadi. Agar qaytganva singan nurlar orasidagi burchak  $90^\circ$  ga teng bo'lsa  $\tan \alpha = n_2 / n_1$  ekanligi ko'rsatilsin.(  $\alpha$  - tushish burchagi )

10. O'tkir uchli pona shaklidagi prizmaning sindirish burchagi  $\Theta = 2^\circ$ . Agar prizma shishasining sindirish ko'rsatkichi  $n = 1,6$  ga teng bo'lsa, nurning prizma orqali o'tadigan eng kam og'ish burchagi aniqlansin.(  $1^\circ 1'$  )

11. Parallel nurlar dastasi  $\epsilon = 60^\circ$  burchak ostida qalin shisha plastinkaga tushadi va sinib shishaga o'tadi. Dastaning havodagi kengligi  $a = 10$  sm. Dastaning shishadagi kengligi  $b$  aniqlansin. ( 16.3 sm )

12. Shisha prizmaning sindirish burchagi  $\Theta = 30^\circ$ . Yorug'lik nuri prizma qirrasiga uning sirtiga tik ravishda tushadi va dastlaki yo'nalishidan  $\sigma = 20^\circ$  burchakka og'gan holda, boshqa qirrasidan havoga chiqadi. Shishaning sindirish ko'rsatkichi  $n$  aniqlansin. ( 1.63 )

13.  $\Theta = 60^\circ$  sindirish burchagiga ega bo'lgan shisha prizмага yorug'lik nuri tushadi. Agar nur prizma ishida simmetrik yurganda og'ish burchagi  $\sigma = 40^\circ$  bo'lsa, shishaning sindirish ko'rsatkichi  $n$  aniqlansin. ( 1.53 )

15. Sindirish burchagi  $60^\circ$  bo'lgan shisha prizmaning qirrasiga  $\epsilon_1 = 45^\circ$  burchak ostida yorug'lik nuri tushadi. Nurni prizmadan chiqishidagi  $\epsilon_2$  va nurning dastlabki yo'nalishidan og'ish burchagi  $\sigma$  aniqlansin. (  $53^\circ 38'$  )

16. Sindirish ko'rsatkichi 1.5 bo'lgan shishadan tayorlangan ikki tomonlama qavariq linzaning optik kuchi 8 dptr va egrilik radiuslari teng. Agar linzaning bitta qavariq tomoni kumushlansa uning optik kuchi qanday o'zgaradi. ( 24 dptr )

## **2. Fotometrik kattaliklar. Yorug'lik kuchi, yoritilganlik, ravshanlik, yorug'lik oqimi.**

1. To'la yorug'lik oqimi  $F = 11$  lm bo'lgan nuqtaviy manbaning yorug'lik kuchi  $I$  aniqlansin. ( 0,08 kd )

2. Konus bo'ylab  $F = 76$  lm yorug'lik oqimi jo'natadigan nuqtaviy yorug'lik manbai aylanma konusning uchida turibdi. Manbaning yorug'lik kuchi  $I = 120$  kd. Fazoviy burchak  $\omega$  va konusning ochilish burchagi  $2\Theta$  aniqlansin. (  $\omega = 0,663$  kr,  $2\Theta = 52^\circ$  )

3. Agar selenli fotoelementdan  $r = 75$  sm masofada to'la yorug'lik oqimi  $F = 12$  klm bo'lgan lampochka joylashtirilgan bo'lsa, fotoelementga ulangan galvanometr qanday  $I$  tok kuchini ko'rsatadi? Fotoelementning ishchi sirtining yuzasi  $10$  sm<sup>2</sup> sezgirligi esa  $i = 300$  mA/lm. ( 51 mA )

4. Yorug'lik kuchi  $I = 8$  kd bo'lgan lampochka diametri  $d = 12$  sm va bosh focus masofasi  $f = 40$  sm bo'lgan yig'iluvchi linzadan  $a = 2$  m masofada turibdi. Linza o'zidan  $b = 30$  sm masofada joylashgan ekranda yumaloq yorug' dog' xosil qildi. Ekraning shu dog' hosil bo'lgan joyidagi yoritilganlik  $E$  topilsin. Yorug'likning lizada yutilishi hisobga olinmasin. ( 180 lk )



5. Fotosuratni chiqarishda negativ  $r_1 = 50$  sm masofadan yorug'lik kuchi  $I_1 = 15$  kd bo'lgan lampochka bilan  $t_1 = 3$  s davomida yoritib turildi. Qoralik darajasi birinchi holdagidek bo'lgan suratni chiqarish uchun negativ  $r_2 = 2$  m bo'lgan masofadan yorug'lik kuchi  $I_2 = 60$  kd bo'lgan lampochka bilan qancha  $t_2$  vaqt davomida yoritilishi kerak?(12 s)
6. Yerdan  $h = 3$  m balandlikda, devordan  $r = 4$  m masofada yorug'lik kuchi  $I = 100$  kd bo'lgan lampa osilib turibdi. Devorning  $E_1$  va yer gorizontal sirtining ular esishgan sirtining ular kesishgan chiziqdagi  $E_2$  yoritilganliklari aniqlansin.(3,2 lk 2,4 lk)
7. Balandligi  $h = 8$  m bo'lgan simyog'ochga yorug'ligining kuchi  $I = 1$  kkd bo'lgan lampa osilgan. Lampani nuqtaviy yorug'lik manbasi sifatida qabul qilib, simyog'och asosidan qanday  $r$  masofada, yer sirtidagi yoritilganlik  $E = 1$  lk bo'lishi aniqlansin. (18,3 m)
8. Doiraviy maydoncha ustida lampa osilib turibdi. Maydonchani o'rtasidan yoritilganlik  $E_1 = 40$  lk, chekkasidagi yoritilganlik  $E_2 = 5$  lk. Nur maydoncha chekkasiga qanday  $\alpha$  burchak ostida tushmoqda? (60)
9. Radiusi  $r = 80$  sm bo'lgan doiraviy stol markazining ustida  $h = 60$  sm balandlikda yorug'lik kuchi  $I = 100$  kd bo'lgan lampa osilib turibdi. Quyidagilar aniqlansin: 1) stol markazidagi yoritilganlik  $E_1$ ; 2) stol chekkasidagi yoritilganlik  $E_2$ ; 3) stolga tushayotgan yorug'lik oqimi  $F$ ; 4) stolning o'rtacha yoritilganligi  $\langle E \rangle$ . (278 lk ; 60 lk 251 lm ; 125 lk)
10. Stol chekkasidagi yoritilganlik maksimal bo'lishi uchun lampani radiusi  $r = 1$  m bo'lgan stol markazidan qanday  $h$  balandlikka osish mumkin. (0,707 m.)
11. Fonar qobig'idagi tirqish o'lchamlari  $10 \times 15$  sm bo'lgan yassi xira shisha bilan yopilgan. Fonarning normal bilan  $\alpha = 60^\circ$  burchak tashkil qiladigan yo'nalishdagi yorug'lik kuchi  $I = 15$  kd. Shishaning ravshanligi  $L$  aniqlansin. (2 kkd/m)
12. Diametrlari mos ravishda  $d_1 = 2$  mm va  $d_2 = 20$  sm bo'lgan  $L_1 = 3$  mkd/m<sup>2</sup> ravshanlikli qizib cho'g' bo'lin turgan metal sharcha va  $L_2 = 5$  kkd/m<sup>2</sup> ravshanlikli sharsimon chiroqlarning yorug'lik kuchlari hisoblansin va o'zaro solishtirilsin. (9,4 va 157 kg)
13. Nur tarqatuvchi konus hamma yo'nalishlarda bir xil  $B = 2$  kkd/m<sup>2</sup> ravshanlikka ega. Konusning asosi nur tarqatmaydi. Asosining diametri  $d = 20$  sm va balandligi  $h = 15$  sm, quyidagi yo'nalishlarda konusning yorug'lik kuchi aniqlansin. 1) o'qi boylab 2) o'qiga tik.(63 va 30 kd)

14. Agar kinoaparat (kinolentasiz) obektividan ekranga tushayotgan yorug'lik oqimi  $F = 1,75 \text{ klm}$  bo'lsa, yorug'likning hamma yo'nalishlarda bir tekisda sohadigan kinoekrandagi yoritilganlik  $E$ , yorituvchanlik  $M$  va ravshanlik  $L$  aniqlansin. Ekraning kattaligi  $5 \times 3,6 \text{ m}$ , qaytarish koeffisienti  $\rho = 0,75$ . (97 lk va 73 lk)

15. Agar jilosiz oq qog'ozning qaytarish koeffisienti  $\rho = 0,8$  bo'lsa, uaning ravshanligi  $L = 1 \text{ kd/m}^2$  bo'lishi uchun, yorug'ligining kuchi  $I = 10 \text{ kd}$  bo'lgan lampochkani qog'oz varagi ustida qanday  $h$  balandlikda osish kerak? (1,6 mm)

16. A nuqtadagi yoritilganlik maksimal bo'lishi uchun nur tarqatuvchi diskni gorizontal tekislikdagi qanday  $h$  balandlikda joylashtirish kerak?

### 3. Elektromagnit to'lqinlarni tarqalishi, qaytishi va sinishi. Frenel tenglamalari.

1. Yassi-parallel sirtli qalinligi  $1 \text{ sm}$  shisha plastinkaga (shishaning sindirish ko'rsatkichi  $1,73$ )  $60^\circ$  burchak bilan nur tushib, uning bir qismi qaytadi, ikkinchi qismi esa sinib, shisha orasiga o'tadi; bu qism plastikaning ostki sirtidan qaytadi va ikkinchi marta sinib, yana havoga birinchi qaytgan nurga parallel holda chiqadi. Nurlar o'rtasidagi  $l$  masofa topilsin.

2. Oq yorug'lik nuri teng yonli prizmaning yon sirtiga shunday burchak bilan tushadiki, qizil nur undan ikkinchi yon sirtiga perpendikulyar ravishda chiqadi. Agar prizmaning sindirish burchagi  $45^\circ$  bo'lsa, qizil va binafsha nurlarning dastlabki yo'nalishidan og'ishi topilsin. Qizil va binafsha nurlar uchun prizma materialining sindirish ko'rsatkichi mos holda  $1,37$  va  $1,42$ .

3. Ekranida yig'uvchi linza yordamida elektr lampaning ikki marta kattalashgan tasviri hosil qilindi. So'ngra linzani ekranga  $36 \text{ sm}$  ga yaqinlashtirib lampaning ikki marta kichiklashgan tasviri olindi. Linzaning fokus masofasini toping.

4. Stolda qog'oz varagi yotibdi. Qog'ozga  $30^\circ$  burchak ostida tushayotgan yorug'lik nuri unda yorug' dog' xosil qiladi. Agar qog'oz ustiga  $d = 5 \text{ sm}$  qalinlikdagi yassi paralel shisha plastina qoyilsa bu dog' qanchaga siljiydi.

5. Sindirish burchagi  $\Theta = 60^\circ$  bo'lgan shisha prizmaning qirrasiga  $\beta = 45^\circ$  burchak ostida yorug'lik nuri tushadi. Nurning prizmadan chiqishdagi sinish burchagi  $\alpha$  va nurning dastlabki yo'nalishidan og'ish burchagi  $\gamma$  topilsin.

6. Yassi qavariq linzaning optik kuchi  $F = 4 \text{ dipt}$ . Linzaning qavariq sirtini kumushladilar. Shunday sferik ko'zguning optik kuchi  $F_2$  topilsin. Linzada yutilishi xisobga olinmasin.

7. Ultrabinafsha nurlarning vakumdagi to'liqin uzunligi  $1.5 \cdot 10^{-5}$  sm ni tashkil etadi. To'liqinning tarqalish tezligi  $1.5 \cdot 10^8$  m/s bo'lgan modda ichida shu nurlanishning to'liqin uzunligi (nm) qanchaga teng. (75)
8. Chastotasi  $1.5 \cdot 10^{15}$  Hz bo'lgan monohramatik yorug'lik sindirish ko'rsatkichi 1.6 bo'lgan shaffof plastinkada tarqalmoqda. Shu yorug'likning plastinkadagi to'liqin uzunligi qanchaga teng. (125 nm)
9. Dielektrik singdiruvchanligi 4 ga teng bo'lgan shaffof muhitda elektromagnit to'liqlarning tezligi qanday bo'ladi (m/s)?
10. Vakuumda yorug'likning to'liqin uzunligi  $\lambda = 6 \cdot 10^{-7}$  m. Uning tebranishlar chastotasi necha gers?
11. Vakuumda 1 m kesmaga monoxromatik nurlanish chastotasi  $6 \cdot 10^{14}$  Hz bo'lgan nechta to'liqin uzunligi joylashadi?
12. Vakuumda 0,5 m kesmaga monoxromatik nurlanish to'liqinidan  $2 \cdot 10^6$  ta joylashtirish uchun bu nuriarning chastotasi necha gers bo'lishi kerak?
13. Agar vakuumda tarqalayotgan elektromagnit to'liqin tarkibidagi magnit maydon induksiyasining Tebranish chastotasi 107 Hz bo'lsa, elektr maydon kuchlanganligining tebranish davri qanday (ns) bo'ladi?
14. Sinish burchagi tushish burchagidan 2 marta kichik bo'lishi uchun shisha sirtiga yorug'lik qanday burchak ostida tushishi kerak?
15. kki muhit chegarasiga yorug'lik nuri tushmoqda. Tushish burchagining bir qiymatida tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati n ga teng bo'ldi. Tusnish burchagi 4 marta kamayganida nisbat qanday bo'ladi?
16. Absolut sindirish ko'rsatkichi 1,5 bo'lgan muhitdagi yorug'lik tezligi qanday (m/s)?

#### **4. Ikki muhit chegarasidan qaytgan va singan elektromagnit to'liqlarning amplitudalari va intensivliklari.**

1. Singan nur qaytgan nur bilan  $90^\circ$  burchak tashkil etadi. Agar tushish burchagi a ning sinusi 0,8 ga teng bo'lsa, sindirish ko'rsatkicni qanday?

2. Havodan sindirish ko'rsatkichi  $n = \sqrt{3}$  bo'lgan muhitga nur tushganda, qaytgan nur bilan singan nur orasidagi burchak  $90^\circ$  ga teng bo'ldi. Nurning tushish burchagi qanday?
3. . Singan nur qaytgan nurga tik bo'lishi uchun nur sindirish ko'rsatkichi  $p=1,732$  bo'lgan shishaga qanday burchak ostida tushishi kerak?
4. O'zaro  $30^\circ$  burchak ostida joylashtirilgan ikkita ko'zguning biriga yorug'lik nuri tushmoqda. Bunda ikkala ko'zgudan qaytgan nur bilan tushgan nur orasidagi burchak qanday bo'ladi.
5. Shisha-havo chegarasida yorug'likning to'la ichki qaytish chegaraviy burchagi  $37^\circ$  ekanligini bilgan holda yorug'likning shishadagi tezligini aniqiang (m/s).  $\sin(37^\circ) = 0.6$  deb hisoblang.
6. Yorug'lik to'lqini bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tganda, tezligi 2 marta oshdi. Shu tizim uchun to'la qaytishning chegaraviy burchagini aniqiang.
7. To'la qaytishning chegaraviy burchagi  $45^\circ$  bo'lgan ikki muhit chegarasiga nur  $30^\circ$  burchak ostida tushsa, sinish burchagi qanday bo'ladi?
8. Yorug'likning biror qattiq shaffof muhitdan havoga o'tishida to'la ichki qaytish burchagi  $\alpha$  ga teng. Yorug'likning shu muhitdagi tezligi qaysi ifoaa bilan aniqlanadi?
9. Yorug'lik vakuumdan to'la ichki qaytish chegaraviy burchagi  $30^\circ$  bo'lgan muhitga o'tganda, to'lqin uzunligi necha marta kamayadi?
10. Qabariq linzaning fokus masofasi linza sirtlarining egrilik radiusiga teng bo'lsa, linza materialining sindirish ko'rsatkichi qanday?
11. Yig'uvchi linzada hosil bo'lgan va k marta kattalashgan tasvirdan buyumgacha bo'lgan masofa  $l$  ga teng bo'lsa, linzadan tasvirgacha bo'lgan masofa nimaga teng bo'ladi?
12. Ekranida yig'uvchi linzadan 1 m masofada joylashgan buyumning 2 marta kattalashgan tasviri ko'rinayotgan bo'lsa, linzaning optik kuchi necha dioptriya bo'ladi?
13. Buyum bilan ekran orasidagi masofa 2 m. Agar linzaning kattalashtirishi 2 ga teng bo'lsa, uning optik kuchi qanday (D)?
14. Buyumdan linzagacha masofa  $d$  ga, kattalashtirish  $k$  ga teng va tasvir mavhum bo'lsa, linzaning fokus masofasi qanday?

15. Optik kuchi 8 D bo'lgan linza sindirish ko'rsatkichi 1,5 bo'lgan shishadan yasalgan. Linza suyuqlikka tushirilgan fokus masofasi 1 m bo'lgan sochuvchi linzaga aylandi. Suyuqlikning sindirish ko'rsatkichi aniqlansin.
16. Diametri 2 mm bo'lgan suv tomchisidan iborat linzaning optik kuchini toping (D). Suvning sindirish ko'rsatkichi  $n = 1,3$ .

### **5. Yorug'likning yutilishi Yorug'lik koeffisientini chastotaga va muhitning konsentratsiyasiga bog'liqligi. Buger-Lambert-Ber qonunlari.**

1. Quyosh nurlarining ularning yo`liga tik va yer atomsferasidan tashqarida, yerdan quyoshgacha bo`lgan o`rtacha masofada joylashtirilgan qoraytirilgan plastinkaga ko`rsatadigan  $P$  bosimi aniqlansin.
2. Nurlarning tik tushishida yorug`likning bosimi  $P=10$  mkPa bo`lsa, yarqiroq sirtga tushayotgan nurlanish energiya oqimining sirtiy zichligi  $I$  aniqlansin.
3. Elektr lampasi tarqatayotgan  $F_e$  energiya oqimi 600 vt ga teng. Lampadan  $r=1$  m masofada tushayotgan nurlarga tik ravishda diametri  $d=2$  sm bo`lgan yassi doiraviy oynacha joylashgan. Lampaning nurlanishi xamma yo`nalishlarda bir xil va oynacha o`ziga tushayotgan yorug`likni to`la qaytaradi deb hisoblab, oynachaga bo`layotgan yorug`likning bosim kuchi  $F$  aniqlansin.
4. Yorug`lik elektr yoyidan yuzasi  $S=1,5$  sm<sup>2</sup> bo`lgan ideal qaytaruvchi sirtli oynachaga normal tushadi. Agar oynachaga tushayotgan nurlanish oqimining sirt zichligi  $\varphi=0,1$  MVt/m<sup>2</sup> bo`lsa, oynacha olayotgan impuls  $P$  aniqlansin. Nurlantirish  $t=1c$  davom etadi.
5. Yumaloq shakldagi yo`ldosh yer atrofida shunday balandlikda xarakatlanadiki, quyosh nurining atmosferada yutilishini xisobga olmaslik mumkin. Yo`ldoshning diametri  $d=40$  m. Quyosh doimiysini bilgan holda va yo`ldoshning sirti yorug`likni to`la qaytaradi deb qabul ilib, yorug`lik nurining yo`ldoshga ko`rsatayotgan bosim kuchi  $F$  aniqlansin.
6.  $\lambda=380$  nm to`lqin uzunligiga to`g`ri keluvchi (ko`rish spektrining binafsha chegarasi) fotonning energiyasi  $\epsilon$ , massasi  $m$  va impuls  $P$  aniqlansin.
7.  $\epsilon=1$  MeV energiyali fotonning to`lkin uzunligi  $\lambda$ , massasi  $m$  va impuls  $p$  aniqlansin. Bu fotonning massasi tinchlikdagi elektron massasi bilan taqqoslansin.

8. Impulsi  $v=10$  Mm/s tezlikka ega bo'lgan elektronning impulsiga teng bo'lgan fotonning to'lqin uzunligi  $\lambda$  aniqlansin.

9. Massasi: 1) elektronning; 2) protonning tinchlikdagi massasiga teng bo'lgan fotonning to'lqin uzunligi  $\lambda$  aniqlansin.

10. Monoxromatik yorug'likning ( $\lambda=600$  nm) tushayotgan nurlarga tik joylashgan ko'ra sirtga bosimi  $P=0,1$  mkPa  $S=1$  sm<sup>2</sup> tali sirtga  $t=1$  s vaqtda tushuvchi fotonlar soni  $N$  aniqlansin.

11. To'lqin uzunligi  $\lambda=500$  nm bo'lgan monoxromatik nurlanish yassi yaltiroq sirtga normal tushadi va uni  $F=10$  nH kuch bilan bosadi. Shu sirtga xar sekunda tushayotgan fotonlar soni  $N_1$  aniqlansin.

12. Monoxromatik yorug'likning ( $\lambda=662$  nm) parallel dastasi qoraytirilgan sirtga tushmoqda va unga  $P=0,3$  mkPa bosim bilan ta'sir ko'rsatmoqda. Yorug'lik dastasidagi fotonlar konsentratsiyasi  $n$  aniqlansin.

**6. Yorug'likning dispersiyasi: elektromagnit to'lqinning fazoviy va to'la tezliklari. Dispersiya qonunlari. Normal va anormal dispersiya. Yorug'likning yutilishi chegarasidagi dispersiya hodisalari.**

1. Qizil, yashil, binafsha nurlardan qaysi biri bir jinsli tiniq muhitda eng katta tezlik bilan tarqaladi?

2. Shaffof muhitda tarqalayotgan ko'zga ko'rinuvchi yorug'lik to'lqinlaridan qaysi birining tezligi katta boladi?

3. Spekrning ko'zga ko'rinadigan qismidagi qaysi nurning chastotasi eng katta?

4. qaysi rangdagi yorug'lik nuri havodan shishaga o'tganda, dastlabgi yo'nalishidan eng ko'p og'adi?

5. Quyosh yorug'ligi tarkibidagi qaysi nurning moddalardagi tezligi eng katta?

6. Yorug'likning rangi uning qaysi parametriga bog'liq?

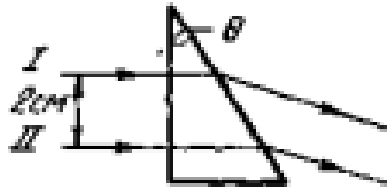
7. Monoxromatik yorug'lik dastasi vakuumdan shaffof muhitga o'tganda, uning rangi qanday o'zgaradi?

8. Zangori shisha orqali qizil qog'ozga qaralsa, u qandav rangda ko'rinadi?

9. Oq qog'ozga qizil harflar bilan matn yozilgan. Agar zangori shisna orqali qaralsa, harflar qanday rangli tuyuladi?
10. Yashil rangli shisha idishga qizil siyoh quyilgan. Siyoh qanday rangda ko'rinadi?
11. Kunduzgi yorug'likda material qizil rangda ko'rindi. Agar qorong'ida shu materialga havorang nur tushirilsa, u qaysi rangda ko'rinadi?
12. Muhit sindirish ko'rsatkichining tushayotgan yorug'lik chastotasiga bog'liqligi ... deb ataladi.
13. Yorug'lik to'lqinlarining vakuumda tarqalish tezligi nimalarga bog'liq?
14. Yorug'lik nuri havodan yassi parallel shisha plastinaga tushadi. Bu nur plastinaning ikkinchi sirtidan to'la ichki qaytishi mumkinmi.
15. Agar yashil yaproqqa qirmizi shisha orqali qaralsa, uning rangi qanday ko'rinadi?
16. Qizil va zangori rangdagi shisha plastinalar birlashtirildi. Bu sistemadan qanday rangdagi nur o'tadi?

**7. Yorug'likning interferensiyasi. Kogerent nurlarning maksimum va minimum shrtlari. Yupqa plastinkadagi interferensiya. Yo'llar va fazalar farqi. Nyuton halqalari.**

1. Uzunligi  $l = 1,2 \text{ mm}$  bo'lgan yo'lga tebranish chastotasi  $\nu = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  bo'lgan monoxromatik yorug'likning nechta to'lqin uzunligi joylashadi: 1) vakuumda 2) shishada? ( $2 \cdot 10^3$ ;  $3 \cdot 10^3$ )
2. Suvda  $l_2 = 3 \text{ mm}$  kesmada qancha to'lqin uzunligi joylashsa, vakuumda shu to'lqin uzunligi joylashishi uchun lozim bo'lgan kesmaning uzunligi  $l_1$  aniqlansin. (4 m)
3. Monoxromatik yorug'likning to'lqin fronti suvda uzunligi  $l_2 = 1 \text{ m}$  bo'lgan yo'lga o'tgan vaqtga teng vaqt davomida vakuumda qanday  $l_1$  yo'lga bosib o'tadi? (1,33 mm)
4. Xavoda harakatlanayotgan yorug'lik to'lqinining yo'lga qalinligi  $h = 1 \text{ mm}$  bo'lgan shisha plastina qoydilar. Agar to'lqin plastinkaga: 1) normal 2)  $30^\circ$  burchak ostida tushsa, optik yo'l uzunligi qanchaga o'zgaradi? (0,5 va 0,548 mm ga ortadi)
5. Yorug'lik to'lqinining ikkita I va II parallel dastasi  $\Theta = 30^\circ$  cindirish burchagiga ega bo'lgan shisha prizma tushadi va sinib undan chiqadi. Yorug'lik to'lqinlarining ular prizmada singandan keyingi optik yo'l farqlari  $\Delta$  aniqlansin. (1,73 sm)



6. Monoxromatik yorug'lik interferensialanuvchi ikkita to'lqinlari orasidagi optik yo'l farqi  $\Delta = 0,3\lambda$ ; fazalar farqi  $\Delta\phi$  aniqlansin.(0,6)

7. Yung tajribasida ikkita tirqish orasidagi masofa  $d = 1\text{mm}$ , tirqishlardan ekrangacha bo'lgan masofa  $l = 3\text{m}$ . Agar ekranda interferensiyon yo'llarning yo'llarning kengligi  $b = 1,5\text{ mm}$  bo'lsa, monoxromatik yorug'lik manbai chiqarayotgan to'lqinning uzunligi  $\lambda$  aniqlansin.(500 nm)

8. Yung tajribasida tirqishlar orasidagi masofa  $d=0,8\text{ mm}$ . Interferensiyon yo'llarning kengligi  $b = 2\text{ mm}$  bo'lishi uchun ekranni tirqishdan qanday  $l$  masofada joylashtirish kerak?(2,5 m)

9. Lloyd ko'zgusining muayyan joylashishida ekrandagi interferensiya yo'lining kengligi  $b = 1\text{ mm}$  bo'ldi. Ko'zguning o'ziga parallel ravishda  $\Delta d = 3\text{ mm}$  siljitganlaridan keyin interferensiyon yo'llarning kengligi o'zgardi. Interferensiyon yo'llarning kengligi oldingidek qolishi uchun ekranni qaysi yo'nalishda va qancha  $\Delta l$  masofaga siljitish kerak? Monoxromatik yorug'likning to'lqin uzunligi  $\lambda = 6\text{ mkm}$ . (1 m)

10. Havoda turgan sovun parasiga ( $n = 1,3$ ) oq yorug'lik nurlarining dastasi normal tushadi. Pardanoing qanday eng kichik  $d$  qalinligida to'lqin uzunligi  $\lambda = 0,55\text{ mkm}$  bo'lgan qaytgan yorug'lik, interferensiya natijasida maksimal kuchaygan bo'ladi? (0,1 mkm)

11. Shisha ponaning sirtlari o'zaro  $\theta = 0,2^\circ$  burchak tashkil qiladi. Ponaga uning sirtiga normal ravishda to'lqin uzunligi  $\lambda = 0,55\text{ mkm}$  bo'lgan monoxromatik yorug'lik nurlari dastasi tushadi. Interferensiyon yo'l (polosa) ning kengligi  $b$  aniqlansin.(3.15 mm)

12. Yupqa shisha ponaga uning sirtiga normal yo'nalishda monoxromatik yorug'lik ( $\lambda = 600\text{ nm}$ ) tushadi. Agar qaytgan yorug'lik uchun qo'shni interferensiyon minimumlar orasidagi masofa  $b= 4\text{ mm}$  bo'lsa, pona sirtlari orasidagi burchak  $\theta$  aniqlansin.(10,3)

13. Nyuon xalqalarini kuzatish uchun mo'ljallangan qurilmada egrilik radiusi  $R_2 = 2\text{ m}$  bo'lgan yassi botiq linzaning botiq sirtiga qavariq tomoni bilan qoyilgan  $R_1 = 1\text{m}$  egrilik radiusli yassi qavariq linzaga to'lqin uzunligi  $\lambda = 0,5\text{ mkm}$  bo'lgan yorug'lik normal ravishda tushadi. Qaytayotgan yorug'likka kuzatilayotgan Nyutonning uchinchi qora halqasi radiusi  $r_3$  aniqlansin.(1,73 mm)



14. Qaytayotgan yorug'likdagi Nyutonning ikkinchi va birinchi qora xalqalari orasidagi  $\Delta r_{2,1}$  masofa 1 mm ga teng. O'ninchi va toqqizinchi halqalari orasidagi masofa  $\Delta r_{10,9}$  aniqlansin.(0,39 mm)

15. Yassi qavariq linza qavariq tomoni bilan shisha plastina ustida yotibdi. Qaytgan yorug'likda ( $\lambda = \text{mkm}$ ) birinchi yorug' Nyuton xalqasi ko'ringan joydagi havo qatlamining qalinligi  $d$  aniqlansin.(0,15 mkm)

**8.Linzalarning egrilik radiusini interferensiyalar orqali xisoblash. Frenel ko'zgusi va biprizmasidagi interferensiyalar. . Interferometrlardagi interferensiyalar manzaralar yordamida muxitlarning sindirish ko'rsatkichi va konsentratsiyalarini topish.**

1. Ekranida to'lqin uzunligi  $\lambda=480 \text{ nm}$  bo'lgan ikkita kogerent yorug'lik manbaining interferensiyalar manzarasi kuzatildi. Yorug'lik dastalaridan birining yo'lga sindirish ko'rsatkichi  $n = 1,46$  bo'lgan eritilgan kvartsdan yasalgan yupqa plastinkani joylashtirilganda interferensiyalar manzarasi  $m=69$  ta yo'lga siljidi. Kvarts plastinkaning qalinligi aniqlansin.(72 nm)

2. Jamen interferometrining har ikkala dastasiga ham uzunligi  $l=10\text{sm}$  bo'lgan ikkala uchidan yassi parallel shaffof plastinkalar bilan yopilgan silindr shaklidagi trubka joylashtirilgan; trubkalardagi havo sorib tashlangan. Shu holda yorug' va qorong'u yo'llar ko'rinishidagi interferensiyalar manzara kuzatildi. Trubkalardan biriga vodorod kiritilgandan keyin interferensiyalar manzarasi  $m = 23,7$  ta yo'lga siljidi. Vodorodni sindirish ko'rsatkichi  $n$  topilsin. Yorug'likning to'lqin uzunligi  $\lambda = 590 \text{ nm}$ .(1,000282)

3. Jamen interferometrda uzunliklari  $l=15 \text{ sm}$  dan bo'lgan ikkita bir hil trubka havo bilan to'ldirilgan. Havoning sindirish ko'rsatkichi  $n_1=1,000292$ . Trubkalardan biridagi havoni atsetilen bilan almashtirganlarida interferensiyalar manzarasi  $m=80$  ta yo'lga siljidi. Agar interferometrda to'lqin uzunligi  $\lambda=0,590 \text{ mkm}$  bo'lgan monoxromatik yorug'lik manbaidan foydalanilgan bo'lsa, atsetilenning sindirish ko'rsatkichi  $n_2$  aniqlansin.

4. Agar interferensiyalar manzarasi  $n=100$  ta yo'lga siljigan bo'lsa, Maykelson interferometrda ko'zguning ko'chishi aniqlansin. Tajriba to'lqin uzunligi  $\lambda=546 \text{ nm}$  bo'lgan yorug'lik bilan o'tkazilgan.

5. Argonning sindirish ko'rsatkichini o'lchash uchun Maykelson interferometrining yelkalaridan biriga uzunligi  $l=12 \text{ sm}$  bo'lgan ko'ndalang kesimi yassi parallel sirtlardan iborat bo'sh shisha trubkani joylashtirdilar. Trubka argon bilan to'ldirilganda (normal sharoitda) interferensiyalar manzarasi  $m=106$  ta yo'lga siljidi. Agar

yorug'likning to'lqin uzunligi  $\lambda=639$  nm bo'lsa, argonning sindirish ko'rsatkichi  $n$  aniqlansin.

6. Maykelson interferometrda interferensialanuvchi yorug'lik ( $\lambda=590$  nm) dastalaridan birining yo'lga ikkala tomonidan ham berkitilgan uzunligi  $l=10$  sm bo'lgan yuksak vakuumgacha havosi so'rib olingan shisha trubkani joylashtirdilar. Trubkani vodorod xlorid bilan to'ldirganlarida interferensia manzarasining siljishi roy berdi. Vodorod xloridni, vodorod bromid bilan almashtirganlarida esa interferensiya manzarasining siljishi  $\Delta m=42$  ta yo'lga ortdi. Vodorod bromid va vodorod xloridlar sindirish ko'rsatkichlarining farqi  $\Delta n$  aniqlansin.(0,000124)

7. Qaytgan yorug'likdagi Nyutonning ikkinchi va birinchi qora xalqalari orasidagi  $\Delta r_{2,1}$  masofa 1 mm ga teng. O'ninchi va to'qqizinchi xalqalar orasidagi  $\Delta r_{10,9}$  masofa aniqlansin.

8. Yassi qavariq linza qavariq tomoni bilan shisha plastinka ustida yotibdi. Qaytgan yorug'likda ( $\lambda=0,6$  mkm) birinchi yorug' Nyuton xalqasi ko'ringan joydagi havo qatlamining qalinligi  $d$  aniqlansin.

9. Qaytgan yorug'likda ( $\lambda=0,6$  mkm) kuzatiladigan Nyutonning ikkinchi yorug' halqasining diametri  $d_2 = 1,2$  mm. Tajriba uchun olingan yassi qavariq linzaning optik kuchi  $D$  aniqlansin.

10. Optik kuchi  $F=2$  dptr bo'lgan yassi qavariq linza yassi tomoni bilan shisha plastinkada yotibdi. O'tayotgan yorug'likda Nyutonning to'rtinchi qorong'u xalqasining radiusi  $r_4 = 0,7$  mm. Yorug'lik to'lqinining uzunligi aniqlansin.

11. Nyutonning ikkita yorug' halqalarining diametrlari mos ravishda  $d_1 = 4,0$  va  $d_2 = 4,8$  mm. Xalqalarning tartib raqamlari aniqlanmagan, lekin ikkita o'lchangan xalqalar orasida yana uchta yorug' halqa joylashganligi ma'lum. Halqalar qaytgan yorug'likda kuzatilgan ( $\lambda = 500$  nm). Tajriba uchun olingan yassi qavariq linzaning egrilik radiusi topilsin.

12. Shisha plastinka va uning ustida yotgan yassi qavariq shisha linza orasiga sindirish ko'rsatkichi shishaning sindirish ko'rsatkichidan kichik bo'lgan suyuqlik quyilgan. Qaytgan yorug'likda ( $\lambda=700$  nm) kuzatilayotgan Nyutonning sakkizinchi qora halqasining radiusi  $r_8 = 2$  mm. Linzaning qavariq sirtining egrilik radiusi  $R=1$  m. Suyuqlikning sindirish ko'rsatkichi  $n$  topilsin.

13. Nyuton halqalarini kuzatuvchi qurilmada qaytgan yorug'likdagi uchinchi qorong'u xalqaning ( $k=3$ ) radiusi o'lchandi. Yassi parallel plastina va linza orasidagi bo'shliqni

suyuqlik bilan to'ldirganlarida shu radiusga tartib raqami bittaga katta bo'lgan halqa ega bo'ldi. Suyuqlikning sindirish ko'rsatgichi  $n$  aniqlansin.

**14.** Nyuton halqalarini kuzatish uchun mo'ljallangan qurilmada egrilik radiusi  $R_2 = 2$  m bo'lgan yassi botiq linzaning botiq sirtiga tomoni bilan qo'yilgan  $R_1 = 1$  m egrilik radiusli yassi qavariq linzaga to'lqin uzunligi  $\lambda = 0,5$  mkm bo'lgan yorug'lik normal ravishda tushadi. Qaytayotgan yorug'likda kuzatilayotgan Nyutonning uchinchi qora xalqasining radiusi  $r_3$  aniqlansin.

**15.** Nyuton xalqalari egrilik radiuslari  $R = 1$  m dan bo'lgan qavariq tomonlari bilan jipslab qo'yilgan (linzalarning yassi sirlari parallel) ikkita bir xil yassi qavariq linza yordamida kuzatilmoqda. Yorug'lik yuqoridagi linzaning sirtiga normal tushganida qaytayotgan yorug'likda ( $\lambda = 660$  nm) kuzatilayotgan ikkinchi yorug' xalqaning radiusi  $r_2$  aniqlansin.

## **9. Yorug'lik difraksiyasi. Turli tirqich va to'siqlardagi difraksion hodisalar.**

1. Sferik to'lqinlar uchun Frenelning  $k$ -zonasining radiusi formulasini bilgan holda ( $\rho_k = \sqrt{abk\lambda/(a+b)}$ ) yassi to'lqin uchun mos formula chiqarilsin.

2. Agar tasvir vaziyatini topish uchun to'lqin frontlaridan  $b = 1$  m masofada turgan kuzatish nuqtasi uchun bajarilayotgan bo'lsa, yassi to'lqin fronti uchun ( $\lambda = 0,5$  mkm) beshinchi Frenel zonasining radiusi  $\rho_5$  hisoblansin. (1,58 mm)

3. Yassi to'lqin uchun to'rtinchi Frenel zonasining radiusi  $\rho_4 = 3$  mm. Oltinchi Frenel zonasining radiusi aniqlansin. (3,69 mm)

4. Yassi yorug'lik to'lqini ( $\lambda = 0,5$  mkm)  $d = 1$  sm diametrli dumaloq tirqishli diafragma tik ravishda tushadi. Tirqish: 1) Frenelning bitta zonasini; 2) Frenelning ikkita zonasini ochishi uchun kuzatish nuqtasi tirqishdan qanday  $b$  masofada turishi kerak? (50 m, 25 m)

5. Yassi yorug'lik to'lqini dumaloq tirqishli diafragma tik ravishda tushadi. Diafragmadan eng kop uzoqlikdagi, intensivlikning minimumlari kuzatiladigan 3 ta nuqtagacha bo'lgan  $b_1, b_2, b_3$  masofalar aniqlansin. (1,3,5,... ; 2,4,6,...)

6. Kengligi  $a = 0,05$  mm bo'lgan tirqishga monoxromatik yorug'lik ( $\lambda = 0,6$  mkm) tik tushadi. Yorug'lik dastasining dastlabki yo'nalishi va to'rtinchi qorong'u difraksion yo'ldagi yo'nalishi orasidagi burchak  $\varphi$  aniqlansin. ( $2^\circ 45'$ )

7. Tor tirqishga monoxromatik yorug'lik tik ravishda tushadi. Ikkinchi yorug' difraksiyon yo'lga mos keluvchi yorug'lik dastasining og'ish burchagi  $\varphi=1^\circ$ . Tirqish kengligi tushayotgan yorug'lik tolqin uzunligining nechtasiga teng?(143)
8. Kengligi  $a=1$  mm bo'lgan tirqishga monoxromatik yorug'lik ( $\lambda=0,5$  mkm) tik tushadi. Tirqishning ortida fokal tekisligida ekran turgan yig'uvchi linza joylashtirilgan. Agar difraksiya burchagi  $\varphi$ : 1)  $17'$ ; 2)  $43'$  gat eng bo'lsa, ekanda nima kuzatiladi?(  $k= 2$  ga mos keluvchi difraksiyon maksimum)
9. Agar monoxromatik yorug'lik ( $\lambda=0,6$  mkm) holida kuzatilganda beshinchi tartibli maksimum  $\varphi=18^\circ$  burchakka og'gan bo'lsa, difraksiyon panjaraning har bir millimetrida nechtadan shtrix bor?(103)
10. 1 mm da  $n=100$  tadan shtrix bo'lgan difraksiyon panjaraga monoxromatik yorug'lik tik tushadi. Spektrometrning ko'rish quvuri uchinchi maksimumga to'g'irlangan. Quvurni huddi shu tartibdagi boshqa maksimumga to'g'irlash uchun uni  $\Delta\varphi=20^\circ$  burchakka burish kerak. Yorug'likning to'lqin uzunligi aniqlansin.(580 nm)
11. Difraksiyon panjara tik ravishda tushayotgan monoxromatik yorug'lik bilan yoritilgan. Difraksiyon manzarada ikkinchi tartibli maksimum  $\varphi_1 =14^\circ$  ga og'gan. Uchinchi tartibli maksimum qanday burchakka og'gan?( $21^\circ 17'$ )
12. Difraksiyon panjaraning 1 mm da  $n=200$  ta shtrix bor. Panjaraga monoxromatik yorug'lik ( $\lambda=0,6$  mkm) tik ravishda tushadi. Bu panjara qanday eng yuqori tartibli maksimumni beradi?(8)
13. 1 mm da  $n=400$  ta shtrix bo'lgan difraksiyon panjaraga monoxromatik yorug'lik ( $\lambda=0,6$  mkm) tik ravishda tushadi. Shu panjara beradigan difraksiyon maksimumlarning umumiy soni topilsin. Oxirgi maksimumga mos keluvchi difraksiya burchagi aniqlansin.(8,74°)
14. Difraksiyon panjarani oq yorug'lik bilan yoritilganda ikkinchi va uchinchi tartibli spektrlar bir-birini qisman yopadi. Uchinchi tartibli spektrning binafsha chegarasi ( $\lambda = 0,4$  mkm) ikkinchi tartibli spektrdagi qanday to'lqin uzunligi bilan ustma-ust tushadi?(0,6 mkm)
15. Osh tuzi kristalining qirrasiga rentgen nurlarining ( $\lambda = 147$  nm) parallel dastasi tushadi. Agar ikkinchi tartibli difraksiyon maksimum nurlar kristal sirtga  $\theta = 31^\circ 30'$  burchak ostida tushganda kuzatilsa, kristalning atom tekisliklari orasidagi masofa  $d$  aniqlansin. (0,28 nm)

## 10. Difraksion panjara va ularning asosiy xarakteristikalarini hisoblash. Ajrata olish qobilyati, chiziqli va burchakli dispersiyalari.

1.  $\varphi = 30^0$  difraktsiya burchagi va  $\lambda=600$  nm to`lqin uzunligi uchun difraktsion panjaraning  $D_\varphi$  burchak dispersiyasi aniqlansin. Javob SI birliklarida va minut taqsim nanometrlarda ifodalansin.
2. 1 mm da  $n=100$  tadan shtrixi bo`lgan difraktsion panjaraga monoxromatik yorug`lik tik tushadi. Spektrometrning ko`rish quvuri uchinchi tartibli maksimumga to`g`irlangan. Quvurni shu tartibdagi boshqa maksimumga to`g`irlash uchun uni  $\Delta\varphi = 20^0$  burchakka burish kerak. Yorug`likning to`lqin uzunligi  $\lambda$  aniqlansin.
3. Difraksion panjara tik ravishda tushayotgan monoxromatik yorug`lik bilan yoritilgan. Difraksion manzarada ikkinchi tartibli maksimum  $\varphi_1 = 14^0$  ga og`gan. Uchinchi tartibli maksimum qanday  $\varphi_2$  burchakka og`gan?
4. Difraksion panjaraning 1 mm da  $n=200$  ta shtrix bor. Panjaraga monoxromatik yorug`lik ( $\lambda=0,6$  mkm) tik ravishda tushadi. Bu panjara qanday eng yuqori tartibli maksimumni beradi?
5. 1 mm da  $n=400$  ta shtrixi bo`lgan difraktsion panjaraga monoxromatik yorug`lik ( $\lambda=0,6$  mkm) tik ravishda tushadi. Shu panjara beradigan difraktsion maksimumlarning umumiy soni topilsin. Oxirgi maksimumga „mos keluvchi difraktsiya burchagi  $\varphi$  aniqlansin.
6. Difraksion panjarani oq yorug`lik bizan yoritilganda ikkinchi va uchinchi tartibli spektrlar bir-birini qisman yopadi. Uchinchi tartibli spektrning binafsha chegarasi ( $\lambda=0,4$  mkm) ikkinchi tartibli spektrdagi qanday to`lqin uzunligi bilan ustma-ust tushadi?
7. 1 mm da  $n=500$  tadan shtrixi bo`lgan difraktsion panjara sirtiga tik yo`nalishida oq yorug`lik tushadi. Spekttr panjara yonila joylashgan linza yordamida ekranga proktsiyalanadi. Agar linzadan ekrangacha bo`lgan masofa  $L=3$  m bo`lsa, ekrandagi birinchi tartibli spektrning kengligi  $b$  aniqlansin. Spekttrning ko`rinish chegaralari  $\lambda_k = 780$  nm,  $\lambda_\phi = 400$  nm.
8. Davri  $d=10$  mkm bo`lgan difraktsion panjaraga  $\alpha = 30^0$  burchak ostida to`lqin uzunligi  $\lambda = 600$  nm bo`lgan monoxromatik yorug`lik tushadi. Ikkinchi bosh maksimumga mos keluvchi difraktsiya burchagi  $\varphi$  aniqlansin.

