

### 3. ДИФРАКЦИЯЛЫҚ ТОРДЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫН ГОНИОМЕТР-СПЕКТРОМЕТРДЕ ЗЕРТТЕУ

#### 3.1. Жұмыстың мақсаты

Жарық дифракциясын дұрыс бір өлшемді құрылымда (дифракциялық торда) зерттеу. Гониометр-спектрометрге юстировка жасаудың негізгі тәсілдерін және оның көмегімен бұрыштық параметрлерге (дөңгелек нониус арқылы) өлшеулер жүргізу әдістерін меңгеру. Дифракциялық тордың негізгі сипаттамаларын анықтаудың әдістерімен танысу.

Периодтары әртүрлі дифракциялық торлардың есептеу арқылы анықталған ажыратқыштық қабілетінің нәтижелерін тәжірибеден анықталған нәтижелермен салыстыру.

Сынаптың шығару спектріндегі дублет сызықтардың бұрыштық ара қашықтығын өлшеу және өлшеудің мүмкіндігін бағалау.

#### 3.2. Қысқаша теориялық кіріспе

Толқын таралу жолында кездескен кедергіден өткен кезде жарық толқынының фронты *амплитудасы* және *фазасы* бойынша өзгеріске ұшырайды. Бұл өзгеріс жалпы түрде толқынның дифракциялану құбылысын сипаттайды.

Осымен қатар, *дифракциялану құбылысы* деп өлшемі толқын ұзындығына шамалас кедергіге немесе біртектілігі кенет өзгертін ортаға кездескен жарық толқынының біртекті және бір келкі ортада түзу сызық бойымен таралу заңының орындалмауын айтады.

Дифракция құбылысы, фронты сфера тәрізді толқынның дифракциясы (Френель дифракциясы) және фронты жазық бет тәрізді толқынның дифракциясы (Фраунгофер дифракциясы) болып, екі түрде қарастырылады.

Толығырақ қарастырылатын дифракция фронты жазық бет болатын толқынның дифракциясы, яғни дұрыс бір өлшемді құрылымда (дифракциялық торда) болатын дифракция құбылысы.

*Дифракциялық тор* деп, енділіктері бірдей және өлшемі бойынша толқын ұзындығына шамалас (толқын ұзындығымен салыстыруға болатындай) өзара параллель орналасқан саны өте көп саңылаулар мен кедергілер жиыны айтылады. Дифракциялық тордың қарапайым түріне, бетіне алмас қырымен бөлгіш машина көмегімен параллель сызықтар жүргізілген шыны пластинка жатады. Шынының сызылған (тырналған) жерлерінен (жарықтың шашырауына байланысты) жарықтың бақылану бағытына қарай, жарық өте аз мөлшерде өтеді немесе өте алмайды. Олай болса шыны пластинка бетінің тырналған (сызық жүргізілген) орындарын жарық өте алмайтын кедергілер деп, ал тырналған орындарын жарық өте алатын саңылаулар деп қарастыруға болады. Сонымен, шыны пластинка беті өзара параллель жарық өтетін және жарық өтпейтін саңылаулар мен кедергілер жиынына айналады. Осындай әдіспен дайындалған шыны пластинканы *жазық дифракциялық тор* деп атайды.

Егер осындай қарапайым дифракциялық тор бетіне тік бағытта параллель жарық шоқтары түсірілетін болса, саңылаулардың барлығына жарық толқындары бір мезгілде жететін болады (түсетін болады), яғни жарық толқынының фронты дифракциялық тор жазықтығымен сәйкес келетін болады. Гюйгенс принципі бойынша: жарық қоздырғы жеткен әрбір нүктелер келесі жарық қоздырушы дербес нүктеге (жарық көздеріне) айналады делінгендіктен, дифракциялық тордың жарық өткізетін саңылаулары дербес жарық көздеріне айналады. Осы саңылаулардан кез келген бағытқа өзара когерент жарық толқындары таралады.

Дифракциялық тордан өткен жарық толқындарының барлығы бірдей фазада болады (өзара когерентті). Сондықтан тордың саңылауларын бірдей фазада екінші ретті толқын беруші көздер деп қарастырылады. Тордан өткен, жарық толқынының бастапқы таралу бағытына  $\Phi_k$  бұрыш жасайтын бағытта таралатын жарық толқындарына бақылау жүргізіліктік. Ол үшін бұл бағытта таралатын сәулелер жолына жинағыш линза орналастырып, бақылау жүргіземіз. Линзаның оптикалық бас осіне параллель сәулелер, оның бас фокусына жиналады. Дифракциялық тордың жарық өткізетін саңылауларының енін  $a$  деп

