

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



**NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI**  
**FIZIKA FAKULTETI**

**“AMALIY OPTIKA VA SPEKTRASKOPIYA”**

Fanidan

**O'QUV-USLUBIY**  
**MAJMUA**

**Bilim sohasi**

**Ta'lim sohasi:**

**Ta'lim yo'nalishi:**

**100000 – Gumanitar**

**140 000 – Tabiiy fanlar**

**5140200 – Fizika**

**Namangan**

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI**  
**OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**  
**NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI**  
**FIZIKA FAKULTETI**

**“TASDIQLAYMAN”**

Fizika fakulteti dekani  
O.Ismanova

« » \_\_\_\_\_ 2023 yil

**“AMALIY OPTIKA VA SPEKTRASKOPIYA”**

**FANI BO'YICHA**

**60530900-Fizika - Ta'lim yo'nalishi talabalari uchun**

**O'QUV-USLUBIY  
MAJMUA**

**Bilim sohasi**

**Ta'lim sohasi:**

**Ta'lim yo'nalishi:**

**100000 – Gumanitar**

**140 000 – Tabiiy fanlar**

**5140200 – Fizika**

**NAMANGAN 2023**

O‘quv uslubiy majmua 5140200-fizika bakalavriat ta’lim yo‘nalishi uchun O‘zbekiston Respublikasi OO‘MTV ning 2023 yil \_\_\_\_-\_\_\_\_\_dagi \_\_\_\_-sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan namunaviy fan dasturigamuvofiq ishlab chiqilgan.

**Tuzuvchi:** **Jalolov Ravshan Mahmudovich** – fizika kafedrası dotsenti

**Taqrizchilar:** **A.Xalmirzayev** – fizika kafedrası dotsenti, f-m.f.n  
**O.Ismanova** – fizika fakulteti dekani dotsenti, f-m.f.n

O‘quv uslubiy majmua Namangan davlat universiteti Kengashida muhokama qilingan va foydalanishga tavsiya etilgan.

2023-yil ” \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_dagi ” \_\_\_\_ ” – sonli majlis bayoni.

## MUNDARIJA

1. MUNDARIJA.....	2
2. FAN HAQIDA MALUMOT.....	3
3. NAMUNAVIY O'QUV DASTURI.....	6
4. ISHCHI O'QUV DASTURI.....	15
5. TEST SINOV LARI UCHUN SAVOLLAR.....	32
6. TARQATMA MATERIALLAR.....	38
7. MA'RUZA REJALARI, TAYANCH IBORALARI VA NAZORAT SAVOLLARI.....	45
8. AMALIY MASHG'ULOTLAR.....	106
9. LABARATORIYA MASHG'ULOTLARI.....	115
10. MUSTAQIL ISHNI TASHKIL ETISH SHAKLI VA MAZMUNI.....	135
11. FAN BOYICHA GLOSSARIY.....	136
12. FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR ROYXATI.....	145

## **AMALIY OPTIKA VA SPEKTRASKOPIYA FANI HAQIDA MA'LUMOT**

Ushbu maxsus fan bakalavr ta'lim bosqichining fizika yo'nalishi talabalari uchun rejalashtirilgan bo'lib, ixtisoslik fanlari tarkibiga kiradi.

Amaliy optika va spektraskopiya fani fizika sohasining 5 ta dolzarb muammolariga tegishli bo'lib, elektromagnit nurlanishning muxitlarni tashkil qilgan atom va molekulari bilan o'zaro ta'sirlashuv jarayonidagi sodir bo'ladigan fizik hodisalarni klassik hamda zamonaviy spektral qurilmalarda optik usullar bilan qayd qilish va Amaliy optika va spektraskopiya fanining asosiy masalalaridan biri bo'lgan lazer nurlarining generatsiyalash uslublari va nochiziqiy optikaning fundamental asoslari bilan tanishtirishni o'z oldiga maqsad qilib qoyadi.

Tavsiya etilayotgan ushbu o'quv dasturida zamonaviy optikaga tegishli fan yutuqlaridan, Respublikamizning ushbu sohada ishlayotgan taniqli olimlar va ilmiy xodimlarning ilmiy tadqiqot ishlari natijalari va tajribalaridan, ajdodlarimizning kimmatli merosidan keng foydalanish nazarda tutiladi. va ishchi o'quv dasturida o'z aksini topadi.

Jumladan, mamlakatimizda Amaliy optika va spektraskopiya sohasidagi fizik tadqiqotlar olib boradigan Uzbekistan Fanlar akademiyasining Ion-plazma va lazerli texnologiyalar instituti, Yadro fizika instituti va boshka bir kator tashkilotlar xamda Oliy o'quv yurtlarining kafedralaridagi ilmiy tadqiqot natijalari bilan o'quv dasturidagi tegishli mavzular boyitib boriladi.

### **O'quv fanining maqsadi va vazifalari**

Zamonaviy optik qurilmalar bilan tanishtirish, ularni ishlash printsplari va asosiy optik xarakteristikalarini o'rganish, nurlanish spektirlarini fotografik va fotoelektrik usullar bilan qayd qilish, elektromagnit to'liqlarni muxitlarning atom va molekulari bilan o'zaro ta'sirlashuv jarayonlaridagi fizik hodisalarni hamda optik qurilmalarni amalyotdagi o'rni, turli xil to'liq uzunliklari va nurlanish davomiyligiga zga lazer nurlari genertsiyalash va ular tahsirida yuz beradigan nochiziqiy jarayonlarning fanda, texnika va zamonaviy texnologiyalarda tutgan o'rni to'zrisidagi mahlumotlarni o'rganishdan iborat.

### **Fan boyicha bilim, ko'nikma va malakaga qoyiladigan talablar**

“Amaliy optika va spektraskopiya” fanini o’zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida bakalavr: optika qonunlarini amaliy tadbiq’i, klassik va zamonaviy spektral qurilmalar, ularning asosiy xarakteristikalar va ishlash printsplari, klassik va zamonaviy yorug’lik manbalari, zamonaviy spektral usullar yordamida moddalarning tarkibini aniqlash, sifat va miqdoriy xamda molekulyar analiz usullarini ko’llash, yorug’lik oqimini fotografik va fotoelektrik usullar bilan qayd qilish, olingan natijalarni kompyuterda programmashtirish yo’li bilan qayta ishlash va taxlil qilib tegishli xulosalar chikarish, uch va to’rt energetik xolatli lazerlar, lazer nuri chastotasini o’zgartirish printiplari; lazerlarning ishlash rejimlari, ochiq rezonatorlar mo’dalarining elementar nazariyasi, garmonikalar generatsiyalash; mo’dalar sinxronizatsiyasi va o’ta qisqa impulsg’slar generatsiyalash. ikki fotonln yutilish tenglamasini yechish jarayonida fan boyicha olgan bilimlarini ko’llay olish ko’nikmalarini shakllantirishi kerak.

### **Fanning o’quv rejadagi boshka fanlar bilan o’zaro bog’liqligi va uslubiy jixatidan uzviy ketma-ketligi**

Amaliy optika va spektraskopiya fani ixtisoslik fani xisoblanib, 7-semestrida o’qitiladi. Dasturni amalga oshirish o’quv rejasida rejalashtirilgan matematik va tabiiy (oliy matematika, differentsial tenglamalar, kimyo, informatika, informatsion texnologiyalar, ekologiya asoslari), umumkasbiy (optika, molekulyar fizika, atom fizikasi, elektrodinamika, nazariy fizika va x.,k.) fanlaridan yetarli bilim va ko’nikmalarga ega bo’lishlik talab yetiladi.

### **Fanning ilm-fan va ishlab chiqarishdagi o’rni**

Ushbu fan bakalavr talim yo’nalishining ixtisoslik fanlar turkimiga tegishli bo’lib, zamonaviy optik qurilmalar yordamida kondensirlangan muxitlarning tarkibini o’rganish, atom va molekulalar o’zaro tahsirlashuvidan xosil bo’ladigan fizik jarayonlarni spektroskopiya usullar bilan kayd kilish va taxlil kilish, yuqori intensivlikka, xar xil to’lkin uzunlikka va davomatga ega lazer nurlarining tahsiri ostida yuz beradigan nochizikli jarayonlarni fanda, texnika va zamonaviy texnologiyalarda qo’llash imkoniyatini ochib beradi. Geologiya, meditsina, farmakologiya, sud ekspertiza va boshka sohalarda samarali kullanishi mumkin.

### **Fanni o’qitishda foydalaniladigan zamonaviy axborot va pedagogik**

## **texnologiyalar**

Talabalarning Amaliy optika va spektraskopiya fanini o'zlashtirishlari uchun o'qitishning ilg'or va zamonaviy usullaridan foydalanish, yangi informatsion-pedagogik texnologiyalarni tadbiq qilish muxim ahamiyatga egadir. Fanni o'zlashtirishda darslik, o'quv va uslubiy ko'llanmalar, tarkatma materiallar, tajriba namoishlari, internet tarmog'idan, ko'rgazmali materiallardan foydalaniladi. Shuningdek, mahruza, seminar, va laboratoriya mashg'ulotlarida mos ravishda ilg'or pedagogiya texnologiyalardan foydalanish tavsiya yetiladi.

**O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI**  
**OLIY VA O`RTA MAXSUS TA`LIM VAZIRLIGI**  
**NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI**

**Royxatga olindi:**

**«TASDIQLAYMAN»**

№ 5140200, 4.02

O'quv ishlari boyicha prorektor

\_\_\_\_\_ D.Xolmatov

«\_\_\_» «\_\_\_\_\_» 2020 yil

«\_\_\_» «\_\_\_\_\_» 2020 yil

**A M A L I Y   O P T I K A**  
**V A   S P E K T R O S K O P I Y A**

**FANI BOYICHA**

**ISHCHI O`QUV DASTUR**

3-bosqich uchun

Bilim sohasi:	100000 – Gumanitar soha.
Ta'lim sohasi:	140000 – Tabiiy fanlar
Ta'lim yo'nalishi:	5140200 – Fizika



## **N A M A N G A N – 2 0 2 0**

Fanning ishchi o'quv dasturi OO'TMV ning, 2016-yil 22- yanvar 26-sonli buyrug'i asosida namunaviy , ishchi o'quv reja va o'quv dasturiga muvofiq ishlab chiqildi.

**Tuzuvchi:** NamDU Fizika kafedrası dotsenti O.T.Ismanova

**Taqrizchilar:** NamDU Fizika kafedrası dotsenti X.O.Qo'chqarov  
NamQI fizika kafedrası o'qituvchisi B.B.Shaxobiddinov

Fanning ishchi o'quv dasturi NamDU Fizika-matematika fakulteti Fizika kafedrasining 2020-yil «\_\_24\_\_» avgustdagi «\_\_1\_\_»-sonli yig'ilishidagi muhokamadan o'tgan va fakultet kengashida muhokama qilish uchun tavsiya etilgan.

**Fizika kafedrası mudiri:** **B. Qo'chqorov**

Fanning ischi o'quv dasturi "Fizika-matematika" fakultetining 2020 yil «\_\_25\_\_» avgustdagi «\_\_1\_\_»-sonli kengash bayonnomasida muhokama qilingan va foydalanishga tavsiya qilingan

**Fakultet kengashi raisi:** **fizika matematika fakulteti**  
**dekani X.Mavlyanov**

Ishchi o'quv dasturi NamDU o'quv-uslubiy kengashida ko'rib chiqilgan va tasdiqlangan.

2020 yil «\_\_26\_\_» «\_\_08\_\_» dagi «\_\_\_\_» sonli majlis bayoni.

**«K e l i s h i l d i»**

**O'quv-uslubiy boshqarma boshlig'i:** **H.Ibrohimov**

## **Kirish**

Ushbu maxsus fan bakalavr ta'lim bosqichining fizika yo'nalishi talabalari uchun rejalashtirilgan bo'lib, ixtisoslik fanlari tarkibiga kiradi.

Amaliy optika va spektroskopiya fani fizika soxasining 5 ta dolzarb muammolariga tegishli bo'lib, elektromagnit nurlanishning muxitlarni tashkil qilgan atom va molekulalari bilan o'zaro ta'sirlashuv jarayonidagi sodir bo'ladigan fizik hodisalarni klassik hamda zamonaviy spektral qurilmalarda optik usullar bilan qayd qilish va amaliy optika fanining asosiy masalalaridan biri bo'lgan lazer nurlarining generatsiyalash uslublari va nochiziqiy optikaning fundamental asoslari bilan tanishtirishni o'z oldiga maqsad qilib qoyadi.

Tavsiya etilayotgan ushbu o'quv dasturida zamonaviy optikaga tegishli fan yutuqlaridan, Respublikamizning ushbu soxada ishlayotgan taniqli olimlar va ilmiy xodimlarning ilmiy tadqiqot ishlari natijalari va tajribalaridan, ajdodlarimizning kimmatli merosidan keng foydalanish nazarda tutiladi va ishchi o'quv dasturida o'z aksini topadi.

Jumladan, mamlakatimizda amaliy optika soxasidagi fizik tadqiqotlar olib boradigan O'zbekistan Fanlar akademiyasining Ion-plazma va lazerli texnologiyalar instituti, Yadro fizika instituti va boshqa bir qator tashkilotlar xamda Oliy o'quv yurtlarining kafedralaridagi ilmiy tadqiqot natijalari bilan o'quv dasturidagi tegishli mavzular boyitib boriladi.

### **O'quv fanining maqsadi va vazifalari**

Zamonaviy optik qurilmalar bilan tanishtirish, ularni ishlash printsplari va asosiy optik xarakteristikalarini o'rganish, nurlanish spektirlarini fotografik va fotoelektrik usullar bilan qayd qilish, elektromagnit to'lqinlarni muxitlarning atom va molekulalari bilan o'zaro ta'sirlashuv jarayonlaridagi fizik hodisalarni hamda optik qurilmalarni amalyotdagi o'rni, turli xil to'lqin uzunliklari va nurlanish davomiyligiga ega lazer nurlari genertsiyalash va ular ta'sirida yuz beradigan nochiziqiy jarayonlarning fanda, texnika va zamonaviy texnologiyalarda tutgan o'rnini to'zrisidagi mahlumotlarni o'rganishdan iborat.

### **Fan boyicha bilim, ko'nikma va malakaga qoyiladigan talablar**

“Amaliy optika va spektroskopiya ” fanini o'zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida bakalavr: optika qonunlarini amaliy tadbig'i, klassik va zamonaviy spektral qurilmalar, ularning asosiy xarakteristikalari va ishlash printsplari, klassik va zamonaviy yorug'lik manbalari, zamonaviy spektral usullar yordamida moddalarning tarkibini aniqlash, sifat va miqdoriy xamda molekulyar analiz usullarini ko'llash, yorug'lik oqimini fotografik va fotoelektrik usullar bilan qayd qilish, olingan natijalarni kompyuterda programmashtirish yo'li bilan qayta ishlash va taxlil qilib tegishli xulosalar chikarish, uch va to'rt energetik xolatli lazerlar, lazer nuri chastotasini o'egartirish priniplari; lazerlarning ishlash

rejimlari, ochiq rezonatorlar moddalarining elementar nazariyasi, garmonikalar generatsiyalash; moddalar sinxronizatsiyasi va o'ta qisqa impuls generatsiyalash. ikki fotonli yutilish tenglamasini yechish jarayonida fan boyicha olgan bilimlarini qo'llay olish ko'nikmalarini shakllantirishi kerak.

### **Fanning o'quv rejadagi boshqa fanlar bilan o'zaro bog'liqligi va uslubiy jixatidan uzviy ketma-ketligi**

Amaliy optika va spektroskopiya fani ixtisoslik fani xisoblanib, 5- 6- semestrlarda o'qitiladi. Dasturni amalga oshirish o'quv rejasida rejalashtirilgan matematik va tabiiy (oliy matematika, differentsial tenglamalar, kimyo, informatika, informatsion texnologiyalar, ekologiya asoslari), umumkasbiy (optika, molekulyar fizika, atom fizikasi, elektrodinamika, nazariy fizika va x.,k.) fanlaridan yetarli bilim va ko'nikmalarga ega bo'lishlik talab etiladi.

### **Fanning ilm-fan va ishlab chikarishdagi o'rni**

Ushbu fan bakalavr talim yo'nalishining ixtisoslik fanlar turkimiga tegishli bo'lib, zamonaviy optik qurilmalar yordamida kondensirlangan muxitlarning tarkibini o'rganish, atom va molekular o'zaro tahsirlashuvidan xosil bo'ladigan fizik jarayonlarni spektroskopiya usullar bilan kayd kilish va taxlil kilish, yuqori intensivlikka, xar xil to'lkin uzunlikka va davomatga ega lazer nurlarining tahsiri ostida yuz beradigan noxiziqli jarayonlarni fanda, texnika va zamonaviy texnologiyalarda qo'llash imkoniyatini ochib beradi. Geologiya, meditsina, farmakologiya, sud ekspertiza va boshqa soxalarda samarali qo'llanishi mumkin.

### **Fanni o'qitishda foydalaniladigan zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar**

Talabalarning amaliy optika fanini o'zlashtirishlari uchun o'qitishning ilg'or va zamonaviy usullaridan foydalanish, yangi informatsion-pedagogik texnologiyalarni tadbiq qilish muxim axamiyatga egadir. Fanni o'zlashtirishda darslik, o'quv va uslubiy ko'llanmalar, tarkatma materiallar, tajriba namoishlari, internet tarmog'idan, ko'rgazmali materiallardan foydalaniladi. Shuningdek, mahruza, seminar, va laboratoriya mashg'ulotlarida mos ravishda ilg'or pedagogiya texnologiyalardan foydalanish tavsiya yetiladi.

**Shaxsga yo'naltirilgan ta'lim.** Bu ta'lim o'z mohiyatiga ko'ra ta'lim jarayonining barcha ishtirokchilarini to'laqonli rivojlanishlarini ko'zda tutadi. Bu esa ta'limni loyihalashtirilayotganda, albatta, ma'lum bir ta'lim oluvchining shaxsini emas, avvalo, kelgusidagi mutaxassislik faoliyati bilan bog'liq o'qish maqsadlaridan kelib chiqqan holda yondoshilishni nazarda tutadi.

**Tizimli yondoshuv.** Ta'lim texnologiyasi tizimning barcha belgilarini o'zida mujassam etmog'i lozim: jarayonning mantiqiyliqi, uning barcha bo'g'inlarini o'zaro bog'langanligi, yaxlitligi.

**Faoliyatga yo'naltirilgan yondoshuv.** Shaxsning jarayonli sifatlarini shakllantirishga, ta'lim oluvchining faoliyatni aktivlashtirish va intensivlashtirish, o'quv jarayonida uning barcha qobiliyati va imkoniyatlari, tashabbuskorligini ochishga yo'naltirilgan ta'limni ifodalaydi.

**Dialogik yondoshuv.** Bu yondoshuv o'quv munosabatlarini yaratish zaruriyatini bildiradi. Uning natijasida shaxsning o'z-o'zini faollashtirishi va o'z-o'zini ko'rsata olishi kabi ijodiy faoliyati kuchayadi.

**Hamkorlikdagi ta'limni tashkil etish.** Demokratik, tenglik, ta'lim beruvchi va ta'lim oluvchi faoliyat mazmunini shakllantirishda va erishilgan natijalarni baholashda birgalikda ishlashni joriy etishga e'tiborni qaratish zarurligini bildiradi.

**Muammoli ta'lim.** Ta'lim mazmunini muammoli tarzda taqdim qilish orqali ta'lim oluvchi faoliyatini aktivlashtirish usullaridan biri. Bunda ilmiy bilimni ob'ektiv qarama-qarshiligi va uni hal etish usullarini, dialektik mushohadani shakllantirish va rivojlantirishni, amaliy faoliyatga ularni ijodiy tarzda qo'llashni mustaqil ijodiy faoliyati ta'minlanadi.

**Axborotni taqdim qilishning zamonaviy vositalari va usullarini qo'llash** - yangi kompyuter va axborot texnologiyalarini o'quv jarayoniga qo'llash.

**O'qitishning usullari va texnikasi.** Ma'ruza (kirish, mavzuga oid vizuallashtirish), muammoli ta'lim, keys-stadi, pinbord, paradoks va loyihalash usullari, amaliy ishlar.

**O'qitishni tashkil etish shakllari:** dialog, polilog, muloqot hamkorlik va o'zaro o'rganishga asoslangan frontal, kollektiv va guruh.

**O'qitish vositalari:** o'qitishning an'anaviy shakllari (darslik, ma'ruza matni) bilan bir qatorda – kompyuter va axborot texnologiyalari.

**Kommunikatsiya usullari:** tinglovchilar bilan operativ teskari aloqaga asoslangan bevosita o'zaro munosabatlar.

**Teskari aloqa usullari va vositalari:** kuzatish, blits-so'rov, oraliq va joriy va yakunlovchi nazorat natijalarini tahlili asosida o'qitish diagnostikasi.

**Boshqarish usullari va vositalari:** o'quv mashg'uloti bosqichlarini belgilab beruvchi texnologik karta ko'rinishidagi o'quv mashg'ulotlarini rejalashtirish, qoyilgan maqsadga erishishda o'qituvchi va tinglovchining birgalikdagi harakati, nafaqat auditoriya mashg'ulotlari, balki auditoriyadan tashqari mustaqil ishlarning nazorati.

**Monitoring va baholash:** o'quv mashg'ulotida ham butun kurs davomida ham o'qitishning natijalarini rejali tarzda kuzatib borish. Kurs oxirida test topshiriqlari yoki yozma ish variantlari yordamida tinglovchilarning bilimlari baholanadi.

“Amaliy optika va spektroskopiya” fanini o'qitish jarayonida kompyuter texnologiyasidan, virtual laboratoriyalardan foydalaniladi. Ayrim mavzular bo'yicha talabalar bilimni baholash test asosida va kompyuter yordamida bajariladi. “Internet” tarmog'idagi onlayn va offlayn tizimda veb resurlardan foydalaniladi, tarqatma materiallar tayyorlanadi, test tizimi hamda tayanch so'z va iboralar asosida oraliq va yakuniy nazoratlar o'tkaziladi.

## ASOSIY QISM

**Semestrlar boyicha mashg'ulot turlariga ajratilgan soatlarning taqsimoti.**

Semestr	Auditoriya mashg'ulotlari turi boyicha o'quv yuklamasi taqsimoti (soat)					Mustaqil ta'lim
	Jami	Ma`ruza	Amaliy	Laboratoriya	Seminar	
<b>5 semestr</b>	<b>60</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	-	-	<b>30</b>
6 semestr	80	12	-	-	-	30
<b>Jami</b>	<b>140</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	-	-	<b>60</b>

**Amaliy optika va spektroskopiya fanidan mashg'ulotlarning mavzulari va soatlar boyicha taqsimlanishi.**

№	Mavzular nomi	Ma`ruza mashg' uloti	Amaliy mashg' ulot	Mustaqil ta' lim
1.	Amaliy optika va spektroskopiya fanining rivojlanish tarixi va boshqa bo'limlari bilan bog'liqligi. Fanni o'rganishdagi muammolar, uslubiy ko'rsatmalar. Amaliy optika fanining fizika bo'limlari va boshqa tabiiy fanlarni o'rganishdagi o'rni. Zamonaviy spektroskopik va molekulyar optika tadqiqotlarini amaliyotga, fan va texnika soxalariga tatbiqi. Lazerlarning funktsional sxemasi, ularni xozirgi zamon fan va ishlab chiqarishdagi o'rni. Fanning vazifalari.	2	2	6
2.	Spektral qurilmalarni klassifikatsiyasi. Asosiy xarakteristikalar, optik sxemalari va ishlash printsiplari. Spektral qurilmalarda apparat funksiyasining ko'rinishi. Optik tadqiqotlarda apparat funktsiyaning ta'sirini etiborga olish. Apparat funktsiya ta'sirini kamaytirishning zamonaviy usullari.	2	4	8

3.	Prizmalı spektral qurilmalar. Prizmalı spektral qurilmalarning ishlash soxasi, apparat funksiyasi, dispersiyasi, ajrata olish qobiliyati, chiziqli kattalashtirishi.	2	4	10
4.	Difraktsion panjarali spektral qurilmalar, ularning asosiy xarakteristikallari ularni farqlari va amaliyotda ishlatilishi.	2	4	6
5	Yuqori ajrata olish qobiliyatli spektral qurilmalar. Fabri-Pero interferometri va uning asosiy xarakteristikallari. Ajrata olish qobiliyati. Fabri-Pero interferometrini spektral qurilmalarida ishlatilishi. Furg'e-spektrometri, infraqizil spektrometriY.	2	4	4
6	Nurlanish manbalarini turlari. Optik tadqiqotlarda nurlanish manbalariga qoyiladigan talablar. Chiziqli (uzlukli) va uzluksiz spektrlar tarqatuvchi yorug'lik manbalarini. Issiqlik nurlanishi hisobiga hosil bo'ladigan spektrlar. Issiqlik nurlanishi energiyasining to'lqin uzunligi va chastotaga bog'lanishi.	2	4	4
<b>5-semestr boyicha jami</b>		12	22	30
7.	Optik nurlanishlarini qayd qiluvchi qurilmalarning asosiy xarakteristikallari. Ularni farqi va afzalliklari. Fotografik, fotoelektrik va boshqa qayd qilish usullari. Fotopriyomniklarning spektral sezgirliklari.	2	2	8
8.	Eynshteyn koeffitsientlari. Ber-Buger qonuni va manfiy yutilish. Lazerlarning o'z-o'zidan ko'zg'alish sharti. Uch va to'rt energetik xolatli lazerlar. Lazerlarning ishlash rejimlari: oddiy rejim va gigant impulslar rejimi. Rubin va neodim lazerlari, ishlash printsiplari. Ochiq rezonatorlar moddalarining elementar nazariyasi. Lazerlarning turlari.	2	4	6
9.	Lazer nuri chastotasini o'zgartirish printsiplarining fizikaviy asoslari. Nochiziqiy muhit uchun Maksvell tenglamalari. Izotrop va anizotrop muxitlar kutublanishi. Nochiziqiy qutblanuvchanlik tenzori xaqida tushuncha. Dielektrikning kichik va katta intensivlikka ega lazer nuri tag'siri ostida qutblanishi.	2	2	6
10.	Garmonikalar generatsiyasi. Ikkinchi garmonika. Fazaviy (to'lqin)sinxronizm. Kogerentlik uzunligi. Garmonikaning fazoda tarqalish jarayonida kuchayishi.	2	4	4

	Fizikada parametrik gerneratsiya tushunchasi. Yorug'lik chasto'tasini bo'lish va o'zgaruvchan chastotali yoriglikni generatsiya qilish.			
11.	Moddalar sinxronizatsiyasi va pikosekund impulslar generatsiyasi. Pikosekund impulslarning davomatini o'lchash usullari. Femtosekund impulslar haqida tushuncha. Yuqori garmonikalar. Gazlarda tok garmonikalar fazaviy sinxronizatsiyasini hosil qilish. Bufer gazning roli.	2	4	6
12.	Nurning Reley va kombinatsion sochilishlari. Majburiy kombinatsion va Mandelshtam-Brnllyuen sochilishlari. Osmonning moviy rangini Reley nazariyasida tushuntirish. Ko'p fotonli spektroskopiyaning asosiy tushunchalari. Kamyutuvchi shaffof muxitlarda ikki fotonli yutilish. Ikki fotonli yutilish tenglamasini yechish. Shafof muxitlarda (Dielektrlarda) lazer uchquni va lavinali yemirilishning fizikaviy asoslari.	2	2	6
<b>6-semestr boyicha jami</b>		<b>12</b>	<b>18</b>	<b>30</b>
<b>Jami</b>		<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>

### **Amaliy optika va spektroskopiya fanining o'rni va ahamiyati.**

Amaliy optika va spektroskopiya fanining rivojlanish tarixi va boshqa bo'limlari bilan bog'liqligi. Fanni o'rganishdagi muammolar, uslubiy ko'rsatmalar. Amaliy optika fanining fizika bo'limlari va boshqa tabiiy fanlarni o'rganishdagi o'rni. Zamonaviy spektroskopik va molekulyar optika tadqiqotlarini amaliyotga, fan va texnika soxalariga tatbiqi. Lazerlarning funktsional sxemasi, ularni hozirgi zamon fan va ishlab chiqarishdagi o'rni. Fanning vazifalari.

*Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari:* dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim, Bingo, blits, munozara, o'z-o'zini nazorat.

*Adabiyotlar:* A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3.

### **Spektral qurilmalarning asosiy xarakteristikalar.**

Spektral qurilmalarni klassifikatsiyasi. Asosiy xarakteristikalar, optik sxemalari va ishlash printsiplari. Spektral qurilmalarda apparat funktsiyasining ko'rinishi. Optik tadqiqotlarda apparat funktsiyaning tahsirini zhtiborga olish. Apparat funktsiya tahsirini kamaytirishning zamonaviy usullari.

*Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari:* dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim, Bingo, blits, munozara, o'z-o'zini nazorat.

*Adabiyotlar:* A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3.

### **Prizmalı spektral qurilmalar.**

Prizmalı spektral qurilmalar. Prizmalı spektral qurilmalarning ishlash soxasi, apparat funktsiyasi, dispersiyasi, ajrata olish qobiliyati, chiziqli kattalashtirishi.

*Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari:* dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim, Bingo, blits, munozara, o'z-o'zini nazorat.

*Adabiyotlar:* A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3.

### **Difraktsion panjarali spektral qurilmalar.**

Difraktsion panjarali spektral qurilmalar, ularning asosiy xarakteristikalarini ularni farqlari va amaliyotda ishlatilishi.

*Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari:* dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim, Bingo, blits, munozara, o'z-o'zini nazorat.

*Adabiyotlar:* A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3.

### **Interferentsion spektral qurilmalar.**

Yuqori ajrata olish qobiliyatli spektral qurilmalar. Fabri-Pero interferometri va uning asosiy xarakteristikalarini. Ajrata olish qobiliyati. Fabri-Pero interferometrini spektral qurilmalarida ishlatilishi. Fure-spektrometri, infraqizil spektrometri.

*Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari:* dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim, Bingo, blits, munozara, o'z-o'zini nazorat.

*Adabiyotlar:* A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3.

### **Nurlanish manbalari**

Nurlanish manbalarini turlari. Optik tadqiqotlarda nurlanish manbalariga qoyiladigan talablar. Chiziqli (uzlukli) va uzluksiz spektrlar tarqatuvchi yorug'lik manbalari. Issiqlik nurlanishi xisobiga xosil bo'ladigan spektrlar. Issiqlik nurlanishi energiyasining to'liq uzunligi va chastotaga bog'lanishi.

*Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari:* dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim, Bingo, blits, munozara, o'z-o'zini nazorat.

*Adabiyotlar:* A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3.

### **Optik nurlanishlarini qayd qiluvchi qurilmalar.**

Optik nurlanishlarini qayd qiluvchi qurilmalarning asosiy xarakteristikalarini. Fotografik, fotoelektrik va boshqa qayd qilish usullari. Ularni farqi va afzalliklari. Fotopriyomniklarning spektral sezgirliklari.

*Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari:* dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim, Bingo, blits, munozara, o'z-o'zini nazorat.

*Adabiyotlar:* A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3.

### **Yorug'lik majburiy nurlanishi va optik kvant generatorlari.**

Eynshteyn koeffitsientlari. Ber-Buger konuni va manfiy yutilish. Lazerlarning o'z-o'zidan ko'zga'lish sharti. Uch va to'rt energetik xolatli lazerlar. Lazerlarning ishlash rejimlari: oddiy rejim va gigant impulsg'lar rejimi. Rubin va neodim lazerlari, ishlash printsiplari. Ochiq rezonatorlar moddalarining elementar nazariyasi. Lazerlarning turlari.

*Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari:* dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim, Bingo, blits, munozara, o'z-o'zini nazorat.



*Adabiyotlar: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3.*

### **Nochiziqli optika asoslari.**

Lazer nuri chastotasini o'gartirish printsiplarining fizikaviy asoslari. Nochiziqiy muxit uchun Maksvell tenglamalari. Izotrop va anizotrop muxitlar kutublanishi. Nochiziqiy qutblanuvchanlik tenzori xaqida tushuncha. Dielektrikning kichik va katta intensivlikka ega lazer nuri tag'siri ostida qutblanishi. Garmonikalar generatsiyasi. Ikkinchi garmonika. Fazaviy (to'lqin)sinxronizm. Kogerentlik uzunligi. Garmonikaning fazoda tarqalish jarayonida kuchayishi. Fizikada parametrik generatsiya tushunchasi. Yorug'lik chastotasini bo'lish va o'egaruvchan chastotali yorug'likni generatsiya qilish.

*Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari:* dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim, Bingo, blits, munozara, o'z-o'zini nazorat.

*Adabiyotlar: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3.*

### **Optik kvant generatorlarida moddalar sinxronizatsiyasi.**

Moddalar sinxronizatsiyasi va pikosekund impulsg'lar generatsiyasi. Pikosekund impulsg'slarning davomatini o'lchash usullari. Femtosekund nmpulg'lar xaqida tushuncha. Yukori garmonikalar. Gazlarda tok garmonikalar fazaviy sinxronizatsiyasini xosil qilish. Bufer gazning roli.

*Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari:* dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim, Bingo, blits, munozara, o'z-o'zini nazorat.

*Adabiyotlar: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3.*

### **Majburiy optik jarayonlar**

Nurning Reley va kombinatsion sochilishlari. Majburiy kombinatsion va Mandelg'shtam - Brnllyuen sochilishlari. Osmonning moviy rangini Reley nazariyasida tushuntirish. Ko'pfotonli spektroskopiyaning asosiy tushunchalari. Kamyutuvchi shaffof muxitlarda ikki fotonli yutilish. Ikki fotonli yutilish tenglamasini yechish. Shafof muxitlarda (Dielektriklarda) lazer uchquni va lavinali yemirilishning fizikaviy asoslari.

*Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari:* dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim, Bingo, blits, munozara, o'z-o'zini nazorat.

*Adabiyotlar: A1, A2, A3, Q1, Q2, Q3.*

### **Amaliy optika va spektroskopiya fani boyicha ma'ruza mashg'ulotining kalendar tematik rejasi**

<b>№</b>	<b>Mavzular nomi</b>	<b>Ma'ruza mashg'uloti</b>
----------	----------------------	----------------------------

1.	Amaliy optika va spektroskopiya fanining rivojlanish tarixi va boshqa bo'limlari bilan bog'liqligi. Fanni o'rganishdagi muammolar, uslubiy ko'rsatmalar. Amaliy optika fanining fizika bo'limlari va boshqa tabiiy fanlarni o'rganishdagi o'рни. Zamonaviy spektroskopik va molekulyar optika tadqiqotlarini amaliyotga, fan va texnika soxalariga tatbiqi. Lazerlarning funktsional sxemasi, ularni xozirgi zamon fan va ishlab chiqarishdagi o'рни. Fanning vazifalari.	2
2.	Spektral qurilmalarni klassifikatsiyasi. Asosiy xarakteristikalar, optik sxemalari va ishlash printsiplari. Spektral qurilmalarda apparat funktsiyasining ko'rinishi. Optik tadqiqotlarda apparat funktsiyaning ta'sirini etiborga olish. Apparat funktsiya ta'sirini kamaytirishning zamonaviy usullari.	2
3.	Prizmalı spektral qurilmalar. Prizmalı spektral qurilmalarning ishlash soxasi, apparat funktsiyasi, dispersiyasi, ajrata olish qobiliyati, chiziqli kattalashtirishi.	2
4.	Difraktsion panjarali spektral qurilmalar, ularning asosiy xarakteristikalarini ularni farqlari va amaliyotda ishlatilishi. Difraktsion panjarali spektral qurilmalar, ularning asosiy xarakteristikalarini ularni farqlari va amaliyotda ishlatilishi.	2
5	Yuqori ajrata olish qobiliyatli spektral qurilmalar. Fabri-Pero interferometri va uning asosiy xarakteristikalarini. Ajrata olish qobiliyati. Fabri-Pero interferometrini spektral qurilmalarida ishlatilishi. Furg'e-spektrometri, infraqizil spektrometriY.	2
6	Nurlanish manbalarini turlari. Optik tadqiqotlarda nurlanish manbalariga qoyiladigan talablar. Chiziqli (uzlukli) va uzluksiz spektrlar tarqatuvchi yorug'lik manbalarini. Issiqlik nurlanishi hisobiga hosil bo'ladigan spektrlar. Issiqlik nurlanishi energiyasining to'lqin uzunligi va chastotaga bog'lanishi.	2
<b>5-semestr boyicha jami</b>		<b>12</b>

7.	Optik nurlanishlarini qayd qiluvchi qurilmalarning asosiy xarakteristikalari. Ularni farqi va afzalliklari. Fotografik, fotoelektrik va boshqa qayd qilish usullari. Fotopriyomniklarning spektral sezgirliklari.	2
8.	Eynshteyn koefitsientlari. Ber-Buger qonuni va manfiy yutilish. Lazerlarning o'z-o'zidan ko'zg'alish sharti. Uch va to'rt energetik xolatli lazerlar. Lazerlarning ishlash rejimlari: oddiy rejim va gigant impulslar rejimi. Rubin va neodim lazerlari, ishlash printsiplari. Ochiq rezonatorlar moddalarining elementar nazariyasi. Lazerlarning turlari.	2
9.	Lazer nuri chastotasini o'zgartirish printsiplarining fizikaviy asoslari. Nochiziqiy muhit uchun Maksvell tenglamalari. Izotrop va anizotrop muxitlar kutublanishi. Nochiziqiy qutblanuvchanlik tenzori xaqida tushuncha. Dielektrikning kichik va katta intensivlikka ega lazer nuri tag'siri ostida qutblanishi.	2
10.	Garmonikalar generatsiyasi. Ikkinchi garmonika. Fazaviy (to'lqin)sinxronizm. Kogerentlik uzunligi. Garmonikaning fazoda tarqalish jarayonida kuchayishi. Fizikada parametrik gerneratsiya tushunchasi. Yorug'lik chasto'tasini bo'lish va o'zgaruvchan chastotali yoriglikni generatsiya qilish.	2
11.	Moddalar sinxronizatsiyasi va pikosekund impulslar generatsiyasi. Pikosekund impulslarning davomatini o'lchash usullari. Femtosekund impulslar haqida tushuncha. Yuqori garmonikalar. Gazlarda tok garmonikalar fazaviy sinxronizatsiyasini hosil qilish. Bufer gazning roli.	2
12.	Nurning Reley va kombinatsion sochilishlari. Majburiy kombinatsion va Mandelshtam-Brnllyuen sochilishlari. Osmonning moviy rangini Reley nazariyasida tushuntirish. Ko'p fotonli spektroskopiyaning asosiy tushunchalari. Kamyutuvchi shaffof muxitlarda ikki fotonli yutilish. Ikki fotonli yutilish tenglamasini yechish. Shaffof muxitlarda (Dielektrlarda) lazer uchquni va lavinali yemirilishning fizikaviy asoslari.	2
<b>6-semestr boyicha jami</b>		<b>12</b>
<b>Jami</b>		<b>24</b>

## Amaliy mashg'ulotlarni tashkil etish boyicha ko'rsatmalar.

Amaliy mashg'ulotlarda talabalar spektroskopik qurilmalarni, optik kvant generatorlarini va shu qurilmalarning tashkil etuvchilarini, ularning xususiyatlarini o'rganadilar. Olingan bilimlari asosida tadqiqot ob'ekti xususiyatlaridan kelib chiqqan xolda tadqiqot qurilmasini tanlash va olingan natijalarni taxlil qilish asoslarini o'zlashtiradilar. Unda talabalar asosiy mahruza mavzulari boyicha olgan bilim va ko'nikmalarini amaliy masalalar yechish orqali yanada boyitadilar. Shuningdek, darslik va o'quv qo'llanmalar asosida talabalar bilimlarini mustaxkamlashga erishish, tarqatma materiallardan foydalanish, ilmiy maqolalar va tezislarni chop etish orqali talabalar bilimini oshirish, masalalar yechish, mavzular boyicha ko'rgazmali qurollar tayyorlash va boshqalar tavsiya etiladi.

### 2. Amaliy mashg'ulot mavzulari boyicha vaqt taqsimoti

№	Amaliy mashg'ulot mavzulari	Soat
<b>7-semestr</b>		
1.	Prizmali spektral qurilmalarda olingan natijalarni taxlil qilish.	2
2.	Difraktsion panjarali spektral qurilmalarda olingan natijalarni taxlili.	4
3.	Yuqori ajrata olish qobiliyatli spektral qurilmalar ishlatilish xususiyatlari.	4
4.	Spektral tadqiqotlarda nurlanish manbaining o'rni.	2
5.	Spektral tadqiqotlarda nurlanish manbaining o'rni.	2
6.	Qabul qilgichlarning spektral sezgirliigi.	4
7.	Ber-Buger qonunini xisoblab chiqarish va yutilish koeffitsientini taxlil qilish.	4
<b>5-semestr boyicha jami</b>		<b>22</b>
<b>8-semestr</b>		
8.	Ikki energiyali xolatga ega sistemaning nakachka paytadagi kinetik tenglamasini yechish va taxlil qilish.	4
9.	Optik shishlarda uchinchi darajali qabul qiluvchanlik $\chi$ ni nazariy aniqlash va amalda xisoblash.	2
10.	Optik shishlarda uchinchi darajali qabul qiluvchanlik $\chi$ ni nazariy aniqlash va amalda xisoblash.	2
11.	O'z-o'zini fokuslash jarayonini o'rganish.	4
12.	Bir optik o'qli kristallarda sindirish ko'rsatkichi indikatrissasini topish.	4
13.	Bir optik o'qli nochiziqiy kristaldagi ikkinchi garmonika uchun sinxronizm burchagini aniqlash.	2
<b>6-semestr boyicha jami</b>		<b>18</b>

<b>Jami</b>	<b>40</b>
-------------	-----------

### **Mustaqil ishni tashkil etishning shakli va mazmuni.**

Mustaqil ish uchun talabalarning bilimlarini chuqurlashtiradigan, boshqa tabiiy fanlarga ham aloqasi bo'lishi mumkin bo'lgan fundamental mavzular tanlanadi. Mustaqil ish o'qituvchining talabalarga avvalda berib qoyiladigan fanning mavzulari asosida tashkil etiladi.

Talaba mustaqil ishni tayyorlashi uchun fanning muayyan xususiyatlarini xisobga olgan holda quyidagi shakllardan foydalanishi tavsiya etiladi:

Amaliy mashg'ulot, laboratoriya mashg'ulotlariga tayyorgarlik va olingan natijalarni qayta ishlash;

darslik va o'quv qo'llanmalar boyicha fan boblari va mavzularini o'rganish;

tarqatma materiallar boyicha maruzalar qismini o'rganish;

avtomatlashtirilgan o'rgatuvchi va nazorat qiluvchi tizimlar bilan ishlash;

maxsus adabiyotlar boyicha fan bo'limlari yoki mavzulari ustida ishlash;

talabanning o'quv-ilmiy-tadqiqot ishlarini bajarish bilan bog'liq bo'lgan fan bo'limlari va mavzularini chuqur o'rganish;

kurs ishiga tayyrlash va uni ximoya qilish:

faol va muammoli o'qitish uslubidan foydalaniladigan o'quv mashg'ulotlari;

### **4. Mustaqil ishlarning mavzulari:**

<b>№</b>	<b>Mustaqil ishlarning mavzulari</b>	<b>Berilgan topshiriqlar</b>	<b>Soat</b>
1	Spektral qurilmalarning apparat funksiyasi. Spektr intensivligini chastota boyicha taqsimoti. Lorents va Gauss taqsimotlari.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	6
2	Spektral qurilmalarning ajrata olish qobiliyati. Prizmalı va difraksion panjarali spektral qurilmalar, ularning farqi va afzalliklari.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	6
3	Fotoelementlar, fotoqarshiliklar, fotodiodlar, fotoko'paytirgichlar, termoparalar va bolometrlar.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	6
4	Muxitlarni tashkil qilgan atom va molekulalarning xossalari sifat va miqdoriy analiz usullari yordamida o'rganish.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	8
5	Chiziqli (diskret) va uzliksiz spektrlarni xossalari.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	8

6	Dispersiyaning elementar nazariyasi.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	6
7	Molekulyar va kombinatsion nur sochilishining fizikaviy asoslari.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	6
8	Mexanik va elektr parametrik generatorining ishlash prinsiplari.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	8
9	Qattiq jism lazerlari.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	6
<b>Jami</b>			<b>60</b>

### **“Amaliy optika va spektroskopiya” fanidan talabalar bilimni baholash turlari va shakllari**

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.

Baholash turlari, shakllari, soni hamda mezonlari haqidagi ma'lumotlar talabalarga professor-o'qituvchilar tomonidan fan boyicha birinchi mashg'ulotda e'lon qilinadi.

Talabalarning fan boyicha o'zlashtirishini aniqlash uchun quyidagi baholash turlari o'tkaziladi:

oraliq baholash (OB) - semestr davomida talabaning 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 talabaning 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.

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 qoyish yoki oldin qoyilgan ballarni bekor qilishga asos bo'ladi.

Baholashlar boyichao'tkazilgan yozma ishlar 6 oy saqlanadi va muddato'tganidanso'ngor'natilgan tartibda yoqqilinadi.

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.

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.

Oliy ta'lim muassasasi raxbarining buyrug'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**

Talabalarning fanlarni o'zlashtirishi 5 ballik tizimda baholanadi.

Malakaviy amaliyot, fan (fanlararo) davlat attestatsiyasi, bitiruv malakaviy ishi, shuningdek magistraturada ilmiy-tadvtot va ilmiy-pedagogik ishlar hamda magistrlik dissertatsiyasi boyicha talabalar o'zlashtirishi ham 5 ballik tizimda baholanadi.

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.

Namunaviy mezonlar asosida kafedra tomonidan muayyan fandan baholash mezonlari ishlab chiqiladi va talabalarga e'lon qilinadi.

Baholash turlari boyicha 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**

Talabalarni amaliy mashg'ulotlarga to'la qatnashib, fanning turli bo'limlari boyicha 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 boyicha 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.

**Laboratoriya mashg'uloti.** Laboratoriya mashg'ulotlari rejadagi mavzular boyicha bajarilishi 5 balli tizimda baholanadi. Baholarni o'rtachlashtiriladi. Topshirilgan laboratoriya ishlari soni 10 tadan kam bo'lmasligi kerak.

Laboratoriya ishi quyidagicha baholanadi:

mavzu boyicha nazariy savollarga to'g'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 boyicha nazariy savollarga to'g'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 boyicha nazariy savollarga qisman berilsa, laboratoriya ishini to'g'ri bajarsa, bajarilgan ish hisoboti yozishda va hulosa chiqarishda kamchiliklar bo'lsa – 3 ball.

mavzu boyicha 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.

\*Talabalarning mustaqil ishi (TMI) sifatida har bir tanlangan mavzu boyicha 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 boyicha 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.

### **Foydalaniladigan o'quv adabiyotlar royxati**

#### **Asosiy adabiyotlar**

1. Yaskolko V.Y., Otajonov Sh., Muxamedxanova SH. Fizicheskaya optika. T 1999.
2. Ayvazova A.A., Valiev U.V., Muxamedxanova SH., Otajonov SH., Yaskolko V.Y. Spesraktikum po optike i spektroskopii T.2005.
3. Zvelto O. Prinsip lazerov /Per. pod nauch. red. T. A. Shmaonova. 4-e izd. — SPb.: Izdatelstvo «Lan», 2008. — 720 s.
4. Kaliteevskiy N.I. Volnovaya optika M. 2006.
5. M.M.Mirinoyatov. “Lazerlar fizikasi va texnikasi” T.Universitet, 2009, 92 6.