9. Difraksion manzara uzunligi  $l=1,5$  sm va davri  $d=5$  mkm bo`lgan difraksion panjara yordamida hosil qilingan. Agar to`lqin uzunliklarining farqi  $\Delta\lambda = 0,1$  nm bo`lgan ikkita spektral chiziqlar spektrning chekka qizil qismida yotishsa ( $\lambda=760$  nm). bu manzaraning qanday eng kichik tartibli spektrida mazkur chiziqlarning ajralgan tasvirlari hosil bo`ladi?

10. Kaliyning ikkita spektral chizig`ini ( $\lambda_1 = 578$  nm va  $\lambda_2 = 680$  nm) ajrata olishi uchun difraksion panjara qanday eng kichik ajrata olish kuchi  $R$  ga ega bo`lishi kerak? Ajratish ikkinchi tartibli spektrda mumkin bo`lishi uchun bu panjara qanday eng kam  $N$  ta shtrixga ega bo`lishi kerak?

11. Davri  $d=20$  mkm bo`lgan difraksion panjara yordamida natriyning ikki chizig`ini ( $\lambda_1=589,0$  nm va  $\lambda_2 = 589,6$  nm) ikkinchi tartibli spektrda ajratish talab qilinadi. Difraksion panjaraning qanday eng kichik  $l$  uzunligida bu mumkin bo`ladi?

12. Ba`zi to`lqin uzunlikli nurlanishlar uchun (kichik difraktsiya burchaklarida) difraksion panjaraning  $D_\varphi$  burchak dispersiyasi 5 min/nm ni tashkil qiladi. Agar panjaraning  $l$  uzunligi 2 sm ga teng bo`lsa, o`sha to`lqin uzunlikli nurlanish uchun bu panjaraning ajrata olish kuchi aniqlansin.

13. 1 mm da  $n=500$  ta dan shtrix bo`lgan difraksion panjaraga to`lqin uzunligi  $\lambda=700$  nm bo`lgan monoxromatik yorug`lik tik ravishda? tushadi. Panjara orqasida bosh fokus masofasi  $f=50$  sm bo`lgan yurutuvchi linza o`rnatilgan. Linzaning fokal tekisligida ekran joylashgan. Uchinchi tartibli maksimum uchun shunday tizimning chiziqli dispersiyasi  $D_\varphi$  aniqlansin. Javob millimetr taqsim nanometrlarda ifodalansin.

14. Yorug`lik dastasi difraksion panjara sirtiga tik tushsin. Panjara orqasiga optik kuchi  $F=1$  dptr bo`lgan yurutuvch linza o`rnatilgan. Linzaning fokal tekisligida ekran joylashgan. Agar difraktsiyaning kichik burchaklarida chiziqli dispersiya  $D_1 = 1$  mm/nm bo`lsa, panjaraning 1mm dagi shtrixlar soni  $n$  aniqlansin.

15. Difraksion panjaraga sirtiga tik ravishda monoxromatik yorug`lik ( $\lambda=650$  nm) tushadi. Panjara orqasida esa fokal tekislikda ekran joylashtirilgan linza turibdi. Ekrandan  $\varphi = 30^\circ$  difraktsiya burchagi ostida difraksion manzara kuzatiladi. Linzaning qanday bosh fokus masofasi  $f$  da chiziqli dispersiya  $D_1 = 0,5$  mm/nm bo`ladi?

16. Agar monoxromatik yorug`lik ( $\lambda=0,6$  mkm) xolida kuzatilganda beshinchi tartibli maksimum  $\varphi = 18^\circ$  burchakka og`gan bo`lsa, difraksion panjaraning xar bir millimetrida nechtdan shtrix bor?

**11. Yorug'likning qutblanishi. Qutblangan nurlarni turlari va ularni olish. Qutblangan nur intensivligini Qutblanish burchagiga bog'liqligi. Malyus qonuni. Bryuster qonuni. Yorug'likning polyarizatorlardagi yo'li. 1/2 va 1/4 plastinkalar. Qutblanish tekisliklarining aylanishi.**

1. Havoda tarqalayotgan yorug'lik dastasi suyug'lik sirtiga  $\epsilon_1=54^\circ$  burchak ostida tushadi. Agar qaytgan yorug'lik to'la qutblangan bo'lsa, dastaning sinish burchagi  $\epsilon_2$  aniqlansin. ( $36^\circ$ )

2. Suv sirtidan qaytgan quyosh nuri to'la qutblangan bo'lishi uchun quyosh gorizontdan qanday  $\phi$  burchak balandlikda turgan bo'lishi kerak. ( $37^\circ$ )

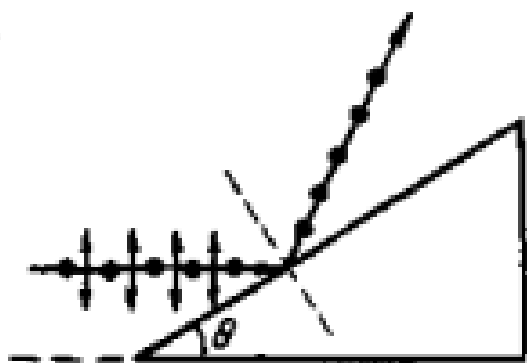
3. Suvda tarqalayotgan tabiiy yorug'lik dastasi suvga botirilgan yoqutning yuzasidan qaytadi. Tushish burchagi  $\epsilon_B$  ning qanday qiymatida qaytgan yorug'lik to'la qutblangan bo'ladi? ( $61^\circ 12'$ )

4. Yorug'likning havodan osh tuzi kristaliga tushishidagi byuster burchagiga  $\epsilon_B=57^\circ$ . Bu kristalldagi yorug'lik tezligi aniqlansin. (194 Mm/s)

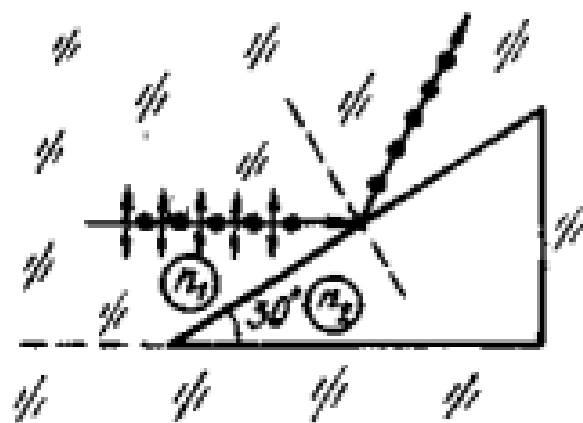
5. Yorug'lik dastasining suyuqlik bilan havo chegarasidagi to'la qaytish chegaraviy burchagi  $\epsilon_1=43^\circ$ . Nurning xavodan shu suyug'lik sirtiga tushish uchun byuster burchagi  $\epsilon_B$  qanday bo'lishi lozimligi aniqlansin. ( $55^\circ 45'$ )

6. Tabiiy yorug'lik dastasi shisha ( $n=1,6$ ) prizmagga tushadi (32.3-rasm). Agar qaytgan dasta maksimal qutblangan bo'lsa, prizmaning ikki qirrali burchagi  $\theta$  aniqlansin. ( $32^\circ$ )

7. Yoqut prizma sindirish ko'rsatkichi  $n_1$  bo'lgan qandaydir muxitda turibdi. Tabiiy yorug'lik dastasi prizmagga 32.4-rasmda ko'rsatilgandek tushadi. Agar qaytayotgan dasta maksimal qutblangan bo'lsa, muxitning sindirish ko'rsatkichi  $n_1$  aniqlansin. (1,52)

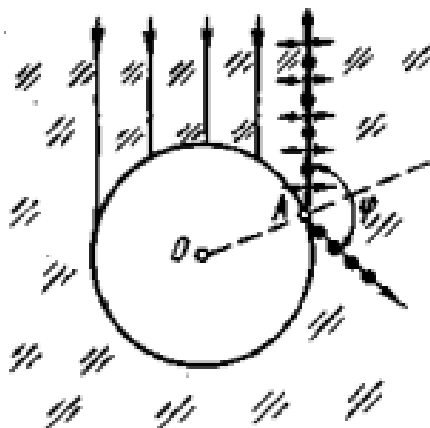


32.3- rasm

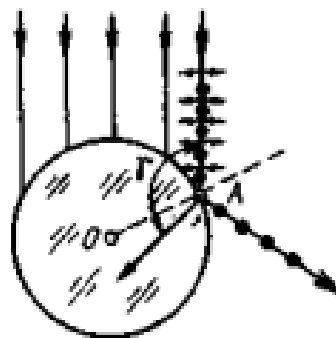


32.4- rasm

8. Tabiiy yorug'likning paralel dastasi yumaloq suv tomchisiga tushmoqda. A nuqtadagi tushayotgan va qaytayotgan dastalar orasidagi  $\varphi$  burchak topilsin (32.5-rasm). (106°)



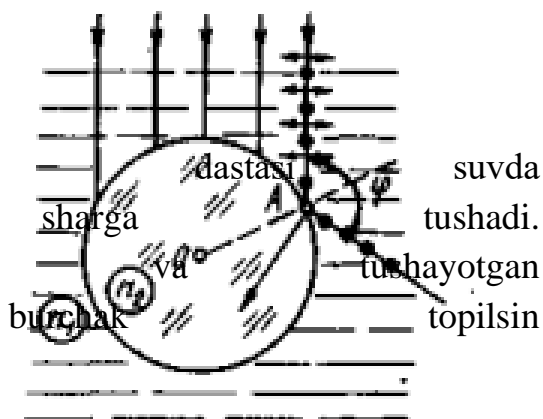
32.5- rasm



32.6- rasm

9. Tabiiy yorug'lik dastasi shisha ( $n=1,54$ ) sharga tushadi. A nuqtadagi singan va tushayotgan dastalar orasidagi  $\gamma$  burchak topilsin (32.6-rasm). (156°)

10. Tabiiy yorug'lik turgan shisha A nuqtadagi qaytayotgan dastalar orasidagi  $\varphi$  burchak topilsin (32.7-rasm). (100°)



32.7- rasm

11. Analizator qutblagichdan kelayotgan yorug'lik intensivligini  $K=2$  marta kamaytiradi. Qutblagich va analizatorlarning o'tkazish tekisliklari orasidagi  $\alpha$  burchak aniqlansin. Analizatorda yorug'lik intensivligining yo'qotilish hisobga olinmasin. (45°)



12. Qutblagich va analizatorlarning o'tkazish tekisliklari orasidagi burchak  $\alpha=45^\circ$ . Agar burchak  $60^\circ$  gacha orttilsa, analizatoridan chiqayotgan yorug'lik intensivligi necha marotaba kamayadi? (2 marta)
13. Agar xar bir nikolda unga tushayotgan yorug'likning 10 % yo'qotilsa, o'tkazish tekisliklari  $\alpha=30^\circ$  burchak hosil qiladigan ikkita nikol orqali o'tayotgan yorug'likning intensivligi necha marta kamayadi. (3,3 marta)
14. Fotometrda bir paytning o'zida ko'rish maydonining ikki bo'lagiga qaralmoqda: birida  $L_1=5$  kkd/m<sup>2</sup> ravshanlikli etalon nurlanuvchi sirt, boshqasida yorug'ligi ikkita nikol orqali o'tuvchi sinalayotgan sirt ko'rinmoqda. Agar ikkinchi nikol  $\alpha=45^\circ$  ga burilsa, ko'rish maydonining xar ikki yarimlari orasidagi chegara yo'qoladi. Agar nikollarning xar birida tushayotgan yorug'lik intensivligining 8% kamayishimalum bo'lsa, sinalayotgan sirtning  $L_2$  topilsin. (23,6 kkd/m<sup>2</sup>)
15. Qisman qutblangan yorug'likda yorug'likning maksimal intensivligiga mos keluvchi yorug'lik vektorining amplitudasi minimal intensivlikka mos keluvchi amplitudadan  $n=2$  marta katta. Yorug'likning qutblanish darajasi  $P$  aniqlansin. (0,33)
16. Qisman qutblangan yorug'likning qutblanish darajasi  $P=0,5$  ga teng. Analizator orqali o'tkazilayotgan yorug'likning maksimal intensivligi minimal intensivlikdan necha marta farq qiladi? (3 marta)
17. Qutblanish darajasi  $P=0,6$  bo'lgan, qisman qutblangan yorug'likning yo'lga analizatorni undan o'tadigan yorug'lik intensivligi maksimal bo'ladigan qilib qoydilar. Agar analizatorning o'tkazish tekisligi  $\alpha=30^\circ$  burchakka burilsa, yorug'likning intensivligi necha marta kamayadi? (1,23 marta)
18. Nikolga qisman qutblangan yorug'lik dastasi tushmoqda. Nikolning muayyan xolatida undan o'tadigan yorug'lik intensivligi minimal bo'ladi. Nikolning o'tkazish tekisligini  $\beta=45^\circ$  burchakka burganlarida yorug'lik intensivligi  $k=1,5$  marta ortdi. Yorug'likning qutblanish darajasi  $P$  aniqlansin. (0,348)
19. Optik o'qiga tik ravishda kesilgan kvarts kristalining  $d_1=2$  mm qalinlikdagi plastinkasini parallel nikollar orasiga joylashtiradilar. Natijada yorug'likning qutblanish tekisligi  $\varphi=53^\circ$  burchakka burildi. Berilgan monoxromatik yorug'lik analizator orqali o'tmasligi uchun plastinkaning qalinligi  $d_2$  qanday bo'lishi kerakligi aniqlansin. (3,4 mm)
20. Uzunligi  $d=8$  sm bo'lgan shisha naychadagi nikotin (toza suyuqlik) natriy sariq yorug'ligining qutblanish tekisligini  $\varphi=137^\circ$  burchakka buradi. Nikotinning zichligi

$\rho=1,01 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Nikotinning solishtirma burishi  $[\alpha]$  aniqlansin. ( $169 \text{ grad} \cdot \text{sm}^3 / (\text{dm} \cdot \text{g})$ )

21. Massaviy konsntratsiyasi  $C_1=280 \text{ kg/m}^3$  bo'lgan shisha naychada saqlanayotgan glyukoza eritmasi shu eritma orqali o'tayotgan monoxromatik yorug'likning qutblanish tekisligini  $\varphi_1=32^\circ$  burchakka buradi. Agar xuddi shunday uzunlikdagi naychaga boshqa glyukoza eritmasi qutblanish tekisligini  $\varphi_2=24^\circ$  burchakka burs, undagi glyukozning massaviy konsentratsiyasi  $C_2$  aniqlansin. ( $0,21 \text{ g/sm}^3$ )

22. Qand eritmasi solingan naychadan o'tganda natriy sariq yorug'ligi qutblanish tekisligining burilish burchagi  $\varphi=40^\circ$ . Naychaning uzunligi  $d=15 \text{ cm}$ . Qandning solishtirma burishi  $[\alpha]=1,17 \cdot 10^{-2} \text{ rad} \cdot \text{m}^3 / (\text{m} \cdot \text{kg})$ . Eritmaning zichligi aniqlansin. ( $0,4 \text{ g/sm}^3$ )

## **12. Issiqlik nurlanish. Issiqlik nurlanish qonuniyatlari. Absolyut qora jism nurlanishi.**

1. Qora jismning energetik yorituvchanligi  $M_e=10 \text{ kbt/m}^2$  bo'ladigan xarorat  $T$  aniqlansin. ( $648 \text{ K}$ )

2. Agar pechning xarorati  $T=1,2 \text{ kK}$  bo'lsa, yuzasi  $S=8 \text{ cm}^2$  bo'lgan eritish pechining tuynugidan  $t=1 \text{ min}$  vaqtda sochilgan energiya aniqlansin. ( $3,65 \text{ kJ}$ )

3. Sirius yulsuzining yuqori qatlamlaridagi xarorat  $T = 10 \text{ kK}$ . Shu yulduzning  $S= 1 \text{ km}^2$  yuzali sirtidan sochilayotgan energiya oqimi aniqlansin. ( $56,7 \text{ GW}$ )

4. Qora jismning xarorati 1% ga ortganda uning energetik yorituvchanligining nisbiy ortishligi  $\Delta M_e/M_e$  aniqlansin. ( $4\%$ )

5. Qora jismning energetik yorituvchanligi  $M_e$  ikki marta o'sishi uchun uning termodinamik xaroratini necha marta o'ttirish kerak? ( $1,19$  marta)

6. Quyosh qora jismdek nur sochadi deb qabul qilib, uning energetik yorituvchanligi  $M_e$  va sirtidagi xarorat  $T$  xisoblansin. Quyoshning gardishi Yerdan  $V=32^\circ$  burchak ostida ko'rinadi. Quyosh doimiysi  $C=1,4 \text{ kJ} / (\text{m}^2 \cdot \text{c})$ . ( $64,7 \text{ MW/m}^4$  ;  $5,8 \text{ kJ}$ )

7. Yer atmosferasidan tashqarida Yerdan Quyoshgacha bo'lgan o'rtacha masofada quyosh nurlariga tik joylashgan, qoraytirilgan metal plastinkaning qaror topgan

xarorati  $T$  aniqlansin. Quyosh doimiysining qiymati oldingi misolda keltirilgan.(396 K)

8.  $T=600$  K xaroratda ko'mirning issiqlik nurlanish koefsiyentini  $\varepsilon=0,8$  deb qabul qilib : 1) ko'mirning energetik yorituvchanligi  $M_e$ ; 2)  $t=10$  min vaqt davomida ko'mirning  $S=5$  sm<sup>2</sup> yuzali sirtida sochiladigan energiya aniqlansin.

9.  $T=400$  K xaroratda  $t=5$  min vaqt davomida qorakuyaning  $S=2$  sm<sup>2</sup> yuzali sirtidan  $W=83$  J energiya sochiladi. Qorakuyaning issiqlik nurlanish koefsiyenti  $\varepsilon$  aniqlansin.(0,9537)

10. Muffel pechi  $P=1$  kBt quvvat istemol qiladi.  $\varepsilon=25$  sm<sup>2</sup> yuzali ochiq tirqichda uning ichki sirtining xarorati  $T=1,2$  kK. Pechning tirqishi qora jismdek nurlanadi deb hisoblab, quvvatning qanday  $\omega$  qismi devorlar tomonidan sochilishi aniqlansin.(0,71)

11. Shartli ravishda yerni  $T=280$  K xaroratda nur sochayotgan kulrang jism deb qabul qilish mumkin. Agar yer sirtiing energetik yorituvchanligi  $M_e=325$  kJ/(m<sup>2</sup> soat) bo'lsa, yerning issiqlik nurlanish energiyasi aniqlansin.(0,267)

12. Muayyan o'zgarmas  $T$  haroratta  $R=10$  sm radiusli sharning nurlanish quvvati  $P = 1$  kW. Sharni issiqlik nurlanish koefsiyenti  $\varepsilon = 0.25$  bo'lgan kulrang jism deb hisoblab, mazkur harorat  $T$  topilsin.(866 K)

13.  $t = 0^\circ$  C haroratda qora jism energetik yorituvchanligi spectral zichligining maksimumi  $(M_{\lambda,T})_{\max}$  qanday to'lqin uzunligiga mos keladi.(10,6 mkm)

14. Quyoshning yuqori qatlamlarining 5,3 kK ga teng. Quyoshni qora jism sifatida qabul qilib, quyosh energetik yorqinligi spectral zichligining maksimumi  $(M_{\lambda,T})_{\max}$  ga mos keluvchi to'lqin uzunligi aniqlansin.(54 nm)

15. Energetik yorqinlik spektral zichligining maksimumi  $(M_{\lambda,T})_{\max}$  ko'rish spektrining  $\omega$ , a) qizil chegarasiga ( $\lambda_1 = 750$  nm), b) binafsha chegarasiga ( $\lambda_2 = 380$  nm) to'g'ri kelganda, qora jism  $T$  harorati qanday bo'ladi.(3,8 kK)

16. Qora jism energetik yorituvchanligi spectral zichligining maksimumi  $(M_{\lambda,T})_{\max} = 4,16 \cdot 10^{11}$  (W/m<sup>2</sup>)/m . U qanday  $\lambda_m$  to'lqin uzunligiga to'g'ri keladi. (1,45 mkm)

**13. Nurlanish energiyasining muhit temperaturalariga va nurlanish to'lqin uzunligiga bog'lanishi. Plank, Stefan - Boltsman qonunlari.**

1. Qora jismning energetik yorituvchanligi  $M_e=10 \text{ kVt/m}^2$  bo'ladigan xarorat  $T$  aniqlansin.
2. Eritish pechining ko'rish tuynigidan sochilayotgan energiya oqimi  $F_e=34 \text{ Vt}$ . Agar tuynukning yuzasi  $S = 6 \text{ sm}^2$  bo'lsa, pechning xarorati  $T$  aniqlansin.
3. Agar pechning harorati  $T= 1,2 \text{ kK}$  bo'lsa, yuzasi  $S=8 \text{ sm}^2$  bo'lgan eritish pechining tuynugidan  $t =1$  vaqtda sochiladigan  $W$  energiya aniqlansin.
4. Sirius yulduzining yuqori qatlamlaridagi harorat  $T = 10 \text{ kk}$ . Shu yulduzning  $S=1 \text{ km}^2$  yuzali sirtidan sochilayotgan energiya oqimi  $F_e$  aniqlansin.
5. Qora jismning xarorati 1 % ga ortganda uning energetik yorituvchanligining nisbiy ortishi  $\Delta M_e/M_e$  aniqlansin.
6. Qora jismning energetik yorituvchanligi  $M_e$  ikki marta o'sishi uchun uning termodinamik xaroratini necha marta orttirish kerak?
7. Quyosh qora jismdek nur sochadi deb qabul qilib, uning energetik yorituvchanligi  $M_e$  va sirtidagi harorat  $T$  hisoblansin. Quyoshning gardishi yerdan  $\nu=32$  burchak ostida ko'rinadi. Quyosh doimiysi  $C =1,4 \text{ kJ}/(\text{m}^2 * \text{c})$
8. Yer atmosferasidan tashqarida, Yerdan Quyoshgacha bo'lgan o'rtacha masofada Quyosh nurlariga tik joylashgan, qoraytirilgan metall plastinkaning qaror topgan harorati  $T$  aniqlansin. Quyosh doimiysining qiymati oldingi masalada keltirilgan.
9.  $T=600 \text{ K}$  haroratda ko'mirning issiqlik nurlanish koeffitsientini deb qabul qilib: 1) ko'mirning energetik yorituvchanligi  $M_e$ ; 2)  $t=10 \text{ min}$  vaqt davomida ko'mirning  $S =5 \text{ sm}^2$  yuzali sirtida sochiladigan  $W$  energiya aniqlansin.
10.  $T=400 \text{ K}$  haroratda  $t=5 \text{ min}$  vaqt davomida qorakuyaning  $S=2 \text{ sm}^2$  yuzali sirtidan  $W=83 \text{ J}$  energiya sochiladi. Qorakuyaning issiqlik nurlanish koeffitsienti  $\epsilon$  aniqlansin.
11. Muffel nechi  $P=1 \text{ kVt}$  quvvat is'temol qiladi.  $\epsilon =25 \text{ sm}^2$  yuzali ochiq tirqishda uning ichki sirtining harorati  $T = 1,2 \text{ kK}$ . Pechning tirqishi qora jismdek nurlanadi deb xisoblab, quvvatning qanday  $\omega$  qismi devorlar tomonidan sochilishi aniqlansin.
12. Shartli ravishda yerni  $T=280 \text{ K}$  haroratda nur sochayotgan kulrang jism sifatida qabul qilish mumkin. Agar yer sirtining energetik yorituvchanligi  $M_e =325 \text{ kJ}/(\text{m}^2 * \text{soat})$  bo'lsa, Yerning issiqlik nurlanish energiyasi  $\epsilon$  aniqlansin.
13. Muayyan o'zgarmas  $T$  haroratda  $R=10 \text{ sm}$  radiusli sharning nurlanish quvvati  $P=1 \text{ kVt}$ . Sharni issiqlik nurlanish koeffitsienti  $\epsilon = 0,25$  bo'lgan kulrang jism deb hisoblab, mazkur harorat  $T$  topilsin.

14.  $t=0^0$  C haroratda qora jism energetik yorituvchanligi spektral zichligining maksimumi ( $M_{\lambda_T}$ ) max qanday to'liqin uzunligiga mos keladi?

15. Quyoshning yuqori qatlamlarining harorati 5,3 kK ga teng. Quyoshni qora jism sifatida qabul qilib, quyosh energetik yorqinligi spektral zichligining maksimumi ( $M_{\lambda_T}$ ) max ga mos keluvchi to'liqin uzunligi  $\lambda_m$  aniqlansin.

16. Energetik yorqinlik spektral zichligining maksimumi ( $M_{\lambda_T}$ ) max ko'rish spektrining  $\omega$  qizil chegarasiga ( $\lambda_1 = 750nm$ ) binafsha chegarasiga ( $\lambda_2 = 380 nm$ ) to'g'ri kelganda, qora jismning harorati  $T$  qanday bo'ladi.

#### 14. Fotoelektrik effektlar. Ichki va tshqi fotoeffektlar. Chiqish ishi.

1. Agar natriy uchun fotoefektning qizil chegarasi  $\lambda_0 = 500$  nm bo'lsa, elektronlarning natriydan chiqish ishi aniqlansin.(2,9 eV)

2. Agar kumushning sirtiga to'liqin uzunligi  $\lambda = 300$  nm bo'lgan ultrabinafsha nurlanish yo'naltirilsa, fotoeffekt kuzatiladimi?( Yo'q )

3. Agar fotoeffektning qizil chegarasi  $\lambda_0 = 307$  nm va fotoelektrikning maksimal kinetik energiyasi  $T_{max} = 1$  eV bo'lsa, foton energiyasining qanday hisyasi fotoelektronni urib chiqarishga sarflangan?(0,8)

4. Litiy sirtiga monoxromatik yorug'lik tushadi ( $\lambda = 310$  nm). Elektronlar emissiyasini toxtatish uchun 1,7 V dan kam bo'lmagan tutuvchi potentsiallar farqi qoyish kerak. Chiqish ishi  $A$  aniqlansin.(2,3 eV)

5. Platina plastinkasini ultrabinafsha yorug'lik bilan nurlantirish natijasida vujudga kelgan fotoeffektni to'xtatish uchun 3,7 V potentsiallar farqini qoyish kerak. Agar platina boshqa plastinka bilan almashtirilsa unda tutuvchi potentsiallar farqini 6 V gacha ko'paytirish kerak. Elektronlarning shu platina sirtidan chiqish ishi  $A$  aniqlansin.(4 eV)

6. Rux plastinkaga to'liqin uzunligi  $\lambda = 220$  nm bo'lgan monoxromatik yorug'lik tushadi. Fotoelektronlarning maksimal tezligi aniqlansin.(760 km/s)

7. Fotoelektronlarning maksimal tezligi 10 Mm/s ga teng bo'gada muayyan metalning sirtiga tushayotgan ultrabinafsha nurlanishining to'liqin uzunligi aniqlansin. Elektronlarning metallardan chiqish ishi hisobga olinmasin.(4,36 nm)

8. To'lqin uzunligi  $\lambda = 0,3 \text{ nm}$  bo'lgan gamma nurlanish tasirida metallardan urib chiqariladigan fotoelektronlarning maksimal tezligi aniqlansin. (Elektron relyativistik;  $\beta=0,83$ ;  $249 \text{ Mm/s}$ )

9.  $\varepsilon = 1,53 \text{ MeV}$  energiyali gamma fotonlar bilan nurlantirilganda metallardan uchib chiqadigan fotoelektronlarning maksimal tezligi aniqlansin. ( $291 \text{ Mm/s}$ )

10. Gamma fotonlar bilan nurlantirilgan metallardan uchib chiqayotgan fotoelektronlarning maksimal tezligi  $291 \text{ Mm/s}$ . Gamma fotonlar energiyasi  $\varepsilon$  aniqlansin. ( $1,59 \text{ MeV}$ )

11. Nikel uchun fotoeffektning qizil chegarasi qanday (m)? Nikel uchun chiqish ishi  $5 \text{ eV}$ .

12. Aluminiy uchun elektronlarning chiqish ishi  $4,25 \text{ eV}$  ga teng. Aluminiy uchun fotoeffektning qizil chegarasini toping (nm).

13. Metall sirtiga tushayotgan yorug'lik chastotasi uchun qanday shari bajarilsa, fotoeffekt hodisasi kuzatiladi?

14. Elektronning chiqish ishi  $3 \cdot 10^{-10} \text{ J}$  bo'lgan modda uchun fotoeffektning qizil chegarasi qanday (m)?

### **15. Eynshteyn formulasi. Fotoelektron ko'paytirgich va fotoelementlarni asosiy xarakteristikalarini.**

1. Erkin elektronlarda va erkin protonlarda Kompton sochilishida to'lqin uzunligi maksimal o'zgarishi aniqlansin. ( $4,84$  va  $2,64 \text{ pm}$ )

2. Agar sochilishda to'lqin uzunligining o'zgarishi  $\Delta\lambda = 3,62 \text{ nm}$  bo'lsa, erkin elektron bilan to'qnashgan fotonning sochilish burchagi aniqlansin. ( $120^\circ$  yoki  $240^\circ$ )

3. Fotonning sochilish burchagi  $\theta = 90^\circ$ . Elektronning sochilish burchagi  $30^\circ$ . Tushayotgan fotonning energiyasi aniqlansin. ( )

4. Fotonning to'lqin uzunligi  $\lambda$  elektronning to'lqin uzunligi  $\lambda_c$  ga teng. Fotonning energiyasi va impulsi aniqlansin.

5. Vodorod atomidagi ikkinchi va uchinchi orbitalarning radiuslari  $r_2$  va  $r_3$  xisoblansin.

6. Elektronning vodorod atomining ikkinchi orbitasida aylanish chastotasi aniqlansin.

7. Vodorod atomining birinchi orbitasida turgan elektronning potentsiali, kinetik va to'la energiyasi aniqlansin.

8. Barmel seriyasidagi 3 chi spektral chiziqqa mos keluvchi to'liq uzunligi aniqlansin.
9. Vodorod spektri birinchi infraqizil seriyasining (Pashen seriyasi) eng katta va eng kichik to'liq uzunliklari aniqlansin.
10. Malum to'liq uzunlikli yorug'lik bilan g'alayonlantirilgan vodorod atomi asosiy holatga o'tganida faqat 3 ta spektral chiziq chiqaradi. Shu chiziqning to'liq uzunliklari aniqlansin va ular qaysi seriyaga taalluqli ekanliklari ko'rsatilsin.
11.  $\text{He}^+$  va  $\text{L}^{++}$  ionlari ionlashishning energiyasi va potentsiali topilsin.
12. Vodorod atomi g'alayonlanishining birinchi potentsiali aniqlansin.
13. Agar tutash rentgen nurlanish spektrining minimal to'liq uzunligi 1 nm bo'lsa, rentgen trubkasining antikatodida tushayotgan elektronlarning tezligi aniqlansin.
14. Skandiy xarakteristik rentgen spektrining K-Seriyasidagi eng katta to'liq uzunligi hisoblansin.
15. Rentgen trubkasidagi qanday eng kichik kuchlanishda mis  $k_a$  seriyasi chiziqlari paydo bo'la boshlaydi?

## **LABORATORIYA MASHG'ULOTLARI.**

### **1-LABORATORIYA ISHI.**

#### **LINZALARDA SFERIK BUZILISHLARNI ANIQLASH**

Tajriba maqsadi:

1. Linzalarda sferik buzilishni o'rganish
2. Sferik oberratsiya tufayli linzada sferik buzilishni aniqlash.

#### **Kirish**

Linzalarda (raqmli) kameralar, mikroskoplar, teleskoplar, shishalar, spektroskoplar va optoelektron asboblar kabi ko'pchilik qurilmalarda qo'llaniladigan optLinzalar (raqamik elementlar hisoblahadi. Linza sistemalari tuzilishidagi bunday optik xatoliklar va akslantirish xatoliklari tuzatilishi kerak.

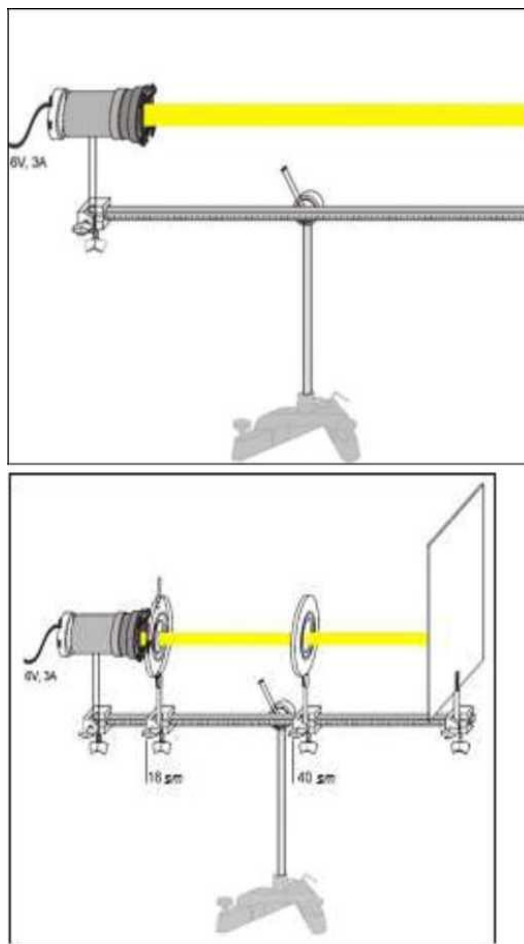
Agar nur yo'li optik o'qni kichik burchak ostida kesib o'tsa, va linzadan o'tayotgan nur uchun tushish burchagi va sindirish burchagi ham unchalik katta bo'lmasa sferik linza nuqtani ideal nuqta sifatida tasvirlaydi. Gauss optikasi deb ataladigan bunday sharoit cheklangan holatlardagina bajariladi, amaliyotda esa aberrasiyalar(tasvir nuqsonlari) muqarrar.

Mazkur tajribada «sfericheskaya aberrasiya» o'rganiladi. Linza akslantirishidagi boshqa xatoliklar, ya'ni «xromatik aberrasiya», «akslantirish buzilishlari» (barrel va yostiqlik) va «linza akslantirishidagi tasvir maydonining qiyshayishi» bir biri bilan chambarchas bog'liq bo'lgan P5.1.3.2 dan P5.1.3.4 gacha tajribalarda o'rganiladi. 1-rasm: Paraksial va abaksial nurlarning kesishuvi. Faqat optik o'qqa yaqin nurlargina linza fokusining nuqtasida kesishadi. Chetki nurlar optik o'qni linza bilan fokus nuqtasi oralig'ida kesad

### Asosiy prinsiplar

Sferik aberrasiya tasvirning linzada kuzatiladigan turli nuqsonlaridan biri hisoblanadi. Optik o'qqa parallel tushayotgan barcha nurlar ham linzadan o'tgandan keyin fokus masofada yig'ilmaydi. Optik o'qqa yaqin nurlarga nisbatan chetki nurlar uchun fokus masofa (1-rasm) Natijada optik o'q oldidagi (atrofida) fokal tekislikda nurlar uncha katta bo'lmagan aylana sohasini shakllantiradi.

Linzalarning aberrasiyasi turli usullar bilan kamaytirilishi mumkin, masalan linzaning oldingi va orqa sirtlarining egrilik radiuslarini munosib tanlash orqali





## Apparatura

1 Sferik aberrasiya uchun bir juft tayanch	461 61	
1 2 diapozitivdan iborat to'plam...	461 66	
1 Lampbi korpusi .....	450 60	
1 Lampa 6 V / 30 W .....	450 51	
1 Asferik kondensator .....	460 20	
1 Transformator 6 V / 12 V .....	521 210	1-rasm
1 Linza $f = +150$ mm.....	460 08	
1 Gulsafsarsimon shaklli diafragma	460 26	
1 Yarim shaffof ekran .....	441 53	
1 Kichik optik kursi.....	460 43	
1 V-shaklsimon stend asosi, 20 sm	300 02	
4 Multiqisgich Leybold .....	301 01	

2-rasm

## Tajriba qurilmasi

A sferik A kondensatorli lampani optik kursida 2-rasmda tasvirlanganidek sozlang. 6 voltli lampa cho'g'langanda, korpusdagi lampa qoyilmasini shunday buringki, lampa tolasining yorqin siymosi devorning qarama qarshi tomonida kuzatilsin (parallel yorug'lik nurini olish uchun lampa bilan devor oralig'i 3 m tartibida bo'lishi lampa tolasining tasviri gorizonta bo'lishi uchun lampa qo'yilmasini to'g'rilang. Yorug'lik nurining paralleligi tekshirilishi mumkin, masalan yorug'likni sirtga oddiygina tegib turgan qog'oz varag'i orqali. Agar zarur bo'lsa, lampani lampa korpusi orqasidagi uchta rostlovchi vintlar bilan rostlang.

Yarim shaffof ekranni 3-rasmda tasvirlanganidek sozlang va lampa bilan yarim shaffof ekran orasiga linzani  $f = +150$  mm lampaga qavariq tomoni bilan joylashtiring.

- To'rli (5mm x5 mm oraliqda intervalga ega) diapozitivni asferik kondensatorga mahkamlangan slaydlarni tutib turgichga o'rnatish.

- Gulsafsarsimon shaklli diafragmani lampa oldiga joylashtiring va uni to'liq oching. Yarim shaffof ekranda to'rning ravshan tasviri hosil bo'lguncha, linzani (lampa tomon) siljiting.

### Tajribani o'tkazish tartibi

- Chetki yorug'lik nurlarini blokirovka qilish uchun markazi tuynukli diafragmmani linzaning tekis tomoniga qotiring (3-rasm)

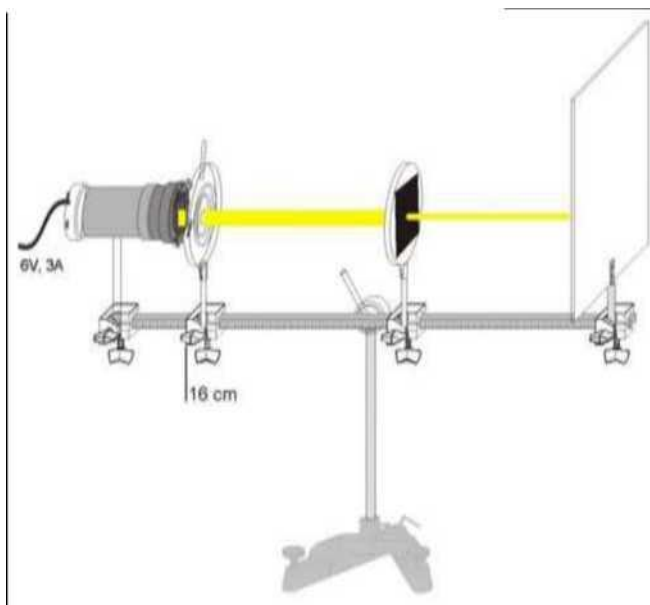
- Linzani siljitish orqali to'rning ravshan tasvirini oling.

- Linza  $f_1$  o'rnini yozib oling.

- Kichik tuynukli diafragmmani xalqasimon diafragmma bilan almashtirib markaziy nurlarni kesing.

- To nurning ravshan tasvirini kuzatish mumkin bo'lguncha linzani siljiting.

Izoh: Chetki nurlar hosil qilgan tasvirlar kichik ravshanlikka ega.



3-rasm Linzalarning sferik aberrasiyasini o'rganish uchun tairiba qurilmasi: ravshan tasvir uchun linzaning o'ri.

- Linza  $f_2$  o'rnini yozib oling.

- *Izoh: Muqobil, sferik abberasiyani kuzatish uchun ekran ham siljirilishi mumkin.*

- *Bu qurilmadagi tasvir masofasi mos ravishda  $f_1$  va  $f_2$ , fokus masofaga teng.*

O'lchashga misol

Markaziy va chetki nurlar uchun linzaning o'ri:  $f_1 = 36$  sm  $f_2 = 30$  sm

### Hisoblashlar va natijalar

- Linzaning markazi linzaning chetiga nisbatan kattaroq fokus masofaga ega. Shuning uchun sferik linzalar sferik aberrasiyaga duchor bo'lib, shuning uchun nuqtaviy obekt ekranda dog' bo'lib tasvirlanadi.

Linza tasvirining nuqsoni  $f = + 150$  mm olinadi  $f_1 - f_2 = 6$  cm

### Qo'shimcha ma'lumotlar

Qavariq linzalar ham botiq linzalar ham sferik abberasiyaga ega. Odatda, sferik abberasiyani tuzatish uchun adaptasiyalangan linzalar sistemasidan foydalaniladi.

## 2 - LABORATORIYA ISHI.

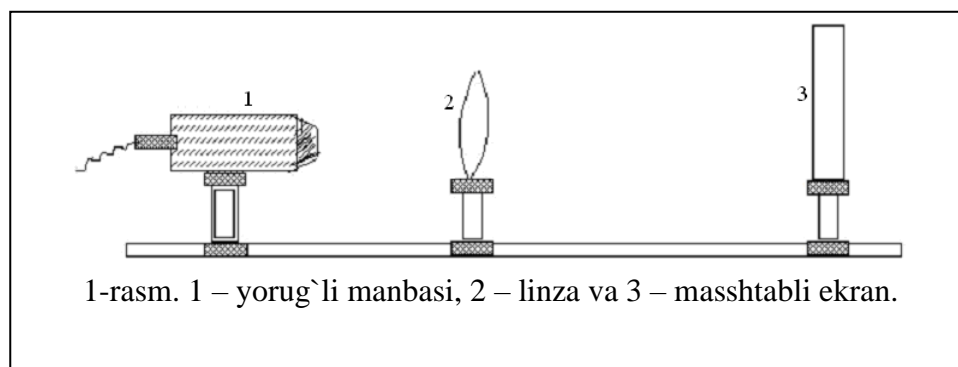
### 1-QISM. YIG`UVCHI LINZANING FOKUS MASOFASINI ANIQLASH

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

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

#### Qurilmaning tavsifi

Ekran, yorug`lik manbasi va linzalar 1-rasmda ko`rsatilgani kabi bir optik o`q bo`yicha joylashtiriladi. Manbaning old qismidagi qog`ozga tushirilgan strelka buyum vazifasini o`taydi.



