

# 1. ЖАРЫҚ ТОЛҚЫН ҰЗЫНДЫҒЫН ФРЕНЕЛЬ БИПРИЗМАСЫ КӨМЕГІМЕН АНЫҚТАУ

## 1.1. Жұмыстың мақсаты

Толқын фронтын бөлу арқылы оптикада когеренттілікті қамтамасыз ету тәсілімен танысу. *Интерференциялық бейненің* айқындалуына жарық көзі (саңылау) өлшемінің әсерін сапа жағынан бағалау.

Қондырғыны центрленген оптикалық жүйеге келтіру (юстиров-ка) әдістерін үйрену.

*Оптикалық микрометрді* сызықтық параметрлерді өлшеуге пайдалану. Жарық фильтрлері арқылы өтетін жарықтың толқын ұзындықтарын өлшейтін интерференциялық әдісті зерттеу.

Түрліше шамаларды өлшеудегі дәлдіктердің үйлесімділігін бағалау.

## 1.2. Жарықтың интерференциясын зерттеуге кіріспе

*Интерференция* деп толқындық процестердің қабаттасуы кезінде пайда болатын кеңістіктегі энергияның қайта бөліну құбылысын айтады.

Мұның мәнісіне тоқталайық.

Бақылау нүктесі А дан ( 1. 1 сурет )  $r_1$  және  $r_2$  қашықтықта  $S_1$  және  $S_2$  тербеліс көздері орналасқан. Осы  $O_1$  және  $O_2$  толқынның шығу көздерінен кеңістікке тараған және олар бақылау нүктесі А-ға жеткен толқындар теңдеуін мына түрде жазуға болады:

$$x_1 = a_1 \sin((t - kr_1)) \quad (1.1)$$

$$x_2 = a_2 \sin((t - kr_2)) \quad (1.2)$$

Мұндағы  $a_1, a_2$  - тербеліс амплитудалары,  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  - толқындық сан,

$\lambda$  - толқын ұзындығы. Осы екі толқындық (1.1) және (1.2) теңдеуді біріктіріп шешу арқылы А нүктедегі қорытқы толқынды табамыз:

$$x = a \sin((t + \varphi)) \quad (1.3)$$

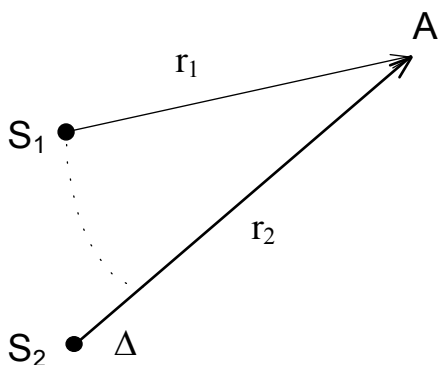
Мұндағы  $a$  - қорытқы амплитуда. Ол бастапқы амплитудалармен мынандай қатынаспен байланысты:

$$a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \cos \varphi_0, \quad (1.4)$$

(1.4) өрнектегі  $\varphi_0 = k(r_2 - r_1)$  - фазалар айырымы,

$$\varphi = \arctg \frac{a_1 \sin kr_1 + a_2 \sin kr_2}{a_1 \cos kr_1 + a_2 \cos kr_2} - \text{қорытқы фаза болып табылады.}$$

Қорытқы амплитуданың ( $a$ ) мәні  $\varphi_0 = k(r_2 - r_1)$  фазалар айырымына немесе  $\Delta = r_2 - r_1$  жол айырымына тәуелді болады, (әдетте жарық интер-



ференциясын қарастырғанда жол айырымының ( $\Delta = r_2 - r_1$ ) орнына оптикалық жол айырымын ( $\Delta = r_2 n_2 - r_1 n_1$ ) алады, мұндағы  $n_1$  және  $n_2$  жарық толқындары таралған орталардың сыну көрсеткіштері).

1.1 сурет. Толқындар интерференциясына арналған сурет.

Егер, ұзақ уақыт бақылау кезінде фазалар айырымы өзгеріске ұшырамаса, яғни  $\varphi_0 = \text{const}$  бол-

ған жағдайда, бақылау (A) нүктесінде кездесетін мұндай толқындарды өзара когерентті деп атайды. Бұл шарт орындалатын болса, екі жағдайға ерекше назар аударуға тура келеді:

$$1.2.1. \text{ Егер } \varphi_0 = 0, 2\pi, 4\pi, \dots, 2m\pi \text{ немесе } \Delta = 2m \frac{\lambda}{2} = m\lambda$$

болған жағдайда, қорытынды тербелістің амплитудасы ( $a$ )

$$a = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2} \text{ теңдеуімен, ал оның энергиясы (интенсивтілігі)}$$

$$J = (J_1 + J_2 + 2\sqrt{J_1 J_2}) > (J_1 + J_2) \text{ теңдеуімен анықталады, өйткені } I \sim a^2.$$

Басқаша айтқанда, бақылау нүктесінде интенсивтіктің күшейе түскендігі

байқалады (бақылау нүктесіндегі энергияның қорытқы мәні толқын көздерінің жеке әрқайсысынан тараған энергиялардың қосындысынан көп артық болады).

$$1.2.2. \varphi_0 = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots, (2m+1)\pi \text{ немесе } \Delta = (2m+1)\frac{\lambda}{2}.$$

Бұл жағдайда қорытынды тербелістің энергиясы (интенсивтігі) төмендегі теңдеумен анықталады:

$$J = (J_1 + J_2 - 2\sqrt{J_1 J_2}) < (J_1 + J_2) .$$

Яғни бақылау нүктесінде қорытқы тербеліс интенсивтігінің әлсірегені байқалады.