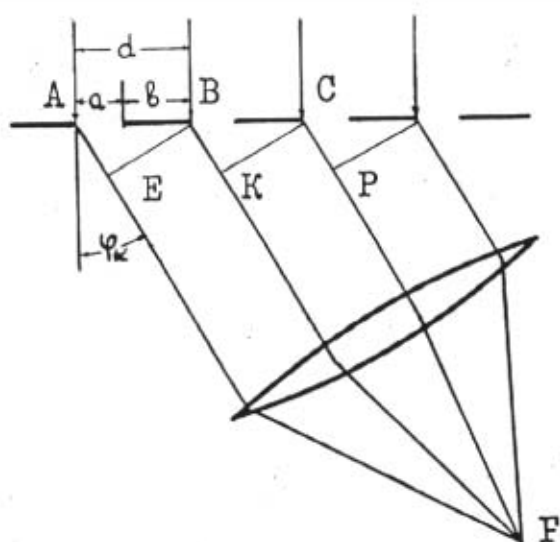
және іргелес орналасқан саңылаулардың арасын, яғни жарық өткізбейтін кедергі енін (сызылған немесе тырналған)  $b$  деп белгілейік (3.1-суретке қараңыз). Мұндағы  $a+b$  берілген тор үшін тұрақты шама болады. Сондықтан бұл шаманы  $a+b=d$  тордың *периоды* немесе *дифракциялық тордың тұрақтысы* деп атайды.

Тордағы саңылаулар бір-бірінен бірдей қашықтықта орналасқандықтан, көршілес орналасқан екі саңылаудан таралған сәулелердің жүрген жолдарының айырымы ( $\varphi_k$ -бұрышына сәйкес)  $AE=BK=CP=...$  бірдей болады және ол  $\Delta$  деп белгіленіп мына формуламен анықталады:

$$\Delta = (a + b) \sin \varphi_k = d \sin \varphi_k$$

Бұдан дифракцияланатын жарық шоқтарының жүрген жолдарының жол айырымы  $\varphi_k$  бұрышына байланысты болатындығы айқын көрініп тұр. Жарық шоқтарының жүрген жолдарының жол айырымы толқын ұзындығының бүтін санына тең болатын бағыттарда жарық толқындарының интенсивтіктерінің бірін бірі күшейткен нәтижесін көруге болады, яғни дифракциялық максимумдарды бақылауға болады. Бұл шартты төмендегіше жазып көрсетуге болады:

$$d \sin \varphi_k = k \lambda . \quad (3.1)$$



3.1 сурет. Дифракциялық тор арқылы өткен сәулелердің жолдарына есеп жүргізу

Мұндағы,  $k$ -мәндері  $0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots, \pm k$  болатын бүтін сан,  $\lambda$ -диф-ракциялық торға түсетін жарық толқынының ұзындығы. Осы (3.1) шарт бойынша:  $k=0$  болса,  $k\lambda = 0$  болады немесе  $d \cdot \sin \varphi_k = 0$ . Бұл орталық жарық жолаққа сәйкес келеді және толқын ұзындығының қандай түрі болмасын олардың бірін бірі күшейтуіне сәйкес болады. Ал,  $k$ -ның нольден

басқа мәндерінің алдындағы  $\pm$  таңбалары, орталық жарық жолақтың он жағына және сол жағына симметриялы орналасатын күшею спектрлер жүйесіне сәйкес келетін мәндердің болатындығын көрсетеді, яғни бұл сандар  $k$  дифракциялық спектрдің қайталау қатарын (ретін) көрсетеді.

Берілген нүктедегі қорытынды тербелістің амплитудасының нәтижесі сол нүктеге дифракциялық тордың саңылауларынан келіп жеткен жеке тербелістердің амплитудаларының қосындысының нәтижесі болады, яғни дифракциялық торлар санына тура пропорционал болады.

Жарық интенсивтігі жарық толқынының тербеліс амплитудасының квадратына тура пропорционал болатындықтан, экранда пайда болған жарық жолақтың максимал интенсивтігі саңылаулар санының квадратына тура пропорционал болады.

Дифракциялық максимумдардың орналасуы  $\varphi_k$  бұрышына тәуелді болатындығын және түрлі толқын ұзындықтары үшін олардың түрлі болып орналасатындығын біз жоғарыдан білеміз. Олай болса, дифракциялық торға монохромат емес (түрлі толқын ұзындықтары бар) жарық түсетін жағдайда, экрандағы максимум жолақ түрлі түске боялатын болады. Бірақ орталық максимум жолақ ақ түсті болып қала береді. Демек дифракциялық торды спектрлік өлшеуіш құралдар қатарына қосуға болады және оның көмегімен жарықты түрлі түске жіктеуге және белгісіз жарықтың құрамын зерттеуге болады. Жарықтың дифракциялық тордан өткеннен кейінгі шығатын нәтижелер (дифракциялық спектрлер) бойынша, яғни дифракциялық максимум жолақтардың орналасуының рет санын  $k$  анықтау, сол реттік санға сәйкес келетін  $\varphi_k$  бұрышына өлшеу арқылы және (3.1) формуланы пайдаланудың нәтижесі бойынша жарық толқынының ұзындығын есептеуге мүмкіндік аламыз.