#### Ishning bajarilish tartibi:

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

**Birinchi usul.** Fokus masofasini linza bilan buyum va linza bilan tasvir o`rtasidagi masofalarga asosan topish.

Linzani optik taglik ustida ohista siljitib, strelkaning ekrandagi aniq tasviri hosil qilinadi. Bu holda buyumdan ya'ni strelkadan linzagacha bo`lgan masofa  $a_1$  hamda linzadan tasvirgacha, ya'ni ekrangacha bo`lgan masofa  $a_2$  yozib olinadi. Bularning qiymatlari optik taglikning shkalasidan santimetrlarda yozib olinadi.  $a_1$  va  $a_2$  ning qiymatlarini bilgan holda (1) formuladan foydalanib, linzaning fokus masofasini

hisoblash mumkin.

$$f = \frac{a_1 \cdot a_2}{a_1 + a_2} \quad (1)$$

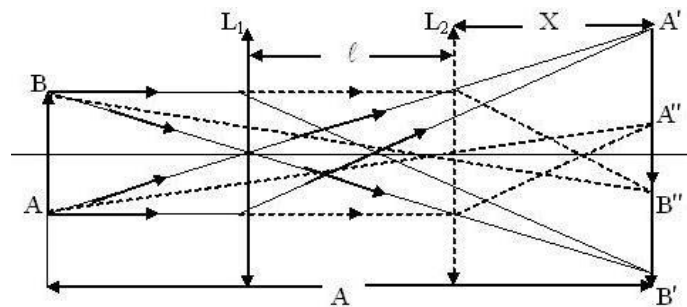
**Ikkinchi usul.** Fokus masofasini buyum bilan tasvirning kattaligidan va linza bilan tasvir orasidagi masofadan foydalanib topish. Bu holda ham 1-mashqdagi singari strelkaning aniq tasviri hosil qilinadi. Tasvir kattalashtirilgan bo`lishi lozim. Buyumning (strelkaning) chiziqli o`lchami  $\ell$  lineyka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

$$f = a_2 \frac{\ell}{\ell + L} \quad (2)$$

**Uchinchi usul.** Fokus masofasini linzani siljitish yo`li bilan o`lchash. Agar buyum bilan uning tasviri orasidagi ( $A$ ) masofa linzaning to`rtlangan fokusi  $4f$  dan katta bo`lsa, linzaning ikki vaziyatida buyumning tasviri hosil bo`ladi. 2-rasmdan ko`rinadiki, linzaning birinchi vaziyatida

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

$$f = \frac{(A - \ell - x) \cdot (x + \ell)}{A} \quad (3)$$



2-rasm.

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

$$x = \frac{A - \ell}{2} \quad (4)$$

Linza birinchi vaziyatda turganda buyum bilan linza orasidagi masofa

$$a_1 = \frac{A - \ell}{2} \quad (5)$$

Linza bilan tasvir orasidagi masofa esa

$$a_2 = \frac{A + \ell}{2} \quad (6)$$

$a_1$  va  $a_2$  larning bu qiymatlarini (1) formulaga qo`yib, linzaning fokus masofasini topamiz:

$$f = \frac{A^2 - \ell^2}{4A} \quad (7)$$

Buyum bilan ekranni bir-biridan  $A > 4f$  masofaga qo'yib, ularning orasiga qavariq linza joylashtiriladi. Linzani optik taglikda surish yo'li buyumning aniq tasviri hosil qilinadi. Optik taglikka o'rnatilgan shkaladan linzaning vaziyati yozib olinadi. Linzani surish yo'li bilan ikkinchi aniq tasvir hosil qilinadi. Bu tajriba bir necha marta takrorlanib linzalar orasidagi ( $A$ ) masofa hamda linzaning ikkita vaziyati orasidagi  $\ell$  masofa aniqlanadi. Olingan natijalar asosida (7) formula yordamida qavariq linzaning fokus masofasi topiladi va jadvalga tushiriladi.

Nazorat uchun savollar:

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

Hisoblashlar

No	$A_i$	$l_i$	$f_i$	$\bar{f}$	$\Delta f$	$\overline{\Delta f}$	$E = \frac{\overline{\Delta f}}{\bar{f}} 100\%$
1							
2							
3							

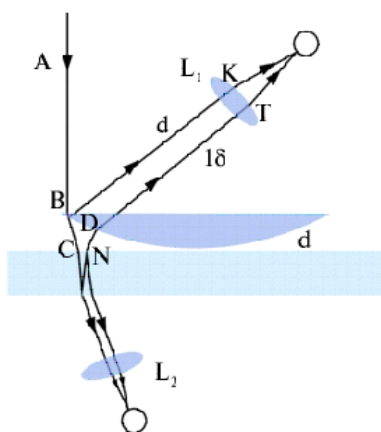
### 3-LABORATORIYA ISHI. O'TGAN VA QAYTGAN OQ YORUG'LIKDAGI NYUTON XALQALARI. LINZANING EGRILIK RADIUSINI ANIQLASH

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

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

#### Nazariy qism

Yassi qavariq linzani yassi parallel plastinkaning yuqori qismiga joylashtirganimizda, ularning oralig'ida havo qatlami hosil bo'ladi.  $n_l$  – linzaning sindirish ko'rsatkichi,  $n_h$  – havoning sindirish ko'rsatkichi,  $n_{sh}$  – shisha plastinkaning sindirish ko'rsatkichi. Agarda yassi linzaga parallel to'lqinlar dastasi tushsa, qisman qaytadi, qisman undan sinib havo qatlamida o'tib, shisha plastinkadan qisman qaytadi, va qisman undan sinib o'tadi. 1-rasmda shartli ravishda to'lqinlarning yo'nalishi ko'rsatilgan. Chizmada birinchi to'lqin shisha qatlamida VS yo'lni o'tganda. Ikkinchi to'lqin ND+DC yo'lni o'tadi.



1-rasm.

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

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

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

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

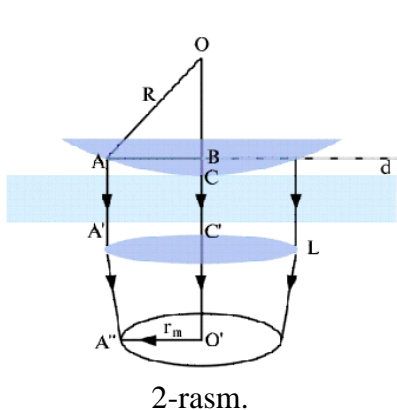
Laboratoriya uskunasi o'tgan to'lqinlarda interferentsion manzara kuzatiladi. Interferentsion manzara konsentrik aylanmalardan iborat. 2 - rasmdan ko'rindiki  $d$  - havo qatlamiga  $r_m$  - aylanali xalqa radiusi mos keladi. Havo qatlami qalinlashgan sari interferentsion halqalarning qalinligi torayib, ular bir - biriga yaqinlashib boradi. Katta havo qatlamida interferentsion manzara chaplashganligi sababli kuzatilmaydi.

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

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

$$R^2 = (R - d_m)^2 + r_m^2 \Rightarrow R^2 = R^2 - 2Rd_m + d_m^2 + r_m^2; \quad r_m^2 = 2Rd_m; \quad (3)$$

$d_m$  - havо qatlam balandligi kichik, uning kvadrati juda kichik songa teng bo'lganligi uchun e'tiborga olinmaydi. (10.3) ifodadan



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

(4) ifodani (2) ga qo'ysak

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

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

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

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

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

(7) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

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

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

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

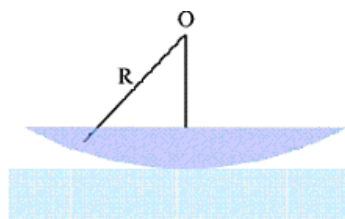
Ifodasi:

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

Tajriba o`tkazuvchi qurilma sxemasi 3-rasmda keltirilgan.



a)



b)

3-rasm. Nyuton halqalarini hosil qiluvchi qurilma (a) va uning optik sxemasi (b).  
Optik taglikka o`rnatilgan 3,b-rasmdagi sxema asosida yig`ilgan qurilma (3,a-rasm.) qavariq linza va qalin shisha plastinkadan tashkil topgan. Bu qurilma uchta vint va xomutlar yordamida bir-biriga mahkamlangan. Vintlar yordamida linza va shisha plastinka orasidagi bo`shliq boshqariladi. Vintlar harakatga keltirilib, Nyuton halqalarini hosil qilish mumkin. Nyuton halqalari yaxshi namoyon bo`lishi uchun qurilmaning ostiga rangli qog`oz qo`yilsa yaxshi bo`ladi. Nyuton halqalarini qurilmaga nisbatan biror burchak ostida qarab ko`rish mumkin.

#### Ishni bajarish tartibi:

1. Nyuton halqasini hosil qiluvchi qurilmani rangli qog`oz ustiga qo`yib, yorug` joyda biror burchak ostida qaraladigan qilib joylashtiriladi.
2. Nyuton halqasini hosil qiluvchi qurilmasidagi vintlarni burab, iloji boricha ko`prok Nyuton halqalarini hosil qilinadi.
3. Shtangentsirkul yordamida hosil bo`lgan Nyuton halqasini gardishidagi binafsha va qizil to`lqinlarning diametr ( $2r_m$ ) lari o`lchab olinadi.
4. Olingan natijalar asosida (10.9) ifodadan foydalanib yassi qavariq linzaning egrilik radiusi hisoblanadi.
5. Uning o`rtacha qiymati va o`rtacha kvadratik xatoliklari topilsin.

#### Nazorat uchun savollar

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

Hisoblashlar



$N_0$	$r_{m,q}$	$r_{m+1,q}$	$r_{m,b}$	$r_{m+1,b}$	$R_i$	$\bar{R}$	$\Delta R_i$	$\overline{\Delta R}$	$E = \frac{\overline{\Delta R}}{\bar{R}} 100\%$
1									
2									
3									

#### 4-LABORATORIYA ISHI. SUYUQLIKLARNING SINDIRISH KO'RSATKICHI VA DISPERSIYASINI ANIQLASH

##### Tajriba maqsadi:

1. Turli suyuqliklarning sindirish korsatkichlarini solishtirish va hisoblash.
2. Suyuqliklarda yorug'lik dispersiyasini taxlil qilish.

#### QISQACHA NAZARIYA

Oq yorug'likning ranglarga ajratilishi birinchilardan bo'lib ser Isak Nyuton tomonidan o'rganilgan. Yorug'lik tuli sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan ikkita material chegarasiga tushganda yorug'lik Snellius qonuni asosida sinadi (1-rasmga qarang):

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \quad (1)$$

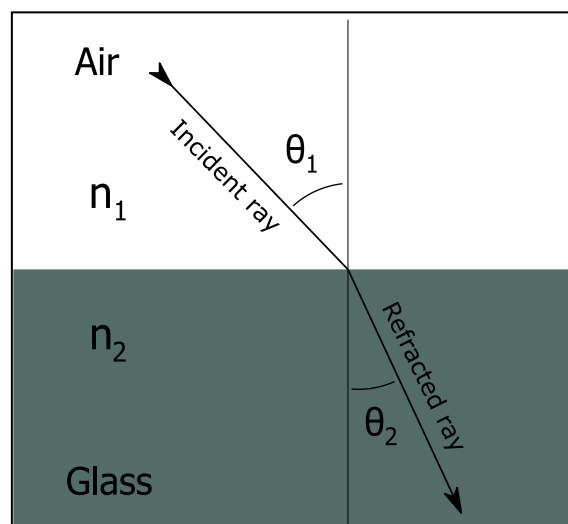
bu erda  $n_1$  va  $n_2$  mos holda 1 va 2 materiallar sindirish ko'rsatkichi, va  $\theta_2$  va  $\theta_1$  burchaklar ikki material chegarasiga o'tkazilgan normalga nisbatan tushish va sinish burchaklari. Havoning sindirish ko'rsatkichi taqriban birga teng, vakuumniki esa aniq birga teng. Shuning uchun nur havodan biror materialga o'tganida Snellius qonuni quyidagicha bo'ladi:

$$n_{mat} \approx \frac{\sin \theta_{air}}{\sin \theta_{mat}} \quad (2)$$

Sindirish ko'rsatkichi quyidagicha aniqlanadi

$$n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \quad (3)$$

bu erda  $\epsilon_r$  dielektrik singdiruvchanli va  $\mu_r$  magnit singdiruvchanlik.



1-rasm: Snellius qonuni bo'yicha sinish.

Sindirish ko'rsatkichi  $n$  ma'lum darajada ko'rish sohasidan tashqarida yutilish polosalariga bog'liq,  $n$  ning chastotaga bog'liqligi Kramer-Kroning bog'liqligi deyiladi. Bu dispersiya hodisasiga olib keladi,  $n$  doimiy emas, to'lqin uzunligiga bog'liq ravishda



1-rasm: Tajriba qurilmasi.



2-rasm: Prizma orqali dispersiya.

o'zgaradi. (2-rasmga qarang) Ammo, Nyuton taxmin qilganidek dispersiya va sinish o'rtasida chiziqli bog'liqlik yo'q. Ko'p hollarda bu to'g'ri, ammo ba'zi bir hollar borki unda katta sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan materiallar juda kichik dispersiyaga ega. Bunday materiallar linzalar uchun maqbul bo'lgan bo'lar edi.

Berilgan materialning ko'rish sohasidagi sindirish xossasini tavsiflash uchun material turiga bog'liq ikkida doimiy aniqlanadi. Birinchisi,  $n_d$ -sariq (589 nm) ko'rish sohasinin taxminan o'rtasiga to'g'ri keluvchi nur uchun. Ikkinchisi, dispersiya bilan bog'liq bo'lgan doimiy, spektr kengligidagi farq  $n_F - n_C$ .  $n_F$  ko'k Balmer chiziqlari uchun 486 nm va qizil (656 nm) nur uchun  $n_C$ .

Mazkur tajribada 4 xil turlicha suyuqliklar bilan to'ldirilgan uchburchak shaklli g'ovak prizmadan foydalanamiz. Prizmaning har bir burchagi  $60^\circ$  ga teng, shuning uchun agar yorug'lik nuri prizmaning ikkala tomoniga uchunchi tomoniga nisbatan parallel tushsa,  $n_{prism}$  sinish burchagi  $\alpha$  orqali quyidagi formula bilan topilishi mumkin:

$$n_{prism}(\lambda) \approx 2 \cdot \sin\left(30^\circ + \frac{\alpha(\lambda)}{2}\right) \quad (3)$$

### O'LCHASH NAMUNASI VA BAHOLASH

Prizmagacha bo'lgan masofa: 0,5 m Endi nurlar orasidagi burchakni hisoblang

$$\alpha(\lambda) = \tan^{-1} \frac{d(\lambda)}{D} \quad (5)$$

nur qo'sh sinish natijasida  $\alpha$  burchakka buriladi: Keyin  $n$  farqini (3) formula asosida hisoblang:

**Natija**

Keltirilgan suyuqliklar orasida suvning sindirish ko'rsatkichi eng kichik bo'lsa, sinamik etil spirti sindirish ko'rsatkichi eng katta. Nazariyada keltirilgani kabi materiallar dispersiyasi nurning sinishiga to'g'ridan to'g'ri bog'liq emas, ammo ma'lum bir korrelatsiya mavjud.

## 5-LABORATORIYA ISHI. RANGLI SUYUQLIKLARDAGI YUTILISH SPEKTORI

### Tajriba maqsadi:

1. To'g'ri ko'rish yo'nalishli prizma bilan spektrlarni tadqiq qilish.
2. Rangli suyuqliklardan o'tayotgan yorug'lik spektrlrini tahlil qilish.

### Qisqacha nazariy ma'lumot

### Yutilish

Yorug'lik niuri vakuumda intensivligi va qutblanishi o'zgarmasdan. Nur yo'lga qoyilgan plastina yoki filtrlar bir qancha effaktlarni hosil qiladi.

Birinchidan, plastina yoki filtr yorug'lik nuri bir qism energiyasini boshqa turdagi energiyaga masalan, issiqlikka aylantirishi mumkin. Bu hodisaga yutilish deyiladi.

Ikkinchidan, ular tushayotgan nurlanish energiyasining bir qismini ajratib barcha yo'nalishlar boylab chastotasini o'zgartirmasdan sochadi. Bu hodisaga elastik sochilish deyiladi. Umuman olganda nurni tushish yo'nalishi va qutblanishidan farq qiluvchi boshqa yo'nalishda va qutblanishda sochadi.

Yutilish va sochilishi natijasida tushayotgan nur energiyasi yutilgan va sochilgan nur energiyasiga teng miqdorda kamayadi. Vu yoqotilish so'nish deyiladi. Bu so'nish darajasi tushayotgan nur qutblanish tashkil qiluvchilari uchun turlicha bo'lishi mumkin. Bu xodisa dixorizm deyiladi va bu xodisa nurning palstina yoki filtdan o'tgandan keyin nurning qutblanganlik holatini o'zgartirishi mumkin.

**Shaffoflik** yorug'lik intensivligining plastin yoki filtdan o'tgandan keying va oldingi qiymatlari nisbati bilan belgilanadi. Shaffoflik quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$T = \frac{I}{I_0}$$

bu erda  $I_0$  dastlabki intensivlik va  $I$  nurning plastina yoki filtdan o'tgandan keyingi intensivligi. Shaffoflik yorig'likning plastina yoki filtdan necha foizi o'tganligini ko'rsatadi. Plastina yoki filtrning shaffofligi 50% deyilsa, demak ularda yorug'lik intensivligi ikki marta kamayadi. Shaffoflik (T) va yutilish (A) o'rtasida quyidagicha bog'lanish mavjud:

$$A = \log_{10} \left( \frac{1}{T} \right)$$

Virinchidan, agar ma'lum to'lqin uzunlikli yorug'lik nuri biror miqdorda aralashmali eritmadan o'tganda fotonlar ko'p bo'lmagan miqdordagi yutuvchi kimyoviy birikmalar bilan to'qnashadi va mos holda yuqori shaffoflikni va past spectral yutilishni kutishimiz mumkin. Agar shu nur konsentratsiyasi yuqori bo'lgan eritmadan o'tsa fotonlar ko'p miqdordagi yutuvchi kimyoviy birikmalar bilan to'qnashadi va mos holda past shaffoflikni va yuqori spectral yutilishni kutishimiz mumkin. Shunday qilib spectral yutilish namuna konsentratsiyasiga bog'liq.

Ikkinchidan, agar nur namunada uzoq yo'l o'tsa o'tkazish koeffitsiyenti past va spectral yutilishli katta bo'ladi, hamda nur namunada kam yo'l o'tsa o'tkazish koeffitsiyenti yuqori va spectral yutilishli kichik bo'ladi. Bu ikki mulohaza quyidagi proporsionallikka olib keladi:

$$A \propto k \times l \times c$$

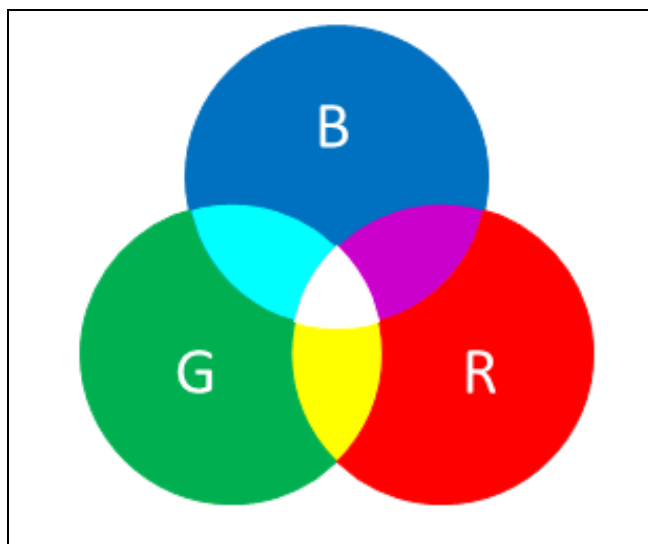
Bu erda,  $k$  proporsionallik koeffitsiyenti,  $l$  nur yo'li uzunligi va  $c$  yutuvchi material konsentratsiyasi. Nur yo'li santimetrlarda, yutuvchi birikmalar konsentratsiyasi mollarda o'lchanganda proporsionallik koeffitsiyentini molyar yutilish qobiliyati deyish mumkin va proporsionallik **Bira-Lambert** qonuniga aylanadi:

$$A = \varepsilon \times l \times c$$

### Rang shakllanish modellari

Har bir rang modelida ranglarni tavsiflashning o'z usuli mavjud. Har bir rang modelida turlicha rang gammasiga ega bo'lgan turlicha rang kengligi mavjud. Masalan, RGB modelidagi sRGB rang gammasi Adobe RGB modelidagi rang gammasidan farq qiladi. Shuningdek, tasvir hosil qilish (monitorlar, televizor ekranlari) yoki printer kabi tasvir chop qilish qurilmalarida ham o'z rang modeli va rang gammasi mavjud. Ekranida raqamli tasvirning hosil qilinishini keyin tasvirning chop qilinishini ko'rib chiqaylik. Ekranida ko'ringan tasvirdagi alohida ranglar printerda chop qilinganda o'zgarishi mumkin, chunki printer boshqach o'ziga xos rang modeli va rang gammasiga asosan chop qiladi

**RGB rang modeli** RGB rang modelida (RGB = Red-qizil, Green-yashil, Blue-ko'k) barcha ranglar uchta qizil, yashil va sariq ranglarning qo'shilishidan hosil qilinadi. Demak, bizda faqat 3 ta asosiy rang bor bo'lib, qolgan barcha ranglar shu uchta rangni aralashtrin hosil qilinadi. Agar biz qizil va yashil ranglarni aralashtrirsak sariq, qizil va ko'kni aralashtrirsak binafsha rang, ko'k va yashilni aralashtrirsak havo rangni olamiz. 1-rasmga qarang.



1-rasm. RGB rang modeli: Red-qizil, Green-yashil va Blue-ko'k.

Agar barcha uchta rangni ham aralashirsak oq rangni olamiz, uchta rangning birortasi bo'lmasa qora rangni olamiz. Elementar ranglar qo'shilishi bilan hosil qilingan rang aralashgan rang deyiladi.

3 asosiy rangning har biri 0 da 255 gacha qiymatga ega. Har bir asosiy rang 255 ta darajaga ega. Agar 3 rangning barchasi 0 darjada bo'lsa ularning yig'indisi qora rangni beradi. Agar barchasining darajasi 255 ga teng bo'lsa oq rangni olamiz. Agar 3 asosiy ranglarda birining darajasi 255 ga boshqalariniki 0 ga teng bo'lsa, biz sof birinchi rangga ega bo'lamiz.

Grafik dasturlarda, asosiy ranglar rang kanallari bilan tavsiflanib unda rang haqida ma'lumotlar saqlanadi. Barcha asosiy uchta qizil, yashul va ko'k ranglardagi barcha 256 ta rang tonlarini ko'paytirib (256x256x256) nazariy jihatdan 16.7 million rang gradatsiyalarini hosil qilish mumkin.

## **6-LABORATORIYA ISHI. IKKILAMCHI TIRQISHDAGI YORUG'LIKNING DIFRAKSIYASINI VIDEOCOM YORDAMIDA KUZATISH.**

### **Tajribaning maqsadlari**

Quyidagi hollar uchun difraksion tasvirlarni qayd qilish va intensivlik taqsimotini modellashtirish:

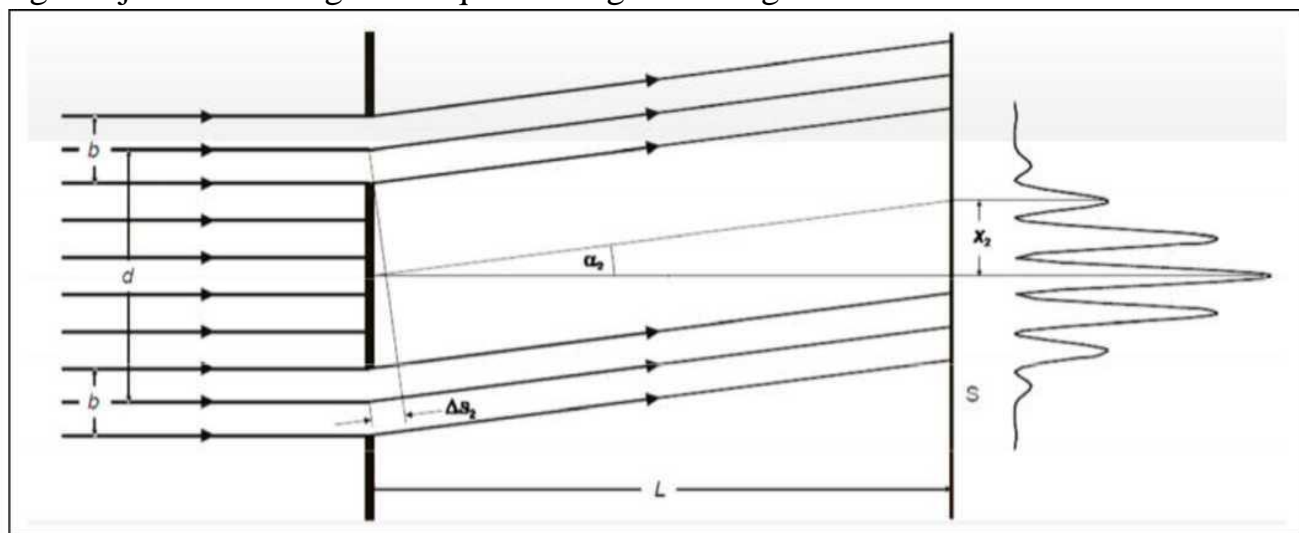
- > tirqishning turli kengliklari uchun, tirqish kengligi doimiy qo'sh tirqishlar va tirqish kengligini aniqlash bilan.
- > tirqishning turli intervallari uchun, tirqish kengligi doimiy qo'sh tirqishlar va tirqish intervalini aniqlash bilan.

➤ tirqishlar turli soni uchun ko'p tirqishlar va tirqish kengligini va tirqish intervalini aniqlash bilan.

### Umumiy ma'lumotlar

Erkin tarqalayotgan yorug'lik nurining yo'liga to'siqlar, masalan gulsapsar tipli diafragma yoki tirqish qoyilganda difraksiyon hodisalar yuz beradi. Yorug'likning to'g'ri chiziqli tarqalishdan og'ishi kuzatiladigan bunday holat difraksiya deb ataladi. Difraksiyon hodisalar o'rganilganda, tajriba bajariladigan ish tartibi ikki turga ajratiladi: *Fraunhofer* difraksiyasi holida yorug'likning parallel to'lqin frontlari difraksiyon obektning old tomonida va ortida o'rganiladi. Bu bir tomondan difraksiyon obektidan cheksiz masofada joylashgan yorug'lik manbasiga va ikkinchi tomondan xuddi shuningdek difraksiyon obektidan cheksiz masofada joylashgan ekranga mos keladi. Uni tajribada nur yo'liga joylashtirilgan yig'uvchi linzalar yordamida, masalan yorug'lik manbasi bilan difraksiyon obekt orasiga joylashtirish orqali amalga oshirish mumkin

*Frenel* difraksiyasi holida yorug'lik manbasi va ekran difraksiyon obektidan chekli masofada joylashadi. Masofa ortib borgani sari *Frenel* difraksiyon tasvirlari *Fraunhofer* difraksiyon tasvirlariga o'xshashroq bo'lib boradi. *Fraunhofer* difraksiyasi holida difraksiyon tasvirlarni hisoblash ancha soddaroq. Shu sababli mazkur ishda bayon qilingan tajribalar *Fraunhofer* nuqtai nazariga asoslangan



Rasm.1: Qo'sh tirqishdan yorug'lik difraksiyasining sxemasi (tajriba P5.3.1.2 taqqoslash) b: tirqish kengligi g: tirqishlar oralig'i L: tirqish bilan ekran orasidagi masofa  $X_2$ : markazdan 2-intensivlik minimumigacha masofa  $a_2$ . 2-susaygan interferensiya kuzatiladigan yo'nalish  $ZIS_2$ : yo'llar farqi

S: kuzatish tekisligi (VideoCom ning ZBA kanali)

*T. Yungga asosan*, ikkita kogerent nurni bir-biriga yaqin joylashgan teng kenglikdagi tirqishlar orqali intensiv va kogerent lazer nuridan olish mumkin. Bu esa tirqishlarning ikki (qo'sh) yorug'lik manbai sifatida namoyon bo'lishini anglatib, yorug'lik dastalari ancha darajadagi uzoq masofada birlashadi. Bu ikki tirqishdagi difraksiya kirayotgan parallel yorug'likni hattoki tirqish diafragmasining geometrik soyasida ham tarqalishiga olib keladi (Rasm.1 dagi kul rang soha). Bundan tashqari, kuzatish tekisligida yorqin va qoramtir tasmalar namoyon bo'lib, ularni geometrik nur optikasi qonunlari bilan tushuntirib bo'lmaydi. Yorug'lik to'lqin xossalariga ega deb inobatga olinsa va ekranda kuzatilayotgan difraksion tasvirni tirqish aperturasidan kelyotgan ko'p sonli(cheksiz) dastalarning superpoziyasi deb qaralsagina uni tushuntirish mumkin.

Difraksion tasvirni hisoblash uchun,  $N$  tirqishlardan iborat, bir biridan teng masofalarda joylashgan tirqishlardan kelayotgan barcha dastalarning tebranish holatlari, fazalari farqi e'tiborga olingan holda qo'shiladi. Natijada kuzatish tekisligining ixtiyoriy joyidagi  $x$  difraksiyalangan yorug'lik maydon kuchlanganligining amplitudasi  $A$  olinadi. Bu metod orqali amplituda taqsimotidan  $A(x)$  bevosita intensivlik taqsimoti  $I(x) = A^2(x)$  hisoblanadi. Amalda, kichik difraksion burchaklar ( $\sin\alpha \approx \alpha$ ) holida, kengligi  $d$  bo'lgan,  $N$  tirqishlar uchun quyidagi proporsionallik olingan

Tenglamaning (1) o'ng tomonidagi uchinchi had, cheksiz tor va bir tekis taqsimlangan  $N$  ta tirqishdan yorug'lik to'lqinining difraksiyasi kuzatiladigan intensivlikning maksimumi va intensivlikning minimumlari davriyligining ketma-ketligini ifodalaydi.

Tenglamaning (1) o'ng tomonidagi ikkinchi had chekli tirqish kengligining  $b$  ta'sirini ifodalaydi. Bu had difraksion tasvirning "qobig'i" hisoblanadi va yakka tirqish kengligi  $b$  ning difraksion ta'siriga mos keladi. Shunday qilib, ko'p sonli tirqishlarning ( $N > 2$ ) difraksion tasviri yakka tirqishning difraksion tasviri orqali modulyasiyalanadi.

Birinchi had  $1/N^2$  intensivlikning tirqishlar soniga bog'liqligini ifodalaydi.

### Tajribani bajarish tartibi

#### a) 3 xil qo'sh tirqishli diafragmada difraksiya ( $g = 0,25$ mm):

F4 bilan eski o'lchangan qiymatlarni o'chiring.

$b=0,10$  kenglikdagi qo'sh tirqish uchun intensivlik taqsimotini  $I(a)$  qayd qiling. Buning uchun oldin w. (256 piksel) tugmaga chertiladi yoki F8 klavishaga bosiladi va polyarizasion filtrning P optimal sozlanmasi tanlanadi.

- Difraksion tasvirlarni qayd qilish uchun,  $s^*$  (2048 piksel) tugmani cherting yoki F9 klavishani bosing.

- F9 bilan o'lchashlarni to'xtating.

F2 klavishani bosib natijalarni saqlang (o'zingizga maqbul fayl nomi bilan). F4 bilan eski o'lchangan qiymatlarni o'chiring.

- O'lchashlarni  $b = 0,15$  mm va  $b = 0,20$  mm bulgan qo'sh tirqishlar uchun takrorlang va har bir holat uchun natijalarni yangi fayl nomi bilan saqlang.

#### b) 4 xil qo'sh tirqishli diafragmada difraksiya ( $g = 0,20$ mm):

- Eski o'lchangan qiymatlarni o'chiring.

-  $g = 0,25$  mm tirqishlar oralig'i uchun intensivlik taqsimotini  $I(a)$  qayd qiling.

- Natijani saqlang(o'zingizga maqbul fayl nomi bilan).

- O'lchashlarni  $g = 0,50$  mm,  $g = 0,75$  mm va  $g = 1,00$  mm bo'lgan qo'sh tirqishlar uchun takrorlang va har bir holat uchun natijalarni yangi fayl nomi bilan saqlang.

5 xil k o'p sonli tirqishli diafragmada difraksiya ( $B = 0.20$  mm va  $G = 0.25$  mm):

Eski o'lchangan qiymatlarni o'chiring.

$N = 2$  tirqish uchun intensivlik taqsimotini  $I(a)$  qayd qiling. Natijani saqlang(o'zingizga maqbul fayl nomi bilan).

Rasm.3 da modellashtirish vositasida hisoblangan intensivlik egriliklari bilan o'lchangan intensivlik taqsimotlari muvofiq kelishi namoyon qilingan. O'lchash aniqligi chegarasida bu yo'l orqali olingan tirqishning kengligi  $b$ , berilgan nominal qiymat bilan yaxshi mos keladi.



## **7-LABORATORIYA ISHI. HE-NE LAZERI YORDAMIDA FRENEL KOZGUSIDAGI INTERFERENSIYANI KUZATISH**

### **Ishning maqsadi**

- Ikkita mavhum yorug'lik manbasidan interferensiyani kuzatish.

\_ Interferension chiziqlar orasidagi  $d$  masofani o'lchash

Mavhum yorug'lik manbalarining proyeksiyalangan tasvirini olish.

- Proyeksiyalangan tasvirlar orasidagi  $A$  masofani o'lchash. Yorug'likning nuqtaviy manbasi Frenel ko'zgusida akslanishi yordamida, yorug'lik manbasining ikkita kogerent mavhum

Interferension chiziqlar orasidagi  $d$  masofadan, mavvhum yorug'lik manbalarining proyeksiyalangan tasvirlari orasidagi masofadan va qurilmaning geometrik o'lchamlaridan foydalanib, He-Ne lazerning nurlanish to'liq uzunligini aniqlash.

### **Tajribani o'tkazish**

#### **a) Ikki mavhum yorug'lik manbasining interferensiyasi:**

- Linzani(2) optik nasadkadan oling.

- Yuqori kontrastli interferension tasvirni korreksiyalash uchun vintdan (3) foydalaning.

Buning uchun ekran qarshisida oq

qog'oz parchasini ushlab turish talab qilinishi mumkin. Agar

Frenel ko'zgusining tashqi old frontidagi difraksiya qo'shimcha

chalg'ituvchi interferension naqsh yuzaga keltirsa:

- Vintdan (4) foydalanib, tashqi tarafdan kengaygan lazer

nurining xalaqiti tugaguncha Frenel ko'zgusining o'rnini

o'zgartiring

- Verner kronsirkulidan foydalanib, chiziqlar orasidagi  $d$

masofani o'lchang va bu qiymatni yozib oling.

#### **b) Mavhum yorug'lik manbalarini proyeksiyalash:**

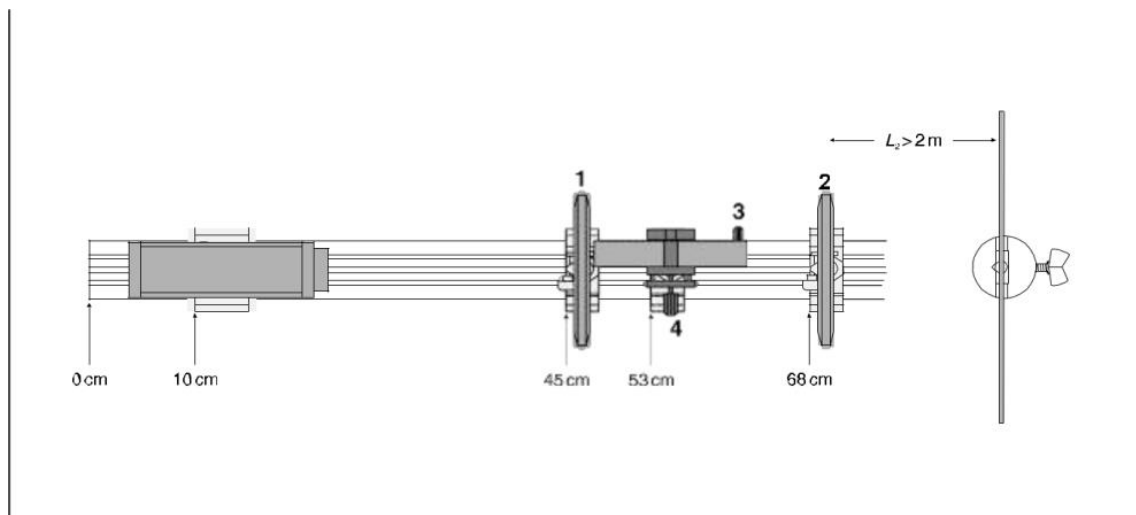
- Linzani (2) o'rnatib va zururiyat bo'lsa uni mavhum yorug'lik

manbalarining keskin mujasamlashgan tasviri olinguncha

sozlang. Verner kronsirkuli bilan chiziqlar orasidagi  $d$  masfani

o'lchang va bu qiymatni yozib oling.

- Optik kursidagi shkala boyicha linza(2) bilan linza(1) orasidagi  $L_0$  masofani aniqlang va bu qiymatni yozib oling.
- Po'lat ruletkadan foydalanib, proyeksiyalangan tasvir bilan linza(2) orasidagi  $L_2$  masofani o'lchang va uni yozib oling.
- Hohish bo'lsa, linzani olib tashlang, qaytadan yangi interferension naqsh yarating va o'lchashlarni takrorlang.



Rasm. 2: Optik kursidagi tajriba qurilmasi, chap tarafdin optik nasadkalarining maxsus o'rinlari bilan birgalikda..

### Tajriba namunasi

$d = 3,9 \text{ mm}$   
 $A = 4,3 \text{ mm}$   
 $L_0 = 22,7 \text{ sm}$   
 $L_2 = 230,5 \text{ sm}$

### Baholash

Yorug'likning nuqtaviy manbasi 5-millimetrlin linzaning fokusida joylashgan; shunday qilib,  $L_1 = L_0 - 5 \text{ mm}$ . Yorug'lik manbasi bilan proyeksiyon ekran orasidagi  $L$  masofani  $L = L_1 + L_2$  deb olishimiz mumkin. (I) va (II) tenglamalardan foydalanib, biz oldin  $a = 0,41 \text{ mm}$  ni, va keyin esa, bu qiymat orqali qo'llanilayotgan lazer nurlanishining to'lqin uzunligini ( $\lambda = 640 \text{ nm}$ ) hisoblashimiz mumkin; Natija adabiyotlarda keltirilgan qiymat  $\lambda_{\text{HeNe}} = 632,8 \text{ nm}$  bilan mos keladi.

### Xulosalar

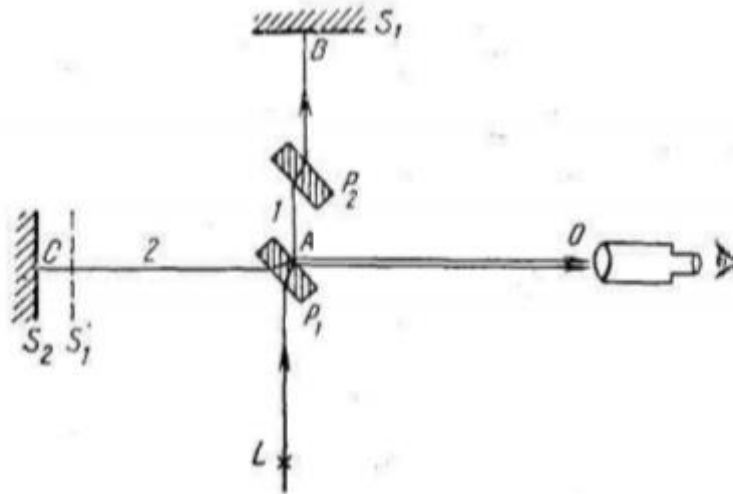
Frenel ko'zgusi yordamida olingan interferension tasvir ikkita yorug'lik nurining interferensiyasi bilan tushuntirilishi mumkin. Nuqtaviy yorug'lik manbasining Frenel ko'zgusidan akslanishi yo'li bilan ikkita mavhum yorug'lik manbasi olinadi, ular kogerent va shu sababli bir-biri bilan interferensiyalanadi

**Ishning maqsadi;**

\* Maykelson interferometri yordamida yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash;

**Nazariy qismi;**

Interferension manzaralar xosil qilish uchun zarur bo'lgan sxemalar yaratuvchi juda ko'p qurilmalar bor. Bunday asboblardan biri fan tarixida muhim ro'l o'ynagan Maykelson interferometridir.



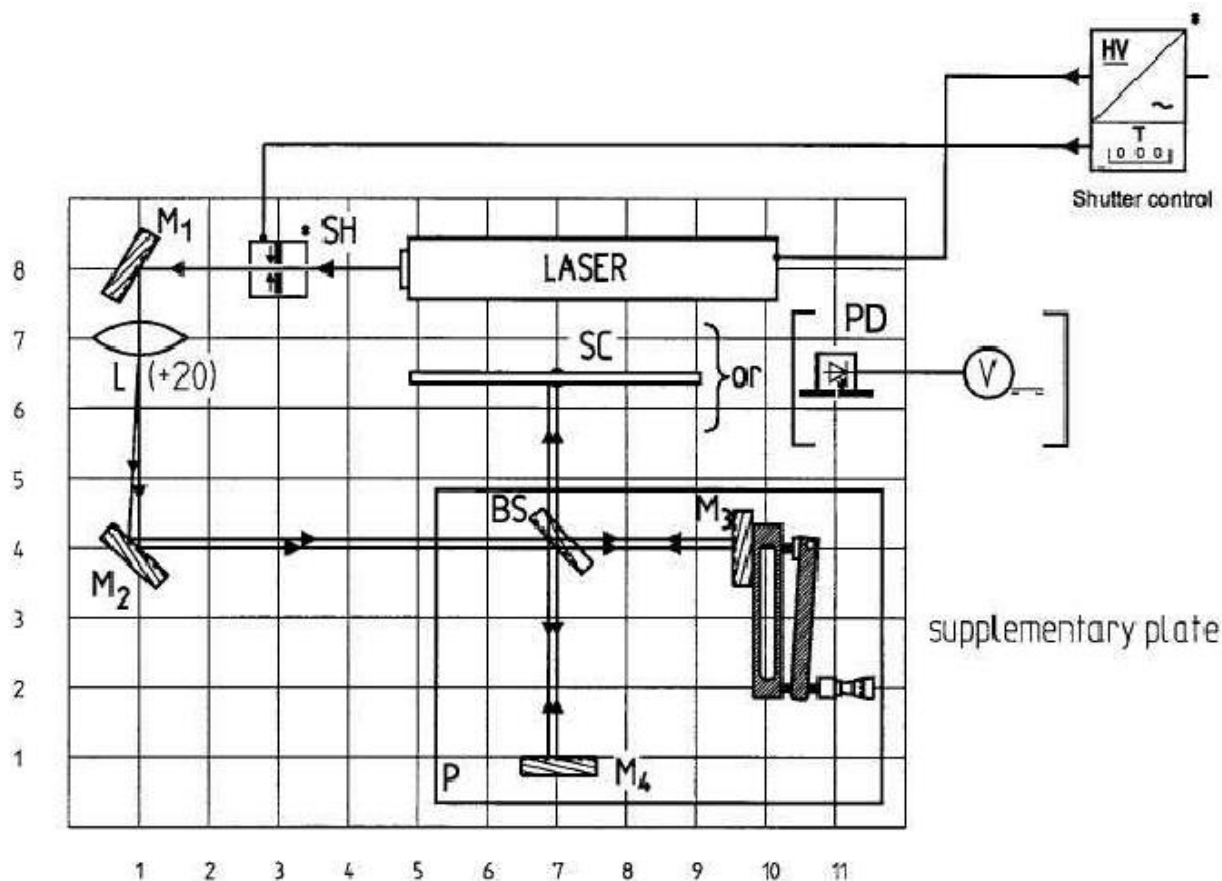
Maykelson interferometrining chizmasi 1-rasmda keltirilgan.  $L$  manbadan chiqayotgan dasta yupqa kumush yoki alyuminiy qatlami qoplangan  $RI$  plastinkaga tushadi.  $RI$  plastinka orqali o'tgan  $AV$  nur  $SI$  ko'zgodan qaytadi va yana  $RI$  plastinkaga tushib, qisman undan o'tadi va qisman  $AO$  yo'nalishda qaytadi.  $AS$  nur  $S2$  ko'zgodan qaytadi va  $RI$  plastinkaga tushib qisman  $AO$  yo'nalishda o'tadi.  $AO$  yo'nalishda tarqalayotgan ikkala ( $1$  va  $2$ ) to'lqin  $L$  manbadan chiqayotgan ajratilgan to'lqinlar bo'lgani uchun ular o'zaro kogerent bo'ladi va bir-biri bilan interferensiyalasha oladi.  $2$  nur  $RI$  plastinkani uch marta,  $1$  nur esa bir marta kesib o'tgani uchun,  $1$  nur yo'lga  $RI$  plastinka bilan bir xil bo'lgan  $R2$  plastinka qo'yiladi: bu plastinka oq yorug'lik bilan ishlaganda muhim bo'lgan qo'shimcha yo'l farqini kompensatsiyalash maqsadida qo'yiladi..

