

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

А. Ш. Иркегулов, М. З. Қоқанбаев,
Г. Қ. Тұрлыбекова

КОГЕРЕНТТІК ОПТИКА

Физикалық практикум

5B072300 «Техникалық физика» мамандығының
2 курс студенттері үшін

I бөлім

Алматы 2016

ӘОЖ 535 (075.8)

И 79

Пікір жазғандар:

М. Ш. Қарсыбаев, физика каф. меңг., физ.-мат. ғыл. канд.,
профессор, АЭЖБҰ;

Қалкөзова Ж. К., физ.-мат. ғыл. канд., доцент, әл-Фараби
атындағы ҚазҰУ;

Утеулина К. А., физ.-мат. ғыл. канд., доцент

Иркегулов А. Ш.,

И 79 Когеренттік оптика: Физикалық практикум. I бөлім. (5В072300
«Техникалық физика» мамандығының 2 курс студенттері үшін).
А. Ш. Иркегулов, М. З. Қоқанбаев, Г. Қ. Тұрлыбекова. – Алматы:
Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ – 2016. – 118 б. Сурет 51. Кесте 23.
Библиогр. – 8 атау

ISBN 978-601-323-016-0

1-бөлім. – 2016. -118 бет

ISBN 978-601-323-017-7

*Оқу құралы ҚР БЖҒМ бекітілген Типтік оқу бағдарламасына
және мамандықтың МЖБС талаптарына, сондай-ақ, зертханалық
сабақты ұйымдастырудың және өткізудің психологиялық-
педагогикалық негіздеріне сай жазылған.*

*Оқу құралында берілген зертханалық жұмыстардағы құралдар
мен әдістер, сондай-ақ, өлшеу нәтижелерін өлшеу және есептеу
түрлері, студенттердің орындалатын зертханалық жұмыстардың
теориялық негіздерін меңгеруі барысында ойлау қабілетінің
белсенділігін арттыруға, тәжірибелік біліктілік пен дағдыға ие
болуына әсерін тигізіп, жұмыстың мақсатына жетуіне алып келеді.*

*Физикалық практикум техникалық мамандықтардың
студенттеріне арналған. Оған жалпы және теориялық физика
кафедрасында орындалатын 14 зертханалық жұмыстың
сипаттамасы кіреді.*

ӘОЖ 535 (075.8)

ISBN 978-601-323-017-7 (1-бөлім) © Иркегулов А. Ш., Қоқанбаев М. З.,

ISBN 978-601-323-016-0 Тұрлыбекова Г. Қ., 2016

© ҚазҰТЗУ, 2016

КІРІСПЕ

Физикалық практикумда толқындық оптиканың негізгі бөлімдері бойынша 14 зертханалық жұмысты орындауға жетекшілік келтірілген.

Оқу құралының басты мақсаты – студенттердің оптикалық құбылыстарды тәжірибеде зерттеу негізінде курстың негізгі сұрақтарын меңгеру болып табылады. Студенттер оптикалық нысандар мен аспаптарды оқып-үйрену барысында заманауи физикалық жабдықтармен жұмыс жасау дағдысына ие болады.

Әрбір зертханалық жұмысты орындауға жетекшілік – жұмыстың тақырыбынан, теориялық кіріспеден, жұмысты орындау әдістемесінен, тапсырмаларды орындау ретінен, сондай-ақ, тәжірибелік өлшеулерді өңдеу әдістерінен тұрады. Әр жұмыста өлшеу және есептеу нәтижелерін рәсімдеу, есептеу формулаларының қорытылуы, сонымен қатар, өзін-өзі тексеру үшін бақылау сұрақтары келтірілген.

Зертханалық жұмыстардың сипаттамалары зерттеліп отырған құбылыс жайында толық мағлұмат бере алмайды, сондықтан, оқу құралының соңында келтірілген әдебиеттерді қолдану қажет.

Зертханалық жұмысқа дайындалу барысында студент:

- зертханалық жұмыстың принциптік және жұмыс сұлбасына;
- кестелер, есептеу формулалары және кателіктерді есептеу формулаларына;
- жұмыстың орындалу ретіне дайын болуы қажет.

Қондырғымен немесе жекелеген детальдармен жұмыс жасау барысында қауіпсіздік техникасы ережелерін сақтау қажет.

Өлшеу барысында нәтижелерді жұмыс сипаттамасында көрсетілген кестелерге жазып, графиктерді жұмыс орындау кезінде сызу керек.

«Когерентті оптика» әмбебап қондырғысы – оптиканың негізгі заңдарын тәжірибеде зерттеуге, оптикалық құбылыстарды

бақылауға және зерттеуге, оптикалық аспаптарды жасау принциптерін оқып-үйренуге мүмкіндік береді.