#### **Qo'shimcha adabiyotlar**

1. Apenko M.I., Dubovik A.S. Prikladnaya optika. M.1971 g.
2. Zaydel A.N., Ostrovskaya G.V., Ostrovskiy Y.I. 3. Texnika i praktika spektroskopii. M.1976.
3. Krestov G.A. Ionnaya solvatatsiya M. 1987
4. Nagibina I.M., Prokofev V.K. Spektralnie pribori texnika spektroskopii M.1963.
5. Klimokgovich Y.A. Kvantoviy generatora sveta i nelineynaya optika. «Prosveshenie», 1968.
6. Ishenko Ye.F., Klimov Y.M. «Opticheskie kvantovie generatora», Sov.Radio, 1968.
7. A. Yariv. Kvantovaya elektronika i nelineynaya optika. Sov.Radio, 1974.
8. Axmanov S.A., Nikitin S.Y. Fizicheskaya optika. Izdatelg'stvo. M. «Nauka», 2004
9. Shei M.R. Prinsip nelineynoy optika. M. «Nauka», 1989.

## Elektron manbalar

1. Ilmiy jurnallar [www.infomag.ru](http://www.infomag.ru)
2. [www.cta.ru](http://www.cta.ru) – sovremennaya texnika avtomatizatsii
3. <http://www.colorado.edu/physics/2000/lasers/index.html> Lazerlar, ishlash printsiipi, animatsiyalar.

## TEST SINOVLARI UCHUN SAVOLLAR

1. Yorug'lik nuri to'g'risidagi to'g'ri fikrni toping.
  - A) Yorug'lik nuri ham to'lqin, ham zarracha
  - B) Yorug'lik nuri bu to'lqindir
  - C) Yorug'lik nuri zarrachadir
  - D) Yorug'lik nuri elektronlar oqimi sifatida tarqaladi
2. Yorug'likning qaytish qonuniga ta'rif bering.
  - A) Tushgan nur, qaytgan nur va shu tushish nuqtasiga o'tkazilgan normal bir tekislikda yotadi va tushish burchagi qaytish burchagiga teng bo'ladi
  - B) Qaytish burchagi tushish burchagiga teng bo'ladi, ular bir tekislikda yotmaydi
  - C) Tushish burchagi sinish burchagiga teng bo'ladi va ular bir tekislikda yotmaydi
  - D) Qaytgan nur yo'nalishi tushgan nur yo'nalishiga qarama-qarshi va ular normal bilan bir xil burchak hosil qiladi.
3. Chegaraviy burchak deb qanday burchakka aytiladi?
  - A) Chegaraviy burchak deb - sinish burchagi 90 ga teng bo'lgandagi tushish burchagiga aytiladi
  - B) Sinish burchagi 45 bo'lgandagi tushish burchagiga aytiladi
  - C) Yorug'likning to'la qaytgandagi qaytish burchagiga aytiladi
  - D) Tushish burchagi qaytish burchagidan kichik bo'lgandagi sinish burchagiga aytiladi
4. Yorug'lik oqimi birligi qanday birlikda o'lchanadi?

- A) Lyumen
- B) Steradian
- C) Kandella
- D) Nit

5. Energiya oqimi zichligi vektori Umov - Poyting vektori qaysi formulada to'g'ri ifodalangan?

- A)  $S = (C/4\pi) [EH]$
- B)  $S = (4\pi/C) [EH]$
- C)  $S = (C/H)[E 4\pi]$
- D)  $S = VE^2/4\pi$

6. Elektromagnit to'lqinlar muhitda qanday  $v$  tezlik bilan tarqaladi?

- A)  $v = c/n$  tezlik bilan
- B)  $v = n/c$  tezlik bilan
- C) Yorug'lik nurining vakumdagi tezligidan katta tezlikda tarqaladi
- D) Vakumdagi tezligiga teng tezlikda tarqaladi

7. Yorug'lik qutblanganligini tekshiruvchi qurilma qanday nomlanadi?

- A) Analizator
- B) Polyarizator
- C) Prizma
- D) Fotometr

8. Tabiiy nurni qutblangan nurga aylantiruvchi qurilma nomi?

- A) Polyarizator
- B) Shisha prizma
- C) Fotometr o'tkazgich
- D) Analizator

9. Malyus formulasini ko'rsating?

- A)  $I = I_0 \cos^2 \alpha$

- B)  $I_0 = I \cos^2 \alpha$
- C)  $W = I/I_0 \sin^2 \alpha$
- D)  $W = I_0/I \cos^2 \alpha$

10. Kogerent to'lqinlar qanday to'lqinlar?

- A) Fazalar farqi doimiy va chastotasi o'zgarmas bo'lgan to'lqinlarga aytiladi
- B) To'lqin uzunligi o'zgarmas bo'lgan to'lqinlarga aytiladi
- C) Chastotasi o'zgarmas bo'lgan to'lqinlarga aytiladi
- D) Doimiy fazaga ega bo'lmagan to'lqinlarga aytiladi

11. Kogerent to'lqinlar qanday to'lqinlar?

- A) Fazalar farqi doimiy va chastotasi o'zgarmas bo'lgan to'lqinlarga aytiladi
- B) To'lqin uzunligi o'zgarmas bo'lgan to'lqinlarga aytiladi
- C) Chastotasi o'zgarmas bo'lgan to'lqinlarga aytiladi
- D) Doimiy fazaga ega bo'lmagan to'lqinlarga aytiladi

12. To'lqinlar interferensiyasi deb nimaga aytiladi?

- A) Kogerent bo'lgan to'lqinlar qo'shilganda bir - birini kuchaytirishi yoki susaytirishiga aytiladi
- B) Kogerent bo'lmagan to'lqinlar qo'shilishiga aytiladi
- C) Kogerent to'lqinlar qo'shilganda bir - birini o'chirishiga aytiladi
- D) Kogerent to'lqinlar qo'shilganda bir - birini kuchaytirishiga aytiladi

13. Difraksiya hodisasi deb nimaga aytiladi?

- A) Yorug'lik nurining to'siqlarni aylanib o'tishiga aytiladi
- B) Yorug'lik nurining kristall panjaradan o'tishiga aytiladi
- C) Yorug'lik nuriga qo'shib bir biriga halaqit bermay o'tishiga aytiladi
- D) Nurlarning kuchayib, bir - birini yo'qotishiga aytiladi

14. Dispersiya hodisasi deb nimaga aytiladi.

A) Yorug'lik nuri prizmadan o'tganda prizmaning orqa tomonida kamalak rangga boyalgan yorug' nurlar hosil bo'lishiga aytiladi

B) Yorug'lik nurining qutblanishi

C) Yorug'lik nurining kuchayishi

D) Yorug'lik nurining ikkilanib sinishi

15. Normal dispersiya nima?

A) Chastota oshganda sindirish ko'rsatkichi oshsa

B) To'lqin uzunligi oshsa sinish ko'rsatkichi o'zgarmas bo'lsa

C) Chastota kamaysa sindirish ko'rsatkichi oshsa

D) Chastota oshsa sindirish ko'rsatkichi kamaysa

16. Buger - Ber qonuni qaysi formulada to'g'ri ifodalangan?

A)  $I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot d}$

B)  $I_0 = I \cdot e^{-\mu \cdot d}$

C)  $A = A_0 \cdot \mu \cdot d$

D)  $A_0 = A \cdot \mu \cdot d$

17. Spektr deb nimaga aytiladi?

A) Biror yorug'lik manbai nurlanishining to'lqin uzunliklari boyicha taqsimlanishiga aytiladi

B) Intensivlikning chastotaga teng bo'lgandagi qiymatiga aytiladi

C) Elektromagnit to'lqinlarning energiya boyicha taqsimotiga aytiladi

D) Energiya va chastotaning aynan teng bo'lganligiga aytiladi

18. Gyuygens prinsipining mohiyati qanday?

A) To'lqin fronti yetib borgan har bir nuqta ikkilamchi to'lqin manbai bo'la oladi

B) To'lqin tarqalishi mobaynida intensivligi oshib borishiga aytiladi

C) To'lqin tarqalishi yo'nalishida to'lqin uzunligining oshib borishiga aytiladi

D) To'lqin fronti yetib borgan nuqtalar to'plami qo'zg'almasdir

19. Difraksion panjaraning ajrata olish qobilyati R ni toping?

A) $R=mN$

B) $R=m-N$

C) $R=m+n$

D) $R=(U/m)+N$

20. Fotoeffekt nima?

A)Yorug'lik nuri ta'sirida metallardan elektronlarning ajralishi

B)Quyosh nurlarining muhitda to'la yutilishi

C)Elektr toki ta'sirida metallarning qizishi

D)Maydonlar perpendikulyarligi isbotlovchi jarayon

21. Fotoeffekt nima?

A)Yorug'lik nuri ta'sirida metallardan elektronlarning ajralishi

B)Quyosh nurlarining muhitda to'la yutilishi

C)Elektr toki ta'sirida metallarning qizishi

D)Maydonlar perpendikulyarligi isbotlovchi jarayon

22. Fotoeffekt uchun Eynshteyn formulasini ko'rsating?

A) $h\nu=mv^2/2+A$

B) $E=h\nu+A$

C) $A=m\lambda/2+ v$

D) $h\nu=A= \lambda/2$

23. Fluktuasiya nima?

A)Fizik kattaliklarning o'rtacha qiymatidan chetlanish

B)Moddalarning o'rtacha massalarining saqlanishi

C)Suyuq holatdan qattiq holatga o'tish

D)Qattiq holatdan suyuq holatga o'tish

24. Golografiya nima?

A)Yorug'likning difraksiya va interferensiya hodisasiga asoslanib

buyumning xajmiy (3 o'lchamli) tasvirini olish

B) To'lqinlar interferensiyalari haqida to'liq ma'lumot beradi

C) Jismlarning ikki o'lchamli shakllarini chizadi

D) Linza va mikroskoplarni kattalashtirish koeffitsiyentini ifoda-laydi

25. Lazer nurlanishiga tegishli ajoyib xususiyatlar qaysilar?

A) Faqat vaqt va fazoda kogerent, qat'iy monoxromatik quvvati katta, dasta kengli o'zgarmas

B) O'zgaruvchan chastotali, nomonoxromatik, energiyasi katta

C) Dastasining diametri katta, intensivligi o'zgarmas

D) Faqat vakuumda tarqala oladigan o'zgaruvchan to'lqin uzunlikka ega nurlar.

26. Qaysi rangdagi nur prizmada eng katta burchakka og'adi.

A) binafsha;

B) yashil;

C) qizil;

D) ko'k;

27. Qoyidagi keltirilgan nurlarning qaysi biri eng katta chastotaga ega.

A) rentgen nurlari;

B) infraqizil nurlar;

C) ko'zga ko'rinadigan yorug'lik nuri;

D) ultrabinafsha nurlar;

28. Normal ko'z uchun eng yaxshi ko'rish masofasi qanchaga teng?

A) 25 sm;

B) 15 sm;

C) 20 sm;

D) 45

29. Yorug'lik bir muxitdan ikkinchi muxitga o'tganda uning qaysi parametrlari o'zgarmasdan qoladi.

A) chastota;

B) to'lqin uzunligi;

C)tarqalish tezligi;

D)intensivligi;

30. Dispersiya necha turga bo'linadi ?

A)2;

B)4;

C)6;

D)7;

## TARQATMA MATERIALLAR

Mashg'ulotlar yuzasidan talabalarning bilimlarini baholash(B.B.B. usuli)uchun tarqatma material

№	Asosiy tushunchalar va savollar	Bilaman "+"	Bildim "+"
		BBilmayman "-"	Bilaolmadim "-"
1	Spektral qurilmalarni klassifikatsiyasi.		
2	Spektral qurilmalarning asosiy xarakteristikalar.		
3	Spektral qurilmalarning Optik sxemalari va ishlash tamoillari.		
4	Spektral Chiziqlar kengligini tushuntirib bering.		
5	Murakkab tebranishlarning spektral Yoyilishi.		
6	Prizmalı spektral qurilmalar. Difraksion panjarali spektral qurilmalar. Ularni farqlari va amaliyotda ishlatilishi.		

№	Asosiy tushunchalar va savollar	Bilaman "+"	Bildim "+"
		BBilmayman "-"	Bilaolmadim "-"
1	Yorug'lik filtrlarining umumiy xossalari..		



2	Absorbsion, interferension va boshqa turdagi yorug'lik filtrlari.		
3	Ularni asosiy xarakteristikalarini.		
4	Spektral Chiziqlar kengligini tushuntirib bering.		
5	Yorug'lik filtrlarini amaliyotda qo'llanishi		

<b>№</b>	<b>Asosiy tushunchalar va savollar</b>	<b>Bilaman "+" BBilmayman "-"</b>	<b>Bildim "+" Bilaolmadim "-"</b>
1	Apparat funksiyasining taqsimoti.		
2	Lorens va Gauss taqsimotlari.		
3	Optik tadqiqotlarda apparat funksiyaning ta'sirini e'tiborga olish va uning zamonaviy usullari.		
4	Spektral Chiziqlar kengligini tushuntirib bering.		
5	Yorug'lik filtrlarini amaliyotda qo'llanishi		

<b>№</b>	<b>Asosiy tushunchalar va savollar</b>	<b>Bilaman "+" BBilmayman "-"</b>	<b>Bildim "+" Bilaolmadim "-"</b>
1	Fabri-Pero interferometri.		
2	Absorbsion, interferension va boshqa turdagi yorug'lik filtrlari.		
3	Ularni asosiy xarakteristikalarini.		
4	Spektral Chiziqlar kengligini tushuntirib bering.		
5	Asosiy xarakteristikalarini.		
6	Ajrataolish qobiliyati.		
7	Fabri-Pero interferometrini spektral qurilmalarida ishlatilishi.		
8	Yorug'lik filtrlarini amaliyotda qo'llanishi		

9	Fabri-Pero interferometri yordamida nozik jarayonlarni qayd qilish.		
10	Yorug'likning Reley sochilishi.		
11	Mandelstamm-Brillyuen komponentalari.		

<b>№</b>	<b>Asosiy tushunchalar va savollar</b>	<b>Bilaman "+" BBilmayman "-"</b>	<b>Bildim "+" Bilaolmadim "-"</b>
1	Fure-spektrometr		
2	Absorbsion, interferension va boshqa turdagi yorug'lik filtrlari.		
3	Ularni asosiy xarakteristikalar.		
4	Spektral Chiziqlar kengligini tushuntirib bering.		
5	Yorug'lik filtrlarini amaliyotda qo'llanishi		
6	Selektiv amplitudaviy, chatotaviy va modulyatsiyali interferension spektrometrlar.		

<b>№</b>	<b>Asosiy tushunchalar va savollar</b>	<b>Bilaman "+" BBilmayman "-"</b>	<b>Bildim "+" Bilaolmadim "-"</b>
1	Nurlanish manbalarini turlari.		
2	Absorbsion, interferension va boshqa turdagi yorug'lik filtrlari.		
3	Ularni asosiy xarakteristikalar.		
4	Spektral Chiziqlar kengligini tushuntirib bering.		
5	Yorug'lik filtrlarini amaliyotda qo'llanishi		
6	Optik tadqiqotlarda nurlanish manbalariga qo'yiladigan talablar.		
7	Optik kvant generatorlari-lazerlar.		

<b>8</b>	Chiziqli (uzlukli) va uzluksiz spektrlar tarqatuvchi yorug'lik manbalari.		
<b>9</b>	Issiqlik nurlanishi xisobiga xosil bo'ladigan spektrlar.		
<b>10</b>	Issiqlik nurlanishi energiyasining to'lqin uzunlik va chastotaga bog'lanishi		

<b>№</b>	<b>Asosiy tushunchalar va savollar</b>	<b>Bilaman "+" BBilmayman "-"</b>	<b>Bildim "+" Bilaolmadim "-"</b>
<b>1</b>	Fotografik, fotoelektrik va boshqa qayd qilish usullari.		
<b>2</b>	Absorbsion, interferension va boshqa turdagi yorug'lik filtrlari.		
<b>3</b>	Ularni asosiy xarakteristikalarini.		
<b>4</b>	Spektral Chiziqlar kengligini tushuntirib bering.		
<b>5</b>	Yorug'lik filtrlarini amaliyotda qo'llanishi		
<b>6</b>	Absorbsion, interferension va boshqa turdagi yorug'lik filtrlari ni farqi va afzalliklari.		
<b>7</b>	Fotopriyomniklarning spektral sezgirliklari.		

<b>№</b>	<b>Asosiy tushunchalar va savollar</b>	<b>Bilaman "+" BBilmayman "-"</b>	<b>Bildim "+" Bilaolmadim "-"</b>
<b>1</b>	Noma'lum spektrlarning to'lqin uzunligini aniqlash.		
<b>2</b>	Absorbsion, interferension va boshqa turdagi yorug'lik filtrlari.		
<b>3</b>	Ularni asosiy xarakteristikalarini.		
<b>4</b>	Spektral Chiziqlar kengligini tushuntirib bering.		

5	Yorug'lik filtrlarini amaliyotda qo'llanishi		
6	Spektrlarning intensivligini, spektral tarkibini aniqlash. Bu usullarni amaliyotda qo'llanilishi (spektral tadqiqotlar, geologiya, meditsina, biologiya va boshqa soxalarda).		

<b>№</b>	<b>Asosiy tushunchalar va savollar</b>	<b>Bilaman "+" BBilmayman "-"</b>	<b>Bildim "+" Bilaolmadim "-"</b>
1	Atom va emmission spektral analiz.		
2	Absorbsion, interferension va boshqa turdagi yorug'lik filtrlari.		
3	Ularni asosiy xarakteristikalar.		
4	Spektral Chiziqlar kengligini tushuntirib bering.		
5	Yorug'lik filtrlarini amaliyotda qo'llanishi		
6	Fluorescent va absarbsion analizlar.		
7	Izatop spektral analizi.		

	<b>Asosiy tushunchalar va savollar</b>	<b>Bilaman "+" BBilmayman "-"</b>	<b>Bildim "+" Bilaolmadim "-"</b>
1	Infraqizil spektroskopiY.		
2	Absorbsion, interferension va boshqa turdagi yorug'lik filtrlari.		
3	Ularni asosiy xarakteristikalar.		
4	Spektral Chiziqlar kengligini tushuntirib bering.		
5	Yorug'lik filtrlarini amaliyotda qo'llanishi		
6	Yorug'likning molekulyar va kombinatsion sochilish spektrlari yordamida moddalarning xususiyatlarini o'rganish.		

7	Lyuminessensiya spektrlari yordamida o'rganish.		
8	Yorug'lik sochilishining nozik strukturasi va uni tajribada aniqlash.		
9	Miqdoriy spektral va lyuminescent analizlari.		
10	Radiospektroskopiya usul bilan muxitlarni o'rganish (EPR, YamR)		

№	Asosiy tushunchalar va savollar	Bilaman "+"	Bildim "+"
		BBilmayman "-"	Bilaolmadim "-"
1	Atmosferadagi aerzollarni lazer lokatorlari yordamida aniqlash.		
2	Absorbsion, interferension va boshqa turdagi yorug'lik filtrlari.		
3	Ularni asosiy xarakteristikalarini.		
4	Spektral Chiziqlar kengligini tushuntirib bering.		
5	Yorug'lik filtrlarini amaliyotda qo'llanishi		
6	Ekologik muammolar va spektroskopik metodlar		
7	Ichimlik suvlarini tarkibini o'rganish.		
8	Mavjud elementlar tarkibi va miqdorini optik usullar yordamida aniqlash.		

№	Asosiy tushunchalar va savollar	Bilaman "+"	Bildim "+"
		BBilmayman "-"	Bilaolmadim "-"
1	Spektroskopik usullar		

<b>2</b>	Spektroskopik usullar bilan moddalarning tuzulishini va ularda sodir bo'luvchi jarayonlarni o'rganish		
<b>3</b>	Spektroskopik usullar. Ularni asosiy xarakteristikalarini.		
<b>4</b>	Spektral Chiziqlar kengligini tushuntirib bering.		
<b>5</b>	Yorug'lik filtrlarini amaliyotda qo'llanishi		

## MARUZA MASHG'ULOTLARI

**1-Ma'ruza. Amaliy optika fanining rivojlanish tarixi va boshqa bo'limlari bilan bog'liqligi. Fanni o'rganishdagi muammolar, uslubiy ko'rsatmalar. Amaliy optika fanining fizika bo'limlari va boshqa tabiiy fanlarni o'rganishdagi o'rni. Zamonaviy spektroskopik va molekulyar optika tadqiqotlarini amaliyotga, fan va texnika soxalariga tatbiqi. Lazerlarning funksional sxemasi, ularni hozirgi zamon fan va ishlab chiqarishdagi o'rni. Fanning vazifalari.**

### Reja:

1. Amaliy optika fanining rivojlanish tarixi va boshqa bo'limlar bilan bog'liqligi.
2. Fanni o'rganishdagi muammolar, uslubiy ko'rsatmalar.
3. Amaliy Optika fanining fizika bo'limlari va boshqa tabiiy fanlarni o'rganishdagi o'rni. Optika qonunlarini amaliyotga, fan va texnika sohalariga tadbiqi.
4. O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi ilmiy tadqiqot institutlari hamda oliy o'quv yurtlari ilmiy laboratoriyalarida optika va spektroskopiya sohasi boyicha fan yutuqlari va internet yangiliklari. Fanning vazifalari.

*Tayanch so'z va iboralar: Optika so'zining kelib chiqishi, To'lqinlar, Optik diapazon to'lqinlari, Spektrning hosil bo'lishi, Guk yorug'ligini to'lqin nazaryasi*

Amaliy optika, optika fanining mantiqiy davomi bo'lib, fizikaviy jarayonlarni optik usullar bilan qayd qilish imkoniyatlarini ochib beruvchi fan xisoblanadi. Ma'lumki fizika fanining barcha sohaları oldidagi asosiy vazifalardan biri moddalarning (muxitlarning) uch agregat xolati hisoblangan (plazmadan tashqari) gaz, suyuq (yumshoq) va qattiq jismlarning xossalarini (strukturalarini) o'rganishga qaratilgan. Ayniqsa atom va molekulalarning tashqi ta'sir –temperatura, bosim kabi o'zgarishlar bilan bog'liq fizik qonuniyatlarini tadqiq qilish dolzarb masalalardan iborat.

Amaliy optika fanining tarixi va boshqa bo'limlar bilan bog'liqligi. Fanni o'rganishdagi muammolar, uslubiy ko'rsatmalar. Amaliy optika fanining fizika bo'limlari va boshqa tabiiy fanlarni o'rganishdagi o'rni. Zamonaviy spektroskopik va molekulyar optika tadqiqotlarni amaliyotga, fan va texnika sohalariga tadbiqi. Ma'lumki "Fizika" so'zi grekcha physis so'zidan olingan bo'lib-tabiat demakdir. Qadimgi grek olimi Aristotelning bizning eramizgacha III-asrda yozilgan buyuk asari ana shunday nomlangan. Tabiat haqidagi bu asarning ichida geometriya, astronomiya, dehqonchilik, meditsina, botanika, geografiya va haokzo fanlarga oid ma'lumotlar kiritilgan.

Vaqt o'tishi bilan bu fanlar fizikadan ajralib chiqdi. Bizni o'rab olgan dunyo moddiydir: U doimiy mavjud bo'lgan va uzluksiz harakatlanuvchi materiyadan iboratdir. Materiya harakatini turli tuman formulalarini turli fanlar, jumladan fizika ham o'rganadi. Fizika materiya harakatining eng sodda va shu bilan birga eng umumiy shaklini o'rganadi: mehanik, atom molekulyar, gravitatsion,

elektromagnit, atom va yadro ichidagi jarayonlardir. Fizikaviy harakat shaklining bu ko'rinishlari boshqa fanlar o'rganadigan materiyani harakat shakllari asosini tashkil etadi. Masalan: biologiya fani o'rganadigan organizmlarning hayot faoliyati jarayonlarida hamma vaqt mehanik, elektr, atom ichki va boshqa fizik jarayonlar bo'ladi. Shuni o'zi fizika tabiat hodisalarini umumiy qonuniyatlarini o'rganadi va boshqa fanlar bilan uzviy bog'liq. Fizika fani keyingi 200 yil davomida bo'limlarga bo'lindi. Hozirga kelib mehanika, molekulyar fizika, elektromagnitizm, optika, atom va yadro fizikasi hamda elementar zarrachalar fizikasi bo'limlariga ajraldi. Bu bo'limlar ichida optika bo'limi eng qadimiy va dolzarb bo'limlardan biridir. Optika yorug'lik tushunchasi va ko'rish tushunchasi bilan bog'liq. Optika-grekcha (optikos) so'zidan olingan bo'lib (ko'rish) degan ma'noni anglatadi. Optika-fizikaning yorug'likning tabiati, yorug'lik hodisalarining qonuniyatlari va yorug'likning modda bilan o'zaro ta'siri jarayonlarini o'rganadigan bo'limdir. Optika yorug'lik haqidagi ta'limot, yorug'lik esa ko'rish sezgilarini uyg'otadigan, sababchisidir- deb ta'riflanadi.

Optika sohasidagi ko'p yillik izlanishlar va elektromagnit maydon haqidagi ta'limot taraqqiyoti yorug'likni elektromagnit nazariyani qaror topishiga olib keldi, bu nazariyaga ko'ra yorug'lik vakuumda  $c=299,793$  km/s tezlik bilan tarqaluvchi, tez o'zgaruvchan elektromagnit maydondan iborat ekan. Elektromagnit to'lqinlar shkalasida uning to'lqin uzunligi  $\lambda=0\div\infty$  gacha bo'ladi, lekin shundan juda bir kichik ulushi  $\lambda=0,4\div0,76$  mkm interval ko'zga ko'rinadigan, aniqrog'i inson ko'ziga ko'rinadigan, qismi yorug'likka to'g'ri keladi. Lekin optika bu chegara bilan chegaralanib qolmaydi, chunki ko'zga ko'rinadigan nurlardan tashqari ultrabinafsha, infraqizil, gamma, radionurlar ham optika qonunlariga boysunadi. Turli-tuman optik asboblari, (optika qonunlari asosida ishlaydigan)  $\lambda=0,1$  A<sup>0</sup>-1 sm diapazonda ishlaydi. Shuning uchun hozirga kelib optik diapason uchun  $\lambda=0,1$  A<sup>0</sup>-1 sm gacha elektromagnit to'lqinlar shkalasini olish mumkin. Qadimdan ma'lumki har qanday hodisalarni qonuniyatlarini ochish, shu jarayonni yaxshi o'rganish bilan birga, uni inson ehtiyojlari yo'lida foydalanish, shu jarayonni kelajagi to'g'risida oldindan bilish qiziqarli bo'lib kelgan. Shunday ekan optika fanini o'rganish qadimdan qiziqarli bo'lib kelgan va uni qonunlarini amalda tushunishda, tehnika va fanni rivojlanishida foydalanganlar.

Qadimgi asrlar (eramizgacha) dan boshlab optika, yorug'lik haqidagi ta'limotning rivojlanishi bilan birga "amaliy optika" ham asta-sekin rivojlana boshladi. Masalan grek filosofi va matematigi Pifagor fikricha ko'zdan buyumga qarab qaynoq bug'lanishlar chiqadi va shu asosda ko'rish sezgisi uyg'onadi deydi. Bu fikrni Evklid (Era. Avv 300yil) "Ko'rish nurlari nazariyasi" asosida davom ettirdi. Bu nazariyaga asosan ko'zdan ko'rish nurlari tarqalib ularni uchlari buyumga tegadi va ko'rish sezgisi paydo bo'ladi. Evklid yorug'likni to'g'ri chiziq boylab tarqalish asoschisidir. Bu bilan birga optikani geometriya bilan qanchalik bog'liq ekanligini anglash mumkin. Evklid ko'zgulardan yorug'likni qaytish qonunini yaratadi. Ptolomey (er.70-147yil) yorug'likni sinishini o'rganadi va yoritgichlardan keladigan nurlar atmosferada sinib yorug'likni holatini o'zgartiradi degan. Arximed (er.avv.287-212 yillar) botiq ko'zgulardan yordamida quyosh yorug'ligini to'plab Rim



kemalariga yo'naltirgan va dushman flotini yondirib yuborganligi aytiladi. Atomistikani asoschisi Demokrit (er.avv.460-370Yil) "buyumlaardan chiqayotgan mayday atomlar ko'z sirtiga kelib tushadi va ko'rish sezgisi paydo bo'ladi" degan. Aristotel (er.avv.384-322) Ko'roish sezgisini sababi inson ko'zidan tashqarida yotadi, buyum va ko'z orasidagi muhitga ham bog'liqligini ilgari suradi. Bu qadimgi qarashlar aniq tajribalarga tayangan bo'lsa ham keyingi rivojlanishiga katta ta'sir qildi. Arab fizigi Al'xazen (1038yil) yorug'likni sinish qonunlariga asos slogan, buyumlar yorug'lik nurlari chiqaradi degan muloxazalarni yorug'likni chekli tezlik bilan tarqalishini aytgan. Bekon (1214-1294) botiq qavariq ko'zgul va linzalarni o'rganib, yig'uvchi linzalar yordamida zaif ko'radigan ko'zlarga yordam berishni aytgan va ko'zoynakka asos solindi.

G'arbiy Yevropa uchun feodalizmdan kopitalizmga o'tish davri, Ekonomika, ishlab-chiqarishda fan va tehnika jonlanish davridir. Bu davrda kolomb tomonidan Amerikani ochishi, Kopernik tamonidan dunyoning geliosentrik sistemani ochilishi, umumiy progressiv dunyoqarovchilarning cherkov Sxolistik qarashlari bilan kurashi kuchaydi. Ilm fan sohasida tabiatni o'rganganini eksperimental usuli ustun kela boshladi. Frantsisk Movolik (1494-1575y) ko'zoynakni ta'sirini yetarli darajada to'g'ri tushuntiradi. Ko'z gavhari, qorachig'ida nurlarni yetarli normal sinmasligida yaqindan va uzoqdan ko'rar ko'zlar bo'lishini va linzalar yordamida turli xil ko'zoynaklar yasash mumkinligini tushuntirdi. Italiyalik Port 1589-yil fotoaparatning kamerasini kash qiladi. Mikroskop 1590-yil Golland optik-masteri Zaxariy Yansen tamonidan ixtiro qilingan. Ko'rish trubalari Golland optiklari Zaxariy Yansen, Yakov va Gans Lepperslar tamonidan 1608-1610-yillar yasalgan. Bu optik asboblarni kashf qilinishi o'z navbatida astronomiya va biologiyada yirik kashfiyotlarga olib keldi. Galiley ko'rish trubinasini takomillashtirdi va uni astronomiyaga qo'lladi. Uni ko'rish trubinasi kattalashtirishi 30 ga teng bo'lib, oldingilardan ancha katta edi.

Galiley o'zi yaratgan ko'rish trubinasi yordamida Oy sirtidagi tog'lar, kraterlarni, ko'ra oldi. Yupiter planetasini yo'ldoshlarini, somon yo'lidagi yulduzlarni tuzilishini o'rgandi. Yorug'likni tezligini o'lchashga urindi. Quyosh dog'larini kuzatgan. Pater Sheyner ko'rish trubinalarini takomillashtirib, quyosh fakellari, dog'lari ustida ishlab ko'rish trubinasini takomillashtirib akulyarni o'zgartirib proyeksion apparatga aylantirdi. 1618-1663-yillar Grimol'di tamonidan difraksiya kashf qilindi. Quyoshda kelayotgan nurlar yo'lga ikkita turkumli ekran qoyib uni tasviri qorong'i va oq yo'llar hosil bo'ladi. Shu bilan yorug'lik interferensiyasiga asos solindi. Bu hodisalar yorug'likni to'lqinsimon harakat deb qarashga olib keldi. Yorug'lik ranglari oq yorug'likni tarkibi deb ataydi. Shundan keyin optika sohasida yorug'lik tabiatini o'rganishga jadal kirishildi va eksperimental tadqiqotlar olib borildi. Yorug'lik tabiati haqida bir-biriga qarama-qarshi ikki xil qarash tendensiyasi yuzaga keldi. XVII-XVIII asrda Nyuton tamonidan yaratilgan yorug'lik tabiati haqida korpuskulyar va Gyugens tamondan to'lqin nazariya maydonga keldi. Buyuk ingliz fizigi Isaak Nyuton tamonidan 1666 yilda qilingan tajriba, prizma yordamida oq yorug'likni ranglarga ajratish (dispersiya hodisasi) kashf qilindi. Oq yorug'lik prizmadan o'tib cheksiz ranglar hosil qilishiga uzluksiz spektr hosil bo'lishini

o'rgandi. Bu tajribani teskarisini ham qilib ko'rdi. Turli ranglardagi nurlarni linzalar yordamida yig'ganda oq yorug'lik kelib chiqdi. Oq yorug'lik murakkab yorug'likdan iborat ekanligini kashf qildi. Buyumni rangi oq yorug'lik tushganda undan qaytadigan rang bo'lib ko'rinadi, boshqa ranglar esa yutiladi.

Yorug'likni difraksiyasi va interferensiyasi ustida ham ishlab "Nyuton xalqalari"ni kashf qildi, bu esa yorug'lik tabiati haqida miqdoriy munosabatlarni aniqlashga imkoniyat tug'ildi. Nyuton yorug'lik nurlanuvchi jismlardan tarqaluvchi haddan tashqari mayday zarrachalardan iborat –deb qaragan. Nyuton yorug'likni korpuskulyar nazariyasini asoschisidir.

Nyuton yorug'lik zarrasi turli o'lchamlarga ega, qizilyorug' yirikroq, binafsha maydaroq zarralardan iborat deb qaragan. Buni "Oqish nazariyasi" – deb atadi. Oqish nazariyasi yorug'likni turli chiziq boylab tarqalishini tushuntira olgan, lekin yorug'likni qaytish, sinishini difraksiyasi interferensiyasini to'g'ri tushuntirishda qiyinchilikka uchradi. Bu nazariya XIX asrni birinchi choragigacha hukmron bo'lib keldi. Ingliz fizigi Robert Guk (1635-1703yil) va Gollandiyalik Xristian Gyugens (1629-1695) yorug'likni to'lqin nazariyasini ishlab chiqdilar. Guk yo'rug'lik manbaini o'rab olgan efir fazada tarqaluvchi sferik to'lqinlar, impulslar, ko'ndalang to'lqinlar- deb qaragan keyinchalik uni Frenel qo'llab-quvvatlagan. Gyugens o'zini "prinspini" yaratdiki bu prinsp to'qinlar kinematikasini analiz qilishga va qonunlar yaratishga yordam berdi. To'lqinlarni sinish qonunini va kristallarda ikkilanib sinishini ham tushuntiradi. Kristallarda qutblanish hodisasini ochdi. Gyugens yorug'likni efirmuhitida atrqaluvchi boylama to'lqin deb qaragan. Ranglarni to'g'ri chiziq boylab tarqalishini tushuntira olmadi. Ya'ni Gyugens nazarida Nyuton nazariyasiga butunlay qarshi turolmadi.

Daniyalik olim Olaf Remer (1675) yorug'lik tezligini Yupiter yo'ldoshlari tutilishidan o'lchagan. 1728-yilda ingliz astronomi Jems Bradley ham yulduzlar aberasiyasiga qarab aniqlagan. Bu davrga kelib spektrni o'rganishga e'tibor kuchaydi. Shved ximigi 1777 yilda infraqizil nurlarni topdi. Inliz astronomi Vilgelm Gershel (1800) yil spektrni qizil chegarasidan o'tganda termometr ko'tarilishidan spektrni ko'zga ko'rinmaydigan qismiga ham yorug'likka o'xshash nurlar borligini payqadi va yoritkichlar spektrini o'rganib, ularni spektr diagrammalarini tuzdi. 1801-yil Nemis fizigi Ritter ultrabinafsha nurlarni topdi. Yorug'lik tog'risida yagona nazariya yo'qligi bu kashfiyotlarni tushuntira olmadi. XIX asrda fizika tarixida to'lqin nazariyani g'alabasi buyuk voqea hisoblanadi. Ingliz fizigi Tomas Yung 1802-yilda to'lqinlar interferensiyasi haqida qoidalarni ishlab chiqdi. Yupqa plastinkada ranglar, Nyuton xalqalarini tushuntirib berdi. U yorug'likni boylama to'lqin deb qaradi. Yorug'likni to'lqin nazariyasi g'alabasi buyuk Fransuz fizigi Frelel (1788-1827) nomi bilan bog'liq. U Gyugens nazariyasi va T. Yung interferensiya prinsplariga tayanib difraksiyani izchil matematikaviy nazariyasini yaratdi. Frenel va uning yaqin safdoshi Arogo (1786-1858y) qator tajribalar o'tkazib yorug'likni ko'ndalang to'lqin ekanligini isbot qildilar. Lekin shu paytda olimlar ongiga singib qolgan "Efir" muhitida ko'ndalang to'lqin tarqalishi ichonchli emas edi.

Shunga qaramasdan 1830-yillardan keyin yorug'likni "Oqish" nazariyasi asta-sekin chekina boshladi. Nemis fizigi Frangofer (1787-1826y) difraksion panjarani ixtiro qildi. Shved (1792-1871) difraksion panjaralar nazariyasini ishlab chiqdi. Fransuz olimi Dagerr (1789-1851) fotografiyani ixtiro qildi(1833). Ingliz fizigi Eri 1834-yil linzalarni ajrata olish qobilyatini hisoblab topdi.1874-yil nemis fizigi Abbe mikroskop nazariyasini yaratdi. 1879-yil ingliz fizigi Reley spektroskop nazariyani yaratdi. Amerikalik mashhur fizik Maykelson (1852-1931y) interfometr yasab yorug'lik to'lqin uzunligini aniq o'lchashga erishdi, metr etalonini yo'rug'lik to'lqin uzunligida o'lchashni amalgam oshirdi. So'ngra "Efir" muhiti yo'qligini shu interfometr yordamida isbot qilindi. Eynshteyn tamonidan yaratilgan maxsus nisbiylik nazariyasini isbotida katta ro'l oynadi. Shu interfometr yordamida atom, yoki izotonlar chiqaradigan o'ta nozik yorug'lik spektrlari o'rganildi. Fransuz fiziklari Fabri va Pero 1899-yilda ko'p nurli interfometr ixtiro qildilar. Bu interfometr metrologiya va interferensiyalar spektroskopiyada keng qo'llanilmoqda. Hozirgi vaqtda Fabri-Pero interfometri optikaviy kvant generaotrlari (lazerlar)da rezanator vazifasini o'taydi. Xuddi shunday nemis fiziklari Lyummer va Gerke ko'p nurli interfometr ixtiro qilib spectral chiziqlarni o'ta nozik struktursini tekshirishda ishlatilib keldi. Bu yaratilgan asboblardan va tajribalar yorug'likni tabiatini o'rganishga katta hissa qo'shib qolmay, matematika, kimya(atom tuzilishi) kabi fanlarni rivojlanishiga katta xisssa qo'shdilar.

Shundan keyin yorug'lik to'lqin tarqaluvchi muhit "Efir" elastic muhit deb qaraldi. Bu sohada fransuz fizigi Fizo, Karno, Fuko, Forbs, Puasson, koshi, Grin, neyman, Tomson, Kirxgof, Ketteler, Reley, gelmgols, Zelmeyer, kabi olimlar tinimsiz ish olib bordilar. Bu olimlarning yaratgan nazariyalari yorug'lik tabiatini u yoki bu tamonini tushuntira olmadi. XIX asrda fizikani boshqa bo'limlari elektr va magnet hodisalari intensiv rivojlandi. 1831-yil Fardey (ingliz 1791-1867) elektromagnit induksiya hodisasini kashf qildi. Ingliz fizigi Maksvell (1831-1879) Faradey kashfiyotini taraqqiy ettirib, 1865-yilda Maksvell Maksvell qonunlari tenglamalarini yaratdi. Bu tenglamalar Nyuton tenglamalari kabi elektromagnitizm da katta ro'l oynaydi. Asta-sekin elektromagnit hodisalari, optika hodisalari bilan bog'liq ekanligi ko'rinishga boshladi. Maksvell elektromagnit to'lqin bo'sh fazoda (vakuumda) tarqalishini nazariy jihatdan aytib o'tdi. U yorug'lik ham elektromagnit to'lqin bo'lib  $\lambda = 0,3840,76$  mkm ekanligini aytib berdi. Nemis fizigi Gers (1888yil) tajribada elektromagnit to'lqinlarni hosil qiladi. Popov esa 1895-yil radiotelegrafni kashf qildi. Lebedov esa yorug'lik bosimini kashf qildi. Shundan keyin yorug'likni elektromagnit nazariyasi ustida Lorens golland fizigi (1853-1928).Zeeman, Kerr, Shtark, Stoks, Planklar shug'ullandi. Yorug'lik tezligini o'lchashlar, "Efir Shamolini" aniqlash sohasida ishlar ketdi. Maykelson 1881-yil, 1887-yilda interfometri yordamida "Efir" shamolini aniqlash ustida tajribalar o'tkazdi, lekin hech qanday tajribalar "Efir" shamoli borligi to'g'risida salbiy natijalar berdi. Buyuk nemis fizigi A. Eynshteyn, Lorens tenglamalariga asoslanib 1905-yilda ya'ni nisbiylik nazariyasini yaratdi. Rentgen nurlari yaratildi, Bekkel radioaktivlikni kashf qildi. Maks Plank yorug'likni nurlanishi va yutilishida "Kvant"xossaga ega ekanligini ochdi. Stoletov tamonidan tajribada Fazo effekti ochilishi, yorug'lik

yorug'lik tabiati. "To'lqin va zarra" dualizmiga ega ekanligi isbot qilindi. 1905-yil Eynshteyn yorug'lik nurlanish va yutilishda emas balki uni tarqalishida ham korpuskulyar, yorug'lik zarralari foton tarzida yuz berishini aytadi. 1924-yilda Fransuz fizigi Lun Debroil zarrachalar ham o'zini to'lqin tabiati borligini aytdi. 1927-28-yillar Debroil, Geyzenberg, Shredenger tamonidan mikroduyo hodisalarini kvant mexanikasi, kvant elektrodinamikasi yaratildi. 1934-yil Erenkov muhitda elektri yorug'lik tezligidan katta tezlikda harakat qilganda nurlanish roy berishini kashf qildi. 1944-yillar Ivanenko, Pomeranchuklar nazariy aytgan, tajribada Blyuntt, Palaklar tamonidan Sinxrotron nurlanish ochildi. Yuqori energiyali elektronlar tezlatgichda katta tezlikda nur chiqarishidir. Bu bilan harakatdagi, xalqali tezlatkichdagi elektronlar xossalari o'rganildi. 1954-1961-yillar davomida Basov, Proxorov, tauns, Neyman, Javan, Bennet, Erriotlar tamonidan lazerlar ixtiro qilindi. Optik tolali kabellar ixtiro qilindi.

Optikani bunday taraqqiyoti fan va texnika rivojiga xizmat qilib keladi. Spektroskopiya, molekulyar spektroskoya, lyumenessensiya, spectral analiz, optikavi asbob katta qadamlar bilan rivojlandi. Optik uslublardan foydalanib, nafaqat fizika fani, balki ximiya, biologiya, meditsina, astronomiya, geologiya, meteralogiya va hakazo fanlarnichuqur o'rganishda keng qo'llanilmoqda. To'lqin uzunligi, intensivligi, shularga qarab nurlanayotgan manbani tuzilishi to'g'risida holati to'g'risida ma'lumot to'playdi. Spektral apparatni boshi Nyuton yaratgan prizmalı spektrometridir. XIX asrda Fraungofer tamonidan ko'p tirqishli difraksion panjarani yaratilishi Oq yorug'likni spektrga ajratishni ancha yaxshi usuli yaratildi. 1859-yil Kirxgof va Bunzen tamonidan takomillashgan prizmalı spektroskop yaratildi. Bu spektroskop yordamida jism qanday nurlanish chiqarsa shunday nurlanishni yutishi aniqlandi.

### **Nazorat savollari**

1. Amaliy optika nimani o'rganadi.
2. Amaliy optika fani boshqa fanlar bilan bog'liqligi.
3. Optika so'zining kelib chiqishi.
4. Optik diapazon to'lqinlari.
5. Aristotelning yorug'lik haqidagi qarashlari.
6. Galeleyning optika soxasidagi ishlari.
7. Nyutonning optika soxasidagi ishlari.
8. Spektrning hosil bo'lishi haqida.
9. Xristian Gyugens, Guk yorug'lini to'lqin nazaryasi.

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

David L. Andrews. Fundamentals of Photonics and Physics. Published by John Wiley & Sons. Inc., Hoboken, New Jersey.

B. Salex, M. Teyx. Optika i fotonika. Printsipy i primeneniye. Per s angl. Dolgoprudniy, Izdatelskiy dom «Intelekt», 2012

<http://www.photonics.com>

[www.optics.arizona.edu](http://www.optics.arizona.edu)Research

Specialties [www.manchester.ac.uk](http://www.manchester.ac.uk)



**2-MAVZU: Spektral qurilmalarni klassifikatsiyasi. Asosiy xarakteristikalari, optik sxemalari va ishlash printsiplari. Spektral qurilmalarda apparat funksiyasining ko'rinishi. Optik tadqiqotlarda apparat funktsiyaning ta'sirini etiborga olish. Apparat funktsiya ta'sirini kamaytirishning zamonaviy usullari.**

**Reja:**

Spektr. Spektroskopiya va uning ahamiyati

Spektral qurilmalarni klassifikatsiyasi.

Spektral qurilmalarda apparat funksiyasining ko'rinishi.

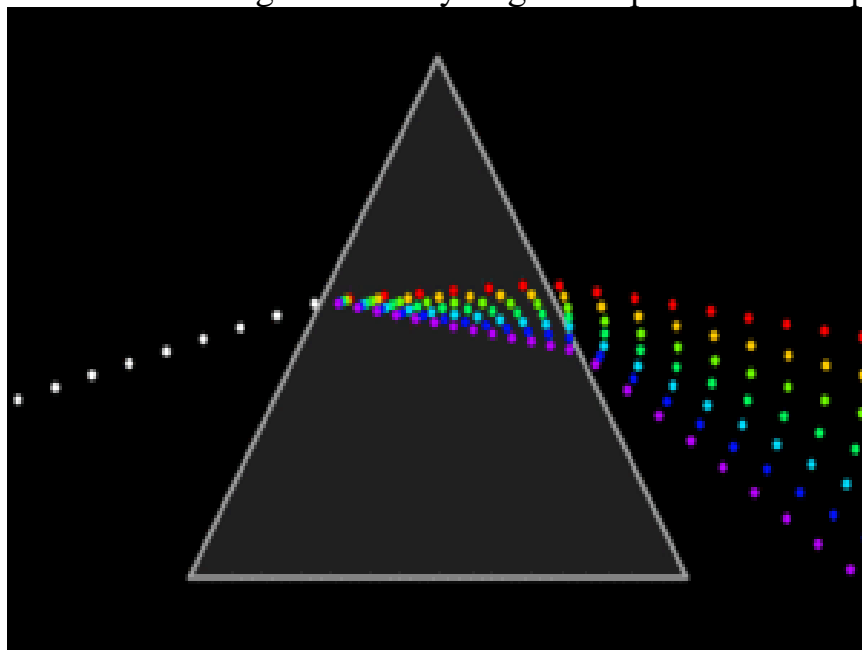
Optik tadqiqotlarda apparat funktsiyaning ta'sirini etiborga olish.