Bu interferension manzara  $S2$  ko'zgu bilan  $SI$  ko'zguning  $RI$  plastinkadagi mavhum  $S1$  tasviri orasida hosil bo'lgan havo qatlamidagi interferensiyaga mos keladi. Halqalarning burchakli diametri interferometr yelkalari uzunliklarining farqi va interferensiyaning tartibiga bog'liq ravishda  $2dncosr=m\lambda$  munosabatdan aniqlanadi. Ravshanki,  $r$  burchakning qiymati juda kichik bo'lganda ko'zguning chorak to'lqin uzunligi qadar surilishi ko'rish maydonida yorug' halqaning qora halqa o'rniga va aksincha, qora halqaning yorug' halqa o'rniga tushishiga mos keladi.

Ko'zgular rostlash vintlari vositasida to'g'rilanadi. Ko'pincha ko'zgular shunday o'rnatiladiki, bunda ekvalent havo qatlamining qirrasiga parallel joylashadigan teng qalinlik

interferension poloslari ko'rinadi. Ko'zgulor orasidagi masofalar katta bo'lganda interferensiyalavchi nurlar orasidagi yo'l farqi g'oyat katta ( $10^6 \lambda$  dan ortiq) qiymatlarga yetishishi mumkin, ya'ni millioninchi chamasidagi poloslar ko'rinadi.

Ravshanki, bu holda monoxromatiklik darajasi juda yuqori bo'lgan yorug'lik manbalari kerak. V.P.Linnik «mikrointerferometr» yasadi, bu asbob Maykelsonning kichik interferometri bo'lib, odatdagi mikroskopga kiygiziladi. Bu asbob sirdagi juda mayda notekisliklarni kuzatish va o'lchashga imkon beradi hamda sirtlar sifatini tekshirishda ishlatilishi mumkin.



Ammo ikki nurning interferensiyalashishi tufayli vujudga keladigan manzaraning bir kamchiligi mavjud: ekrandagi yoritilganlik maksimumdan minumumga tomon asta-sekin o'zgarib boradi. Boshqacha qilib aytganda maksimumlar yoyilganroq bo'lib, umumiy fonda unchalik aniq ajralib turmaydi. Interferension manzaraning keskinligini oshirish uchun ikki emas, balki ko'proq kogerent nurlarning interferensiyalashishidan foydalanish lozim. Shuning uchun ham hozirgi vaqtda asosan ko'p nurli interferometrlar ishlatiladi.

Yuqoridagi rasmda Maykelson interferometrining zamonaviy korinishi tasvirlangan bo'lin talabalar shu jihozda tajriba ishlarini olib borishadi.

**Qurilma bilan ishlash qoidalari;**

Quriladagi lazer nurini tog'ridan to'g'ri ko'zga tushishidan saqlaning,tajribani iloji boricha qorong'u honada amalga oshiring,lazer nuri bilan ishlashda nurning ravshanligini oshirib yubormang, natijalarni aniqlikda olish uchun qurilmalarni to'g'ri joylashtiring,tajribani kamida uch marotaba o'tkazib olingan natijalarni hisoblang.

**Kerakli asbob va ashyolar;**

1 lazer optikasining tayanch plitasi,He-Ne lazer chiziqli qutblangan lazer asosi,optik asos,nur bo'lgichlar,nur bo'lgichlar uchun tutqich,sozlanadigan yassi ko'zgu,1 sferik linza  $f=2,7$  mm,yarim shaffof ekran,kichik taglik asos V-simon,unversial qisqich S,o'rindiq asos.

**Ishni bajarish tartibi;**

1-qurilma holatini tekshirib olamiz,kerakli asbob va jihozlar bilan tanishib chiqamiz.

2-interferometrni ikkala ko'zguysi tavsiya etilgan hisoblashlarga moslab o'rnatilsin

3-inteferensiyani oq yorug'likda kuzatgandan so'ng,ko'zgularning vaziyatini o'zgartirib,simob spektrning monohramator orqali ko'rinadigan yashil chizig'i uchun interferension manzaraga qaytilsin.K1 ko'zguning qiyaligini o'zgartirish bilan polasalar vertikal vaziyatiga keltirilsin.

4.K2 ko'zguning okulyar ko'rish maydoni orqali o'tgan yuzta interferension polasaga mos kelga parallel siljishi indikatorga qarab kamida besh marta o'lchansin.  $\lambda = \frac{2\delta}{N}$  munosabatdan foydalanib,simob yashil chizig'ining  $\lambda$  to'lqin uzunligi topilsin.Bunda  $\delta$ -K2 ko'zguning siljishi bo'lib u manzaraning N ta polasaga siljishiga mosdir.

5.Monoxramator vositasida simob spektrining ko'k-binafsha chizig'i ajratilsin va yuqorida sanab o'tilgan xamma o'chashlar hamda hisoblashlar o'tkazilsin

Monoxramator yordamida simob lampasining sariq yorug'ligida interferension manzara xosil qilinsin. Indekatorga qarab K2 ko'zguning H okulyar ko'rishmaydonida interferension manzaraning chaplashgan sohasining paydo bo'lishga mos kelgan L siljishi bir necha marta o'lchansin. Ko'zguning aniqlangan siljishiga qarab  $\delta = \frac{L}{10}$  topilsin. Maykelson tajribasida 2 t ko'zgu yordamida yorug'lik interferometrlarga olib keladi ularning biri harakatlanayotgan paytda interferensiya natijasida o'zgarishi kuzatiladi.Lazer yorug'lik nurini to'lqin uzunligi hisoblanadi.

**Nazariya va hisob kitoblar**

Agar ikkita to'lqin bir xil  $\omega$  tezlikka ega bo'lsa,ammo joylashuvda turli faza va amplitudali bo'lsa ular quydagicha harakat qiladi.

$$E(t) = A_1 \cdot \sin(\omega t - \varphi_1) + A_2 \cdot \sin(\omega t - \varphi_2)$$

Natijaviy to'lqin

$$E^2(t) = A_1^2 + A_2^2 + 2 \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \cos\delta \quad (1)$$

va fazalar farqi

$$\delta = \varphi_1 - \varphi_2$$

quydagicha tasvirlanishi mumkin.

$$E(t) = A_1 \cdot \sin(\omega t - \varphi)$$

**fazalar farqi quydagi formula bilan aniqlanadi**

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2d \cdot \cos(\theta)$$

$\lambda$ -foydalanilgan lazer nurining to'liq uzunligi (1) ga kora  $A = A_1 = A_2$

uchun intensivliklar  $I = E^2 = L A^2 \cos^2 \frac{\delta}{2}$  (3) ga ega bo'lamiz.

shu fazada  $\delta = 2\pi$  ga karali bo'lsa maksimumlik sharti roy beradi.

Bundan;

$$2 \cdot d \cdot \cos \theta = m \cdot \lambda; m = 1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

**O'lchash na'munasi**

Tajribada ko'zguning ko'chishi 43,157 mk m N=135 ta aylana o'zgarishi hisobga olinadi.

$$\lambda = \frac{2d}{N} = \frac{2 \cdot 43,157}{135}$$

$\lambda = 639$  nm ga teng bo'ldi.

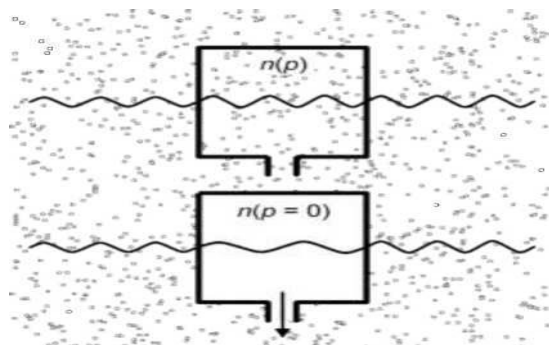
## **9-LABORATORIYA ISHI. HAVONING SINDIRISH KORSATKICHINI MAX-ZENDER INTERFEROMETRI BILAN O'LCHASH**

**Tajribaning maqsadi:** Max-Zender Interferometrini yigish Nur yo'liga oldin joylashtirilgan kamerani evakuasiya qilinganda, interferension manzaraning o'zgarishini kuzatish Havoning sindirish ko'rsatkichini aniqlas

### **Umumiy ma'lumotlar**

Interferometriya nihoyatda aniq va sezgir o'lchash metodi hisoblanadi, masalan uzunlikning o'zgarishini, zichlik darajasini, sindirish ko'rsatkichlarini va to'liq

uzunligini o'lchashda. Max-Zender interferometri Maykelson interferometri kabi ikki nurli interferometrlar oilasiga mansub. Uning ishlashi quyidagicha: Talabga javob beradigan manbadan kelayotgan kogerent yorug'lik nuri optik komponentda ikki qismga



ajraladi. Nurning bu qismlari turli yo'llardan harakatlanadi, ko'zgular yordamida og'ib, boshqa optik komponentga yo'naladi va ular bu yerda ustma-ust tushib bir-biri bilan birikadi. Natijada interferensiyon manzara yuzaga keladi. Agar bu nurlardan birining yo'li uzunligi, ya'ni sindirish ko'rsatgichi va geometrik yo'l natijasida o'zgarsa, o'zgarish nurga nisbatan bu faza siljishiga olib keladi. Bu esa o'z navbatida interferensiyon manzaraning o'zgarishiga olib kelib, u orqali optik yo'lning o'zgarishi haqida xulosa qilish imkoni bo'ladi. Maykelson interferometridan farqli, yorug'lik nurlari ajralgandan keyin bir-birida akslanmaydi, aslida, to'g'ri qayta birikguncha alohida yo'llarda harakatlanadi. Shaffof materiallarda o'lchash, masalan sindirish ko'rsatgichining o'zgarishini, natijasi orqali tushunish soddaroq va shu bilan birga yaxshiroq o'rgatish mashqlarini bajarish mumkin. Ammo, geometrik yo'l uzunligidagi o'zgarishlarni aniqlashning imkoni bo'lmaydi. Havoning sindirish ko'rsatgichini aniqlash uchun, interferometrda nurlarning bir yo'lga transportabel kamera joylashtiriladi. Tajriba vaqtida bu kameradan havo so'rib olinib, nurning optik uzunlik yo'li o'zgartiriladi. Unda biz bosim o'zgarishiga mos interferensiyon manzaraning o'zgarishi orqali havoning sindirish ko'rsatgichini aniqlashimiz mumkin. Bunday o'lchashni Maykelson interferometri bilan ham amalga oshirish mumkin; biroq bu holda nur kamera orqali ikki marta o'tishini e'tiborga olishimiz kerak bo'ladi.

1 lazer optikasining tayanch plitasi.....	473 40
1 He-Ne lazer, chiziqli qutblangan .....	471 840
1 lazer asosi .....	473 41
6 optik asos .....	473 42
2 nur bo'lgichlar.....	473 432
2 nur bo'lgichlar uchun tutqich .....	473 43
2 sozlanadigan yassi ko'zgu . . . .	473 46
1 sferik linza, $f = 2.7$ mm.....	473 47
1 trassportabel kamera .....	473 485
1 yarim shaffof ekran .....	441 53
1 qo'l bilan yurgiziladigan vakuum va dam beradigan .nasos. . .	375 58
1 kichik taglik asos, V-simon .....	300 021
1 universal qisqich S .....	666 555
1 o'rindiqli asos .....	300 11

### **Ehtiyotkorlik choralari**

Geliy-neonli lazer “O'rganish va o'quv qurilmalari uchun texnika xavfsizligi bo'yicha talablar - Lazer, DIN 58126, 6 bo'lim” 2 sinf lazerlari uchun nemis texnik standartlariga mos keladi. Instruksiyada keltirilgan xavfsizlik qoidalarga rioya qilinganda, geliy-neonli lazer bilan tajriba o'tkazish xavfli emas.

- To'g'ri yoki akslangan lazer nuriga aslo qaramang.
- Yorug'likning ravshanlik chegarasini oshirmang (ya'ni, hech qaysi kuzatuvchi ko'zining qamashganligini sezmasligi kerak)

#### Tajriba qurilmasi

Izoh : Sirti shikastlangan yoki iflos optik elementlar interferensiyasi tasvirning buzilishiga sababchi bo'lishi mumkin. Yassi ko'zgu dastasini, nur ajratgichni va sferik linzani ehtiyotkorlik bilan changlardan saqlang va yalang'och qo'llaringiz bilan ularga tegmang.

Rasm. 1 da lazer optik tayanch plitadagi Max-Zender interferometri qurilmasi tasvirlangan. Komponentlar nur yo'li geometriyasiga nisbatan juda sinchkovlik bilan yustirovka qilinishi lozim. Tajribani to'g'ri o'tkazish uchun quyidagilarni bajarish kerak:



### *Lazer optic tayanch plita va lazer:*

- Havo yostig'ini damlang
- Havo yostig'i bilan lazer optik tayanch plitani (a) gorizontalar tarzda mustahkam laboratoriya stoliga joylashtiring.
- Lazerni tutib turgichga o'rnatib va uni tayanch plitaning chap chetiga joylashtiring.
- Lazerni tarmoqqa ulang va uni qo'shing.
- Lazerni tutib turgichdagi regulirovka vintlarining uchta qotiruvchi gaykalarini bo'shating.
- Regulirovka vintlaridan foydalanib, lazerning balandligini va qiyaligini shunday sozlangki, nur tayanch plitadan 75 mm atrofida yuqoridan mutloq gorizontalar tarzda o'tsin (keyingi yustirovkalar uchun yetarli joy bor). Masofani lineyka bilan o'lchang.
- Kontrgaykalarni qotiring.

### Dastlabki sozlash:

- Nur bo'lgichlarning (b) va (c) nurni gorizontalar akslantirayotganini tekshiring; buning uchun

Rasm. 1: Max-Zender interferometri transportabel kamera bilan lazer optik tayanch plitada, yuqoridan ko'rinishi a lazer optik tayanch plita b, c nur bo'lgichlar d, e nozik sozlanadigan yassi ko'zgular f sferik linza g yarim shaffof ekran h

har bir nur bo'lgichning optik asosini lazer optikasi tayanch plitasining qarama-tomoniga nurning yo'lga joylashtiring va yorug'lik nurini lazer emissiyasi aperturasi yonidagi nuqtaga akslantiring.

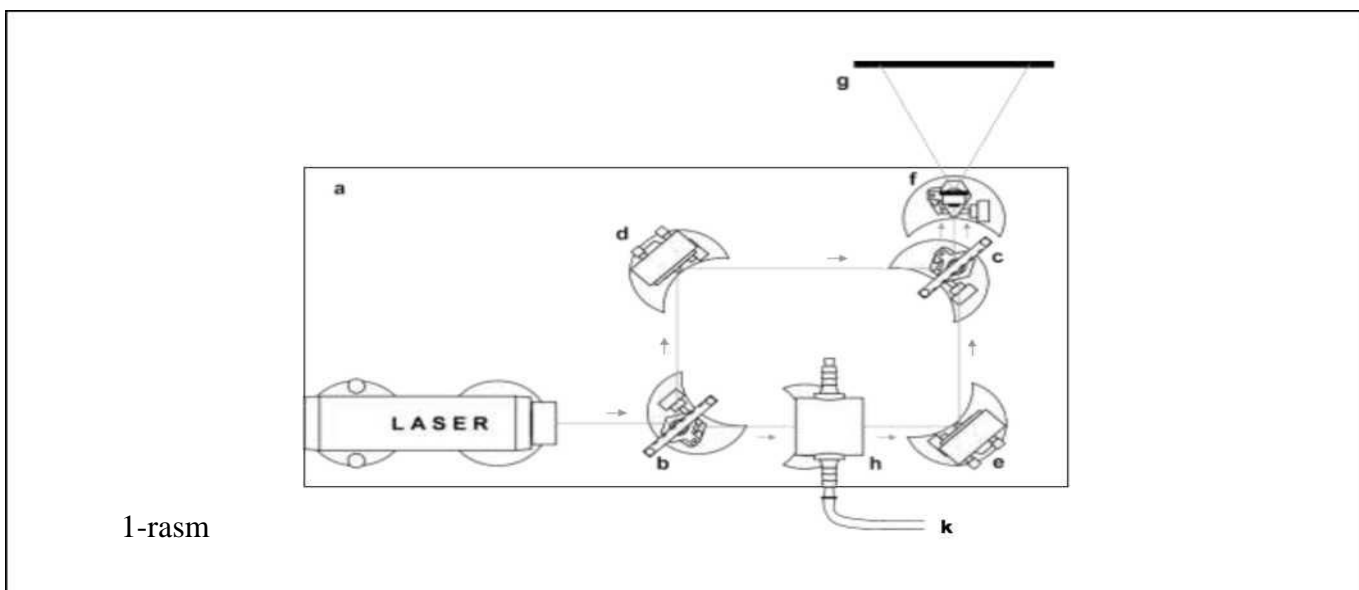
- Agar zarur bo'lsa, stend sterjenidagi ikkita vint yordamida nur bo'lgichlarining og'ish burchagini va shu bilan nur yo'lini to'g'rilang.
- Asosiy sozlash vintidan foydalanib, (d) va (e) yassi ko'zgularni shunday yustirovka qilingki, ular nurni gorizontalar akslantirsin; buning uchun har bir yassi ko'zguni lazer optikasi tayanch plitasining qarama-tomoniga nurning yo'lga joylashtiring va yorug'lik nurini lazer emissiyasi aperturasi yonidagi nuqtaga akslantiring.

### Nur bo'lgichlar va yassi ko'zgular:

#### Eslatmalar:

Qurilmani bir oz qorong'ulashtirilgan xonada yustirovka qilish osonroq. Asosiy nurlardan tashqari, ko'p marotaba qaytishlar ham past intensivlikli parazit parsial dastalar deb ataluvchi nurlarni keltirib chiqaradi. Ular keyinchalik linza tutgichida ekranlashadi.

O'zgaradigan nur bo'lgichdan (473435) foydalanilganda, Quyida keltirilgan ma'lumotlar faqat asosiy nurlarga tegishli Qaytgan va o'tgan nurlar bir lazer nuri nur



bo'lgichning markaziga u yoki bu darajada tushayotganiga ishonch hosil qiling.

- Optik asosli nur bo'lgichni(b) Rasm.1 da keltirilganidek, nur yo'lga  $45^0$  burchak ostida joylashtiring; nur bo'lgichning qisman shaffof tomoni lazerga qaragan bo'lishi kerak

Yassi ko'zguni(d) nur bo'lgichdan(b) akslangan nur yo'lga shunday joylashtiringki, lazer

Ekran(g) bilan ikkinchi nur bo'lgich(c) orasidagi masofani o'zgartiring va ikki qay nurlar amalda mos kelishini, ya'ni yetarli darajada paralleligini tekshiring.

nuri uning markaziga tushsin.

\_ Interferometrning tayanch plitasidagi optik asosni burish orqali, yassi ko'zguni nur  $90^{\circ}$  ga og'adigan va nurning yo'li uzatilgan nurga parallel Yassi ko'zgularni va nur bo'lgichlarni shunday qayta sozlangki, ikkita qaytgan guruh eng intensiv nurlari ekranda(g) mos kelsin.

- \_ Rasm.1 da keltirilganidek, yassi ko'zguni(e) qarama-qarshi tomondagi yassi ko'zguna(d) uzatilgan nurning yo'lga shunday joylashtiringki, lazer nuri uning markaziga tushsin.

- \_ Interferometrning tayanch plitasidagi optik asosni burish orqali, bu yassi ko'zguni ham nur  $90^{\circ}$  ga og'adigan qilib to'g'rilang.

- \_ Shaffof ekranni(g) asosga mahkamlang va uni lazer optik tayanch plitaning orqasiga, Rasm.1 da keltirilganidek, yassi ko'zgudan(e) qaytgan nur uning markaziga tushadigan qilib o'rnatilgan.
- \_ Nur bo'lgichni(c) shunday sozlangki, antiparallel nur bo'lgichdan (b) chiqayotgan ikkala nur ham  $45^\circ$  burchak ostida bo'lsin; qisman shaffof qatlam ekran (g) tomonga qaraganiga ishonch hosil qiling.
- Kontrgaykalarni qotiring.

Dastlabki sozlash:

- Nur bo'lgichlarning (b) va (c) nurni gorizontaal akslantirayotganini tekshiring; buning uchun har bir nur bo'lgichning optik asosini lazer optikasi tayanch plitasining qarama-tomoniga nurning yo'lga joylashtiring va yorug'lik nurini lazer emissiyasi aperturasi yonidagi nuqtaga akslantiring.
- Agar zarur bo'lsa, stend sterjenidagi ikkita vint yordamida nur bo'lgichlarining og'ish burchagini va shu bilan nur yo'lini to'g'rilang.
- Asosiy sozlash vintidan foydalanib, (d) va (e) yassi ko'zgularni shunday yustirovka qilingki, ular nurni gorizontaal akslantirsin; buning uchun har bir yassi ko'zguni lazer optikasi tayanch plitasining qarama-tomoniga nurning yo'lga joylashtiring va yorug'lik nurini lazer emissiyasi aperturasi yonidagi nuqtaga akslantiring.

Nur bo'lgichlar va yassi ko'zgular:

Eslatmalar:

Qurilmani bir oz qorong'ulashtirilgan xonada yustirovka qilish osonroq.

Asosiy nurlardan tashqari, ko'p marotaba qaytishlar ham past intensivlikli parazit parsial dastalar deb ataluvchi nurlarni keltirib chiqaradi. Ular keyinchalik linza tutgichida ekranlashadi.

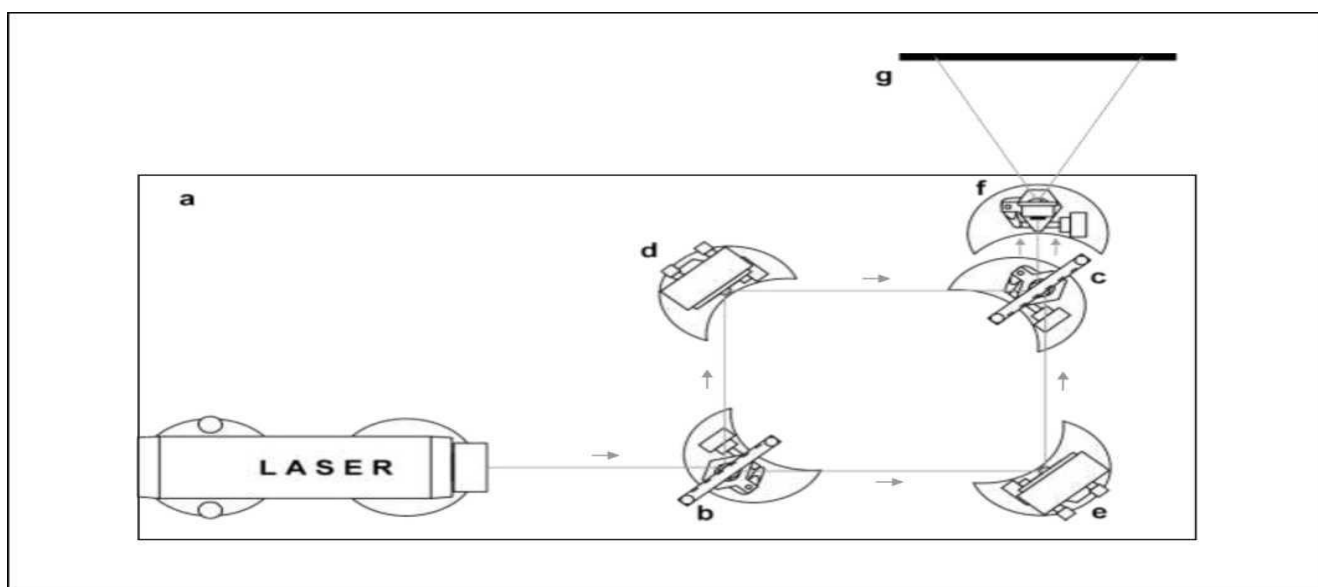
Quyida keltirilgan ma'lumotlar faqat asosiy nurlarga tegishli. Qaytgan va o'tgan nurlar bir xil intensivlikka ega bo'lishi kerak. O'zgaradigan nur bo'lgichdan (473435) foydalanilganda, lazer nuri nur bo'lgichning markaziga u yoki bu darajada tushayotganiga ishonch hosil qiling.

- Optik asosli nur bo'lgichni(b) Rasm.2 da keltirilganidek, nur yo'lga  $45^\circ$  burchak ostida joylashtiring; nur bo'lgichning qisman shaffof tomoni lazerga qaragan bo'lishi kerak.

Yassi ko'zguni(d) nur bo'lgichdan(b) akslangan nur yo'liga shunday joylashtiringki, lazer nuri uning markaziga tushsin

Rasm2: Max-Zender interferometri transportabel kamera bilan lazer optik tayanch plitada, yuqoridan ko'rinishi a lazer optik tayanch plita b, c nur bo'lgichlar d, e nozik sozlanadigan yassi ko'zgular f sferik linza g yarim shaffof ekran

- Interferometrning tayanch plitasidagi optik asosni burish orqali, yassi ko'zguni nur  $90^0$  ga og'adigan va nurning yo'li uzatilgan nurga parallel bo'ladigan qilib to'g'rilang.
- Rasm.1 da keltirilganidek, yassi ko'zguni(e) qarama-qarshi tomondagi yassi ko'zguga(d) uzatilgan nurning yo'liga shunday joylashtiringki, lazer nuri uning markaziga tushsin.
- Interferometrning tayanch plitasidagi optik asosni burish orqali, bu yassi ko'zguni ham nur  $90^0$  g 1-rasm to'g'rilang.
- Shaffof ekran(g) asosga mahkamlang va uni lazer optik tayanch plitaning orqasiga, Rasm.1 da keltirilganidek, yassi ko'zgunan(e) qaytgan nur uning markaziga tushadigan qilib o'rnatilg.
- Nur bo'lgichni(c) shunday sozlangki, antiparallel nur bo'lgichdan (b) chiqayotgan ikkala nur ham  $45^0$  burchak ostida bo'lsin; qisman shaffof qatlam ekran (g) tomonga qaraganiga ishonch hosil qiling.



## Dastlabki sozlash:

Nur bo'lgichdan chiqqan nurning yo'llari to'rg'ri to'rt burchakni tashkil qilsa, komponentlar to'g'ri o'rnatilgan hisoblanadi.

- Zarur bo'lsa, nurning yo'lini to'g'rilang.
- Yassi ko'zgularni va nur bo'lgichlarni shunday qayta sozlangki, ikkita qaytgan guruhning eng intensiv nurlari ekranda(g) mos kelsin.
- Ekran(g) bilan ikkinchi nur bo'lgich(c) orasidagi masofani o'zgartiring va ikki qaytgan nurlar amalda mos kelishini, ya'ni yetarli darajada paralleligini tekshiring.

### a) Nurning vertikal yo'lini yustirovka qilish:

Agar nur qismlari gorizontal tekislikdan farq qilsa:

- Lazer optik tayanch plitadan har bir optik komponentning orqasida nurning balandligini yog'och lineykadan foydalanib tekshiring va zarur bo'lsa yassi ko'zgularning va nur bo'lgichlarning og'ishini to'g'rilang.
- Optik komponentlarni shunday sozlangki, ikki qaytgan guruhning eng intensiv nurlari shaffof ekranda mos kelsin..
- Ekran(g) bilan nur bo'lgich (c) orasidagi masofani yana o'lchang va ikki qaytgan nur paralleligini tekshiring.

b) Zarur bo'lsa, yana sozlashni takrorlang. Nurning gorizontal yo'lini yustirovka qilish:

Nur bo'lgichdan chiqqan nurlar ideal hisoblanadi, agar ular shaffof ekrandagi bir nuqtaga tushsa va biriksa.

Agar nurlar gorizontal tekislikda bir-biridan farq qilsa:

- Nur bo'lgichdan(b) nurlarning yo'lini nur bo'lgichdan (c) chiqishini tekshiring va agar nurlarning yo'li to'g'ri to'rt burchakni ifoda etmasa, mos komponentlarni to'g'rilang.

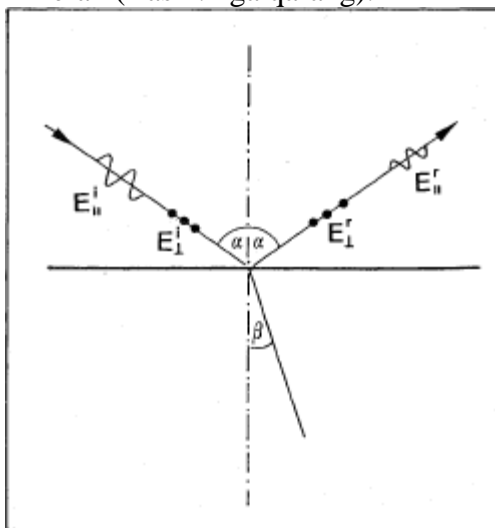
Yassi ko'zguni(e) lazer optik tayanch plitaga uzunlik boyicha parallel siljiting va uni akslantirayotgan nur yassi ko'zgudan (d) akslanayotgan nur va nur bo'lgich (c) va shaffof ekranda (g) mos kelmaguncha to'g'rilang.

## 10-LABORATORIYA . SINISHNING FRENEL QONUNLARI

**Tajribaning maqsadi :** Qutblangan yorug'likda sindirish koeffitsiyenti uchun Frenel qonunlari miqdoriy jihatdan tekshiriladi.



Nazariy bo'lim. Agar yorug'lik shisha sirtiga tushayotgan bo'lsa, tushish burchagi va qutblanish tekisligiga qarab, u ko'proq yoki kamroq darajada sinadi. Agar biz yorug'likni elektromagnit to'lqin deb faraz qilsak va elektr maydon kuchlanganligi  $E$  bilan magnit maydon kuchlanganligi  $B$  uchun Maksvell tenglamalarini tuzib "Frenel formulalari"ni keltirib chiqarishimiz mumkin. Qaytgan to'lqinning elektr vektori amplitudasi  $E_r$  tushayotgan to'lqin elektr vektori amplitudasi  $E_i$  orqali hisoblanishi mumkin. Shu sababli, biz ikki holatni farqlashimiz kerak (Rasm.1 ga qarang).



Rasm. 1: Qutblanish yo'nalishlarini va amplitudalar belgilanishlarini tushuntirish; nuqtalar: Qutblanish chizma yuzasiga perpendikulyar bo'lib, tushish tekisligi bilan mos ekanligini ko'rsatadi,  $E_i$ : tushayotgan to'lqin elektr maydonining vektori Tushish tekisligiga parallel qutblanish : Tushish tekisligiga perpendikulyar qutblanish  $E_r$ : qaytgan to'lqin elektr maydonining vektori  $\alpha$ : tushish burchagi  $\beta$ : sinish burchagi

a) Yorug'lik to'lqini tushish tekisligida qutblangan (belgilashlar  $E_{II}^i$  va  $E_{II}^r$  ).

b) Yorug'lik to'lqini tushish tekisligiga perpendikulyar qutblangan (shisha sirtiga parallel) (belgilashlar  $E_{\perp}^i$  va  $E_{\perp}^r$  ) Unda maydon amplitudalari nisbatlari uchun quyidagi tenglamalar qo'llaniladi (ma'lumot uchun adabiyotga murojaat qiling, «Notes» bobi):

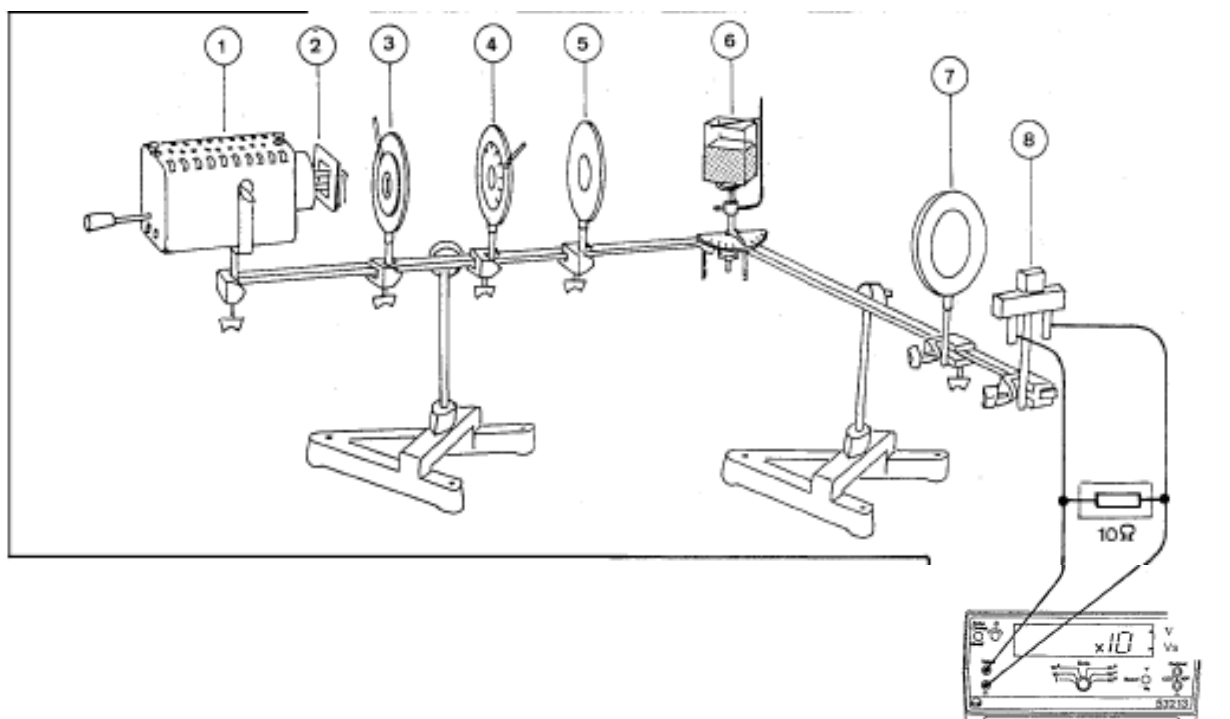
$$\frac{E_{\parallel}^r}{E_{\parallel}^i} = \frac{\tan(\alpha - \beta)}{\tan(\alpha + \beta)} \quad \text{yoki} \quad \left| \frac{E_{\parallel}^r}{E_{\parallel}^i} \right| = \left| \frac{\tan(\alpha - \beta)}{\tan(\alpha + \beta)} \right| \quad (1)$$

$$\frac{E_{\perp}^r}{E_{\perp}^i} = -\frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \quad \text{yoki} \quad \left| \frac{E_{\perp}^r}{E_{\perp}^i} \right| = \left| \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \right| \quad (2)$$

$\alpha$ : Tushish burchagi;  $\beta$ : sinish burchagi

(1) va (2) nisbatlarni – ba’zida ularning kvadratlarini sindirish koeffitsiyentlari deb atashadi. Yorug’lik amplitudasini bevosita aniqlab bo’lmaydi. Ammo, uning intensivligini vaqt birligidagi birlik yuzadagi energiya oqimi sifatida aniqlash mumkin, u esa amplitudaning kvadratiga proporsional. Tajribada biz quyosh elementining unga tushayotgan yorug’lik intensivligiga proporsional bo’lgan qisqa tutashuv tokini  $I$  o’lchaymiz. Bu maqsadda biz quyosh elementini kichik rezistor orqali qisqa tutashiramiz va shu rezistordagi kuchlanish tushuvini  $U$  o’lchaymiz. Agar tushayotgan yorug’lik intensivligi o’lchanayotgan  $U_0$  kuchlanishga mos kelsa, va biz qaytgan yorug’lik uchun kuchlanishni  $U(\alpha)$  tushish burchagi  $\alpha$  bo’yicha o’lchasaq, ildizdan chiqarish va ko’rsatgichlarni shakllantirish orqali amplitudalar nisbatini olishimiz mumkin.

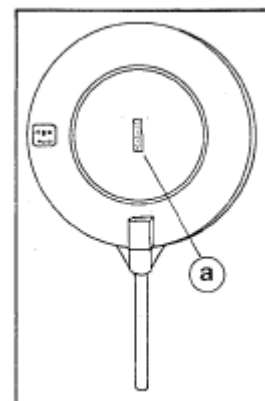
$$\left| \frac{E_{\parallel}^r}{E_{\perp}^i} \right| = \sqrt{\frac{U(\alpha)}{U_0}} \quad (3)$$



Rasm. 2: Tashkil etuvchilarining optik kursidagi taxminiy o’rni bilan tajriba qurilmasi.

Qavs ichidagi o’lchamlar santimetrlarda chap tarafdagi tashqi qisqichdan boshlab berilgan:

- (1) Galogenoy lampani tutib turgich (0)
- (2) Issiqlikdan saqlovchi filtrli tasvir siljitgich
- (3) Tirqish (19)
- (4) Polyaroid (22)
- (5) Linza,  $f = 100$  mm (30)
- (6) Prizma stoli bilan montaj qilingan sharnirli birikma
- (7) Linza,  $f = 150$  mm (57)



(8) Montajdagi foto element (71).

Rasm. 3: Tirqishning linza  
romi markazidagi tasviri.  
(a) Tirqish tasviri

**Tajribaning borishi:** Lampa kamida 5 minut yonganidan so'ng(yorug'lik oqimining doimiyligi) o'lchashni to'xtating.

**Izoh:** O'lchash mobaynida tarmoqdagi kuchlanish oynab turgani uchun lampaning yorug'lik oqimi o'zgaradi. Shuning uchun iloji boricha o'lchashni qisqa vaqtda bajaring. Ba'zida yorug'lik oqimini tekshiring(yuqoriga qarang), va zarur bo'lsa tirqishning kengligini o'zgartirish orqali sozlang.

a) O'lchash 1: qutblanish yo'nalishi tushish tekisligiga perpendikulyar. Optik kursilar orasidagi burchakni  $160^0$  ga to'g'rilang. Shisha panjarani prizmalı stolga qoying va uni shunday to'g'rilangki:

- tushayotgan yorug'lik paketi to'liq panjaraning akslantiruvchi tomoniga kelsin va shuningdek

- tirqishning tasviri linza(7) gardishining markazida shakllansin. Mikrovoltmetrdagi kuchlanishni  $U_{\perp}$  ( $80^0$ ) qayd qiling va uni yozib oling.

**Izoh:** Doimo tushish burchagi optik kursilar orasidagi burchakning yarmiga teng. Optik kursilar orasidagi burchakni  $10^0$  qadam bilan o'zgartiring va har bir holda qayta o'lchashlarni bajaring.

b) O'lchash 2: qutblanish yo'nalishi tushish tekisligida Polyaroidni  $90^0$  ga o'rnatib, optik kursilarni bir chiziqda qilib joylashtiring ( $180^0$ ) va tirqish kengligini mikrovoltmetr yana 10 mV ko'rsatadigan qilib sozlang(shisha panjara qurilmada emas).

a)da o'lchangan tushish burchaklarida  $U_{II}$  kuchlanishlarni o'lchashni takrorlang. Agar o'lchanayotgan kuchlanishlar  $U_{II}(\alpha)$ , 1 mV dan kichik bo'lsa,  $10^{-4}$  o'lchash diapazoniga o'ting.

## 11-LABORATORIYA . QUTBLANISH TEKISLIGINI SHAKAR ERITMASI BILAN BURISH

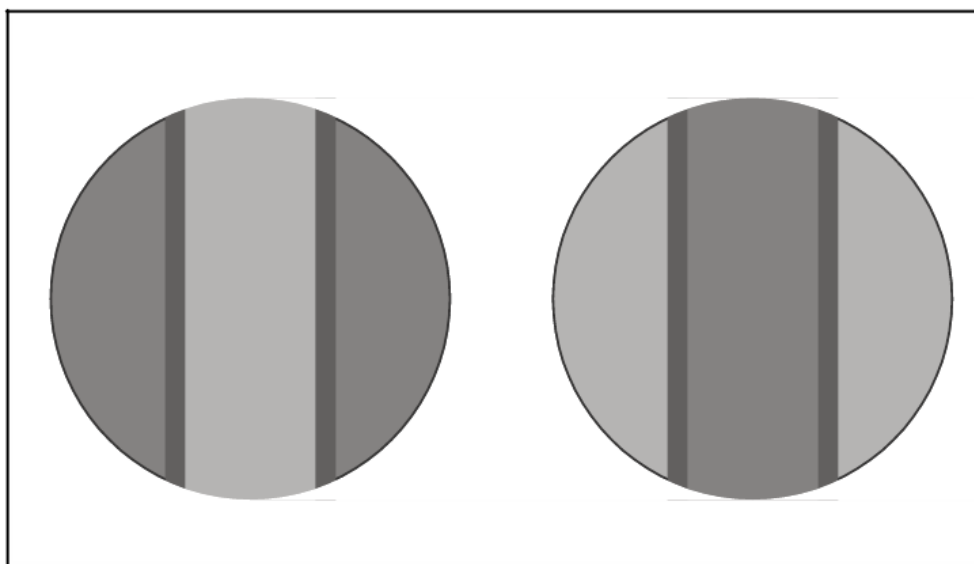
**Tajribaning maqsadi** Qutblanish tekisligining konsentrlangan shakarli eritmada burilishini bir-biriga ko'ndalang o'rnatilgan ikki polyarizator bilan kuzatish.



sm 1 da keltirilgan. Rasm.1 da keltirilganidek, kichik optik kursiga komponentlarni yig'ing, rasmda chapdagi Leybold multiqisqichidan o'rinlar berilgan. Polyarizasiya filtrlarini shunday to'g'rilangki, ularning shkalasidagi belgilar kuzatish ekraniga qaragan bo'lsin va ikkalasi ham  $90^\circ$ ga o'rnatilsin. Galogen lampa korpusini 100 Vt dan foydalanishga moslashtiring (qaytargichdan foydalaning, galogen lampa korpusidan foydalanish instruksiyasiga qarang). Galogen lampani lampa korpusidagi sterjen yordamida (a1) to'g'rilang va optik kursidagi linzani shunday siljitingki, kuzatish ekranidagi ko'rish maydoni bir jinsli yoritilsin. Ko'zqusimon shisha yacheykaga 50 ml suv soling (to'lish sathi = 5 sm). Ko'zqusimon shisha yacheykani prizmalı stolga joylashtiring va uni kuzatish maydoniga markazlashtirib to'g'rilang.

b) – Monoxromatik yorug'likni kuzatish:

Galogen lampa korpusining chiqish aperturasidagi tasvir siljitgichga qizil yorug'lik filtni o'rnatib va analizator bilan ko'rish maydonining o'rta qismida maksimal qorong'ulikga erishing (Rasm.2 ga qarang) Analizator o'rnini qizil yorug'lik uchun eritmaning burish burchagi sifatida qabul qiling. Qizil yorug'lik filtni yashil bilan almashtiring va burish burchagini yana aniqlang. Ko'k yorug'lik filtri uchun burish burchagini aniqlang.



Rasm. 2 Shakarli eritma nur yo'liga qo'yilgandan keyin monoxromatik yorug'lik uchun ko'rish maydoni (chapdagi: analizator o'rni  $0^\circ$ , o'ngdagi: ko'rish maydonining markaziy qismida maksimal qorong'ulik)

#### Tajriba namunasi va hisoblashlar

a) Oq yorug'likni kuzatish:

Eritma: 20 to'la qoshiq (D+) saxaroza 50 ml suvda

Agar polyarizator va analizator perpendikulyar bo'lsa, eritma ko'rish maydonini yoritadi. Burchak holatiga qarab ko'rish maydonidagi ranglar o'zgaradi (ikkilamchi ranglar)

b) Monoxromatik yorug'likni kuzatish:

**Jadval 1: Yorug'likning turli ranglari uchun burish burchaklari**

filtr	burish burchagi
qizil	25°
yashil	40°
ko'k	55°

### **Xulosalar**

D(+)-saxarozaning suvdagi eritmasi optik aktiv. Qutblanish tekisligini burish burchagi D(+) belgiga mos, musbat. U yorug'likning to'lqin uzunligiga kuchli bog'liq.