Осыдан, когерент толқындар қабаттасқан кеңістік нүктелерінде энергияның қайта бөлінуін көріп отырсыздар. Екі толқын көздерінен бақылау нүктесіне дейінгі когерентті жарық толқындарының жүрген жол айырымы жарты толқын ұзындығы санына тәуелді болатындығын көреміз; яғни  $\Delta$  жол

айырымы  $\frac{\lambda}{2}$  жарты толқын ұзындығының  $2m$  ( $m = 1, 2, \dots$ ) жұп санына тең болса, оның ол нүктеде жарық интенсивтігінің күшейе түскендігін (максимум) көреміз.

$$\Delta = 2m\frac{\lambda}{2} = m\lambda \quad (1.5)$$

Егер,  $\Delta$  жол айырымы жарты толқынның  $(2m+1)$  тақ санына тең болса, ол нүктеде интенсивтіктің әлсірей түскендігі (минимум) байқалады, яғни

$$\Delta = (2m+1)\frac{\lambda}{2} \quad (1.6)$$

Міне, осы құбылыс *толқындардың интерференциясы* болып табылады.

Когерентті емес толқындар қабаттасқан кезде пайда болатын минимумдар мен максимумдардың кеңістіктегі орны өзгеріп (ығысып) отырады. Өзгерудің жылдамдығы өте тез. Пайда болған интерференциялық бейнені бақылауға мүмкіндік болмайды, себебі қабаттасатын толқындардың фазаларының ығысуы өте шапшаң болады (фазаларының өзгеруі немесе ығысуы  $\varphi_0$  нольден  $\pi$  аралы-ғында жылдам өзгеріп отырады).

Кеңістіктің әрбір  $A$  нүктесіндегі қорытқы толқын амплитудасының мәнін анықтау (өлшеу) оның бақылау уақыты аралығындағы орташа мәнін береді:

$$\langle a \rangle = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 \langle \cos \varphi_0 \rangle}$$

мұндағы  $\langle \cos \varphi_0 \rangle$  - бақылау уақыты аралығындағы  $\cos(\varphi_0)$  шамасының орташа мәні.

Бұл жағдайда  $\langle \cos \varphi_0 \rangle$  шамасының нольге тең болатындығына  $\langle \cos \varphi_0 \rangle = 0$  көз жеткізу аса қиынға түспейді. Демек, бақылау нүктесіндегі интенсивтік жеке толқын көздерінен таралған толқын интенсивтіктерінің қосындысына тең болады, яғни  $J = J_1 + J_2$ . Бұлай болу толқындардың жай қосылуы немесе тәуелсіз толқындардың қабаттасу нәтижесі, яғни толқындардың *суперпозициясы* болып саналады.

Жарық интерференциясын бақылау үшін бірімен бірі байланыссыз жеке екі табиғи жарық көздерін пайдалануға болмайды. Себебі, мұндай жарық көздерінен таралған толқындар өз ара когерентті болмайды (когерентті емес толқындардың интерференциялық бейнесін көру мүмкін еместігін жоғарыда ескерткенбіз). Себебі, жарық шығаратын денелердің жарық шығаруы олардың атомдарының қозуымен тікелей байланысты екендігі белгілі мәселе. Олай болса атомның (дүркін-дүркін) жарық шығару процесі  $10^{-8} \text{ c}$  уақытқа созылады да, онан соң ол атом жарық шығаруды қайта бастайды. Бірақ, атом шығарған толқындардың фазалары бірдей болмайды, яғни алғашқы толқын мен кейінгі толқын бірдей фазада шығарылуы мүмкін емес. Сондықтан дененің бір атомының қатарласа шығарған екі толқыны өз ара когерентті болмайды.

Бақыланатын жарық толқынын шығаратын атомдар саны өте көп болады, олардың әрқайсысынан шыққан толқындар өз ара когерентті болуы мүмкін емес. (Мысалы, қыздыру лампасынан таралатын жарықты алсақ, онда мыңдаған атом толқын шығарады).

Осыған қарамастан когерентті жарық толқындарын алу аса қиын мәселе емес. Когерентті жарық толқындарын алу үшін бір көзден шыққан жарық

толқындарын екі ағынға бөліп, онан соң түрлі әдістерді пайдаланып екі ағынды кеңістіктің берілген нүктесінде қайта кездестіру (қабаттастыру) керек. Осы кезде, екі ағындағы жарықты құраушы элементар бөлшектер, өздері бөлінген негізгі толқын көзінде болатын дүркін-дүркін шығаруды қайталап отырады, яғни олар бірдей фазада қайталанып отырады. Айта кету керек, бақылау нүктесінде кездесетін екі тербелістің фазалары бірдей болмауы мүмкін, бірақ фазаларының айырымы уақыт өтуіне байланысты өзгермейтін болады. Осы жағдай бізге бақылау нүктесінде болатын бейнені айқындап береді. Кездесетін толқындардың фазалар айырымы осы толқындардың әрқайсысының жүріп өткен жолының ұзындығы мен ортаның сыну көрсеткішіне байланысты болады.