Apparat funktsiya ta'sirini kamaytirishning zamonaviy usullari.

Apparat funktsiyasi, dispersiyasi, ajrata olish qobiliyati, chiziqli kattalashtirish.

**Tayanch so'z va iboralar:** *Yorug'lik spektri, spektr turlari, blok sxema, monoxromator, polixromator, spektroskop, spektrograf, spektrometr, fokal tekislik, apparat funktsiyasi., Spektral chizik, dispersiya, kvars prizma, ajrata olish qobiliyati, apparat funktsiya, linza fokus masofa.*

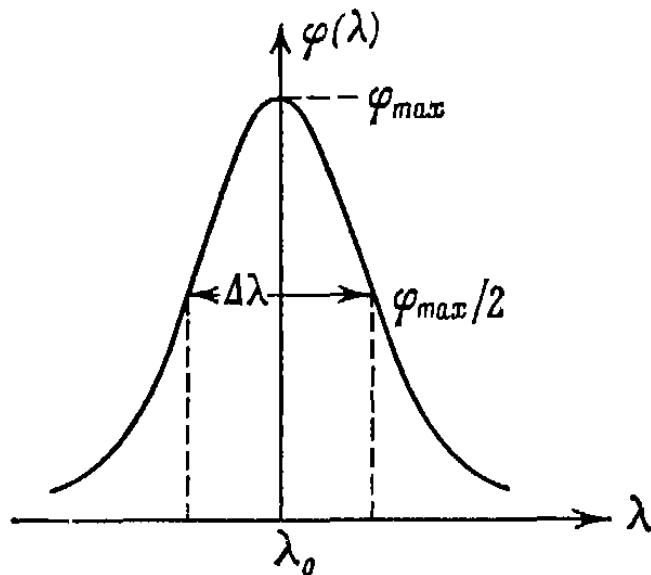
Ma'lumki inson atrof muhit haqidagi ma'lumotni 80 % ni ko'rish orqali qabul qiladi. 20 % boshqa to'rtta sezish organlariga qolgan. Shu sababli ham insonni ko'rish qobilyati, imkoniytlarini oshirish uchun minglab turli xildagi qurilmalar yaratildi. Ana shu qurilmalarni barchasini ishlab chiqish va qo'llash amaliy optikaga doir vazifalar. Bizning vazifamiz yorug'likni spektral analiz qilish texnikasini o'rganish.



Spektr o'zi nima? Yorug'lik spektri bu yorug'lik intensivligini (energiyasini) chastotalar (to'lqin uzunligi) bo'yicha taqsimoti.

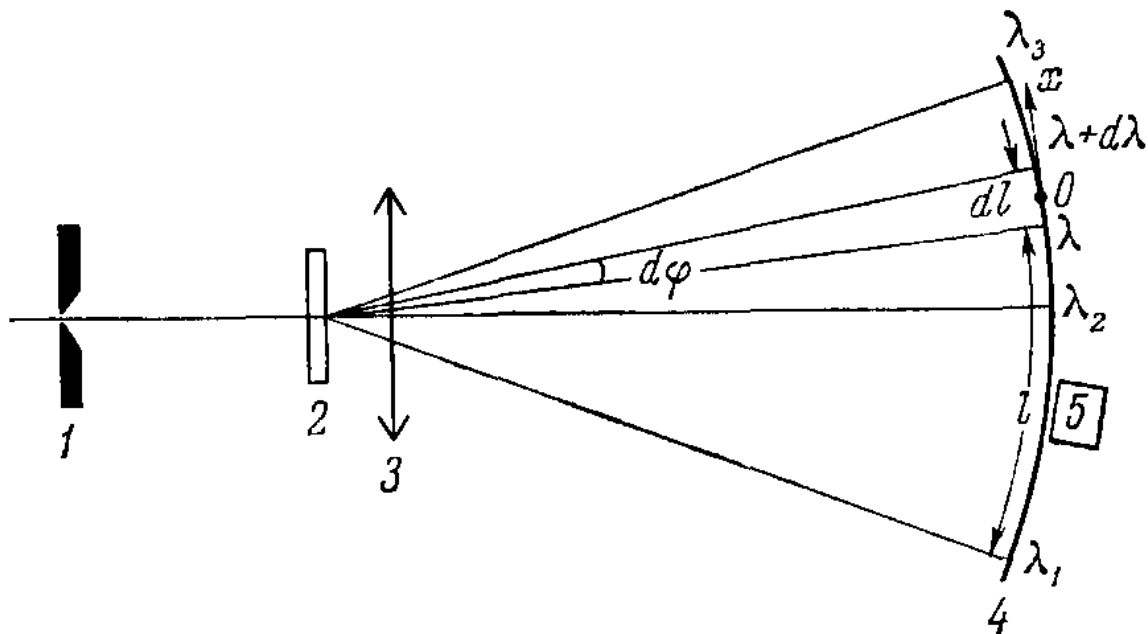
Bu turdagi bog'lanish issiqlik nurlanishi uchun bilamiz<sup>1</sup>. Issiqli nurlanishi uchun

$$E_{\nu,T} = \frac{2\pi h\nu}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$



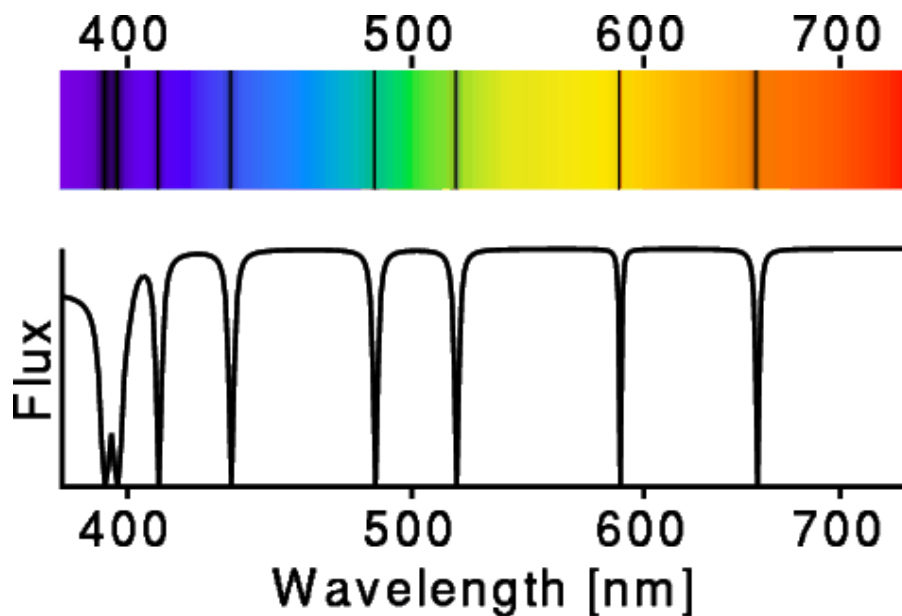
Plank formulasi o'rinli degan edik. Misol; metal kristall shaklida, metal gaz shaklida. Moddani yorug'likni yutishi undagi atomlar energetik o'tishlariga bog'liq. Yorug'lik spektri chiziqli, polosali va uzliksiz bo'lishi mumkin. Spektr modda atomini tuzlishini tushintirishda eng asosiy qurol.

Yorug'likni spektrga yoyish usulining eng soda holi. Frangoufer spektrometri. Bu usul dispersiya hodisasiga asoslangan ya'ni  $n(\lambda)$ . Shunday moddadan yasalgan prizma spektrometr asosi bo'ladi.



Spektral qurilmalarni xarakterlovchi kattaliklar

1-tirqish, 2-dispersiya hosil qiluvchi element, 3-linza, 4-fokal ekislik, 5-qabul qilgich



Agarda dispersiyalovchi elementdan so'ng ingichka tirqish qoyilsa u holda chiqishda faqat bitta to'lqin uzunligidagi nur chiqadi. Bu turdagi qurilmani monoxramator

Agarda bir nechta tirqish qoyilib bir nechta to'lqin uzunligini olsak u holda polixromator.

Spektrni qayd qilish usullariga qarab:

Spektroskop - agarda kuzatish vizual

Spektrograf - agarda spektr fotoplastikaga qayd qilinsa

Spektrometr - agarda fotoqabul qilgich ishlatilsa

Yorug'likning tabiati, yorug'lik hodisalaridagi qonuniyatlar va yorug'lik bilan moddalarning o'zaro ta'siri insonlarni juda qadimdan qiziqtirib kelgan, jumladan, yorug'likning modda bilan o'zaro ta'siri natijasida sodir bo'ladigan fizik jarayonlar ham doimo fiziklarning diqqat markazida bo'lgan. Yorug'likning nurlanish jarayoni, har xil muhitlarda tarqalishi va yorug'likning moddalar bilan ta'sir jarayonlari fizikaning optika bo'limida o'rganiladi. Optikaning rivojlanishi bilan fizikada spektroskopiya yo'nalishi paydo bo'ldi.

*Spektroskopiya* – elektromagnit nurlanishning hamda akustik to'lqinlarning modda bilan o'zaro ta'sirini o'rganadigan fan bo'lib, spektroskopik usullardan bu o'zaro ta'sirlarning xususiyatlarini o'rganishda keng foydalaniladi. Bu fanning vazifasi moddaning tuzilishi, tarkibi va xossalarini ularning spektrlari orqali aniqlashdan iborat.

Moddalarning xossalari uning qanday molekulalardan tuzilganligiga va bu molekulalarning o'zaro qanday joylashganligiga bog'liq. Fizika, kimyo va biologiya fanlaridagi ko'pgina fundamental masalalarni hal qilishda moddadagi molekulalarning miqdori, ularning tuzilishi va ular orasidagi o'zaro ta'sirlarni keng temperatura, bosim



va konsentratsiya intervalida hamda turli holatlarda bilish talab etiladi. Bunday talablarga javob bera oladigan universal usullardan biri molekulyar spektroskopiyadir. Ushbu qo'llanmada molekulyar spektroskopiyaning asosiy muhim qirralari, spektroskopiya turlari bu fanni o'rganish uchun zarur ma'lumotlar yoritib berilgan. Qo'llanma fizika yo'nalishi bakalavriatura va magistraturasida tahsil olayotgan talabalar va spektroskopiya sohasida ilmiy ish olib borayotgan tadqiqotchilar uchun mo'ljallangan.

*Molekulyar spektroskopiya* – spektroskopiyaning bir bo'limi bo'lib, elektromagnit nurlanishning molekula va uning birikmalari bilan o'zaro ta'sirini o'rganadi. Uning asosida shartli ravishda alohida molekulani nazariy va tajriba yo'li bilan o'rganish yotadi. Tajribada alohida molekuladan ma'lumotni o'ta siyraklashtirilgan gaz yoki molekulalar o'zaro deyarli ta'sirlashmaydigan holda olish mumkin. Tabiiyki, erkin molekulalarning spektri spektroskopiyaning nazariy asosini yaratish uchun zarur. Alohida, erkin molekulalar spektroskopiyasiga asoslanib, o'zaro ta'sirlashuvchi molekulalar spektroskopiyasini, boshqacha aytganda kondensirlangan sistemalar spektroskopiyasini tuzish mumkin. Bunda real gazlar, eritmalar va suyuqliklar, qattiq jismlar va kristallarni o'rganish mumkin. Bu sistemalarda zarrachalarning o'zaro ta'siri natijasida molekulalarning aylanma, tebranma va elektron spektrlari (chastotalar, intensivliklar, spektral chiziqlarning kengligi) o'zgaradi. Gazlardan suyuqliklarga o'tish tufayli real sistemalarning spektri alohida molekulalar spektridan ko'proq farq qila boradi.

Molekulalararo o'zaro ta'sir natijasida molekulyar komplekslar hosil bo'ladi. Bu komplekslarni yangi murakkab molekulalar deb qarash mumkin. O'zaro ta'sir tufayli yangi hosil bo'lgan molekulalarning yashash davri juda qisqa bo'ladi, ular o'zlarining spektral xarakteristikalariga ega. Ularda yangi tebranma sathlar paydo bo'ladi, aylanish doimiyliklari va energetik sathlar orasida o'tishlar ehtimoliyatlari o'zgaradi. Alohida ajratilgan molekulalarning spektri oddiyroq bo'ladi, real sistemalar, ya'ni gazlar va suyuqliklarning spektri molekulalararo o'zaro ta'sir tufayli ancha murakkab bo'ladi. Molekulyar komplekslar spektroskopiyasining nazariy asosini yaratish uchun dastlab oddiy, o'zaro ta'sir juda kam bo'lgan holdagi molekulalar haqida to'liqroq ma'lumotga ega bo'lish kerak. Keyingi yillarda molekulyar komplekslarni nazariy hisoblashlarga ham katta e'tibor berilmoqda va bu yerda ancha qiyinchiliklarga duch kelinmoqda. Shunga qaramasdan molekulyar komplekslarni noempirik hisoblash borasida izlanishlar davom etmoqda. Alohida molekula spektridan real gaz yoki suyuqlik spektriga o'tganda molekulalararo o'zaro ta'sir tufayli spektral parametrlarning o'zgarish sabablari o'rganiladi. Buning uchun avvalo, moddaning gaz holatidagi spektrini

qarash lozim. Chunki u suyuqlikning spektriga nisbatan oddiyroq bo'ladi, lekin molekula va molekulararo o'zaro ta'sir haqidagi ma'lumotlar bunday spektrda mavjud bo'ladi.

### **Spektroskopiya va uning ahamiyati**

Spektroskopiya, jumladan, molekulyar spektroskopiya – elektromagnit to'qlinlarning moddada yutilishi, qaytishi va sochilishi jarayonlari vositasida moddani tashkil etgan molekularning tuzilishi va xossalari o'rganuvchi fanidir. Spektroskopik tadqiqotlarning obekti sifatida turli agregat holatida bo'lgan turli-tuman moddalardan foydalanish mumkin. Bunday obektlarning eng oddiy holi molekulari bir-biridan, ularni mustaqil deb hisoblash mumkin bo'lgan masofada joylashgan siyraklashgan gazlardir. Eng murakkab holi esa har bir zarrachasi molekulararo o'zaro ta'sirda ishtirok etuvchi kondensirlangan muhit hisoblanadi. Spektroskopik ma'lumotlardan nafaqat molekulaning tuzilishi va xossalari, shuningdek, molekular orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari haqida, modda tuzilishi bo'yicha ham ma'lumotga ega bo'lish mumkin.

Ma'lumki, elektromagnit nurlanish energiyasining to'qlin uzunligi bo'yicha taqsimlanishi *spektr* deyiladi. Nurlanishning modda bilan ta'siriga qarab nurlanish spektri, yutilish spektri, sochilish spektri va qaytish spektriga ajraladi. Spektroskopiyaning umumiy holda atomyadro spektroskopiya, molekulyar spektroskopiya va kristallar spektroskopiya bo'lib o'rganiladi.

Kogerent yorug'lik manbalari – lazerlar kashf qilinganidan keyin spektroskopiya yana kogerent nurlar spektroskopiya, ya'ni lazerlar spektroskopiya, kogerent bo'lmagan nurlar spektroskopiya – klassik spektroskopiya bo'lindi.

Elektromagnit nurlanishning sohasiga qarab spektroskopiya ***gnurlar spektroskopiya*** (to'qlin uzunligi  $10^{-10}$ – $10^{-11}$  m yoki chastotasi  $3 \times 10^{18}$ – $3 \times 10^{20}$  Gs), rentgen nurlari spektroskopiya (to'qlin uzunligi  $l=10^{-8}$ – $10^{-10}$  m yoki chastotasi  $n=3 \times 10^{16}$ – $3 \times 10^{18}$  Gs), ***optik spektroskopiya*** (to'qlin uzunligi  $l=10^{-3}$ – $10^{-8}$  m yoki chastotasi  $n=3 \times 10^{12}$ – $3 \times 10^{16}$  Gs, bu sohaning o'zi yana infraqizil, ko'rish sohasi va ultrabinafsha sohalarga bo'linadi), ***radiospektroskopiya*** (to'qlin uzunligi  $l=10^{-4}$ – $10^{-2}$  m yoki chastotasi  $n=3 \times 10^6$ – $3 \times 10^{12}$  Gs (bunga mikroto'qlin spektroskopiya, EPR va YAMR ham kiradi) sohalarga bo'linadi. Har

9 bir soha molekulyar sistema harakatining ma'lum bir turi haqida ma'lumot beradi. Masalan, ko'rish va ultrabinafsha sohada elektron o'tishlar haqida ma'lumot olinsa, infraqizil sohada molekula atomlarining muvozanat vaziyati atrofida tebranishi haqida ma'lumot olish mumkin. Molekulaning spektri moddaning xususiyatlari haqida to'liq

ma'lumot beradi. Molekulaning spektriga qarab nafaqat modda qanday molekulalardan tashkil topganligi haqida, hatto molekuladagi atomlarning o'zaro joylashishi, molekulalarning izomerlari haqida ham ma'lumot olish mumkin. Misol uchun,  $AlCl_3$ ,  $Al_2Cl_6$ ,  $C_6H_5Cl$  va hokazo moddalarning tuzilishini keltirib o'tish mumkin. Molekulyar spektroskopiyaning muhim ustunliklaridan biri tajriba paytida modda holati va xususiyatlari o'zgarib qoladi, ya'ni moddaning barcha xususiyatlari saqlanib qoladi. Molekulalarning spektri atomning spektriga nisbatan ancha murakkab. Molekulalarda elektronlarning harakati bilan birgalikda atom yadrolarining bir-biriga nisbatan tebranma harakati va fazodagi holatining davriy o'zgarishi aylanma harakati mavjud. Shuning uchun spektrni hosil qiladigan energetik sathlarning holatiga qarab aylanma, tebranma-aylanma, elektron-tebranma-aylanma spektrlar mavjud Energetik sathlarning spektral taqsimoti.

Molekulyar spektroskopiya amaliy fan hisoblanadi, uning fan va texnikada qo'llanilishiga bir necha misol keltiramiz:

1. Moddalarni qanday molekulalardan tuzilganligini aniqlash, identifikatsiya qilish; har bir molekula faqat o'ziga xos bo'lgan spektrga ega bo'lib, bir molekulaning spektri ikkinchi molekula spektridan farq qiladi. Bu xususiyatdan moddalarni sifatli tahlil qilishda foydalaniladi.

2. Molekulalar spektrining intensivligiga qarab har qanday agregat holatidagi moddaning miqdori, shuningdek aralashmadagi har bir moddaning miqdorini aniqlash mumkin, ya'ni moddalarning miqdoriy tahlilini o'tkazishda qo'llaniladi.

3. Molekulalardagi O-H,  $CH_3$ ,  $C=O$ , N-H va hokazo guruhlar o'zlarining xarakteristik tebranish polosasiga ega. Ana shu xarakteristik polosalarga qarab modda tarkibidagi molekulalarning u yoki bu funksional guruhi borligi to'g'risida ma'lumot olish mumkin.

4. Molekulalarning energetik holatlarini aniqlash bilan bog'liq bo'lgan doimiyliklar, yadrolar orasidagi masofa, tebranish chastotasi, dissotsiatsiyalanish energiyasi va hokazolarni topish mumkin.

5. Modda molekulalarining tuzilishi va molekulalarning fazodagi vaziyati to'g'risida ma'lumot olish mumkin.

6. O'lis masofadan turib har qanday temperatura va bosimdagi moddalarning sifati va miqdorini aniqlash.

11

7. Molekulalararo o'zaro ta'sirni o'rganish mumkin va hokazolar. Kogerent yorug'lik manbalari – lazerlarning kashf qilinishi molekulyar spektroskopiyaning imkoniyatlarini yanada kengaytirdi. Molekula aylanma harakatining har bir paytdagi fazasi elektromagnit to'lqin fazasi bilan mos tushadi. Xuddi shunday molekulaning tebranma harakati bilan elektromagnit to'lqin tebranishi

mos tushsa, unda tebranma harakatdan ma'lumot olamiz. Tabiiyki molekuladagi bu harakatlar elektromagnit to'liqin uzunligining turli sohalariga to'g'ri keladi.

Spektroskopiyada to'liqin uzunligini o'lchash uchun turlicha birliklardan foydalaniladi. Masalan, mikroto'liqin sohada 1 [sm] yoki [mm] larda, IQ sohada mikronlarda o'lchanadi ( $1 \text{ mkm} = 10^{-6} \text{ m} = 10^{-4} \text{ sm}$ ). Ko'rish va ultrabinafsha sohada Å ishlatiladi ( $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-8} \text{ sm}$ ). Xalqaro birliklar sistemasi (SI)da nanometr qo'llaniladi ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 10 \text{ Å}$ ). Spektroskopiyada to'liqin uzunligidan tashqari to'liqin soni, ya'ni to'liqin uzunligiga teskari bo'lgan kattalik ishlatiladi, o'lchov birligi [sm<sup>-1</sup>].  $1 \text{ (sm}^{-1}\text{)} = 10^8 \text{ (Å}^{-1}\text{)}$

$n = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{1}{\nu}$  . To'liqin sonining fizik ma'nosi ma'lum uzunlikdagi to'liqindan bir santimetrda joylashgan to'liqinlar sonini bildiradi. Amaliy spektroskopiyada to'liqin soni ishlatilishining qulayligi u energiyaga proporsionaldir, ya'ni  $E = hc \cdot n$  bo'ladi.

To'liqin uzunligi, to'liqin soni va chastotalarning o'zaro bog'lanishi haqidagi ma'lumotlar quyidagi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

**To'liqin uzunligi, to'liqin soni va chastotalarning o'zaro bog'lanishi**

<b>m</b>	<b>10<sup>-10</sup></b>	<b>10<sup>-8</sup></b>	<b>10<sup>-6</sup></b>	<b>10<sup>-4</sup></b>	<b>1</b>	
nm	10 <sup>-1</sup>	10	10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>9</sup>	1
Å	1	10 <sup>2</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>10</sup>	
~n	sm <sup>-1</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>-2</sup>
n	Gs	10 <sup>+18</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>8</sup>

Bundan tashqari, spektroskopik o'lchov birligi sifatida erg va elektron voltlardan ham foydalaniladi. Chunki energiya  $E = h \cdot \nu = h \cdot n$ , temperaturani o'lchasak K° larda, kuchlanishni elektron voltlar (ev) da o'lchash mumkin. Shuningdek, ko'pchilik hollarda kal/mol – o'lchov biriligidan ham foydalaniladi.  $1 \text{ ev} \gg 8000 \text{ sm}^{-1} \gg 23000$

моль

кал

»12000K»10<sup>-12</sup>

Turli birliklarda o'lchangan spektroskopik kattaliklar orasidagi munosabat quyidagi 2-jadvalda keltirildi.

2-jadval

**Spektroskopik kattaliklarning turli o'lchov birliklariga o'tkazish uchun zarur ko'paytuvchilar to'g'risida ma'lumot**

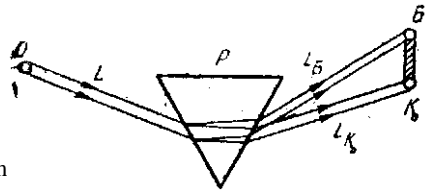
O'lchov birli gi	sm <sup>-1</sup>	sek <sup>-1</sup> (gs)	erg	ev	°K	kal/mol
1 sm <sup>-1</sup>	1	2,997 93×10 <sup>-10</sup>	1,986 18×10 <sup>-16</sup>	1,2397 7×10 <sup>-4</sup>	1,438 8	2,858 4
1 sek <sup>-1</sup>	3,33 56×10 <sup>0-11</sup>	1	6,625 2×10 <sup>-16</sup>	4,1354 1×10 <sup>-11</sup>	4,799 4×10 <sup>-11</sup>	0,954 47×10 <sup>0-10</sup>
1 erg	5,03 48×10 <sup>0-15</sup>	1,509 40×10 <sup>-26</sup>	1	6,2414 ×10 <sup>-11</sup>	7,244 0×10 <sup>15</sup>	1,440 7×10 <sup>16</sup>
1 ev	8066 ,0	2,418 14×10 <sup>-14</sup>	1,602 21×10 <sup>-12</sup>	1	1160 5,4	23082
1 °K	0,69 502	2,083 6×10 <sup>-10</sup>	1,380 44×10 <sup>-16</sup>	0,8616 7×10 <sup>-11</sup>	1	1,988 8
1 kal/mol	0,34 947	1,047 7×10 <sup>-10</sup>	6,941 2×10 <sup>-17</sup>	4,3323 ×10 <sup>-11</sup>	0,502 82	1

14

Nurlanish yoki yutilishning kvant nazariyasi bo'yicha asosiy qonuni  $E_i - E_j = h \nu$  hisoblanadi. Bu yerda  $E_i$  va  $E_j$  lar  $i$ -chi va  $j$ chi energetik sathlarning energiyasini bildiradi. Energetik sathlar diskret, uzlukli va uzluksiz bo'ladi. Misol uchun oddiy vodorod atomida elektronning proton bilan bog'langan holati diskret sathga to'g'ri keladi.

Optikaviy spektrlar turli spektral asboblar: spektroskoplar, spektrometrlar, spektrograflar, spektrofotometrlar yordamida o'rganiladi. Bu asboblar prizmalı, interferension, difraksion va h. k. bo'lishi mumkin.

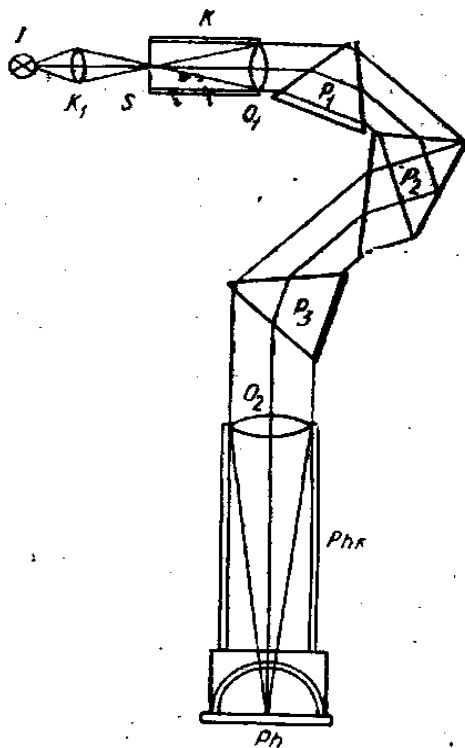
Optikaviy spektr hosil qilishning eng oddiy usuli shundan iboratki, bunda yorug'lik dastasi shishadan, kvarsdan va boshqalardan yasalgan uch yoqli prizmadan o'tkaziladi (10- rasm). O tirqishdan chiqayotgan L yorug'lik nuri R prizмага tushadi va unda turli rangdagi (turli to'lqin uzunlikdagi) nurlarga ajralib, ekranda, odatda, optika



10\_rasm

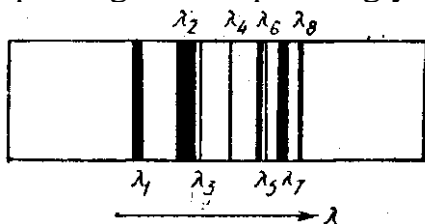
viy spektr deb ataluvchi yo uzluksiz, yo uzlukli rangli polosa hosil qiladi. Bu qurilma eng oddiy spektroskopdan iborat. Uning ajrata olish kuchi, ya'ni spektrning bir-biriga yaqin qismlarini to'liq uzunligi bo'yicha taqsimlash qobiliyati uncha katta emas. Ajrata olish kobiliyatini oshirish uchun ancha takomillashgan spektral asboblari qo'llaniladi.

11- rasmda spektrning ko'zga ko'rinadigan sohasida ishlatiladigan shisha prizmalı ISP- 51 tipidagi hozirgi zamon uch prizmalı spektrografning prinsipial optikaviy sxemasi tasvirlangan. Bu yerda I yorug'lik manbai bo'lib, uning nurlanishi  $Q_x$  kondensator yordamida  $O_g$  ob'ektivning fokal tekisligida joylashgan tirqishga (kengligi millimetrning o'ndan va yuzdan bir ulushi tartibida) yo'naltiriladi. Maxsus trubaga o'rnatilgan S tirqish va  $O_1$  ob'ektiv birgalikda kollimator deb ataladi.  $O_g$  ob'ektivdan yorug'lik parallel nurlar dastasi holida chiqib,  $R_x$  prizmaning birinchi yog'iga kelib tushadi, so'ngra  $R_2, R_3$  prizmalardan o'tib, ularda Spektrga ajraladi.  $R_2$  prizmaning tomonlaridan biri nurni to'liq ichki qaytarishi hisobiga, u bir vaqtning



11-rasm.

o'zida nurni burib beruvchi ko'zgu vazifasini ham o'taydi. Yorug'lik prizmalar sistemasidan o'tib, spektrograf fotokamerasining  $O_2$  ob'ektiviga kelib tushadi. Bu ob'ektiv nurni spektrning suratini tushirishga mo'ljallangan fotoplastinka o'rnatilgan  $RN$  tekislikka to'plab beradi.  $RN$  tekislikda tirqishning monoxromatik, ya'ni aniq, to'liq uzunligiga moe keluvchi nurlardagi qator tasvirlari hosil bo'ladi. Tirqishning bu monoxromatik tasvirlar to'plami optikaviy spektrni beradi. Agar I manbaning nurlanishi bir qancha alohida monoxromatik nurlanishlardan tarkib topgan bo'lsa, u holda  $RN$  tekislikda S tirqishga parallel, turli xil ravshanlikka ega bo'lgan bir nechta rangli chiziqlar hosil bo'ladi (12- rasm). Agar manba uzluksiz chastotalar to'plamidan iborat yorug'lik tarqatayotgan bo'lsa, spektrografning  $RN$  fokal tekisligida ranglar uzluksiz o'zgaradigan polosa hosil bo'ladi.  $K_x$  kondensor spektrograf S tirqishining yoritilishini kuchaytirib beradi; bu esa spektr ravshanligi-

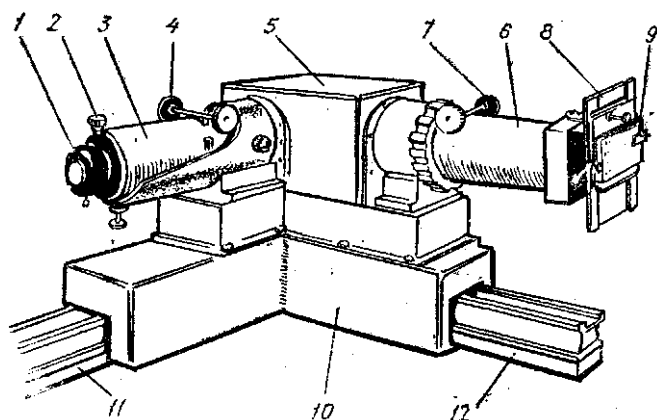


12-rasm.

ning ortishiga olib keladi.

ISP- 51 spektrografning prizmalar sistemasi maxsus mexanizm yordamida aylana oladigan va spektrning kerakli qismini foto-plastinkaga tushirib bera oladigan

maxsus stolchalar sistemasiga o'rnatiladi.  $O_2$  ob'ektiv, shu ob'ektiv o'rnatilgan truba va foto-kassetani tutib turgichlar—bularning hammasi birgalikda spektrning suratini oluvchi fotokamerani tashkil etadi. Asbobning nomi—*spektrograf* shundan kelib chiqqan. Agar  $O_a$  ob'ektivning fokal tekisligiga spektrni ko'z bilan qarash uchun yoki vizual kuzatish deb nom olgan kuzatishlar o'tkazish uchun okulyar o'rnatilgan bo'lsa, asbob *spektroskop* bo'ladi. Nihoyat, agar  $O_2$  ob'ektivning spektrning tasvirni hosil bo'ladigan fokal tekisligiga bir rangdagi nurlarni o'tkazadigan ingichka tirqish qo'yilsa, u holda bunday spektroskop *monoxromator* deb ataladi. 13- rasmda ISP-51 spek-



13- rasm.

trografining tashqi ko'rinishi tasvirlangan. Asbobning detallari sonlar bilan ko'rsatilgan: 1— spektrografning kirish tirqishi (rasmda u kopqoq bilan berkitilgan); 2— tirqishni aniq ochish uchun mo'ljallangan darajalangan baraban; 3— kollimator trubasi; 4— ob'ektivni optikaviy o'q bo'ylab siljitish uchun mo'ljallangan kremalera; 5— prizmalar joylashtirilgan quticha; 6— fotokamera trubasi; 7— fotokamera ob'ektivini siljitish uchun mo'ljallangan kremalera; 8— fotoplastinkali kassetalarni o'rnatish uchun mo'ljallangan yo'naltiruvchi salazkalar; 9— fotoplastinkali kasseta. 10— spektrografning staninasi; 11 va 12— yordamchi detallarni o'rnatish uchun mo'ljallangan relelar (optikaviy skameykalar).

ISP- 51 spektrografdan tashqari spektrning ultrabinafsha, ko'zga ko'rinuvchi va infraqizil sohasini tadqiq qilish uchun qo'llanadigan qator boshqa prizmalı asboblar ham ishlab chikarilmoqda. Prizmalı asboblar bilan birga, spektrning barcha sohalarida difraksion panjara yordamida ishlaydigan yuqori sifatli asboblar ham chiqarilmoqda. Barcha asboblar uchun fotografik registratsiyadan tashqari, spektrning fotoelektrik registratsiyasi uchun qo'llanadigan quyma ham tayyorlanadi. Infraqizil sohada nurlanishlarni qabul qilgichlar sifatida termoparalar, bolometrlar, yarim o'tkazgichli sezgir elementlar ishlatiladi.

Spektral asboblarda yorug'lik kuchi, dispersiya va ajrata olish qobiliyati eng muhim xarakteristikalar hisoblanadi. Spektral asbob ob'ektivlarining diametrlari qanchalik katta va fokus masofalari qanchalik kichik bo'lsa, ularning *yorug'lik kuchi*

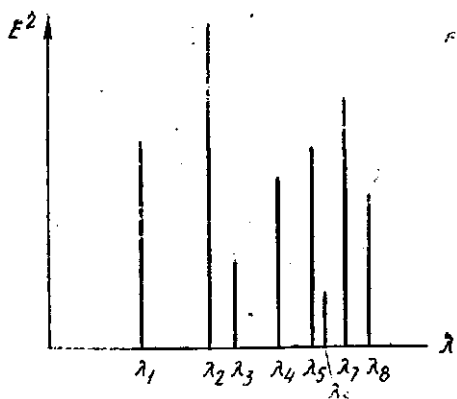


shunchalik katta bo‘ladi. Asbobning *dispersiyasi* spektrning ikki sohasi orasidagi chiziqli oraliqning shu uchastkalarni xarakterlovchi to‘lqin uzunliklar farqiga bo‘lgan nisbati, ya’ni

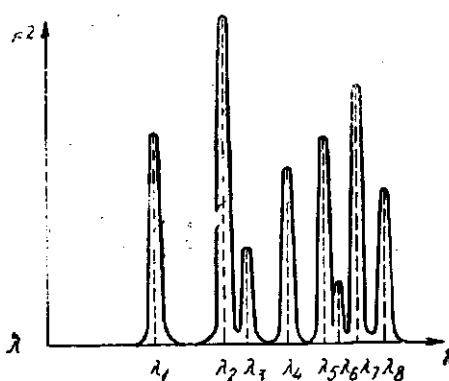
(5.4)

orqali aniqlanadi. Bu yerda  $D$  — chiziqli dispersiya;  $\Delta l$  — spektrdagi to‘lqin uzunliklar shkalasi bo‘yicha  $\Delta\lambda$ , ga farqlanuvchi ikki soha orasidagi oraliq. Prizmalı spektrografning chiziqli dispersiyasi prizma asosi uzunligining undan o‘tayotgan yorug‘lik dastasi kengligiga bo‘lgan nisbatiga, prizmalar soniga, prizma moddasi nur sindirish ko‘rsatkichining to‘lqin uzunligi bo‘yicha olingan hosilasi  $\left(\frac{dn}{d\lambda}\right)$  ga va fotokamera ob‘ektivining fokus masofasiga to‘g‘ri proporsional.

Ilmiy adabiyotda spektr ko‘pincha grafik ravishda tasvirlanib, bunda gorizontāl o‘q bo‘yicha yorug‘lik tebranishlar chastotasi yoki to‘lqin uzunligi, vertikal o‘q bo‘yicha tebranish amplitudasining kvadratiga proporsional bo‘lib, shu to‘lqin uzunligiga mos kelgan quvvat joylashtiriladi. 14-rasmda 12-rasmdagi spektral chi-



14- rasm.



15- rasm.

ziqlarga mos keluvchi spektrning grafik tasviri ko‘rsatilgan. Grafikdagi vertikal chiziklarning uzunligi tegishli spektral chiziklarning ravshanligiga proporsional bo‘ladi. Aslida esa ideal monoxromatik nurlanishni hosil qilish mumkin bo‘lmaganligi sababli (barcha real nurlanishlar kvazimonoxromatik hisoblanadi) ideal ingichka chiziqlar (masalan, 14- rasmdagi chiziqlar) o‘rniga, spektral chiziklar yoki tutash spektrdan ajratib olingan, chekli kenglikka ega bo‘lgan ingichka sohalar hosil bo‘ladi (15-rasmga q.) Shunday qilib, spektral chiziqlar uncha keng bo‘lmagan, ammo har holda chekli kenglikka ega bo‘lgan polosalardan iborat bo‘ladi. Ularga mos yorug‘lik amalda monoxromatik (bir rangli) deb kabul qilinadi.

Yorug‘likning korpuskulyar xossalari haqida biz keyinroq gapirishni mo‘ljallagan bo‘lsak ham, bu yerda spektral apparatlar tufayli fotonlar haqidagi tasavvurlarga asoslanib spektral xarakteristikalariga oid bir nechta mulohaza aytib o‘tishimiz mumkin. Foton energiyasi

$$E = h\nu \quad (5.5)$$

Plank formulasi bilan aniqlanadi. Bu yerda  $h$  — Plank doimiysi;  $\nu$  — tekshirilayotgan yorug‘lik nurlanishining tebranish chastotasi. Bu yerdan ko‘rinib turibdiki, yorug‘likning kvant nazariyasida tebranish chastotasi o‘rniga berilgan  $E$  energiyali fotonlarning spektral chizig‘ini xarakterlashimiz mumkin ekan. Spektrdagi intensivlik (ravshanlik) yorug‘likning fotonlar nazariyasiga ko‘ra, yorug‘lik tebranishlarining amplitudasi bilan emas, balki energiyali fotonlar soni bilan yoki aniqrog‘i, 1 sek da *ma’lum* energiya intervalida nurlanayotgan fotonlar soni bilan aniqlanadi; bu yerda berilgan kvazimonoxromatik nurlanishning kengligini aniqlaydi.

Spektral qurilmalar ba’zi xarakteristikalarini:

Burchak dispersiyasi

$$D_{\varphi} = \frac{d\varphi}{d\lambda}$$

Chiziqli dispersiya

$$D_l = \frac{dl}{d\lambda}$$

Ko‘p holda teskari dispersiya qo‘llaniladi

$$\frac{1}{D_l} = \frac{d\lambda}{dl} \left[ \frac{A^\circ}{mm} \right]$$

Material dispersiyasi bilan chalkshtirish kerak emas.

Ideal qurilmada tirqish tasviri fokal tekislikda ingichka chiziqlar sifatida ko‘rinishi kerak edi. Lekin real qurilmada bunday emas. Bir qancha sabablar borki tasvir buzilib ko‘rinadi. Qurilmani ta’siri:

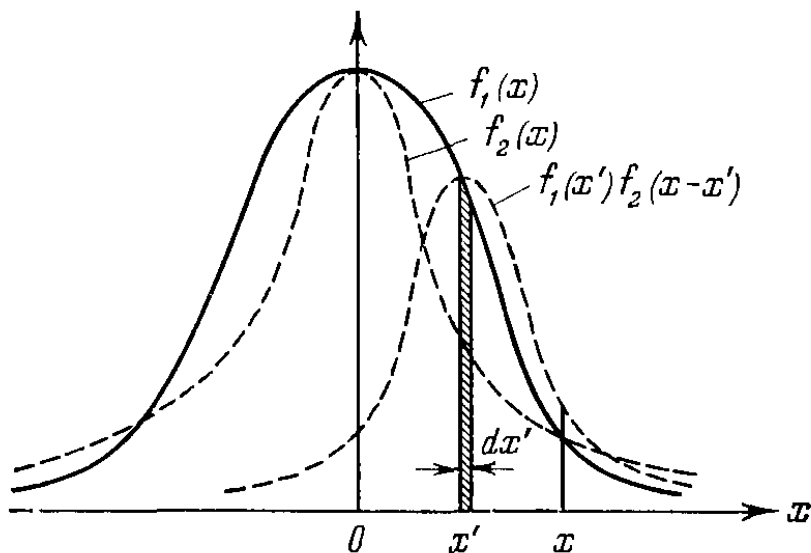
Tirqish kengligi chekli qiymatga ega.

Difraksion hodisalar hisobiga tasvir kengayishi.

Optik sistemasini defektlari.

Registratsiya vositasi kiritadigan kengayish.

Demak spektral qurilma monoxromatik yorug‘lik qayd qilganda bitta chiziq o‘rniga qandaydir konturni registratsiya qiladi.



Ana shu konturdan kichik bir bo'lak olsak

$$dF = F f(\lambda) d\lambda$$

Bu eda  $F$  to'lqin oqimga mos integral signal.  $f(\lambda)$  funktsiya qurilmani apparat funktsiyasi diyiladi

Apparat funktsiya normallangan bo'ladi

$$\int_0^{\infty} f(\lambda) d\lambda = 1$$

Apparat funktsiya qanaqa bo'lishi mumkin ba'zi hollarini ko'ramiz.

1-hol. Tirqish cheksiz kichik nur monoxromatik bo'lsin. U holda fokal tekislikdagi tasvir faqat difraksiya bilan aniqlanadi.

$$E_{\varphi} = E_0 \frac{\sin^2 \varphi}{n^2} \text{ bu erda } n = \frac{\pi b}{\lambda} \sin \varphi$$

$b$ -diafragma o'lchami

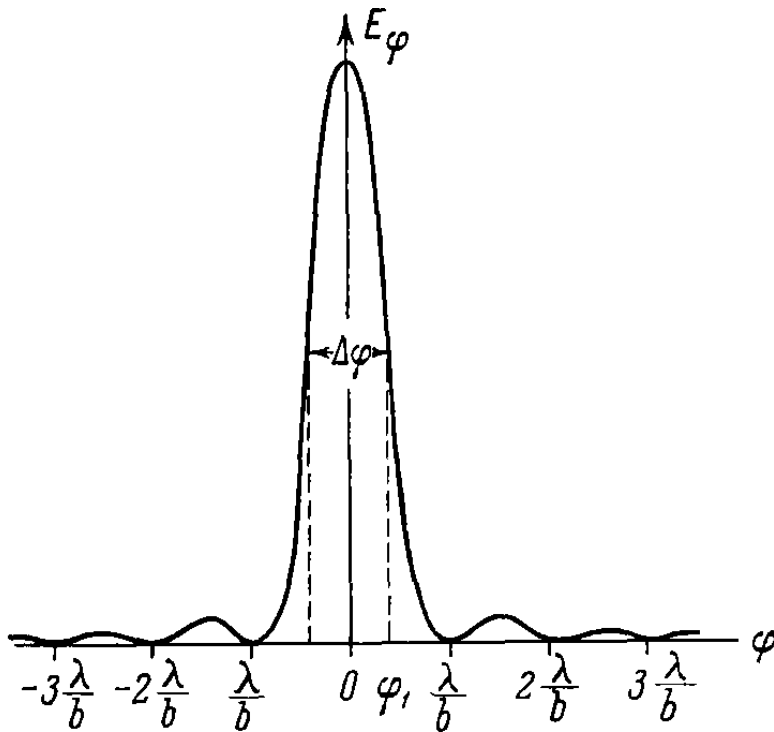
$\varphi$  — markazdan boshlab har ikki tomonga sanaladigan burchak  $\varphi$  lar kichik bo'lganda  $\sin \varphi \approx \varphi$  deb olish mumkin.

$$f(\varphi) = \frac{E_{\varphi}}{E_0} = \frac{\sin^2 \frac{\pi b}{\lambda} \varphi}{\left(\frac{\pi b}{\lambda} \varphi\right)^2}$$

Bu funktsiyaning ko'rinishi ma'lum. Bu bog'lanishni  $f_1(x)$  — yozish mumkin

$\varphi = \frac{x}{r}$  — linzaning fokus masofasi

$$f_1(x) = \frac{\sin^2 \left(\frac{\pi b x}{\lambda r}\right)}{\left(\frac{\pi b x}{\lambda r}\right)^2}$$

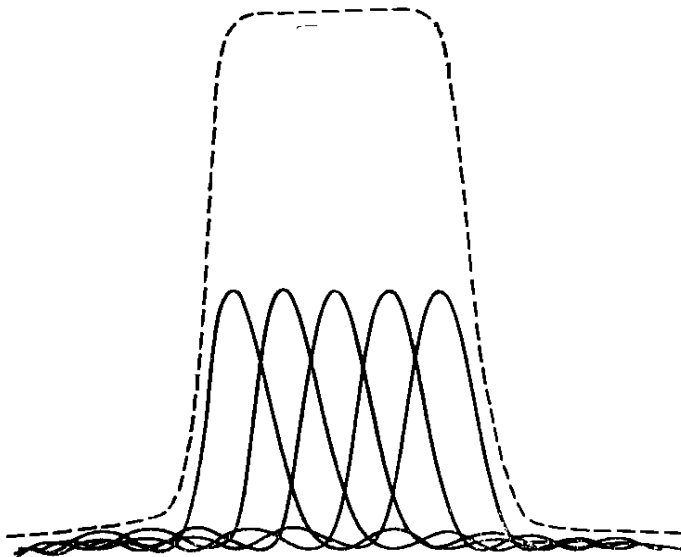


2-hol. Tirqish keng nurlanish monoxramatiktirqish nolinci difraksion maksimumdan ancha keng uholda difraksiani hisobga olmasa bo'ladi va tasvir bir tekis yoritilgan deb hisoblaymiz.

$$f_2(x) = \begin{cases} \frac{1}{a_1}, & x \leq \frac{a_1}{2} \\ 0, & x \geq \frac{a_1}{2} \end{cases} \quad a_1 - \text{tasvir kengligi}$$

Demak xulosa qilib aytish mumkinki boshqa ta'sirlarni hisobga olmaganda apparat funksiya bu sistemaga monoxramatik yorug'lik tushganda chiqishdagi yoritilganlik taqsimotini berdigan funksiya.