Дифракциялық тор арқылы алынатын спектрлердің шектік (ең көп) мәнін  $k \ll \frac{d}{\lambda}$  қатнасы арқылы анықтауға болады, себебі (3.1) формула бойынша синустың мәні бірден артық болуы мүмкін емес. Осыдан дифракциялық тордың

тұрақтысы  $d$  аз болған сайын,  $k$  санының шектік мәні де азая түседі. Дифракциялық тор спектрлік өлшеуіш құралдар қатарына жататын болғандықтан, оның негізгі сипаттамаларына төмендегілер жатады: *спектрлік сызықтың жартылай ені, ажырату қабілеттілігі, бұрыштық дисперсиясы және дисперсиялану алқабы.*

3.2.1. Спектрлік сызықтың жартылай енділігі  $\delta$  максимум мен оған ең жақын жатқан минимум арасындағы бұрыштық арақашықтықты сипаттайды. Оның өлшемділігін мына қатынас арқылы бағалауға болады:

$$\delta = \lambda / Nd \cos \varphi . \quad (3.2)$$

Мұнда:  $N$  - дифракциялық тордағы саңылаулардың жалпы саны;  $d$ -тордың тұрақтысы;  $\lambda$  -толқын ұзындығы;  $\varphi$  - берілген спектрлік сызықты бақылауға сәйкес болатын дифракциялық бұрыш.

3.2.2. Дифракциялық тордың *ажырату қабілеті* деп толқын ұзындықтарының айырмасы өте аз, екі сызықты спектрді ажыратып бақылау мүмкіншілігін айтады.. Тордың ажырату қабілетін сан жағынан сипаттау ретінде мынадай шама қабылданған:

$$A = \frac{\lambda}{\delta\lambda}$$

Бұл шаманы басқаша *дифракциялық тордың ажырату күші* деп айту қабылданған. Мұндағы  $\lambda$  - ажыратылатын сызықтық спектрлердің толқын ұзындықтарының орташа мәні;  $\delta\lambda$  - олардың толқын ұзындықтарының айырымы, яғни бір бірінен ажыратуға болатын толқын ұзындығының мәні.

Теория жүзінде дифракциялық тордың ажырату қабілеті тор саңылауларының жалпы санына  $N$  пропорционал болатындығын дәлелдеп көрсетуге болады. Яғни:

$$A=kN \quad (3.3)$$

мұндағы:  $k$  - спектрдің реттік саны. Сонымен тордың ажырату қабілеті оның саңылауларының жалпы саны мен спектрдің қайталану қатарын көрсететін реттік санның көбейтіндісіне тең шама болады.

3.2.3. Берілген *дифракциялық тордың дисперсиясы* сол тордың берген спектрінің енін сипаттайтын шама: берілген толқын ұзындығының  $\Delta\lambda$  интервалының дисперсиясы көп болған сайын оған сәйкес келетін бұрыштық интервал да  $\Delta\varphi$  көпке созылады.

Бұрыштық интервалдың толқын ұзындығы бойынша алынған туындысы  $d\varphi_k / d\lambda$  дифракциялық тордың *бұрыштық дисперсиясы* деп аталады.

$$D = \frac{d\varphi_k}{d\lambda} = \frac{k}{d \cos \varphi_k} \quad (3.4)$$

Сонымен дифракциялық тордың бұрыштық дисперсиясы тордың тұрақтысына  $d$ , бұрыш  $\varphi_k$ -ға және спектр реттік саны  $k$ -ға тәуелді болады.

Кейбір жағдайда *сызықтық дисперсия* деген ұғым пайдаланылады. Ол:

$$D = \frac{dS}{d\lambda} = DF \quad (3.5)$$

Мұндағы:  $dS$  - спектрлік сызықтар аралығының сызықтық ара-қашықтығы.  $F$  - көру трубасы объективінің фокустық арақашықтығы,  $D$  - бұрыштық дисперсия.

3.2.4. *Дисперсия алқабы* деп бірімен бірі қабаттаспайтын, яғни жеке-жеке бақылау жүргізуге болатын іргелес орналасқан (реттік) спектрлердің толқын ұзындықтарының ең үлкен мәндерінің айырмашылығын (максимал интервалын) айтады. Осы түсінікті дифракциялық торға пайдалансақ, оның дисперсия алқабын табу мынадай нәтиже береді:

$$G = -\frac{\lambda}{k} \quad (3.6)$$

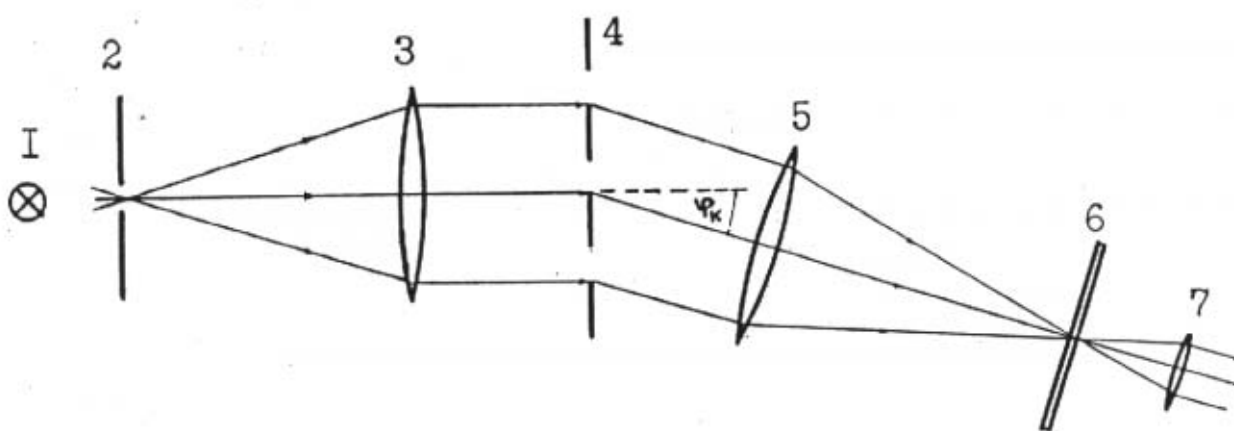
мұндағы  $k$  - спектрдің ретті саны.

Осы айтылған спектрлік сызықтың жартылай енділігі  $\delta$ , тордың ажырату қабілеті  $A$ , тордың бұрыштық дисперсиясы  $D\varphi$  және дисперсия алқабы  $G$  араларындағы тығыз байланыстың бар екендігін көру қиын емес.

### 3.3. Өлшеу жүргізілетін қондырғы

Жарық дифракциясын бір өлшемді дұрыс құрылымда (дифракциялық торда) зерттеуге арналған қондырғы арқылы дифракциялану нәтижесінде пайда болған ең жоғарғы интенсивтілігі бар спектрлердің  $k$  ретіне сәйкес бұрылу бұрыштарын өлшей алатын болуымыз керек. Мұндай қондырғылар қатарына гониометр-спектрометр (ГС-5) жатады. Осындай қондырғыға қоса, коректендіруші блокпен жабдықталған спектрлер беретін жарық көзі болуы керек. Қондырғының негізгі бөліктеріне толығырақ тоқталайық.

3.3.1. Гониометр - спектрометрдегі сәулелердің жүру жолдарының принциптік схемасы 3.2- суретте берілген.



3.2 - сурет. Дифракциялық тор қойылған гониометр-спектрометрдегі сәулелердің жүру жолдарының принциптік схемасы.

Мұндағы: 1-жарық көзі, 2-коллиматор саңылауы, 3-коллиматор объективі, 4-дифракциялық тор орналасатын орындықша, 5-көру трубасының объективі, 6-санау жүргізуге арналған визир (бетіне кесе көлденең бір біріне перпендикуляр сызықтары бар жазық жақтары параллель пластинка), 7-көру трубасының окуляры.

Коллиматор жазық-параллель сәуле шоқтарын алу міндетін атқарады. Осындай мақсатпен 2 коллиматор саңылауы 3 объективтің фокальдық жазықтығына орналасуы керек.

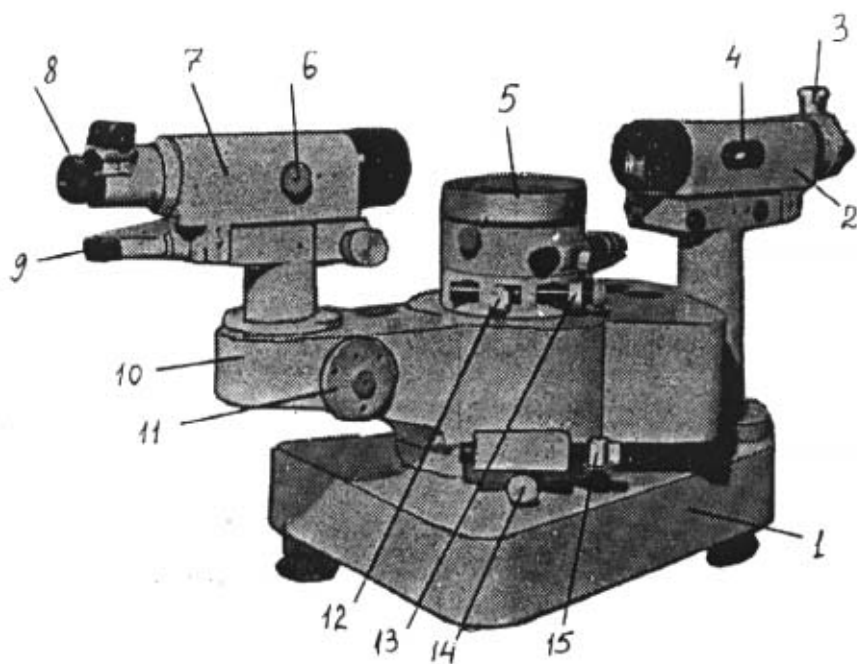
Коллиматордан шыққан параллель сәулелер шоғы дифракциялық торға түседі де онан әрі көру трубасының объективіне жетеді. Көру трубасы (5, 6, 7) суретке перпендикуляр  $O$  нүктесі арқылы ось айналасында бұрыла алады. Бұл оське көру трубасының орнын анықтауға мүмкіндік беретін дөңгелек нониусы