«Когерентті оптика» қондырғысында геометриялық және толқындық оптика бөлімдері бойынша тәжірибелерді тез және сенімді орындауға болады, және әрбір тәжірибеде жан-жақты, әрі терең зерттеу түрде жүргізуге болады.

Зертханалық жұмысты орындау барысында қондырғы – фронталды-тақырыптық сабақтар, проблемалық және жеке оқыту, семинарлық және зертханалық сабақтарды біріктіру, т.с.с. оқу технологияларын қолдануға мүмкіндік береді.

11 оптикалық құрылғыларды (модульдерді), сондай-ақ, 37 зерттелетін нысандарды (жазық параллель шыны пластиналар, шыны сына (клин), призмалар, бипризма, линзалар, т.б.) зерттеу барысында әртүрде қолдануға болады.

Қондырғыда интерференцияны бақылаудың әртүрлі әдістерін, лазер сәулесінің дифракциясын және әртүрлі оптикалық құбылыстар (сыну, шағылу, шыны пластинадағы жарық интерференциясы мен поляризациясы құбылыстары) көмегімен физикалық нысандарды зерттеуге арналған 60-қа жуық тәжірибелер орындауға болады.

**№ 1 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС
"КОГЕРЕНТТІ ОПТИКА" ЛАБОРАТОРИЯЛЫҚ
КЕШЕНІНІҢ ҚҰРАМЫНДАҒЫ ОПТИКАЛЫҚ
ҚҰРЫЛҒЫЛАР ЖӘНЕ НЫСАНДАР
МІНДЕТТЕРІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ**

"Когерентті оптика" лабораториялық кешенінің құрамына кіретін оптикалық құрылғыларды қолдану қарастырылған, олардың көмегімен оптиканың негізгі заңдарын тәжірибе жүзінде зерттеу, оптикалық құбылыстарды бақылау және зерттеу, оптикалық аспаптардың құрылу принциптерін зерттеу жүргізіледі.

КІРІСПЕ

"Когерентті оптика" лабораториялық кешені тұтас әмбебап құрылғы түрінде жасалған.

Құрылғы оптиканың негізгі заңдарын тәжірибе жүзінде зерттеуге, оптикалық құбылыстарды бақылауға және зерттеуге, оптикалық аспаптардың құрылу принциптерін зерттеуге мүмкіндік береді.

"Когерентті оптика" құрылғысында геометриялық және толқындық оптика бойынша көптеген тәжірибелер жасау, тәжірибелерді тез және аса дәлдікпен жүргізу, әрбір лабораториялық жұмысты терең және жан-жақты зерттеу кешеннің ерекшеліктері болып саналады.

Құрылғы лабораториялық жұмыстарды жүргізу кезінде фронтальды-тематикалық сабақтар, проблемалық және жеке оқыту, семинарлық және лабораториялық сабақтарды біріктіру сияқты оқыту технологияларын қолдануға мүмкіндік береді.

Зерттелетін құбылыстардың логикалық қабылданылуы тәжірибелерді құрылғыда ретімен орындалуын қамтамасыз етеді.

Құрылғы құрамына 11 оптикалық қондырғылар (модульдер), сондай-ақ 37 зерттелетін оптикалық нысандар (жазықпараллельді шыны пластина, шыны сына, призмалар, бипризма, линзалар, т.б.) кіреді.

Құрылғыда әртүрлі оптикалық құбылыстарды зерттеу үшін 60-қа жуық тәжірибелерді орындауға болады (интерференция құбылысын бақылаудың түрлі әдістерін зерттеу, физикалық нысандарды әртүрлі оптикалық құбылыстарды қолдану арқылы зерттеу).

Мысалы, жарықтың сыну және шағылу, шыны пластинадағы жарықтың интерференциясы және поляризациясы сияқты құбылыстарды зерттеу.

"Когерентті оптика" лабораториялық құрылғысын зерттеу бірінші лабораториялық жұмысты орындау алдында жүргізіледі.

Басқа лабораториялық жұмыстарды орындау кезінде құрылғы құрамындағы оптикалық қондырғыларды зерттеудің қажеті жоқ.

Студент бірден тәжірибе жүргізуге кіріседі. Зерттеулер жүргізу үшін осындай әрекет ғылыми тәжірибеде қолданылады.

"Когерентті оптика" лабораториялық құрылғысы оптикалық базадан, әртүрлі оптикалық қондырғылар (модульдер) жинағынан, сондай-ақ оптикалық нысандар жинағынан тұрады.

Құрылғының оптикалық база құрамының толқын ұзындығы 0,6328 мкм монохроматты сәуле беретін гелий-неонды лазер, оптикалық орындық, қосымша бөлшектер, электр көздері кіреді.

Оптикалық базада лазер сәулесін оптикалық орындыққа шығару, оптикалық қондырғыларды оптикалық орындықта қондырғының оптикалық осі бойымен орналастыру және жылжыту жүргізіледі.