Оптикада когерентті толқындарды алудың екі жолы бар: біріншісі *тербелістердің амплитудаларын бөлу* (жұқа пленкада пайда болатын интерференция, Ньютон сақиналарын алуда пайда болатын интерференция); екіншісі *толқынның фронтын бөлу* (Френельдің бипризмасының көмегімен алынған, Юнгтің тәжірибесі бойынша алынған және т.б.).

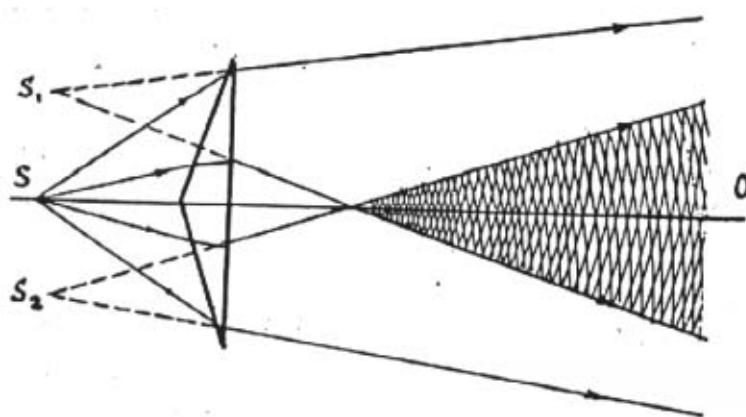
Когеренттік толқындарды алудың жолдары тиісті лабораториялық жұмысты орындауда тереңірек айтылатын болады.

### 1.3. Қысқаша теориялық кіріспе

*Бипризма* деп табандары тиістіріліп біріктірілген, сындырушы бұрыштары өте кішкене (жарты градус шамасында) екі призма түріндегі оптикалық бөлшекті айтады. Бипризма мөлдір шынының бір тұтас кесегінен жасалынады.

Призмадан өткен жарық сәулелерінің жолдарын қарастыралық. Ол үшін нүктелік монохромат S жарық көзі-бипризманың сындырғыш қабырғасына параллель орналасқан өте жіңішке саңылау. (Бұл саңылау 1.2-суреттің жазықтығына перпендикуляр орналасқан). Жарық көзінен таралған монохромат жарық толқыны призмаға келіп жеткеннен кейін, призма бетінде оның фронты екіге бөлінеді. Бипризмадан өткен екі жарық шоғының әрқайсысы геометриялық оптиканың заңына сәйкес, системаның SO оптикалық осіне қарай

ауытқиды. Сонымен, бипризмадан өткен шоқтар қабаттасатын болады, бұлар  $S_1$  және  $S_2$  жалған көздерден тараған жарық секілді болады. Осы жарық көздерінен таралған жарық толқындары кеңістіктің барлық нүктелерінде кездесуі мүмкін. Бұл екі жарық шоғының толқындары өзара когерентті, себебі олар  $S_1$  және  $S_2$  бір жарық көзі  $S$  тен таралған. Жарық толқындары қабаттасатын кеңістіктің кез келген нүктеде жүрген жолдарының айырымына байланысты интерференция бейнесі пайда болады (1.2-суретте интерференциялық бейне пайда болатын кеңістік штрихпен көрсетілген).



1.2-сурет. Бипризма арқылы өткен сәулелер жолының принциптік схемасы

Мұндағы  $S$  - жарық көзі,  $S_1$  және  $S_2$  оның жорамал кескіндері,  $SO$ - системаның опти-калық осі. Система-ның геометриясы мен интерференциялық көріністің локальдық (берілген аудандағы) сипаттамасы арасын-

дағы байланысты табу үшін 1.3-суретін пайдаланамыз. Бұл суреттегі  $S_1$  және  $S_2$  сәулелердің призмадан өткеннен кейін пайда болған жорамал жарық көздері,  $BB_1$ - интерференциялық көрініс бақыланатын экран,  $t = S_1S_2$ -жалған толқын көздерінің ара қашықтығы және  $AB = \ell$  толқын көздерінен экранға дейінгі қашықтық және  $BB_1 = y_m$  деп белгілеулер жасап ( сонымен қатар  $\ell \gg t$  деп санасақ) экранның берілген нүктесінде болатын жарықталынудың ең көп немесе ең аз болатын мәндеріне есеп жүргіземіз.

Егер  $S_1B_1$  және  $S_2B_1$  сәулелері жүрген жолдарының айырымы

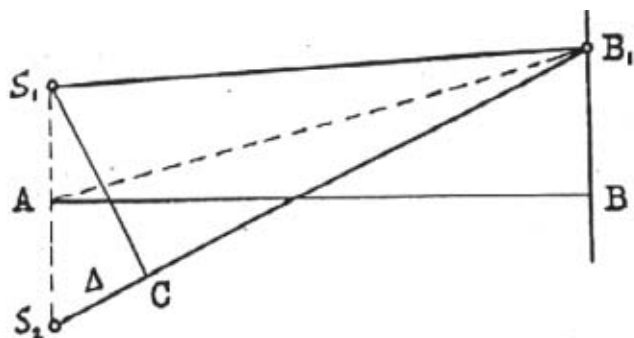
$$\Delta = S_2B_1 - S_1B_1 = m\lambda \quad \text{болса, онда экранның } B_1 \text{ нүктесінде}$$

жарықталыну максимал болады.