Tirqish kengligi etarlicha katta lekin dispersiya mavjud, yani dispersiyani hisobga olishga to'g'ri keladi. U holda tirqishni bir qator cheksiz kichik tirqishlarga bo'lamiz. Tirqish tekisligini y-koordinata bilan belgilaymiz u holda elementar tirqish kengligi  $dy$  uning koordinatasi  $y_1$  deb olamiz. U holda har bir elementar tirqish fokal tekisligida ifraksion tasvir hosil qiladi. Hosil bo'lgan tasvir maksimumlari  $x_1$  nuqtaga to'g'ri keladi, bu yoritilganlik (1) ko'rinishidagi funksiya bilan aniqlanadi. Faqat argumentni  $x$  ( $x - x_1$ ) o'zgartirish kerak  $y_1(x)f_1(x - x_1)$



Tirqishlar kogerent emas. U holda umumiy yoritilganlikni aniqlash uchun  $f_1(x - x_1)$  ni  $-\frac{a_1}{2}$  dan  $\frac{a_1}{2}$  gacha integrallash kerak. Demak

$$F(x) = \int_{-\frac{a_1}{2}}^{\frac{a_1}{2}} f_1(x - x_1) dx_1 = \int_{-\frac{a_1}{2}}^{\frac{a_1}{2}} \frac{\sin^2\left(\frac{\pi(x - x_1)}{\delta l}\right)}{\left(\frac{\pi(x - x_1)}{\delta l}\right)^2} dx_1$$

bu erda  $\delta l = \frac{\lambda r}{b}$ . Agarda tirqishlar kogerent bo'lsa u holda

$$F(x) = \left[ \int_{-\frac{a_1}{2}}^{\frac{a_1}{2}} \frac{\sin\left(\frac{\pi(x - x_1)}{\delta l}\right)}{\left(\frac{\pi(x - x_1)}{\delta l}\right)} dx_1 \right]^2$$

Endi chiziqli kengayish 2 ta turli sabablar hisobiga kelib chiqadi deb hisoblaymiz. U holda

$f_1(x)$  - birinchi sabab konturi

$f_2(x)$  - ikkinchi sabab konturi

Yig'indi konturni olish uchun yana integrallash kerak bo'ladi. YA'ni misol uchun  $f_1(x)$  -ni mayda integrallarga bo'lamiz bu elementlar koordinatasi  $x_1$ , kengligi  $dx_1$  Har bir  $f_1(x)$ -ni elementi  $f_2(x)$ -ni ta'siri natijasida kengayadi va kengaygan kontur  $f_2(x)$  bilan aniqlanadi lekin koordinata  $x_1$  ga suriladiva yoritilganlik  $f_1(x_1)dx_1$ -ga proporsional bo'ladi. Demak shu elementning ta'siri umumiy konturga xnuqtadagi ta'siri

$$F(x) = f_1(x_1)f_2(x - x_1)dx_1$$

Umumiy kontur

$$F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(x_1)f_2(x - x_1)dx_1 \quad (2)$$

Chap tomonda turgan integral svertka deb ataladi. Ko'p hollarda  $f_1(x)$  va  $f_2(x)$  lar biror  $x_1 < x < x_2$  oraliqda noldan katta bo'ladi. U holda

$$F(x) = \int_{x_1}^{x_2} f_1(x')f_2(x - x')dx$$

deb yozish mumkin.

Svertkada qaysi funksiya qay biriga qo'shilishini ahamiyati yo'q. YA'ni

$$F(x) = \int_{x_1}^{x_2} f_1(x')f_2(x-x')dx' = \int_{x_1}^{x_2} f_1(x-x')f_2(x')dx'$$

Svertkaning yana bitta muhim xususiyati, agrda uchta tasvir bo'lsa u holda

$$F_n(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f_3(x-x') \left[ \int_{-\infty}^{\infty} f_1(x')f_2(x-x')dx' \right] dx''$$

agarda  $n$  ta funksiya ta'sir etsa

$$F_n(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f_n(x-x')F_{n-1}(x')dx'$$

2- integralga qaytamiz bu integralda  $F(x)$  va  $f_2(x)$  ma'lum bo'lsa  $f_1(x)$  aniqlash mumkin (isbotsiz). Bu takidlash optika va radiofizika kata o'rin egallaydi.

Spektral chiziqlar kengligi shu paytgacha ideal holatni ko'rib spektrografga tushayotgan yorug'lik monoxromatik deb hisoblash keldik. Lekin aslida har qanday spectral chiziq kenglikka ega va undagi energiya taxminan

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

Ko'p hollarda  $\varphi(\lambda)$  maksimumdan ikkala tarafda asimtotik ravishda nolga intiladi. Shuning uchun uning kengligini aniq aytib bo'lmaydi. Shu sababli spektral chiziq kengligi deb uni yarim balandlikdagi kengligi olingan.

Bu interval chiziq yarim kengligi deyiladi ba'zi holda  $\frac{I_{max}}{e}$  ga nisbati olinadi. Xuddi shunday spectral qurilmaning apparat funksiyasi kengligi ham aniqlanadi. Misol: difraksion tasvir uchun to'g'ri burchakli konturda yarim kenglik

$$\Delta\varphi = 0,88 \frac{\lambda}{b}$$

Oxirgi natijamiz

$U(x)$ -tasvir,  $\varphi(x)$ -spektr kengligi,  $F(x)$ -apparat funksiya xisobga olib

$$U(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(x')\varphi(x-x')dx'$$

deb yozish mumkin

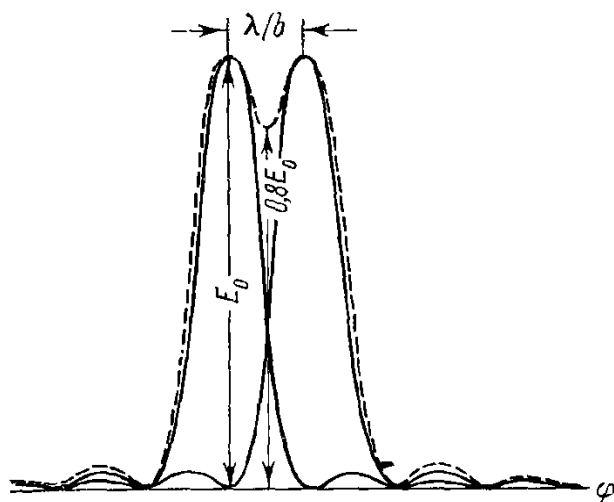
Demak spektrograf chiqishidagi tasvirni bilsak spektrograf apparat funksiyasini aniqlasak, u holda tushayotgan spektrni aniq aytib bera olamiz.

$\varphi(x)$ -ni analitik aniqlash hamma vaqt ham mumkin emas. Shuning uchun integrallamasdan turib ba'zi xususiy hollarni ko'ramiz.

1-hol. Spektr kengligi apparat funksiya kengligidan kichkina va  $\varphi(x)$  noldan  $[x - \Delta x ; x + \Delta x]$  oralig'ida farqli. Demak

$$U(x) = \int_{x-\Delta x}^{x+\Delta x} F(x')f(x-x')dx'$$

$F(x)$ -ni qiymati  $[x - \Delta x ; x + \Delta x]$  intervalida ko'p o'zgarmaydi



Shu sababli o'rtacha qiymat teoremasiga asosan funksiyani biror qiymat bilan shu orliqda almashtirsa bo'ladi.  $F(x) = F(\bar{x})$  bu erda  $\bar{x} \in [x - \Delta x ; x + \Delta x]$  u holda

$$U(x) = F(\bar{x}) \int_{x-\Delta x}^{x+\Delta x} \varphi(x-x') dx'$$

$$\int_{x-\Delta x}^{x+\Delta x} \varphi(x-x') dx' = 1$$

Demak  $U(x) = F(x)$

Yana bir marta  $F(x)$  ni berilgan intervalda ham o'zgarishini hisobga olsak u holda  $U(x) = F(x)$

Demak chiqish konturi apparat funksiya bilan mos kelayapti.

Xulosa. Agarda chiqish konturi apparat funksiya bilan mos tushsa u holda kirishdagi nurlanishni monoxromatik deb hisoblasa bo'ladi.

Teskari ham o'rinni. Nurlanishda energiyani to'liq uzunliklari bo'yicha taqsimotini aniqlash uchun (sektorni aniqlash), spektral qurilmaning apparat funksiyasi spektr kengligidan kichik bo'lishi kerak. Odatda apparat funksiya kengligini angstrom yoki  $\frac{1}{sm}$  da o'lchanadi.

O'lchash xatoliklari ta'siri, ya'ni asosiy natijaga qaytamiz.

$$U(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(x') \varphi(x-x') dx'$$

Agarda  $F(x)$  ma'lum bo'lsa  $U(x)$  ni o'lchab olsak u holda  $\varphi(x)$  ni ixtiyoriy aniqlikda aniqlash mumkin degan xulosaga kalamiz, ya'ni qurilmaning sifati hech narsani aniqlamaydi.

Bu erda  $U(x)$  va  $F(x)$  larni aniqlashdagi xatolik hisobga olinmagan. Qurilmaning xatoliklar kiritishi uchun ajrata olish qobiliyati bilan aniqlanadi. Ajrata olish qobiliyatini aniqlashdan oldin ikkita chiziqni qaysi holda ajralgan diymiz. Shuni aniqlab olamiz. Chiziqlarni ajralganini Reliy kriteriysi bilan farqlash qulay bo'ladi. Reliy kriteriysi: eng kichik ajrata olishi mumkin bo'lgan interval deb shu konturdagi bosh maksimum va birinchi minimum orasidagi masofani aytamiz.

Burgan o'lchov birliklarida

$$\delta\varphi = \frac{\lambda}{b}$$

Demak ikki monoxramatik bir xil yorqinlikdagi chiziqlar ajralgan bo'ladi. Agarda birinchisini minimumi kkinchisini maksimumiga mos kelsa

Bu konturlar chiziqlari kesishgan joy  $\varphi = \frac{b}{2\lambda}$  shu qiymatni

$$\frac{E_\varphi}{E_0} = \frac{\sin^2 \frac{\pi b}{\lambda} \varphi}{\left(\frac{\pi b}{\lambda} \varphi\right)^2} = \frac{1}{\left(\frac{\pi}{2}\right)^2} = 0,4$$

U holda yoritilganlik 0,8 yoritilganlik beradi. Demak yoritilgandagi chuqurlik maksimumdan 20 % ni tashkil qiladi. Bu farqni ko'z ilg'ay oladi. Shu sababli ikki chiziq  $\delta\varphi = \frac{\lambda}{b}$  masofada joylashgan bo'lsa, u holda ular alihida ko'rinadi. Endi burchak dispersiyasi formulasini eslaymiz.

$$D_\varphi = \frac{d\varphi}{d\lambda} d\lambda = \frac{d\varphi}{D_\varphi} \delta\lambda = \frac{\lambda}{bD_\varphi}$$

Eng kichik ajraladigan interval, ya'ni qurilmaning ajratish chegarasi.

Ishlatishga boshqa kattalik qulayroq bo'ladi.

$R = \frac{\lambda}{\delta l} = bD_\varphi$  Reliy kritiriysi boyicha ajrata olish kuchi, yoki nazariy ajrata olish kuchi.

Bu krittiriy mukammal emas.

Misol: ikki yonma-yon chiziq yorqinliklari 10:1 munosabatda bo'lsin va ular orasidagi masofa  $\frac{\lambda}{b}$  bo'lsin u holda ularni ajratib bo'lmaydi.

Demak Reliy kriteriysi ikki chiziq ajralishi haqida aniq tasavvur bo'lmaydi, lekin qurilmalarni solishtirishda juda qulay kriteriy.

## Nazorat savollari

Yorug'lik spektri xaqida tushuncha. Spektrlar turlari, ularni qisqacha xarakteristikalari, ularni xosil bo'lish sabablari.

Eng sodda spektral qurilma blok sxemasi. Spektral qurilmalar asosiy xarakteristikalari.

Monoxromator, polixromator, spektroskop, spektrograf va spektrometr iboralar bilan ataladigan qurilmalarning farqi. Spektral qurilma fokal tekisligida xosil bo'ladigan tirkish tasvirini kengayish sabablari.

Spektral qurilma apparat funksiyasi, uni xususiyatlari.

Spektral qurilmada spektr chizig'i kengayishiga sabablar. Svertka xaqida tushuncha va uni xossalari.

Tirqish kengligi nolinchii difraksion maksimumi kengligidan bir necha marta katta bo'lgan xol uchun spektral qurilma apparat funksiyasi.

Apparat funksiyani aniqlashdagi va fokal tekislikdagi yoritilganlik taxsimotini o'lchashdagi xatoliklarning xaqiqiy spektrni aniqlashdagi roli.

Spektral chiziq kengligi xaqida tushuncha, spektral chiziq kengayishi sabablari.



Ajratiladigan chiziklar orasidagi eng kichik intervalni aniqlashda Reley kriteriysi. Reley kriteriysiga asosan ajrata olish qobiliyati.

Spektral chizik kengligi apparat funktsiya kengligidan ko'p marta kichik bo'lgan xolda spektral qurilma fokal tekisligida yoritilganlik taxsimoti.

Kvars va shisha prizmalarning solishtirma xarakteristikasi. Dispersiyalovchi element sifatida ishlatiladigan prizmalarga qoyiladigan talablar.

Nurning prizmadan o'tishini xarakterlaydigan asosiy kattaliklar. Bu kattaliklarni bog'lovchi tenglamalar. Sindirish burchagi uchun chegaraviy qiymat. Eng kam og'ish burchagi.

Prizmaning ajrata olish qobiliyati. Prizmalar sistemasining ajrata olish qobiliyati. Prizma ajrata olish qobiliyatiga ta'sir etuvchi omillar.

Prizmaning burchak kattalashtirishi. Prizma va prizmalar sistemasining dispersiyasi.

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

David L. Andrews. Fundamentals of Photonics and Physics. Published by John Wiley & Sons. Inc., Hoboken, New Jersey.

B. Salex, M. Teyx. Optika i fotonika. Printsipy i primeneniye. Per s angl. Dolgoprudnyy, Izdatelskiy dom «Intelekt», 2012

.<http://www.photonics.com>

[www.optics.arizona.edu](http://www.optics.arizona.edu)»Research»

Specialties [www.manchester.ac.uk](http://www.manchester.ac.uk)

### 3-mavzu: Prizmalı spektral qurilmalar. Prizmalı spektral qurilmalarning ishlash soxasi, apparat funksiyasi, dispersiyasi, ajrata olish qobiliyati, chiziqli kattalashtirishi.

#### Reja

Prizmalı spektral qurilmalar.

Prizmalı spektral qurilmalarning ishlash soxasi

Apparat funksiyasi

Dispersiyasi, ajrata olish qobiliyati

Chiziqli kattalashtirishi

Avvalgi ma'ruzalarda osmon jismlarining spektrlarini o'rganish orqali ularning kimyoviy tarkibi, harorati, bosimi, aylanishi va boshqalar haqida qanday ma'lumot olish mumkinligi ko'rsatilgan. Quyida biz astronomiyada ishlatiladigan spektral asboblarning asosiy turlarini ko'rib chiqamiz. Birinchi marta yulduzlar va sayyoralar spektrlarini o'tgan asrda italiyalik astronom Secchi kuzatishni boshladi. Uning ishidan keyin ko'plab boshqa astronomlar spektral tahlilni boshladilar. Birinchidan, vizual spektroskop ishlatilgan, keyin spektrlar suratga olingan va endi fotoelektr spektrini yozib olish ham qo'llanilmoqda. Spektrni fotosuratga oladigan spektral asboblarda odatda spektrograflar, fotoelektrlari esa spektrometrlar deyiladi.

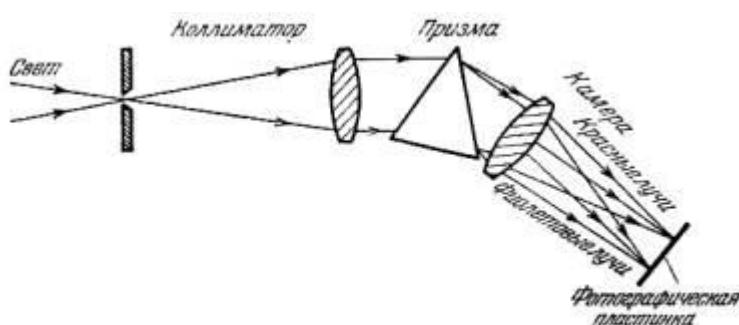


Рис. 117. Оптическая схема призмного спектрографа.

117-rasmda prizma spektrografining optik sxemasi ko'rsatilgan. Prizma oldida kollimator hosil qiluvchi tirqish va ob'ektiv joylashgan. Kollimator prizmaning parallel nurlarini yuboradi. Prizma materialining sinish ko'rsatkichi to'lqin uzunligiga bog'liq. Shuning uchun prizmadan keyin har xil to'lqin uzunliklariga mos keladigan parallel nurlar har xil burchak ostida ajralib chiqadi va ikkinchi ob'ektiv (kamera) fokal tekislikda spektr beradi, u suratga olinadi. Agar kameraning fokus tekisligiga ikkinchi tirqish qo'yilsa, spektrograf monoxromatorga aylanadi.

**Ikkinchi tirqishni spektr bo'ylab siljitish yoki prizmani aylantirish orqali spektrning alohida, ko'p yoki ozroq tor qismlarini tanlash mumkin. Agar biz monoxromatorning chiqish tirqishi ortida fotoelektr detektorini joylashtirsak, biz spektrometrni olamiz.**

Hozirgi vaqtda prizma spektrograflari va spektrometrlari bilan bir qatorda difraksion spektrometrlari keng qo'llanilmoqda. Ushbu qurilmalarda prizma o'rniga dispers (ya'ni spektrga ajralish) elementi difraksion panjara hisoblanadi. Eng ko'p ishlatiladigan reflektorli difraktsiya panjaralari hisoblanadi.

Prizma yordamida spektrni olsak, biz ikkita muhit chegarasida yorug'likning sinishi hodisasini qo'llaymiz. Difraksion panjaraning ishlashi boshqa turdagi hodisalarga asoslangan - yorug'likning difraktsiyasi va interferentsiyasi. Difraksion panjaraning ishlash printsiptini batafsil tushuntirmasdan (u fizika kursida o'rganiladi), biz faqat prizmadan farqli o'laroq, u bir emas, balki bir nechta spektrlarni berishini ta'kidlaymiz.

Bu prizma bilan solishtirganda yorug'likning ma'lum bir yo'qotilishiga olib keladi. Natijada, Astronomiyada difraksion panjaralardan foydalanish azaldan Quyoshni o'rganish bilan cheklanib kelgan. Ushbu kamchilik Amerika optikasi Vud tomonidan yo'q qilindi. U panjarali oluklarga ma'lum bir profil berishni taklif qildi, masalan, energiyaning katta qismi bitta spektrda to'planadi, qolgan qismi esa juda zaiflashadi. Bunday panjaralar yo'naltiruvchi yoki esetellar deb nomlanadi.

**Spektral qurilmaning asosiy xarakteristikasi - bu spektrni ajrata olish kuchi hisoblanadi.**

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda},$$

bu erda  $\Delta\lambda$  - bu alohida sifatida ro'yxatdan o'tgan ikkita yaqin chiziq orasidagi minimal masofa. Ajrata olish kuchi qanchalik baland bo'lsa, spektrni shunchalik batafsil o'rganish mumkin va natijada chiqaradigan ob'ektning xususiyatlari haqida ko'proq ma'lumot olish mumkin. Yonaltiruvchi difraksion panjarali spektral qurilmalarni ajrata olish, prizmalı spektral qurilmalarga nisbatan ancha yuqori. Lekin ularni boshqa barcha kattalıkları teng.

**Spektral qurilmalarning yana bir muhim xarakteristikasi bu burchakli dispersiyadir**

$$C = \frac{\Delta\alpha}{\Delta\lambda},$$

bu erda  $\Delta\alpha$  - dispersiyalash elementidan o'tgan va to'lqin uzunligi bilan farq qiladigan parallel nurlar orasidagi burchak. Miqdor

$$C' = f \frac{\Delta\alpha}{\Delta\lambda},$$

bu erda  $f$  - kameraning fokus masofasi, chizikli dispersiya deb ataladi, bu kameraning fokus tekisligidagi spektrning ko'lamini ifodalaydi va angstromga millimetrda, yoki (kichik dispersiyalar uchun) millimetrga angstromlarda belgilanadi Demak, spektrografning dispersiyasi  $250 \text{ \AA} / \text{mm}$ , degan ma'noni anglatadi spektrogramdagi millimetr to'lqin uzunligi intervalgacha  $\Delta\lambda = 250$  correspond ga to'g'ri keladi.

Optik sxemaning xususiyatlari va astronomik spektral asboblarni dizayni ular mo'ljallangan vazifalarning o'ziga xos xususiyatiga juda bog'liq. Yulduz spektrlarini

olish uchun qurilgan spektrograflar (yulduz spektrograflari) tumanlik spektrlari o'rganilayotgan tumanliklardan sezilarli farq qiladi. Quyosh spektrograflari ham o'ziga xos xususiyatlarga ega.

Agar ob'ekt kuchsiz bo'lsa, ya'ni. undan ozgina yorug'lik chiqadi, keyin uning spektrini juda batafsil o'rganish mumkin emas, chunki rezolyutsiya kuchining oshishi bilan har bir aniqlanadigan elementga tushadigan energiya miqdori kamayadi. Shu sababli, eng yuqori aniqlik kuchiga tabiiy ravishda quyosh spektral asboblari ega. Katta quyoshli spektraflarda u 106 ga etadi. Ushbu qurilmalarning chiziqli dispersiyasi  $10 \text{ mm} / \text{\AA}$  ( $0,1 \text{ \AA} / \text{mm}$ ) ga etadi.

Eng kuchsiz obektlarni o'rganayotganda, o'zini 100 yoki hatto 10 darajadagi ajrata olish kuchi va  $\sim 1000 \text{ \AA} / \text{mm}$  dispersiyalar bilan cheklash kerak. Masalan, xira yulduzlarning spektrlari ob'ektiv prizma yordamida olinadi, ya'ni. eng oddiy astronomik spektral asbob. Ob'ektiv prizma to'g'ridan-to'g'ri teleskop linzalari oldida joylashtirilgan va natijada yulduzlar tasvirlari spektrga cho'zilgan. Teleskopning o'zi kamera vazifasini bajaradi va kollimator kerak emas, chunki yulduzning yorug'ligi parallel nur shaklida keladi. Ushbu dizayn qurilmadagi yutilish tufayli yorug'lik yo'qotilishini minimallashtiradi. 118-rasmda ob'ektiv prizma bilan olingan yulduzlar maydonining fotosurati ko'rsatilgan.

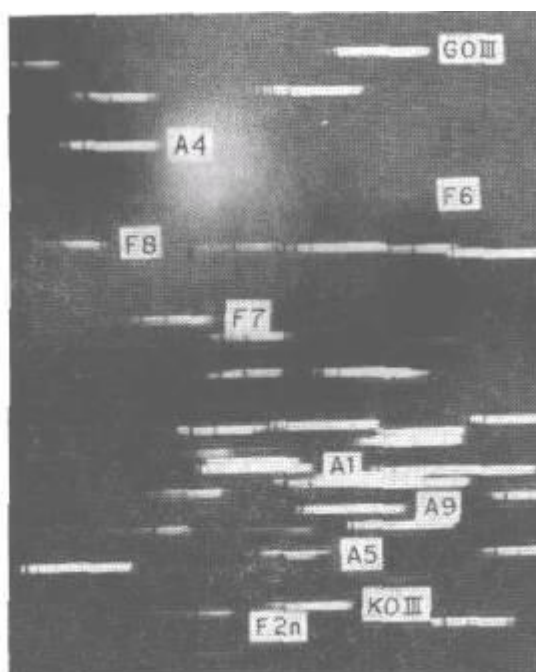
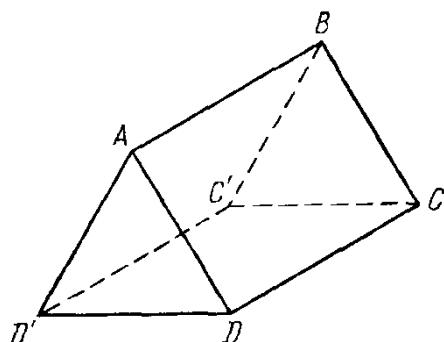


Рис. 118. Фотография звездных спектров, полученная с объективной призмой  
Для некоторых звезд указаны спектральный класс.

Yorug'lik filtrlari yordamida nurlanishning spektral tarkibi to'g'risida taxminiy fikrni olish mumkin. Spekrning fotografik va vizual sohalarida ko'pincha rangli shisha filtrlardan foydalaniladi. 119-rasmda, ba'zi bir yorug'lik filtrlari uchun uzatishning to'lqin uzunligiga bog'liqligini ko'rsatadigan egri chiziqlar ko'rsatilgan bo'lib, ular bir yoki boshqa qabul qilgich bilan bir necha yuz angstromdan ortiq bo'lmagan

maydonlarni tanlashi mumkin. Rangli shisha filtrlar yorug'likni yutish (yutish) ning to'lqin uzunligiga bog'liqligini ishlatadi. Ushbu turdagi yorug'lik filtrlari assimilyatsiya filtrlari deb ataladi. Yorug'lik filtrlari spektrning tor qismini tanlash uchun yorug'lik interferensiyasiga asoslangan.

Prizmalik spektral qurilmalar spektrlarni o'rganishdagi birinchi qurilma. Spektral prizma bu shaffof materialdan tayyorlangan, katta dispersiyaga ega bo'lgan ko'p qirrali jism. ( $\frac{dn}{d\lambda}$ -dispersiya) demak prizma yasaladigan materialga bir qator talablar qoyiladi.

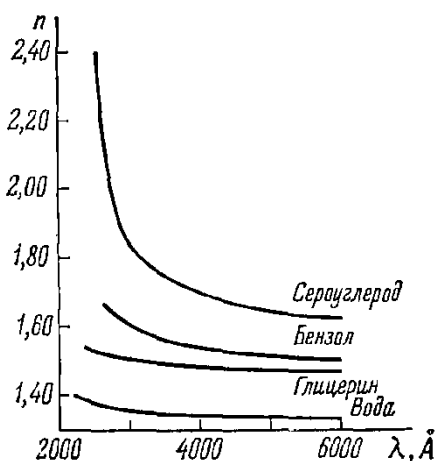


YA'ni material tadqiqot o'tkaziladigan to'lqin uzunliklarida shaffof va yuqori dispersiyaga ega bo'lishi kerak.  $\frac{dn}{d\lambda}$  yana u optik jihatdan bir jinsli va izotrop bo'lishi kerak. Qolaversa unga oson ishlov berilishi kerak va u arzon bo'lishi kerak.

Tabiiy kvars 2000÷4000 Å orasida yaxshi dispersiya ega. Lekin 4000 Å qiyin dispersiya tez kamayadi. Eritilgan kvars ham shunga o'xshash lekin dispersiyasi kamroq o'zi arzonroq. Tabiatda kata kvars kristallari kam uchraydi u ham qimmat turadi.

Shisha: 5000÷ 7000 Å orasida, dispersiyasi yaxshi “(kvarsda kam)

O'tkazish spektri



Kvarsda: o'tkazish qobiliyati 2500 Å dan boshlab birga yaqin ba'zi tabiiy kristallar 2000 Å da yaxshi o'tkazishi mumkin.

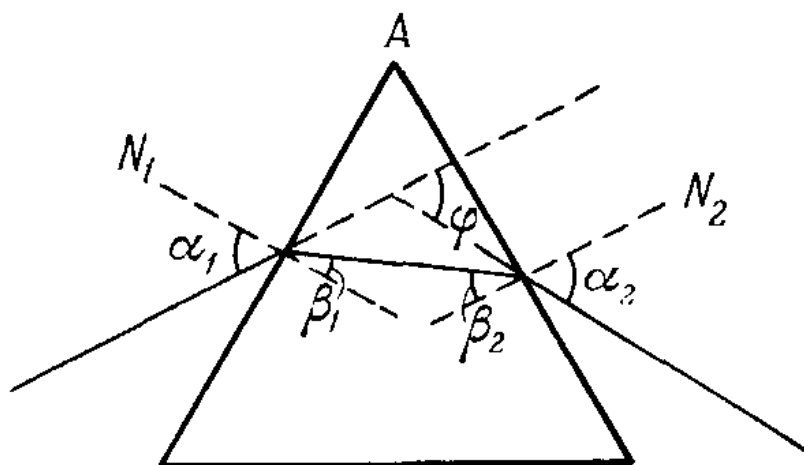
Shisha: ~4200 Å lardan boshlab o'tkazish birga yaqin.

Xulosa: Ultrabinafsha sohada 2000 Å kata to'liqlarda tabiiy kvartsning alohida namunalari ishlashi mumkin. 2500 Å uzun to'liqlarda kvarts prizmalar ishlatishga qulay. 4200 Å lardan boshlab shisha prizmalar qulay bo'ladi.

O'lchamlari:

Prizmalar odatda 10 sm dan kichik bo'ladi. Undan kata prizma ishlab chiqish qiyin va qimmat bo'ladi. Keng detallar bilan ishlash kerak bo'lganda, prizma shaklidagi idishga dispersiyasi katta suyuqlik solinadi. Ba'zida esa bir qancha prizmalarni birgalikda ishlatiladi. (murakkab prizmalar)

Faraz qilaylik  $n$  va  $\frac{dn}{d\lambda}$  prizmaning butun hajmi boyich bir xil. Prizmaga tushayotgan barch nurlarni traektoriyasini aniqlash qiyin. Shuning uchun soddalashtirilgan hol bo'lgan asosiy kesimda yotuvchi nurlarni ko'ramiz.



Asosiy kesimda nurlarni sinishi

$$\begin{cases} \varphi = \alpha_1 + \alpha_2(\beta_1 - \beta_2) \\ A = \beta_1 + \beta_2 \\ \sin \alpha_1 = n \sin \beta_1 \\ \sin \alpha_2 = n \sin \beta_2 \end{cases}$$

Ko'p hollarda  $A$ ,  $n$ ,  $\alpha$  larni oldindan aniqlash mumkin. Qolganlarini yuqoridagi spektrdan aniqlasa bo'ladi.

#### Prizmani xarektelovchi kattaliklar.

Chegaraviy burchak. Chegaraviy burchakni aniqlash uchun  $\alpha_1 = \alpha_2 = 90^\circ$  ( $\sin \alpha_1 = \sin \alpha_2 = 1$ ) u holda  $\beta_1 = \beta_2 = \arcsin \frac{1}{n} A_{max} =$

$2 \arcsin \frac{1}{n}$  Agarada  $A > A_{max}$  u holda prizмага tushgan ixtiyoriy nur ikkinchi sindiruvchi tomonga to'la ichki qaytish burchagidan kata burchakda tushadi va prizma asosidan chiqadi.

Agarada  $n = 1,5 \div 1,8$  o'rtasida bo'ladi, u holda  $A_{max} = 84^\circ \div 64^\circ$  bo'ladi. Ko'p holda  $A \approx 60^\circ$  olinadi.

Eng kata og'ish burchagi yana o'sha tenglamalar sistemasidan aniqlash mumkinki  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_0$  bo'lganda  $\varphi = \varphi_{min}$  Bu holda tushuvchi va chiquvchi nurlar prizмага nisbatan simmetrik bo'ladi va prizma ichida asosiga parallel bo'ladi.

Uning qiymatini aniqlash uchun

$A = 60^\circ$ ,  $n = 1,6$  deb olamiz unda

$$\alpha_0 = n \sin \frac{A}{2} = \sin \frac{A+\varphi}{2} \text{ bu erda } \varphi_{min} \approx 46^\circ$$

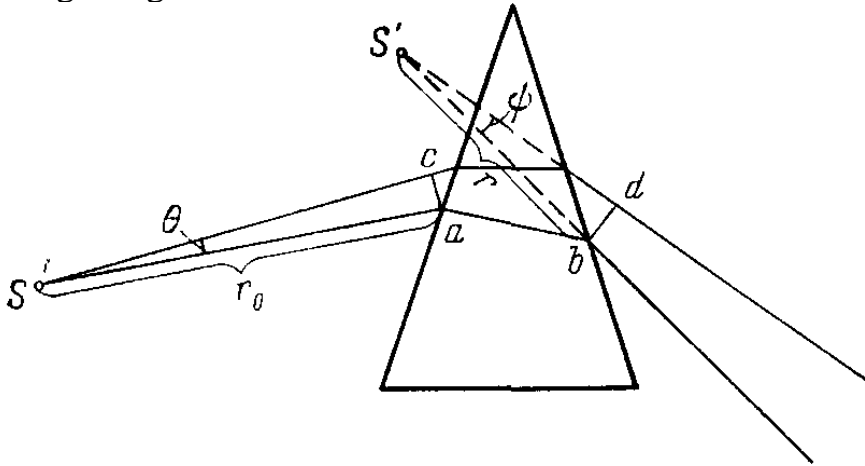
Prizmaning burchak kattalashtirishi

Bir ikki kattaliklarda prizmagga bitta nur tushayapti deb faraz qildi. Aslida prizmagga gatosentirik nurlar dastasi tushadi.

b va d- lar tushuvchi va chiquvchi dasta kesimlari.

$$\text{Burchak kuchaytirishi deb } \omega = \frac{\psi}{\theta} = \frac{b}{a}$$

Prizmaning burchak kattalashtirishi son jihatdan to'liq frontini prizmadan o'tganda siqilishiga teng.



Parallel dastalar ham siqilishi va kengayishi mumkin.

Qurilmaning burchak dispersiyasi  $D_\varphi =$  buni aniqlash uchun yana o'sha asosiy tenglamalar sepsmasini differensiyallash kerak bo'ladi va  $\frac{d\alpha_1}{d\lambda} = 0$  tushish burchagini o'zgarmas deb hisoblasak u holda prizmani eng kata og'ish burchagida o'rnatilgan deb dispersiya uchun olamiz.

$$\frac{d\varphi}{d\lambda} = 2 \frac{\sin \beta}{\cos \alpha} \frac{dn}{d\lambda} = \frac{2 \sin \frac{A}{2}}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \frac{A}{2}}} \frac{dn}{d\lambda}$$

Ba'zi belgilashlar kiritaylik shu tasvirdan

$$\sin \beta = \frac{1}{2} \frac{T}{a} \cos \beta = \frac{b}{a}$$

$$\text{Demak } \frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{T}{a} \frac{dn}{d\lambda} \quad (1) \text{ A-burchakni } 60^\circ \text{ eb olsak } \frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{2}{\sqrt{4-n^2}} \frac{dn}{d\lambda}$$

Ko'p hollarda prizmalar eng kam og'ish burchagiga qoyiladi va ularni sindirish burchagi  $A=60^\circ$  bo'ladi. Bu ikkala formula ham ba'zi soddalashtirish evaziga olingan bo'lsa ham yaxshi natijalar beradi.

Agarda bizda prizmalar sestemasi berilgan bo'lsa u holda

$$\frac{d\varphi_{um}}{d\lambda} = \frac{d\varphi_1}{d\lambda} + \frac{d\varphi_2}{d\lambda}$$

Agarda prizmalar eng kam og'ish holatida bo'lsa, agarda bus hart bajarilmasa

$$\frac{d\varphi_{um}}{d\lambda} = \omega_2 \frac{d\varphi_1}{d\lambda} + \frac{d\varphi_2}{d\lambda}$$

Agarda bizda kata prizma bo'lsa u holda

$$\frac{d\varphi_{um}}{d\lambda} = \frac{d\varphi_{k-1}}{d\lambda} \omega_k + \frac{d\varphi_k}{d\lambda}$$

Agrad sindirish burchaklar teskari tomonlarga qarasa u holda yig'indida ishora minus olinadi. Ajrata olish qobilyati  $R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} = bD_\varphi$

Lekin haqiqiy ajrata olish qobilyati bu qiymatdan ancha kam bo'lar ekan.

Sababi bu qiymat geometric optika yaqinlashishida olingan va unda prizma qirralaridagi difraksiya hisobga olinmagan. Difraksiyani hisobga olish eng kam og'ish holati bajariladi va quyidagicha aniqlanadi.

$$R = (t_1 - t_2) \frac{dn}{d\lambda}$$

Agarda dasta prizmani to'la qoplasa u holda  $R = T \frac{dn}{d\lambda} bD_\varphi > T \frac{dn}{d\lambda}$

Shuning uchun  $R = bD_\varphi$  nazariy ajrata olish qobilyati deyiladi. Shisha va kvars prizmalarning eng asosiy kamchiliklaridan biri dispersiyaning qiymati. To'lqin uzunligi oshishi bilan kamayadi.

Misol: TF-5 tipidagi shisha uchun spektrning havo rang qismi uchun  $\frac{dn}{d\lambda} = 3200 \text{ sm}^{-1}$ , qizil qismi uchun  $\frac{dn}{d\lambda} = 1170 \text{ sm}^{-1}$ . U holda bazasi 5 sm bo'lgan prizma uchun  $R=5000$ , havo rang uchun  $R=15000$ .

Demak spektrni qurilayotgan diapozonoga qarab tuzatish kiritish kerak.

Olingan natijalardan foddalanib bizni qiziqtirgan chiziqlarni ajrata olish uchun qanday prizma kerakligini aniqlash mumkin.

Misol: natriyning  $6000\text{A}^\circ$  -dagi duplet chiziqlari orasida masofa  $6 \text{ A}^\circ$  demak ajratish uchun  $R = \frac{6000}{6} = 1000$  qizil diapazonligini hisobga olib.

$\frac{dn}{d\lambda} = 1170 \text{ sm}^{-1} R = T \frac{dn}{d\lambda} T \approx 1 \text{ sm}$ . Agarda vodorot izotopi dupletini olsak u ham  $6000 \text{ A}^\circ$  yaqin orasi  $2 \text{ A}^\circ$   $R=3000$  va  $T=3 \text{ sm}$

Ajrata olish qobilyatini oshirish uchun  $k$  - ta prizmadan tuzilgan sestema ishlatish mumkin. Bu holda  $R_{um} = \sum_{i=1}^k R_k$

Ajrata olish qobilyatiga turli faktorlar manfiy ta'sir qilish mumkin: yutilish, prizma ishlab chiqarishdagi defektlar qaytarish bu  $\delta_0$  shuning uchun ham  $R_{real} \ll R_{reley}$  Prizmalarning turli xarakteristikalarini yaxshilash uchun prizmalarning turli formadagi turlicha ketma-ketligi birlashmalari ishlatiladi. Bunday prizmalar deyiladi. Misol: Rezerford prizmasi, Amichi prizmasi, Abbe prizmasi va boshqalar

### **Nazorat savollari**

Yorug'lik spektri xaqida tushuncha. Spektrlar turlari, ularni qisqacha xarakteristikalarini, ularni xosil bo'lish sabablari.

Eng sodda spektral qurilma blok sxemasi. Spektral qurilmalar asosiy xarakteristikalarini.

Prizmalı spektral qurilmalar.

Prizmalı spektral qurilmalarning ishlash sohasi,



Prizmalı spektral qurilmalarning apparat funksiyasi, dispersiyasi, ajrata olish qobiliyati, chiziqli kattalashtirishi.

#### **4-MAВ3Y: Difraktsion panjarali spektral qurilmalar, ularning asosiy xarakteristikalari ularni farqlari va amaliyotda ishlatilishi.**

##### **Reja**

1. Difraktsion panjara.
2. Shaffof fazaviy difraktsion panjaralarning turlari.
3. Spektral qurilmalarning dispersiyasi.
4. Spektral qurilmalarning ajrata olish kuchi.
5. Rentgen nurlarining difraktsiyasi. Vulf–Bregg formulasi.
6. Ob'ektivning ajrata olish kuchi.

##### **Tayanch so'zlar**

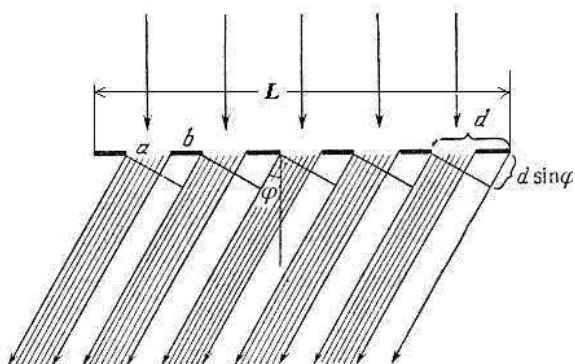
Difraktsion panjara, difraktsion panjara davri, difraktsion panjara kengligi, difraktsiya maksimumi, burchakiy dispersiya, chizig'iy dispersiya, spektral qurilmalarning ajrata olish kuchi, Vulf–Bregg formulasi, Laue shartlari, ob'ektivning ajrata olish kuchi.

Spektral qurilmalar deb optik diapazondagi elektromagnit nurlanishni monoxromatik tarkibiy qismlarga parchalanishi amalga oshiriladigan optik qurilmalarga aytiladi. Bunday qurilmalar moddadan chiqarilgan, yutilgan, qaytarilgan yorug'likni spektral tarkibini sifatli va miqdoriy o'rganish uchun ishlatiladi. Ushbu tadqiqotlar moddaning xossalari, kimyoviy tarkibi va nurlanish bilan bog'liq bo'lgan fizik jarayonlarning tabiati yoki nurning moddalar bilan o'zaro ta'siri to'g'risida fikr yuritishga imkon beradi. Spektral asboblar berilgan spektral tarkibni nurlanishini olish uchun ham ishlatiladi.

SOL Instruments tomonidan taklif qilingan spektral qurilmalar nurlanishning spektral parchalanish usuli bo'yicha "klassik" hisoblanadi. Ushbu qurilmalarda difraktsion panjara dispers element sifatida ishlatiladi, bu nurlanishning spektrga fazoviy parchalanishini amalga oshiradi (to'lqin uzunliklari bo'yicha).

## 1. Difraktsion panjara

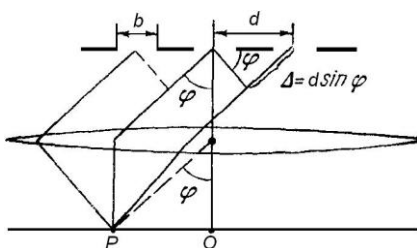
Bir-biridan bir xil masofada joylashgan juda ko'p sonli bir xil tirqishlar to'plami *difraktsion panjara* deb ataladi (15.1-rasm). Qo'shni tirqishlarning o'rtalari orasidagi  $d$  masofa *panjara doimiysi* yoki *davri* deb ataladi. Optikada ishlatiluvchi difraktsion panjarada tirqishlar jula kichik bo'ladilar, ya'ni  $b$  difraktsion panjara doimiysidan ko'p marta kichikdir ( $b \ll d$ ).



$N$  tor tirqishlardan tashkil topgan difraktsion panjara o'lchami *difraktsion panjara kengligi*  $L$  deyiladi va quyidagicha  $L = Nd$  formula orqali topiladi (15.1-rasm).

Panjaraga parallel qilib yig'uvchi linza qoyamiz va uning fokal tekisligiga ekran joylashtiramiz. Panjaraga to'lqin uzunligi  $\lambda$  bo'lgan yassi yorug'lik to'lqini

tushganda yetarlicha uzoq masofada difraktsion manzara hosil bo'ladi. Qavariq linza yordamida bu difraktsion manzara yassi tekislikda ma'lum bir masofada kuzatiladi (15.2-rasm).



15.2-rasm

Agar biz tushuvchi elektromagnit to'lqinning fazoviy kogerentlik radiusi  $\rho_k$  ni panjara kegligi  $L$  dan bir necha marta ortiq, ya'ni  $\rho_k \gg L$ , deb hisoblasak, u hoda barcha tirqishlardan tarqaluvchi tebranishlarni bir-biriga nisbatan kogerent deb hisoblashimiz mumkinligi kelib chiqadi. Bu holda to'lqinlar difraktsiyasini sezuvchi kompleks amplituda tirqishlarning har biridan tarqaluvchi to'lqinlarning

kompleks amplitudalari yig'indisiga teng bo'ladi.

Bir xil tirqishlarning burchak tarqaluvchanligini e'tiborga oluvchi

$$F(\varphi) = E_0 \int_{-b/2}^{b/2} \exp(ikx \sin \varphi) dx = E_0 b \frac{\sin\left(\frac{k b \sin \varphi}{2}\right)}{\left(\frac{k b \sin \varphi}{2}\right)} \quad (15.1)$$

formula bilan hisoblanuvchi panjaraning har bir tirqishidan tarqaluvchi to'lqinlarning kompleks amplitudalari bir-biridan faqat fazaviy ko'paytuvchisi bilan farq qiladilar. Bunda to'lqinlar qo'shni tirqishlardan tarqaluvchi to'lqinlarning fazasi bir xil  $\Delta$  kattalikka farqlanadilar (15.2-rasm):

$$\Delta = kd \sin \varphi \quad (15.2)$$

bu yerda  $\varphi$  – kuzatish nuqtasi  $P$  yo'nalishidagi burchak,  $k = 2\pi/\lambda$  – to'lqin son. Aytilganlarga muvofiq, kuzatish nuqtasi  $P$  dagi kompleks amplituda  $E(P)$ , agarda har bir tirqishdan tarqaluvchi to'lqinlarning fazalarini birinchi tirqishdan tarqaluvchi to'lqin fazasiga nisbatan hisoblasak, quyidagicha topiladi:

$$E(P) = E_0 b \frac{\sin\left(\frac{k b \sin \varphi}{2}\right)}{\left(\frac{k b \sin \varphi}{2}\right)} [1 + e^{i\Delta} + e^{2i\Delta} + e^{3i\Delta} + \dots + e^{i(N-1)\Delta}]. \quad (15.3)$$

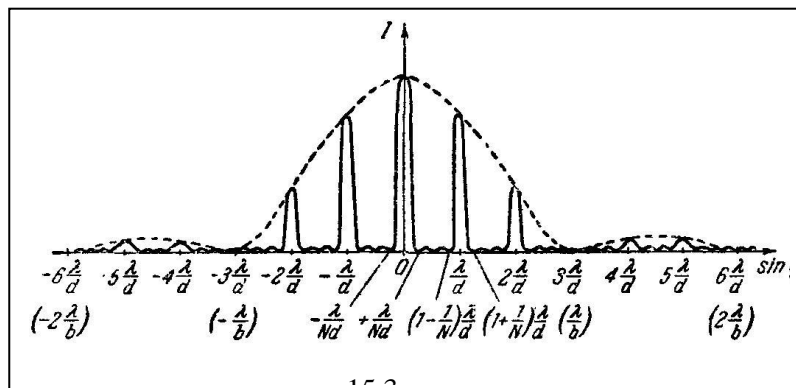
Bu ifodada qavs ichidagi yig'indi maxraji  $q = \exp(i\Delta)$  bo'lgan geometrik progressiya ekanligini e'tiborga olsak, quyidagini olamiz:

$$E(P) = E_0 b \exp\left(\frac{(N-1)\Delta}{2}\right) \frac{\sin\left(\frac{k b \sin \varphi}{2}\right) \sin\left(\frac{N\Delta}{2}\right)}{\left(\frac{k b \sin \varphi}{2}\right) \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)}. \quad (15.3,a)$$

bu yerdan difraksion panjaradan uzoq masofada to'lqinning intensivligi  $I(P)$  uchun ifoda quyidagicha bo'lar ekan:

$$I(P) = I_c \left[ \frac{\sin\left(\frac{k b \sin \varphi}{2}\right)}{\left(\frac{k b \sin \varphi}{2}\right)} \right]^2 \left[ \frac{\sin\left(\frac{N\Delta}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)} \right]^2, \quad (15.3,b)$$

bu yerda  $I_c = I_0 b^2 / R^2$  – difraksion panjaradan  $R$  masofadan joylashgan



difraksion manzara markazidagi intensivlik,  $I_0 = E_0^2 / \zeta$  – difraksion panjara sirtini yorituvchi to'lqin intensivligi.