## **12-LABORATORIYA . STEFAN-BOLSMAN QONUNI: «QORA JISM» NURLANISH INTENSIVLIGINING TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGINI O'LCHASH**

### **Ishning maqsadi :**

- Moll termoelementidan foydalanib, 300-750 K temperaturalar intervalida “qora jism” detallari bor elektr pechdagi nurlanishning nisbiy intensivligini o'lchashni amalga oshirish.
- Stefan-Bolsman qonunini tekshirish uchun nurlanish intensivligining absolyut temperaturaga bog'liqligi grafigini tuzish.

### **Tajriba qurilmasi**

Izohlar: O'lchanayotgan intensivlik juda past va shuning uchun u atrofdagi jismlardan nurlanish interferensiyalariga nihoyatda sezgir: O'lchash vaqtida termoelektrik batareyalarga aslo qo'l tegizmang. Termoelektrik batareyalarga yaqin joyda, ayniqsa ular oldida ishlamang. Tajriba davomida xona temperaturasining o'zgarishidan xoli bo'ling.

Boshqa nurlanish manbalarning aralashishiga yo'l qoymang; zarur bo'lsa, yig'mani karton bilan ekranlashtiring. Zarur bo'lsa, xonani qorong'ulashtiring.

**Texnika xavfsizligi buyicha ko'rsatmalar .** Kuyib qolish xavfi bor: elektr pechni tashqi devorining temperaturasi 200 °C ortiq bo'lishi mumkin.

- Qaynoq elektr pechda terini kuyib qolishidan saqlaning.
- Elektrik pechni faqat jihozlar bilan boshqaring
- Elektrik pechdan foydalanish boyicha instruksiyalarni batafsil o'qib chiqing va barcha instruksiyalarga rioya qiling. Immersion nasos dvigateli ichiga sizib kirgan suv qisqa tutashuvni keltirib chiqarishi mumkin.
- Botirish chuqurligini 17 sm dan oshirmang.
- Ishlatib bo'lingan ho'l immersion nasosni kallagi bilan qoymang. Immersion nasosdan foydalanish boyicha instruksiyalarni batafsil o'qib chiqing va barcha instruksiyalarga rioya qiling. Interferension nurlanish kelib chiqishi mumkin:

Termoelektr batareya jismidan bevosita issiqlik nurlanishi, nurlanishning akslantiruvchi yuzalardan qaytishi (masalan: oqish rangli kiyim), issiqlik uzatgichlar, quyosh nuri va boshqa yorug'lik manbalari. Tajribani boshlashdan oldin, mikrovoltmetr 10 minut davomida qizishiga imkon bering. Qurilmaning orqa qismida joylashgan asosiy ulab uzgich yordamida mikrovoltmetrni elektr tarmog'iga ulang. Rasm. 1 da tajriba qurilmasi tasvirlangan.

Shundan so'ng:

- Elektrik pechni, absolyut qora jism komplekti ekranini va termoelektrik batareyani Rasm.1 da keltirilganidek shunday o'rnatilganki, termoelektrik batareyaning sterjeni elektr pechning ochiq tarafi oldidan taxminan 15 sm da joylashsin.

Absolyut qora jism komplekti ekрани metall tarafi bilan termoelektrik batareyaga qaralgan holda elektr pechning oldida taxminan 5-10 mm da joylashtiring.

Izoh: Shisha tuynuk qisqa to'lqin uzunlikli nurlanishga ko'ra uzun to'lqin uzunlikli nurlanishni ko'proq yutadi va shuning uchun nurlanish intensivligining temperaturaga bog'liqligini o'lchashlarini sistematik tarzda soxtalashtiradi.

- Termoelektrik batareyaning shisha tuynugini olib tashlang.

- Temperatura datchigini NiCr-Ni raqamli termometr bilan ulang va uni jilvirlangan mis silindrning markazidagi teshikga iloji boricha chuqurroq joylashtiring.

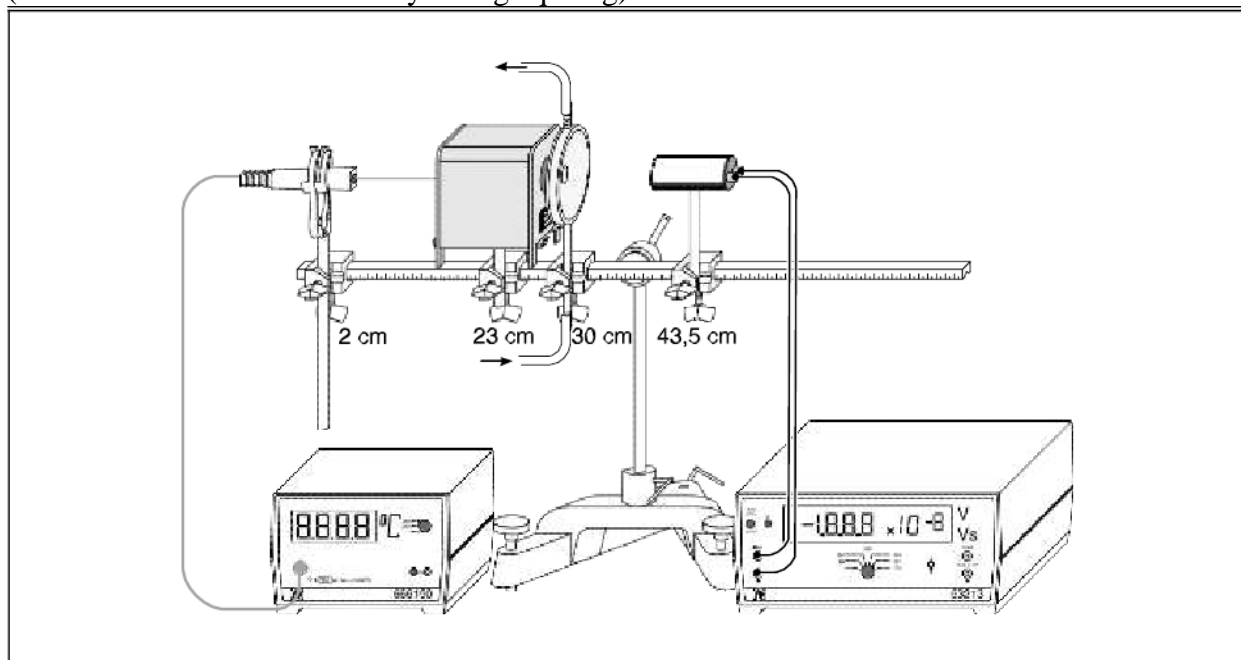
- Joyida temperatura datchigini universal qichqich bilan S montaj qiling va raqamli termometrni ulang (o'lchash diapazoni  $> 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

- Elektrik pechning ochiq tarafini, absolyut qora jism komplekti ekranini va termoelektrik batareyani shunday to'g'irlangki, issiqlik nuri bevosita ochiq termoelektrik batareyaga tushsin.

- Suv bilan sovutishdan foydalanilganda, immersion nasosni qo'llang.

- Termoelektrik batareyani mikrovoltmetr bilan Rasm.1 da keltirilganidek ulang (o'lchash diapazoni 10-4 V); termoelektrik batareyadagi qizil klemma mikrovoltmetrdagi qizil klemma bilan ulanganiga ishonch hosil qiling

- Siljishni "avto kompensasiya" tugmasini bosish orqali kompensasiyalang; zarur bo'lsa, raqamli displeyni nollashtirish uchun potensiometr yordamida aniq sozlashni bajaring (mikrovoltmetr uchun instruksiya betiga qarang).



### Tajribani o'tkazish

**Dastlab:**

- n mis silindrning temperaturasini va termoelektrik batareyaning boshlang'ich chiqish kuchlanishini o'lchang va bu qiymatlarni o'z tajriba jurnaligizga yozib oling.

Shundan so'ng:

- Elektr pechni ulang va temperatura har 25 °C ga oshganda, n va U ning qiymatlarini o'lchang va ularni o'z tajriba jurnaligizga yozib oling. Temperatura 400 °C va 500 °C oralig'i darajasiga erishganda:

- Elektr pechni uzing; va temperatura har bir 25 °C ga pasayganda, n va U ning qiymatlarini o'z tajriba jurnaligizga yozib boring.

- Temperatura 100 °C bilan xona temperaturasi oralig'igacha pasayganda, elektr pechdan temperatura datchigini oling, xona temperaturasini o'lchang va bu qiymatni o'z tajriba jurnaligizga yozib oling.

- Termoelektrik batareyani qoramtir karton bilan ekranlashtiring, voltmetrning nol ko'rsatishini tekshiring va bu qiymatni o'z tajriba jurnaligizga yozib oling.

Rasm. 3 da termoelektrik batareyani U chiqish kuchlanishining pechning to'rtinchi darajali absolyut temperaturasi T bilan to'rtinchi darajali absolyut xona temperaturasi T<sub>0</sub> orasidagi farqning funksiyasi sifatidagi bog'lanishi keltirilgan. Bu munosabat Stefan-Bolsman qonuni bashorat qilganidek, taxminan to'g'ri chiziqqa yaqin. Agar, egrilik sinchkovlik bilan o'rganilsa, yaxshi mos kelgan to'g'ri chiziqdan bir oz chetlanishni kuzatishimiz mumkin. Buning sababi quyidagi effektlarning natijasidir: termoelektrik batareya bilan o'lchashlarga konveksiya va muhitda nurlanish yo'qotishlari, ayniqsa shisha tuynuk olib tashlanganda, ta'sir qiladi.

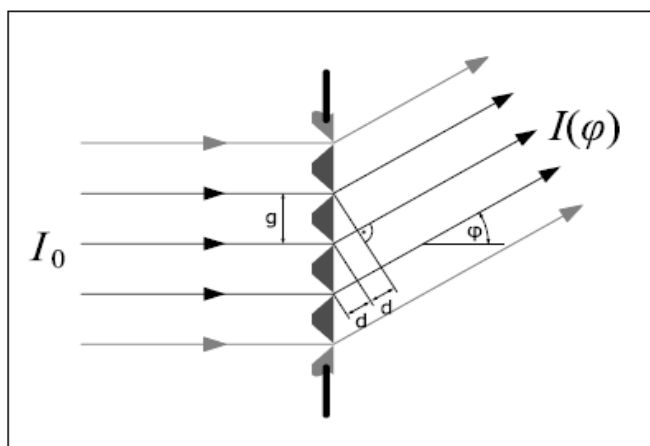
### **13-LABORATORIYA ISHI. SPEKTR CHIZIQLARINI O'LCHASH UCHUN DIFRAKSION SPEKTROMETRNI YIG'ISH**

#### **Tajriba ob'ektlari**

- Difraksion spektrometrni yig'ish.
- Turli inert gazlar va metallar bug'lari spektr chiziqlarini kuzatish.
- Spektr chiziqlari to'lqinlari uzunligi va jadalligini o'lchash.

#### **Asosiy tartib-qoidalar**

- Yorug'likni spektr tarkibiy qismlari boyicha tahlil qilishning ikkita asosiy usuli mavjud. Ulardan biri – prizma, ikkinchi usul – difraksion panjara.
- Difraksion panjarani qo'sh tirqishlarni kengaytirish sifatida ifodalash mumkin, chunki u ko'plab parallel tirqishlardan iborat. Gyuygens tamoyiliga muvofiq, tirqishlardan har biri sharsimon (sferik) to'lqin manbai hisoblanadi. Ushbu to'lqinlar yoxud konstruktiv, yoxud dekonstruktiv tarzda bir-birini berkitib qoyadi.



1-rasm: Difraksion panjaraga qo'llanilgan Gyuygens tamoyili

Konstruktiv interferensiya uchun shart quyidagidan iborat:

$$d = g \cdot \sin \varphi = n \cdot \lambda \quad (I)$$

bunda  $n$  – noldan katta butun son,  $g$ ,  $d$  va  $\varphi$  1-rasmda taqdim qilingan,  $\lambda$  esa kiruvchi to'lqin uzunligi.

Ko'rib turganimizdek, har bir to'lqin uzunligi uchun panjara bir necha maksimal jadallik miqdorlarini yuzaga keltiradi, ular  $n$  butun son bilan belgilanadi, bu tajribaning muhim bandi hisoblanadi: Aniqlangan spektr chiziqlarining hammasi ham nurlanish chizig'ining birinchi maksimumi bo'lishi shart emas, biroq bungacha aniqlangan to'lqinning faqat ikkinchi tartibi maksimumi ham bo'lishi mumkin.

Mazkur tajribada gaz-elektrsizlanish lampochkasidan yorug'lik tirqishda aks ettiriladi. Tirqish ortidan linza parallel yorug'lik panjaraga tushadigan tarzda maqsadga muvofiq masofada o'rnatiladi (masalan, 600 chiziq/mm). Kompyuter tomonidan boshqariladigan displeyli, 50 mm linzali VideoCom deb nomlanadigan bir simli kamera panjaraga birinchi difraksion tartib kompyuter tomonidan boshqariladigan displey chipida ko'rinib turadigan tarzda imkon qadar yaqinroq o'rnatiladi.

Jadallikni rostdash uchun yoxud tirqish kengligini, yoxud kamera ob'ektivi diafragmasini o'zgartirish mumkin.

VideoCom Intensities dasturiy ta'minotidan foydalanib, difraksiya burchagini hisoblab chiqish uchun (4-rasmga qarang), linzalarning asosiy fokus uzunligi (50 mm) joriy qilinadi. To'lqinlarni uzunligi bo'yicha darajalashga (5-rasmga qarang) spektral siljishli doimiy difraksion panjaradan (600 chiziq/mm) foydalanilgan holda erishiladi. Siz ma'lum nurlanish chiziqlaridan foydalanib, spektrning kerakli siljishini osonlik bilan aniqlashingiz mumkin. Agar spektr chapdan o'ng tomonga o'zgarsa (ya'ni, chap tomondan – qizil va o'ng tomondan – ko'k rang),  $n$  difraksion tartib belgisini o'zgartiring. Aksincha, difraksiyaning ikki burchagini ularning taalluqli to'lqin uzunliklari bilan joriy qilish orqali to'lqin uzunligini darajalashingiz mumkin.

Linza optikasidagi markaziy tenglama – quyidagi linzalar tenglamasidan iborat:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g},$$

bunda –  $f$  fokus uzunligi,  $b$  tasvirgacha bo'lgan masofa va  $g$  ob'ektgacha bo'lgan masofa. Shunday qilib, barcha masofalar linzalargacha masofaga tegishli. Aniq ko'rinib turibdiki, agar  $b=g$ ,  $\rightarrow b = g = 2f$  ketma-ket bo'lsa va agar  $b$  va  $g$  turlicha bo'lsa, biri har doim  $2f$  dan kichikroq, ayni vaqtda ikkinchisi, taalluqli ravishda, kattaroq bo'lishi kerak.

Spektral lampa nuri tirqishlarga fokuslanadi. Tirqish spektral lampa kabi baland bo'lmaganligi tufayli va imkon qadar ko'proq nur tirqishga fokuslanishi uchun  $f=50$  mm linzani spektral lampagacha masofa  $2f$  dan ko'proq, (II) ga muvofiq tirqishgacha masofa esa  $2f$  dan kamroq bo'ladigan tarzda joylashtiring. Tirqishda lampa to'liq aks ettirilgungacha turli holatlarni sinab ko'ring. Shunday qilib, tirqishda lampa tasviri aniq va u orqali o'tuvchi yorug'lik nuriga o'xshaydi. Nurlar Gyuygens tamoyili oqibatida kengayadi va ikkinchi linza orqali o'tadi, ushbu linza nurlarni the VideoCom yuzasida fokuslaydi.

#### **Xavfsizlik boyicha ko'rsatmalar**

Diqqat: Barcha spektral lampalar foydalanish jarayonida qizib ketadi! Foydalanish vaqtida ularga qo'l tegizmang va ularni almashtirishdan oldin foydalanilgandan so'ng sovushini kuting.

Tarkibida Cd, Hg yoki Tl mavjud spektral lampalar ultrabinafsha nurlarini tarqatadi! Shu tufayli faqat yopiq korpusli fonar bilan ishlang va hech qachon to'g'ridan-to'g'ri nurga qaramang.

Zarur hollarda, ish vaqtida qo'llaringizni kuyishdan, ultrabinafsha nurlanishdan va sochilgan shishadan himoyalash uchun qo'lqoplardan foydalaning. Spektral lampa korpusi yupqa korpus bo'lganligi tufayli u bilan ehtiyotkorlik bilan ishlang va ko'zdan xavfsiz masofada tuting.

(II) formulasi yordamida nurlarni VideoComda fokuslash uchun  $f=150$  mm linzani rostlash mumkin. Fales teoremasini hisobga olib, shubhasiz,  $G$  ob'ekt kengligi va balandligi hamda  $B$  tasvir masshtabi  $b$  ga nisbatan  $g$  masofasiga muvofiqdir. Taalluqli ravishda, tirqish kengligi juda kichik tanlanishi kerak. Aks holda, nurlar kengayishi 2-tajriba qismida ikki natriy chizig'ini ajratish uchun yetarlicha o'lchamda bo'lmaydi.

#### **Sozlash**

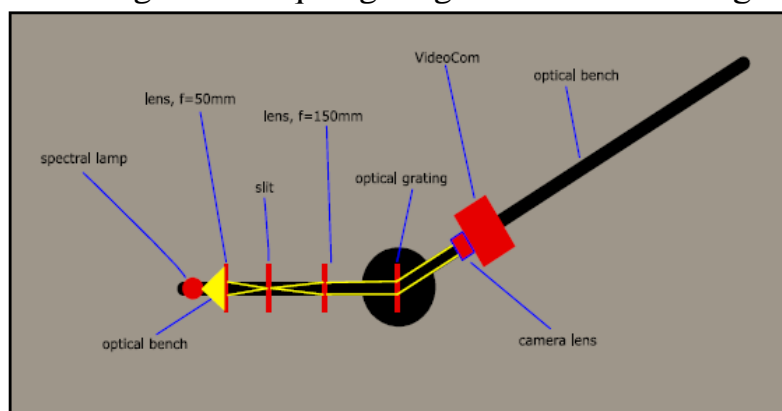
Sozlash 3-rasmda ko'rsatilgan. Birinchidan, taqdim qilingan vintlardan foydalanib ikkita optik stendni sharnirli birikmaga ulang. Uzun optik stendi qo'zg'aluvchan birikmaga ulanishi kerak.

- Optik stendlarni gorizontaal boyicha to'g'rilash uchun ularning rostlash oyoqchalaridan foydalaning.

- Tutqichni prujinali tutqich bilan sharnirli birikmaga o'rnatish.

- Difraksiya panjarani yuqoriga belgili tutqich ichiga mahkamlab qoying.

- Panjarani qisqa optik stendga perpendikulyar tarzda to'g'rilab qoying.
- Qisqa optik stendga to'rtta difraksion panjarani o'rnatib.
- Quyidagi optik elementlarni reyterlardagi panjaraga chapdan o'ng tomonga tartibida o'rnatib: spektral lampalar korpusi,  $f=50$  mm linzalar, rostlanadigan tirqish,  $f=150$  mm linzalar.
- Reyterlarning aniq holati keyinroq ishlayotgan lampa sharoitida aniqlanadi.
- Asbob-uskunalarini kichik optik stendga perpendikulyar, bir-biriga parallel tarzda to'g'rilab qoying.
- Rostlanadigan tirqishning yonlama qirradi spektral lampa tomonidan joylashtirilishi kerak.
- 150 mm linzaning yonlama qirradi ham spektral lampa yo'nalishida joylashtirilishi kerak.
- Beshinchi optik reyterni uzun optik stendga ulang.
- VideoComni beshinchi optik reyterga mahkamlab qoying va old qismiga kamera linzasini o'rnatib.
- VideoCom optik reyterni panjaraga imkon qadar yaqinroq surib qoying.
- Taqdim qilingan ta'minot blokidan foydalanib, VideoComni rozetkaga ulash orqali elektr ta'minotni ulang.
- Shaxsiy kompyuterni USB orqali (bu ham to'plamga kiritilgan) VideoComga ulang.
- Universal shtepselni devordagi rozetkaga, spektral lampa korpusini esa universal shtepselga ulang.
- Shaxsiy kompyuterda "VideoCom Intensities"ni ishga tushiring.
- Dastur VideoComga muvofiq kelganligini tekshirib ko'ring.



(Linza,  $f=50$ ; Linza,  $f=150$ ; Optik stend; Spektral lampa; tirqish; difraksion panjara; Optik stend; Kamera linzasi) 2-rasm: Tajribani sozlash chizmasi.

## Baholash

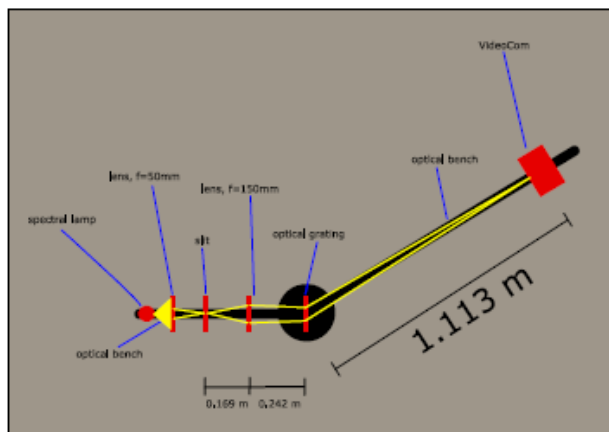
### Tiniqlik darajasini hisoblab chiqish

Ob'ekt va tasvir o'rtasidagi masshtabli koeffitsiyent  $\frac{b}{g}$  ((II) tenglamaga qarang) natijada, bizning hisoblab chiqish misolimizda, quyidagilarni hosil qiladi:

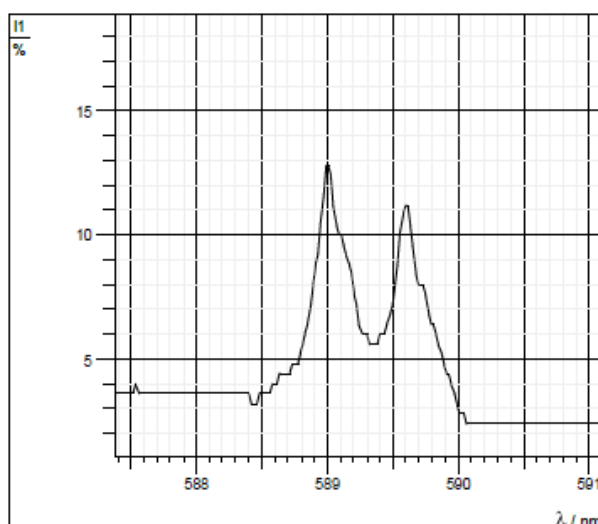
$$\frac{111.3 \text{ cm} + 24.2 \text{ cm}}{16.9 \text{ cm}} = 8.01$$

. Tirqish taxminan 0.05 mm kenglikka ega.

VideoComda kompyuter tomonidan boshqariladigan displey elementi har biri 14 pm kenglikdagi piksellardan iborat. Bu bir millimetrga taxminan “71.43”ni tashkil etadi. Optika hisobga olingan holda, VideoComdagi nur tasviri 0.4 mm kenglikka ega bo’lib, bu taxminan 29 pikselni qamrab oladi. Panjara va (I) formulasi hisobiga kompyuter tomonidan boshqariladigan displeydagi ikkita maksimum natriyli chiziq masofasi 0.5 mm.ni tashkil etadi. Hisob-kitoblar ko’rsatishicha, ikkita natriyli chiziqni 588.99 nm va 589.59 nm.ga aniq ajratish mumkin.



9-rasm: Optik egri chiziqli qator.



10-rasm: Tirqish kengligi kichikligi oqibatida juda kichik jadallik bilan o’lchangan sariq rangli qo’sh natriyli chiziq.

## Natija

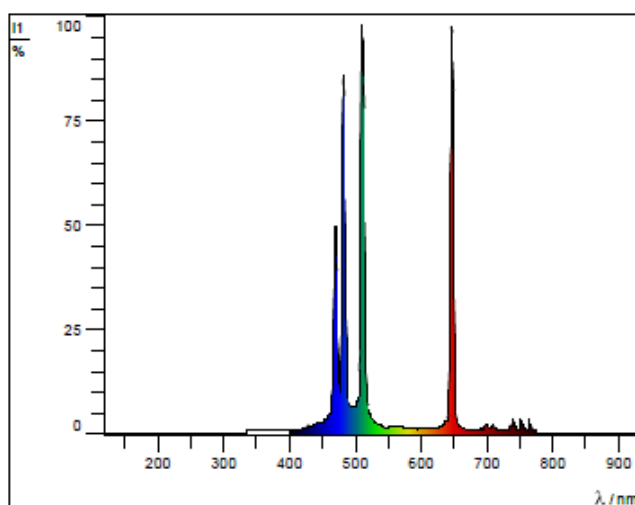
Har bir lampa uchun chiqariladigan chiziqlarni yozib qoyish kerak, shu tarzda ularni spektrga qarab osonlik bilan farqlash mumkin bo’ladi. Ushbu farqlar har bir element uchun turli energiya darajalariga ega atomlar pastki qobiqlaridagi elektronlar pasayishi sababli paydo bo’ladi. Spektrometr tiniqligi samarali fokus uzunligiga bog’liq. VideoComga mahkamlangan kamera linzalaridan foydalanilganda, samarali fokus uzunligi VideoCom optik stend boylab harakatlanganda o’zgaras bo’lib qoladi va taalluqli ravishda, tiniqlik avvalgidek saqlanib qoladi, faqat spektral chiziqlar kengroq ko’rinish oladi. Kamera linzalarisiz, VideoCom samarali fokus uzunligi panjara va VideoCom



o'rtasidagi masofaga teng. Bu, agar masofa uzaytirilsa, biroq spektr kompyuter tomonidan boshqariladigan displeyga nisbatan kengroq bo'lsa eng yaxshi tiniqlikka olib keladi, shu tufayli to'liq ko'rinishga ega bo'lmaydi.

Shu tufayli o'rnatilgan kamera linzalarida qo'sh natriyli chiziqni 588.99 nm va 589.59 nm.ga ajratish mumkin emas, chunki taxminan 5 nm kamera linzalariga ega VideoComning tiniqlashtirish imkoniyati yetarlicha emas (8-rasmga qarang). Garchi, linzalarsiz, 1.113 m masofa va tirqishning juda kichik kengligi sharoitida tiniqlashtirish imkoniyati taxminan 0.4 nm.ni tashkil etadi, shuning uchun ikkita sariq rangli natriyli chiziq parchalanishini aniq kuzatish mumkin (10-rasmga qarang). Shu tufayli linzalar va VideoCom o'rtasidagi samarali masofani 50 mm.dan 1.113 m.gacha oshirish orqali oldingiga nisbatan o'n marta yaxshiroq tiniqlikka erishish mumkin. Boshqa tomondan, mazkur tuzilmada composition spektrning faqat kichik qismini ko'rish mumkin.

O'ng tomondagi spektrlar qo'shimcha spektral lampalarni o'lchash natijalari hisoblanadi. Bu yerda qayd etilmagan talliyli spektr bor-yo'g'i bitta 535 nm uzunlikka ega yashil rangli chiziqdan iborat. Zarur hollarda, barcha foydalanilgan elementlarning spektral ma'lumotlarini, masalan, Milliy standartlar va texnologiyalar instituti atom spektrlari ma'lumotlar bazasidan olish mumkin.



11-rasm: Kadmiyli spektral lampa spektri.

12-rasm: Simobli spektral lampa spektri.

#### **14-LABORATORIYA ISHI. LAZER OPTIKASI QURILMASIDA O'TKAZUVCHI GOLOGRAMMANI OLISH**

##### **Ishning maqsadi**

- o'tkazuvchi gologrammani olish
- amplitudaviy gologramma bilan fazaviy gologramma orasidagi farqni va ularga fotoximik ishlov berishdagi farqlarni bilish.
- o'tkazuvchi gologrammani o'zgartirish

##### **Nazariy ma'lumotlar**

Fotografiyada obektning olingan tasviri plyonkada muhrlanadi. Golografiyada esa obekt sirtidan qaytgan yorug'lik to'lqinlari plyonkada saqlanadi. Plyonkada nafaqat yorug'lik to'lqinining amplitudasi, balki uning fazasi ham yoziladi. Natijada gologrammada obektning fazodagi har bir nuqtasining o'rni yoziladi. Gologrammani olish uchun lazer nuri qo'llaniladi. Bunda u predmet va tayanch nurlarga ajraladi. Predmet nur obektни yoritadi. Obektдан qaytgan nur plyonkada juda kichik va galma-gal keluvchi interferension tasvirni hosil qiladi. U yerda ular turli burchaklarda tushayotgan tayanch nur bilan kogerent bo'lgan ko'zgudan qaytgan nur bilan mos keladi. Interferensiya natijasida obekt bilan o'xshashlik bo'lmagan va uning mavhum tasavvuri hisoblangan, qoramtir dog'lar, spirallar va xalqalarning noregulyar obrazlaridan tashkil topgan gologramma hosil bo'ladi. Gologramma tiklanganda, mikroskopik naqshlardan difraksiyalanib qaytgan nurga mos keluvchi yorug'lik nuri aslida obektдан dastlab qaytgan nur bilan aynan o'xshash. Shunday qilib kuzatuvchi obektning uch o'lchamli tasvirini ko'rishi mumkin. Plyonka fotoximiyoviy proyavka (naqshlarni ko'rinadigan qilish) qilinishi qanday amalga oshirilishiga qarab, gologrammalar ikki xilga ajratiladi:

### 1-rasm. Gologramma fotografiyasi



Amplitudaviy gologramma shakllanish jarayonida yuzaga kelgan shaffof va kumush donachalari bilan qoplangan shaffof bo'lmagan sektorlardan tashkil topgan. Fazaviy gologrammada hosil bo'lgan qatlam uni oqartirish jarayonida noshaffofligini yo'qotadi. Oqartirish jarayonining o'ziga xos xususiyatiga qarab, shakl to'g'risidagi ma'lumot gologrammaning sindirish ko'rsatgichining o'zgarishida, qalinligida va sirtidagi to'lqin o'rkachida saqlanadi. Gologramma tiklanganda yorug'lik nurlari turli optik va geometrik yo'llar bilan shunday tarqalishi kerakki, turli to'lqinlar optik yo'llarining farqi bir xil bo'lishi kerak. Bunday holatda gologramma faza boyicha modulyasiyalangan deyiladi. Fazaviy gologrammalarda yorug'lik nuri yutilmaganligi sababli ular amplitudaviy gologrammaga qaraganda ancha ravshanroq. Fazaviy gologrammalarning shu jihati amaliyotda qo'llanilishining boisidir.

#### **Aniq sozlash:**

- Lazerni chiqish quvvati 1 mVt li holatga o'zgartiring va nur kengaygan qisman nurlarning yo'lini va sifatini tekshiring. Zaruriyat bo'lsa, linzalarni korrektilirovka qiling.
- Qorong'ulashtirilgan xonada obekt va tayanch nurlarni uzib, oq qog'oz varag'iga tushayotgan nur plyonkani ushlab turgichga o'tayotganda, ularning yorqinligini taqqoslang. Tayanch nur obektдан plyonka tomon burilgan nur intensivligiga nisbatan besh yoki o'n marta kuchliroq bo'lganda intensivliklarning nisbati eng yaxshi hisoblanadi. Bu oddiy ko'z bilan baholanishi mumkin.

- Agar zarur bo'lsa, nur ajratgichda ajratish nisbatini o'zgartiring. Buning uchun sferik linzalarni optik asos bilan nur yo'nalishi tarafdin siljiting va butun sistemani qayta sozlang. Agar, o'tkir tushish burchagi sababli o'tuvchi lazer nuri maqbul ajralish nisbatida nur ajratgichning qarama-qarshi tomoni o'rniga xira shisha tomonida namoyon bo'lsa:
- Nur ajratgichni uni ushlab turgichga  $180^0$  ga burib o'rnating (uni chapdan o'ngga buring; bunda ko'zguli tomoni lazerga qaragan bo'lishi kerak!). Har doimdagidek, shisha sirtlarga ochiq barmoqlaringiz bilan tegmang. Buning uchun paxtali qo'lqop yoki tuksiz materiallardan foydalaning. Agar asosiy qaytuvchi nur to'g'ri plyonkaga tushmasa, yuqori qaytaruvchi obektlar holida, gologrammalar sifatli bo'ladi.
- Siz obektni sekin burishingiz mumkin.
- Plyonkani ushlab turgichdan qog'ozni olib tashlang.

### **Tajribani o'tkazish tartibi**

**Plyonkani o'rnatish:** Qorong'u xonada mo'ljalni olish uchun och yashil yoki to'q yashil (yoki zangori-yashil) lampadan foydalanish kerak. Ammo, plyonka to'g'ridan to'g'ri yoritilmasligi yoki u berkitilishi kerak. Lazerni uzing (tajriba qurilmasi ekspozisiya vaqtida vibrasiyalanishini oldini olish uchun ta'minlash kuchlanishini lazerning ulab uzgichi bilan emas, balki pilot tipli udlinitelning asosiy ulab uzgichi yordamida uzing. Plyonkani ushlab turgich asosini(g) turg'unlashtirish uchun barmoqlaringizdan foydalaning va tajriba qurilmasida plyonkani ushlab turgichni ehtiyotlik bilan harakatlantiring.

- Xonani qorong'ulashtiring.
- Yorug'lik o'tkazmaydigan paketdan o'lcham boyicha qirqib olingan bitta plyonka parchasini chiqarib oling. Bunda plyonkaning emulsion sirtini shikastlantirmaslik uchun, faqat plyonkaning chetlaridan ushlang.
- Kallagi taram-taram qilingan vintlardan foydalanib plyonkani ushlab turgich qisgichini oching.
- Plyonka listini ushlab turgichga shunday mahkamlangki, qurilmaga ushlab turgichni qayta o'rnatganigizda plyonkaning qoplangan tarafi obekt tomonga qarasin.
- Qisgichni berkitib plyonkani batartib ushlab turgichga mahkamlang.
- Plyonkani ushlab turgich asosining turg'unligini ta'minlash uchun yana barmoqlaringizdan foydalaning va plyonkani ushlab turgichni tajriba qurilmasiga o'rnating.
- Qoplamani yoping.

**Ekspozisiya:** Ekspozisiyaning optimal vaqti lazer nurining obektdan sochilishiga va gologramma tipiga bog'liq va u tajriba yo'li bilan aniqlanishi kerak. Lazer nurlanishi quvvati 1 mVt bo'lganda fazaviy gologrammalar uchun ekspozisiya vaqti taxminan 5 s dan 15 s gacha va bu vaqt qo'pol yaqinlashish sifatida qabul qilinishi mumkin. Amplitudaviy gologrammalar uchun ekspozisiya vaqti taxminan uch-to'rt marta qisqaroq. Ko'kimtir filtrlardan foydalanilganda 0,2 mVt lazer quvvati chegarasiga erishiladi, bunda gologramma sifati yomonlashadi, keyinchalik qo'shimcha aralashish hodisalari sababli va ekspozisiya vaqti taxminan besh marta oshiriladi.

- Plyonka va qurilmadagi zo'riqishlar so'nishiiga imkon berish uchun taxminan besh minut kuting.
- Ekspozisiya vaqti davomida plyonkaning sirtidagi interferension tasvirni o'zgartira olishi mumkin bo'lgan ortiqcha hech narsa qilmang.
- Pilot tipli udlinitel orqali lazerni ulab, uzib qurilmani qimirlatmasdan (masalan: ta'minlash manbasining shnurini tortib) plyonkani ekspozisiya qiling.

- Kojuxni oching va plyonkani ushlab turgichni tajriba qurilmasidan oling. Keyin qisgichni ochib plyonkani ushlab turgichdan chiqarib oling. Plyonkani faqat chetlaridan ehtiyotlik bilan ushlang.

## 15-LABORATORIYA ISHI. QUTUBLAGAN YORUG'LIKNI QONUNYATLARINI O'RGANISH. $\lambda/2$ VA $\lambda/4$ PLASTINKADAGI QUTUBLANISH QONUNYATLARI.

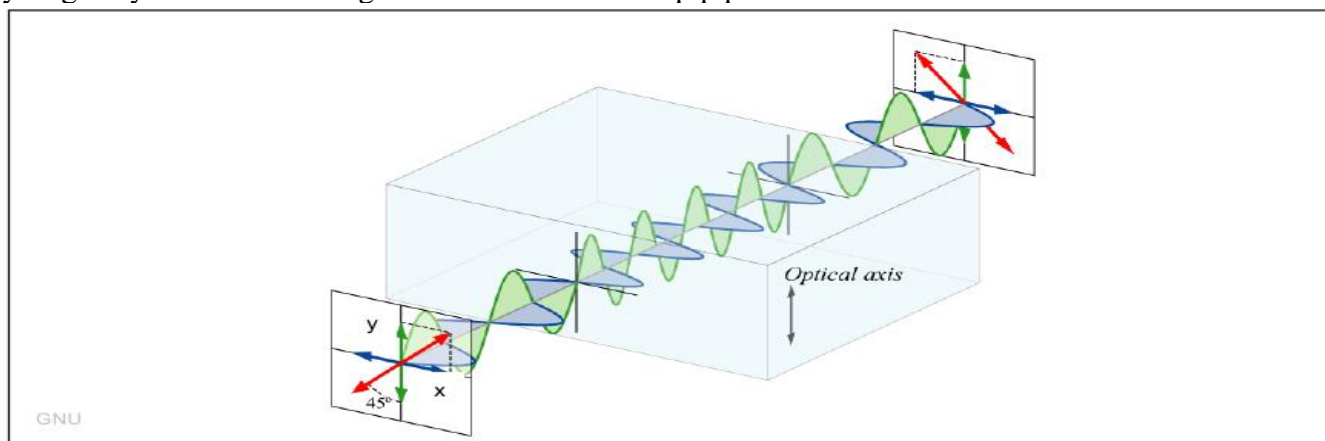
### Tajribaning maqsadi

- Qutublagan yorug'likni qonunyatlarini o'rganish.
- $\lambda/2$  va  $\lambda/4$  plastinkadagi qutublanish qonunyatlarini.

### Umumiy ma'lumotlar

To'lqin plastinka yoki sekinlashtirgich optik qurilma bo'lib, u undan o'tayotgan yorug'lik nurining qutblanish turini o'zgartiradi. Tipik to'lqin plastinka oddiy ikki yoqlama sindiruvchi kristall yoki qalinligi puxta tanlangan ikki marta sindiruvchi polimer plyonkadir. Agar parallel yorug'lik nuri to'lqin plastinkaga perpendikulyar tushsa, ikki marta sindirish xossasi tufayli yorug'lik nuri ikkita komponentga ajraladi. Bu ikki komponentning tebranish tekisliklari bir-biriga perpendikulyar va ularning fazaviy tezliklari bir-biridan bir oz farq qiladi. Chorak to'lqin plastinka uchun folganing qalinligi shunday tanlanganki, yorug'lik elektr maydoni komponentining vektori yorug'lik tarqalishi yo'nalishi atrofida yorug'lik chastotasiga teng tarzda aylanadi va boshqa perpendikulyar tebranyotgan yorug'lik komponentidan  $\lambda/4$  fazaga orqada qoladi. Yarim to'lqin plastinka uchun qalinlik shunday tanlanganki, yuzaga keladigan  $\lambda/2$  qiymatga ega bo'ladi.

Bu tajribada monoxromatik yorug'lik chorak to'lqin yarim to'lqin plastinkaga tushadi. Chiqayotgan yorug'likning qutblanishi to'lqin plastinkalar optik o'qi bilan tushayotgan yorug'lik yo'nalishi orasidagi turli burchaklarda tadqiq qilinadi.



**Rasm.1: Yarim to'lqin plastinka sxemasi.**

To'lqin plastinkaga kirayotgan chiziqli qutblangan yorug'lik to'lqin plastinkaning optik o'qida ikkita to'lqinga ajralishi mumkin, parallel (yashil rangda tasvirlangan) va perpendikulyar (ko'k). Plastinada parallel to'lqin perpendikulyar to'lqinga nisbatan ancha sekinroq tarqaladi. Plastinaning qarama-qarshi tarafida parallel to'lqin perpendikulyar to'lqinga nisbatan aniq yarim to'lqin uzunligiga tutib qolinadi.

### Kerakli asboblardan va ashyolardan

2 Chorak to'lqin plastinka .....472 601

1 Yarim to'liq plastinka.....	472 59
2 Polyarizasion filtr.....	472 401
1 Sariq yorug'lik filtri.....	468 30
1 Kremniyli fotoelement STE 2/19.....	578 62
1 Almashinadigan elementlar uchun tutqich.....	460 21
1 Multimetr METRAH Pro.....	531 282
1 Yarim shaffof ekran .....	441 53
1 Standart kesimli optik kursi 1 m .....	460 32
7 Optik nasadka 60/34.....	460 370
1 Galogen lampa 12 V, 50/90 Vt.....	450 64
1 Galogen lampa 12 V / 90 Vt .....	450 63
1 Tasvir uchun polzunok.....	450 66
1 Aylantirgich 2 12 V, 120 Vt.....	521 25
2 Juft sim 100 sm, qizil/ko'k.....	501 46

### **Tajriba qurilmasi**

Rasm. 2 da tajriba qurilmasi keltirilgan.

Izoh: Optik qurilma uchun kichik optik kursidan (460 43) yoki S1 (460 310) tipli optik kursidan foydalanish mumkin

Nur yo'li boyicha izohlar:

- Galogen lampadan (a) chiqayotgan yorug'lik, kondensorda(b) konsentrasiyalanadi va optik komponentlarni qizishdan saqlash uchun xizmat qiladigan issiklikka chidamli filtrdan o'tadi.

- Bundan tashqari fotoelementda namoyon bo'ladigan katta fon nurlanishi signalini yuzaga keltiradigan infraqizil nurlanishni susaytiruvchi suv bilan to'ldirilgan (Rasm.2 da punktir chiziqlar bilan ko'rsatilgan) issiqlikdan saqlovchi filtr qo'llanilishi mumkin.

#### **Optik yustirovka:**

- Lampa korpusiga kondensor va tasvir uchun polzunokni mahkamlang va akslantiruvchi ko'zguli galogen lampani (a) o'rning.

- Tasvir uchun polzunokdagi issiqlik filtri oldiga sariq yorug'lik filtrin qoying.

- Optik kursiga polyarizator,  $\lambda/4$ - plastinkani va analizatorni Rasm.2 da keltirilganidek o'rning. Polyarizator va galogen lampa orasidagi masofa taxminan 20 dan 30 sm gachani tashkil qiladi.

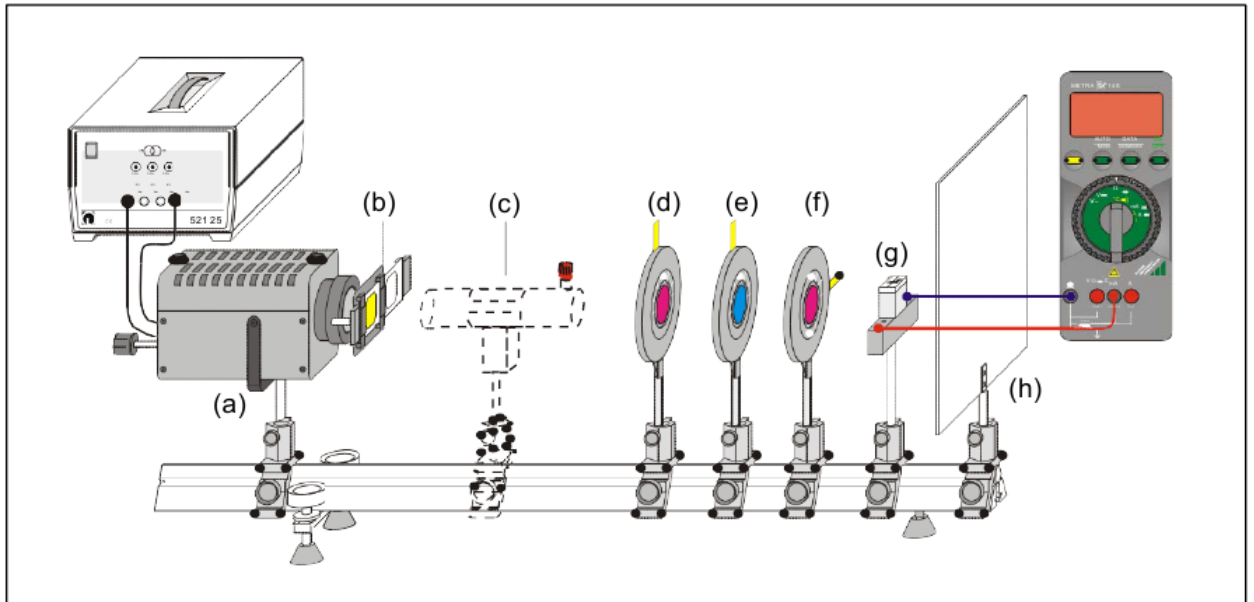
- Kremniyli fotoelementni analizator orqasiga o'rning va yorug'lik nuri yo'lini shunday sozlangki, fotoelement yaxshi yoritilsin.