Жоғарыда айтылған  $\ell \gg t$  екендігін еске алып,  $S_1S_2C$  және  $ABV_1$  үшбұрыштардың ұқсастығынан мынадай теңдеу жазуға болады:

$$\frac{S_2C}{S_1C} = \frac{BV_1}{AB} \quad \text{немесе} \quad \frac{\Delta}{t} = \frac{y_m}{\ell} \quad \text{Осыдан} \quad m-$$

максимумның  $B$  нүктесінен  $y_m = \frac{\ell \Delta}{t}$  қашықтығында



1.3-сурет.  $B_1B$  жазықтығына орныққан (локализацияланған) интерференциялық сызықтарды есептеуге арналған сурет

орналасатындығын көреміз. Осыған сүйеніп іргелес жататын екі максимумдардың ара қашықтығын мына тең-деумен анықтауға болады:

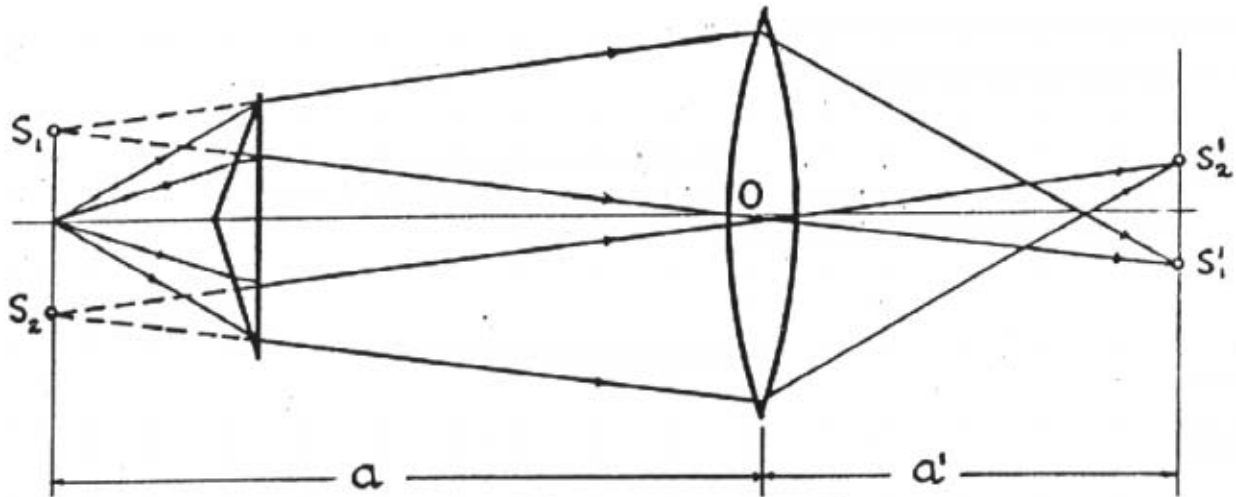
$$\delta y = y_{m+1} - y_m = \frac{\ell \lambda}{t} \quad (1.7)$$

Бипризма көмегімен интерференцияланушы жарық

толқын ұзындығын анықтауға мүмкіндік беретін негізгі есептеу формуласы осы болып табылады. Себебі, бұл формуладағы  $\delta y$ ,  $\ell$ ,  $t$  шамаларды пайдаланатын қондырғыдан тікелей өлшей алатындығымызды кейінірек көретін боласыздар. Осыдан, интерференцияланушы жарықтың толқын ұзындығын (1.7) формула бойынша есептеп анықтауға мүмкіндік болады.

Бақылауға сүйеніп,  $t=S_1S_2$  - қашықтықты және жорамал жарық көздері мен экранға дейінгі қашықтықты ( $\ell$ ) анықтаудың аса күрделі емес екендігін айта кету керек. Яғни,  $t=S_1S_2$  қашықтығын өлшеу үшін бипризма мен экран арасына (бипризма мен оптикалық микрометр арасына) оптикалық күші 5 диоптрий болатындай линза орналастырылады (1.4 суретте көрсетілген). Линзаны жүйенің (системаның) оптикалық осі бойымен оңға да және солға да жылжытуға болады. Осыны пайдаланып линзаны жылжыта отырып оптикалық микрометрдің фокаль жазықтығында (экранда) толқынның жорамал көзі  $S_1$  және  $S_2$  саңылаулардың ( $S_1'$  және  $S_2'$ ) айқын кескінін алуға болады. Бұлардың

аралықтарын ( $S_1' S_2' = t'$ ) оптикалық микрометр көмегімен өлшеп алуға болады. Осыған қоса толқындардың жорамал көздері ( $S_1'$  және  $S_2'$ ) мен линза аралығына



1.4-сурет. Жорамал жарық көздерінің ара қашықтығын есептеуге арналған сурет

( $a$ ) және линза мен оптикалық микрометр (экран) аралығына ( $a'$ ) өлшеулер жүргізіледі. Өлшеу нәтижелері бойынша ( $S_1OS_2$  және  $S_1'OS_2'$  үшбұрыштарының ұқсастығын пайдаланып) өзімізге анықтау керек  $t$  қашықтығын анықтауға мүмкіндік алынады, яғни

$$t = t' \frac{a}{a'} \quad (1.8)$$

$S_1'$  және  $S_2'$  екі жорамал жарық көздерінің кескіндерін ұлғайтып та және кішірейтіп те алуға болады. Біз пайдаланатын қондырғыда, оның оптикалық және геометриялық параметрлеріне байланысты саңылаулардың тек қана кішірейтілген кескінін алуға болады.