(15.3,b) ga muvofiq intensivlikning taqsimlanish xarakteri difraksion manzara maksimumlarining navbatlashib kelishi kabi ko'rinishda bo'ladi, ularning orasida ikkilamchi zaif difraksion maksimum va minimumlar joylashadi (15.3-rasm).

Bosh difraktsion maksimumlarning intensivliklari  $\varphi_m$  yo'nalishlarda joylashadilar, ularda uzatish nuqtasida tirqishlardan tarqaluvchi to'lqinlar  $\lambda$  ga karrali bo'lgan yo'l ayirmasiga ega bo'ladi, ya'ni:

$$\sin(\varphi_m) = m\lambda / d, \quad (15.4)$$

bu yerda  $m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$  – butun sonlar.

Yo'nalishga mos keluvchi bosh difraktsiya maksimumi  $m$ -tartibli difraktsiya maksimumi deyiladi. Difraktsiyaning markaziy maksimumi nolinci ( $m=0$ ) tartibli maksimumi deyiladi va eng katta qiymatga ega bo'ladi:

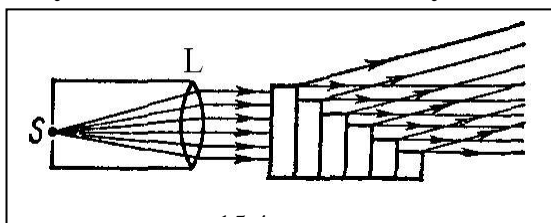
$$I_{\max}(P) = \tilde{C}I_0 b^2 N^2. \quad (15.5)$$

Difraktsiya maksimumining tartibi ortgani sari tirqish yo'naluvchvnligi diagrammasining ta'siri sababli uning intensivligi kamayadi. Tor tirqishlarda ( $b \ll d$ ) bu kamayishni e'tiborga olmaslik mumkin.

Agar difraktsion panjaraga oq yorug'lik tushayotgan bo'lsa, u holda markaziy difraktsiya maksimumidan tashqari barcha difraktsiya maksimumlari ( $|m| \geq 1$ ) tushayotgan to'lqinning spektral tashkil etuvchilarining ranglariga boyalgan bo'ladi. Bu difraktsiya maksimumlari (15.4) ning to'lqin uzunligi  $\lambda$  ga bog'liqligidan kelib chiqadi. Kichik to'lqin uzunlikli spektral tashkil etuvchilar difraktsiya manzarasining markaziga, to'lqin uzunlikli spektral tashkil etuvchilar esa difraktsiya manzarasining chetlariga yaqin joylashadilar.

## 2. Shaffof fazaviy difraktsion panjaralarning turlari.

Maykelson esheloni. Shaffof fazaviy difraktsion panjaralarning ko'rinshlaridan biri Maykelson tomonidan 1898 yilda taklif qilingan. turlari. Maykelson esheloni bir xil



kenglikdagi chiqishlarga ega bo'lgan qator (30-40 tagacha) o'ta parallel qilib qoyilgan shisha plastinkalardan tashkil topgan (15.4-rasm). Plastinkalar yuqori darajada bir jinsli va bir xil qalinlik (1 – 2 cm gacha) ka ega. O'zaro bir-birlariga qisilgan bir jinsli yassi parallel plastinkalar xuddi tutash bir jinsli shishadan zinapoyani vujudga keltiradi. S manbadan chiqqan yorug'lik L linzadan o'tgach Maykelson esheloniga parallel nurlar singari tushadi. Eshelon orqali o'tgan nurlar zinapoya poyalari chetlarida difraktsiyalanadilar. Am'lum bir burchaklar ostida difraktsiyalangan nurlar o'zaro interferentsiyalashib, mos keluvchi maksimumlarni va minimumlarni beradilar. Alohida nurlar orasida yo'llar ayirmasi, nafaqat shishaning sindirsh ko'rsatgichi  $n$  ga, balki poya balandligi  $l$ , uning kengligi  $h$  va difraktsiya burchagi  $\varphi$  ga ham

bog'liqdir.  $\varphi$  burchak ostida difraktsiyalanuvchi qo'shni nurlar orasida yo'llar ayirmasi quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta = l \sin \varphi + h(n - \cos \varphi).$$

Difraktsiya burchagi juda kichikligi sababli,  $\sin \varphi \approx \varphi$  va  $\cos \varphi \approx 1$ . Bunda bosh maksimumlar sharti quyidagicha bo'ladi:

$$l\varphi + h(n - 1) = m\lambda.$$

Difraktsiya burchagi juda kichikligi sababli ushbu ifodaning cham qismidagi birinchi hadni hisobga olmaslik mumkin. U holda biz quyidagini olamiz:

$$h(n - 1) = m\lambda.$$

Bu yerdan interferentsiya tartibi uchun quyidagini olamiz:

$$m = \frac{h(n - 1)}{\lambda}.$$

Optik asboblarning spektral xarakteristikalarini bilan tanishganimizdan, difraktsion panjaraning ajrata olish kuchi

$$R = mN$$

ekanligini ko'ramiz, bu yerda  $N$  - interferentsiyalanuvchi nurlar soni. Bunga  $m$  ning yuqorida keltirilgan ifodasini qo'ychak, quyidagini olamiz:

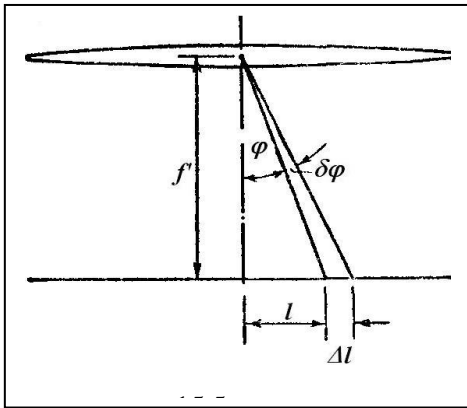
$$R = \frac{Nh(n - 1)}{\lambda}.$$

Yana shuni qayd etish zarurki, Maykelson eshelonidan tashqari yana Maykelson-Vilyams esheloni ham mavjud.

## 2. Spektral qurilmalarning dispersiyasi

Har qanday spektral asbobning asosiy xarakteristikasi uning dispersiyasi va ajrata olish qobiliyatidir. Dispersiya bir-biridan to'liq uzunligi boyicha  $1 \text{ \AA}$  ga farqlanuvchi ikki spektral chiziq orasidagi burchakiy yoki chizig'iy masofani belgilaydi. Ajrata olish qobiliyati spektrda bir-biridan ajratib qabul qilish mumkin bo'lgan ikki chiziqqa to'g'ri keladigan to'liq uzunliklarining minimal  $\delta\lambda$  farqini belgilaydi. *Burchakiy dispersiya* deb

$$D = \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda} \quad (15.6)$$



kattalikka aytiladi; bunda  $\delta\varphi$  – bir-biridan to’lqin uzunligi boyicha  $\delta\lambda$  ga farqlanadigan spektral chiziqlar orasidagi burchakiy masofadir.

Difraktsion panjaraning burchakiy dispersiyasini topish uchun bosh maksimumning (15.4) shartining chap tomonini  $\delta\varphi$  boyicha, o’ng tomoninn esa  $\delta\lambda$  boyicha differentsiallaymiz. Minus ishorani tashlab yuborib, quyidagini hosil

qilamiz:

$$d \cos\varphi \delta\varphi = m \delta\lambda;$$

bundan

$$D = \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda} = \frac{m}{d \cos\varphi}. \quad (15.7)$$

Kichik burch klar uchun  $\cos\varphi \approx 1$  va

$$D = \frac{m}{d}. \quad (15.8)$$

Bu olingan ifodadan ko’rinadiki, burchakiy dispersiya panjaraning davriga teskari proporsionaldir. Spekrtning tartibi qancha yuqori bo’lsa, dispersiya shuncha katta bo’ladi.

*Chizig’iy dispersiya* deb

$$D = \frac{\delta l}{\delta\lambda}$$

kattalikka aytiladi; bunda  $\delta l$  – bir-biridan to’lqin uzunligi boyicha  $\delta\lambda$  ga farqlanuvchi spektr chiziqlar orasidagi chizig’iy masofa bo’lib, bu masofa ekrandan yoki fotoplastinkadan o’lchab topiladi.

15.5-rasmdan ko’rinadiki, kichik  $\varphi$  burchaklar uchun  $\delta l \approx f' \delta\varphi$  bo’ladi; bu yerda  $f'$  –difraktsiyalanuvchi nurlarni ekranda yig’uvchi linzaning fokus masofasidir. Binobarin, chizig’iy dispersiya burchakiy dispersiya  $D$  orqali ifodalanishi mumkin:

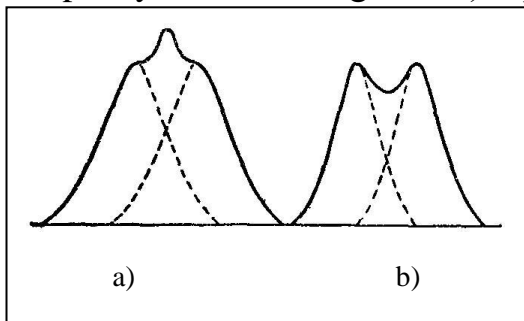
$$D_{chiz} = f' D.$$

Difraktsion panjara uchun (kichik  $\varphi$  burchak uchun)

$$D_{chiz} = f' \frac{m}{d}. \quad (15.9)$$

### 3. Spektral qurilmalarning ajrata olish kuchi

Ikki yaqin spektral chiziqlarni *ajratish* (ya'ni bir-biridan ajratib qabul qilish) imkoni faqat ular orasidagi masofagagina bog'liq bo'lmasdan (bu masofa asbobning dispersiyasi bilan belgilanadi), spektral maksimumning kengligiga ham bog'liq.



15.6-rasmda ikki yaqin maksimumlarning (punktir egri chiziqlar) ustma-ust tushishida kuzatiladigan natijaviy intensivlik (tutash egri chiziqlar) ko'rsatilgan. Birinchi holda ikkala maksimum bitta maksimumdek qabul qilinadi (15.6,a-rasm). Ikkinchi holda esa, maksimumlar orasida minimum mavjud bo'ladi (15.6,b-rasm). Reley tomonidan taklif qilingan kriteriyga

muvofiq, agar bir maksimumning o'rtasi ikkinchi maksimumning chetiga to'g'ri kelsa (15.6,b-rasm), spektral chiziqlar to'la ajratilgan deb hisoblanadi. Bu holda chiziqlar orasidagi minimum maksimumlarning 80% ini tashkil kiladi. Maksimumlarning bunday o'zaro joylashishi  $\delta\lambda$  ning ma'lum (berilgan asbob uchun) qiymatida hosil bo'ladi. Spektral asbobning ajrata olish kuchi deb quyidagi o'lchamsiz kattalikka aytiladi:

$$R = \frac{\lambda}{d\lambda}. \quad (15.10)$$

Difraksion panjaraning ajrata olish kuchini topamiz.  $\lambda + \delta\lambda$  to'lqin uzunligi uchun  $m$ -inchi maksimum o'rtasining o'rni quyidagi shart bilan aniqlanadi:

$$d \cdot \sin \varphi_{\max} = m(\lambda + \delta\lambda).$$

$\lambda$  to'lqin uzunligi uchun  $m$ -inchi maksimumning chetlari quyida munosabatni qanoatlantiruvchi burchaklar ostida joylashgan bo'ladi:

$$d \cdot \sin \varphi_{\min} = \left(m \pm \frac{1}{N}\right)\lambda.$$

$\lambda + \delta\lambda$  to'lqin uzunligidagi maksimumning o'rtasi  $\lambda$  to'lqin uzunligidagi maksimumning cheti bilan ustma-ust tushishi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$m(\lambda + \delta\lambda) = \left(m + \frac{1}{N}\right)\lambda.$$

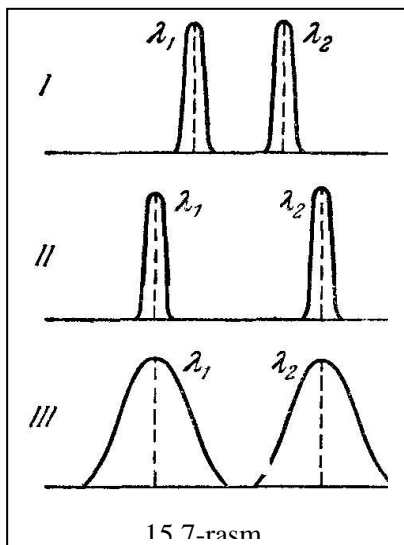
bundan

$$m\delta\lambda = \frac{\lambda}{N}.$$

Ushbu munosabatni  $\lambda/\delta\lambda$  ga nisbatan yechib, quyidagini topamiz:

$$R = mN. \quad (15.11)$$

Shunday qilib, difraksion panjaraning ajrata olish kuchi spektrning  $m$  tartibiga va tirqishlarning  $N$  soniga proporsionaldir.



15,7-rasmda  $D$  va  $R$  ning qiymatlari bilan bir-biridan farqlanuvchi panjaralar yordamida ikki spektral chiziq uchun hosil qilingan difraksion manzaralar taqqoslangan.  $I$  va  $II$  panjaralarning ajrata olish kuchi bir xil (ularida  $N$  bir xil), lekin dispersiyasi har xil ( $I$  panjara uchun  $d$   $II$  panjaranikiga qaraganda ikki marta katta, shunga muvofiq ravishda, dispersiya - ikki marta kichik).  $II$  va  $III$  panjaralarning dispersiyasi bir xil (ularida  $d$  bir xil), lekin ajrata olish kuchi har xil ( $III$  panjarada tirqishlar soni  $N$  va ajrata olish kuchi  $R$   $II$  panjaranikiga qaraganda ikki marta kichik).

Shaffof va qaytaruvchi difraksion panjaralar bo'ladi. Shaffof panjaralar shisha yoki kvarts plastinkalardan

yasalib, ularning sirtiga mahsus mashina yordamida olmos keskich bilan qator parallel shtrixlar chiziladi. Shtrixlar oralig'i tirqishlar rolini oynaydi.

Qaytaruvchi panjaralar olmos keskich yordamida metall ko'zgu sirtiga chiziladi. Qaytaruvchi difraksion panjaraning nazariyasi shaffof panjara nazariyasidan hech farq qilmaydi. Qaytaruvchi panjaraga yorug'lik qiya tushadi. Shunda  $d$  davrli panjaraning ishlashi  $d \cdot \cos i$  davrli panjaraning yorug'lik perpendikulyar tushayotgandagi ishlashi kabi bo'ladi; bunda  $i$  - tushish burchagi. Bu hol yorug'likning, masalan, patefon plastinkasidan qaytishida spektrni ko'rish imkoniyatini tug'diradi. Buning uchun  $1 \text{ mm}$  da bir nechtagina shtrixi (ariqchasi) bo'lgan patefon plastinkasi shunday o'rnatiladiki natijada tushish burchagi  $\pi/2$  ga yaqin bo'ladi. Rouland panjara o'zi (linzasiz) difraksion spektrlarni fokuslaydigan qaytaruvchi botiq panjarani ixtiro qildi.

Eng yaxshi panjaralarda  $1 \text{ mm}$  ga 1200 gacha shtrix to'g'ri keladi ( $d \approx 0,8 \text{ mkm}$ ). (25.6) formuladan kelib chiqadiki, panjaraning davri bunday bo'lganda, ko'zga ko'rinadigan yorug'likda, 2-tartibli spektrlar kuzatilmaydi. Bunday panjaralardagi shtrixlarning umumiy soni 200000 ga yetadi. (uzunligi  $200 \text{ mm}$  tartibida bo'ladi).

Asbobning fokus masofasi  $f' = 2 \text{ m}$  bo'lganda chizig'iy dispersiyasi  $0,2 \text{ mm}/\text{A}^{\circ}$  bo'ladi. 1-tartibli ko'zga ko'rinadigan spektrning kengligi bu holda  $700 \text{ mm}$  dan oshadi.

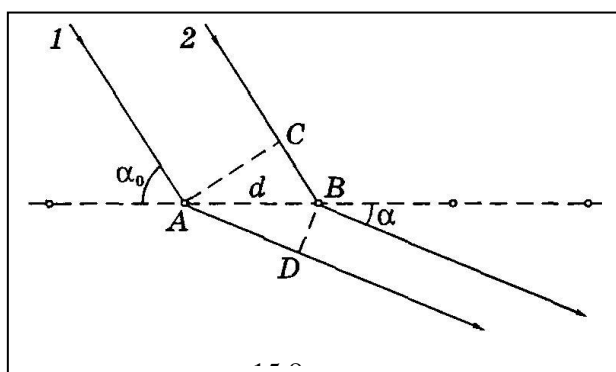
#### 4. Rentgen nurlarining difraksiyasi. Vulf-Bregg formulasi.



Difraktsiya uch ulchovli strukturalarda ham, ya'ni bir tekislikda yotmaydigan uch yunalish bo'yicha davriy bo'lgan fazoviy tuzilishlarda ham kuzatiladi. Hamma kristall jismlar ana shunday strukturaga ega. Biroq, ularning davri ( $\sim 10^{-4}$  mkm) ko'rinadigan yorug'likda difraktsiyani kuzatish mumkin bo'lishi uchun juda ham kichiklik qiladi. Kristallar bilan ishlaganda  $d > \lambda$  shart faqat Rentgen nurlari uchungina bajariladi. Rentgen nurlarining kristallardan hosil bo'ladigan difraktsiyasi birinchi marta 1913 yilda Laue, Fridrix va Knipping tomonidan o'tkazilgan tajribada kuzatilgan edi (g'oya Lauega mansub bo'lib, qolgan ikki muallif tajribalarni amalga oshirgan edilar).

Kristall panjarani tashkil etuvchi zarralar ularga tushuvchi to'lqinlarni kogerent sohadigan tartibli joylashgan markazlar rolini oynaydi.

Tartiblangan strukturalardagi difraktsiyani qarashni monoxromatik nurlanishning bir-biridan bir xil masofada joylashuvchi zarra (masalan, atom) lardan tashkil topgan to'g'ri chiziqli zanjirchadagi difraktsiyasini qarashdan boshlaymiz. Faraz qilaylik,



to'lqin uzunligi  $\lambda$  bo'lgan parallel nurlar dastasi qo'shni zarrachalar orasidagi masofasi (struktura davri)  $d$  ga teng bo'lgan zanjirchaga  $\alpha_0$  sirpanish burchagi hosil qilib tushayotgan bo'lsin (15.8-rasm). Rasmdan ko'rinib turibdiki, qo'shni zarrachalar tomonidan  $\alpha$  sirpanish burchagi ostida sochilgan 1 va 2 nurlar orasidagi yo'llar farqi

$\Delta = AD - CB = d(\cos\alpha - \cos\alpha_0)$  ga teng bo'ladi. U holda,  $m$ -tartibli Fraunhofer maksimumlari hosil bo'ladigan  $\alpha = \alpha_m$  burchaklar, yo'llar farqi to'lqin uzunliklarining butun soniga teng bo'ladigan quyidagi shart bilan aniqlanadi:

$$d(\cos\alpha_m - \cos\alpha_0) = \pm m\lambda, \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

**Laue shartlari.** Oson bo'lishi uchun, to'g'ri burchakli panjarani qaraymiz. Bu panjaraning davrlari uning uchta qirralariga parallel yo'nalgan  $x$ ,  $y$  va  $z$  koordinata o'qlari bo'yicha  $d_1$ ,  $d_2$  va  $d_3$  ga teng bo'lsin. U holda, Fraunhofer difraktsiyasida bosh maksimumlar, to'g'ri chiziqli zanjirchaga qiya tushgan yorug'likning difraktsiya maksimumlari uchun yuqorida keltirilgan ifodaga o'xshagan uchta ifodani qanoatlantirishi kerak.

Bu ifodalar – Laue shartlari – quyidagicha ko'rinishda bo'ladi:

$$\begin{aligned} d_1(\cos\alpha - \cos\alpha_0) &= \pm m_1\lambda, \\ d_2(\cos\beta - \cos\beta_0) &= \pm m_2\lambda, \\ d_3(\cos\gamma - \cos\gamma_0) &= \pm m_3\lambda, \end{aligned} \quad (15.12)$$

bu yerda  $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0$  va  $\alpha, \beta, \gamma$  – burchaklar  $x, y$  va  $z$  koordinata o'qlari bilan tushuvchi va sochiluvchi dastalarning tarqalish yo'nalishlari orasidagi burchak;  $m_1, m_2$  va  $m_3$  maksimumlar tartibini aniqlovchi butun sonlar (0, 1, 2, ...).

$\alpha, \beta$  va  $\gamma$  burchaklar erkin emas. Koordinatalar sistemasi to'g'ri burchakli bo'lganda ular quyidagi munosabat bilan bog'langan bo'ladi:

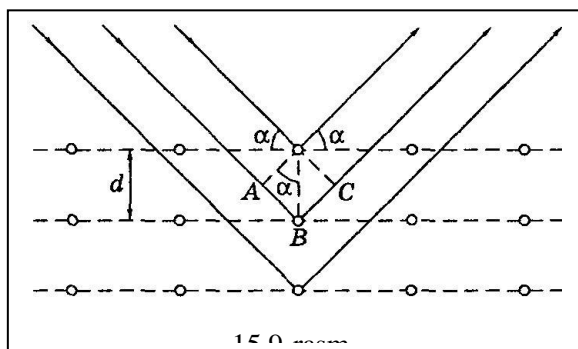
$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1. \quad (15.13)$$

Bu to'rttala tenglama bir xil vaqtda bajarilganda (bu esa faqat qandaydir aniq to'lqin uzunliklari uchungina bajarilishi mumkin), har bitta shunday  $\lambda$  to'lqin uzunligining qiymati uchun o'zining maksimumi (va yo'nalish, unga  $\alpha, \beta$  va  $\gamma$ ) mos keladi.

Yana bitta zarur narsani aytib o'tish lozim. Agar to'lqin uzunligi panjaraning qo'shni tugunlaridan tarqaluvchi tebranishlarning maksimal yo'llar farqidan katta (ya'ni  $\lambda > 2d$ ) bo'lsa, nolinchidan tashqari barcha difraktsiya maksimumlari yo'q bo'lishi kerak. Bunday to'lqin uzunliklariga ega bo'lgan nurlanishlar muhitda difraktsiyalanmasdan (sochilmasdan) tarqaladi.

Kristall panjara doimiylari ko'rinuvchi yorug'lik to'lqin uzunligidan sezilarli darajada kichik ( $d \sim 0,5 \text{ nm}, \lambda \sim 500 \text{ nm}$ ), shuning uchun ko'rinuvchi yorug'lik uchun kristallar optik bir jinsli (sochmaydigan) muhitlar hisoblanadilar. Rentgen nurlar uchun esa, aksincha, kristallar tabiiy diraksion panjaralar hisoblanadilar.

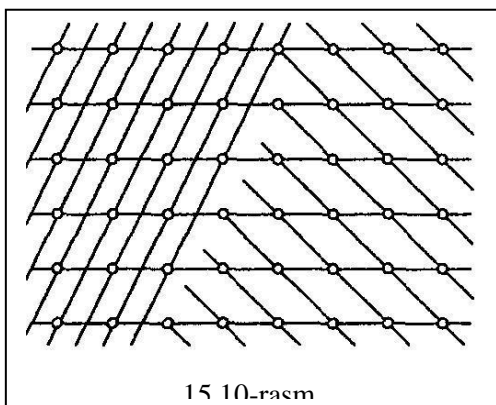
**Vulf-Bregg formulasi.** Laue sharti (15.12) fazoviy strukturadagi difraktsiya hodisasining fizik ma'nosini ifodalaydi. Biroq biz ushbu shartlar yordamida olinishi



mumkin bo'lgan natijalar tahliliga to'xtamaymiz, chunki kristaldagi Rentgen nurlarining difraktsiyasini hisoblashning yanada osonroq metodi ham mavjud. Rus olimi Y.V.Vulf va ingliz fiziklari U.G. va U.L. Bregglar, bir-biridan mustaqil ravishda kristall panjaradan hosil bo'ladigan difraktsion manzaraning analizini quyidagi sodda usulda ham

bajarish mumkinligini ko'rsatdilar. Kristall panjaraning tugunlari orkali bir-biridan barobar masofalarda parallel tekisliklar o'tkazamiz (15.9-rasm). Bundan keyin biz o'sha tekisliklarni atom qatlamlari deb ataymiz. Agar kristallga tushayotgan to'lqin yassi bo'lsa, bunday qatlamda yotuvchi atomlar yuzaga keltiradigan ikkilamchi to'lqinlarning o'ramasi ham tekislikdan iborat bo'ladi. Shunday qilib, bir qatlamda yotgan atomlarning natijaviy ta'sirini atomlar bilan qoplangan sirdan odatdagi qaytish qonunlari boyicha qaytgan yassi to'lqin ko'rinishida tasavvur qilish mumkin. Turli atom qatlamlaridan qaytgan yassi ikkilamchi to'lqinlar o'zaro kogerent va difraktsion panjaraning har xil tirqishlaridan berilgan yunalishda tarqalayotgan to'lqinlar kabi interferentsiyalashadi. Rentgen nurlari uchun barcha moddalarning sindirish ko'rsatkichlari birga yaqin, shuning uchun qo'shni atom

qatlamlaridan ko'zgusimon qaytgan ikki to'lqinning yo'llar ayirmasi quyidagicha bo'ladi:  $ABC = 2d \sin \alpha$  bu yerda  $d$  – qaralayotgan qatlamlarga perpendikulyar yunalishda kristallning birdaylik davri,  $\alpha$  – tushish burchagiga qo'shimcha burchak bo'lib, tushuvchi nurlarning *sirpanish burchagi* deb ataladi. Demak, difraksiyon maksimumlar hosil bo'ladigan yo'nalishlar quyidagi shart bilan aniqlanadi:



$$2d \sin \alpha = \pm m \lambda, \quad m = 1, 2, 3, \dots (15.14)$$

(15.14) munosabat *Vulf-Bregg formulasi* deb ataladi.

Atom qatlamlarini kristalda ko'p xil usulda o'tkazish mumkin (15.10-rasm). Qatlamlarning har bir sistemasi, agar u sistema uchun (15.14) shart bajarilsa, difraksiyon maksimum berishi mumkin. Biroq, faqat yetarli darajada zich atomlar bilan qoplangan qatlamlardan qaytish hisobiga hosil bo'ladigan maksimumlarga sezilarli intensivlikka ega bo'ladi.

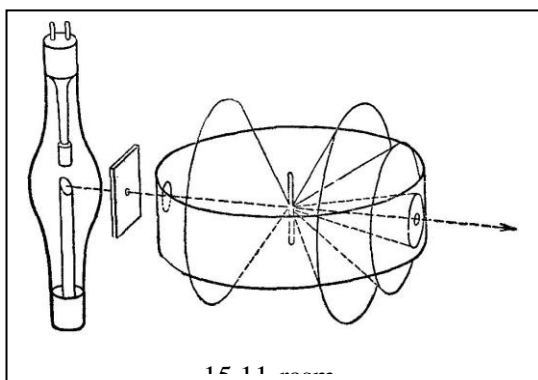
Qayd qilib o'tamizki, Vulf-Bregg formulasi (15.14) Laue shartlari (15.12) dan kelib chiqadi.

**Rentgen nurlari difraktsiyasini qo'llash.** Rentgen nurlarining kristallardan hosil bo'ladigan difraktsiyasining ikkita asosiy tatbiqi bor. Undan rentgen nurlanishining spektral tarkibini tekshirishda (rentgen spektroskopiyasi) va kristallarning tuzilishini o'rganish (rentgenostrukturaviy tahlil) da foydalaniladi.

1. *Laue metodi.* Tekshirilayotgan rentgen nurlanishining ma'lum tuzilishdagi kristallardan hosil bo'layotgan difraktsiyasi natijasida qanday yunalishlarda maksimumlar vujudga kelishini aniqlab, masalan, (15.14) formula boyicha to'lqin uzunliklarini hisoblab chiqarish mumkin. Dastlab to'lqin uzunliklarini aniqlash uchun kubik sistemadagi kristallar ishlatilgan edn, ularning tekisliklari orasidagi masofalar esa krisgallning zichligi va molekulyar og'irligidan topilgan edi.

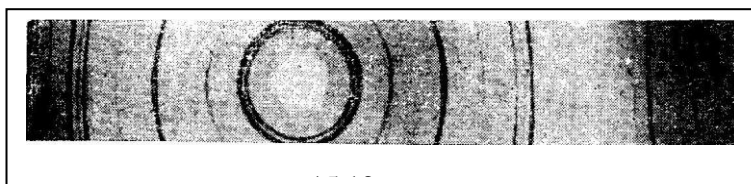
Laue taklif qilgan strukturaviy tahlil usulida tutash spektrli rentgen nurlanishi dastasi qo'zg'almas monokristallga tushiriladi. Yetarli darajada zich atomlar bilan qoplangan qatlamlarning har bir sistemasi uchun nurlanish tarkibida shunday to'lqin uzunligi topiladiki, uning uchun (15.14) shart bajariladi. Shu sababli kristall orqasiga qoyilgan fotoplastinkada (ko'rinadigan qilingach) qora dog'chalar to'plami hosil bo'ladi. Dog'chalarning o'zaro joylashishi kristallning simmetriyasini aks ettiradi, Dog'chalar orasidagi masofa va ularning intensivligi boyicha atomlarning kristalda qanday joylashganini va ular orasidagi masofalarni topish mumkin bo'ladi.

2. *Debay-Sherer metodi.* Debay va Sherer ishlab chiqqan strukturaviy tahlil usulida monoxromatik rentgen nurlanishi va polikristal namunalaridan foydalaniladi.



Tekshirilayotgan modda maydalanib, kukun holiga kelgiriladi va undan sim ko'rinishida namuna presslanadi. Namuna tsilindrik kameraning o'qi boylab o'rnatiladi, tsilindrning yon sirtiga esa fotoplyonka joylashgiriladi (15.11-rasm). Juda kup sonli tartibsiz ravishda orientatsiyalangan kristallchalar orasida shundaylari ham ko'p topiladiki, ular uchun (15.14) shart bajariladi, shuning bilan birga, difraksiyalangan nur har

xil kristallchalar uchun turli-tuman tekisliklarda yotadi. Natijada atom qatlamlarining har bir sistemasi va har bir  $m$  uchun birgina maksimum yo'nalishi



hosil bo'lmay, bunday yo'nalishlarning konusi hosil bo'ladi va bu konusning o'qi tushayotgan dasta yo'nalishi bilan ustma-ust tushadi (15.11-

rasm). Plyonkada hosil bo'ladigan manzara (debaegramma) 15.12-rasmda tasvirlangan ko'rinishda bo'ladi. Simmetrik joylashgan chiziqlarning har bir jufti  $m$  ning biror qiymatida (15.14) shartni qanoatlantiruvchi difraksion maksimumlardan biriga to'g'ri keladi. Pentgenogrammani rasshirofka qilish kristallning tuzilishini aniklash imkonini beradi.

## 5. Ob'ektivning ajrata olish kuchi

Doiraviy teshikdan hosil bo'layotgan Fraungofer difraksiyasi paytida ekranda vujudga keladigan manzara markaziy yorug' dog' va uni o'rab olgan ketma-ket qoramtir va yorug' halqalar ko'rinishida bo'ladi (15.13-rasm). Tegishli hisoblashlar ko'rsatadiki, birinchi minimum difraksion manzaraning markazidan

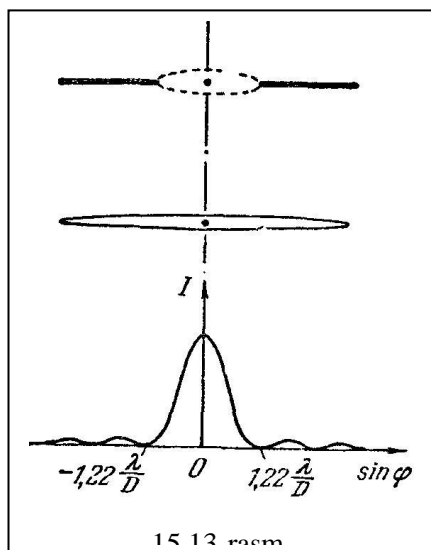
$$\varphi_{\min} = \arcsin 1,22 \frac{\lambda}{D}, \quad (15.15)$$

burchak masofada bo'ladi, bu yerda  $D$  – teshikning diametri. Agar  $D \gg \lambda$  bo'lsa, (15.15) formulani quyidagicha soddalashtirish mumkin:

$$\varphi_{\min} = 1,22 \frac{\lambda}{D}. \quad (15.16)$$

Teshikdan o'tgan yorug'lik oqimining ko'p qismi (84% ga yaqini) markaziy yorug' dog' sohasiga tushadi. Birinchi maksimumning intensivligi markaziy maksimum intensivligining hammasi bo'lib 1,74% ini, ikkinchi maksimumning intensivligi esa

– 0,41% ini tashkil qiladi. Qolgan maksimumlarning intensivligi yanada kichik. Shuning uchun birinchi yaqinlashishda difraksion manzarani burchak radiusi (15.16) formula bilan aniqlanadigan birgina yorug' dog'dan iborat deb hisoblash mumkin. Bu dog' aslida cheksiz uzoqlashgan nuqtaviy yorug'lik manbaining tasviridir (teshikka yassi yorug'lik to'lqini tushadi).



Difraksion manzara teshik bilan linza orasidagi masofaga bog'liqmas. Jumladan, teshikning chetlari bilan linzaning chetlari ustma-ust tushganda ham u o'shandayligicha qoladi. Bundan, eng mukammal linza ham ideal optikav tasvir berolmaydi, degan xulosa kelib chiqadi. Yorug'likning to'lqin tabiati tufayli nuqtaning linza hosil qiladigan tasviri dog'cha ko'rinishida bo'lib, difraksion manzaraning markaziy maksimumidan iborat bo'ladi. Bu dog'chaning burchak o'lchovi linza gardishining  $D$  diametri ortgan sari kamayadi.

Ikki nuqta orasidagi burchak masofa juda kichik bo'lganda ularning biror optikav asbob yordamida hosil qilinadigan tasvirlari bir-birining ustiga tushadi va bitta yorug' dog' hosil qiladi. Demak, ikkita juda yaqin nuqtalarni asbob ayrim-ayrim holda ajratib qabul qilmaydi; bu holda asbob ularni ajratmaydi, degan ibora ham ishlatiladi. Shu sababli, tasvir o'z o'lchamlari boyicha qanchalik katta bo'lmasin, unda tegishli tafsilotlar ko'rinmaydi.

Optikaviy asbob ikki nuqtani bir-biridan ajratib ko'rsatish mumkin bo'lgan eng kichik burchak masofani  $\delta\psi$  orqali belgilaymiz.  $\delta\psi$  ga teskari bo'lgan kattalik asbobning ajrata olish kuchi deb ataladi:

$$R = \frac{1}{\delta\psi}. \quad (15.17)$$

Durbin yoki fotoqurilma ob'ektivining juda uzoqdagi buyumlarga qaralayotgandagi yoki fotosurati olinayotgandagn ajrata olish kuchi quyidagicha topamiz:

$$R = \frac{D}{1,22\lambda}. \quad (15.18)$$

(15.18) formuladan kelib chiqadiki, ob'ektiv diametri qancha katta bo'lsa, uning ajrata olish kuchi ham shuncha katta bo'ladi.

## Nazorat uchun savollar

### 1. Difraksion panjara.

2. Spektral qurilmalarning dispersiyasi.
3. Spektral qurilmalarning ajrata olish kuchi.
4. Rentgen nurlarining difraktsiyasi. Vulf–Bregg formulasi.
5. Laue shartlari.
6. Laue metodi.
7. Debay-Sherer metodi.
8. Ob'ektivning ajrata olish kuchi.

**5-mavzu: Yuqori ajrata olish qobiliyatli spektral qurilmalar. Fabri-Pero interferometri va uning asosiy xarakteristikalari. Ajrata olish qobiliyati. Fabri-Pero interferometrini spektral qurilmalarida ishlatilishi. Furg'e-spektrometri, infraqizil spektrometriY.**

Tabiiy muhitga jiddiy sanoat ta'siri atrof-muhitning ifloslanish darajasini maqbul chegaralarda ushlab turish uchun o'z vaqtida zarur choralarni ko'rish uchun ekologik vaziyatni doimiy ravishda kuzatib borish zarurligini keltirib chiqardi. Masofaviy boshqarish usullari orasida eng operatsion va eng muhim bo'lganlari yuqori ma'lumotlarga ega bo'lganligi sababli optikdir. Ular atmosfera tarkibidagi global va uzoq muddatli antropogen o'zgarishlarni kuzatish uchun yagona vositadir.

Butun optik asboblarning uchun umumiy rivojlanish tendentsiyalari bilan bir qatorda spektral moslamalarni yaratishda ba'zi bir aniq yo'nalishlarni ta'kidlash mumkin. Ushbu tendentsiyalar klassik tirqishlar difraktsiyasi qurilmalarining konstruktsiyalarini yanada takomillashtirishni, shuningdek, ixtisoslashgan spektral qurilmalarni ishlab chiqishni va ularning parametrlarini optimallashtirishni o'z ichiga oladi.

Ushbu ish yuqori piksellar soniga ega kichik o'lchamli spektral qurilmalar uchun optik tizim yaratish imkoniyatlarini o'rganishga bag'ishlangan. Bunday xususiyatlarga ega qurilmalar atrof-muhit holatini baholash va Yerni kosmosdan masofadan turib zondlash paytida tabiiy resurslarni o'rganish uchun ishlab chiqilmoqda.

Spektral qurilmaning ajrata olish qobiliyati va chiziqli dispersiyasi uning sifat xususiyatlariga ham, dizayn xususiyatlariga ham ta'sir qiladi. Shu sababli, ushbu xususiyatlarni o'rganishga ko'plab adabiyotlar chop etilgan. Ushbu ishlardan kelib chiqadiki, optik tizimlarning piksellar sonini va dispersiyasini oshirishga qo'shimcha optik elementlarni kiritish orqali erishiladi, bu esa umumiy o'lchamlarning oshishiga, spektrni skanerlashda alohida optik elementlarning harakatlarini moslashtirish uchun kinematik mexanizmlarning murakkablashishiga

olib keladi, bu esa ularni ishlab chiqarishda va optik qismlarning murakkablashuviga olib keladi va tannarhi ancha qimmat tushadi.

Spektral ajrata olish qobiliyati  $R$  qurilmaning xususiyatini to'lqin uzunligidan farq qiladigan nurlanishlarni kichik intervalgacha ajratish xususiyatini tavsiflaydi. Ushbu interval qanchalik kichik bo'lsa, ya'ni. berilgan qurilma spektrni qanchalik batafsil o'rganishga imkon beradi, uning o'lchamlari shunchalik katta bo'ladi. Raqamli ravishda nisbati bilan o'lchanadi:  $R = \lambda / \delta\lambda$ , bu erda  $\lambda$  - bu spektral apparatning hal qilish kuchi aniqlanadigan to'lqin uzunligi va  $\delta\lambda$  - bu spektral apparat tomonidan hal etilishi mumkin bo'lgan eng yaqin ikkita spektral chiziqning to'lqin uzunliklari orasidagi farq. Aniqrog'i, piksellar sonini qurilmaning qo'shimcha funktsiyasi bilan belgilanadi, bu quyida muhokama qilinadi.

Ajrata olish qobiliyati spektral qurilmaga bog'liq, ammo yorug'lik tizimi ham ta'sir qilishi mumkin;

c) fazoviy ajrata olish qobiliyati - kosmosdagi ikki nuqta orasidagi masofa, uning nurlanishini alohida tahlil qilish mumkin. Unga asosiy ta'sir yorug'lik tizimidir;

d) vaqt bo'yicha ajrata olish qobiliyati - alohida o'rganilishi, alohida tahlil qilinishi mumkin bo'lgan vaqt nuqtalari orasidagi interval. Asosiy ta'sir fotodetektor va ro'yxatga olish tizimi tomonidan amalga oshiriladi;

g) sezgirlik chegarasi - nurlanishni tahlil qilishga imkon beruvchi manbadan minimal oqimni aniqlaydi. Diagnostika vazifalari uchun eng muhim bo'lgan tizimning ushbu xususiyati spektral moslamaning dizayni va ishlashining fizik printsiplariga, fotodetektorning turi va sifatiga va manbaning shovqin darajasiga, kuchaytirgichli fotodetektorga va ro'yxatga olish tizimiga bog'liq. Ushbu omillar tegishli bo'limlarda muhokama qilinadi.

Yuqori ajrata olish qobiliyatidagi qurilmalar (Fabry - Pero, Maykelson va boshqalar) juda katta yo'l farqlari bilan ko'p nurli interferensiyalardan foydalanadilar.

1899 yilda frantsuz fiziklari Charlz Fabri va Alfred Pero birinchi bo'lib kichik dori-darmonda boshqasiga joylashtirilgan multifokal interferometr sifatida ikkita keng tarqalgan shisha plitalardan foydalanishni taklif qilishdi (Fabry-Pero standarti).

Fabry-Pero interferometri (yoki standart) (IFP) - bu yuqori piksellar soniga va etarlicha yorqinlikka ega bo'lgan spektral ko'p oynali interferentsiya moslamasi. Bu bir-biriga qat'iy parallel joylashtirilgan ikkita tekis oynali sirtlarning to'plamidir. Oyna sirtlari yorug'lik to'lqin uzunligining yuzdan bir qismining aniqligi bilan silliqiladi va yotqizilgan metall yoki ko'p qatlamli dielektrik qoplamalarining aks etishi 90% dan oshadi. FPI ning ikkita asosiy turi mavjud: birinchi holda, oynali qoplamalar bitta tekislikka parallel shisha yoki kvarts plitasiga qo'llaniladi; ikkinchi holda, ikkita nometall havo bo'shlig'i bilan ajralib turadi.

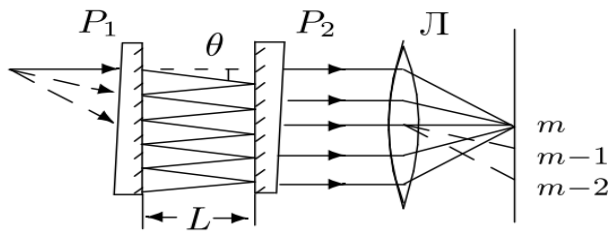


Рис. 1. Интерферометр Фабри-Перо

Fabry-Pero interferometrining optik sxemasi 1- rasmda keltirilgan. Interferometr bir-biridan  $L$  masofada joylashgan ikkita  $P_1$  va  $P_2$  plastinkalarining oynali parallel sirtlari orqali hosil bo'ladi. Plastinkalar tashqi (qaytaruvchi bo'lmagan) sirtlardan parazitik ko'zgularni chiqarib tashlash uchun xanjar shaklida bo'ladi. Kengaytirilgan  $S$  yorug'lik manbasidan radiatsiya Fabry-Pero interferometri ga tushadi, uning har bir nuqtasi barcha mumkin bo'lgan yo'nalishlarda yorug'lik chiqaradi.

Kengaytirilgan  $S$  manbasining har bir nuqtasidan nurlar juda xilma-xil yo'nalishda chiqadi, natijada fokus tekisligida interferentsiya sxemasi hosil bo'ladi. Ushbu rasm  $L$  ob'ektivning optik o'qi atrofida nosimmetrikdir, har bir teng intensivlik chizig'i bir xil burchakka to'g'ri keladi  $\theta$ , shuning uchun rasm konsentrik interferentsiya halqalari tizimiga o'xshaydi - teng moyillik polosalari.

Xalqalar sistemasi kengaytirilgan manbaning barcha nuqtalari uchun mutlaqo bir xil bo'ladi, shuning uchun manbaning katta o'lchamlari nafaqat ko'plab interferentsiya halqalarining shakllanishi uchun zarur bo'lgan keng burchaklarni ta'minlaydi, balki interferensiyani manzarani yorqinligini ham oshiradi.

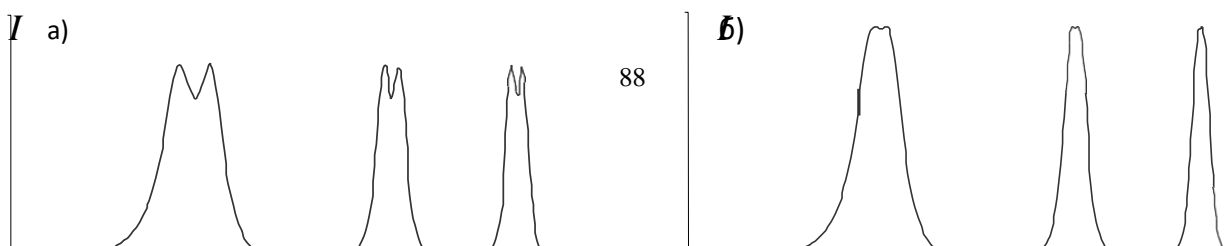
Interferentsiya halqalarining radiusi quyidagi formula bilan topiladi (1-rasm):

$$R_m = f \tan \alpha_m = f \alpha_m = R_m$$

Bu erda  $\theta_m \ll 1$  -  $m$ -tartibli maksimum yo'nalish yoki halqaning burchak radiusi.

Rasm markazida ham yorug'lik, ham qorong'u nuqta bo'lishi mumkin. Birinchi yorug'lik halqasi (yoki yorug'lik nuqtasi) nisbatning butun qismiga teng bo'lgan maksimal interferentsiya tartibiga mos keladi. Birinchi yorug'lik halqasi (yoki yorug'lik nuqtasi)  $2L/\lambda$  nisbatning butun qismiga teng bo'lgan maksimal interferentsiya tartibiga mos keladi.

Ajrata olish qobiliyati  $A = \lambda/\delta\lambda$ , bu erda  $\delta\lambda$  spektral asbob yordamida ajratilishi mumkin bo'lgan ikkita cheksiz tor spektral chiziqlarning to'lqin uzunliklari orasidagi minimal farq. Fabry-Pero interferometri uchun bu interferentsiya naqshlari ko'z bilan aniq ajralib turadigan ikki halqadan iborat bo'lishini anglatadi.





2-rasm. Intensivlikning tushish burchagiga bog'liqligi: a) Ruxsat etilgan chiziqlar; b) Ruxsat etilmagan chiziqlar

Fabry-Pero interferometri orqali uzatiladigan monoxromatik nurlanish intensivligi Eiry formulasi bilan berilganligini ko'rsatish mumkin.

Interferometrlar asosan asboblardan nihoyatda yuqori aniqlikni talab qiladigan masalalarni echishda foydalaniladi. Spektral asboblarning yangi turlari (Fure spektrometrlari va SISAMlar - selektiv interferentsiya modulyatsiyasiga ega spektrometrlar) tekshirilayotgan nurlanish chastotasi va amplituda modulyatsiyasiga asoslangan.

Ushbu qurilmalar to'lqin uzunligi bo'yicha spektrga ajralmaydi. Chiqishdagi signal to'g'ridan-to'g'ri qayd qilinadi, so'ngra signallarni qayta ishlashning maxsus vositalari matematik o'zgarishni amalga oshiradi - Fure konvertatsiyasi, bu intensivlikning chastota va amplituda bog'liqligini harmonik funktsiyalar kombinatsiyasi sifatida ifodalashga imkon beradi.

5-mavzu nazorat savollari

Yuqori ajrata olish qobiliyatli spektral qurilmalar.

Fabri-Pero interferometri va uning asosiy xarakteristikalarini.

Ajrata olish qobiliyati nima?