бар лимб бекітілген. (Көру трубасының орнын анықтау,  $\kappa$ -спектрлер максимумының қандай дифракциялық бұрыш  $\Phi_k$  мәніне сәйкес көрінетіндігін анықтауға болады). ГС-5 гониометрдің сыртқы көрінісі 3.3 суреттерде көрсетілген. Гониометр-спектрометр төмендегі бөліктерден: 1-негізі, 2-коллиматор, 10-оптикалық труба 7 орналасқан корпуста (алидадан), 5-орындықшадан, 9-есеп жүргізу құрылғысы бар трубадан және ішіне көрінбейтін етіп орналастырылған лимб корпусынан тұрады. Гониометр негізіне коллиматор діндегі бекітілген және құралдың вертикаль осі орналасқан. Осы ось айналасында лимб және көру трубасы бар корпус (алидада) айналмалы қозғалыс жасай алады.

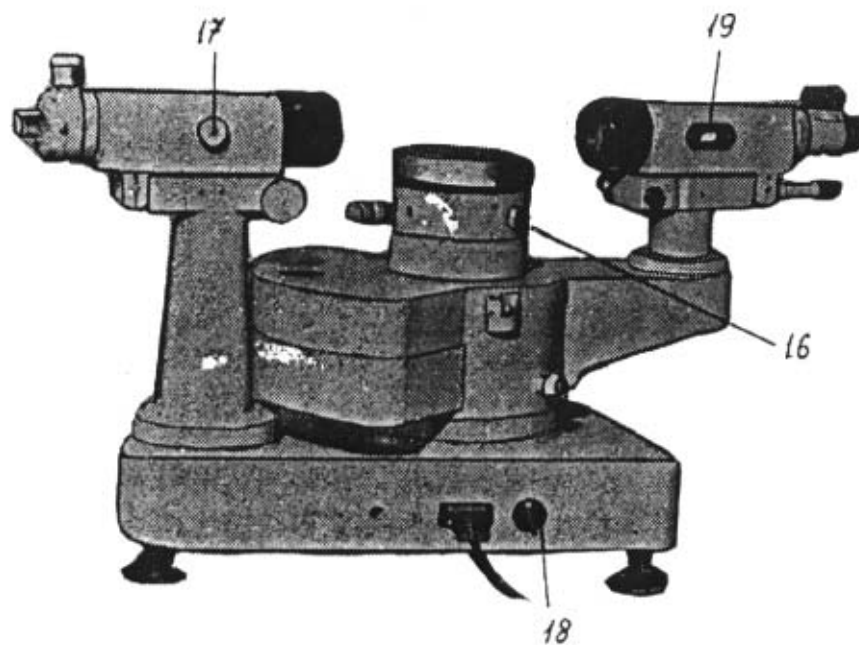
Көру трубасының айналуын қолмен орындауға болады және өте дәл мәнде микрометрлік бұранда винт 15 арқылы орындауға болады. Көру трубасын белгілі орынға бекіту 14 винт арқылы орындалады. Орындықша 5 дөңгелекке ұқсас дискадан тұрады. Орындықшаға орналастырылған өлшеуге тиісті денелерді дұрыс жағдайға қою үшін, орындықша еңістігін өз ара перпендикуляр бағыттарда 16 винт арқылы өзгертуге болады. Осымен қатар орындықшаны лимбамен бірге қолмен де және дәл етіп микровинт 13 көмегімен де айналдыруға болады (белгілі орынға бекіту 12 винт арқылы орындалады).

Негізгі бөліктері шыны лимб, оптикалық микрометр және микроскоп болып саналатын санақ жүргізу құрылымы ерекше көңіл бөлуді керек етеді. Лимбның бетінде  $0^0$  дан  $360^0$  қа дейін бөлінген (саны жазылып көрсетілген) сан бар шкала берілген. Бұл бөліктердің әрқайсысы үшке бөлінген (лимбның бір бөлігінің құны  $20^1$ ).





3.3 сурет. Кіру трубасы жағынан түсірілген ГС-5 гониометр-спектрометрдің жалпы түрі



3.4 сурет. Коллиматор жағынан түсірілген ГС-5 гониометр-спектрометрдің жалпы түрі

Лимбның диаметрль қарама-қарсы орналасқан екі бөліктеріндегі штрихтар кескіні оптикалық жүйе арқылы оптикалық микрометр және микроскопқа беріледі (біреуі тура кескін, екіншісі аударылып көрсетілетін кескін береді).