Жорамал жарық көзі мен экран аралығын ( $\ell$ ) өлшеу жайлы мынаны айтуға болады. Нақты жарық көзі  $S$  (саңылау) мен жалған жарық көздері  $S_1'$  және  $S_2'$  дәлірек қарастырсақ, жүйенің (системаның) оптикалық осіне перпендикуляр болатын бір жазықтықта орналаспаған. Бұлардың бір жазықтың бетінен ауытқуы бипризманың сындыру бұрыштарына және жарық көздерінің



экранның қанша қашықтықта ( $\ell$ ) орналасуына байланысты болады, яғни ығысу шамасы жарық көзі мен экран арақашықтығына салыстырғанда өте аз болады. Осыған байланысты жалған жарық көздерімен экран аралығы ( $\ell$ ) деп нақтылы жарық көзі мен экран (қондырғыдағы окулярлық микрометр) аралығын алуға болады.

Сонымен (1.7) және (1.8) өрнектерді пайдаланып, есепке керекті жарық толқынының ұзындығын (жарық фильтрінен өткеннен соң) анықтауға арналған өрнекті мына түрде жазуға болады:

$$\lambda = \frac{a'\delta y}{a'\ell} \quad (1.9)$$

Осы жолмен түрлі жарық фильтрлері (светофильтр) өткізетін жарық толқындарының ұзындықтарын анықтауға болады.

#### 1.4. Лабораториялық қондырғының сипаттамалары

Қондырғының барлық бөлшектері арнайы жасалған *оптикалық орындық* деп аталатын (бөлшектерді өте түзу орналастыратын) 9 *үшқырлы* орындыққа орналастырылған (1.5-сурет). Үшқырлы орындық үстіне бірнеше *рейтер* 8 деп аталатын бөлік көмегімен, жарық фильтрімен 2 жабдықталған жарық беруші 1, саңылау 3, бипризма 5, линза 6, және оптикалық микрометр 7 орналастырылған. Ескерте кету керек: линза 6 үшқырлы орындыққа тек когеренттік жалған жарық көздерінің ара қашықтығын өлшеу кездерінде ғана орналастырылады.

Рейтерлердің барлығы бұраналы бекіткіштермен жабдықталған. Рейтердің табанына жақын екі бұранда винт оны үшқырлы орындыққа бекіту үшін қолданылады. Керек жағдайда оны босатып үшқырлы орындық бойымен рейтердің орнын өзгертуге болады. Рейтердің үстіңгі ұшына жақын орналасқан бұранда-винт жүйенің (системаның) жеке бөлшектерін рейтерге бекітуге арналған. Бұл бұранда-винтті босатып жүйенің бөлшектерінің (саңылаудың, бипризманың, линзаның) орналасу биіктігін өзгертуге (реттеуге) болады.

Соңғы пайда болған қондырғыларда оптикалық микрометр алдына жарық фильтірін ауыстырып отыруға мүмкіндік туғызушы ``револьверная головка`` деп аталатын бөлшек орналастырылып қойылады.

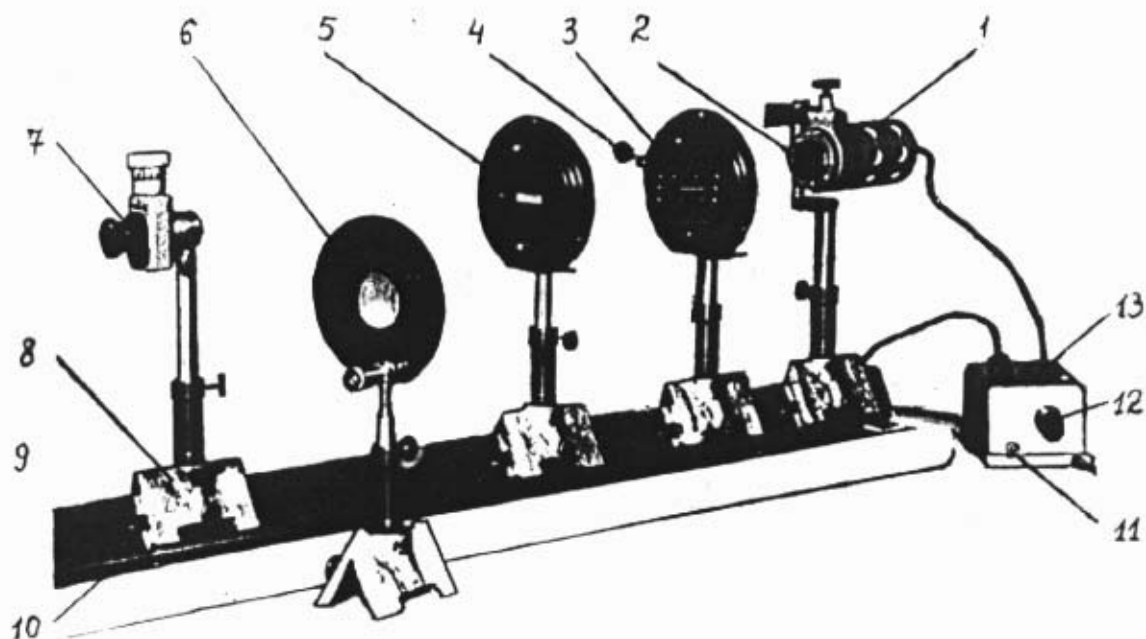
Үшқырлы оптикалық орындықтың табанына қондырғының жеке бөлшектерінің орналасуын анықтауға арналған 10 шкала орналастырылған. (Мысалы, саңылау мен оптикалық микрометрдің бір-бірінен қандай қашықтықта орналасқандығын анықтауға мүмкіндік береді).