- Galogen lampani tutib turgichni aylantirish orqali yorug'lik sozlanishi mumkin. Kremniyli fotoelement markazida joylashtirilgan kichik oq varaqda (g) lampa spiraling yorqin tasvirini hosil qiling.

**Izoh:** Rasm.2 da tasvirlangan yarim shaffof ekran, tajribani sifatli bajarish uchun qo'llaniladi.

- Fototokni o'lchash uchun kremniyli fotoelementni multimetr bilan qizil-ko'k kabel juftligi orqali ulang.

**Izoh:** fototok yorug'lik intensivligiga proporsional. Yorug'lik intensivligi elektr maydoni vektori kvadratiga proporsional  $I \sim E^2$ .



Rasm. 2: Chiqayotgan yorug'likning qutblanish turini o'rganish uchun tajriba qurilmasi (soddalashtirilgan) (a) galogen lampa (d) polyarizator (g) kremniyli fotoelement (b) tasvir uchun polzunok filtr bilan (e)  $\lambda/4$  yoki  $\lambda/2$  to'lqin plastinka (h) yarim shaffof ekran (c) issiqlikdan himoyalovchi filtr (f) analizator

### Texnika xavfsizligi bo'yicha eslatmalar

Ish davomida turli filtrlar qizib ketib shikastlanishiga yo'l qoymang.

- Qutblovchi filtrni to'g'ridan-to'g'ri yorug'lik manbasining oldiga o'rnatmang. Diaxronik polimer plyonkaning qizib shikastlanishini oldini olish uchun issiqlikdan himoyalovchi filtdan foydalaning
- Folga qizib ketish natijasida ikki marta sindirishni oldini olish uchun chorak to'lqin yoki yarim to'lqin plastinkalarni bevosita issiq yorug'lik manbasi oldiga o'rnatmang.

### Tajribani o'tkazish

a) Chorak to'lqinli plastinka

- Chorak to'lqin plastinkani olib tashlang va polyarizatorni nol holatga o'rnatg
- Yorug'lik intensivligini analizator o'rni funksiyasi sifatida  $-90^\circ$  dan  $90^\circ$  gacha diapazonda o'lchang.
- Optik kursidagi polyarizator bilan analizator oralig'iga chorak to'lqin plastinkani o'rnatg
- Yorug'lik intensivligini analizator o'rni funksiyasi sifatida (ya'ni.  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  va  $60^\circ$  burchaklarda)  $-90^\circ$  dan  $90^\circ$  gacha diapazonda o'lchang.

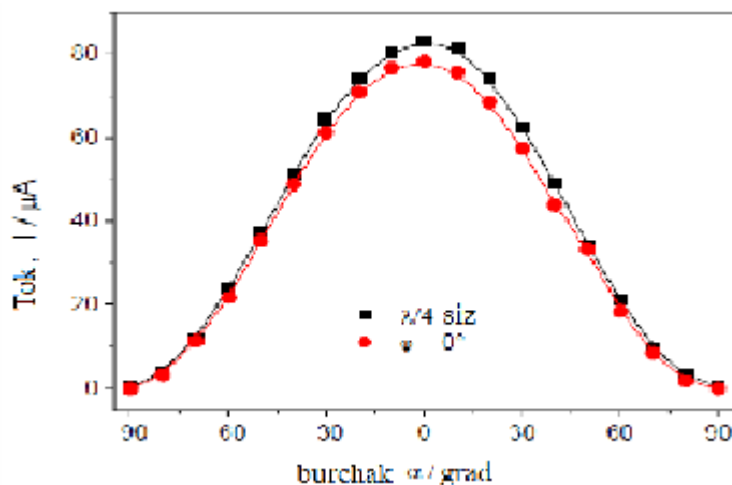
b) yarim to'lqinli plastinka

- Polyarizatorni nol holatga o'rnatg

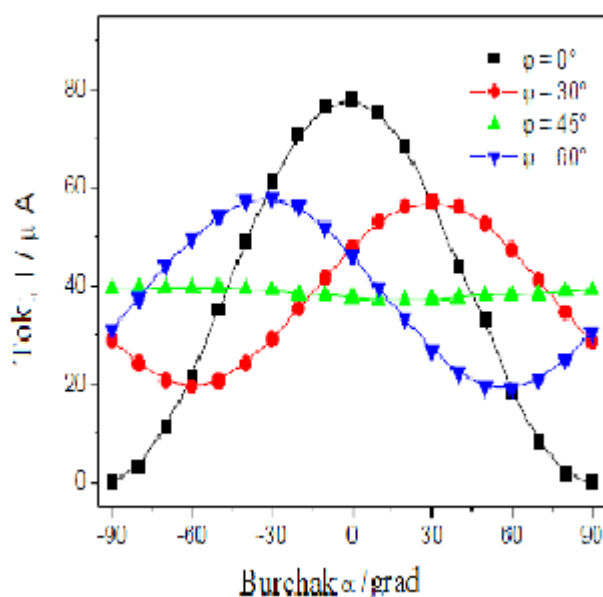
Ikki marta sindiruvchi chorak to'lqin plastinka holida qalinlik ikki nurning orasida  $\lambda/4$  yo'l farqini yuzaga keltiradi (ya'ni  $\pi/2$  fazalar farqini). Chorak plastinkadan chiqqan nurlar bitta nurga birlashadi va ular parametrik tenglamalar bilan quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$E_1(t) = E_0 \cdot \sin\phi \cdot \sin\omega \cdot t$$

$$E_2(t) = E_0 \cdot \cos\phi \cdot \sin\omega \cdot t$$



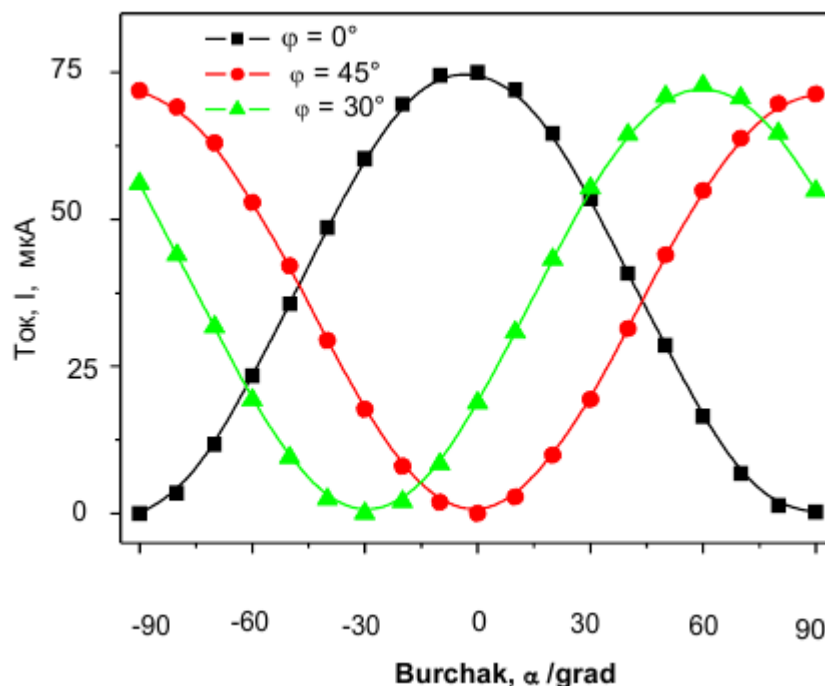
Rasm 3: I tok analizator o'rnini  $\alpha$  funksiyasi sifatida: Chorak to'lqin plastinkasiz (qora) va chorak to'lqin plastinkasi bilan (qizil)  $\phi = 0^\circ$  holatda. Uzlüksiz chiziqlar ko'z chamasini bilan o'tkazilgan



Rasm.4 Chorak to'lqin plastinkaning turli  $\phi$  holatlari uchun I tok analizator o'rnini  $\alpha$  funksiyasi sifatida: Uzlüksiz chiziqlar ko'z chamasini bilan o'tkazilgan

b) Yarim to'lqin plastinka Yarim to'lqin plastinka (yoki bir xil oriyentatsiyali ikkita chorak to'lqin plastinka) uchun tajriba natijalari Rasm.5 da keltirilgan. Yarim to'lqin plastinka yassi qutblangan yorug'lik keltirib chiqaradi. Yarim to'lqin plastinkaning turli  $\phi$  holatlari uchun faqat tekislik o'zgaradi. Masalan, agar yarim to'lqin plastinkaning holati taxminan  $45^\circ$  ga o'zgarsa, unda qutblanish tekisligi taxminan  $90^\circ$  ga o'zgaradi.

Maksimal va minimal qiymatlar o'zgarmaydi. Chorak to'lqin plastinkadagi olingan tajriba natijalardan farqi mana shu hisoblanadi.



Rasm. 5: Yarim to'lqin plastinkaning turli holatlari uchun I tok analizator  $\alpha$  holatining funksiyasi sifatida. Uzluksiz chiziqlar ko'z bilan chamalab chizilgan.

#### Qo'shimcha ma'lumotlar

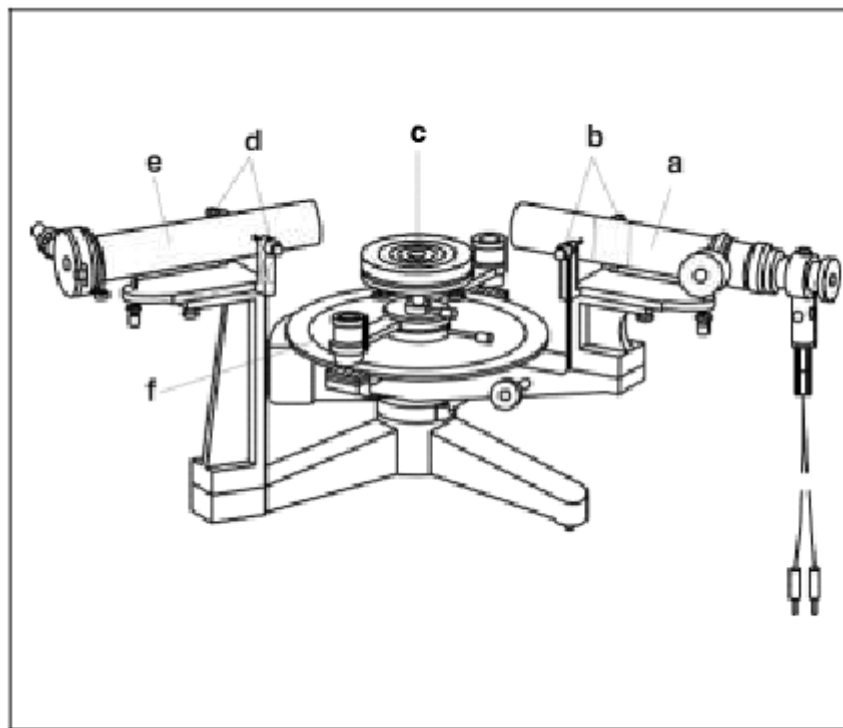
Dispersiya sababli to'lqin plastinka fazalar farqini beradi va bu farq yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liq. To'lqin plastinkalar ma'lum to'lqin uzunligi diapazonida ishlash uchun yaratilgan. Bu yerda qo'llanilayotgan to'lqin plastinkalar sariq yorug'lik uchun eng yaxshi fazalar farqini beradi. Spektrning ko'rinuvchan sohasidagi o'rtamiyona dispersiya sababli chetlanishlar uncha katta emas. To'lqin plastinkalar yorug'lik perpendikulyar tushganda eng yaxshi samara beradi. Yorug'lik nurining uncha katta bo'lmagan taralishi tajriba natijalariga ta'sir qilmaydi. Polyarizatoridan va chorak to'lqin plastinkadan foydalanish bo'yicha qo'shimcha ma'lumotlarni 472 60 instruksiyadan topishingiz mumkin.

### 16-LABORATORIYA ISHI. PRIZMALI SPEKTROMETR YORDAMIDA INERT GAZ VA METAL PARLARINING CHIZIQLI SPEKTRINI O'RGANISH.

#### Tajribaning maqsadi

- Spektrometr prizmasini sozlash.
- He-lampa bilan spektrometr prizmasini kalibrlash.
- "No'malum" chiziqli spektrni o'lchash.
- «No'malum» yorug'lik manbaini aniqlash.





**Rasm. 2 Spektrometr**

a Teleskop b Kollimatorni siljitish uchun sozlash vinti, c Prisma stoli, d Teleskopni siljitish uchun sozlash vinti, e Kollimator, f Spektrometrning asosiy qurilmasi,

### Spektrometrni sozlash

Aniq o'lchashlarni amalga oshirish uchun asbob puxtalik bilan sozlanishi kerak. Tirqish va okulyar viziri aniq mos linza obektivining fokal tekisligida yotishi kerak. (teleskopik nur yo'li). Tirqish va prizma sirti teleskopning aylanish o'qiga parallel qilib to'g'irlanishi kerak. Ba'zi sozlash bosqichlari, hamda spektrlar chiziqlarini o'lchashni amalga oshirish xona bir oz qorong'ulashtirilganda oson kechadi.

– Teleskopni (a), prizma stolini (c), va trubka tirqishini (kollimator) (e) gorizontallay yo'nalishda ko'z bilan chamalab to'g'rilang (Rasm.2 ga qarang).

– Teleskop va kollimatorni yon tomonga sozlash vintlari (b), (d), yordamida markazlashtiring va keyin vintlarni qotiring. Sozlash vintlari juda ko'p ochib yubormang, chunki ular teleskopni va kollimatorni tutib turadi. Teleskopni cheksizlikka fokuslash:

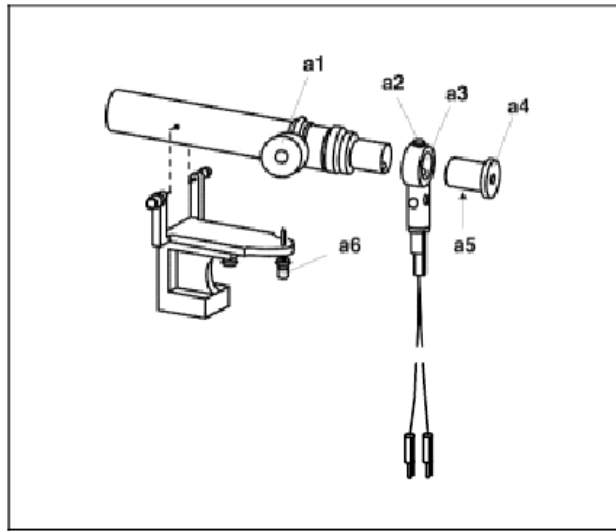
**Izoh:** Ko'rishida muammosi bor eksperimentatorlar, teleskop orqali uzoqdagi obektlarni yaxshi ko'radi; lekin bu holat teleskop cheksizlikka aniq o'rnatilganidan dalolat bermaydi. Bunga qaramasdan, shu eksperimentatorning o'zi kollimator va teleskopni korrektirovka qilsa, aniq o'lchashlarni amalga oshirishi mumkin. Agar boshqa eksperimentatorlar spektrlarni kuzatishni hohlashsa, okulyarni (a4) siljitish yo'li bilan fokusirovka bajarilishi mumkin.

– Okulyarni chiqarib oling (a4), yorug'lik manbaini (a3) teleskopga o'rnatib va yorug'lik manbai uchun teshigini pastga qaratib okulyarni qayta o'rnatib (Rasm. 3 ga qarang). Trubkadagi okulyarni siljitish (a4) orqali vizir kesishmaga qaratib va zarur bo'lsa, uni to'g'rilang. Yorug'lik manbai uchun teshik (a5) hali ham pastga qarab turganiga amin bo'ling. Gorizontallay to'g'rilangan teleskopni markazni korrektirovka qilish dastasi (a1) bilan uzoqdagi obektga fokuslang (> 50.0 m) Agar o'rnatish to'g'ri bo'lsa, kuzatilayotgan obekt tasviri va vizir kesishma ikkalasi ham

obektivning focal tekisligida yotishi kerak, mumkin bo'lsa, kuzatilayotgan obekt bilan vizir kesishma o'rtasida parallaks bo'lmasligi lozim.

**Yorug'lik manbaini sozlash:**

Teleskopni kollimatorga yo'naltiring ( tirqishni bir oz oching). Yoritish mabaini (a3)  $U = 6\text{ V}$  kuchlanishga ulang. Qotiruvchi vintdan ( a2 ) foydalanib, yoritish qurilmasini, okulyar holatini o'zgartirmasdan, teleskopga shunday joylashtiringki, tirqishning ichi yaxshi yoritilsin. Texnika xavfsizligi bo'yicha ko'rsatmalar Yoritish sistemasidagi He-lampa uchun ruxsat etilgan kuchlanishdan oshirmaslik kerak ( $U_{\text{max}} = 8\text{ V}$ ). Ish vaqtida spektral lampa va korpus nihoyatda qizib ketadi. Lampani almashtirishdan oldin uning sovushini kuting



Rasm. 3 Teleskop yoritgich bilan a1 fokusni sozlash dastasi, a2 yorug'lik manbaini qotirish vinti, a3 yorug'lik manbai, a4 okulyar, a5 yorug'lik manbai uchun teshik (ko'rinmagan), a6 teleskopni balandlik bo'yicha sozlash vinti

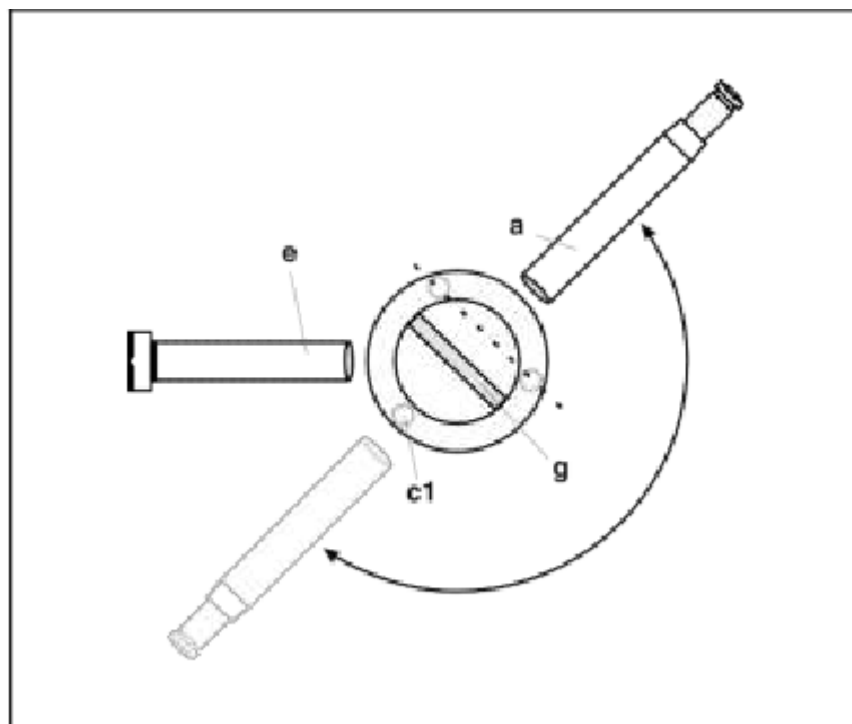


Fig. 4 Spektrometr yassi shisha plastina bilan birgalikda

a teleskop, c1 prizma stoli uchun vintlar, e Kollimator, g yassi shisha plastina tutgichda

### Teleskop optik o'qini spektrometr o'qiga perpendikulyar yustirovka qilish:

Yassi shisha plastinani prizma stoli markazidagi tutgichga (g), kollimatorga(e) nisbatan  $45^\circ$  burchak ostida shunday joylashtiringki, prizma stolining ikki sozlash vintlari boyicha o'tkazilgan (faraziy) chiziq yassi shisha plastinaning yon tomoni sirtiga parallel bo'lsin (Rasm.4 ga qarang). Teleskopni (a) yassi shisha plastinaning biror bir yon qirrasiga perpendikulyar qilib shunday to'g'rilangki, vizir kesishma shu sirtida akslansin. Gorizontall vizirni uning aksi bilan mos keladigan qilib sozlang. Bu sozlashni to'g'ri amalga oshirish uchun, yarim farqni teleskop balandligini sozlash vinti (a6) (Rasm.3) orqali, boshqa yarim farqni esa prizma stolini o'rnatish vinti (c1) orqali bajaring. Bu ikki amalni gorizontall vizir va uning ko'zguli tasviri yassi shisha plastinadan ikki tarafda ham mos kelmaguncha takrorlang:

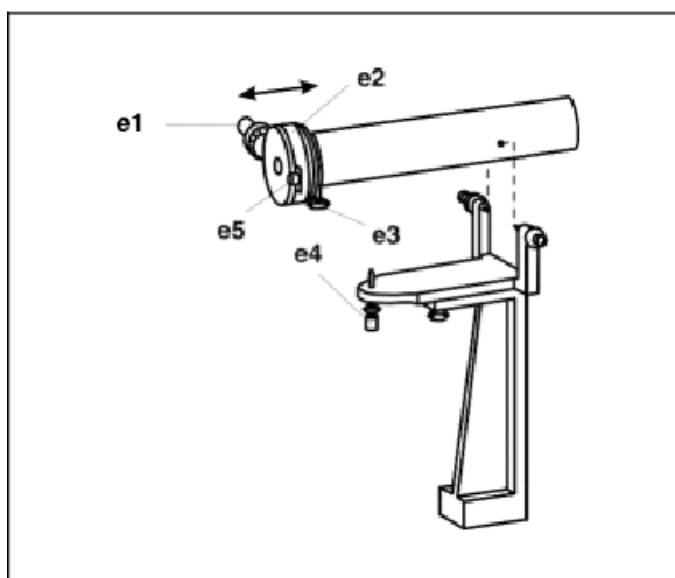
1) Rasm.4 da keltirilganidek, ko'rish trubasini  $180^\circ$  ga vizir kesishma yassi plastinaning qarama-qarshi tarafida akslanadigan qilib buring.

2) Vizir kesishma va uning ko'zguli aksi mos kelishini tekshiring. Agar mos kelmasa, yuqorida keltirilganidek, yarim farqni teleskop balandligini sozlash vinti (a6) (Rasm.3) orqali, boshqa yarim farqni esa prizma stolini o'rnatish vinti (c1) orqali bajaring. Teleskop balandligini sozlash vintini (a6) kontrgaykadan foydalanib qotiring. Prizma stolidan yassi shisha plastinani tutgichi bilan oling. Yoritish manbaini ta'minlash kuchlanishidan uzing.

### Kollimatorni yustirovka qilish:

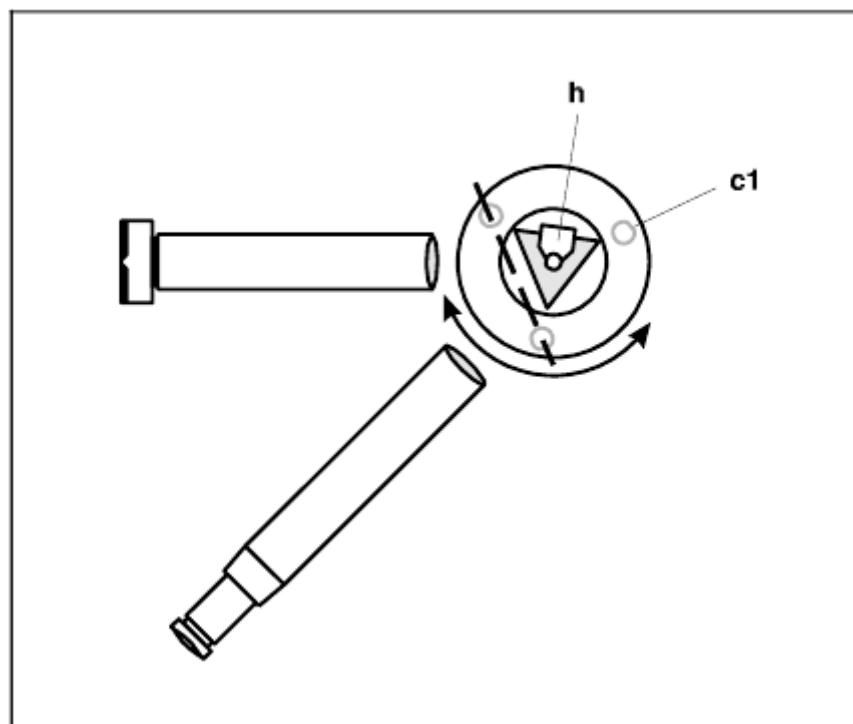
- Tirqishni tashqi manba orqali, masalan lampochka yoki spektral lampalarning biri bilan yoriting. Teleskopni kollimatorga yo'naltiring va tirqishni tirqish kengligini o'zgartiruvchi mikrometrik vint(e1) yordamida bir oz kengaytiring. Pasaytirgich(e5) yordamida tirqishning sezilarli, qulay balandligini o'rning. Kollimator balandligini yustirovka qilish vinti(e4) orqali, tirqishning markazini gorizontall vizir kesishmaga keltiring va kollimator trubkani (e2) strelka yo'nalishida to yorqin obraz paydo bo'lmaguncha siljiting (Rasm. 5 ga qarang).

- Trubkani burish orqali tirqishni shunday to'g'rilangki, u vertikal vizir kesishmasiga parallel bo'lsin va keyin kollimator trubkani qotirib turish vintini mahkamlang (e3).



Rasm. 5 Kollimator . e1 Mikrometer dastazi, e2 Kollimator trubasi, e3 Kollimator trubkasini qotirish vinti, e4 Kollimator balandligini korrektirovka qilish vinti, e5 Tirqish balandligini

pasaytirgich

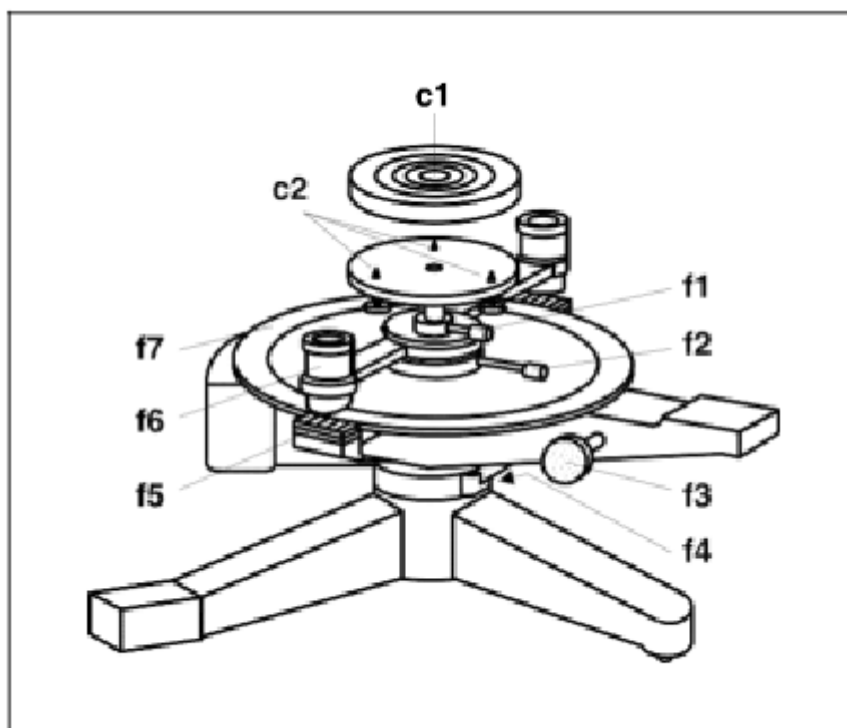


Rasm. 6 Prizma sirtini yustirovka qilish. c1 Prizma stoli uchun yustirovka vintlari, h ( flint ) shisha prizma tutgichda

**Burishga imkon yaratish bilan prizma sirtiga parallel yustirovka qilish:**

– Teleskopni shunday buribki, u kollimatorga o'tkir burchakda joylashsin va uni shu joyida qotirish vinti yordamida mahkamlang (Rasm.6 va Rasm.7 ga qarang) Prizmani prizma stolidagi tutgichga (h) Rasm.6 da keltirilganidek o'rnatib va bunda prizmaning bir tomoni prizma stolidagi ikkita sozlash vintlari orqali o'tkazilgan (faraziy) chiziqqa parallel bo'lsin. Prizma stolini to prizmaning bir qirrasidan akslangan tirqish tasviri teleskopda ko'rinmaguncha burib va keyin prizma stolini qotirish vintini (f1) mahkamlang. Orqadagi sozlash vintlaridan (c1) foydalanib, tirqishning akslangan tasvirini vizir kesishmaning markaziga siljiting. Prizma stoli burilganda akslangan tirqish o'zgarmasligi uchun quyidagi ikki amalni bajaring:

- 1) Prizma stolini mahkamlab turgan vintni (f1) bo'shating va tirqishning tasviri prizmaning keyingi sirtida akslanmaguncha prizma stolini burib va keyin prizma stolini qotiruvchi vintni mahkamlang.
- 2) Prizma stolining orqa tomonidagi (teleskopda ko'rinib turibdi) o'rnatish vinti yordamida tirqishning akslanishini vizir kesishmaning o'rtasiga olib keling.



Rasm 7 Spektrometrning asosiy qurilmasi va prizma stoli. c1 Prizma stoli, c2 Prizma stolini to'g'rilash vintlari, f1 Prizma stolini qotirish vinti, f2 Graduirovka qilingan aylanani qotirish vinti, f3 Teleskopni burish uchun nozik sozlash vinti, f4 Teleskopni qotirish vinti(ko'rinmagan), f5 Noniuslar, f6 Lupa, f7 Gardirovka qilingan aylana

### Tajriba qurilmasi

Spektral lampani korpusga mahkamlang, uni Rasm.8 da keltirilganidek taglikka o'rnatib, uni universal drosselga ulab yoqing. He-spektral lampa bilan tirqishni yoritib. Lampa kollimatorning ko'rish o'qida joylashganiga ishonch hosil qiling. Prizmani prizma stoliga joylashtiring va teleskopni shunday to'g'rilangki, tirqishdan o'tgan yorug'lik prizmaga tushsin(agar yuqoridan qaralsa, Rasm.1 ga qarang) va spektrni teleskopda kuzatish mumkin bo'lsin.

### Tajribani o'tkazish

a) Minimal og'ish burchagini o'rnatish:

Tirqish kengligi toraytirilsa, ajrata olish qobiliyati ortadi; Shu bilan birga spektr yorug'lik intensivligi esa mos ravishda pasayadi:

– Tirqish (e1) kengligini o'zgartiruvchi mikrometrik vint yordamida, munosib tirqish kengligini o'rnatib. Sekinlik bilan prizma stolini burib va teleskopda spektral chiziqlarning o'zgarishini spektr «markaz» chizig'i (masalan, sariq  $\lambda = 587,6$  nm) reversiv nuqtadan (minimal qiymat) o'tguncha kuzatib. Prizma stolini minimal holatda, mos vintlarni (f1) va (f4) mahkamlashdan foydalanib qotiring. b) **Spektrometrni He - spektral lampa bilan kalibrlash:** Izoh: spektrometr ikkita qarama-qarshi turgan nonius bilan jihozlangan. Qayd qilish xatoligini minimallashtirish va aylanish o'qiga nisbatan har qanday eksentrisitetni kompensatsiyalash uchun ikkita ko'rsatishning o'rtacha qiymatini oling.

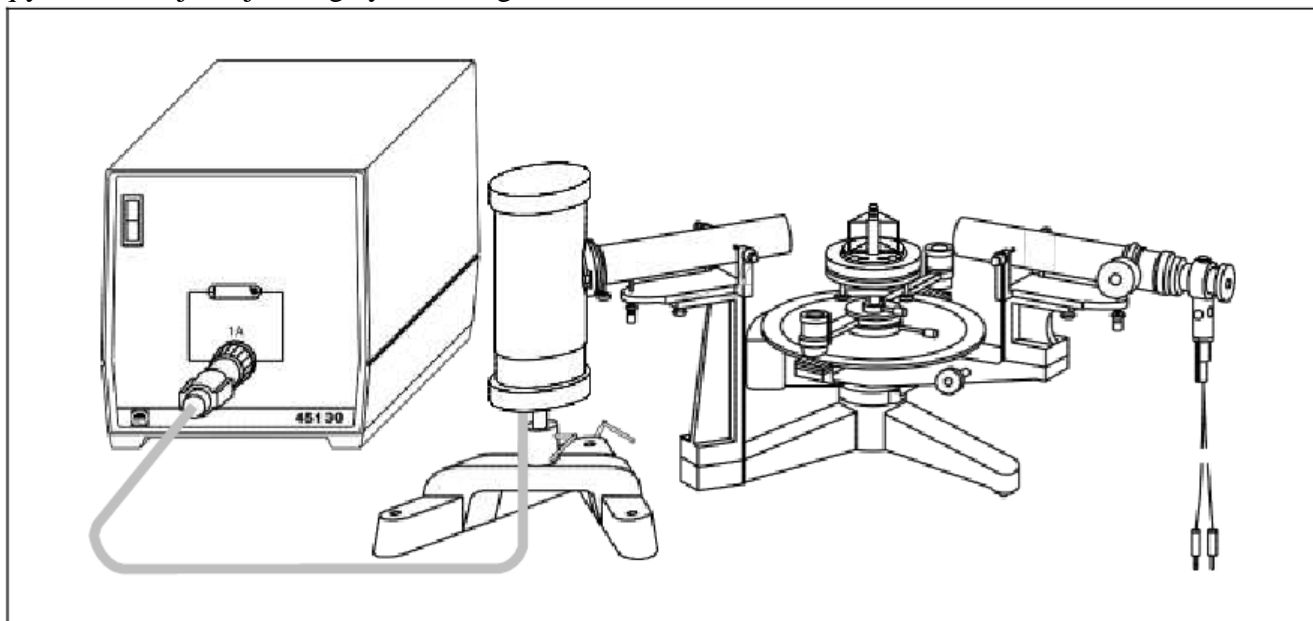
– Teleskopni shunday yustirovka qilingki, vertikal chiziq biron-bir tashqi spektral chiziq bilan mos kelsin (mazkur o'lchash namunasida qizil chiziq). Graduirovka qilingan aylanani (f7)  $0^\circ$  va  $180^\circ$  nonius chizig'iga keltiring(f5) va uni qotirish vintidan (f2) foydalanib mahkamlang.

### Teleskopning to'r chizig'ini vertikal boyicha, nozik sozlash

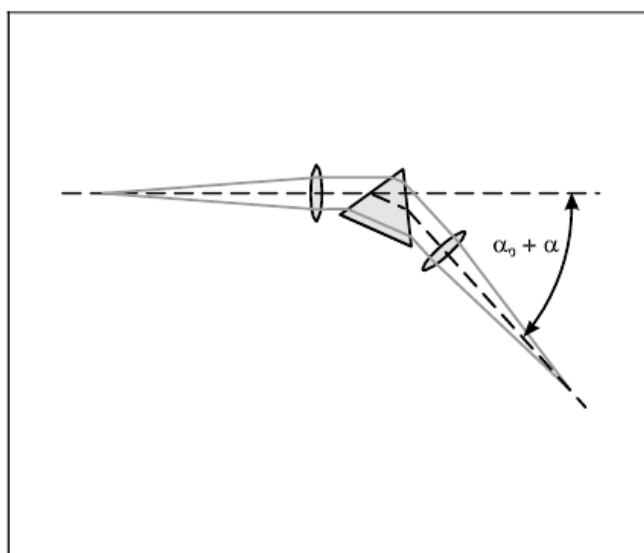
(f3) dastasi yordamida, ketma-ket har bir spektral chiziq bilan to'g'rilang. Teleskopning mos holatini graduirovka qilingan aylanada (f6) lupadan foydalanib qayd qiling va bu qiymatlarni tajriba jurnaliga yozib oling. c) Boshqa yorug'lik manbailarining spektral chiziqlarini, masalan Cd spektral lampaning o'lchash:

He- lampa va korpusning sovushini kuting, keyin lampani almashtirib tirqishni yoriting.

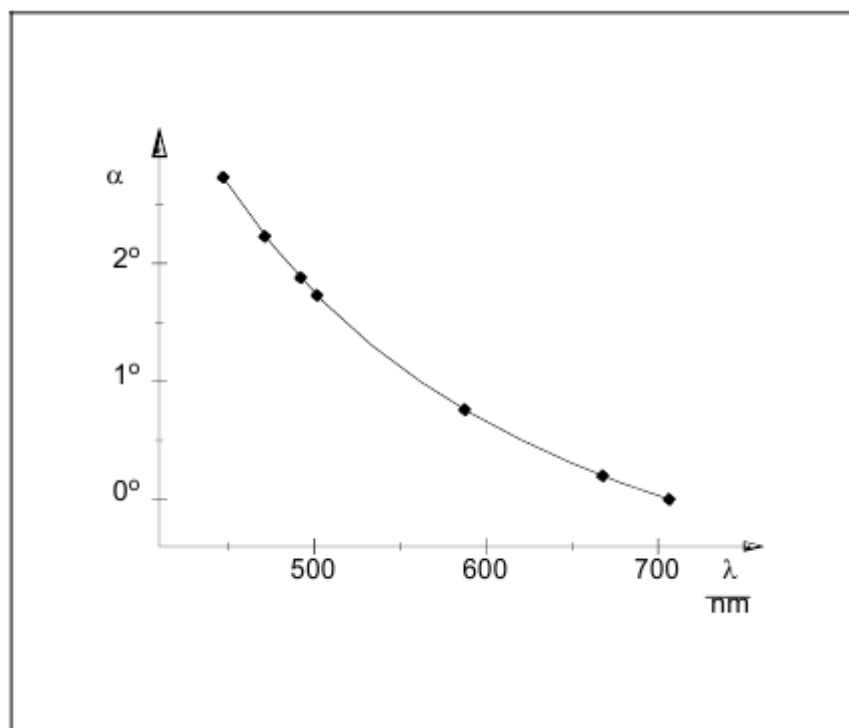
Teleskopning to'r chizig'ini, yuqorida bayon qilinganidek, nozik sozlash (f3) dastasi yordamida, ketma-ket har bir spektral chiziq bilan to'g'rilang va qayd qiling va bu qiymatlarni tajriba jurnaliga yozib oling.



Rasm. 8 Yustirovka qilingan tajriba qurilmasi



Rasm. 9  $\alpha$  burchakni aniqlash uchun sxematik diagramma. O'lchash namunasida  $\alpha^\circ$  shunday tanlanganki,  $\alpha^\circ = 0.00^\circ$  burchakda to'lqin uzunligi  $\lambda = 706,5 \text{ nm}$



Rasm 10 Prizmalı spektrometrning kalibrlash egriligi: Nuqtalar: 1 jadvaldan olingan o'lgangan qiymatlar Chiziq: interpolyasiya qilingan egrilik

### O'lchash namunasi va hisoblashlar

Izoh : spektrometr prizmasi yordamida metall bug'lari yoki inert gaz spektriga tegishli bo'lmagan past intensivlikli chiziqlarni ham ko'rish mumkin. Ishlab chiqarish jarayoni sababli boshqa gazlar ham lampaga kiritilishi mumkin. Metall bug'larili lampalarda argon (Ar) qo'shimcha asosiy gaz sifatida qo'llaniladi.

Jadval 1 : He- spektral lampadan foydalanib, spektrometrni kalibrlash uchun o'lgangan qiymatlar;  $\alpha$  ni aniqlash uchun Rasm. 9 ga qarang.

$\lambda_{\text{adabiyot}}$ nm	$\alpha$ .
706.5	0.00°
667.8	0.20°
587.6	0.76°
501.6	1.73°
492.2	1.88°
471.3	2.23°
447.1	2.73°

No'malum yorug'lik manbailarini identifikatsiyalash uchun spektral chiziqlarning to'lqin uzunligi qayd qilinadi va kalibrovka egriligidagi o'lgangan burchaklar bilan qiyoslanadi (Rasm.10 ga qarang). Adabiyotlarda keltirilgan qiymatlar vakuumdagi to'lqin uzunliklariga tegishli. Havodagi to'lqin uzunligiga o'tish zaruriyati yo'q. Jadval 2 : Cd lampa namunasida o'lgangan qiymatlar;  $\alpha$  ni aniqlash uchun Rasm.9 ga qarang.

$\alpha$ .	$\lambda_{\text{hisoblangan}}$ nm	$\lambda_{\text{adabiyot}}$ nm
2.30°	468.7	467.8
2.08°	480.4	480.0
1.63°	507.7	508.6
0.43°	631.8	632.5
0.35°	644.1	643.8

### Qo'shimcha ma'lumotlar

Spektrometr bilan goniometr difraksiyon spektrometr sifatida ham ishlatilishi mumkin (tajriba P5.7.1.2 bayonnomasiga qarang). Bunday konfiguratsiyada to'lqin uzunligini aniqlash uchun kalibrlash egriligi qayta talab qilinmaydi. Biroq spektrlarning intensivligi pastroq, sust chiziqlar ko'pincha ko'rinmaydi. Bundan tashqari difraksiyaning ko'p miqdordagi tartiblari yuzaga kelib, foydalinalayotgan panjaraga qarab ustma-ust tushishi mumkin va shu bilan belgilangan maqsadga xalaqit beradi. Difraksiyon panjaradan foydalanilganda spektrometrning ajrata olishi, odatda, prizmalı spektrometrikiga nisbatan yaxshi. Masalan, tirqishi minimal kenglikka o'rnatilgan spektrometrning prizmasida ikki Na-D chiziqlar arang farqlansa, ular Rowland panjarasidan foydalanilgan spektrometrdan osongina ajratilishi va alohida o'lchanishi mumkin.

## 17-LABORATORIYA ISHI. YORUG`LIK TO`LQINI UZUNLIGINI DIFRAKTSION PANJARA YORDAMIDA ANIQLASH

**Kerakli asbob va**

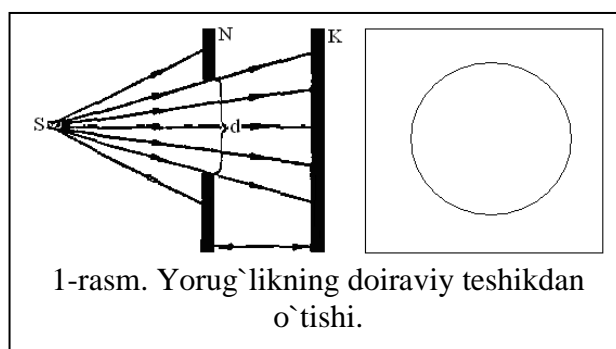
**materiallar:** 1) difraksiyon panjara; 2) yorug`lik to`lqinining uzunligini aniqlashda ishlatiladigan mahsus asbob; 3) yorug`lik manbai; 4) masshtabli chizg`ich.

**Ishning maqsadi:**

shishadan tayyorlangan difraksiyon panjara yordamida yorug`lik to`lqini uzunligini aniqlash.