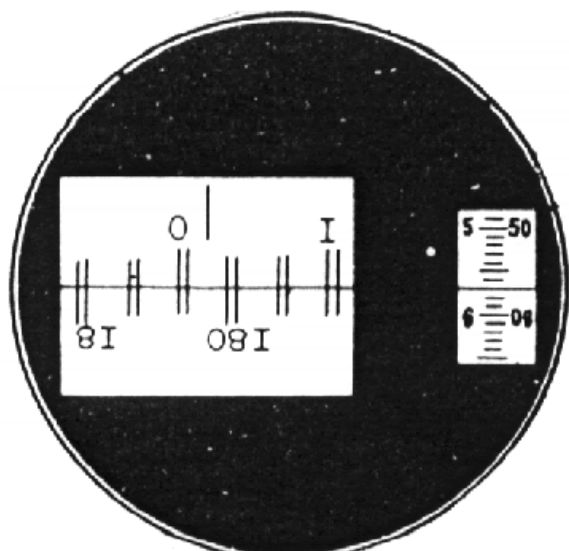
Оптикалық микрометр екі жұп шыны сыналардан тұрады. Әрбір жұптың жоғарғы және төменгі сыналары өз ара бірдей, бірақ ұқсас бұрыштары қарама-қарсы орналасқан және екеуі қосылып жазық-параллель пластинка құрайды.

Жоғарғы сына лимб штрихының тура кескінін беретін сәулелер шоғының жолына орналастырылған, ал төменгі сына болса лимб штрихының аударылған кескінін беретін сәулелер шоғының жолына орналастырылған.

Лимбның диаметрль қарама-қарсы беттеріне орналасқан штрихтар кескіндерін, сыналарды ілгері және оған кері бағыттарда қозғау арқылы бір-біріне жақындатуға немесе сәйкестендіруге және бір-бірінен алшақтатуға болады.

Микроскоптың 9 окуляры арқылы бір мезгілде лимб штрихының кескінін және қозғалысқа келе алатын сынамен қатал байланыстағы микроскоп шкаласын көруге болады. Сыналарды жылжыту 11-маховик арқылы орындалады. Санақ жүргізетін микроскоптың көрінетін өрісі 3.5 -суретте көрсетілген.

Санақ жүргізілетін микроскоптың окулярына қарағанда көру өрісінің сол жағындағы бұрышта тік төрт бұрышты терезе орналасқан. Бұл терезеден лимбның диаметрль қарамақарсы орналасқан бөлігін және вертикаль орналасқан индексті көруге болады. Көру өрісінің оң жағынан ұзынша келген төрт бұрышты терезе орналасқан, онан оптикалық микрометрдің шкаласының бөліктерін және горизонталь орналасқан индексті көруге болады.



3.5 - сурет. Санақ жүргізуге арналған микроскоптан көре алатын бейнелер суреті.

біріне дәл түспа-түс келуіне қол жеткіземіз. Жазылып алынатын градустар саны үстіңгі шкала бойынша вертикаль индекске сол жағынан ең жақын көрініп тұрған санға тең болады.

Он минуттық бөліктердің саны, анықталған градус санына сәйкес келетін жоғарғы штрихпен жоғарғы штрихтан  $180^0$  айырмасы бар төменгі цифрланған штрихтардың араларындағы интервалдардың санына тең болады.

Бір минуттың саны терезенің оң жағына орналасқан микрометр шкаласының сол жақ қатарына орналасқан шкала бойынша анықталады. Он секундтың және бір секундтың бұрыш саны сол оң жақтағы терезенің оң жақ қатарынан қозғалмайтын горизонталь штрихқа салыстырылып анықталады.

Мына 3.4-суретте көрсетілген жағдай:  $0^0 15^1 57^{11}$  қа сәйкес болады.

### 3.3.2. Сынапты ПРК-2, ПРК-8 лампаларын коректендірудің схемасы мен құрылысы.

Қондырғыға эталондық спектрлік беруші жарық көзі ретінде сынапты лампа қолданылады.

ПРК-2 лампы ұштарында екі электроды бар, төменгі қысымда (қысымы бірнеше миллиметр сынап бағ.), аргонмен толтырылған кварц баллон. Баллон ішіне белгілі мөлшерде сынап енгізілген. Бұл сынап лампының жұмыс істеу

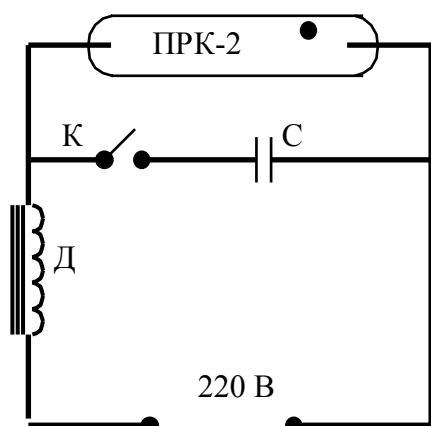
Осы терезелерден өлшенген бұрыштық сан мәндерін жазып алуға болады. Лимбдан өлшеу нәтижесін алу үшін оптикалық микрометр маховикшесін 11 (3.3-суретке қара) айналмалы қозғалысқа келтіру керек. 11-маховикшені айналдырудың арқасында лимбаның үстіңгі және төменгі бөліктеріндегі штрихтарды қозғалысқа келті-реміз және ол штрихтардың бір