Fabri-Pero interferometrini spektral qurilmalarida ishlatilishi.

Furg'e-spektrometri.

Infraqizil spektrometriY.

**6-MAVZU:** Nurlanish manbalarini turlari. Optik tadqiqotlarda nurlanish manbalariga qoyiladigan talablar. Chiziqli (uzlukli) va uzluksiz spektrlar tarqatuvchi yorug'lik manbalarini. Issiqlik nurlanishi hisobiga hosil bo'ladigan spektrlar. Issiqlik nurlanishi energiyasining to'lqin uzunligi va chastotaga bog'lanishi.

**Reja:**

Optik tadqiqotlarda nurlanish manbalariga qoyiladigan talablar.

Optik nurlanishlarini qayd qiluvchi qurilmalarning asosiy xarakteristikalari.  
Optik nurlanishlarini qayd qiluvchi qurilmalarning farqi va afzalliklari  
Issiqlik nurlanishi hisobiga hosil bo'ladigan spektrlar.  
Issiqlik nurlanishi energiyasining to'liq uzunligi va chastotaga bog'lanishi.

**Tayanch so'z va iboralar:** *Nurlanish manbalari, spektral kenglikka, kogorentlik, nurlanish spektri, Intensivlikning spektral taqsimoti, uzliksiz spektr, chiziqli spektr, monoxromatik nurlanish, lazer, Issiqlik nurlanishi*

Nurlanish manbalari-nurlanish chiqaradigan yoki nurlanish chiqarish qobiliyatiga ega bo'lgan modda yoki qurilmaga aytiladi.

Optik nurlanish manbai, elektr qo'zg'alish energiyasini ma'lum spektral tarkibiy va fazoviy taqsimotning optik nurlanish energiyasiga aylantiradigan vosita hisoblanadi. Optik manbalar muvaffaqiyatli aloqa o'rnatish uchun maxsus talablarga javob berishi kerak.

Optik tadqiqotlarda nurlanish manbalariga quyodagi talablar qoyiladi:

Qo'zg'aluvchan energiyani nurlanish energiyasiga aylantirishning yuqori samaradorligiga.

Nurlanishni tor spektral kenglikka egaligi.

Nurlanishning yo'nalishga egaligi.

Modulyatsiya tezligi, ya'ni tez boshlanishi va nurlanishning yo'q bo'lib ketishi.

Nurlanishni fizik muhit bilan qabul qiluvchini mos kelishi.

Nurlanishning kogorentligi.

Yuqori texnologiya va tannarhning pastligi.

Uzoq xizmat muddati (105 soatdan kam bolmagan)

Har xil ortiqcha yuklanishlarga (mexanik, termal, radiatsiya) yuqori qarshilik.

Radiatsion chastotani sozlash imkoniyati.

**Optik spektrlar** — ultrabinafsha (to'liq uzunligi  $1 < 3800\text{\AA}$ ), ko'zga ko'rinadigan ( $3800\text{\AA} < 7600\text{\AA}$ ) va infraqizil ( $7600\text{\AA} < 10000\text{\AA}$ ) nurlar, ya'ni 100 dan 0,01 mikrongacha uzunlikdagi to'liqlar sohasini o'z ichiga oladigan spektrlar.

Har qanday qizdirilgan modda o'zidan elektromagnit to'liqlar chiqaradi. Bu to'liqlar majmuasi *nurlanish spektri*

deyiladi. Moddalarning holatiga va nurlanish mexanizmiga qarab nurlanish spektrlari ham turlicha bo'ladi.

Agar qizdirilgan qattiq jismdan chiqayotgan yorug'lik prizma orqali o'tkazilsa, ekranda yaxlit uzluksiz nurlanish spektri hosil bo'ladi. Agar gaz yoki bug'li yorug'lik manbai bo'lib xizmat qilsa, spektrning manzarasi keskin o'zgaradi. Yorug'lik sohalar bilan ajratilgan yorqin chiziqlar majmuasi kuzatiladi. Bunday spektrlar *chiziqli spektrlar* deyiladi. Natriy, vodorod va geliyning spektrlari chiziqli spektrlarga misol bo'la oladi. Nurlanayotgan gazlar spektrlarining ko'inishi gazning kimyo-

viy tabiatiga bog'liq bo'ladi. Har bir gaz yoki bug' o'ziga xos bo'lgan

spektrlarga ega. Shuning uchun nurlanayotgan gazning spektriga qarab, uning kimyoviy tarkibini aniqlash mumkin.

Agar nurlanish manbai bo'lib moddaning molekulasi xizmat qilsa, yo'l-yo'l spektr kuzatiladi.

Yutilish spektrlari. Yuqorida ko'rilgan nurlanish spektrlaridan tashqari yutilish spektrlari ham mavjud. Ular quyidagicha hosil qilinadi. Oq yorug'likni tekshirilayotgan modda orqali o'tkazib, spektni aniqlaydigan asbobga yo'naltiriladi. Bunda yaxlit spektrda ma'lum tartibda joylashgan qora chiziqlar ko'rinadi. Bu chiziq-larning soni va joylashuvi tekshirilayotgan moddaning tarkibi to'g'risida mulohaza yuritishga imkon beradi. Misol uchun, oq yorug'likning yo'lida natriy bug'lari turgan bo'lsa, u holda nurlanish spektrida sariq chiziq turgan joyda, yutilish spektrida qora yo'l hosil bo'ladi.

Ushbu hodisa Kirxgof tomonidan quyidagicha tushuntirildi.

*Atom o'zidan qanday yorug'lik to'liqini nurlasa, shunda yorug'lik to'liqini yutadi.*

Quyosh va yulduzlarning spektrlari. Quyosh va yulduzlar temperaturasi va rangiga ko'ra quyidagi turlarga bo'linadi: eng

issiq yulduzlarning temperaturasi 100 000 K atrofida; havorang yulduzlamiki — 30 000 K; sariqlariniki esa 6 000 K va eng sovuq yulduzlarniki 3 000 K atrofida bo'ladi. (Quyosh bizga eng yaqin joylashgan yulduz bo'lib, sirtining temperaturasi 6 000 K.)

Yulduzlar energiyasining manbai ulaming ichida 10 000 000 K temperaturada vodorodning geliyga aylanish reaksiyalaridir.

Shuning uchun ham barcha yulduzlarning (shu jumladan, Quyoshning ham) atmosferasining asosiy qismini vodorod va geliy tashkil qiladi.

Yulduzlarning spektrlari ularning tarkibida vodorod va geliydan tashqari turli kimyoviy birikmalar va elementlar mavjudligini ko'rsatadi. Juda issiq yulduzlarning spektrlarida geliy va azotga xos bolgan yorqin chiziqlar ajralib tursa, sovuq yulduzlarning spektrlarida turli molekular birikmalarning yutilish yo'llari ko'proq bo'ladi.

Quyoshning spektri turli qora chiziqlar bilan kesilganini ko'rish mumkin. Bu chiziqlar ularni birinchi bo'lib tavsiflagan kishining nomi bilan *Fraunhofer chiziqlari* deyiladi.

Kirxgofning fikriga ko'ra, bu chiziqlar Quyosh va Yer atmosferasi tarkibiga kiruvchi elementlarning yutilish spektrlaridir. Bu chiziqlarning spektrdagi o'rniga qarab, Quyosh nuri Quyosh atmosferasidan qanday moddalar orqali o'tganligini aniqlash mumkin.

Quyosh atmosferasida Yerdan mavjud elementlardan vodorod, natriy, kalsiy, temir va boshqa moddalar mavjudligi aniqlangan. Quyosh spektrini o'rganish o

‘sha paytgacha noma’lum bo‘lgan element mavjudligini ko‘rsatdi. Uni geliy ( grekcha «*gelios*» —

quyosh so‘zidan olingan) deb nomladilar. 26 yil o‘tgandan so‘ng geliy Yerda ham topildi.

Spektral analiz haqida tushuncha. Nurlanish va yutilish spektrlarini o‘rganish moddalarning tarkibini aniqlashga imkon berishi haqida bayon qilindi. Shuningdek, spektral chiziqlarning yorqinligi mazkur elementning birikmadagi miqdorini aniqlashga imkon beradi. *Nurlanish va yutilish spektrlariga muvofiq moddani ng kimyoviy tarkibini o‘rganish usuli spektral analiz deyiladi.*

Misol uchun spektrda sariq chiziq bo‘ladigan bo‘lsa, bu o‘rganilayotgan modda tarkibida natriy borligini ko‘rsatadi. Agar spektrda oldin ma’lum bo‘lmagan chiziq ko‘rinsa, bu yangi element kashf qilinganligining isbotidir. Spektral analiz juda sezgir usul bo‘lib, uning yordamida elementning 10-10 g miqdorini ham aniqlash mumkin. Kimyoviy usullar bilan bunday kam miqdordagi moddani qayd qilishning mutlaqo iloji yo‘q.

Spektral asboblari. Spektrning ko‘rinish sohasini o‘rganish uchun *spektroskop* deb ataluvchi asboblari ishlatiladi.

Spektrni fotoplastinkada qayd qilishga imkon beruvchi asbob *spektrograf* deb ataladi.

Yanada takomillashgan, ya’ni uchinchi tuba bilan ta’minlangan asbob *spektrometr* deb ataladi.

Spektral analizning qollanilishi. Spektral analiz fan uchun muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, uning astronomiya uchun ahamiyati judayam katta. Osmon jismlarining tarkibi to‘g‘risida ma’lumot olishning yagona yo‘li *spektral analizdir.*

Bu usul bilan Quyoshning, yulduzlarning va yulduz turkumining tarkiblari o‘rganilgan, D.I.Mendeleyev elementlar jadvalining 25 ta elementi kashf qilingan. Hozirgi paytda spektral analiz geologiyada, metallurgiyada, kimyoda, tibbiyotda va hatto oziq-ovqat sanoatida ham keng qo‘llaniladi.

Ko‘pincha, spektr nurlanuvchi manba tabiatiga qarab ajratiladi. Shunga asosan, atom va molekula tashqi elektron qobiqlari jarayonlarida, molekullarning aylanma va tebranma harakatida hamda qattiq yoki suyuq moddani qizdirish va lyuminessensiya vaqtida chiqadigan spektrlar Optik spektrlardir. Optik spektrlar tutash (uzluksiz), Chiziqli va yo‘l-yo‘l xillarga bo‘linadi. Qizdirilgan qattiq yoki suyuq moddalar tutash Optik spektrlar chiqaradi; bunda uzluksiz turli (qizil, to‘q sariq, yashil, ko‘k, havo rang, binafsha) spektrlar paydo bo‘ladi. Yuqori temperaturada yaraklaydigan gaz va modda bug‘lari chiziqli va yo‘l-yo‘l optik spektrlar chiqaradi. Chiziqli spektrlar ayrim Chiziqlardan iborat bo‘lib, atomlarga xos. Yo‘l-yo‘l spektrlar molekullar nurlanishi bo‘lib, har bir yo‘l alohida chiziqli spektrlardan iborat.

Optik spektrlar nurlanish va yutilish spektrlarida ajraladi. Nurlanish spektri qattiq, suyuq, gazsimon moddani yuqori temperatura yoki elektr razryadi ta’sirida hosil bo‘ladi. Ma’lum bir manbadan chiqayotgan tutash spektr biron muhitdan o‘tayotganda yutilish spektri sodir bo‘ladi. Kirxgof nurlanish qonuniga asosan har

qanday jism spektrli nur chiqarsa, shunday spek-trli nurni yutadi. Optik spektrlarni o'rganish fizika, astronomiya va texnikaning ko'p sohalarida, ayniqsa, atom va molekula spektrlari qonuniyatlarini aniqlashda, ularning tuzilish nazariyasini ishlab chiqishda katta o'rin tutadi.

Uzluksiz spektr va chiziq spektri o'rtasidagi asosiy farq shundaki, doimiy spektr ma'lum bir diapazonda barcha to'lqin uzunliklarini o'z ichiga oladi, chiziq spektri esa faqat bir necha to'lqin uzunliklarini o'z ichiga oladi.

Uzluksiz spektr va chiziq spektri sifatida asosan ikki xil spektr mavjud. Chiziq spektri yutilish spektrini yoki emissiya spektrini yaratishi mumkin. Turlarning yutilish va emissiya spektrlari ushbu turlarni aniqlashga va ular to'g'risida ko'p ma'lumot olishga yordam beradi. Biror turning yutilish va emissiya spektrlari birlashtirilganda ular doimiy spektrni hosil qiladi. Yutish spektri - bu assimilyatsiya va to'lqin uzunligi o'rtasida chizilgan chiziq. Ba'zan to'lqin uzunligi o'rniga biz x o'qidagi chastota yoki to'lqin sonidan ham foydalanishimiz mumkin. Kundalik yutilish qiymati yoki uzatish qiymati ba'zi holatlarda y o'qi uchun ham foydalidir. Yutish spektri ma'lum bir molekula yoki atom uchun xarakterlidir. Shuning uchun biz uni ma'lum bir turning identifikatorini tasdiqlash yoki tasdiqlashda foydalanishimiz mumkin.

Shunday qilib, agar barcha to'lqin uzunliklari berilgan chegarada bo'lsa, bu doimiy spektrdir. Masalan, kamalakning barcha etti rangi bor va u doimiy spektrdir. Yulduzlar, oylar kabi issiq jismlar to'lqin uzunliklarida elektromagnit nurlanish chiqarganda doimiy spektr hosil bo'ladi.

Nomi aytilganidek, chiziq spektri faqat bir nechta satrlarga ega. Boshqacha qilib aytganda, ular to'lqin uzunliklariga ega emaslar. Masalan, rangli birikma ko'zlarimizga shu rangda ko'rinadi, chunki u ko'rinadigan diapazondan yorug'likni oladi. Aslida, biz ko'rgan rangning qo'shimcha rangini o'zlashtiradi. Masalan, biz ob'ektni yashil rang sifatida ko'rmoqdamiz, chunki u ko'rinadigan diapazondan binafsha nurni oladi. Shunday qilib, binafsha rang yashilning qo'shimcha rangidir.

Xuddi shunday, atomlar yoki molekulalar ham elektromagnit nurlanishdan ma'lum to'lqin uzunliklarini o'zlashtiradilar (bu to'lqin uzunliklari ko'rinadigan diapazonda bo'lishi shart emas). Elektromagnit nurlanish nurlari gazsimon atomlarni o'z ichiga olgan namunadan o'tib ketganda, faqat ba'zi to'lqin uzunliklari atomlar tomonidan so'riladi. Shuning uchun, biz spektrni yozganimizda, u juda tor assimilyatsiya chiziqlaridan iborat. Va bu assimilyatsiya chizig'i spektri. Bu atom turiga xosdir. Atomlar so'rilgan energiyani atomdagi yuqori darajalarga ko'tarish uchun ishlatadilar. Energiya farqi diskret va doimiy bo'lganligi sababli, bir xil atomlar har doim berilgan nurlanishdan bir xil to'lqin uzunliklarini oladi. Ushbu qo'zg'atilgan elektron zamin darajasiga qaytib kelganda, u so'rilgan nurlanishni chiqaradi va u emissiya chizig'i spektrini hosil qiladi.

## Uzluksiz spektr va chiziqli spektr o'rtasidagi farq nima?

Uzluksiz spektr - bu berilgan chegaradagi barcha to'lqin uzunliklariga ega bo'lgan spektr, chiziqli spektri - bu berilgan chegarada bir necha to'lqin uzunliklariga ega bo'lgan spektr. Shunday qilib, doimiy spektr va chiziqli spektri bir-biridan spektrda chiziqlarning mavjudligi yoki yo'qligiga qarab farq qiladi. Shuning uchun biz buni doimiy spektr va chiziqli spektri o'rtasidagi asosiy farq deb hisoblashimiz mumkin. Bu chiziqlar chiziqlar spektrida uchraydi, chunki u to'lqin uzunliklarining bir necha qismlarini o'z ichiga oladi, doimiy spektr esa ma'lum diapazonda to'lqin uzunliklarining hammasini o'z ichiga oladi.

Har bir spektrning shakllanishini ko'rib chiqayotganda, doimiy spektr va chiziqli spektri o'rtasidagi yana bir muhim farqni topamiz. Ya'ni uzluksiz spektrni shakllantirishda bitta turning yutilish va emissiya spektrlari birlashtiriladi, ammo yutilish yoki emissiya spektrlari chiziqli spektrini hosil qiladi.

Doimiy spektr va chiziqli spektri yutilish va emissiya spektrlarining ikki turidir. Uzluksiz spektr va chiziqli spektri o'rtasidagi asosiy farq shundaki, doimiy spektr ma'lum bir diapazonda barcha to'lqin uzunliklarini o'z ichiga oladi, chiziqli spektri esa faqat bir necha to'lqin uzunliklarini o'z ichiga oladi.

Chiziqli spektr olish uchun ko'p xollarda past bosimdagi gazlarda yoki metan parlaridan elektr toki o'tkaziladi. (gazlardagi elektr azryadi)

Eng kam olinishi mumkin bo'lgan chiziqli kengligi bu tabiiy kenglik bilan aniqlanadi.

$$\Delta E \Delta t \geq \hbar$$

Ko'rish diapazonida  $\Delta t \approx 10^{-8}$  sek  $\Delta \lambda = 10^{-4}$  A<sup>0</sup>

Chiziqli kengligi zarrachalar orasidagidan to'qnashishi xisobiga ortishi mumkin (yuqori bosim) To'qnashishidagi ta'sir bir jinsli bo'lmagan, nostatsionar Shtark effekti bilan tushuntiriladi.

Bosim 1-atm bo'lganda kengayish asosan Shtark efektiga xisobiga.

Past bosimda  $\approx 10$  mm.s. ust kengayishiga asosiy sabab Dopler effekti

Lazerlar hozirgi kunda spektroskopiyada eng asosiy yoritgichga aylangan.

Lazer spektroskopiyasi fani klassik spektroskopiyadan qo'llanilishi boyicha o'zgarib ketdi

Lazerlarni spektroskopiya uchun ahamiyatli xossalari

1. Spektral zichlikning o'ta kattaligi. Lazerlar nurlanishining spektral zichligi oddiy nurlatgichlarni spektral zichligidan bir necha tartib yuqori bo'lishi mumkin. Bu xossasi lazerlarda g'alayonga keltirilganda shovqinlarni kamaytirishga imkon beradi. Yana katta spektral zichlik ko'p fotonli xodisalarni kuzatishga imkon beradi.

2. Lazer nurlarining burchak kengayishi kamchiligi.

3. Misol uchun yutilish kam bo'lganda uzun muxitni tekshirib yutilishni o'rganish mumkin.

4. Spektral kenglikning kichikligi.

Bu xolat yuqori ajrata olish qobiliyatini amalga oshirishda qo'l keladi.

5. Chastotani o'zgartirish imkoniyati.

6. Subpikosekund impulslar generatsiyalash imkoniyati

Kombinatsion sochilishda lazerlar katta ahamiyatga ega.

Lazerlarni aktiv modda tuzilishiga qarab shartli ravishda 3-ta guruxga ajratsa bo'ladi.

1. Gaz lazerlari

2. Qattiq jisimli lazerlar

3. Yarim o'tkazgichli lazerlar

1. Gaz lazerlarini eng yorqin nomoyondasi He-Ne lazer, uning nurlanishi o'ta tor diapozonda bo'ladi, rezanatorlar orasidagi masofa kattaligi xisobiga, yo'naltirilganligi yaxshi (dif kengayishga yaqin kelish mumkin)  $\alpha = \frac{a^2}{\lambda}$

$\lambda = 0.63 \mu\text{m}$  CO<sub>2</sub> –  $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$  intinsivligi katta bo'lmaydi, gaz bo'lgani uchun.

1. Qattiq jisimli lazerlar nomoyondasi 4Ae<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Nd<sup>3+</sup> itriy alyuminiviy granat dopirovanni neodimom.

Spektri gaz lazerlariga qaraganda kengroq. Katta intinsivlik olish mumkin. Shu turdagi lazerlarda subpentasekundli impulslar olinadi. Tez o'tuvchi jarayonlarni o'rganishda qo'l keladi.

Yarim o'tkazgichli lazerlar. Spektral diapazoni qattiq jismlarnikidan ham keng. Burchak yoyilishi keng F.I.Ki katta 20 ÷ 25% yetadi. Spektropiyaada ko'p ishlatilmaydi, lekin qattiq jisimli lazerlarni quvvatlashda yaxshi imkon beradi.

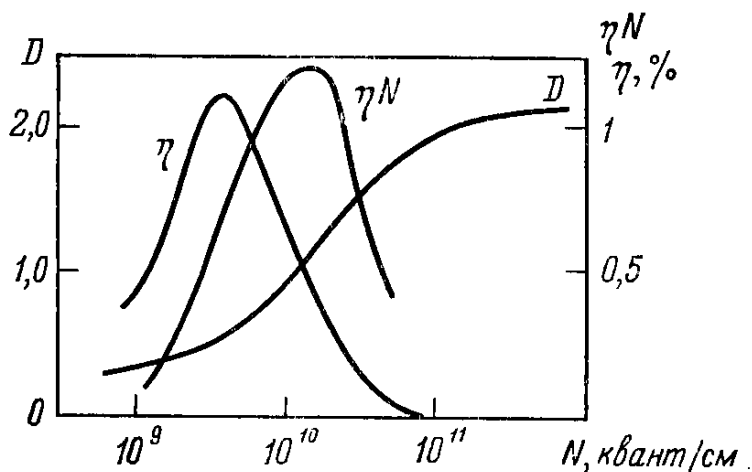
Xulosa: Nurlatgichlar ko'p keragini tanlab olish kerak.

Barcha yorug'likni qayd qilish manbalarini bir nechta guruxga bo'lish mumkin. Biz bu qabul qilgichlarni o'rganishda tarixiy ketma ketlik boyicha yuramiz. Sababi eng birinchi qabul qilish moslamasi ham o'zini ahamiyatini to'la yo'qotgani yo'q.

1. Vizual metodlar.

Qabul qilgich sifatida insonni ko'zi ishlaydi Ko'z yordamida maydonlarni solishtirish mumkin. Yani standart va o'rganayotgan intinsivlikni farqlashda solishtirishda ~4-5% bo'ladi.

Spektral ajratishi yani ikki bir biriga yaqin chiziqlarni ajrata olish qobiliyati ~20%. Demak ikki chiziq orasida 20A<sup>0</sup> farq bo'lsa ajratish mumkin.



Fotografik metodlar. Plastinka (yoki plenka) fotosezuvchan qatlam surtiladi. Fotoplastinka qorayishiga qarab tushgan yorug'lik miqdori aniqlanadi. Qorayish darajasi quydagicha aniqlanadi.

$D = \lg \frac{\phi_0}{\phi}$  bu erda  $\phi_0$ -qoraymagan joydan o'tgan yorug'lik oqimi

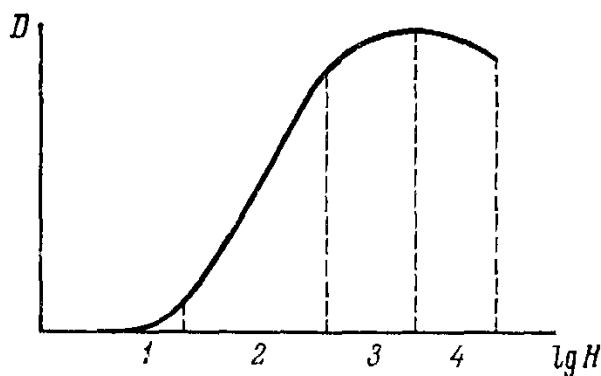
$\phi$ -qorygan joydan o'tgani.

Qorayish darajasi eng avvalo ekspozitsiyaga bog'liq  $D = E \cdot t$

$E$ -yoritilganlik  $t$ -vaqt

Lekin u yana yoritilish xarakterli, plyonkani qayta ishlashga bog'liq va yana qorayish darajasini o'lchash usuliga.

Qorayish darajasi ekspozitsiyasiga nochiziqli ba o'ta murakkab bog'langan shuning uchun emperik egri chiziq bilan ifodalanadi-xarakteristik chiziq.



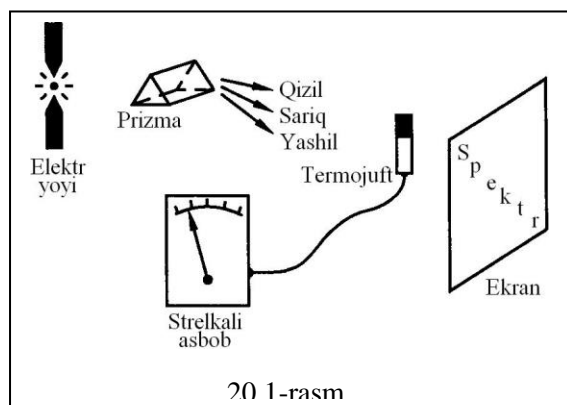
1- kam yoritilgan interval.

2-normal ekspozitsiya

3-ko'p yoritilgan soxa

4-solyarizatsiya soxasi

Yuqoridagi bo'limlarda ta'kidlaganimizdek, elektromagnit nurlanishga elektr zaryadlarining, xususan, moddaning atomlari va molekulari tarkibiga kiruvchi zaryadlarning tebranishi sabab bo'ladi. Masalan, molekular va atomlarning tebranma va aylanma harakati infraqizil nurlarni, atomda elektronlarning muayyan ko'chishlari ko'rinadigan va infraqizil nurlanishni, erkin elektronlarning tormozlanishi esa rentgen nurlanishini vujudga keltiradi.



Tabiatda elektromagnit nurlanishning eng keng tarqalgan turi *issiqlik nurlanishi* bo'lib, u moddaning atomlari va molekularining issiqlik harakati energiyasi hisobiga hosil bo'lib, ya'ni moddaning *ichki energiyasi* hisobiga hosil bo'lib, nurlanayotgan jismning *sovishiga* olib keladi. Issiqlikning nurlanishida energiya taqsimoti temperaturaga bog'liq: past temperaturada issiqlik nurlanishi, asosan, infraqizil

nurlanishidan, yuqori temperaturalarda ko'rinadigan va ultrabinafsha nurlanishdan iborat.



Isiqlik nurlanishining xarakterli hususiyati keng uzluksiz spektrdir. Bunga 4.1-rasmda ko'rsatilgan tajribani misol qilish mumkin. Bu sxemada termojuft yordamida, uni eksperimentator kamalak polosa boyicha ko'chiradi va strelkali pribor yordamida spektr boyicha nurlanish energiyasining taqsimlanishini o'lchash mumkin. Ko'zga ko'rinadigan spektrning qismida nurlanish intensivligi yorug'lik to'lqini uzunligi oshganda monoton ravishda o'sadi, yoyning nurlanish intensivligining maksimumi spektrning infraqizil qismiga to'g'ri keladi.

O'lchashlar natijasini nurlanish intensivligining to'lqin uzunligiga yoki yorug'lik chastotasiga bog'liqligi ravishda ko'rsatish mumkin. Tajribalar ko'rsatadiki temperatura oshishi bilan intensivlik maksimumi ham nisbatan oshib boradi.

Har qanday jism o'z nurlanishi bilan birga atrofdagi jismlar chiqarayotgan nur energiyasining bir qismini yutadi. Bu jarayon *nur yutish* deyiladi. Biror yuza orqali o'tayotgan  $\Phi$  oqim deb vaqt birligi ichida shu yuzadan o'tayotgan nurlanish energiyasi tushuniladi:

$$\Phi = \frac{dW}{dt} \quad (4.1)$$

Nurlanish oqimi  $\Phi$  biror plastinkaga tushayotgan bo'lsin. Bu oqim qisman qaytadi ( $\Phi_q$ ), qisman jismda yutiladi ( $\Phi_{yu}$ ), qolgani jismdan o'tadi ( $\Phi_{o't}$ ), ya'ni

$$\Phi = \Phi_q + \Phi_{yu} + \Phi_{o't}. \quad (4.2)$$

Bu yerda  $\Phi_q/\Phi = \rho$  – jismning nur qaytarish qobiliyati;  $\Phi_{yu}/\Phi = \alpha$  – jismning nur yutish qobiliyati;  $\Phi_{o't}/\Phi = t$  – jismning nur o'tgazish qobiliyati deb beliglab olsak, u holda bu belgilardan foydalanib (4.2) ni quyidagicha yozamiz:

$$\rho + \alpha + t = 1 \quad (4.3)$$

Nisbatan qalinroq bo'lgan jismlar uchun  $t=0$ , u holda (4.3) quyidagi ko'rinishni oladi.

$$\rho + \alpha = 1 \quad (4.4)$$

Tajribalarni ko'rsatishicha  $\rho$  va  $\alpha$  ning qiymatlari to'lqin uzunligi  $\lambda$  va absolyut temperatura  $T$  larning funktsiyasidir:

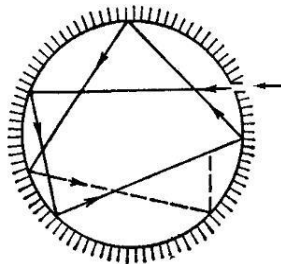
$$\rho_{\lambda,T} + \alpha_{\lambda,T} = 1 \quad (4.5)$$

Umuman,  $\rho_{\lambda,T}$  va  $\alpha_{\lambda,T}$  larning qiymatlari 0 dan 1 gacha o'zgaradi,

1)  $\rho_{\lambda,T}=1$ ,  $\alpha_{\lambda,T}=0$  bo'lsa, jism tomonidan nur to'la qaytariladi (bunda jism *absolyut oq jism* deyiladi);

2)  $\rho_{\lambda,T}=0$ ,  $\alpha_{\lambda,T}=1$  jism tomonidan nur to'la yutiladi (bunda jism *absolyut qora jism* deyiladi).

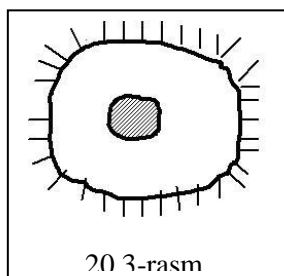
Tabiatda absolyut oq jism ham, absolyut qora jism ham bo'lmaydi. Har qanday jism tushayotgan nurlanishning bir qismini yutsa, qolgan qismini qaytaradi. Farqi shundaki, ba'zi jismlar ko'proq qismini yutib ozrog'ini qaytarsa, boshqa jismlar aksincha ko'prog'ini qaytarib, ozrog'ini yutadi. Masalan, qorakuya uchun to'lqin uzunligi  $\lambda = 0,40 \div 0,75 \text{ mkm}$  bo'lgan sohada  $\alpha_{\lambda,T} = 0,99$ . Lekin u infraqizil nurlarni kamroq yutadi.



Nur yutish qobiliyati hamma to'lqin uzunliklari uchun bir xil va birdan kichik bo'lgan jism *kulrang jism* deb ataladi.

$$\alpha_{\lambda,T} = \alpha_T = \text{const} < 1 \quad (4.6)$$

Odatda, o'zining xususiyatlari bilan absolyut qora jismdan kam farq qiladigan Mixelson taklif etgan modeldan foydalaniladi (4.2-rasm). Bunday model juda kichik teshigi bo'lgan berk kovak idishdan iborat. Ixtiyoriy to'lqin uzunlikdagi nur teshik orqali kovakka kirib qolgach, uning ichki devoridan ko'p marta qaytib, nur energiyasining bir qismi yutiladi, natijada nur energiyasining juda kichik ulushigina kovakdan qaytib chiqishi mumkin. Shuning uchun bunday modelning nur yutish qobiliyati 1 ga juda yaqin bo'ladi.



20 3-rasm

Bu modelda nur qaytarish va nur yutish qobiliyatidan tashqari  $T$  temperaturadagi jismning birlik sirtidan birlik vaqtda nurlanayotgan elektromagnit to'lqinlarning energiyasini ifodalaydigan kattalik  $T$  temperaturadagi jismning *nur chiqarish qobiliyati* yoki *energetik yo'lqinligi* ( $e_T$  orqali belgilanadi va  $Vt/m^2$  ( $J/m^2 \cdot s$ ) bilan o'lchanadi) degan tushuncha kiritiladi. Bundan tashqari,  $\lambda$  to'lqin uzunlikli,  $T$  temperaturadagi jism nur chiqarish qobiliyati  $e_{\lambda,T}$  dan

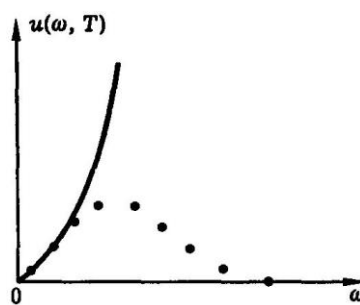
foydalaniladi. Absolyut qora jism nur chiqarish qobiliyati  $\varepsilon_{\lambda,T}$  bilan belgilanadi.

**Reley-Djins formulasi.** Erkinlik darajalari boyicha energiyaning tekis taqsimlanishi qonuniga binoan, issiqlik muvozanati holatida ostsillyatorning o'rtacha energiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$\langle w \rangle = k_B T. \quad (4.17)$$

(4.17) ni (4.16) ga qoysak, quyidagini olamiz

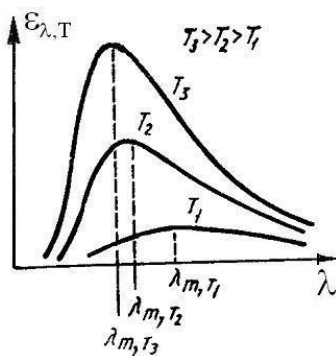
$$u(\omega, T) = \frac{\omega^2}{\pi^2 c^3} k_B T, \quad (4.18)$$



bu yerda  $k_B$  - Boltsman doimiysi. Bu ifoda muvozanatli issiqlik nurlanishining spektral zichligi uchun *Reley-Djins formulasi* deyiladi.

4.6-rasmda  $u(\omega, T)$  eksperimental ravishda va Reley-Djins formulasi boyicha tuzilgani ko'rsatilgan. Ko'rinib turibdiki, bu formula chastotaning hamma qismida to'g'ri kelavermaydi. Lekin uzun to'lqinli qismida ushbu formula eksperiment bilan mos tushadi.

**Stefan-Boltsman qonuni.** Bu qonunga binoan issiqlik nurlanishning to'liq quvvati jismning absolyut temperaturasining to'rtinchi darajasiga proporsional ravishda ortadi:



4.7-rasm

$$\frac{dW}{dV} = \sigma T^4, \quad (4.19)$$

bu yerda  $\sigma = \frac{\pi^2 k_B^4}{15 \hbar^3 c^3} = 7,55 \cdot 10^{-15} \text{ erg} \cdot \text{sm}^{-3} \cdot \text{K}^{-4}$  - *Stefan-Boltsman doimiysi*. (4.19) ifoda *Stefan-Boltsman qonuni* deb ataladi.

Bu formulani Stefan tajriba natijalarini tahlil qilish natijasida topdi, lekin xato qilib ixtiyoriy jism uchun o'rinli deb hisobladi. Boltsman esa bu qonunni termodinamik usul asosida topdi va absolyut qora jism uchun o'rinli ekanligini ko'rsatdi. Ba'zi ishlarda bu qonun ixtiyoriy jism uchun o'rinli ko'rinishini topishga harakatlar bo'ldi:  $\epsilon_T = VT^n$ , lekin  $V$  ham  $n$  ham turli xil temperaturalar uchun turlicha bo'lib chiqaveradi. 4.7-rasmda absolyut qora jism nur chiqarish qobiliyatining to'lqin uzunligiga bog'liqligi (spektral taqsimoti) turli xil temperatura  $T$  lar uchun keltirilgan. Bu rasmdan: 1) absolyut qora jism nurlanish spektri uzluksizligi; 2) har bir temperaturaga oid bo'lgan nurlanishning energetika taqsimotini ifodalovchi egri chiziqda aniq maksimum bo'lib, u temperatura oshgan sari qisqa to'lqin sohasiga siljishi ko'rinib turibdi.

**Vinning siljish qonuni.** Bu qonunga binoan, issiqlik nurlanishining spektral zichligi maksimumi mos kelgan  $\lambda_{\max}$  to'lqin uzunligi jismning absolyut temperaturasiga teskari proporsional ravishda kamayadi:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}, \quad (4.20)$$

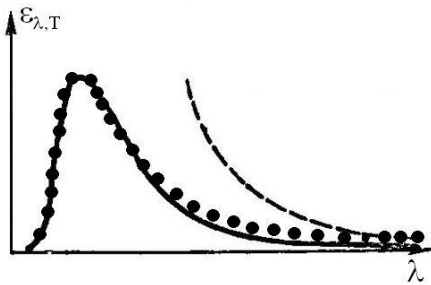
bu yerda  $b = \frac{2\pi\hbar c}{4,965 k_B} = 0,28979 \cdot 10^{-2} \text{ m}\cdot\text{grad}$  - Vin doimiysi. (4.20) dan

ko'rinadiki,  $T$  qancha yuqori bo'lsa,  $\lambda_{\max}$  shuncha kichikroq qiymatga ega bo'ladi, ya'ni temperatura oshgan sari absolyut qora jism nur chiqarish, qobilyatining maksimumi qisqa to'lqin uzunliklar sohasiga siljiydi.

4.7-rasmdagi grafikni tushuntirish uchun ko'p urinishlar bo'lgan. Bulardan Vin termodinamik mulohazalar asosida

$$\varepsilon_{\lambda,T} = \frac{\gamma}{\lambda^5} \exp\left[-\frac{\beta}{\lambda T}\right] \quad (4.21)$$

ifodani hosil qiladi. Bunda  $\gamma$  va  $\beta$  - tajribalardan foydalanib tanlanadigan doimiylardir. Vin taklif etgan (4.20) ifoda qisqa to'lqin uzunliklar sohasida yaxshi mos keladi. Lekin katta to'lqin uzunliklar sohasida Vin formulasi  $\varepsilon_{\lambda,T}$  uchun tajribadagidan kichikroq qiymatlarni beradi.



20.8-rasm. Bu yerda quyuq chiziq – Vin qonuni, nuqtalar – tajriba natijalari, punktir chiziq – Reley-Jins qonuni.

«**Ultrabinafsha halokat**». Reley-Jinsning absolyut qora jism issiqlik nur chiqarish qobiliyati uchun formulasini quyidagicha yozsa bo'ladi:

$$\varepsilon_{\lambda,T} = \frac{2\pi c k_B T}{\lambda^4}. \quad (4.22)$$

Bu ifoda katta to'lqin uzunliklar sohasida tajriba bilan mos keladi. Vinning siljish qonuni, tajribada olingan natijalar va Reley-Jins qonunidan olingan natijalar grafik ravishda 4.8-rasmda tasvirlangan. 4.8-rasmdan ko'rinib

turibdiki, qisqa to'lqin sohasida  $\varepsilon_{\lambda,T}$  cheksiz katta («ultrabinafsha halokat», P.Erenfest) qiymatlarga ega bo'ladi. Reley-Jins formulasidan Stefan-Boltsman qonunini keltirib chiqarishga urinishlar ham natija bermadi.

$$\varepsilon_T = \int_0^{\infty} \varepsilon_{\lambda,T} d\lambda = 2\pi c k_B T \int_0^{\infty} \frac{d\lambda}{\lambda^4} = \infty. \quad (4.23)$$

Reley-Jins ifodasi klassik fizika qonunlariga qat'iy amal qilgan holda chiqarilgan bo'lib, u muhim tajribalar natijalarini tushuntirishga qodir emasligini ko'rsatadi.

Reley-Djins formulasining eng asosiy kamchiligi, bu formuladagi nurlanishning spektral zichligini cheksiz o'sishi yuqori chastotalar qismiga to'g'ri keladi. Bu esa eksperiment bilan keskin qarama-qarshidir, unga asosan  $\omega \rightarrow \infty$  dan spektral zichlik nolga intiladi. Bundan tashqari, Reley-Djins formulasidan issiqlik nurlanishining to'liq (chastota bo'yicha integral) energiyasi cheksizlikka teng, bunga esa aql bovar

qilmaydi. Bu ham spektrning qisqa to'liqlik (ultrabinafsha) qism bilan bog'liq bo'lganligi sababli, «*ultrabinafsha halokat*» yoki *Reley-Djins parodoksi* deyiladi.

#### 4. Plank gipotezasi. Plank formulasi

Klassik fizika qonuniga asosan, jism harorati baland bo'lsa (ya'ni katta chastotali nurlanishda) jismning nur chiqarish qobiliyati qiymati cheksizlikka intilish effektini, ya'ni «ultrabinafsha xalokati» effektini qarab chiqdik. Lekin jismning nur chiqarish qobiliyati cheksizlikka intilishi noto'g'ri tushunchadir, bu klassik fizika, ya'ni makrojism fizikasi asosida kelib chiqqan tushunchadir. Klassik fizikaga asosan har qanday termodinamik sistema energiyasi uzluksiz o'zgarishi va natijada har qanday energiya olish mumkin.

Shunda Maks Plank (1900)- bu yerda klassik fizika asosida kamchiliklar bor degan xulosaga keladi va o'z gipotezasini ilgari surdi: ya'ni jismlarning nurlanishi uzluksiz emas, balki alohida kvantlar sifatida chiqariladi. har bir nurlanish kvantining energiyasi:

$$\varepsilon = h\nu = h\frac{c}{\lambda} \quad (4.24)$$

ga teng. Bunda  $\nu = \frac{c}{\lambda}$  nurlanishning chastotasi  $h$  – Plank doimiysi ( $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  J·s). (4.24) ga asosan  $\lambda \rightarrow 0$  da kvant energiyasi shu darajada ortib ketadiki, natijada jism issiqlik harakatining energiyasi, hatto, bittagina kvant chiqarishga ham yetmaydi va  $\varepsilon_{\lambda,T}$  ning qiymati keskin kamayib ketadi.

Issiqlik nurlanishi uchun Plank:

$$\varepsilon_{\lambda,T} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \quad (4.25)$$

formulani chiqardi. Bu formula Plank formulasi deb ataladi. Bu formula tajribada olingan natijalarni to'la tushuntiradi va undan absolyut qora jism nurlanishi uchun olingan hamma qonunlar kelib chiqadi. Bundan Stefan-Boltsman qonunini olish uchun (4.25) ni to'liq uzunlikning 0 dan  $\infty$  gacha intervalida integrallaymiz:

$$\varepsilon_T = \int_0^{\infty} \varepsilon_{\lambda,T} d\lambda = 2\pi hc^2 \int_0^{\infty} \frac{d\lambda}{\lambda^5 (e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1)} \quad (4.26)$$

Hisoblashlarni bajarish uchun yangi o'zgartiruvchilarni kiritaylik:

$$X = \frac{\lambda k_B T}{hc}; \quad \lambda = \frac{hc}{k_B T} X; \quad d\lambda = \frac{hc}{k_B T} dX;$$

Bularni (4.26) ga qoysak:

$$\varepsilon_T = 2\pi^5 hc^2 \left( \frac{k_B T}{hc} \right)^4 \int_0^\infty \frac{dX}{X^5 (e^{\frac{1}{X}} - 1)}$$

ifodani hosil qilamiz. Bundagi integral  $\pi^4/15$  ga teng. Shuning uchun

$$\varepsilon_T = \frac{2\pi^5 k_B^4}{15c^2 h^3} T^4 = \sigma T^4$$

Bu ifodada

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k_B^4}{15c^2 h^3} \quad (4.27)$$

Stefan-Boltsman doimiysidir.

Plank formulasidan Vinning siljish qonunini topish uchun maksimumga mos keluvchi  $\lambda_{\max}$  ni topish kerak, buning uchun

$$\frac{d\varepsilon_{\lambda,T}}{d\lambda} = 0.$$

Hosila olib nolga tenglashtirib, olingan tenglamani yechsak,

$$\lambda_{\max} = \frac{hc}{4,97k_B T}$$

ko'rinishda bo'ladi. Bu ifodani

$$\lambda_{\max} T = \frac{hc}{4,97k_B} \quad (4.28)$$

shaklga yozib, uning o'ng tomondagi hadni

$$b = \frac{hc}{4,97k_B}$$

tenglab hisoblash mumkin.

### Nazorat savollari

Nurlanish manbalariga qanday talablar qoyiladi?

Optik nurlanishlarini qayd qiluvchi qurilmalarning asosiy xarakteristikallari qaysilar?

Optik nurlanishlarini qayd qiluvchi qurilmalarning farqi va afzalliklari qanday.

Issiqlik nurlanishi nima.

Issiqlik nurlanishi energiyasining to'lqin uzunligi va chastotaga bog'lanishi qanday bo'ladi.

Spektr deb nimaga aytiladi.

Spektral analiz nima.

Lazerlarni spektroskopiya uchun ahamiyatli xossalari qanday?

### Foydalanilgan adabiyotlar

David L. Andrews. Fundamentals of Photonics and Physics. Published by John Wiley & Sons. Inc., Hoboken, New Jersey.

B. Salex, M. Teyx. Optika i fotonika. Printsipy i primeneniye. Per s angl. Dolgoprudnyy, Izdatelskiy dom «Intelekt», 2012.

W. Lucke. Introduction to Photonics. Draft. Technical University of Clausthal. 2005  
[www.manchester.ac.uk](http://www.manchester.ac.uk).

## Amaliy mashg'ulot mavzulari

### 1-amaliy mashg'ulot

Prizmalı spektral qurilmalarda olingan natijalarni taxlil qilish.

Masala yechish namunasi.

1-masala. Shishadan yasalgan to'g'ri burchakli uch yoqli prizmaning AB yog'idagi biror O nuqtaga perpendikulyar holda qizil va binafsha yorug'lik nurlari tushmoqda. Nurlar prizmadan chiqqanda qanday burchakda tarqaladi (78- rasm)? Nurlar orasidagi masofa 10 sm bo'lishi uchun ekranni qayerga o'rnatish kerak? Prizmaning sindirish burchagi  $\theta=10^\circ$ . Qizil rangli yorug'lik uchun  $n_q=1,64$ , binafsha rangli yorug'lik uchun esa  $n_b=1,69$ .

Berilgan:  $\alpha_0=0^\circ$ ;  $d=10 \text{ sm}=0,1 \text{ m}$ ;  $n_q=1,64$ ;  $n_b=1,69$ ,  $\theta=10^\circ$ .

Topish kerak:  $\gamma$  —?  $l$  —?

Yechilishi. 1- usul. Tushish burchagi  $\alpha_0=0$  bo'lgani uchun O nuqtada nurlar sinmaydi. BC yoqqa nurlarning tushish burchagi  $\alpha=\theta=10^\circ$  (o'zaro perpendikulyar tomonlar orasidagi burchakka o'xshash). Sindirish ko'rsatkichi har xil rangli yorug'lik uchun turlicha qiymatga ega bo'lgani sababli qizil rangli nur prizmadan  $\beta_q$  burchak ostida, binafsha rangli nur esa  $\beta_b$  burchak ostida chiqadi, binobarin,  $\gamma=\beta_b-\beta_q$  bo'ladi.

$$\sin \beta_q = n_q \sin \alpha = \sin 10^\circ \cdot 1,64 = 0,1736 \cdot 1,64 = 0,2847,$$

$$n_q = \frac{\sin \beta_q}{\sin \alpha}$$

$$\beta_q = 16^\circ 32'.$$

$$l = \frac{d}{\sin \gamma} = \frac{0,1 \text{ m}}{\sin 32'} = \frac{0,1 \text{ m}}{0,0093} \approx 11 \text{ m}.$$

$$\sin \beta_b = \sin \alpha \cdot n_b = 0,1736 \cdot 1,69 = 0,2934.$$

$$\beta_b = 17^\circ 4'.$$

$\Theta = 60^\circ$  sindirish ko'rsatgichiga ega bo'lgan shisha prizma yorug'lik nuri tushadi. Agar nur prizma ichida simmetrik yurganda og'ish burchagi  $\sigma = 40^\circ$  bo'lsa, shishaning sindirish ko'rsatgichi  $n$  aniqlansin.