Жарық көзі болып ОИ-19 типті жарықтандырғыш пайдаланылады. Ол иристік диафрагмасы бар екі линзалы коллектордан тұратын электр лампасымен (8В, 20Вт) жабдықталған фонарь. Фонарь қалалық электр торабынан төмендетуші трансформатор 13 арқылы қоректенеді. Лампаның жарығын бақылау (реттеу) трансформатордың сыртқы бетіне орналасқан реостат сабы 12 арқылы орындалады. Тоқты 11 тумблер арқылы өшіруге болады.

Қондырғыда пайдаланылатын саңылау өзгермелі. Оның енін 4-маховикті бұрау арқылы өзгертуге болады.

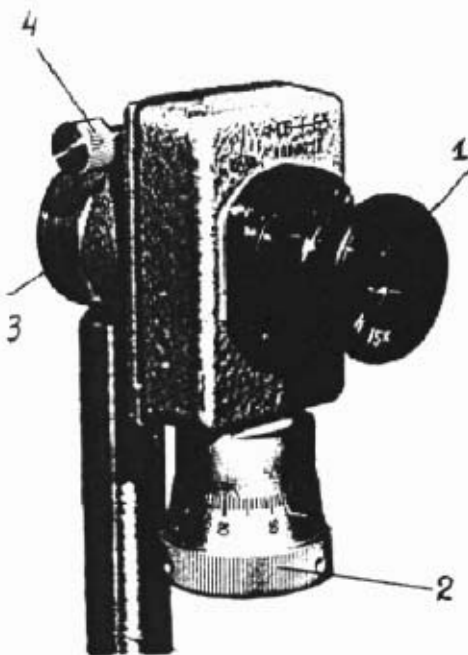
Бипризма 5 құрсауымен бірге құрсау жазықтығына перпендикуляр бағытта бұрыла алады (горизонталь ось айналасында). Мұндай жағдай құрсауланған саңылауға да қолданылған, яғни саңылау да дәл осылай қозғала алады.

Қондырғыда пайда болған интерференциялық бейне окулярлық микрометрдің фокальдық жазықтығында бақыланады және (1.9) есеп жүргізу формуласына енетін  $\delta y$  және  $t$  ( шамаларына өлшеу жүргізуге мүмкіндік береді. Жұмысты орындауға МОВ-1-15\* типті бұрандалы оптикалық микрометр пайдаланылады.



1.5-сурет. Жарық толқынының ұзындығын Френельдің биприз-масының көмегімен анықтауға арналған қондырғының жалпы көрінісі.

1-жарықтандырғыш фонарь ОИ-19, 2-жарық фильтері, 3-саңылау, 4-саңылаудың енін өзгертуге арналған винт, 5-арнайы құрсауға орналастырылған бипризма, 6-арнайы құрсауға орналастырылған линза, 7-окулярлық микрометр, 8-рейтер, 9-үшқырлы оптикалық орындық, 10-шкала, 11- ажыратқыш тумблер, 12-реостаттың сабы, 13-кернеуді төмендеткіш трансформатор.



1.6-сурет. МОВ-1-15\* окулярлық микрометрдің жалпы көрінісі:

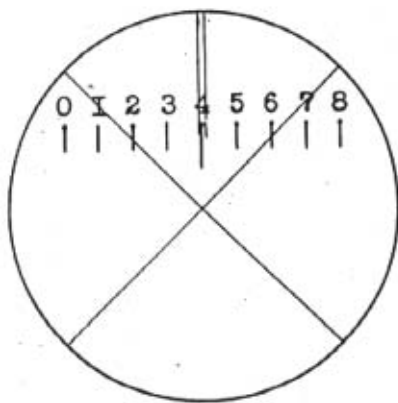
1-окулярдың венчигі, 2-микрометрлік винттің барабаны (айналдырушы-сы), 3-микрометрді бекітуге арналған сақина, 4- белгілі жағдайда ұстап тұрушы винт.

Қондырғыдағы МОВ-1-15\* (1.6-сурет) оптикалық микрометрдің негізгі элементтері: диоптриялық бағыттағышпен жабдықталған үлкейтуі 15 еселік

компенсациялық окуляр 1 және есеп жүргізетін тетік. Қондырғының есеп жүргізуге бейімделген тетігін кескіннің айқын көрінуіне бағыттау окуляр венчигі арқылы іске асырылады. Бағыттағыштың шектері  $\pm 5$  диоптрий. Окулярдың фокальдық жазықтығына есеп жүргізуге арналған тетік орналасқан: бір бөлігінің құны 1мм болатын қозғалмайтын шкала бар; шкала бетіне бірін-бірі көлденең кесіп өткен сызығы бар жылжымалы тор орналасқан және шкала деңгейінде орналасқан екі индекс сызықша бар. Осы айтылған тетіктердің орналасуы 1.7-суретте көрсетілген.