кезінде буға айналып, лампаның ішіне керекті қысым туғызып отырады. Баллондағы аргонның қызметі, лампада разрядтың пайда болуына көмектеседі (сынап буы аргонмен араласқанда олардың тұтану потенциалы төмендейді де қалыпты жағдайда 220 В айнымалы кернеуге қосылған лампа жеңіл тұтанады). Доғалық разряд кезінде лампадан 5-6 А ток өтеді. Осының салдарынан электродтар қызады және сынап буының қысымы артады, ток шамасы кеміп лампаның жарқырауы түтіктің ортасына жіпше тартылып орнықты күйге келеді.

ПРК-2 (немесе ПРК-8) лампасының жұмыс істеуінің схемасы 3.6 - суретте көрсетілген. Көрсетілген (3.6-сурет) схема бойынша сынапты лампа 220В айнымалы кернеуі бар электр тізбегіне қосылады. Онан соң сынапты лампаны (ПРК-2) тұтандыру мақсатпен *K* қосқыш немесе ажыратқыш деп аталатын кілтті жылдам қосып және жылдам ажыратып бірнеше рет қайталау керек. Кілтті қайталап қосу және ажырату кезінде лампаның электродына жоғарғы кернеу импульсы беріледі. (Себебі, схемада көрсетілген дроссельдегі *D* өздік индукция құбылысы салдарынан).

Осы пайда болған жоғарғы кернеудің салдарынан лампа тұтанып онда доғалық разряд пайда болады. Осы жолмен тұтанған лампа 5-6 минут өткен соң тиянақты болып жұмыс істей бастайды.

Осындай жұмыс істеп тұрған лампаны өшіріп қайта жағу керек



3.6 сурет. Сынапты лампаның іске қосылуының принциптік схемасы

болған жағдайда, лампаның екінші рет тұтануы тек лампа суығаннан кейін ғана басталады. Ол үшін лампаны 10 минуттай уақыт салқындату керек болады. Сынапты лампаның беретін сызықтық спектрлері: сары-579,07 нм және 576,96 нм, жасыл-546,07 нм және көк-435,83 нм.

### 3.4. Қондырғыны өлшеулер жүргізуге дайындау

3.7.1. ПРК-2 (ПРК-8) лампасын іске қосу.

3.4.2. Коллиматордан шыққан сәулелер шоғы параллель болуы үшін, оны жөнге келтіру керек. Коллиматорды жөнге келтіру, шкаланың нониусының нолі (3.4 сурет) индекстің  $∞$  шексіз деген таңбасымен дәл келгенше 17 маховикшені айналдырып бұрау арқылы орындалады. Қаруланбаған көзбен коллиматор саңылауын оның оптикалық ось бойында орналасқан объективі арқылы қарайды. Бұл кезде, саңылаудың беретін жарық жолағы объектив арқылы көрінетін өрістің дәл ортасына орналасқан және жолақтың жарықталынуы біркелкі болуы тиіс. Егер бұл шарт орындалмаған жағдайда, яғни саңылау арқылы көрінген жолақтың орналасуы және жолақтың шет жағының жарықталынуы біркелкі болмаса, саңылау алдына орналасқан жарық көзін горизонталь бағытта қозғау арқылы саңылаудың жарықталынуының біркелкі болуына және дәл ортада орналасуына қол жеткізуге болады.

3.4.3. Көру трубасына юстировка жасау. Ол үшін окулярдың 8 венчигін бұрау арқылы (3.3-сурет) есеп жүргізілетін визирдің (айқасқан сызықтың) айқын дәл көрінуіне қол жеткізуіміз тиіс. Осыдан соң 6 маховичокты бұрау арқылы қаралатын трубаны коллиматор саңылауына фокустауға болады. Қаралатын труба және коллиматор бір түзу бойында орналасуы тиіс.

3.4.4. Жазықтығына коллиматордан шыққан сәулелер шоғы перпендикуляр болатын дифракциялық тор гониометрдің арнайы жасалған орындықшасына орналастырылады.

Енді коллиматордан шыққан сәулелер дифракциялық тордан өтіп дифракциялық спектрлер түзейді. Осы спектрлер орталық жолақтан оңға және солға симметриялы орналасады және олардың топтары қайталанып отырады. Орталық жолаққа жақын орналасқан спектрлер тобын *«бірінші ретті дифракциялық спектрлер»* тобы, ал келесі спектрлер тобын *«екінші ретті дифракциялық спектрлер»* тобы деп атайды. Осы спектрлердің бұрылу бұрышына өлшеу жүргізуді үйрену қажет. Өлшеу жүргізу нәтижесінде орталық

жолақтан спектрлердің орналасуы симметриялы болмаса, дифракциялық торды вертикаль ось айналасында бұру арқылы симметриялы орналасуына қол жеткіземіз. Бұл жағдай спектрлердің дифракциялық тор жазықтығына тік перпендикуляр түскендігін дәлелдейді. Осыдан соң өлшеу нәтижелерін сенімді дұрыс нәтиже ретінде қабылдауға болады.