### Nazariy

**qism:** *Yorug`likning difraksiyasi* deb, yorug`lik to`lqinlarining juda ingichka

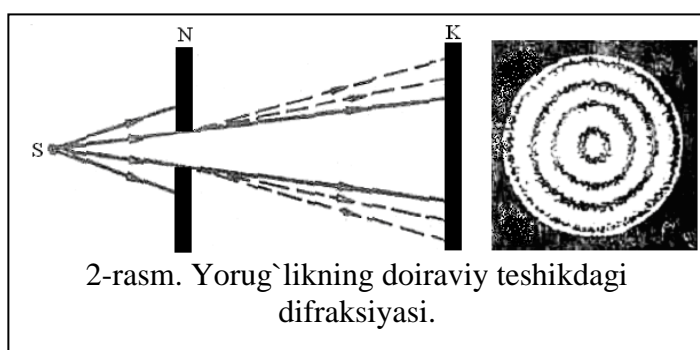




to'siqni aylanib o'tishida, noshaffof ekrandagi kichkina doiraviy teshikdan yoki tirqishdan o'tishida to'g'ri chiziqli tarqalishdan og'ishiga aytiladi. Difraksiya hodisasida yorug'lik to'lqinlari geometrik soya sohasiga kirib boradi a'lumki, bir jinsli muhitda yorug'lik to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi. Bunga amalda yorug'lik dastasining qorong'i xonada juda kichik tirqishdan o'tishini kuzatib ishonch hosil qilish mumkin. Agar ingichka yorug'lik dastasining yo'lga o'lchami tushayotgan yorug'lik to'lqini uzunligi bilan taqqoslanarli to'siq qo'yilsa, yorug'lik dastasi shu to'siqni aylanib o'tadi, ya'ni difraktsiyalanadi. Yoki ingichka yorug'lik dastasi noshaffof ekrandagi doiraviy teshikdan o'tib boshqa ekranga tushayotgan bo'lsin. Agar doiraviy teshikning o'lchami tushayotgan yorug'lik to'lqinining uzunligi bilan taqqoslanarli bo'lsa, ekranda nurlarning geometrik soya sohasiga ham o'tib ketganligini yoki yorug'likning teshikdan o'tishida avvalgi yo'nalishidan og'ishi hodisasini (difraktsiyasini) kuzatamiz. Endi monoxromatik yorug'likning noshaffof ekrandagi doiraviy teshikdan o'tishdagi difraktsiyasini batafsil qaraylik.

Yorug'lik manbaidan 1,5-2 m masofada K ekranni joylashtiraylik. Ularning orasiga d o'lchamli teshigi bor noshaffof N ekranni o'rnatamiz. U holda K ekranda soya bilan cheklangan yorug' dog' paydo bo'ladi (1-rasm).

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

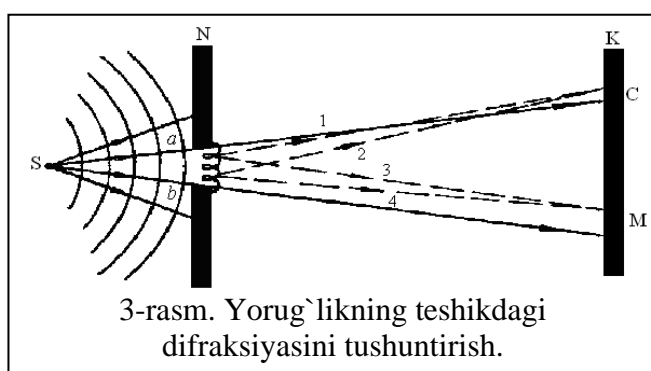


N ekrandagi teshik o'lchami tushayotgan yorug'lik to'lqini uzunligi bilan solishtirarli darajada kichik bo'lganda K ekrandagi manzara butunlay o'zgarib ketadi. Bunda K ekrandagi yorug' dog' o'rniga navbatlanuvchi yorug' va qorong'i halqalar vujudga keladi. Buning amalga oshishi uchun  $d \ll L$  shart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

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

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

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



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

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

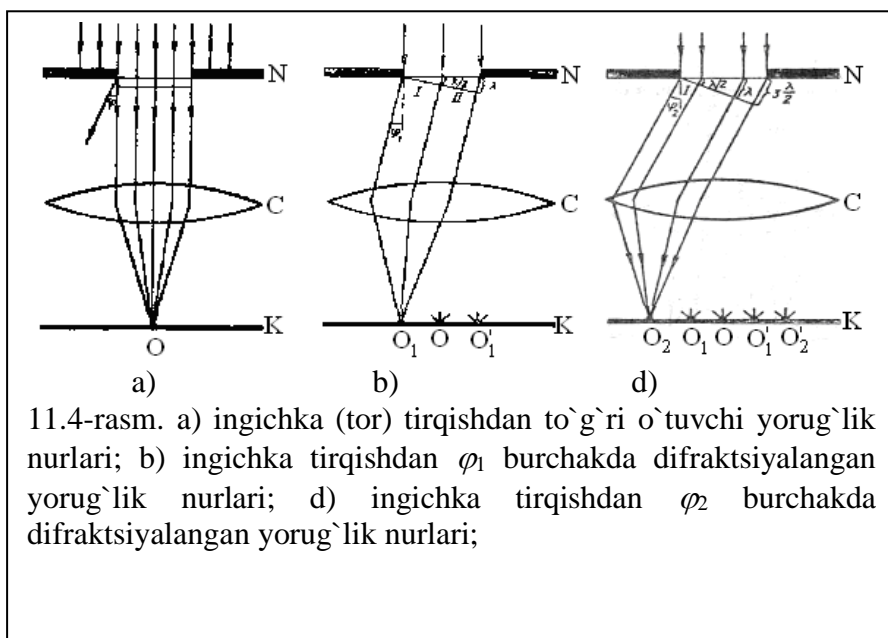
har bir nuqtasi yorug'likning ikkilamchi manbai bo'ladi. Bu manbalar kogerent, shuning uchun ulardan chiqayotgan nurlar (to'lqinlar) 1 va 2, 3 va 4 o'zaro interferentsiyalashadi (3-rasm).

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

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

**1. Bir tirqishdan hosil bo'ladigan difraktsiya.** Parallel monoxromatik nurlar dastasi tor tirqishli N ekranga tik tushayotgan bo'lsin. Tirqish orqasiga S yig'uvchi linza, undan keyin linzaning fokal tekisligiga K ekranni joylashtiraylik. Tirqishdan avvalgi yo'nalishda o'tayotgan barcha nurlar linza yordamida K ekranda tirqishga parallel bo'lgan yorug' yo'l (dasta) ni hosil qiladi. Chunki, linza nurlarning yo'l ayirmasini vujudga keltirmaydi. Shu sababli O nuqta orqali yuqorida ko'rsatganimizdek tirqishga parallel yorug' yo'l-yoritilganlik maksimumi o'tadi (4,a-rasm).

Endi tirqishdan dastlabki yo`nalishda o`tg`an nurlardan tashqari  $\varphi$  burchaklarda



difraktsiyalangan nurlarni qaraylik. Tirqishdan  $\varphi=\varphi_1$  burchak ostida difraktsiyalangan nurlar dastasidagi eng chekkadagi nurlar yo`l ayirmasi  $\Delta\ell$  yorug`lik to`lqinining uzunligiga, ya`ni  $\Delta\ell = 2 \cdot \frac{\lambda}{2}$  ga teng

bo`lsin (4,b-rasm).

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

Endi  $\varphi=\varphi_2$  burchak ostida difraktsiyalangan boshqa nurlar dastasini olsak, uning chekka nurlari orasidagi yo`l ayirmasi  $\Delta\ell = 3 \cdot \frac{\lambda}{2}$  ga teng bo`lsin. Bu holda butun dastani uchta I, II, III zonalarga ajratamiz (4.d-rasm). Ikki qo`shni zonaning mos nurlari bir-birini so`ndiradi, (chunki ularning yo`l ayirmasi yarim to`lqin uzunlikka teng) uchinchi zonadagi nurlar esa so`nmaydi va  $O_2$  nuqtadan o`tuvchi difraktsiya maksimumini (yorug` yo`lni) beradi.  $O_2^1$  nuqtada ham difraktsiya maksimumini kuzatiladi.  $O_2$  nuqtadan chetda joylashgan  $O_3$  nuqtadan yana qorong`i yo`l o`tadi.

Shunday qilib, bir tirqishdan monoxromatik parallel nurlar o`tg`anda hosil qilingan difraktsiya manzarasi markaziy yorug` yo`ldan har ikkala tomonda simmetrik joylashgan qorong`i va yorug` yo`llarning navbat bilan joylashishidan iborat bo`ladi. Yorug` yo`llarning yoritilganligi markaziy yo`ldan uzoqlashgan sari kamayib boradi.

**2. Ikki va ko'p parallel tirqishlardan hosil bo'ladigan difraktsiya.** Endi orasi  $b$  kenglikdagi no-shaffof to'siq bilan bo'lingan  $a$  kenglikdagi ikkita tirqishdan hosil bo'ladigan difraktsiyani qaraylik.

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

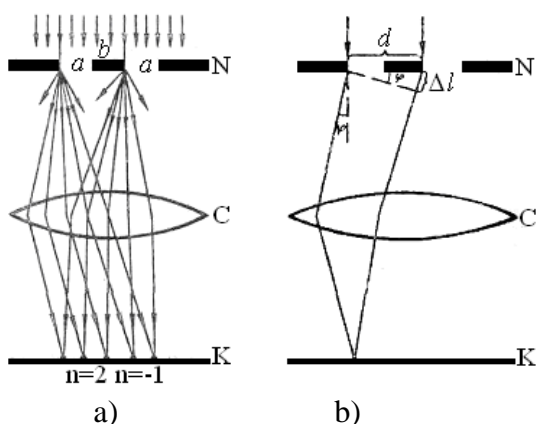
Ikkala tirqishning chap chekkalariga tushayotgan nurlarni qaraylik, difraktsiya hodisasi sababli tirqishlardan o'tuvchi yorug'lik turli yo'nalishlarda tarqaladi (11.5,a-rasm).

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

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

bu yerda:  $d = a + b$ .

Agar  $\varphi$  burchakda difraktsiyalangan bu nurlarni linza yordamida bir chiziqqa



5-rasm. Ikkita tirqishdan yorug'likning difraktsiyasi.

to'plansa, ular interferentsiyalanadi; interferentsiyaning natijasi yo'llar ayirmasining kattaligi  $\Delta\ell$  ga bog'liq.

Bunda ikki holni kuzatamiz:

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

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

Shu shart bajarilganda K ekrandagi

linza orqali o'tgan nurlar to'plangan chiziqda interferentsiya maksimumi ro'y beradi.

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

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

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

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

Tekshirishlar shuni ko'rsatadiki, yorug'likning bir-biriga yaqin joylashgan ko'plab parallel tirqishlar to'plamidan difraktsiyalanganida ham difraktsiya manzarasi ikki tirqishdan

bo`ladigan difraktsiya manzarasi kabi bo`ladi. Biroq, bu holda difraktsiya maksimumlari ravshanroq va torroq, ularni ajratib turgan difraktsiya minimumlari esa keng va butunlay qorong`i bo`ladi.

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

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

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

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

ga teng bo`lishini yoza olamiz.

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

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

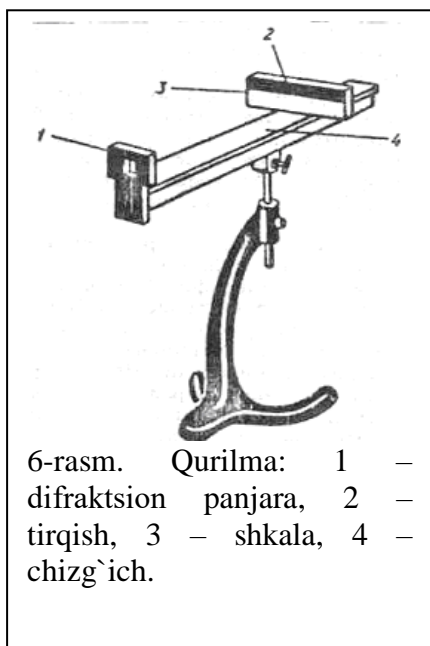
Mazkur ishda shishadan tayyorlangan difraktsion panjara yordamida yorug`lik to`lqini uzunligini aniqlash maqsad qilib qo`yilgan.

### **Usulning nazariyasi va qurilmaning tavsifi**

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

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

Yaxshi panjaralarda har millimetrda minglab tirqishlar va noshaffof oraliqlar (shtrixlar) bo`ladi. Panjaralar juda aniq tayyorlanadi, ularda shtrixlar orasidagi masofa birday saqlanishi shart. Difraksion panjaraning eng qimmatli



xossasi – oq yorug`likni spektrga yoyish qobiliyatidan iboratdir. Difraksion panjara ham prizma kabi spektral asbob hisoblanadi. Ularni ishlatiladigan asosiy soha-spektral analiz uslubidir.

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

Difraksion panjara yordamida yorug`lik to`lqin uzunligini aniqlashda ishlatiladigan eng oddiy asbobni 6-rasmda keltirilgan.

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

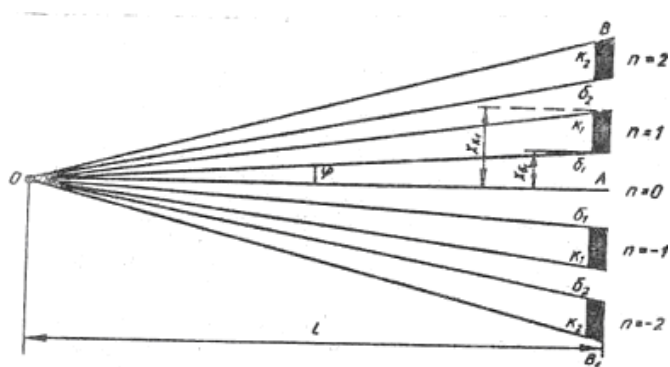
Brusokning bir tomondagi uchiga ramka mahkamlangan va ikkinchi uchiga ko`ndalang qilib metall ekran o`rnatilgan. Ekraning ustki qismini qoraga bo`yalgan, pastki qismiga esa millimetrli shkala 3 chizilgan. Shkalaning nolinci bo`limi ekraning o`rtasiga mos tushadi va nolinci bo`lim tepasida tirqish 2 bor. Ekranini brusokning usti bo`ylab siljitish mumkin. To`g`ri tolali elektr chirog`ini ekrandan 4 – 5 m masofaga joylashtiriladi.

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

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

Kuzatuvchi difraksion panjara va 3 shkaladagi tirqish orqali yorug`lik manbaiga qarab, yorug`lik manбайдan tashqari yana uning ikki tomonida simmetrik joylashgan difraksion spektrlarni ham ko`radi. 1-tartibli spektr tirqishga eng yaqin joylashgan, uning tirqish tomondagi chekkasida binafsha

rang, tashqari qismida esa qizil rang mavjud. 2-tartibli spektrda ham xuddi shunday manzarani kuzatish mumkin (7-rasm).



7-rasm. Difraksion manzara.

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

Difraksion panjara formulasi (4) dan ushbuni yoza olamiz:

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

(6)

1 va 2-tartibli spektrlar bilan cheklanilganda  $\varphi$  burchakning juda kichikligini e'tiborga olib,  $\sin \varphi \approx \text{tg} \varphi$  deb yoza olamiz. U holda 7-rasmdan  $\text{tg} \varphi = \frac{x}{\ell}$  ga teng. Binobarin, (6) formulani quyidagicha yozamiz:

$$\lambda = \frac{d \cdot x}{n \ell}$$

(7)

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

#### Ishni bajarish tartibi:

1. Yoritgich (elektr chirog'i) ni o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulanadi.
2. Asbobning ramkasiga difraksion panjara o'rnatiladi. Bunda uning shtrixlari shkaladagi tirqishga parallel bo'lishi kerak.
3. Ekranni difraksion panjaradan shunday masofaga joylashtirish kerakki, unda 3 shkaladan markaziy yorug' yo'l va tirqishning ikkala tomonida uchtadan difraksion spektrlar dastasi ravshan ko'rinadigan bo'lsin. Difraksion panjaradan 3 shkalali ekrangacha bo'lgan masofa  $\ell_i$  o'lchanadi.
4. Shkala tirqishidan chap va o'ng tomondagi 1-tartibli spektrdagi binafsha (spektrning chekkasi) ranglar orasi  $\Delta x_b$  shkaladan  $mm$  larda olinadi va  $x_{b1} = \Delta x_b / 2$  ifoda orqali aniqlanib, jadvalga yoziladi.
5. Xuddi shunday tarzda spektrdagi qizil (spektrning chekkasi) ranglar orasi  $\Delta x_q$  shkaladan  $mm$  larda olinadi va  $x_{q1} = \Delta x_q / 2$  ifoda orqali aniqlanib, jadvalga yoziladi.

6. Xuddi shunday o`lchashlarni 2-tartibli spektrdan va uchinchi tartibli spektr ( $n=3$ ) uchun ham bajariladi. O`lchash natijasi 1-jadvalga yoziladi.  $\ell_1$  holat uchun (7) formula bo`yicha har qaysi tajriba uchun qizil va binafsha nurlarning to`lqin uzunliklari  $\lambda_q$  va  $\lambda_b$  lar hisoblanadi.
5.  $\ell_2$  va  $\ell_2$  masofalar uchun yuqoridagi kabi o`lchashlar bajariladi.
6. O`tkazilgan 9 ta o`lchash asosida  $\langle \lambda_q \rangle$  va  $\langle \lambda_b \rangle$  lar hisoblanadi.
7. O`lchash va hisoblashlar asosida  $\langle \Delta \lambda_q \rangle$ ,  $\langle \Delta \lambda_b \rangle$  va nisbiy xatolar  $Ye_{\lambda_q}$  va  $Ye_{\lambda_b}$  lar aniqlanadi. Natijalar 1-jadvalga yoziladi:

### **Nazorat uchun savollar:**

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

### **MUSTAQIL ISH MAVZULARI VA SHAKLLARI**

№	Mavzu nomi	TMI shakli (zamonaviy va turli shaklli bo`lishiga katta e`tibor beringlar)	Soati
1	Monoxromatik to`lqinlar. To`lqinlarni qo`shish. Elektromagnit to`lqinlarning umumiy ko`rinishi. Turg`un elektromagnit to`lqinlar.	Ma`ruza mashg`ulotlarini takrorlash, konspekt qilish, adabiyotlar bilan tanishish	10
2		Amaliy mashg`ulotlarini takrorlash, konspekt	12



	Bir jinsli izotrop diyelektriklarda yorug'lik tezligi. Elektromagnit to'liqning energiya zichligi. Yorug'likning intensivligi.	qilish, adabiyotlar bilan tanishish	
3	Dispersiya nazariyasi. Sindirish ko'rsatgichi va yutilishning chastotaga bog'liqligi.	O'zbekiston va chet el olimlarining Scopus yoki elsevier tizimlari asosida maqolalar topish (yoki o'rganish)	10
4	Yorug'lik tarqalishining xususiyatlari. To'la ichki qaytish hodisasi. Bryuster burchagi.	Yorug'lik tarqalishining xususiyatlari. To'la ichki qaytish hodisasi asosida optik tolali kabellarda tasvir uzatishni tushuntirish. Bryuster burchagi.	12
5	Kogerentlik tushunchasi. Kogerentlik vaqti va uzunligi. Vaqt bo'yicha va fazoviy kogerentlik.	Kogerentlik tushunchasi. Kogerentlik vaqti va uzunligi. Vaqt bo'yicha va fazoviy kogerentlik.	10
6	Yorug'lik difraksiya manzarasini tahlil qilishda vektor diagrammasini qo'llanilishi.	Yorug'lik difraksiya manzarasini tahlil qilishda vektor diagrammasini qo'llanilishi.	12
7	Frenel zonalari.	Frenel zonalari.	10
8	Difraksion panjaralar va ularning asosiy xarakteristikalar. Prizmalı va difraksion panjarali spektral qurilmalar	Difraksion panjaralar va ularning asosiy xarakteristikalar. Prizmalı va difraksion panjarali spektral qurilmalar	12
9	Tabiiy yorug'likning qutblanishi. Qaytgan va singan nurlarni qutblanishi. Suniy anizotropik.	Tabiiy yorug'likning qutblanishi. Qaytgan va singan nurlarni qutblanishi. Suniy anizotropik.	10
10	Infraqizil nurlar va ularni xususiyatlari.  Lyuminestsentsiya hodisasi.	Infraqizil nurlar va ularni xususiyatlari.  Lyuminestsentsiya hodisasi.	12
11	Optik kvant generatorlarining tuzilishi va ishlash printsiplari. Optik rezonatorlar.	Optik kvant generatorlarining tuzilishi va ishlash printsiplari. Optik rezonatorlar.	10

12	Lazer nurlanishining qutblanganligi, monoxromatikligi va spektral tarkibi.	Lazer nurlanishining qutblanganligi, monoxromatikligi va spektral tarkibi.	12
13	Golografiya asoslari.	Golografiya asoslari.	10
14	Absolyut qopa jism xususiyatlari. Nurlanish energiyasini temperaturaga va chastotaga bog'lanishi.	Absolyut qopa jism xususiyatlari. Nurlanish energiyasini temperaturaga va chastotaga bog'lanishi.	11
15	Molekulyar va kombinatsion sochilishlar. Fluktuatsiyalar.	Molekulyar va kombinatsion sochilishlar. Fluktuatsiyalar.	10
Jami			164

**OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI  
NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI**

"TASDIQLAYMAN"  
O'quv ishlari bo'yicha prorektori  
D.Xolmatov

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 yil

**OPTIKA  
FANINING  
O'QUV DASTURI**

*2-kurs uchun*

<b>Bilim sohasi:</b>	500000 – Tabiiy fanlar, matematika va statistika
<b>Ta'lim sohasi:</b>	530000 – Fizika va tabiiy fanlar
<b>Ta'lim yo'nalishi:</b>	60530900 – Fizika (kunduzgi)

**Namangan-2023**

<b>Fan/modlu' kodi</b> OPTB207	<b>O'quv yili</b> 2023-2024	<b>Semestr</b> 4	<b>EKTS-Kreditlar</b> 12
<b>Fan/modul' turi</b> <u>Majburiy</u>	<b>Ta'lim tili</b> <u>O'zbek</u>		<b>Haftadagi dars soatlari</b> <u>4 semestr</u> <u>10 soat</u>
<b>Fanning nomi</b>	<b>Auditoriya mashg'ulotlari (soat)</b>	<b>Mustaqil ta'lim (soat)</b>	<b>Jami yuklama (soat)</b>
<b>Optika</b>	180	180	360

### I.Fanning mazmuni

“Optika” fan va texnikaning keng yo’nalishlarini ifodalovchi fan bulib, chiziqli va nochiziqli optika sohalaridagi zamonaviy fan yutuqlariga tayangan holda elektromagnit to’lqinlarning muhitlarda tarqalish, hamda muhit molekulasini va atomlari bilan o’zaro ta’sirlashuvi bilan bog’lik qonuniyatlarini o’rgatadi. Optika kursi elektromagnit to’lqinlarning muhitlarda tarqalish qonuniyatlarini, fan va texnikada keng qo’llanib kelinayotgan nur tola optikasining bugungi holati va istiqboli, interferentsiya, difraktsiya, qutblanish xodisalari, yorug’likning muhitlardan yutilishi, sochilish spektrini hosil bo’lishi va ular yordamida atom va molekulalarning xususiyatlarini o’rganish, infrakizil nurlanishlar, fotoeffekt xodisasi, optik kvant generatorlari va bir qator boshqa qonuniyatlarni o’rganish va mavjud natijalar bilan taqqoslashni o’rgatishdan iboratdir.

Mazkur fanni o’qitishda Optika fanining rivojlanish tarixi va boshqa bo’limlar bilan bog’liqligi. Optika qonunlarini amaliyotga, fan va texnika sohalariga tadbiqu. Fanning vazifalari. Optika fanining rivojlanish tarixi va boshqa bo’limlar bilan bog’liqligi, Elektromagnit to’lqinlar uchun Maksvell tenglamalar sistemasi. Elektromagnit to’lqinlarning umumiy ko’rinishi va hossalari. Yassi elektromagnit to’lqin tenglamasi, Elektromagnit to’lqinlarni dielektriklarda tarqalishi. Kompleks sindirish ko’rsatkichi. Elektromagnit to’lqining superpozitsiyasi (maksimum, minimum shartlari), Yorug’likning dispersiyasi: elektromagnit to’lqinning fazoviy va to’la tezliklari. Dispersiya qonuniyatlari. Normal va anomal dispersiya. Yorug’likning yutilish chegarasidagi dispersiya xodisalari o’rgatildi.

#### II. Asosiy nazariy qism (ma’ruza mashg’ulotlari)

##### II. 1. Fan tarkibiga quyidagi mavzular kiradi:

**1-Mavzu. Kirish.** Optika fanining rivojlanish tarixi va boshqa bo’limlar bilan bog’liqligi. Optika qonunlarini amaliyotga, fan va texnika sohalariga tadbiqu. Fanning vazifalari. Optika fanining

rivojlanish tarixi va boshqa bo'limlar bilan bog'liqligi.

**2-Mavzu. Elektromagnit to'lqinlar:** Elektromagnit to'lqinlar uchun Maksvell tenglamalar sistemasi. Elektromagnit to'lqinlarning umumiy ko'rinishi va hossalari. Yassi elektromagnit to'lqin tenglamasi.

**3-Mavzu. Elektromagnit to'lqin shkalasi.** Yorug'lik xodisalarining elektromagnit tabiati. Yorug'likning vakuumda va muhitdagi tezligi. Elektromagnit to'lqin energiyasi.

**4-Mavzu. Elektromagnit to'lqinlarning tarqalishi, sinishi va qaytishi.** Elektromagnit to'lqinlarning ikki muhit chegarasiga qaytishi va sinishi. Yorug'likning to'la ichki qaytishi va Bryuster burchagi.

**5-Mavzu. Ferma prinsipi.** Qaytgan va singan nurlarning intensivliklari. Frenel tenglamalari. Frenel biqizmasi yordamida yorug'lik interferensiyasini kuzatish.

**6-Mavzu. Yorug'lik dispersiyasi.** Normal va anomal dispersiya. Yorug'lik dispersiyasining klassik nazariyasi.

**7- Mavzu. Yorug'lik bosimi va elektromagnit to'lqin impulsi.** Elektromagnit to'lqinlarni dielektrlarda tarqalishi. Kompleks sindirish ko'rsatkichi. Elektromagnit to'lqining superpozitsiyasi (maksimum, minimum shartlari).

**8- Mavzu. Yorug'lik interferensiyasi.** Interferensiya. Kogerent to'lqinlar va ularning qoshilishi. Optik yo'llar farqi va fazalar farqi.

**9- Mavzu. Yorug'lik interferensiyasi:** Yung usuli, Frenelning bikuzgu, bilinza va biprizma usullari.

**10- Mavzu. Interferensiyalar polosalari kengligi.** O'tgan va qaytgan nurlardan xosil bo'lgan interferensiya (yupqa parada, Nyuton xalqalari, pona).

**11- Mavzu. Interferensiya hodisasini amaliyotga tadbiri.** Ikki nurli interferometrlar.

**12- Mavzu. Jami va Maykel'son interferometrlari.** Fabri - Pero interferometri.

**13- Mavzu. Yorug'lik difraktsiyasi.** Gyuygens - Frenel printsipi. Frenel'ning zonalar usuli.

**14- Mavzu. Zonaviy plastinkalar.** Dumaloq tirqich, dumaloq to'siq, to'g'ri chiziqli tirqich va to'g'ri chiziqli to'siqdagi interferensiya.

**15- Mavzu. Fraunhofer difraktsiya.** Difraktsion panjara va uning asosiy xarakteristiklari. Dispersiya, ajrata olish qobiliyati.

**16- Mavzu. Difraksiya hodisasining amaliyotdagi o'rnini.** Spektral qurilmalarning va ularning klassifikatsiyasi.

**17- Mavzu. Yorug'likning qutblanishi va kristallar optikasi.** Tabiiy va qutblangan nurlar. Chiziqli qutblangan nur. Malyus qonuni.

**18- Mavzu. Bir o'qli va ikki o'qli kristallar.** Yorug'likning ikkilanib sinishi.

**19- Mavzu. Polyarizatsion qurilmalar.** Elliptik va doiraviy qutblangan yorug'likni olish va uni tekshirish.

**20- Mavzu. Suniy optik anizotropiya.** Deformatsiya natijasida xosil bo'lgan anizotropiklik.

**21- Mavzu. Kerr effekti.** Qutblanish tekisligining aylanishi. Saxarometr.

**22- Mavzu. Issiqlik nurlanishi.** Jismlarning nur chiqarish va nur yutish qobiliyati. Absolyut qora jism nurlanishi.

**23- Mavzu. Issiqlik nurlanishi qonunlari.** Kirxgof qonuni, Stefan-Boltsman qonuni, Vinning siljish qonuni, Plank formulasi.

**24- Mavzu. Issiqlik nurlanishi qonunlarining qo'llanilishi.** Optik pirometrlar. Yorug'lik manbalari.

**25- Mavzu. Fotoluminesentsiya, fosforesentsiya va flyuoresentsiya.**

**26- Mavzu. Tashqi fotoeffekt uchun Eynshteyn formulasi.** Fotoeffekt xodisalarining amalda qo'llanilishi

**27- Mavzu. Yorug'likning sochilishi.** Molekulyar va spektral analiz. Optik bir jinsli bo'lmagan muhitda yorug'likning sochilishi. Yorug'likning muhitlardan molekulyar va kombinatsion sochilishi. Sochilish spektrini tajribada qayd qilish.

**28- Mavzu. Sochilish nazariyalari.** Sochilgan yorug'likning qutblanishi. Sochilishning nozik strukturasi.

**29- Mavzu. Spontan majburiy va indutsirlangan nurlanich.** Lazerlar. Golografiya va uning amalda qo'llanilishi.

**30- Mavzu. Magniotoptika va elektrooptika**

**II.2. maruza mavzularining taqsimlanishi**

<b>№</b>	<b>Mavzular</b>	<b>Soati</b>
1	Kirish. Yorug'lik haqida tushuncha.	2
2	Elektromagnit to'lqinlar.	2
3	Elektromagnit to'lqin shkalasi.	2
4	Elektromagnit to'lqinlarning tarqalishi, sinishi va qaytishi.	2
5	Ferma prinsipi.	2
6	Yorug'lik dispersiyasi.	2
7	Yorug'lik bosimi va elektromagnit to'lqin impulsi.	2
8	Yorug'lik interferentsiyasi.	2
9	Yorug'lik interferentsiyasi.	2
10	Interferensiyon polosalar kengligi.	2
11	Interferensiya hodisasini amaliyotga tadbiqu. Ikki nurli interferometrlar.	2
12	Jamen va Maykel'son interferometrlari. Fabri - Pero interferometri.	2
13	Yorug'lik difraktsiyasi.	2
14	Zonaviy plastinkalar.	2
15	Fraungofer difraktsiyasi.	2
16	Difraksiya hodisasining amaliyotdagi o'rni.	2
17	Yorug'likning qutblanishi va kristallar optikasi.	2
18	Bir o'qli va ikki o'qli kristallar.	2
19	Polyarizatsion qurilmalar.	2
20	Suniy optik anizotropiya.	2
21	Kerr effekti.	2
22	Issiqlik nurlanish.	2
23	Issiqlik nurlanishi qonunlari.	2
24	Issiqlik nurlanishi qonunlarining qo'llanilishi.	2
25	Fotoluminesentsiya, fosforesentsiya va flyuoresentsiya.	2
26	Tashqi fotoeffekt uchun Eynshteyn formulasi.	2
27	Yorug'likning sochilishi.	2
28	Sochilish nazariyalari.	2
29	Spontan majburiy va indutsirlangan nurlanich.	2
30	Magniotoptika va elektrooptika	2
	<b>JAMI</b>	<b>60</b>

**III. Amaliy mashg'ulotlar**

**III.2. Amaliy mashg'ulot mavzularini taqsimlanishi**

<b>№</b>	<b>Amaliy mashg'ulot mavzulari</b>	<b>Soati</b>
1	Geometrik optika. Linza va prizmalarda nurlarning yo'li. Tasvir yasash. Linzalarning optik kuchi. Yorug'likning qaytish va sinish qonuni.	2
2	Fotometrik kattaliklar. Yorug'lik kuchi, yoritilganlik, ravshanlik, yorug'lik oqimi.	2
3	Elektromagnit to'lqinlarni tarqalishi, sinishi va qaytishi. Frenel tenglamalari.	2
4	Ikki muhit chegarasidan qaytgan va singan elektromagnit to'lqinlarning amplitudalari va intensivliklari.	2

5	Yorug'likni yutilishi. Yutilish koeffitsientini chastotaga va muhitning kontsentratsiyasiga bog'liqligi. Buger-Lambert-Ber qonunlari.	2
6	Yorug'likning dispersiyasi: elektromagnit tulqinning fazoviy va to'la tezliklari. Dispersiya qonuniyatlari. Normal va anomal dispersiya. Yorug'likning yutilish chegarasidagi dispersiya xodisalari.	2
7	Yorug'likning interferentsiyasi. Kogerent nurlarning maksimum va minimum shartlari. Yupqa plastinkadagi interferentsiya. Yo'llar va fazalar farqi. Nyuton xalqalari.	2
8	Linzalarni egrilik radiusini interferentsion xalqalar orqali hisoblash. Frenel ko'zgusi va biprizmasidagi interferentsion xodisalar. Interferometrlardagi interferentsion manzaralar yordamida muhitlarning sindirish ko'rsatkichi va kontsentratsiyalarini topish.	2
9	Yorug'lik difraktsiyasi. Turli tirqich va to'siqlardagi difraktsiya xodisalari.	2
10	Difraktsion panjara va ularning asosiy xarakteristikalarini hisoblash. Ajrata olish qobiliyati, chiziqli va burchakli dispersiyalari.	2
11	Yorug'likning qutblanishi. Qutblangan nurlarni turlari va ularni olish. Qutblangan nur intensivligini qutblanish burchagiga bog'liqligi.	2
12	Issiqlik nurlanish. Issiqlik nurlanish qonuniyatlari. Absolyut qora jism nurlanishi.	2
13	Nurlanish energiyasining muhit teperaturalariga va nurlanish to'lqin uzunligiga bog'lanishi. Plank, Stefan - Boltsman qonunlari.	2
14	Fotoelektrik effekt. Ichki va tashqi fotoeffektlar. Chiqish ishi.	2
15	Eynshteyn formulasi. Fotoelektron ko'paytirgich va fotoelementlarni asosiy xarakteristikalarini.	2
JAMI		30

#### **IV. Laboratoriya mashg'ulotlar**

Laboratoriya mashg'ulotlaridan kuzlangan maqsad va vazifalar - bu fan bo'yicha olingan nazariy bilimlar asosida turli tajribalar o'tkazish, olingan natijalarni qayta ishlash va tahlil qilish, tahlil natijalari bo'yicha ilmiy asoslangan xulosalar chiqarish ko'nikmalarini shakllantirishdan iborat.

#### **IV.2. Laboratoriya mashg'ulot mavzularini taqsimlanishi**

№	Laboratoriya mashg'ulot mavzulari	Soat i
1	Linzalardagi sferik abberatsiya.	2
2	Linzalardagi sferik abberatsiya.	2
3	Yig'uvchi va sochuvchi linzalarning focus masofasini aniqlash	2
4	Yig'uvchi va sochuvchi linzalarning focus masofasini aniqlash	2
5	O'tgan va qaytgan oq yorug'likdagi Nyuton halqalari. Linzaning egrilik radiusini aniqlash.	2
6	O'tgan va qaytgan oq yorug'likdagi Nyuton halqalari. Linzaning egrilik radiusini aniqlash.	2
7	Suyuqliklarning sindirish ko'rsatkichi va dispersiyasini aniqlash.	2
8	Suyuqliklarning sindirish ko'rsatkichi va dispersiyasini aniqlash.	2
9	Rangli suyuqliklardagi yutilish spektri.	2
10	Rangli suyuqliklardagi yutilish spektri.	2
11	Ikkilamchi tirqishdagi yorug'likning difraktsiyasi. VideoCom yordamida.	2
12	Ikkilamchi tirqishdagi yorug'likning difraktsiyasi. VideoCom yordamida.	2
13	Ikkilamchi tirqishdagi yorug'likning difraktsiyasi. VideoCom yordamida.	2
14	Geliy-neon lazeri yordamida Frenel ko'zgusidagi interferentsiya xodisasini o'rganish.	2
15	Geliy-neon lazeri yordamida Frenel ko'zgusidagi interferentsiya xodisasini	2

	o'rganish.	
16	Geliy-neon lazeri yordamida Frenel ko'zgidagi interferensiya hodisasini o'rganish.	2
17	Maykelson interferometri yordama geliy nion lazeri nurlanishining to'lqin uzunligini aniqlash.	2
18	Maykelson interferometri yordama geliy nion lazeri nurlanishining to'lqin uzunligini aniqlash.	2
19	Maykelson interferometri yordama geliy nion lazeri nurlanishining to'lqin uzunligini aniqlash.	2
20	Maxa – Sendr interferometri yordamida havoning sindirish ko'rsatkichini aniqlash.	2
21	Maxa – Sendr interferometri yordamida havoning sindirish ko'rsatkichini aniqlash.	2
22	Maxa – Sendr interferometri yordamida havoning sindirish ko'rsatkichini aniqlash.	2
23	Frenelning qaytish qonunini o'rganish.	2
24	Frenelning qaytish qonunini o'rganish.	2
25	Qand eritmasida qutublanish tekisligini aniqlanishini o'rganish.	2
26	Qand eritmasida qutublanish tekisligini aniqlanishini o'rganish.	2
27	Qand eritmasida qutublanish tekisligini aniqlanishini o'rganish.	2
28	Absolyut qora jism nurlanish intensivligini temperaturaga bog'liqligi. Stefan- Boltsman qonunini tekshirish.	2
29	Absolyut qora jism nurlanish intensivligini temperaturaga bog'liqligi. Stefan- Boltsman qonunini tekshirish.	2
30	Nurlanish spektr chiziqlarini o'rganish uchun difraksion panjarali spektrometrini yig'ish.	2
31	Nurlanish spektr chiziqlarini o'rganish uchun difraksion panjarali spektrometrini yig'ish.	2
32	Nurlanish spektr chiziqlarini o'rganish uchun difraksion panjarali spektrometrini yig'ish.	2
33	O'tgan yorug'likda galogrammani xosil qilish.	2
34	O'tgan yorug'likda galogrammani xosil qilish.	2
35	Qutublagan yorug'likni qonunyatlarini o'rganish. $\lambda/2$ va $\lambda/4$ plastinkadagi qutublanish qonunyatlarini.	2
36	Qutublagan yorug'likni qonunyatlarini o'rganish. $\lambda/2$ va $\lambda/4$ plastinkadagi qutublanish qonunyatlarini	2
37	Qutublagan yorug'likni qonunyatlarini o'rganish. $\lambda/2$ va $\lambda/4$ plastinkadagi qutublanish qonunyatlarini	2
38	Prizmalı spektrometr yordamida inert gaz va metal parlarining chiziqli spektrini o'rganish.	2
39	Prizmalı spektrometr yordamida inert gaz va metal parlarining chiziqli spektrini o'rganish.	2
40	Prizmalı spektrometr yordamida inert gaz va metal parlarining chiziqli spektrini o'rganish.	2
41	Difraksion panjara yordamida yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlash.	2
42	Difraksion panjara yordamida yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlash.	2
43	Reley interferometri yordamida gazlarning sindirish ko'rsatkichini aniqlash.	2
44	Yorug'likning muhitlardan sochilishi intensivligini to'lqin uzunligiga bog'liqligi. Reley qonunini ( $I \sim 1/\lambda^4$ ) tekshirish.	2
45	Magnit maydonida qutublanish tekisligini burulishini o'rganish.	2



<b>JAMI</b>		<b>90</b>
<b>V. Mustaqil ta'lim mavzularini taqsimlanishi</b>		
<b>№</b>	<b>Mustaqil ta'lim mavzulari</b>	<b>Soat i</b>
<b>1</b>	Laboratoriya mashg'ulotlariga tayorgarlik ko'rish	60
<b>2</b>	Yorug'likning tabiati. Geometrik optika qonuniytlarini keltirib chiqarish. Yorug'likning to'lqin va korpuskulyar nazariyalari.	15
<b>3</b>	Maksvell tenglamalarining integral va differentsial formalarini keltirib chiqarish.	10
<b>4</b>	Yorug'lik tezligini hisoblash usullari haqida.	15
<b>5</b>	Yorug'lik dastalari va impulslari: energiya, quvvat, intensivlik.	10
<b>6</b>	Yuguruvchi yassi monoxratatik to'lqinlar superpozitsiyasi	10
<b>7</b>	Interferentsiya, difraktsiya manzaralarini kuzatish qurilmalari.	15
<b>8</b>	Elektromagnit maydonlar uchun chegaraviy shartlar.	10
<b>9</b>	DispersiY. Normal va anomal dispersiY.	15
<b>10</b>	Issiqlik nurlanishi. Reley formulasi. Vavilov-Cherenkov effekti.	10
<b>11</b>	Yorug'likning turli muhitlarda sochilish nazariyalari.	10
<b>JAMI</b>		<b>180</b>
<p>Mustaqil o'zlashtiriladigan mavzular bo'yicha talabalar tomonidan referat tayyorlash va uni taqdimot qilish tavsiya etiladi.</p>		

<b>V. Ta'lim natijasi (TN)</b>
Optika fanlar tizimida tutgan o'rni, obektti va predmeti, shakllanishi, rivojlanishi, zamonaviy tuzilishi haqida <b><i>tasavvur va bilimga ega bo'lishi</i></b> ;
Optika fanidagi yorug'lik nazariyalari asoslarini, qonunlar, asosiy tushunchalar, jarayonlarning xususiyatlarini bilish va ulardan foydalanish <b><i>ko'nikmalariga ega bo'lishi</i></b> ;
talaba fizik qonuniyatlarni tahlil qilish usullarini qo'llash, mexanikani fizikaning boshqa bo'limlari bilan aloqadorlikni aniqlay olish, muammolar bo'yicha yechimlar qabul qilish malakasiga <b><i>ega bo'lishi kerak</i></b> .

<b>VI. Ta'lim texnologiyalari va metodlari</b>	
1	Maruzalar
2	Seminarlar(mantiqiy fikrlash, tezkor savol-javoblar)
3	Guruhda ishlash
4	Taqdimotlarni qilish
5	Jamoa bo'lib ishlash va himoya qilish uchun loyihalar
6	Individual loyihalar

<b>VII. Kredit olish uchun talablar</b>
<p>Fanga oid nazariy va uslubiy tushunchalarni to'la o'zlashtirish, tahlil natijalarini to'g'ri aks ettira olish, o'rganilayotgan jarayonlar haqida mustaqil mushohada yuritish va joriy, oraliq nazorat shakllarida berilgan vazifa va topshiriqlarni bajarish, yakuniy nazorat bo'yicha yozma ishni topshirish.</p>

**Kredit-reyting tizimi asosida “Mexanika” kursidan kredit olish uchun talabalar bilimni baholash mezonlari**

<b>Ball</b>	<b>Baho</b>	<b>Talabaning bilim darajasi</b>
5	A’lo	Qaror qabul qilish va xulosa qilish. Ijodiy fikrlay olish. O’zi jarayonni tushuntira olishi. Olingan bilimni amalda qo’llay olish. Ma’noni tushuntira olish. Bilish, tushuntirish. Tasavvurga ega bo’lish.
4	Yaxshi	O’zi jarayonni tushuntira olishi. Olingan bilimni amalda qo’llay olish. Ma’noni tushuntira olish. Bilish, tushuntirish. Tasavvurga ega bo’lish.
3	Qoniqarli	Ma’noni tushuntira olish. Bilish, tushuntirish. Tasavvurga ega bo’lish.
2	Qoniqarsiz	Aniq tasavvurga ega bo’lmaslik. bilmaslik.

**Asosiy adabiyotlar**

1. Landsberg G.S. "Optika" T 1981.
2. Kaliteevskiy N.I. "Volnovaya optika" M.1971. M. 2006.
3. Karimov R., Otajonov Sh., Eshjanov B., Buribaev Optikadan masalalar va laboratoriya ishlari to’plami O’quv qo’llanma, Toshkent, 2012.
4. Sivuxin D.V. «Optika» «Fizmat» M. 2005.
5. Mazzoldi P., Nigro M., Voci C., Fisica Vol 2, Elettromagnetismo-Onde, EdiSES
6. Qoyliyev B.T. “Optika” “Fan va texnologiya” T. 2014.
7. Mencueeini C., Silvestrini P., Elettromagnetismo-Ottica, Liguori Editore.
8. Focardi S., Massa I., Uguzzoni A., Fisica Generale-Elettromagnetismo, Casa Editrice Ambrosiana.
9. Bertin N, Semprini Cesari, A. Vitale, A. Zoccoli, Lezioni di Elettromagnetismo, Esculapio Editore (Progetto Leonardo), Bologna.