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

Yorug'lik nuri shisha prizma qirrasiga uning sirtiga tik ravishda tushadi va dastlabgi yo'nalishdan  $\sigma = 25^\circ$  burchakka og'gan holda qarama qarshi qirrasidan chiqadi. Prizmaning sindirish burchagi  $\Theta$  aniqlansin.

Sindirish burchagi  $\Theta = 60^\circ$  bo'lgan shisha prizmaning qirrasiga  $\varepsilon_1 = 45^\circ$  burchak ostida yorug'lik nuri tushadi. Nurning prizmadan chiqishdagi sinish burchagi  $\varepsilon_2$  va nurning dastlabgi yo'nalishdan og'ish burchagi  $\sigma$  topilsin.

Prizmaning sindirish burchagi  $\Theta = 60^\circ$ . Nurning dastlabgi yo'nalishdan eng kam og'ish burchagi  $\sigma = 30^\circ$ . Prizma yasalgan shishaning sindirish ko'rsatgichi  $n$  aniqlansin.

O'tkir uchli pona shaklidagi prizmaning sindirish burchagi  $\Theta = 2^\circ$ . Agar shisha prizmasining sindirish ko'rsatgichi  $n = 1,6$  bo'lsa, nurning prizma orqali o'tishidagi eng kam og'ish burchagi aniqlansin.

## 2-amaliy mashg'ulot

Difraksion panjarali spektral qurilmalarda olingan natijalarni taxlili.

To'lqin uzunligi  $0,45 \text{ mkm}$  bo'lgan binafsha yorug'likning ikkinchi tartibli spektri uchun difraksiya burchagini aniqlang. Difraksion panjaraning  $1 \text{ mm}$  uzunligida  $5$  ta shtrix bor deb oling.

Berilgan:  $\lambda = 0,45 \text{ mkm} = 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ ;  $k = 2$ ;  $N_0 = 5 \text{ mm}^{-1}$

$= 5 \cdot 10^3 \text{ m}^{-1}$ .

Topish kerak:  $\varphi$  — ?

Yechilishi. Difraksion manzarada maksimumlarning vaziyatini belgilaydigan formuladan difraksiya burchagining sinusi:

$$\sin \varphi = \frac{k\lambda}{d}.$$

Panjaraning uzunlik birligida joylashgan shtrixlarning soni  $N_0$  bilan panjara doimiysi orasida quyidagicha bog'lanish bor



$$N_0 = \frac{1}{d}$$

U holda:  $\sin \varphi = k\lambda N_0$

bo'ladi, bundan  $\sin \varphi = 2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot 5 \cdot 10^3 \text{ m}^{-1} = 4,5 \cdot 10^{-3} = 0,0045$ .

Demak,  $\sin \varphi = 0,0045$  ekan. Trigonometrik jadvaldan foydalanib

$\varphi$  ning qiymatini topamiz:  $\varphi = 0^\circ 16'$ .

To'lqin uzunligi  $\lambda$  bo'lgan yorug'likning davri  $5\lambda$  bo'lgan difraksiya panjarasida difraksiyalanishida 2- tartibli maksimum qanday burchak ostida kuzatiladi?

Difraksion panjaraning 1 mm masofasida 500 ta shtrix bo'lsa va ikkinchi tartibli maksimum  $30^\circ$  burchak ostida kuzatilayotgan bo'lsa, yorug'likning to'lqin uzunligi qanday (pm)?

Davri 1,5 pm bo'lgan difraksion panjara  $30^\circ$  burchakka og'dirgan birinchi tartibli spektral chiziqqa mos keladigan to'lqin uzunligini toping (nm).

Difraksiya panjarasining davri 2  $\mu\text{m}$ . Natriyning to'lqin uzunligi 589 nm bo'lgan sariq chizig'ining difraksiya manzarasidagi eng katta tartib nomerini toping.

Doimiysi 1,1  $\mu\text{m}$  bo'lgan difraksion panjaraga to'lqin uzunligi 0,5  $\mu\text{m}$  bo'lgan yassi monoxromatik to'lqin normal tushmoqda. Kuzatish mumkin bo'lgan maksimumlar sonini toping.

Difraksiya panjarasiga tik tushayotgan oq yorug'lik difraksiyanganida 3- tartibli spektrdagi 780 nm to'lqin uzunlikli chiziq bilan 4- tartibli spektrdagi qanday to'lqin uzunlikli (nm) chiziq ustma-ust tushadi?

Natriy sariq chizig'ining to'lqin uzunligi 5890  $\text{A}^\circ$ . Difraksion panjaraning davri 2 pm bo'lsa, spektrning eng katta tartibi qanday?

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

### 3-Amaliy mashg'ulot

Yuqori ajrata olish qobiliyatli spektral qurilmalar ishlatilish xususiyatlari.

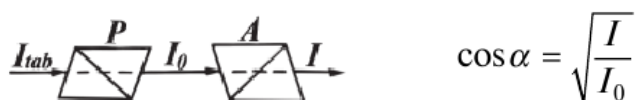
Agar polyarizator va analizator orqali o'tgan tabiiy yorug'likning intensivligi 4 marta kamaygan bo'lsa, polyarizator bilan analizator bosh kesimlari orasidagi burchak nimaga teng? Yorug'likning yutilishini hisobga olmang.

Berilgan:  $I_{\text{tab}}/I = 4$ .

Topish kerak:  $\alpha$  — ?

Yechilishi. Yassi qutblangan yorug'lik analizatoridan o'tganda intensivligi Malyusqonuniga muvofiq kamayadi, ya'ni  $I = I_0 \cdot \cos^2 \alpha$ , bunda:  $I$  — analizatoridan o'tgan yorug'likning intensivligi;  $I_0$  — polarizator orqali o'tib analizatorga tushayotgan yassi qutblangan yorug'likning intensivligi  $\alpha$  — polarizator bilan analizator bosh kesimlari orasidagi burchak.

Bu ifodadan



bo'ladi. Tajribalarda aniqlanishicha, tabiiy yorug'likni o'zaro perpendikulyar tekisliklarda yassi qutblangan ikkita yorug'likning yig'indisidan iborat deb hisoblash mumkin ekan. Binobarin, tabiiy yorug'lik polarizatoridan o'tganda uning intensivligi ikki marta kamayadi. Shuning uchun:

$$\frac{I_{tab}}{I_0} = 2, \text{ bundan: } I_0 = \frac{I_{tab}}{2} \quad \cos \alpha = \sqrt{I \cdot \frac{2}{I_{tab}}} = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot 2} = \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}, \text{ yoki } \alpha = 45^\circ$$

Uzunligi  $l=1,2$  mm bo'lgan yo'lga tebranish chastotasi  $\nu=5 \cdot 10^{14}$  Gs bo'lgan monoxramatik yorug'likning nechta to'lqin uzunligi joylashadi. 1) vakumda 2) shishada

Suvda  $l_2 = 3$  mm kesmada qancha to'lqin uzunligi joylashsa, vakumda shuncha to'lqin uzunligi joylashishi uchun lozim bo'lgan kesmaning uzunligi  $l_1$  aniqlansin. Yassi to'lqin uchun to'rtinchi Frenel zonasining radiusi 3 mm. Oltinchi Frenel zonasining radiusini aniqlansi.

Yorug'lik nuri yassi-parallel shisha plastinkaga  $30^\circ$  burchak bilan tushib, undan dastlabki nurga parallel holda chiqadi. Shishaning sindirish ko'rsatkichi 1,5. Agar nurlar o'rtasidagi masofa 1,94 sm bo'lsa, plastinkaning d qalinligi qancha?

Yassi-parallel sirtli qalinligi 1sm 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.

Suv to'ldirilgan stakan ustiga qalin shisha plastinka qoyilgan. Suv bilan shishaning bo'linish sirtidan to'la ichki qaytish roy berishi uchun yorug'lik nuri plastinkaga qanday burchak bilan tushishi kerak? Shishaning sindirish ko'rsatkichi 1,5.

*Javob:*  $\sin r = 1,33$  ya'ni  $\sin i > 1$  masala shartini amalga oshirib bo'lmaydi.

10 sm balandlikka qadar suv bilan to'ldirilgan idishning tubiga nuqtaviy yorug'lik manbai joylashtirilgan. Suv ustida tiniq bo'lmagan doiraviy plastinka markazi yoru'g'lik manbai ustida turadigan holda suzib yuribdi. Birona ham nur suv sirtidan chiqmasligi uchun mazkur plastinka qanday eng kichik radiusga ega bo'lishi kerak?

Ba'zi bir shisha navlarining qizil va binafsha nurlar uchun sindirish ko'rsatkichi 1,51 va 1,53 ga teng. Bu nurlar shisha-havo chegarasiga tushganida to'la ichki qaytish limit burchaklari topilsin.

#### 4-Amaliy mashg'ulot

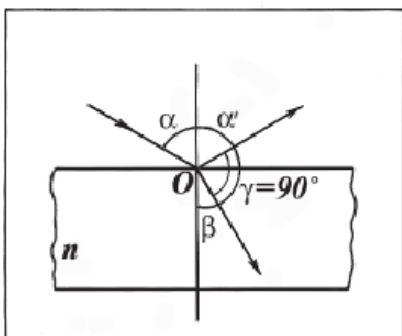
Spektral tadqiqotlarda nurlanish manbaining o'rni.

1- masala. Sindirish ko'rsatkichi 1,5 ga teng bo'lgan shisha plastinkaga yorug'lik nuri tushadi. Qaytgan va singan nur orasidagi burchak  $90^\circ$ . Yorug'likning plastinkaga tushish burchagini toping.

Berilgan:  $n = 1,5$ ;  $\gamma = 90^\circ$ .

Topish kerak:  $n$ —?

Yechilishi.



rasmdan ko'rinadiki,  $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$ , binobarin,  $\alpha + \beta = 90^\circ$ , bundan:  $\beta = 90^\circ - \alpha$  bo'ladi. Yorug'likning sinish qonuniga asosan:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}, \text{ u holda } \sin \alpha = n \sin \beta = n \sin(90^\circ - \alpha) = n \cos \alpha.$$

Demak,  $n = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$ . Bu ifodadan  $\alpha$  ni topamiz:

$$\operatorname{tg} \alpha = 1,5; \alpha = \operatorname{arctg} 1,5 = 56^\circ 18'.$$

Oq yorug'lik shisha-havo bo'linish sirtiga  $41^\circ$  burchak bilan oq nur tushirilsa, nima roy beradi?

Monoxromatik nur sindirish burchagi  $40^\circ$  bo'lgan prizmaning yon sirtiga normal tushmoqda. Bu nur uchun prizma materialining sindirish ko'rsatkichi 1,5. Prizmadan chiqayotgan nurning dastlabki yo'nalishdan og'ishi topilsin.

Monoxromatik nur prizmaning yon sirtiga normal tushadi va undan  $25^{\circ}$  ga og'ib chiqadi. Bu nur uchun prizma materialining sindirish ko'rsatkichi 1,7. Prizmaning sindirish burchagi topilsin.

Teng yonli prizmaning sindirish burchagi  $10^{\circ}$ . Monoxromatik yorug'lik nuri prizma yon sirtiga  $10^{\circ}$  burchak ostida tushadi. Agar prizma materialining sindirish ko'rsatkichi 1,6 bo'lsa, nurning dastlabki yo'nalishidan og'ish burchagi topilsin.

Ba'zi bir monoxromatik nur uchun prizma materialining sindirish ko'rsatkichi 1,6 ga teng. Nur prizmadan chiqayotganida to'la ichki qaytish roy bermasligi uchun bu nurning prizmaga eng katta tushish burchagi qanday bo'lishi kerak? Prizmaning sindirish burchagi  $45^{\circ}$  ga teng.

Natriyning sariq chizig'i uchun ( $\lambda=5,89 \cdot 10^{-7} \text{m}$ ) kvars linzaning bosh fokus masofasi 16 sm bo'lsa, simob spektri ultrabinafsha chizig'i uchun ( $\lambda=2,59 \cdot 10^{-7} \text{m}$ ) kvars linzaning bosh fokus masofasi topilsin. Ko'rsatilgan to'lqin uzunliklari uchun kvarsning sindirish ko'rsatkichi mos holda 1,504 va 1,458.

### 5-amaliy mashg'ulot

#### Spektral tadqiqotlarda nurlanish manbaining o'rni

Kishi yaqindan ko'rar ko'z bilan optik kuchi  $D = -4$  dioptriya bo'lgan ko'zoynakda o'qimoqda. Ko'zoynaksiz eng yaxshiko'rish masofasini aniqlang. Berilgan:  $D = -4$  D  $d_0 = 25 \text{ sm} = 0,25 \text{ m}$ .

Topish kerak:  $f = ?$

Yechilishi. Yaqindan ko'radigan kishining ko'zoynagi sochuvchi linzalardan bo'lib, uning fokus masofasi quyidagicha ifodalanadi.

$$F = \frac{1}{D}.$$

Sochuvchi linzaning formulasidan bu fokus masofasi:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{f}$  bo'ladi, bunda  $d_0$  normal ko'zning eng yaxshi ko'rish masofasi. Bu ifodadan  $f$  ni topamiz:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d_0}; f = \frac{F \cdot d_0}{d_0 - F} = \frac{\frac{1}{D} \cdot d_0}{D \cdot d_0 - 1} \cdot D = \frac{d_0}{d_0 D - 1}$$

Hisoblash:

$$f = \frac{0,25 \text{ m}}{0,25 \text{ m}(-4) D - 1} = -0,125 \text{ m}.$$

Ko'zoynakdan tasvirgacha bo'lgan masofa ko'zning eng yaxshi ko'rish masofasidir. Minus ishora tasvirning mavhum ekanligini bildiradi.

Bir shishaning sindirish ko'rsatkichi 1,5, ikkinchisniki 1,7. Ikkala shishadan shakli bir xilda bo'lgan ikkita bir xil ikki yoqlama qavariq linza yasalgan. 1) Bu linzalar fokus masofalarining nisbati topilsin. 2) Agar linzalar sindirish ko'rsatkichi 1,6 bo'lgan tiniq suyuqlikka botirilsa, ularning har biri optik o'qqa parallel bo'lgan nurlarga qanday ta'sir ko'rsatadi?

Ikki yoqlama qavariq linza yuzlarining egrilik radiuslari  $R_1=R_2=50$  sm. Linza materialining sindirish ko'rsatkichi  $n=1,5$ . Linzaning optik kuchini toping.

Optik kuchi 10 dioptriy bo'lgan ikki yoqlama qavariq linzadan 15 sm masofada, optik o'qqa perpendikulyar qilib balandligi 2 sm keladigan buyum qoyilgan. Tasvirning vaziyati va balandligi topilsin. Chizmasi chizilsin.

Egrilik radiuslari bir xil va sindirish ko'rsatkichi  $n = 1,5$  bo'lgan ikki yoqlama qavariq linzaning bosh fokuslari egrilik markazlarida yotishi isbot qilinsin.

Fokus masofasi 16 sm bo'lgan linza buyumning oralari 60 sm bo'lgan ikki vaziyatida aniq tasvir beradi. Buyumdan ekrangacha bo'lgan masofa topilsin.

Sferik sirtlar bilan chegaralangan egrilik radiuslari 12 sm dan bo'lgan ikki yoqlama qavariq linza buyum bilan ekran o'rtasida shunday masofaga qoyilganki, ekrandagi tasvir buyumdan  $k$  marta katta chiqqan. Agar 1)  $k=1$ , 2)  $k=20$  va 3)  $k=0,2$  bo'lsa, buyumdan ekrangacha bo'lgan masofa aniqlansin. Linza materialining sindirish ko'rsatkichi 1,5.

Linzaning havodagi fokus masofasi 20 sm bo'lsa, linza suvga botirilgandagi fokus masofasini toping. Linza yasalgan shishaning sindirish ko'rsatkichi 1,6.

## 6-amaliy mashg'ulot

Qabul qilgichlarning spektral sezgirligi.

Egrilik radiuslari mos ravishda 0,2 m va 0,3 m bo'lgan ikki yoqlama botiq linza yordamida buyumning 10 marta kichiklashgan tasviri olinadi. Linza yasalgan moddaning sindirish ko'rsatkichi 1,5. Linzaning fokus masofasi, linzadan buyumgacha va linzadan tasvirgacha bo'lgan masofalarni toping. Chizmasini chizib, qanday tasvir hosil bo'lishini aniqlang.

Berilgan:  $R_1=0,2$  m;  $R_2=0,3$  m;  $n=1,5$ ;  $k=0,1$ .

Topish kerak:  $F - ?$   $d - ?$   $f - ?$

Yechilishi. Linzaning fokus masofasi formulasi

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

dan foydalanib,  $F$  ni hisoblaymiz, bu yerda minus ishora botiq linza fokusining mavhumligini bildiradi.

$$F = - \frac{1}{(0,5-1) \left( \frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,3} \right)} \text{ m} = 0,24 \text{ m.}$$

Ikki yoqlama botiq linzaning formulasi

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = - \frac{1}{F}.$$

Linzaning kattalashtirish formulasi  $k = \frac{f}{d}$  dan  $d = \frac{f}{k}$  ni topamiz va linza formulasiga keltirib qo'yamiz:

$$\frac{k}{f} - \frac{1}{f} = - \frac{1}{F}.$$

Bu tenglamani  $f$  ga nisbatan yechamiz:  $f = -(k-1)F$ .

Hisoblash:

$$f = -(0,1-1) \cdot (0,24) \text{ m} = -(-0,99)(0,24) \text{ m} = 0,216 \text{ m};$$

$$d = \frac{0,216}{0,1} \text{ m} = 2,16 \text{ m.}$$

Tasvir yasashda optik o'qqa parallel bo'lgan va linzaning optik markazidan o'tuvchi nurlardan foydalanamiz. Tasvir mavhum, to'g'ri va kichiklashgan bo'ladi.

Egrilik radiusi 30 sm va sindirish ko'rsatkichi 1,5 bo'lgan yassi-qavariq linza buyum tasvirini ikki barobar kattalashtiradi. Buyum va tasvirdan linzagacha bo'lgan masofa topilsin. Chizmasi chizilsin.

Egrilik radiuslari birday,  $|R_1| = |R_2| = 8$  sm bo'lgan flintglasdan qilingan ikki yoqlama qavariq linzaning boylama xromatik aberratsiyasi topilsin. Flintglasining

qizil nur ( $\lambda_1 = 7,6 \cdot 10^5$  sm) uchun sindirish ko'rsatkichi 1,5 va binafsha nur ( $\lambda_2 = 4,3 \cdot 10^5$  sm) uchun sindirish ko'rsatkichi 1,8.

Lupa normal ko'z uchun  $k=10$  marta kattalashtirishi uchun lupani chegaralovchi sirtlarining egrilik radiuslari ( $|R_1| = |R_2|$ ) qanchaga teng bo'lishi kerak? Lupa yasalgan shishaning sindirish ko'rsatkichi  $n=1,5$ .

Fokus masofasi 50 sm bo'lgan uzoqni ko'rish trubasi cheksizlikni ko'radigan qilib qoyilgan. Truba okulyari bir muncha surilgandan keyin obyektivdan 50 m uzoqlashtirilgan buyumlar ravshan ko'rinishga boshlagan. To'g'rilash paytida okulyar qancha masofaga surilgan?

Mikroskop obyektivining fokus masofasi 2 mm, okulyarning fokus masofasi esa 40 mm. Obyektiv fokusi bilan okulyar fokusi o'rtasidagi masofa 18 sm. Mikroskopning kattalashtirishi topilsin.

Yuza  $2 \times 2$  m bo'lgan surat undan 4,5 m uzoqlikka qoyilgan fotoapparat bilan suratga olinmoqda. Tasvir  $5 \times 5$  sm o'lchamda hosil bo'lgan, apparat obyektivining fokus masofasi qancha bo'lgan? Suratdan obyektivgacha bo'lgan masofani obyektivning fokus masofasiga nisbatan katta deb hisoblansin.

Teleskop fokus masofasi 150 sm bo'lgan obyektiv va fokus masofasi 10 sm bo'lgan okulyarga ega. Agar to'lin Oy qurollanmagan ko'zga  $31'$  burchak bilan ko'rinsa, mazkur teleskopdan qanday ko'rish burchagi bilan ko'rinadi.

## LABARATORIYA MASHG'ULOTLARI

### 1. SPEKTROSKOPNI DARAJALASH, DARAJALANGAN EGRI CHIZIQ BO'YICHA YORUG'LIK TO'LQIN UZUNLIGINI ANIQLASH

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

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

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

**Nazariy qism.**

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

$$E(x) = E(0)e^{-i\omega(t-\frac{x}{v})}; \quad (9.1)$$

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

$s$  – yorug'lik vakuumdagi tezligi,

$$\epsilon' = \epsilon + iG \quad (9.2)$$

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

$$\sqrt{\epsilon} = n' = n + in\kappa; \quad (9.3)$$

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

Xususiyl holni ya'ni ikkita bir xil amplitudali, lekin bir -birlaridan kichik farq qiluvchi  $\omega_1$  va  $\omega_2$  chastotali to'lqinlarning qo'shilishini ko'rib chiqaylik. (9.1) formulaning haqiqiy qismidagi elektr maydon kuchlanganligining o'zgarishlarini

$$E_{1x} = E_0 \cos(\omega_1 t - k_1 x) \quad \text{va} \quad E_{2x} = E_0 \cos(\omega_2 t - k_2 x) \quad (9.4)$$

formulalar orqali ifodalaymiz. Amplitudalarini qo'shib:

$$E = E_{1x} + E_{2x} = 2E_0 \cos\left[\frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2}t - \frac{(k_1 - k_2)}{2}x\right] \times \cos\left[\frac{(\omega_1 + \omega_2)}{2}t - \frac{(k_1 + k_2)}{2}x\right] \quad (9.5)$$

ifodani hosil qilamiz.  $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$  ifoda chastotalari bir-biridan kam farq qilganligi uchun u (9.4) ifodaning istagan birini chastotasiga yaqin bo'lgan to'lqinni ifodalaydi. To'lqinning amplitudasi kattaligi  $2E_0$  bo'ladi. U  $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$  chastota va



$\frac{k_1 + k_2}{2}$  toʻlqin sonining oʻzgarishiga qarab juda ham sekin oʻzgaradi. Koʻpchilik moddalarda keng diapozondagi chastotaga ega boʻlgan oq yorugʻlik toʻlqinlari amalda susaymasdan tarqaladi. Misol tariqasida koʻzga koʻrinadigan yorugʻlikni shisha, havo, suv va boshqa shaffof gaz va suyuqliklardan oʻtishini keltirishimiz mumkin. Natijada bunday yorugʻlikni yutmaydigan muhitlarning dielektrik singdiruvchanligi  $\varepsilon(\omega)$  qaralayotgan chastotalar uchun haqiqiy va musbat boʻladi. U holda vektori haqiqiy va moduli boʻyicha

$$\kappa = \frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon'(\omega)} = \frac{\omega}{c} n(\omega) \quad (9.6)$$

ga teng, bu yerda  $n$  – muhitning sindirish koʻrsatkichi.  $n(\omega)$  – moddalarning optik xossasining juda muhim xarakteristikasi. Sindirish koʻrsatkichi orqali toʻlqinning fazoviy tezligi ham ifodalanadi.

$$v_{\phi} = \frac{\omega}{k} = \frac{c}{n(\omega)}; \quad (9.7)$$

Fazaviy tezlik chastotaga bogʻliq boʻlishi hodisasi *dispersiya* deb ataladi. Dispersiyaning mavjud boʻlishi, eksperimentda tutash spektrning monoxromatik tashkil etuvchilarini ajratish imkonini beradi, chunki prizma qirrasiga biror burchak ostida yorugʻlik tushayotganida sinib oʻtgan spektrda bu tashkil etuvchilar turli yoʻnalishlarda tarqaladilar. Ana shu printsipda prizmalı spektral asbob (stilaskop, spektrograflar va monoxramatorlar) ishlatiladi.

Yuqorida koʻrilgan monoxromatik toʻlqinlarda turli fazaviy tezliklar bor.

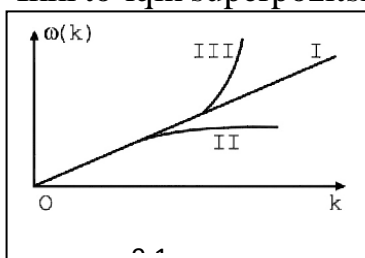
$$\frac{\omega_1}{k_1} \neq \frac{\omega_2}{k_2};$$

Toʻlqin amplitudasi maksimumining tezligi, yaʼni gruppaviy tezligi

$$\frac{\omega_1 - \omega_2}{k_1 - k_2} = \frac{\Delta\omega}{\Delta k}; \quad (9.8)$$

ifoda bilan aniqlanadi

Ikki toʻlqin superpozitsiyasining koʻrinishi turgʻun saqlanmaydi va paket profili vaqt oʻtishi bilan oʻzgarib boradi. Agar toʻlqinlar gruppasi bir-biridan kam farq chastotalardan tashkil topgan boʻlsa, u holda gruppaviy tezlik uchun ifoda:



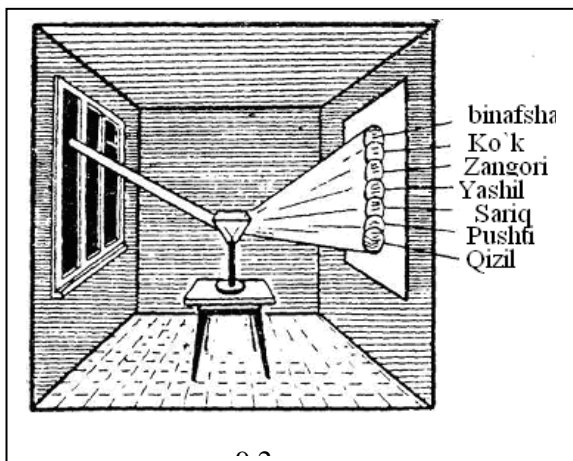
$$\frac{\Delta\omega}{\Delta k} = \frac{d\omega}{dk} \quad (9.9)$$

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

$$v_{gp} = \frac{d\omega}{dk} = \frac{d}{dk} (k \times v_{\phi}) = v_{\phi} + k \frac{dv}{dk} = v_{\phi} - \lambda \frac{dv}{d\lambda} \quad (9.10)$$

ga teng bo`ladi. Bunda  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ , odatda  $\frac{dv}{d\lambda} > 0$  hosil musbat, chunki  $v_r < v_f$  bo`ladi.

Bu hol *normal dispersiyani* ifodalaydi. Biroq, anomal dispersiya ham yuz berishi



mumkin. Bu hol  $\frac{dv}{d\lambda} < 0$  – manfiy va  $v_r > v_f$  bo`lganda yuz beradi.

Yorug`likni yutmaydigan muhitlar asosan dielektrik hisoblanadi. Ular uchun normal dispersiya yuz beradi, faqat dielektrikni tashkil etuvchi atomlarning xususiy rezonans chastotalaridan uzoq spektral sohalardagina normal dispersiya yuz beradi. 6.1-rasmda uchta egri chiziq, keltirilgan bo`lib, ular:

- I. Dispersiya yuz bermaydigan muhit uchun o`zgarmas va  $v_r = v_f$  (bunda masalan vakuum)
- II. Normal dispersiya sohasi, bunda -  $v_r < v_f$
- III. Anomal dispersiya sohasi, bunda -  $v_r > v_f$

Buyuk ingliz fizigi I.Nyuton 1666 yilda oq yorug`likni uchburchakli shaffof prizma orqali o`tkazib, uni tarkibiy qismlarga ajratishga muvaffaq bo`ldi (9.2-rasm). Nyuton bunda yettita rangni: qizil, pushti, sariq, yashil, zangori, ko`k, binafsha ranglarni ajratdi. U bu ranglardan iborat polosani *spektr* deb atadi. Nyutonning tajribalaridan quyidagi xulosa kelib chiqadi: muhitning sindirish ko`rsatkichi yorug`likning rangiga bog`liq. Bu xodisa yorug`likning *dispersiyasi* deyiladi. Ana shu xodisaga asoslanib spektrlarni o`rganuvchi asbob *spektroskop* deyiladi. Ranglari bilan farq qiluvchi nurlar to`lqin uzunliklari bilan farq qiladi. Prizma orqali o`tayotgan yorug`lik nurlari sindirishi natijasida tashkil qiluvchi qismlar har xil rangli polosalar (yo`llar) ga ajraladi.

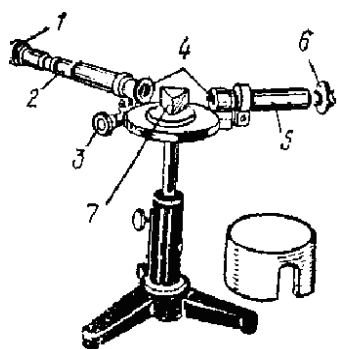
Qizil yorug`lik to`lqinining uzunligi  $\lambda_q = 7,6 \cdot 10^{-5}$  sm, binafsha yorug`lik to`lqinining uzunligi  $\lambda_b = 4 \cdot 10^{-5}$  sm.

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

Spektrni o`rganish uchun spektroskopdan foydalaniladi. Spektroskopning optik tuzilishi va unda nurlarning yo`li 9.4-rasmda ko`rsatilgan.

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

**Spektroskopning tuzilishi va ishlashi.** Spektroskopning umumiy ko`rinishi 6.3-rasmda ko`rsatilgan. Bunda 1 – okulyar, 2 – ko`rish trubasi, 3 – mikrometrik vint, 4 – ob`ektivlar ( $O_1$  va  $O_2$  linzalar), 5 – kollimator, 6 – tirqish, 7 – prizma.



0 3 rasmi

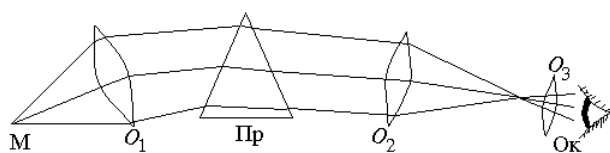
Spektr (va ip) ning haqiqiy tasviriga lupada qaralgandek, okulyar orqali qaralganda spektrning faqat bir qismigina ko`rinadi. Spektrning ayrim qismlarini ko`rish uchun ko`rish trubasini 3 mikrometrik vint yordamida burib kuzatish kerak.

Spektroskop ishini, hamda nurlanish va yutilish spektrlarini ko`rib chiqaylik (9.4-rasm). Spektroskop ikkita trubadan tashkil topgan: kollimator va ko`rish trubalarini ob`ektivlari fokus masofasi – 150 mm,

okulyarning fokus masofasi – 32 mm, kollimator va ko`rish trubalari teshigining nisbati 1:6,5, prizmasining o`rtacha dispersiyasi 0,019 bo`lib, ko`rish soxasidagi spektrlari (400 – 760 nm) soxasida spektral analiz bo`yicha tajriba o`tkazishga mo`ljallangan.

$O_1$  ob`ektivning fokal tekisligida tor tirqish joylashgan, tirqish rasm tekisligiga perpendikular xolda o`rnatiladi. Tirqish orqali o`rganilmokchi bo`lgan nur bilan yoritiladi.

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



0 4 rasmi

To`lqin uzunligi bir xil bo`lgan nurlar prizmadan parallel xolda chiqadilar va  $O_2$  ob`ektiv ularni  $S$  fokus tekislikda 1 nuqtaga yig`adi. Bu tekislikda bir xil rangdagi nurlar  $S$  tirqishning tasvirini beradi.

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

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

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

### 9.1-jadval.

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

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

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

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

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

Bunda abstsissa o`qiga baraban shkalasi bo`limlari qo`yilsa, ordinata o`qiga neon yorug`lik chiziqlarining to`lqin uzunliklari qo`yilib, unga mos keluvchi grafiu

chiziladi. Bu grafik bizga spektrning xoxlagan chizig`ining to`lqin uzunligini aniqlashga imkon beradi.

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

### Ishni bajarish tartibi

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

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

Mikrometr barabani shkalasidagi ko`rsatkichi belgilanib, spektrning navbatdagi rangi – zarg`aldoq rangiga vizir ipi mos keltiriladi va mikrometr barabani ko`rsatkichi yozib olinadi.

Qolgan ranglarga ham mos keluvchi mikrometr barabani ko`rsatkichlari shunday tartibda xuddi shunday usul bilan yozib olinadi va jadvalga tushiriladi (9.2-jadval).

**9.2-jadval.**

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

Millimetrlı qog`ozga mikrometr barabani ko`rsatkichlari koordinataning abstsissa o`qiga, ranglarning to`lqin uzunliklari orrdinata o`qiga joylashtirilib, nuqtalar belgilanadi va tutashtirilib, egri chiziq olinadi.

Spektroskopning kollimatori mahsus yoritgichga qaratiladi va undagi spektrning diskret chiziqlari kuzatiladi.

Mikrometr barabani harakatga keltirilib, vizir ipi diskret chiziqlarga mos keltiriladi, baraban shkalasidagi ko`rsatkich yozib olinadi.

Keyin mikrometrning darajalash grafigi bo`yicha bizni qiziqtirayotgan chiziqlarning mikrometr ko`rsatkichlari darajalash grafigining abstsissa o`qiga qo`yiladi va egri chiziq bilan kesishish joyidan ordinata o`qidan to`lqin uzunlik qiymati olinadi. Shunday tarzda boshqa yorug`lik manbalarining ham to`lqin uzunliklari mikrometrning darajalash grafigi bo`yicha aniqlanadi.

#### **Nazorat uchun savollar:**

Spektr nima?

Dispersiya deb nimaga aytiladi?

Dispersiyani so`zlab bering.

Nurlanish spektri qachon hosil bo`ladi?

Spektrlardan qaysi biri tutash, qaysinisi uzlukli bo`ladi?

Elektromagnit nurlanishning qanday turlarini bilasiz?

## **RANGLI SUYUQLIKDAN O`TAYOTGAN YORUG`LIK SPEKTRINI TAHLIL QILISH**

Qisqacha nazariya

### **a) Yutilish**

Yoruglik niuri vakuumda intensivligi va qutblanishi o`zgarmasdan. Nur yo`liga qoyilgan plastina yoki filtrlar bir qancha effaktlarni hosil qiladi.

Birinchiidan, plastina yoki filtr yorug`lik nuri bir qism energiyasini boshqa turdagi energiyaga masalan, issiqlikka aylantirishi mumkin. Bu hodisaga yutilish deyiladi.

Ikkinchiidan, 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. Bu 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 filtrdan o`tgandan keyin nurning qutblanganlik holatini o`zgartirishi mumkin.

**Shaffoflik** yorug`lik intensivligining plastin yoki filtrdan 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 filtrdan o'tgandan keyingi intensivligi. Shaffoflik yorig'likning plastina yoki filtrdan 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:

$$A = \log_{10} \left( \frac{1}{T} \right)$$

Birinchiidan, agar ma'lum to'lqin uzunlikli yorug'lik nuri biror miqdorda aralashmali eritmada 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 eritmada 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.

Ikkinchiidan, 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:

$$A = \varepsilon \times l \times c$$

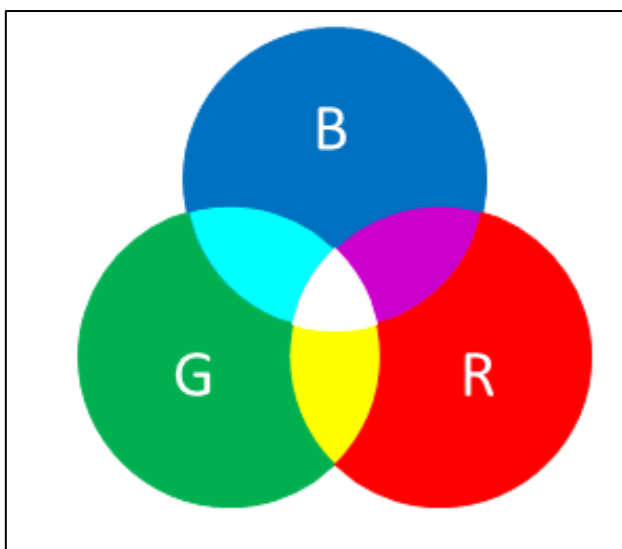
## b) Rang shakllanish modellari

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. Ekranda raqamli tasvirning hosil qilinishini keyin tasvirning chop qilinishini ko'rib chiqaylik. Ekranda 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 aralashtrishdan hosil qilinadi. Agar biz qizil va yashil ranglarni aralashtrirsaq sariq, qizil va ko'kni aralashtrirsaq binafsha rang, ko'k va yashilni aralashtrirsaq havo rangni olamiz. 1-rasmga qarang.



1-rasm. RGB rang modeli: Red-qizil, Green-yashil va Blue-ko'k.

Agar barcha uchta rangni ham aralashtrirsaq 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, yashil va ko'k ranglardagi barcha 256 ta rang tonlarini

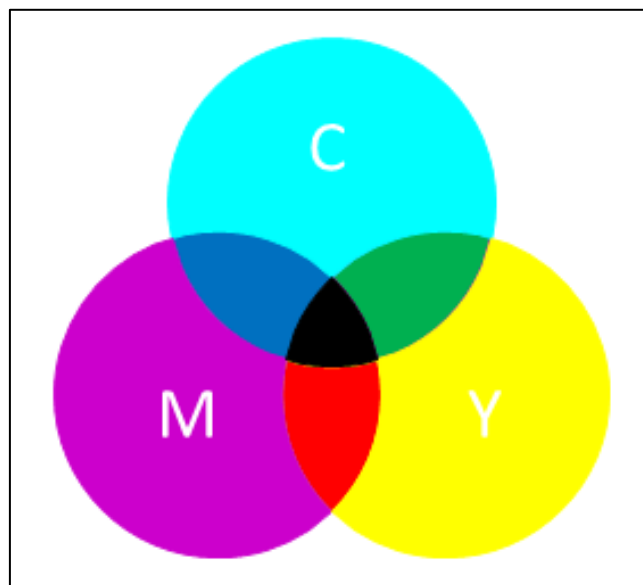
ko'paytirib (256x256x256) nazariy jihatdan 16.7 million rang gradatsiyalarini hosil qilish mumkin.

## CMYK rang modeli

CMYK modelda asosiy ranglar Cyan-havo rang, Magenta-pushti rang, Yellow-sariq va Black-qora ranglardan iborat. K- qora rangni bildirib qora rangni beruvchi kalitni (barcha rangni uzuvchi) bildiradi. Rangli torli va lazerli printerlar asosan CMYK ranglar bilan ishlaydi. Suyuq ranglarni aralastirish subtraktli rang aralastirish deyiladi.

Ranglarning subtraktiv aralastirish ozidan nur chiqarmaidigan jismlarda sodir bo'ladi. Subtraktiv rang aralastirishda rang quyidagicha paydo bo'ladi, jism yoki filtrdagi rang pigmentlari rang tashkil qiluvchilarining ba'zilarini yutadi qolganini ekranga qaytaradi.

Masalan sariq rang RGB model kabi asosiy ranglar qizil va yashil ranglarni qo'shishdan hosil qilinmaydi. Subtraktiv rang aralastirishda sariq rang qizil va pushti ranglarni olib tashlash bilan 2-rasmga ko'rsatilgani kabi hosil qilinadi.



2-rasm. CMYK rang modeli: Cyan-havo rang, Magenta-pushti rang va Yellow-sariq.

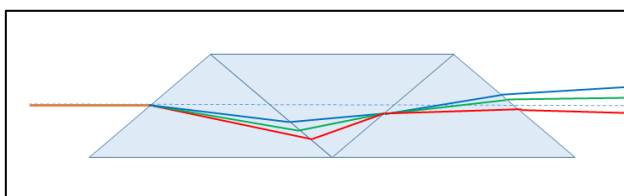


Agar biz oq tabiiy nurning yashil tashkil qiluvchini filtrlab olib tashiasak pushti rang hosil bo'ladi. Ko'k rangni filtrlash sariq rangning pydo bo'lishiga olib keladi. Mana shu uch rangdan CMYK (cyan, magenta, yellow) rang modeli tashkil topadi va barcha ranglar spektri mana shu asosiy ranglarni kerakli miqdorda aralashtirish bilan hosil qilinadi.

### c) To'g'ri ko'rishli prizma

Prizma sirtiga tushayotgan nur sinadi chunki nur sirtida ikkinchi muhitga o'tadi. Muhitning sindirish ko'rsatkichining tushayotgan nur to'lqin uzunligiga va chastotasiga bog'liqligiga dispersiya deyiladi. Ko'pgina moddalar qisqa to'lqin uzunlikli yorug'lik nurini uzun to'lqin uzunlikli yorug'lik nurga qaraganda ko'proq sindiradi. Ko'k nur qizil nurga qaraganda ko'proq sinadi. Shunday qilib prizma yorug'lik nurini to'lqin uzunligiga qarab ajratadi.



Ayniqsa spektroskopiyada to'g'ri ko'rish yo'nalishli prizmalar juda muhim hisoblanadi. Bu prizma sindirish ko'rsatkichi turlicha bo'lgan bir-biriga ketma-ket joylashtirilgan uchta yoki beshta prizmalardan iborat bo'ladi. Ko'p uchraydigan tipik tuzilish ketma-ketligi masalan, optik shisha, kronglas, optik shisha.



3-rasm. Ko'rish yo'nalishli prizma tuzilishi.

Ko'rish yo'nalishli prizma avfzalligi shundaki, sodda tuzilishga ega va chiqshdagi nurlar kiruvchi nurga va prizma o'qiga (asosiga) parallel chiqadi. Ko'rish yo'nalishli prizma tuzilishi 3-rasmda keltirilgan. Bu erdan ko'rinadiki yashil nur kirish nuriga eng parallel nur hisoblanadi.

## Xavfni baholash

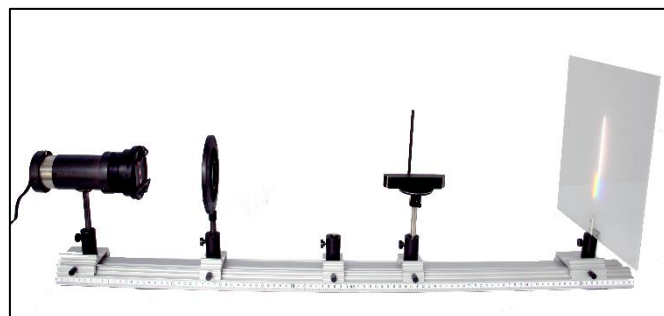
Fuksin	
 Xavfli	<p><b>Xavf-xatar:</b></p> <p>H 302 Istemol uchun zararli (Xn)</p> <p>H 317 Terining allergiyasini keltirib chiqarishi mumkin.</p> <p>H 334 Bug'idan nafas olinsa nafas yo'llarni allergiyasini yoki astmani paydo qilishi, yoki nafas olishini qiyinlashtirishi mumkin.</p> <p>H 351 Saraton keltirib chiqarish xavfi bor.</p> <p><b>Xavfsizlik:</b></p> <p>P 261 Chang, tutun, gaz, tuman, bug' va aerezollardan bug'ilishdan saqlaning.</p> <p>P 280 Himoya qo'lqopi/ himoya kiyimi/ kiying yuzni himoya qiling.</p> <p>P 342 + 311 Yallig'lanish hollari va simptomalari kuzatilganda tibbiyot markaziga murojat qiling.</p>
	

## Tajribalar

Rangli suyuqlikning yutilish spektri xossalarini o'lchash va ko'rish mazkur tajribada amalga oshiriladi:

### 1-Tajriba:

Bu tajribada ko'rish yo'nalishli prizma spektri o'qganiladi.



4-rasm. Yorug'lik nuri spektrini tahlil qilish qurilmasi.

Ish stoli qurilmalari:

1Optik stol, S1 profil, 1 m

460 310

2	Qisqichli rider, qisqichi bilan	460 311
3	Qisqichli rider, qisqichi bilan, 45/35	460 312
1	Transformator, 6/12 V	521 210
1	Lampa patroni kabeli bilan	450 60
1	Lampalar, 6 V/30 W, E14, 2 komplekt	450 511
1	Diafragma tutgichli kondenser	460 20
1	Ramkali linza, $f=100$ mm	460 30

1	Prujina qisqichli tutgich	460 22
1	Prizma stoli	460 25
1	Ko'rish yo'nalishli prizma	466 05
1	Ekran	441 53

Dastlab, patroniga 6 V/30 W lampani qoying. Lampa ro'parasiga difragma tutgichli kondenserni shunday joylashtiringki tutgich 6-rasmdagi kabi vertikal bo'lsin. Keyin asosga diafragma tutgichi o'rnatilgan taglik-surgichni o'rning.



5-rasm. Difragma tutgichi va kondenser o'rnatilgan lampa.

Lampani relsning eng chap chekkasiga o'rning. Boshqa tomoniga esa shaffof ekranni 5-rasmdagi kabi joylashtirng.

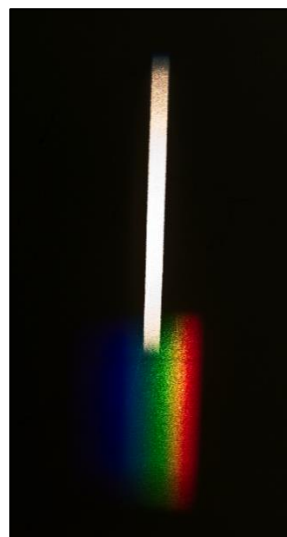
Endi ramkali linzani( $f=100$  mm) lampadan keyin o'rning. Linzani shunday suringki tirqishning aniq tasviri ekranda paydo bo'lsin. Har bir optik asbob bir xil balandlikdaligiga e'tibor qiling. Ish tartibida asboblar quyidagicha masofalarda joylashtiriladi: lamp patroni tutgichi– linza tutgichi: 19 sm. Linza titgichi – ekran tutgichi: 49 sm.

Keyingi bosqichda ko'rish yo'nalishli prizmani nur yo'liga qoyng. Shuning uchun prizma stoli va ekran orasini yoping. Prizma stoli tutgichi – ekran tutgichi: 23 sm. Endi ko'rish yo'nalishli prizmani nur yo'liga shunday qoyingki nur prizma sirtiga 7-rasmda ko'rsatilgani kabi tushsin. Nur prizma o'qlariga parallel bo'lishi kerakligini yodda tuting.



6-rasm. Tushuvchi nur birinchi prizmaning birinchi sirti o'rtasiga tushadi.

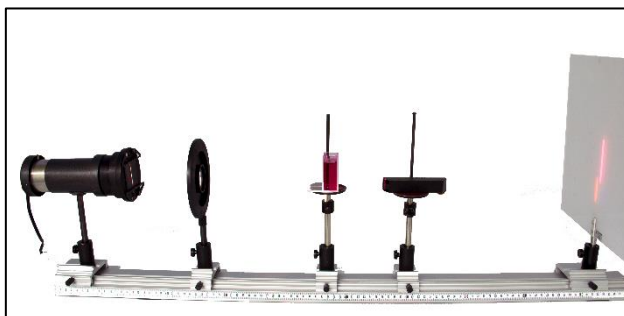
Bir vaqtning o'zida to'g'ridan to'g'ri tushayotgan nurni va spektrni ekranda ko'rish uchun rizmali stol ozroq pastlatilishi zarur. Yorug'lik nuri dastasining yuqorigi yarmi linza ustidan, pastki yarmi linza ichidan o'tishi lozim. Natija 8-rasmda ko'rsatilgan.