### 3.5. Жұмыстың орындалу тәртібі

3.5.1. Дифракциялық тордың тұрақтысын  $d$  анықтау. Бұл мәселені шешу үшін жұмыс орындауға дайындалған гониометрдің оптикалық трубасын орталық ақ жолаққа (нольдік максимумға) бағыттап, оның оң жағында және сол жағында орналасқан түрлі спектрлерге кезекпен ауыстырып бағыттап, визирлік тетіктің қыл сымдарының қиылысу нүктесін сары, жасыл, көк және басқа сызықтық спектрлерге сәйкестендіріп, олардың орналасуына сәйкес және қайталанатын қатар санына сәйкес дифракциялық бұрыштарды өлшеуге болады. Бұрыштарды қайталап өлшеудің саны көп болған сайын өлшеу кезінде жіберілетін қателіктерді статистикалық әдіспен дәл бағалауға мүмкіндік жақсара түседі.

Дифракциялық тордың тұрақтысын  $d$  анықтау (3.1) формула бойынша жүргізіледі. Жүргізілетін бірнеше өлшеулер және оларға сәйкес жүргізілетін есептеулер периодтары екі түрлі дифракциялық тор үшін жүргізіледі. Айта кету керек, сынап шығаратын жарықтың толқын ұзындықтары эталон болып саналады, яғни олар:  $\lambda_c=579,07\text{нм}$ ,  $\lambda_c=576,96\text{ нм}$ ,  $\lambda_{ж}= 546,07\text{ нм}$ ,  $\lambda_{к}=435,83\text{ нм}$ .

3.5.2. Дифракциялық тордың ажыратқыштық қабілеті және бұрыштық дисперсиясы спектрлердің қайталану қатарының үш мәні үшін ( $k=1, 2, 3$ ) есептелінеді. Есептеу үшін (3.3) және (3.4) теңдеулері қолданылады. Тор саңылауының  $N$  жалпы санын анықтау үшін есепке ажыратқыштық қабілетін анықтаумен қатар, дифракциялық тордың еніне өлшеу жүргізудің керек екендігін еске алу керек.

3.5.3. Тордың ажыратқыштық қабілетін анықтау, сынапты лампаның беретін сары түсті дублет спектр сызықтары үшін қолдануға болатын,

$A = \lambda / \Delta\lambda$  формуласы бойынша жүргізіледі. Осыдан шыққан нәтижені зерттелетін тор үшін берілген ажыратқыштық қабілеті нәтижесімен салыстырылады (3.5.2 п. қараңыз).

3.5.4. Сынап спектріндегі қосарланып көрінетін сары спектрлік сызықты ажыратуды қамтамасыз ететін коллиматор саңылауының енінің өлшемділігіне баға беріңіз.

3.5.5. ГС-5 гониометрімен сынап спектрінің дублет сызықтарының өзарасындағы бұрыштық қашықтықты өлшеудің мүмкін болатындығын бағалаңыз.

3.5.6. Екінші және үшінші реттегі спектрлер үшін тордың дисперсиялау алқабын есептеңіз.

### **3.6. Бақылау сұрақтары**

3.6.1. Гюйгенс-Френель принципінің мағынасын түсіндіріңіз?

3.6.2. Толқындар дифракциясы құбылысының мәні неде?

3.6.3. Не себепті дифракциялық тордан өткен параллель сәулелер шоғының дифракциясын бақылау үшін қажетті түрде алдымен линза одан соң экран қойылады?

3.6.4. Дифракциялық спектрлердің түстеріне қарай орналасу ретін түсіндіріңіз?

3.6.5. Дифракциялық спектрдің нольдік максимум түсінің неге байланысты болатындығын түсіндіріңіз.

3.6.6. Гониометр-спектрометр арқылы қарағандағы дифракциялық максимумдардың конфигурациясын (пішінін) түсіндіріңіз?

3.6.7. Дифракциялық спектр түрінің түзілуіне коллиматор саңлауы енінің әсері қандай болады?

3.6.8. Дифракциялық тордың спектрлік сипаттамаларының (спектрлік сызықтардың жартылай ені, бұрыштық және сызықтық дисперсиясы, ажыратқыштық қабілеті, дисперсиялау алқабы) мағынасы неде екендігін түсіндіріңіз.

### **3.7. Әдебиет**

3.7.1. Ландсберг Г.С. Оптика. -М.: Наука, 1976.

3.7.2. Полатбеков П.П. Оптика. -Алматы: Мектеп, 1981.

3.7.3. Годжаев Н.М. Оптика. -М: Высшая школа, 1977.

3.7.4. Лабораторные занятия по физике. Под ред. Л.Л. Гольдина. -М.: Наука. 1983.

3.7.5. Физический практикум. Электричество и оптика. Под ред. В.Н. Ивероной. -М.: Наука, 1968.