**Qo’shimcha adabiyotlar**

10. SH.M.Mirziyoyev “ Erkin va farog’on, demokratik o’zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz ” Toshkent- O’zbekiston-2016. 56 bet
11. SH.M.Mirziyoyev. “Tanqidiy tahlil, qat’iy tartib –intizom va shaxsiy javobgarlik har - bir rahbar faoliyatining kundalik qoidasi bo’lishi kerak” Toshkent: “O’zbekiston”.2017.-104 b
12. SH.M.Mirziyoyev “ Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz ” Toshkent: “O’zbekiston”. 2017. 488 bet
13. SH.M.Mirziyoyev “ Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta’minlash yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi ” Toshkent- “O’zbekiston”. 2017. 48 bet
14. Otajonov SH., Eshchanov B.X. Optika. O’quv-uslubiy majmua, O’zMU, 2015.
15. F.X.Tuyvatullin, A.Jumaboev, SH.F.Fayzullaev, U.N Tashkanboev, G.Murodov “Optika”, O’quv qo’llanma, Samarqand, SamDU, 2004.
16. Pod redaksiy Chertova A.G. "Zadachnik po kursu obshey fiziki" M. 1989.
17. Volkenshteyn V.S. "Umumiy fizika kursidan masalalar to’plami" T. 1969.
18. Xabibullaev P.Q., Nazirov E.N., Otajonov SH., Nazirov D. «Fizika izohli lyg’ati» O’zbekiston Milliy Entsiklopediya nashiriyoti 2002.
19. Butikov Ye.I. «Optika» Sankt-Peterburg 2003.

<p>20. Saxarov D.M. «Sbornik zadach po fizike» M.1973.  21. Irodov I.E. «Zadachi po obshey fizike» M. 2003.  22. TSedrik M.S. «Sbornik zadach po kursu obshey fiziki» M. 1989.  23. Otajonov SH. «Molekulyar optika» T.1994.</p> <p><b>Axborot manbaalari</b></p> <p>1. <a href="http://www.ziyonet.uz">http://www.ziyonet.uz</a>  2. <a href="http://www.nuu.uz">www.nuu.uz</a>  3. <a href="http://www.infomag.ru">www.infomag.ru</a>  4. <a href="http://journals.aip.org/">http://journals.aip.org/</a>  5. <a href="http://www.e-library.ru/defaultx.asp">http://www.e-library.ru/defaultx.asp</a>  6. <a href="http://www.iop.org/EJ/main/-list=current/">http://www.iop.org/EJ/main/-list=current/</a>  7. <a href="http://www.jstor.org">www.jstor.org</a>  8. <a href="http://www.opticsinfobase.org/">http://www.opticsinfobase.org/</a>  9. <a href="http://spiedigitallibrary.org/">http://spiedigitallibrary.org/</a>  10. <a href="http://onlinelibrary.wiley.com/">http://onlinelibrary.wiley.com/</a></p>
<p>Fanning ishchi O'quv dasturi O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirining 2020 yil 29-avgustdagi №-4 sonli buyrug'i bilan tasdiqlangan namunaviy fan dasturi asosida tuzilgan.</p>

<b>Fan/modul uchun mas'ul:</b>	U.Turdaliyev - Namangan davlat universiteti Fizika kafedrasida o'qituvchisi.
<b>Taqrizchi:</b>	Xalmirzayev A. NamDU, «Fizika» kafedrasida dotsenti, f.-m.f.n.

**Fizika kafedrasida 60530900 – “Fizika” bakalavr yo'nalishi 2 – kurs talabalari uchun “Optika” fanidan test savollari**

T/R	Test topshirig'i	To'g'ri javob	Muqobil javob	Muqobil javob	Muqobil javob
1	Qaytish va sinish qonunlari qaysi xolda kuzatiladi?	*Ikki muxit chegarasida	Tekis sirtida	Notekis sirtlarda	Qaytaruvchi sirtlarda
2	Yorug'likning muxitda tarkalish tezligi $2 \cdot 10^{10}$ sm/sek ga teng. Muxitning sindirish ko'rsatkichini toping.	*1.5	0.6	2.5	1
3	Frenel va Fraungofer	*To'lqin	Ikkalasi	Butunlay	Umuman

	difraksiyalari nimada farq qiladi.	frontida	bir narsa	bir-biriga yaqin emas	farqlanmaydi
4	Ikki kogerent yorug'lik to'lkini uchrashganda ekranda xosil bo'ladigan ikki kuchli interferentsion maksimumlar orasidagi masofa qaysi formula bilan aniklanadi.	$*\Delta X = (p_2 - p_1) \frac{\lambda}{d}$	$\Delta X = (p_2 - p_1) \frac{d}{\lambda}$	$\Delta X = (p_2 - p_1) \frac{d}{l}$	$\Delta X = (p_2 - p_1) \frac{l\lambda}{d}$
5	Sferik ko'zgu formulasini ko'rsating?	$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{2}{R}$	$\frac{2}{F} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}$ $\frac{1}{F} = \frac{2}{R}$		$\frac{1}{F} = \frac{R}{2}$
6	4 marta kattalashtiriladigan lupaning optik kuchini toping?	*0,16 diop.	0,15diop	0,20diop.	0,17diop
7	Yorug'lik qanday xolda to'la ichki qaytadi.	*Sindirish ko'rsatkichi katta bo'lgan muxitdan sindirish ko'rsatkichi kichik muxitga utganda.	Sindirish ko'rsatkichi kichik muxitdan sindirish ko'rsatkichi kattaga utganda.	Sindirish ko'rsatkichlari xar xil muxitdan utganda.	Optik zichligi kichik muxitdan optik zichligi katta muxitga utganda.
8	Vul'f- Bregg formulasini ko'rsating?	$*d \sin \varphi = k\lambda$	$\sin \varphi = \pm k\lambda$	$\Delta X = \frac{dk}{\lambda}$	$I = I_0 \cos^2 \varphi$
9	Yorug'lik difraktsiyasi deb nimaga aytiladi?	*Yorug'lik to'lqinlarining tirkishdan utib yoyilishi.	Yorug'lik to'lqinlarining to'g'ri chizik boylab tarkalishi.	Yorug'lik to'lqinlarining to'g'ri chizik boylab tarkalish qonunidan chetga chikishi.	Yorug'likning bir-biriga kushilishi.
10	Yassi to'lqin uchun 4-Frenel' zonasining radiusi 3mm. 6-Frenel' zonasining radiusini toping.	*3.69mm	1.33mm	2.5mm	1.5mm

11	Monoxromatik yorug'likdan xosil bo'ladigan interferentsion manzara qanday bo'ladi?	*Berilgan yorug'likka mos xolda ketma-ket max va min lardan iborat bo'ladi	Kizil va xira polasalar dan iborat bo'ladi.	Rangli polasalardan iborat bo'ladi.	Kora va yorug polasalardan iborat bo'ladi.
12	Quvvati 100 Vt bo'lgan yorug'lik manbai 1s ichida $5 \cdot 10^{20}$ ta foton chiqaradi. Nurlanishning o'rtacha to'lqin uzunligini toping.(nm). $h=6.62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$	*993	99	400	200
13	Asosiy fotometrik kattaliklarni ko'rsating?	*Yorug'lik okimi, Yorug'lik kuchi, yoritilganlik, yorokinlik	Yorug'lik kuchi Yoritilganlik. Yorug'lik dispersiyasi	Yoritilganlik, yorokinlik, Yorug'lik difraktsiyasi	Yorug'lik dispersiyasi. Yorug'lik interferentsiyasi
14	Kogerent yorug'lik to'lqinlari deb nimaga aytiladi?	*Chastotalari bir xil, fazalar farki o'zgarmas to'lqinlarga	Fazalar farki uzgarmas to'lqinlarga.	Yorug'lik xamda to'lqin xususiyatiga ega bo'lgan to'lqinlarga.	Chastotalari bir xil to'lqinlarga
15	Yorug'lik to'g'ri chiziq boylab tarkalish qonunidan chetga chikish qanday xodisa deb ataladi?	*Difraktsiya	Interferentsiya.	Dispersiya.	Abberatsiya.
16	Quyidagi ifodalardan qaysi biri difraktsion panjaradan o'tgan monoxromatik Yorug'likni min shartini ifodalaydi?	* $d \sin \varphi = (2m+1) \frac{\lambda}{2}$	$d \sin \varphi = \pm m \lambda$	$(a-b) \sin \varphi = m \lambda$	$(a+b) \sin \varphi = m \lambda$
17	Optik sistemalarning kamchiliklarini ko'rsating?	*Xromatik abberatsiya, distortsiya, astigmatizm, sferik abberatsiya	Astigmatizm, sferik abberatsiya	Distortsiya, astigmatizm	Sferik abberatsiya
18	Shisha prizmalarning vazifalarini ko'rsating.	*Nurlar yo'lini o'zgartirish	Nurlarni chastotasini	Nurlarni 360°ga burish.	Nurlarni 90°ga va 180°ga burish

			o'zgartirish		
19	Quyidagi optik jismlardan qaysi birlari optik asboblarga kiradi?	*Linza Ko'zgu Lupa	Ko'zgu Teleskop Fotoapparat Linza	Lupa Mikroskop Teleskop Fotoapparat	Mikroskop Fotoapparat Ko'zgu.
20	Uzunligi 1.2mm bo'lgan yo'lga tebranish chastotasi $5 \cdot 10^{14}$ Gts bo'lgan monoxromatik yorug'likning nechta to'lqin uzunligi joylashadi.	$*2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^3$
21	Dispersiya xodisasi qanday qonuniyatlarga asoslangan?	*Sindirish ko'rsatkichining yorug'lik to'lqin uzunligiga mos xolda o'zgarishi	Prizmagatushayotgan nurtushish burchagini o'zgarishi	Yorug'likning rangiga mos xolda o'zgarishi	Prizma materialisindirish ko'rsatkichining o'zgarishi
22	Linza va ko'zgu formulalari qanday nurlar uchun chikarilgan?	*Paraksial va optik o'kdan juda kam chetlangan nurlar	Ixtiyoriy nurlar	Murakkab nurlar	Monoxromatik nurlar
23	Yorug'lik dastasi suyuqlik sirtiga $54^0$ burchak ostida tushadi. Agar qaytgan yorug'lik to'la qutblangan bo'lsa, sinish burchagi aniqlansin	$*36^0$	$30^0$	$60^0$	$90^0$
24	Jamen interferometri qanday qo'llanishlarga ega?	*gazsimon moddalarning sindirish ko'rsatkichini aniklashda	Burchaklarni anik ulchashda	Sirtlarga berish sifatini tekshirishda	Anik tasvir xosil kilishda
25	Yorug'lik qaysi xolatdan utganda Fraungoffer difraktsiyasi kuzatiladi?	*Tor tirkishdan	Teshiklardan	Dumalok teshikdan	Tirkishlar to'plamidan
26	Fraungoffer difraktsiyasida tirkish kengligiga tok sondagi zonalar to'g'ri kelsa nima uchun ekranda max bo'ladi?	*Uchrashuvchi Yorug'lik to'lqinlari karama-karshi fazada	juft sondagi zonalar bir-birini susaytirib, fakat	Xar bir qo'shni zonadan keluvchi yorug'lik to'lqinlari bir-birini	Ular kogorent bo'lganliklari uchun

		kelgani uchun	bitta zonanin g ta'siri kolgani uchun	kuchaytirgan i uchun	
27	Mikroskop va teleskopning bir-biridan farqlovchi asosiy xossasini ko'rsating?	*Mikroskop juda yakindagi buyumlarni, teleskop uzokdagi buyumlarni kattalashtiradi	Mikroskop va teleskop buyumlarni kattalashtiradi	Mikroskop va teleskop kichik buyumlarni kattalashtiradi	Mikroskop teleskopda $F_{ob} < F_{ok}$
28	Bryuster qonunini ko'rsating.	* $tgi_0 = n$	$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_2}$	$\varphi = \alpha d$	$I \sim \frac{1}{\lambda^4}$
29	Qutblangan yorug'lik intensivligi qaysi qonundan aniqlanadi?	*Malyus qonuni	Buger-Lambert qonuni	Bryuster qonuni	Ikkilanib sinish qonuni
30	Yorug'lik to'lqinining ikki muxit chegarasiga tushish burchagi $45^\circ$ bo'lganda sinish burchagi $30^\circ$ bo'ldi. Agar to'lqinning birinchi muxitdagi uzunligi 560 nm bo'lsa 2 muxitda to'lqin uzunligi qancha bo'ladi.	*400	450	654	300
31	Yorulikning sochilishi qaysi qonunga buysunadi?	*Reley qonuniga	Malyus qonuniga	Buger qonuniga	Dispersiya
32	To'la qutblanish burchagi deb, qanday burchakka aytiladi?	*qaytgan nur to'la qutblanadigan burchak	Singan nur to'la qutblanadigan burchak	kaytgan nur kisman qutblanadigan burchak	E va H maydonlari orasidagi burchak
33	Agar natriy uchun fotoeffektning qizil chegarasi 500 nm bo'lsa elektronlarning natriydan chiqish ishi A aniqlansin.	*2.49 eV	5.2 eV	3.8 eV	1.49 eV
34	Island shpati kristali qanday xususiyatga ega?	*Nurni ikkilanib sindirish	Nurni sindirish	Nurni kaytarish	Nurni $90^\circ$ ga burish
35	Eritmalarda qutblanish buralish burchagini ko'rsating?	* $\varphi = \alpha d$	$I = I_0 \cos^2 \varphi$	$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_2}$	$tgi_0 = n$
36	Qaysi xodisa kristallardagi optik anizotropiyaga misol bo'ladi?	*Nurning ikkilanib sinishi	Qutblanган tekisligining	Uzaro tik qutblangan nurlar tezliklarinin	Uzaro paralell tekislikda qutblangan Yorug'lik

			buralishi	g uzgarmasligi	to'liqlarining xar xil chastotada tarkalishi
37	Tabiiy yorug'lik xira muxitdan o'tganda qaysi nurlar Reley buyicha ko'proq sochiladi?	*binafsha, ko'k	Kizil	Kizil kuk	sarik
38	Reley qonuni qanday muxitlarda bajariladi?	*Optik bir jinslimas muxitda, optik xira muxitlarda, zichlik fluktuatsiyalari bor muxitda	Optik bir jinsli muxitda	Zichlik fluktuatsiyalari bor muxitda	Optik xira muxitlarda, optik bir jinsli muxitda, optik tinik muxitda
39	Yorug'lik kuchining o'lchov birligini ko'rsating.	*sham	lyuks	lyumen	fot
40	Yorug'likning yutilishi qaysi qonuniyat asosida bo'ladi?	*Buger qonuni	Bryuster qonuni	Malyus qonuni	Reley qonuni
41	Nima uchun osmon xavorang bo'lib kurinadi?	*Qisqa to'liqli nurlar kuprok sochilgani uchun	Ok Yorug'lik sochilgani uchun	Nurlar kuprok sochilgani uchun	Uzun to'liqli nurlar kuprok sochilgani uchun
42	Yorug'lik to'liqlinining ikki muxit chegarasiga tushish burchagi $45^{\circ}$ bo'lganda sinish burchagi $30^{\circ}$ bo'ldi. Agar to'liqlinining birinchi muxitdagi uzunligi 560 nm bo'lsa 2 muxitda to'liqlin uzunligi qancha bo'ladi.	*400	450	654	300
43	Faza tezligi deb nimaga aytiladi?	*Yorug'lik monoxromatik to'liqlin sirtlarining ko'chish tezligiga	Yorug'lik to'liqlinlarining fazodagi tezligiga	Yorug'lik to'liqlin sirtlarining kuchish tezligiga	Yorug'lik to'liqlinlarining muxitdagi tezligiga
44	Keltirilgan xodisalarning qaysi biri yorug'likning to'liqlin xossalari asosida tushuntiriladi?	*Difraksiya, interferentsiya	Dispersiya, fotoeffekt	Yorug'likning kaytishi	Yorug'likning sinishi
45	Yupqa pardalardagi interferensiyani qaysi xolatda kuzatish mumkin.	*Suv ustidagi yog' qatlamida	Bir jinsli bo'lmagan muxitlarda	Bir jinsli muxitlarda	interferometrlarda
46	Yoritilganlikni vizual o'lchov	*lyuks	sham	lyumen	fot



	birlikini ko'rsating				
47	Yorug'lik nuri absolyut sindirish kursatkichlari $n_1$ bo'lgan muxitdan $n_2$ bo'lgan muxitga utganda to'la ichki kaytishning chegaraviy burchagi qaysi ifodadan topiladi?	* $\sin i_0 = \frac{n_2}{n_1}$	$\sin i_0 = \frac{1}{n}$	$\sin i_0 = \frac{n_1}{n_2}$	$\sin i_0 = \frac{1}{n_2}$
48	Keltirilgan nurlanishlardan qaysi birlarida difraktsiya kuzatiladi?	*Ko'zga kurinadigan, Rentgen nurlari	Radio to'lqinlar, Ul'trabi nafsha	Rentgen nurlari, Infraqizil	Infraqizil, Ul'trabinafsha
49	Buyum bilan ekran orasidagi masofa 2m ga teng. Agar linzaning kattalashtirishi 2 ga teng bo'lsa uning optik kuchini aniqlang.	*+2.25	+3.12	-3.12	+1.26
50	Monoxroma tik yorug'lik to'lqini deb nimaga aytiladi?	*Bir xil to'lqin uzunlikka ega bo'lgan yorug'lik to'lqiniga	Ok Yorug'lik to'lqiniga	Rangli Yorug'lik to'lqiniga	Xar xil to'lqin uzunlikka ega bo'lgan Yorug'lik to'lqiniga
51	Yorug'lik interferentsiyasi deb nimaga aytiladi?	*Kogorent yorug'lik to'lqinlari uchrashganda bir-birini kuchaytirishi yoki susaytirishi	Yorug'lik to'lqinlarining bir-birini kuchaytirishi	Yorug'lik to'lqinlarining bir-birini susaytirishi	Yorug'lik to'lqinlari kushilishi
52	Yorug'lik ikki muxit chegarasidan o'tganda qaysi qonunlar qo'llaniladi?	*Qaytish qonuni Sinish qonuni	to'g'ri chizik boylab tarkalish qonuni	Yorug'likning mustakillik qonuni	Sinish qonuni to'g'ri chizik boylab tarkalish qonuni
53	Interferometrlar nima uchun qo'llaniladi?	*Sirtlarga ishlov berishning sifatini tekshirishda, Interferentsiyani o'lchash uchun	Sindirish ko'rsatkichini xamda uzunlik va burchaklarni anik ulchashda	Uzunlik va burchaklarni anik ulchashda, Yorug'lik tezligini ulchashda	Interferentsiyani ulchash uchun
54	Difraktsion panjara deb	*Tinikmas	Tor	Etti xil	Tirkishlari

	nimaga aytiladi?	tusiklar bilan ajratilgan tirkishlar to'plamiga	tirkishlar to'plamiga	rangli polosa xosil kiluvchi tirkishlar to'plamiga	kup bo'lgan kurilmaga
55	Rentgen nurlarining difraktsiyasi qanday kullanishlarga ega?	*Kattik jismlardagi panjaralarga masofani ulchash	Kattik, suyuq, amorf moddalar ichki va tashqi tuzilishini urganish	Tirik organizmlar ni urganish	Kristallar ichki tuzilishini urganish
56	Yorug'lik dispersiyasi deb nimaga aytiladi?	*Modda sindirish ko'rsatkichini Yorug'lik to'lqin uzunligiga bog'liq xolda o'zgarishi	Ok Yorug'likni shisha prizmada rangli nurlarga ajralishi	Ok Yorug'likni shisha prizmada sinishi	Modda sindirish ko'rsatkichini Yorug'lik to'lqini davriga bog'liq bo'lishi
57	Agar moddaga tushayotgan yorug'lik chastotasi $5 \cdot 10^{14}$ Gs va urib chiqarilayotgan fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi $1.7 \cdot 10^{19}$ J bo'lsa fotoelektronlarning shu moddadan chiqish ishini toping (J). $h=6.62 \cdot 10^{-34}$ J·s	* $1.6 \cdot 10^{-15}$	$3.2 \cdot 10^{-16}$	$6.62 \cdot 10^{-16}$	$3.4 \cdot 10^{-18}$
58	Lupaning kattalashishi qaysi formuladan aniqlanadi?	* $K = \frac{25}{f}$	$K = \frac{A^1 B^1}{AB}$	$K = \frac{0,25F}{L}$	$K = \frac{F}{l}$
59	Prizma materialining sindirish ko'rsatkichini ortishi qanday qonuniyat asosida bo'ladi?	* $\lambda$ ni kamayishi	$\lambda$ ni ortishi	$v$ ni kamayishi	$\lambda$ va $v$ ni ortishiga
50	Linza va ko'zgularda asosiy kattaliklarni xisoblanishi optik markaziga nisbatan qaysi xolda to'g'ri bo'ladi?	*Chap tomonda manfiy, o'ng tomonda musbat	Chap tomonda musbat, o'ngda musbat	O'ng tomonda manfiy, chapda manfiy	O'ng tomonda musbat, chapda musbat
51	Interferometrlarning asosiy ish printsiipi qaysi qonuniyat asosida bo'ladi?	*Uchrashu vchi kogorent to'lqinlarda yo'llar farki xosil	Gazsimon modda sindirish ko'rsatkichiga	Ko'zgularni joylashishiga	Interferentsion manzarani o'zgarishida

		bo'lishida			
62	Nima uchun rentgen nurlarining difraksiyasini kuzatish uchun oddiy difraksion panjarani qo'llab bo'lmaydi?	*Rentgen nurlarining to'lqin uzunligi yorug'lik to'lqini uzunligidan katta bo'lganligi uchun	Rentgen nurlari o'tuvchan bo'lganligi uchun	Rentgen nurlarining to'lqin uzunligi yorug'lik to'lqini uzunligidan ming marta kichik bo'lganligi uchun	Rentgen nurini kuz bilan kurish mumkin bo'lmaganligi uchun
63	Stefan –Boltsman qonunini ko'rsating/	* $E=\sigma T^4$	$E=c\nu T$	$b=T \chi$	$E=\sigma T^3$
64	Optik sistemalardagi kamchiliklarni qanday kamaytiriladi?	*Botiq linzalar sistemasidan foydalanish	Linza sirtiga sindirish kursat-kichi boshkac harok bo'lgan tinik qat-lam surtish	Kavarik linzalar-ni kushib ishlatish	Ko'zgular sistemasidan foydalanish
65	Moddada sochilgan yorug'likning intensivligini to'lqin uzunligiga bog'liqligini ifodalovchi formulani ko'rsating?	* $I \sim \frac{1}{\lambda^4}$	$I = \frac{\mu I}{\lambda^2}$	$I = I_0 \cos^2 \varphi$	$I = I_0 e^{-Acd}$
66	Yorug'likning qandaydir shaffof muhitdagi tezligi $1.5 \cdot 10^6$ m/s ga teng bo'lsa, shu muxitning dielektrik singdiruvchanligini aniqlang ?	*4	2	8	3
67	Optik xira muxitlardan yorug'lik o'tganda qaysi xodisalar ruy beradi?	*Yorug'likning sochilishi	Yorug'lik yutilishi	Yorug'likning qutblanishi, nurni ikkilanib sinishi, qutblanish tekstli-gining buralishi	nurning to'g'ri chiziq boylab tarqalishi
68	Yorug'likning yutilishi qaysi qonuniyat asosida bo'ladi?	*Buger qonuni	Bryuster qonuni	Malyus qonuni	Qutblanish tekisligining buralishi
69	Yorug'lik dielektrik moddalardan qaytganda to'la qutblanishi qaysi qonuniyatdan aniklanadi?	* $tg i_0 = n$	$I = I_0 e^{-Acd}$	$I \sim \frac{1}{\lambda^4}$	$I = I_0 \cos^2 \varphi$

70	Yorug'lik dispersiyasi qaysi funktsiya orqali xarakterlanadi?	$*n = f(\lambda)$	$n = f\left(\frac{c}{v}\right)$	$n = f(c)$	$n = f(v)$
71	Qutblangan yorug'lik nurlarini ko'rsating	*lazer nuri, magnit maydoniga kiritilgan gaz va bug'lardan sochilayotgan nurlar	tabiiy nur, monoxromatik nur	magnit maydoniga kiritilgan gaz va bug'lardan sochilayotgan nurlar, ultrabinafsha nur	monoxromatik nur, ultrabinafsha nur
72	Izotrop muxit qaysi xollarda deformatsiyalanib sun'iy anizotrop bo'ladi?	*Elektr va magnit maydoniga kiritilganda	Eritilganda	Notekis isitilganda	Mexanik deformatsiyalangan
73	Optik bir jinsli bo'lmagan muxit deb nimaga aytiladi?	*Sindirish ko'rsatkichi xajmi boylab uzgaruvchan muxitga	Sindirish ko'rsatkichi xajmi buyicha uzgaruvchan muxitga	Sindirish ko'rsatkichi kichik bo'lgan muxitga	Sindirish ko'rsatkichi koordinata ukiga bog'liq bo'lgan muxitga
74	Yorug'lik qanday muxitda sochiladi?	*Optik bir jinsli bo'lmagan muxitda	Optik bir jinsli muxitda	Suyukliklarda	Gazlarda
75	Nima uchun quyosh botayotganda ufq qizgish bo'lib ko'rinadi?	*Uzun to'lqinli nurlar juda ko'prok sochilgani uchun	Uzun to'lqinli nurlar juda kam sochilgani uchun	Qisqa to'lqinli nurlar kam sochilgani uchun	Kizil nurlar kuprok sochilgani uchun
76	Buger qonunini ifodalovchi formulani ko'rsating?	$*I = I_0 e^{-\alpha x d}$	$I = I_0 \cos^2 \varphi$	$I = I_0 e^{-A c d}$	$I \sim \frac{1}{\lambda^4}$
77	Yorug'lik oqimini o'lchov birligini ko'rsating.	*Lyumen	Sham	Fot	Lyuks
78	Suvdan oq yorug'lik o'tganda qanday yorug'lik to'lqinlari intensiv sochiladi?	*Ko'k.	Binafsha.	Kizil.	Xavorang.
79	Yoritilganlikni vizual o'lchaydigan asbobni ko'rsating.	*Lyummer-Brodxon fotometri	Buzin fotometri	Lyuksmetr	Soxorometr
80	Optik aktiv moddalar deb nimaga aytiladi	*Qutblanish tekisligini burovchi moddalarga	Nurni ikkilanti rib sindiruvchi moddalar	Yorug'likni qutblovchi moddalarga	Turmalin kristaliga

			rga		
81	Jumlani ma'nosiga karab to'g'ri tuldiring. Yorug'lik to'lqinlarining to'g'ri chizik boylab tarkalish qonunidan chetga chikishi .....deb ataladi.	*Difraktsiya	Interferentsiya	Dispersiya	Qutblanish
82	Vul'f-Breglar formulasi qaysi xodisani tushuntiradi.	*Difraktsiya-ni	Kogerent nurlarning interferencesiyasini.	Dispersiyani	Rentgen nurlarining difraktsiyasini
83	Yorug'lik qanday xolda to'la ichki qaytadi.	*Optik zichligi katta bo'lgan muxitdan optik zichligi kichik muxitga utganda	Sindirish kursatkichlari xar xil muxitda n utganda.	Sindirish ko'rsatkichi kichik muxitdan sindirish ko'rsatkichi kattaga utganda	Optik zichligi kichik muxitdan optik zichligi katta muxitga utganda
84	Ko'zoynakli bola ko'zoynagini olib kitobni 16 sm masofadan o'qiydi. Bola ko'zoynagini optik kuchini aniqlang.	*-2.25	-3.5	-4.25	+2.25
85	Fotonning impulsi $6.62 \cdot 10^{-28}$ N's bo'lgan nurlanishning chastotasi nimaga teng (Gs) $h=6.62 \cdot 10^{-34}$ J/s	* $3 \cdot 10^{14}$	$6.4 \cdot 10^{12}$	$0.4 \cdot 10^{-12}$	$6.4 \cdot 10^{14}$
86	Quyidagi ifodalardan qaysi biri difraktsion panjaradan o'tgan monoxromatik	*	$(a+b)\sin\varphi = d\sin\varphi = \pm\lambda$	$d\sin\varphi = \pm m\lambda$	

	yorug'likni maksimum shartini ifodalaydi.	$d \sin \varphi = 2m \frac{\lambda}{2}$			
87	Qutblangan yorug'lik chiqaruvchi manbalarni ko'rsating.	*Sovuq yorug'lik manbalari	Kunduzgi yorug'lik lampasi	Lazerlar	Elektr lampasi
88	Linzani optik kuchi qanday birlikda ulchanadi?	*dioptr	sham	lyuks	lyumen
89	Oq yorug'likdan xosil bo'lgan interferentsion manzara qanday ko'rinishda bo'ladi?	*7xil rangli polasalardan iborat bo'ladi	xira va yorug polasalardan iborat bo'ladi	Ketma-ket max va minlardan iborat bo'ladi	Kora va yorug polasalardan iborat bo'ladi
90	Murakkab yorug'lik to'liqini deb nimaga aytiladi?	*Oq yorug'lik to'liqiniga	Rangli yorug'lik to'liqiniga	monoxromatik yorug'lik to'liqiniga	7xil to'liqindan iborat yorug'likka
91	Yupqa pardalardan yorug'lik qaytganda qanday xodisa yuz beradi?	*Interferentsiya	Difraksiya	Dispersiya	Qutblanish
92	Qaysi kattaliklar difraksiyon panjaraga tegishli?	* $d = \frac{1}{N}$ , $d = a + b$	$n = f(\nu)$	$I \sim \frac{1}{\lambda^4}$	$D = \frac{1}{F}$
93	Interferometrlar qaysi xodisa asosida ishlaydi?	*Interferentsiya xodisasi	Difraksiya xodisasi	Dispersiya xodisasi	Yorug'likning sochilishi
94	Difraksiyon panjarani xarakterlovchi kattaliklarni ko'rsating.	*Tirkishlar soni, panjara doimiysi	Max soni	Fokus masofasi	Panjara qalinligi
95	Qaytgan yorug'lik uchun Nyutonning yorug' xalqalari radiuslari qaysi formuladan topiladi.	* $r_k = \sqrt{(2k-1)R} \frac{\lambda}{2}$	$r_k = \sqrt{kR\lambda}$	$r_k = \sqrt{(2k+1)R} \frac{\lambda}{2}$	$r_k = \sqrt{(2k-2)R} \frac{\lambda}{2}$

96	Projektorlarda qanday ko'zgu qo'llaniladi?	*Botik ko'zgu	Kavarik ko'zgu	Yassi ko'zgu	Sferik ko'zgu
97	Shisha prizmadan oq yorug'lik utganda qanday xodisa ruy beradi?	*Dispersiya	Difraksiya	Distorsiya	Interferentsiya
98	Sovuq yorug'lik manbalarini ko'rsating	*Neon lampa	Suyak chirindilari	Cho'g'lanma lampa	Oy
99	Fraunhofer difraksiyasida tirkish kengligiga juft zonalar to'g'ri kelganda nima uchun ekranda min kuzatiladi?	*Xar bir qo'shni zonadan keluvchi yorug'lik to'lqinlari karama-karshi fazada kelgani uchun	Xar bir qo'shni zonadan keluvchi Yorug'lik to'lqinlari bir-birin susaytirgani uchun	Tirkish kengligiga juft sondagi zona sikkani uchun	Ular kogorent bo'lmagani uchun
100	Rentgen nurlarining difraksiyasini qaysi xolda kuzatish mumkin?	*Kristall panjarasida	Difraksiyon panjarada	Tor tirkishda	Kichik teshikdan utganda

### “ Optika” fanidan talabalar bilimni baholash turlari va shakllari

1. Baholash turlari, shakllari, mezonlari va namunaviy savollar kafedra mudiri tavsiyasi bilan oliy ta'lim muassasasi (fakultet)ning o'quv-uslubiy kengashida muhokama qilinadi va tasdiqlanadi hamda har bir fanning ishchi o'quv dasturida mashg'ulot turlari bilan birgalikda ko'rsatiladi.
2. Baholash turlari, shakllari, soni hamda mezonlari haqidagi ma'lumotlar talabalarga professor-o'qituvchilar tomonidan fan boyicha birinchi mashg'ulotda e'lon qilinadi.
3. Talabalarining fan boyicha o'zlashtirishini aniqlash uchun quyidagi baholash turlari o'tkaziladi:
  - oraliq baholash (OB) - semestr davomida talabani fan o'quv dasturini tegishli tugallangan bulim(lar)ini o'zlashtirishini baholash usuli. OB soni (bir semestrda 2 tadan oshmasligi lozim) va shakli (suxbat, yozma ish, og'zaki so'rov, test o'tkazish, kollokvium, hisob-grafika ishi, nazorat ishi, kurs ishi, kurs loyixasi, ijodiy topshirish va hokazo) fan xususiyati va unga ajratilgan umumiy soatlar hajmidan kelib chiqqan xoldabelgilanadi;
  - yakuniy baholash (Yab) - semestr yakunida talabani muayyan fanboyicha nazariy bilim va amaliy ko'nikmalarni o'zlashtirishini baholash usuli. U asosan tayanch tushuncha va iboralarga asoslangan yozma ish (tibbiyot oliy ta'lim muassasalari uchun yozma ish yoki OTKS (ob'ektiv tizimlashtirilgan klinik sinov), og'zaki so'rov, test, ijodiy ish va boshqa shakllarda o'tkaziladi.

4. Baholashlar yozma ish shaklida o'tkazilganda, talabaning yozmaishlarini tekshirish identifikatsiya raqamlari berish orqali amalga oshiriladi.

Yozma ish talaba tomonidan mustaqil ravishda yoziladi. Mualliflikni o'zlashtirish (plagiatlik)ga yo'l qoyilmaydi. Yozma ishmatnidagi o'zganing mualliflik ishidan olingan har qanday matndamuallif, ishning nomi va ishning boshqa rekvizitlarini ko'rsatgan holda havolalar keltirilishi shart. Yozma ishni tekshirishda plagiat holatlari aniqlanishi, shuningdek ikki yoki undan ortik yozma ishning mustaqilyozilganligiga shubha uyg'otadigan darajada o'xshash bo'lishi ushbu barcha yozmaishlarga nol ball qo'yish yoki oldin qoyilgan ballarni bekor qilishga asos bo'ladi.

Baholashlar boyichao'tkazilgan yozma ishlar 6 oy saqlanadi va muddato'tganidanso'ngo'rnatilgan tartibda yoqqilinadi.

5. O'quv rejasidagi fanlar boyicha belgilangan baholash turlarinibarcha talabalar topshirishlari shart. Yakuniy baholashlar jadvalifakultet dekani tomonidan tayyorlanib, baholash boshlanishidan bir oyoldin oliy ta'lim muassasasi rektori (prorektori) tomonidantasdiqdanadi.

6. Oraliq baholash jarayoni kafedra mudiri tomonidan tuzilgan komissiya ishtirokida davriy ravishda o'rganib borilishi mumkin va uni o'tkazish tartiblari buzilgan xollarda, oraliq; nazorat natijalari bekor qilinib, oraliq nazorat qayta o'tkaziladi.

7. Oliy ta'lim muassasasi raxbarining buyurug'i bilan ta'limsifatini nazorat qilish bo;limi yoki o'quv-uslubiy boshqarma (bo'lim)boshlig'i raxbarligida tuzilgan komissiya ishtirokida yakuniy nazoratni o'tkazish jarayoni davriy ravishda o'rganib boriladi va uni utkazishtartiblari buzilgan xollarda, yakuniy nazorat natijalari bekor qilinadi hamda yakuniy nazorat qayta o'tkaziladi.

### **Baholash tartibi va mezonlari**

1. Talabalarning fanlarni o'zlashtirishi 5 ballik tizimda baholanadi.

Malakaviy amaliyot, fan (fanlararo) davlat attestatsiyasi, bitiruv malakaviy ishi, shuningdek magistraturada ilmiy-tadvdot va ilmiy-pedagogik ishlar hamda magistrlik dissertatsiyasi boyicha talabalar o'zlashtirishi ham 5 ballik tizimda baholanadi.

2. Talabaning fan boyicha o'zlashtirishini baholashda quyidagi namunaviy mezonlar tavsiya etiladi:

#### **5 (a'lo) baho:**

xulosa va qaror qabul qilish; ijodiy fikrlay olish; mustaqil mushoxada yurita olish; olgan bilimlarini amalda qo'llay olish; mohiyatini tushunish; bilish, aytib berish; tasavvurga ega bo'lish.

#### **4 (yaxshi)baho:**

mustaqil mushoxada yurita olish; olgan bilimlarini amalda qo'llay olish; mohiyatini tushunish; bilish, aytib berish; tasavvurga ega bo'lish.

#### **3 (qoniqarli) baho:**

mohiyatini tushunish; bilish, aytib berish; tasavvurga ega bo'lish.

#### **2 (qoniqarsiz) baho:**

dasturni o'zlashtirmaganlik; fanning mohiyatini bilmaslik; aniq tasavvurga ega bo'lmaslik; mustakil fikrlay olmaslik.



3. Namunaviy mezonlar asosida kafedra tomonidan muayyan fandan baholash mezonlari ishlab chiqiladi va talabalarga e'lon qilinadi.

4. Baholash turlari bo'yicha tuzilgan savollar (topshiriqlar) mazmuni (oddiydan murakkabgacha) baholash mezonlariga muvofiq talabaning o'zlashtirishini xolis (ob'ektiv) va aniq baholash imkoniyatini berishi kerak. Buning uchun mas'uliyat fan o'qituvchisi hamda kafedra mudiriga yuklatiladi.

Savollar (topshiriqlar) tarkibiga fan dasturidan kelib chiqqan holda nazariy materiallar bilan birga mustaqil ish, laboratoriya va hisob-grafika ishlari, amaliy va seminar mashg'ulotlari materiallari ham kiritiladi.

### **Talabalar bilimni baholash mezonlari**

#### **1. Amaliy mashg'ulot**

1.1. Talabalarni amaliy mashg'ulotlarga to'la qatnashib, fanning turli bo'limlari bo'yicha misol va masalalarni auditoriyada yechishlari talab qilinadi. Har bir masala ishlanish darajasiga qarab 5 balli tizimda baholanadi. Baholarni o'rtachlashtiriladi.

Masalani quyidagicha baholanadi:

- to'liq yechilgan, bo'lim bo'yicha olgan nazariy bilimlarni masala yechishda to'g'ri qo'llangan bo'lsa – 5 ball.
- to'liq yechilgan, yechish yo'li to'g'ri tanlangan, ammo uni yechishda ayrim kamchiliklarga yo'l qoyilgan bo'lsa – 4 ball.
- echish uchun kerakli formulalar barchasi to'g'ri tanlangan, ammo uni noto'g'ri yechilgan bo'lsa - 3 ball.
- echish uchun kerakli formulalar ayrimlari to'g'ri tanlangan bo'lsa, noto'g'ri yechilgan bo'lsa– 2 ball.

1.2. **Laboratoriya mashg'uloti.** Laboratoriya mashg'ulotlari rejadagi mavzular bo'yicha bajarilishi 5 balli tizimda baholanadi. Baholarni o'rtachlashtiriladi. Topshirilgan laboratoriya ishlari soni 10 tadan kam bo'lmasligi kerak.

Laboratoriya ishi quyidagicha baholanadi:

- mavzu bo'yicha nazariy savollarga tog'ri va aniq javob berilsa, laboratoriya ishini to'g'ri bajarsa, bajarilgan ish hisoboti to'liq yozilgan va hulosa chiqarilgan bo'lsa – 5 ball.
- mavzu bo'yicha nazariy savollarga tog'ri va aniq javob berilsa, laboratoriya ishini to'g'ri bajarsa, bajarilgan ish hisoboti to'liq yozilmagan va hulosa chiqarilgan bo'lsa – 4 ball.
- mavzu bo'yicha nazariy savollarga qisman berilsa, laboratoriya ishini to'g'ri bajarsa, bajarilgan ish hisoboti yozishda va hulosa chiqarishda kamchiliklar bo'lsa – 3 ball.
- mavzu bo'yicha nazariy savollarga qisman va noaniq javob berilsa, laboratoriya ishini bajarishda kamchiliklarga yo'l qoysa, bajarilgan ish hisoboti yozishda va hulosa chiqarishda kamchiliklarga bo'lsa – 2 ball.

\*Talabalarining mustaqil ishi (TMI) sifatida har bir tanlangan mavzu bo'yicha belgilangan topshiriqlarni bajarilishi 5 balli tizimda baholanadi. Baholarni o'rtachlashtiriladi.

Mustaqil ta'lim quyidagicha baholanadi:

- Mavzu mohiyati to'liq yoritib berilgan, to'g'ri hulosa chiqarilgan va savol bo'yicha ijodiy fikrlari bildirilgan bo'lsa – 5 ball.
- Mavzu mohiyati yoritib berilgan va savollarga javob berilsa – 4 ball.
- Mavzu mohiyatini yoritishda kamchiliklarga yo'l qoyilgan bo'lsa – 3 ball.

Mavzu mohiyatini hato yoritilgan, savollarga javob berilmasa – 2 ball

## **2. Oraliq baho.**

2.1. Oraliq baho fanning bo'limlari boyicha yozma ish ko'rinishida 2 marta o'tkaziladi. Har bir yozma ishda 1 ta nazariy savol 2 tadan amaliy masala bo'lib, yozma ish bajarilgan ish hajmi va sifatiga qarab 5 balli tizimda baholanadi.

Masala quyidagicha baholanadi:

- to'g'ri yechilgan, barcha formulalar to'g'ri va o'z o'rnida qo'llangan bo'lsa – 5 ball.
- to'g'ri yechilgan, ammo yechishda formulalarda ayrim kamchiliklarga yo'l qoyilgan bo'lsa – 4 ball.
- to'liq yechilmagan, yechishda formulalarda ayrim kamchiliklarga yo'l qoyilgan bo'lsa – 3 ball.
- formulalar noto'g'ri keltirilgan va masala noto'g'ri yechilgan bo'lsa – 2-1 ball.

Nazariy savol quyidagicha baholanadi:

- javob mohiyati to'liq yoritib berilgan, to'g'ri hulosa chiqarilgan va savol boyicha ijodiy fikrlari bildirilgan bo'lsa – 5 ball.
- javob mohiyati yoritib berilgan va hulosa qisman chiqarilgan bo'lsa – 4 ball.
- javob mohiyatini yoritishda kamchiliklarga yo'l qoyilgan, hulosa qisman chiqarilgan bo'lsa – 3 ball.
- javob mohiyatini hato yoritilgan, hulosa chiqarilmagan bo'lsa – 2-1 ball.

## **3. Yakuniy nazorat**

3.1. Yakuniy nazorat alohida mavzularga asoslangan ikkita nazariy savol va bitta amaliy masaladan tashkil topgan yozma ish shaklida o'tkaziladi.

Nazariy savol boyicha mavzudagi tayanch tushuncha va iboralar mohiyati:

- to'liq ochilgan va xulosalangan – 5 ball.
- to'liq ochib berilmagan – 4 ball
- yoritilgan, ammo ayrim kamchiliklari bor bo'lsa – 3 ball
- chala yoritilgan bo'lsa va noto'g'ri tushunchalar keltirilgan – 2 ball bilan baholanadi.

Masalani quyidagicha baholanadi:

- to'liq yechilgan, bo'lim boyicha olgan nazariy bilimlarni masala yechishda to'g'ri qo'llangan bo'lsa – 5 ball.
  - to'liq yechilgan, formulalar keltirishda ayrim kamchiliklarga qilgan bo'lsa – 4
  - to'liq yechilmagan, formulalar hato keltirilgan bo'lsa – 3 ball.
- formulalar noto'g'ri tanlangan va noto'g'ri yechilgan bo'lsa – 2 ball bilan baholanadi