7-rasm. Yuqorida: Sharp image of the slit. Quyida: Continuous spectrum of a light bulb through the direct-vision prism.

## 2-TAJRIBA:

Bu tajribada rangli suyuqlik spektri tadqiq qilinadi.



8-rasm. Rangli suyuqlik spektri tadqiq qilish qurilmasi.

Setup on Bench:

1	Optik stol, S1 profil, 1 m	460 310
2	Qisqichli rider, qisqichi bilan	460 311
3	Qisqichli rider, qisqichi bilan, 45/35	460 312
1	Transformator, 6/12 V	521 210
1	Lampa patroni kabeli bilan	450 60
1	Lampalar, 6 V/30 W, E14, 2 komplekt	450 511
1	Diafragma tutgichli kondenser	460 20
1	Ramkali linza, $f=100$ mm	460 30
2	Prizma stoli	460 25
1	Shisha stakan –kyuveyta	477 14
1	Yo'naltiruvchi prizma	466 05
1	Ekran	441 53
1	Fukusin, 250 g	672 0810

### Rangli suyuqlikni tayyorlash

Fukusinli qizil-binafsha rangli eritmani tayyorlash: qizil-binafsha rangli eritma olish uchun menzurkaga fukusin kukuni solinadi va 50 ml suq quyiladi. Agar eritma juda ham past rangli yoki

juda ham qizg'ish bo'lib ketsa, zarur rang olish uchun ko'proq fukusin yoki erituvchi suv qo'shiladi. 9-rasmda ishga tayyor eritma rangi keltirilgan.

Bu tajriba uchun qurilma tarkibi birinchi tajribadagi bilan mos tushadi. Shu bilan birga, bu qurilmada ikkinchi prizmalı stol linza va prizma orasiga 9-rasmdagi kabi o'rnatiladi.

Endi kyuvetani rangli suyuqlik bilan to'ldirish va kyuvetani prizmalı stolga qoyish mumkin. Kyuvetani prujinali qisqich bilan mahkamlang. Kyuveta uchun kitta o'rnatish holati mavjud: 9- va 10- rasmlarda ko'rsatilgani kabi ko'ndalang va boylama holatlar.



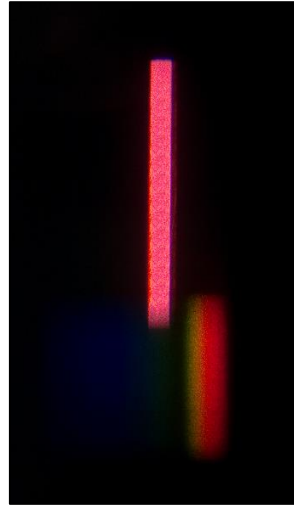
9-rasm. Qizil-binafsha rangli fukusinli eritmaning ko'ndalang joylashuvi.



10-rasm. Qizil-binafsha rangli fuksinli eritmaning boylama joylashuvi.

Natijalar:

Fuksinli qizil-binafsha boyoqli eritma spektri  
11-rasmda keltirilgan.



11-rasm. Fuksinli qizil-binafsha eritma spektri. Chapda: transversal. O'ngda: longitudinal.

Ikkala spektrda ham yashil rang yo'q, natijaviy rang olov rang. Qo'shimcha ranglar yutiladi va boshqalari o'tkaziladi.

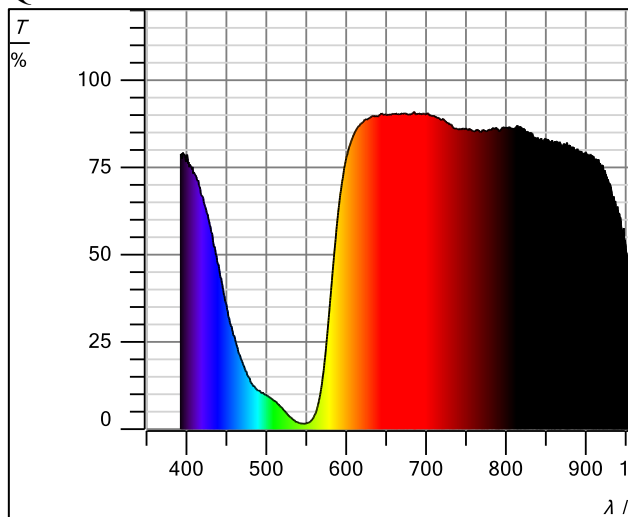
Ko'ndalang holatda ko'k rang ko'proq yutiladi va natija rang esa qizil.

11-rasmda kameraning sezgiligi tufayli ko'k rang deyarli ko'rinmaydi.

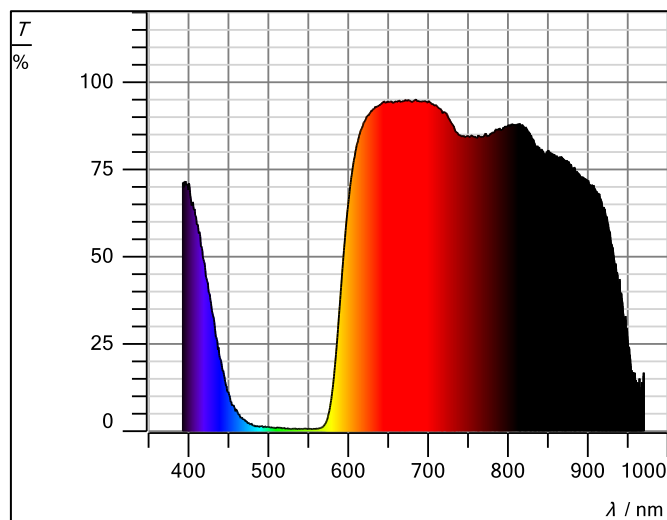
### **Tozalash va utilizatsiya**

Utilizatsiya turli mintaqalarda turlicha tartibda amalga oshiriladi va shuning uchun bung mas'ul tashkilotlarni surishtirish kerak bo'ladi.

Qo'shimchalar:



12-rasm. Fuksinli qizi-binafsha eritmaning yorug'likni o'tkazish koeffitsiyenti. Ko'ndalang.



13-rasm. Fuksinli qizi-binafsha eritmaning yorug'likni o'tkazish koeffitsiyenti.Boylama.

12 va 13 rasmlar 467251 spektrometrida olingan batafsilroq spektr sifatida keltirilgan. Bu erda yashil rang yutilishini va yutilish sohasining kengligini ko'ramiz.

Ko'k va qizil ranglar fuksinda katta yutilishlarsiz o'tmoqda.

### 3.BUGER-LAMBERT-BEER QONUNINI O'RGANISH

**Ishni bajarishdan maqsad:** Har xil suyuqliklarda yorug'likning yutilishini o'rganish hamda Buger-Lambert-Beer qonunini tekshirish.

**Kerakli asboblari:** Buger-Lambert-Beer qonunini tekshirish yasalgan qurilma, yarim o'tkazgichli lazer, distillangan suv, mis kuporasining suvdagi eritmasi.

#### Ishga oid nazariy ma'lumotlar:

Yorug'likning moddalar (suyuqliklar, gazlar, qattiq jismlar) bilan o'zaro ta'siri uning absorbtsiya, refraktsiyasi, qutblanishi, sochilishi va hokazolar orqali namoyon bo'ladi. Bu hodisalarning har birini miqdoriy tavsiflash uchun ma'lum bir kattaliklar

orqali ifodalanadi: bular-yutilish koeffitsienti, qutblanish darajasi, sochilgan nurning intensivligi va hokazolar bilan nomlanadi.

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

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

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

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

Birinchi formuladan

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

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

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

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

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

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

Bu ishimizda yorug'likning sochilishini uning yutilishiga nisbati juda kam bo'lgani uchun yorug'lik intensivligini kamayishi

asosan yutilish hisobiga sodir bo'ladi, ya'ni (1) dagi proporsionallik koeffitsienti ( $\beta$ ) yutilish ko'rsatkichini bildiradi va yorug'likning yutilish ko'rsatkichi

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

orqali hisoblanadi.

Bu  $\beta$ -koeffitsientning son qiymati moddaning yorug'lik intensivligini yeq **2,72** marta kamaytiruvchi qatlamining qalinligini ko'rsatadi. Bundan ko'rinib turibdiki yutilish ko'rsatkichining o'lchov birligi  $\text{sm}^{-1}$  yoki  $\text{m}^{-1}$  ko'rinishda bo'ladi.

Yorug'likning yutilish qonuni yuqorida aytganimizdek Buger tomonidan aniqlangan. Keyinchalik **Lambert** va **Beer** lar har tomonlama o'rganishgan. Shuning uchun bu qonunni **Buger-Lambert-**

**Beer** qonuni ham deyiladi. Bu qonunni q o'llanish sohasini **Vavilov** o'rgangan va u tushayotgan yorug'lik intensivligini  $10^{10}$ - $10^{20}$  martagacha o'zgartirganda ham **Buger** qonuni o'rinni ekanligini aniqlagan.

Aralashmali suyuq liklarda yorug'likni yutilishini har tomonlama o'rganib, Beer yutilish ko'rsatkichini (ekstinktsiya koeffitsientini), yorug'likni solishtirma yutilish ko'rsatkichi (**k**) va aralashma kontsentratsiyasi (**c**) ko'paytmasi sifatida tekshirdi:

$$\beta = kc \quad (4)$$

Bu yerda **k** – solishtirma yutilish ko'rsatkichi. Bunda Buger qonuni q oyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

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

va yangi kattalik solishtirma yutilish ko'rsatkichi uchun quyidagi ifodani olamiz.

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

Beerning tajribalaridan olingan asosiy xulosalardan biri solishtirma yutilish ko'rsatkichi (**k**) aralashmalarning kontsentratsiyasiga bog'liq ligidir. Bu xulosa Beer qoidasi deb ataladi va asosan kichik kontsentratsiyali aralashmalar uchun o'rinnidir. Bundan tashqari ekstinktsiya (yutilish ko'rsatkichi) koeffitsienti kontsentratsiyaga proporsional ( $\beta$ , **s**) bo'lishi bilan birgalikda solishtirma yutilish ko'rsatkichi (**k**) tashqi faktorlarga bog'liq bo'lishi mumkin (temperatura, erituvchining tabiatiga va hokazo).

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

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

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

$$k_c = \frac{\beta}{c} \quad (8) \text{ va } k_\rho = \frac{\beta}{\rho} \quad (9)$$

$k_c$  va  $k_\rho$ -larning doimiyligi aralashmalardagi molekulalarning

o'zaro ta'siri (kichik konsentratsiyalar) ekstinktsiya koeffitsientiga ta'sir qilmaslik darajada kichik bo'lganda o'rinli bo'ladi. Bu qoidaning fizik ma'nosi molekulaning yutish qobiliyati atrofidagi molekulalar ta'siriga bog'liq emasligidan iboratdir.

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

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

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

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

va yorug'likni yutilishini xarakterlaydigan kattalikni aniqlash mumkin.

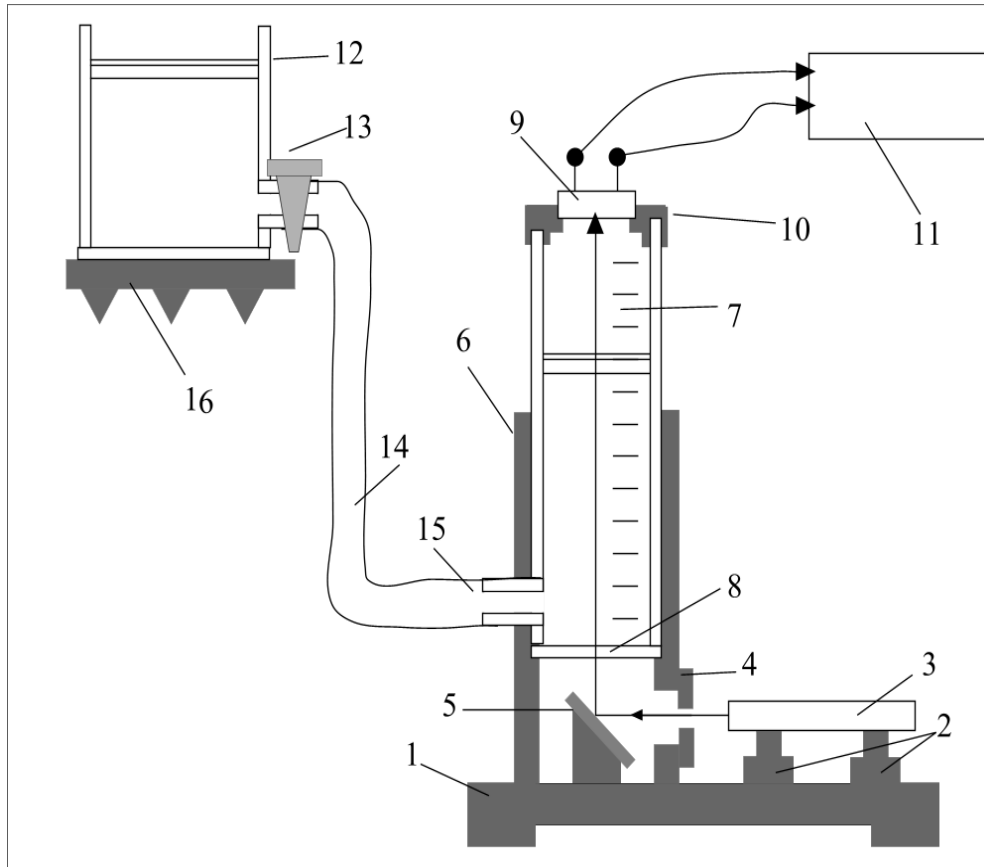
$$V = \frac{I_0 - I(x)}{I_0} \quad (11)$$

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

## **QURILMA VA O'LCHASH METODIKASI.**

Suyuqliklarda yorug'likni yutilishini o'rganish va Buger-Lambert-Beer qonunini tekshirish uchun yasalgan qurilmaning sxemasi 1-rasmda berilgan.





Rasm 1.

U umumiy asosga (1) oʻrnatilgan boʻlib, gorizontal joylashgan yarimoʻtkazgichli lazerdan (3) 45 gradus burchak bilan joylashgan, yassi koʻzgu (5) va vertikal holda oʻrnatilgan tsilindr koʻrinishidagi kyuvetadan (6) iborat. Kyuvetaning yuqori uchiga fotodiod (9) oʻrnatilgan va hosil boʻlgan fototokni oʻlchash uchun (keng oʻlchash diapozoniga ega boʻlgan) raqamli mikroampermetrga (11) ulangan. Kyuveta maxsus rezina truba (14) orqali qoʻshimcha shisha idishga (12) ulangan. Bu idishga oʻrganilayotgan suyuqlik (8) solinadi va uni har xil balandligini aniq qoyish uchun maxsus kran (13) oʻrnatilgan. qoʻshimcha shisha idishni eng yuqori koʻtarilishi kyuvetaning uchiga joylashgan fotodioddan 3-5 sm pastroq da boʻlishi kerak.

Yarimoʻtkazgichli lazer monoxromatik parallel nurlar dastasini hosil qiladi va bu nur dastasi koʻzgodan qaytib suyuqlik sirtining past qismiga tik tushadi. Suyuqlikning maʼlum qalinligidan oʻtgan nurning intensivligi fotodiodda elektr tokini (fototok) hosil qiladi.

Bizga maʼlumki fotoelementlarda hosil boʻlgan fototok uning yuziga kelib tushayotgan yorugʻlikning intensivligiga toʻgʻri proporsionaldir. Demak biz suyuqlikning har xil qalinligiga mos keluvchi fototokni oʻlchab Beerilgan intensivlikdagi nurni ( $I_0$ )

qancha qismi suyuqlik tomonidan yutib qalinligini ( $I_0-I$ ) va qancha qismi suyuqlikdan oʻtganligini ( $I$ ) bilishimiz mumkin.

Kyuvetaning tashqi sirtiga joylashtirilgan darajalangan oʻlchagichlar 7 yordamida suyuqlik qatlamining aniq bilib va unga mos keluvchi fototokni oʻlchagan holda  $\beta$

$= \frac{1}{x} \ln\left(\frac{I(x)}{I_0}\right)$  formula orqali Beerilgan suyuqlikda yorug'likning yutilish (yoki ekstinktsiya koeffitsientini) ko'rsatkichini hisoblaymiz.

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

Bu qiyinchilikni yengish uchun berilgan suyuqlikning (distirlangan suv) yoki aralashma uchun har xil qalinliklari uchun (suyuqlik balandligini 5-10sm ga o'zgartirib) o'tgan yorug'lik intensivligiga mos keluvchi fototokni o'lchab yorug'likning yutilish koeffitsientini hisoblash kerak. Masalan  $x_1$  qalinlik uchun intensivlik  $I_1$  bo'lsa va  $x_2$  uchun  $I_2$  yutilish koeffitsienti

$$\beta = \frac{1}{(x_2 - x_1)} \ln\left(\frac{I_2}{I_1}\right) \quad \text{bo'ladi.}$$

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

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

## M A SH Q - 1.

Bu mashqni bajarishdan asosiy maqsad distirlangan suvda yutilish ko'rsatkichini  $\beta$  hamda o'tish  $A$  va yutilish  $V$  koeffitsientlari aniqlanib, Buger Beer qonunining bajarilishi tekshiriladi.

Mashqni bajarish uchun **0,5** litrli shisha idishli distirlangan suv olinadi. Birinchi bo'lib shisha idishga (kran Beer) distirlangan suv solinib, uni shtativga ma'lum balandlikda joylashtiriladi. Fototokni o'lchash sxemasi ulanib, uni ish holatida ekanligini tekshirib ko'riladi. Yorug'lik manbai sifatida ishlatilayotgan lazer yoqilib, uni ishlash rejimi stabillashguncha (1-2 **min.**) kutiladi va lazer nuri ko'zguga qarab yo'naltiriladi. Bunda fotodiodda hosil bo'lgan tok o'lchanadi. Bu tok yorug'lik intensivligi boshlang'ich qiymatiga ( $I_0$ ) mos keladi. Bunda bir necha marta tokning qiymatini o'lchab, o'rtachasi olinadi. So'ngra rezina trubkadagi kran

ochilib suv sathini balandligini **5 sm** gacha ko'tariladi va kran berkitiladi. Yana tokni o'lchash sxemasi ulanib shu qalinlikka mos keluvchi fototokni mikroamper ko'rsatishidan yozib olinadi. Suvning ustuni to **35 sm** bo'lguncha har bir **5 sm** balandligidagi (demak **7** ta nuqtada) fototok o'lchab boriladi va o'lchashlar suv har **5 sm** ga kamaytirilib tajriba qaytariladi. Bu o'lchashlar **4-6** marta (yuqoriga **2-3** marta, pastga qarab **2-3** marta) qaytariladi va har suvning qalinligi uchun tokning o'rtacha qiymati olinadi.

Olingan natijalardan foydalanib yutilish ko'rsatkichi  $\beta$  hamda (10) va (11) ifodalardagi o'tish **A** va yutilish **V** koeffitsientlarini topamiz va q oyidagi jadvalni tuldiring.

No	$h, m$	$I_{,A}$	$I_{0,A}$	$\beta_{юк}$	A	$V_{yuk}$
1						
2						
3						
4						
5						

## M A SH Q - 2.

Bu mashq ni bajarishdan asosiy maqsad mis kuporasining suvdagi ma'lum konsentratsiyali eritmasi yoki kanifolning spirdagi eritmasining distirlangan suvdagi aralashmasi uchun

yutilish ko'rsatkichini  $\beta$  hamda o'tish **A** va yutilish **V** koeffitsientlari aniqlanib, Buger–Lambert qonuni bajarilishini o'rganish.

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

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

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

Yorug'lik manbai sifatida ishlatilayotgan lazer yoqilib, uni ishlash rejimi stabillashguncha (**1-2 min.**) kutiladi va lazer nuri ko'zguga qarab yo'naltiriladi.

Bunda fotodiodda hosil bo'lgan tok o'lchanadi. Bu tok yorug'lik intensivligi boshlang'ich qiymatiga ( $I_0$ ) mos keladi. Bunda bir necha marta tokning qiymatini o'lchab, o'rtachasi olinadi. So'ngra rezina trubkadagi kran ochilib eritma sathini balandligini **5 sm** gacha ko'tariladi va kran berkitiladi. Yana tokni o'lchash sxemasi ulanib shu qalinlikka mos keluvchi fototokni mikroamper ko'rsatishidan yozib olinadi. Eritma ustuni to **35 sm** bo'lguncha har bir **5 sm** balandligidagi (demak **7** ta nuqtada) fototok o'lchab boriladi va o'lchashlar suv har **5 sm** ga kamaytirilib tajriba qaytariladi. Bu o'lchashlar **4-6** marta (yuqoriga **2-3** marta, pastga qarab **2-3** marta) qaytariladi va har eritmaning qalinligi uchun tokning o'rtacha qiymati olinadi.

Olingan natijalardan foydalanib yutilish ko'rsatkichi  $\beta$  hamda (10) va (11) ifodalardagi o'tish **A** va yutilish **V** koeffitsientlarini topamiz.

Olingan natijalarni bir-biri bilan taqqoslab xulosalar chiqarish kerak.

### NAZORAT UCHUN SAVOLLAR

1. Ishning maqsadi va bajarilish tartibi.
2. Yorug'lik to'lqini suyuqliklarda tarqalganda qanday jarayonlar roy berishi mumkin?
3. Buger qonunini ta'riflang va ifodasini yozing.
4. Buger-Beer qonunini tushuntiring va ifodasini yozing.
5. Ushbu qonunlarning qo'llanish chegarasi nimalarga bog'liq ligini tushuntiring.
6. Yorug'likning yutilishining kvant nazariyasi.

#### Mustaqil ishni tashkil etishning shakli va mazmuni.

Mustaqil ish uchun talabalarning bilimlarini chuqurlashtiradigan, boshqa tabiiy fanlarga ham aloqasi bo'lishi mumkin bo'lgan fundamental mavzular tanlanadi. Mustaqil ish o'qituvchining talabalarga avvalda berib qoyiladigan fanning mavzulari asosida tashkil etiladi.

Talaba mustaqil ishni tayyorlashi uchun fanning muayyan xususiyatlarini xisobga olgan holda quyidagi shakllardan foydalanishi tavsiya etiladi:

Amaliy mashg'ulot, laboratoriya mashg'ulotlariga tayyorgarlik va olingan natijalarni qayta ishlash;

darslik va o'quv qo'llanmalar boyicha fan boblari va mavzularini o'rganish;  
tarqatma materiallar boyicha maruzalar qismini o'rganish;  
avtomatlashtirilgan o'rgatuvchi va nazorat qiluvchi tizimlar bilan ishlash;  
maxsus adabiyotlar boyicha fan bo'limlari yoki mavzulari ustida ishlash;  
talabaning o'quv-ilmiy-tadqiqot ishlarini bajarish bilan bog'liq bo'lgan fan bo'limlari va mavzularini chuqur o'rganish; kurs ishiga tayyrlash va uni ximoya qilish;  
faol va muammoli o'qitish uslubidan foydalaniladigan o'quv mashg'ulotlari;

#### 4. Mustaqil ishlarning mavzulari:

№	Mustaqil ishlarning mavzulari	Berilgan topshiriqlar	Soat
1	Spektral qurilmalarning apparat funksiyasi. Spektr intensivligini chastota boyicha taqsimoti. Lorents va Gauss taqsimotlari.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	6
2	Spektral qurilmalarning ajrata olish qobiliyati. Prizmalı va difraksion panjarali spektral qurilmalar, ularning farqi va afzalliklari.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	6

3	Fotoelementlar, fotoqarshiliklar, fotodiodlar, fotoko'paytirgichlar, termoparalar va bolometrlar.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	6
4	Muxitlarni tashkil qilgan atom va molekulalarning xossalari sifat va miqdoriy analiz usullari yordamida o'rganish.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	8
5	Chiziqli (diskret) va uzliksiz spektrlarni xossalari.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	8
6	Dispersiyaning elementar nazariyasi.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	6
7	Molekulyar va kombinatsion nur sochilishining fizikaviy asoslari.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	6
8	Mexanik va elektr parametrik generatorining ishlash prinsiplari.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	8
9	Qattiq jism lazerlari.	O'quv adabiyotlari yordamida mustaqil ishlash	6
<b>Jami</b>			<b>60</b>

## GLOSSARY

**Spektrometr** – optik spektr nurlanishlarini fotoelektrik qayd etish orqali o'lchash va tahlil qilish asbobi.

**Spektrometr turlari**- Agarda dispersiyalovchi elementdan so'ng ingichka tirqish qoyilsa u holda chiqishda faqat bitta to'lqin uzunligidagi nur chiqadi. Bu turdagi qurilmani monoxramator.

Agarda bir nechta tirqish qoyilib bir nechta to'lqin uzunligini olsak u holda polixromator. Spektorni qayd qilish usullariga qarab:Spektroskop - agarda kuzatish vizual

**Spektrograf** - agarda spektr fotoplastikaga qayd qilinsa

**Spektrometr** - agarda fotoqabul qilgich ishlatilsa

**Yorug'lik spektri** -bu yorug'lik intensivligini (energiyasini) chastotalar (to'lqin uzunligi) bo'yicha taqsimoti.

Spektr modda atomini tuzilishini tushintirishda eng asosiy qurol.

Spektroskopiya-elektromagnit nurlanishning hamda akustik to'lqinlarning modda bilan o'zaro ta'sirini o'rganadigan fan.

Spektral qurilmalarni xarakterlovchi kattaliklar-1-tirqish, 2-dispersiya hosil qiluvchi element, 3-linza, 4-fokal ekislik, 5-qabul qilgich

**Frangoufer spektrometri.** Bu usul dispersiya hodisasiga asoslangan ya'ni  $n(\lambda)$ . Shunday moddadan yasalgan prizma spektrometr asosi bo'ladi.

Apparat funksiya - sistemaga monoxramatik yorug'lik tushganda chiqishdagi yoritilganlik taqsimotini berdigan funksiyadir.

Reliy kriteriyasi:- eng kichik ajrata olishi mumkin bo'lgan interval deb shu konturdagi bosh maksimum va birinchi minimum orasidagi masofani aytamiz.

**Qurilmaning burchak dispersiyasi**  $-D_{\varphi} =$  buni aniqlash uchun yana o'sha asosiy tenglamalar sepsmasini differensiyalash kerak bo'ladi va  $\frac{d\alpha_1}{d\lambda}=0$  tushish burchagini o'zgarmas deb hisoblasak u holda prizmani eng kata og'ish burchagida o'rnatilgan deb dispersiya uchun olamiz.

**Chiziqli spektr** -chiziqli spektrni olish uchun kop xollarda past bosmdagi gazlarda yoki metan parlaridan ekekr toki o'tkaziladi.

**Monoxromatik nurlanish** bu bitta to'lqin uzunligini o'z ichiga olgan nurlanishdir.

**Yarim otkazgichli lazerlar.**- Ularning spektral kengligi qattiq jismlarnikidan ham keng.

**Gaz lazerlari**- gaz lazerlarini eng yorqin nomoyondasi He-Ne lazer, uning nurlanishi ota tor diapozonda boladi.

**Kepen** - bu fotografik materiallarga yorug'lik bilan kirishga imkon beradigan qurilma (4.5 bo'lim).

**Samarali diafragma koeffitsienti** fotografik linzalarning yorug'lik uzatish koeffitsientini hisobga olgan holda diafragma nisbati hisoblanadi (4.1.3 bo'lim).

**Spektral ajratishi** yani ikki bir biriga yaqin chiziqlarni ajrata olish qobilyati ~20%

**.Qorayish darajasi** ekspozitsiyasiga nochiziqli ba ota murakkab boglangan shuning uchun emperik egri chiziq bilan ifodalanadi

**Ko'z bilan ko'rish qobilyati** (giperopiya) bu ko'rish qusuridir, unda juda uzoq masofadagi nuqta manbai nurlari retinaning orqasida joylashgan (2.4.2-bo'lim).

**Rangefinder** - masofalarni o'lchash vositasi.

**Ko'zning eng uzoq nuqtasi** - bu ko'zning bo'shashgan joyi uchun ko'zning to'r pardasida aniq tasvir hosil bo'ladigan ob'ektning pozitsiyasi (2.1.3-bo'lim).

**Ko'zni joylashtirish oralig'i** - bu ko'zning yaqin va uzoq nuqtalari orasidagi masofalarning o'zaro qiymatlari o'rtasidagi farq

**Spektral sezgirlik** -Turli fotokatodlar uchun turlicha, yarim balandligida spektral sezgirlik 200÷400A0 [m/vt] atrofida boladi.

**Sezuvchanlik**-, uni xarakterlash ancha murakkab, shuning uchun turli GOST lar mavjud. Shuning uchun ekvivalent kvant chiqishi tushunchasi kiritiladi.

**Fotoelektron kuchaytirgichlar**-Fotoelektron kuchaytirgichlar kuchsiz signallarni qabul qilishda ishlatiladi.Ularni ishlashi ikkilamchi emissiyasi xodisasiga asoslanga

**Nanozarrachalar** va yirik metallar yutilish spektrlaridagi farqlar ularning dielektrik singdiruvchanliklari farqi tufayli yuz beradi  $\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2$ .

**O'lchamlik effekti** - yorug'likning rezonans yutilishi choqqisining siljishidir

**Dielektrik sindiruvchanlikni nurlanish chastotasiga bogliqligi**-Dielektrik sindiruvchanlik nurlanish chastotasiga monoton emas, balki elektronlar holatlari orasidagi otishlar tufayli tez ozgarib turuvchi holda boglangan.

**Mi nazariyasi**- unda yorug'lik yutilishining eng katta qiymatiga  $\epsilon_m = -\epsilon_1()$  sharoitida erishiladi.

**yoruglik yutilish sohasi kengligi**- zarrachalar olchamining murakkab funksiyasi bolib, u  $D_{1,1nm}$  atrofida eng katta qiymatga erishadi

**Diffraktsiya bilan cheklangan tizimlar** -bu optik tizimlar bo'lib, bunda abratsiyalar kichik va tasvir sifati asosan diffraktsiya hodisalari bilan aniqlanadi

**FAZOVIY SINXRONIZM**-jamlash to'lqini energiyasi uyg'ongan to'lqinlarga eng nafli tarzda uzatiladigan hol uchun optik jamlash to'lqini va uning muhitda uyg'ongan to'lqinlari fazalari orasidagi nisbat.

**GAZ LAZER**-Газовый лазер-faol muhiti gazdan iborat bo'lgan lazer.

**IKKILAMCHI NURLANISH**-tushayotgan elektromagnit nurlanish ta'sirida dipol elektrik momentlari majburiy tebranishlarni bajarayotgan atomlar yoki molekulalar chiqadigan elektromagnit nurlanish.

**IMPULS FOTOMETRIYA**-impulsning yorug'lik oqimlarini va ular yordamida jismlarning optik tavsiflari (qaytarish koeffitsiyenti, o'tkazish koeffitsiyenti va boshq.)ni o'rganuvchi fotometriya yo'nalishi.

**KOGERENT SINXROTRON NURLANISH**-quvvati dastadaga zarralar sonining kvadratiga mutanosib bo'lgan guruhlangan zarralar dastasining sinxrotron nurlanishi qismi.

**KOGERENT SOCHILISH** - tushuvchi to'lqinning fazasi sochilgan to'lqinning fazasini bir qiymatli aniqlab beradigan yorug'lik sochilishi.

**KOGERENTLIK** - bir nechta tebranma yoki to'lqin jarayonlarning ularning qo'shilishida namoyon bo'luvchi vaqt va fazoda uyg'un kechishi.

**KOGERENTLIK UZUNLIGI** – to'lqinning tarqalish yo'nalishida maydonning vaqt boyicha fazalar farqi saqlanadigan eng katta uzunligi

**LAZER**-inglizcha laser-Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation“majburiy nurlanish tufayli yorug'likning kuchayishi” so'zlarining bosh harflaridan-optik rezonatorda joylashgan faol muhitning majburiy nurlanishi natijasida kogerent elektromagnit to'lqinlar chiqaruvchi kvant generator.

**LAZER SPEKTROSKOPIYA**-lazer nurlanish yordamida olingan yorug'likni chiqarish, yutilish va sochilish spektrlarini o'rganuvchi spektroskopiya bo'limi.

**kristallari elektronlarini qozgotish** kuchsiz boglangan elektron-kovak juftligi eksitonlar hosil bolishiga olib keladi

**Eksiton tarqalish** (delokalizatsiya) sohasi yarimo'tkazgich kristal panjarasi davridan ko'p marta ortiq bo'lishi mumkin

**Effektiv kengligini ortishi**- zarracha o'lchami kichrayishi taqiqlangan zona effektiv kengligi ortishiga olib keladi. .

**Kvant holati** -kvant sistemasi bolishi mumkin bolgan barcha xolatlar

**Holat vektori** - kvant sistemasini toliq tavsif qiladigan matematik kattaliklar yigindisi (koordinata, spin, impuls ...).

**Toza holat** - bitta holat vektori bilan tavsif qilinishi mumkin bolgan holat (bitta tolqin funksiyasini topish etarli).

**Aralash holat** - bitta holat vektori bilan tavsif qilinishi mumkin bolmagan va zichlik matritsasini talab qiladigan holat

**Matritsalar**- Matritsalar yordamida nafaqat nurning tarqalishini ifodalash mumkin, balki sferik tolqin tarkalishini xam ifodalasa boladi.

**Gauss taqsimoti**-Kuchaytiriladigan yoruglik kundalang kesimidagi intensivlik taksimoti kop xollarda Gauss taqsimotiga ega

**Fabri Pero interferometri** lazer kurilmalarida rezonator rolini bajaradi.

**Yorug'lik sochilishi**-elektronlarning majburiy tebranishlari tufayli paydo bo'ladigan ikkilamchi to'lqinlar yorug'liklik to'lqini olib kelayotgan energiyaning bir qismini chetga sochib yuborishi.

**YORUG'LIK LOKATSIYASI** - uzoqlashgan obektlarni oshkor qilish va holatini hamda shaklini ultrabinafshadan infraqizil nurlanishgacha diapazondagi elektromagnetik to'lqinlar yordamida aniqlash usullari majmui

**Xira muhitlar**- Optik nobirjinsiligi oshkor bo'lgan muhitlar

**Sochilish indikatrasi**-Turli yo'nalishlar boylab sochilgan yopyg'likning intensivligi taqsimotini ko'rsatuvchi grafik

**Reley qonuni**- Sochilgan yorug'likning intensivligi to'lqin uzunligining to'rtinchi darajasiga teskari proporsional ekan

**optik nobirjinslilik namoyon bo'lishi**- uning sababini L.I. Mandelshtam va M. Smoluxovskiylar zichlik fluktuatsiyasida deb topadi.

**Kritik opalestsentsiya**-Gaz yoki suyuqlikning kritik temperaturasida yorug'lik intensiv ravishda sochilishi (kritik opalestsentsiya)

**SPEKTROGRAF**-spektr va yunoncha grapho-yozaman-asbob optik tizimining fokal tekisligida yoyilgan barcha nurlanish spektrlarini bir vaqtda qayd qilish asbobi.

**SPEKTROMETR**-spektr va yunoncha metro-o'lchayman- 1) biror fizik kattalikning qandaydir parametr boyicha taqsimot funksiyasini o'lchash asbobi; 2) optik spektrlarni nurlanishning fotoelektrik qabul qilgichlari yordamida o'lchash asbobi.



**SPEKTROMETRIYA**-spektrlarni o'lchash nazariyasi va ularning usullariga bag'ishlangan fizika bo'limi.

**SPEKTROSKOPIYA**-elektromagnit nurlanish spektrlarini o'rganishga bag'ishlangan fizika bo'limi.

**SPEKTROFOTOMETR**-o'lchanadigan nurlanish oqimini nurlanishning uzluksiz yoki uzlukli to'lqin uzunliklar qatori uchun etalon bilan taqqoslaydigan spektral asbob.

**MAJBURIY SOCHILISH**-modda tarkibiga kiruvchi mikrozarralarning katta jadallikli yorug'lik to'lqini ta'sirida harakati o'zgarishi natijasida yorug'likning moddada sochilishi.

## ГЛОССАРИЙ

Спектрометр - это устройство, которое измеряет и анализирует оптическое спектральное излучение с помощью фотоэлектрической записи.

Типы спектрометров - если после диспергирующего элемента размещена тонкая щель, то на выходе излучается свет только одной длины волны. Этот тип устройства представляет собой монохроматор.

Если сделать несколько отверстий и получит несколько длин волн, то получится полихроматор.

В зависимости от метода записи спектра: Спектроскоп - если наблюдение визуальное.

Спектрограф - если спектр записан в фотопластике

Спектрометр - если используется фотоприемник

Спектр света - это распределение интенсивности (энергии) света по частотам (длинам волн).

Спектр - это самое основное оружие в объяснении структуры атома материи.

Спектроскопия - это исследование взаимодействия электромагнитного излучения и акустических волн с веществом.

Размеры, характерные для спектральных приборов - 1 щель, 2 элемента дисперсии, 3 линзы, 4 фокусное расстояние, 5 приемников.

Спектрометр Франгуфера. Этот метод основан на явлении дисперсии, то есть  $n(\lambda)$ . Призма из такого вещества - основа спектрометра.

Аппаратная функция - это функция, которая распределяет световой поток на выходе, когда в систему попадает монохроматический свет.

Критерий реле: - Наименьший различающий интервал - это расстояние между основным максимумом и первым минимумом в этом контуре.

Угловая дисперсия устройства  $-D_{ph} = \frac{da_1}{dl}$  = Чтобы определить это, нам нужно дифференцировать решение тех же основных уравнений, и если мы предположим, что угол падения  $(da_1) / dl = 0$  не меняется, то дисперсия устанавливается на максимальный угол наклона призмы. мы получаем за.

Линейный спектр - чтобы получить линейный спектр, эксцентрический ток часто пропускается через газы низкого давления или пары метана.

Монохроматическое излучение - это излучение, содержащее одну длину волны.

Полупроводниковые лазеры. Их спектральная ширина шире, чем у твердых тел.

Газовые лазеры - самым ярким представителем газовых лазеров является гелий-неоновый лазер, излучение которого находится в узком диапазоне.

Затвор - это устройство, позволяющее свету проникать в фотоматериалы (раздел 4.5).

Эффективный коэффициент диафрагмы - это светосила, учитывающая коэффициент светопропускания фотографического объектива (раздел 4.1.3).

Спектральное разделение, т.е. способность различать две близко расположенные линии  $\sim 20\%$

.Степень потемнения представлена эмпирической кривой, так что нелинейная база связана с комплексом.

Острота зрения (дальнозоркость) - это дефект зрения, при котором лучи точечного источника на очень большом расстоянии расположены позади сетчатки (раздел 2.4.2).

Дальномер - это инструмент для измерения расстояний.

Самая дальняя точка глаза - это позиция объекта, где на сетчатке глаза формируется четкое изображение для свободной области глаза (раздел 2.1.3).

Диапазон расположения глаз - это разница между взаимными значениями расстояний между ближней и дальней точками глаза.

Спектральная чувствительность - разная для разных фотокатодов, спектральная чувствительность на полувысоте составляет около  $200 \div 400 \text{ \AA}$  [м / w].

Чувствительность-, ее характеристика намного сложнее, поэтому есть разные ГОСТы. Поэтому вводится понятие эквивалентного квантового выхода.

Фотоэлектрические усилители - для приема слабых сигналов используются фотоэлектрические усилители, работа которых основана на явлении вторичной эмиссии.

Различия в спектрах поглощения наночастиц и крупных металлов возникают из-за разницы в их диэлектрической проницаемости  $\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2$ .

Размерный эффект - это сдвиг пика резонансного поглощения света.

Зависимость диэлектрического поглощения от частоты излучения. Диэлектрическое поглощение связано с частотой излучения, которая не монотонно, а быстро изменяется из-за скачков между электронными состояниями.

В теории Ми максимальное значение поглощения света достигается при условии  $m = -e1$  ().

Ширина светопоглощающего поля является сложной функцией размера частицы, которая достигает максимального значения около  $D_{1,1}$  нм.

Системы, ограниченные дифракцией, представляют собой оптические системы, в которых абразивное истирание невелико, а качество изображения в основном определяется явлениями дифракции.

**КОСМИЧЕСКИЙ СИНХРОНИЗМ** - отношение фаз оптической волны конвергенции и ее возбужденных волн в окружающей среде для того, чтобы энергия волны конвергенции наиболее желательным образом передавалась возбужденным волнам.

**ГАЗОВЫЙ ЛАЗЕР** - Газовый лазер - это лазер, в котором активной средой является газ.

**ВТОРИЧНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ** - электромагнитное излучение, испускаемое атомами или молекулами, дипольные электрические моменты которых совершают вынужденные колебания под действием падающего электромагнитного излучения.

**ИМПУЛЬСНАЯ ФОТОМЕТРИЯ** - направление фотометрии, изучающее световые потоки импульса и оптические характеристики объектов (коэффициент отражения, коэффициент проводимости и др.).

## GLOSSARY

A spectrometer is a device that measures and analyzes optical spectral radiation using photoelectric recording.

Types of spectrometers - if a thin slit is placed after the dispersing element, then only one wavelength of light is emitted at the output. This type of device is a monochromator.

If you make several holes and get several wavelengths, you get a polychromator.

Depending on the method of recording the spectrum: Spectroscope - if the observation is visual.

Spectrograph - if the spectrum is recorded in photoplastic

Spectrometer - if a photodetector is used

The spectrum of light is the distribution of the intensity (energy) of light over frequencies (wavelengths).

The spectrum is the most basic weapon in explaining the structure of the atom of matter. Spectroscopy is the study of the interaction of electromagnetic radiation and acoustic waves with matter.

Dimensions typical for spectral devices - 1 slit, 2 dispersion elements, 3 lenses, 4 focal lengths, 5 receivers.

Frangifer spectrometer. This method is based on the phenomenon of variance, that is,  $n(l)$ . A prism made of such a substance is the basis of the spectrometer.

A hardware feature is a feature that distributes the output light when monochromatic light enters the system.

Relay criterion: - The smallest discriminating interval is the distance between the main maximum and the first minimum in this circuit.

Device angular dispersion  $-D_{ph} = \frac{dn}{d\lambda}$ . To determine this, we need to differentiate the solution to the same basic equations, and if we assume that the angle of incidence ( $da_1$ ) /  $dl = 0$  does not change, then the variance is set to the maximum tilt angle of the prism. we get for.

Linear spectrum - To obtain a linear spectrum, an eccentric current is often passed through low pressure gases or methane vapors.

Monochromatic radiation is radiation containing a single wavelength.

Semiconductor lasers. Their spectral width is wider than that of solids.

Gas lasers - the brightest representative of gas lasers is the helium-neon laser, the radiation of which is in a narrow range.

A shutter is a device that allows light to enter photographic materials (section 4.5).

The effective aperture ratio is the aperture ratio that takes into account the light transmittance of the photographic lens (Section 4.1.3).

Spectral separation, i.e. the ability to distinguish between two closely spaced lines ~ 20%

The degree of darkening is represented by an empirical curve, so the nonlinear base is related to the complex.

Visual acuity (farsightedness) is a visual defect in which the rays of a point source are located at a very large distance behind the retina (section 2.4.2).

Rangefinder is a tool for measuring distances.

The farthest point of the eye is the position of the object where a clear image is formed on the retina for the free area of the eye (section 2.1.3).

The eye range is the difference between the mutual values of the distance between the near and far points of the eye.

The spectral sensitivity is different for different photocathodes, the spectral sensitivity at half maximum is about  $200 \div 400 \text{ \AA}$  [m / w].

Sensitivity - its characteristics are much more complicated, therefore there are different GOSTs. Therefore, the concept of equivalent quantum efficiency is introduced.

Photovoltaic amplifiers - to receive weak signals, photovoltaic amplifiers are used, the work of which is based on the phenomenon of secondary emission.

Differences in the absorption spectra of nanoparticles and large metals arise because of the difference in their permittivity  $\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2$ .

The size effect is the shift of the resonant absorption peak of light.

Dielectric absorption versus radiation frequency. Dielectric absorption is related to the radiation frequency, which is not monotonic, but changes rapidly due to jumps between electronic states.

In the Mie theory, the maximum value of light absorption is achieved under the condition  $\text{em} = -\epsilon_1$  ().

The light-absorbing field width is a complex function of the particle size, which peaks at around  $D_{1.1}$  nm.

Diffraction-limited systems are optical systems in which aberration is low and image quality is mainly determined by diffraction phenomena.

SPACE SYNCHRONISM - the ratio of the phases of the optical convergence wave and its excited waves in the environment so that the convergence wave energy is transferred to the excited waves in the most desirable way.

GAS LASER - A gas laser is a laser in which the active medium is gas.

SECONDARY RADIATION - electromagnetic radiation emitted by atoms or molecules, the dipole electric moments of which are forced to oscillate under the influence of incident electromagnetic radiation.

IMPULSE PHOTOMETRY - the direction of photometry, which studies the light fluxes of a pulse and the optical characteristics of objects (reflection coefficient, conductivity coefficient, etc.).

## Foydalanilgan o'quv adabiyotlar royxati

### Asosiy adabiyotlar

1. Yaskolko V.Y., Otajonov Sh., Muxamedxanova SH. Fizicheskaya optika. T 1999.
2. Ayvazova A.A., Valiev U.V., Muxamedxanova SH., Otajonov SH., Yaskolko V.Y. Spesraktikum po optike i spektroskopii T.2005.
3. Zvelto O. Prinsip lazerov /Per. pod nauch. red. T. A. Shmaonova. 4-e izd. — SPb.: Izdatelstvo «Lan», 2008. — 720 s.
4. Kaliteevskiy N.I. Volnovaya optika M. 2006.
5. M.M.Mirinoyatov. “Lazerlar fizikasi va texnikasi” T.Universitet, 2009, 92 6.

### Qo'shimcha adabiyotlar

1. Apenko M.I., Dubovik A.S. Prikladnaya optika. M.1971 g.
2. Zaydel A.N., Ostrovskaya G.V., Ostrovskiy Y.I. 3. Texnika i praktika spektroskopii. M.1976.
3. Krestov G.A. Ionnaya solvatatsiya M. 1987
4. Nagibina I.M., Prokofev V.K. Spektralnie pribori texnika spektroskopii M.1963.
5. Klimokgovich Y.A. Kvantoviy generatora sveta i nelineynaya optika. «Prosveshenie», 1968.
6. Ishenko Ye.F., Klimov Y.M. «Opticheskie kvantovie generatora», Sov.Radio, 1968.
7. A. Yariv. Kvantovaya elektronika i nelineynaya optika. Sov.Radio, 1974.
8. Axmanov S.A., Nikitin S.Y. Fizicheskaya optika. Izdatelg'stvo. M. «Nauka», 2004
9. Shei M.R. Prinsip nelineynoy optika. M. «Nauka», 1989.

### Elektron manbalar

1. Ilmiy jurnallar [www.infomag.ru](http://www.infomag.ru)
2. [www.cta.ru](http://www.cta.ru) – sovremennaya texnika avtomatizatsii
3. <http://www.colorado.edu/physics/2000/lasers/index.html> Lazerlar, ishlash printsiplari, animatsiyalar.