Қаралатын объектілер-интерференциялық бейнелер де және жалған жарық көздерінің кескіндері де окулярдың фокальдық жазықтығында орналасатын болады. Сондықтан көруге дайындалған окулярдың көріну өрісінде бейнелер де және есеп алуға арналған тетік те айқын көрінетін болады. Санақ жүргізуге бейімделген жылжымалы тор мен дәл өлшейтін микрометрлік винт өзара байланысты. Ол байланыс бойынша, бұдырланған барабан винтті бұраған кезде, қозғалмайтын шкаламен салыстырғанда бірін-бірі көлденең кесіп өткен сызықтар және екі индекс сызықша окулярдың көріну өрісінде қозғала бастайды.

Барабан винтінің 2 белгісін толық бір айналдырғанда (1.6-сурет) айқасқан сызықшалар қозғалмайтын шкаланың бөлігіне орын ауыстыратынын окулярдың көріну өрісінен көруге болады. Винттің барабаны біркелкі болып 100 бөлікке бөлінген. Демек барабандағы бір бөлік құны 0,01мм тең болады (негізгі қозғалмайтын шкаланың бір бөлігінің құны 1мм болатындығы жоғарыда ескертілген).



1.7-сурет. МОВ-1-15\* микрометр окулярының көру өрісіндегі есеп алуға бейімделген тетіктің көрінісі

Нәтиженің бүтін саннан кіші саны (бөліктері) барабандағы индекске сәйкес келетін шкала бойынша анықталады. Окулярлық микрометр негізгі тіреуге сақина 3 көмегімен 4 винтпен орнықтырылады.

### 1.5. Қондырғыны өлшеу жүргізуге дайындау

Қондырғыдағы оптикалық жүйенің барлық элементтерінің жалпы ортақ оптикалық осі болып және ол ось оптикалық орындыққа параллель болған жағдайда (орталықтанған жүйе) қондырғыны юстировкаланған деп есептеуге болады.

Қондырғыны юстировкалау үшін үшқырлы оптикалық орындыққа рейтер көмегімен жарықтандырғыш, саңылау және окуляр қозғалмайтын етіліп орналастырылады. Саңылаудың горизонталь болып орналасуын бақылайды. Саңылаудың және жарықтың окулярға енер тесігі үшқырлы оптикалық орындықпен салыстырғандағы биіктіктері бірдей болуын, сызғыш көмегімен немесе окуляр мен саңылауды бір біріне (тақап қою) жақындату арқылы анықтайды.

Осыдан соң окулярды саңылаудан мүмкін болатын қашықтыққа орналастырады да жарық беруші лампаны іске қосып, ақ қағаз көмегімен жарықтың окулярға дұрыс түсетіндігін тексереді. Егер жарық шоғы окулярдан биік болып түсетін болса, жарықтандырушы лампаны оптикалық орындықтан жоғары көтеріп орналастыру керек. Ал егер жарық шоғы окулярдан төмен түсіп

Окулярлық микрометрдің көмегімен алынатын өлшеу нәтижесі қозғалмайтын шкаладан және айналатын винт барабанынан алынады. Нәтиженің бүтін санының мәні барабандағы белгінің көрінуіне сәйкес қозғалмайтын шкаланың нолінен бастап саналады.

кетсе жарықтандырушы лампаны төмен түсіріп орналастыру керек. Сонымен лампаны жоғары немесе төмен түсіру жолымен жарық шоғының окулярдың жарық түсуге тиісті тесігіне дәл келуді қамтамасыз ету қажет. Қондырғыны юстировкалау үшін окулярдың жарық енер тесігіне нысана ретінде ақ диска орналастырған өте ыңғайлы болады.

Осы жағдайды аяқтағаннан кейін саңылау мен окуляр арасына, шамамен ортасына бипризманы орналастырады. Окуляр арқылы пайда болған интерференциялық жолақтарды (бейнелерді) бақылап, бипризманың биіктігін өзгерту арқылы жолақтардың орналасуы окулярдың көру өрісінің дәл ортасында болуына қол жеткізу керек. Саңылаудың ені мен бипризманың орналасуын дұрыстап реттеу арқылы интерференциялық жолақтардың айқын болуына көз жеткізуге болады. Сонымен қатар жарықтандырушы лампаның жарығын да өзгертуге тура келеді, себебі лампаның жарқырауы көзге әсерін тигізуі мүмкін; яғни лампаның жарқырауы бақылаушының көзіне зақым келтірмейтіндей болуы тиіс.

*Юстировканың дұрыстығы төмендегіше.*

Қондырғының окуляры арқылы интерференциялық бейнені бақылай отырып, бақылаушы бипризманы рейтермен бірге оптикалық орындық бойымен өзіне қарай қозғалтқанда интерференциялық бейне көріну өрісінің ортасында қалып отырса, онда қондырғының юстировкасы дұрыс қанағаттандырылдық болғаны.

Ал призманы рейтермен бірге оптикалық орындық бойымен ілгері және кейін қозғағанда окуляр арқылы бақыланып отырған интерференциялық бейне сырғанай төмен немесе жоғары қозғалуы жиі кездеседі. Бұл жағдайда призманы өзінің бұрынғы орнына қайта қойып, оның орналасу биіктігін азайту керек. Осыдан кейін призманы оптикалық орындық бойымен өзіңізге қарай қозғап көру керек, яғни алғашғы жағдайды қайталау қажет. Демек интерференциялық бейне окулярдан көріну өрісінің ортасында қала беретіндей болғанша қайталау керек. Осы жағдайға қол жеткізу, қондырғының юстировкасының дұрыс орындалғандығын көрсетеді.

### 1.6. Жұмыстың орындалу тәртібі

Жұмысқа дайындалған қондырғы арқылы қызыл, жасыл және көк жарық фильтрлерден өткен жарық толқындарының ұзындықтарына өлшеулер жүргізіледі.

Жұмыстың өлшеуге арналған бөлігі мынадай тәртіппен орындалады. Жарық сәулелерінің таралу жолына аталған жарық фильтрлердің бірі орналастырылады. Окулярмен салыстырғанда призманы линзаның көмегімен алынатын, окулярдың фокальдық жазықтығында жататын екі когерентті жарық көздерінің (екі саңылаудың) кескіні алынатындай етіп орналастырады.

Екі жорамал кескіннің пайда болғанына көз жеткізгеннен кейін осы екі жорамал кескіндердің ара қашықтығын ( $t'$ ) өлшеуге кірісеміз. Ол үшін, окулярдағы айқасқан сызықшаларды окуляр арқылы бақылап отырып, микрометр барабанын айналдыру арқылы екі жорамал кескіннің біріне сызықшалардың айқасу нүктесін дәл келтіріп қойып, осы жағдайдағы микрометрдің көрсетуін жазып алу керек. Дәл осындай әдіспен микрометр барабанын айналдыра қозғауды жалғастыра отырып, окулярдағы айқасқан сызықшалардың айқасу нүктесін жорамал кескіннің екіншісіне дәл келтіру керек те осы жағдайдағы микрометр көрсетуін жазып алу керек. Микрометрдің осындай жолмен алынған көрсетулерінің айырмасы іздеп отырған жорамал жарық көздерінің ара қашықтықтарына  $t'$  тең болады.

Осы өлшеулер жүргізілген кездегі қондырғының оптикалық детальдарының орналасуын өзгертпей отырып, линза мен саңылау арасының қашықтығын  $-a$ , линза мен окулярдың фокальдық жазықтығы арасының қашықтығын  $-a'$  өлшеп алу керек. Сонымен қатар окуляр мен жарық көзі (саңылау) арасының арақашықтығы  $-\ell$  өлшеп алынады. Осы қашықтықтарға өлшеулер жүргізуде тік бұрышты үшбұрыштық сызғышты пайдалану ыңғайлы болады, яғни оптикалық орындықтың столға тиіп жатқан қабырғасына үшбұрышты сызғыштың бір катетін тигізіп орналастырсақ, сызғыштың екінші катетін оптикалық детальдардың орналасуына дәл келтіру өте жеңіл болады. Үшбұрышты осылай етіп орналастыру арқылы саңылау жазықтығының, жұқа

линзаның бас жазықтығының, окулярлық микрометрдің фокальдық жазықтығының орналасу нүктелерін шкала 10 бойынша дәл анықтауға мүмкіндік берді (1.5-сурет). Нүктелер координаттарының айырмалары әруақытта олардың ара қашықтығын беретін болады.

$a$ ,  $a'$ ,  $\ell$  шамаларды жоғарыда көрсетілген әдіспен анықтап болғаннан кейін, оптикалық орындыққа орналастырылған линза оптикалық орындықтан алынып тасталынады. Окулярлық микрометрдің көріну өрісінде жарық интерференциялануының суреті, яғни көптеген жолақ сызықтар көрінетін болады.

Ендігі жерде окулярлы микрометр көмегімен көрінетін жолақ сызықтардың арақашықтықтарын, яғни іргелес жатқан екі интерференция жолақ аралығын ( $\delta y$ ) өлшеуге кірісеміз.  $\delta y$  шамасының өлшеу дәлдігін арттыру үшін кара-қоңыр  $k$  жолақтардың енін анықтап, одан соң іргелес жолақтардың арақашықтығын есептеп табамыз.

Барлық табылған  $a$ ,  $a'$ ,  $t'$  және  $\delta y$  шамаларының мәндерін (1.9) формулаға қою арқылы іздестірілген жарық толқынының ұзындығы анықталады. Жіберілген кателіктерді статистикалық әдіспен бағалау үшін жүргізілген өлшеулер саны жеткілікті болуы тиіс.

## 1.7. Бақылау сұрақтары

1.7.1. Интерференция құбылысы дегеніміз не?

1.7.2. Интерференциялық бейнелер неліктен когерентті жарық толқындар көздерінің ара қашықтығы азғантай болғанда және олардан шыққан жарық жолдарының айырымы шектелген шамаға тең болғанда ғана байқалады?

1.7.3. Когерентті екі жарық көзінен таралған ақ жарық толқындарының қабаттасуынан пайда болған нольдік интерференциялық максимумның түсі қандай болады?

1.7.4. Жарық фильтрі алынып тасталынған жағдайдағы интерференциялық бейненің қандай болатындығын түсіндіріңіздер?



1.7.5. Егер бипризманың сындырушы бұрышын үлкейтетін болсақ, интерференциялық бейне қандай болып өзгереді?

1.7.6. Неліктен лабораториялық қондырғыдағы саңылаудың горизонталь бағыт бойынша өзгеруі тиімдірек болады?

1.7.7. Қондырғының дұрыс юстировкаланғанын қандай белгі көрсетеді?

## **1.8. Әдебиет**

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

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

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

1.8.4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Оптика.

-М.: Наука, 1985.