Оптикалық қондырғылар (модульдер) жинағы лазер сәулесінің шоғын түрлендіруді, сәулеленуді тіркеуді, сәуле шоғындағы нысандарды орнатуды және жылжытуды жүргізеді.

Оптикалық нысандар жинағы көмегімен оптикалық құбылыстарды бақылау және зерттеу жүргізіледі.

Оптикалық база. "Когерентті оптика" лабораториялық кешенінің қондырғысы 1.1-суретте келтірілген.

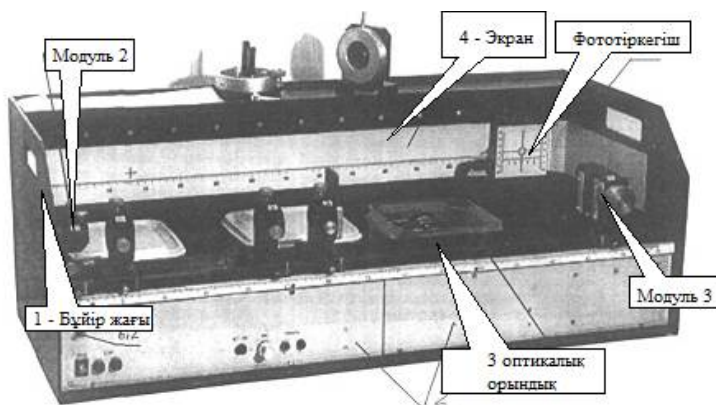
Қондырғы қорабы 1 екі бүйір жағынан (қабырғасынан), олар 3 оптикалық орындықпен тартылған, артқы қабырғасы және плиталы табаны бар.

Қондырғы бойындағы қораптарға нысандар салынған.

Оптикалық орындық аралығы **2 мм-ге** бөлінген шкаласы бар екі рельстен тұрады.

Оптикалық ось оптикалық орындыққа байланысты симметриялы, рельстің жоғарғы бетінен **45 мм** биіктікте орналасқан.

Рельстерге ұстағыштар немесе оптикалық құрылғылар бекітілген **рейтерлер** орнатылады.



1.1-сурет. Оптикадан лабораториялық кешен ОЛК-1

Рейтерлер – (ағылшынның **reiter** – жүргізуші) оптикалық орындық бойымен еркін орын ауыстырады.

Ұстағыштарда оптикалық нысандар орнатылады. Ұстағыштың винттері көмегімен лазерлік шоқтың ортасы нысанның ортасымен дәл келетіндей етіп нысанды жылжыту жүргізіледі (дәлдеу қозғалысы).

Оптикалық қондырғымен байланысқан, сондай-ақ ұстағыштар бекітілген рейтерлер **модульдер** деп аталады.

"Когерентті оптика" қондырғысында 11 әртүрлі модульдер бар. Модуль нөмірі оның корпусында көрсетілген.

1-модуль – астыңғы айна;

2-модуль – үстінгі айна (рейтердегі);

3-модуль – сканерлеу тетігі бар микропроектор (линза $F=+15\text{мм}$);

4-модуль – фототірегіш;

5-модуль – экраны бар шкалалы конденсор (линза $F=+12\text{ мм}$);

6-модуль – фокус аралығы $F=+100\text{ мм}$ объектив;

8-модуль – екі координатты ұстағыштағы кассета;

10-модуль – айналмалы ұстағыштағы кассета;

11-модуль – поляризатор;

12-модуль – қосымша шкаласы бар поляризатор;

13-модуль – айналмалы стол.

Оптикалық қондырғы – үстіңгі айна рейтерде орнатылған және оптикалық орындықта **(2-модуль)** оң жақ шетінде орналасқан.

Лазер оптикалық орындықтың астында орналасқан. Лазер сәулесін **1 модульдің** призмы (1.1-суретте – панельмен жабылған) және **2 модульдің** айнасы көмегімен 90° -қа бұрады және оптикалық оске шығарылады.

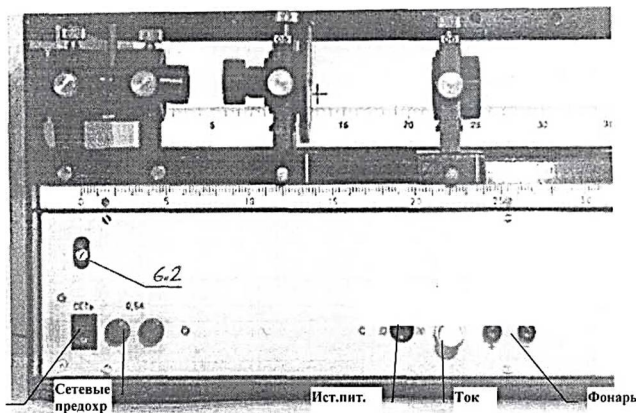
Лазер сәулесі **3-модульдің** шағылдырғыш айна көмегімен қораптың артқы қабырғасына орналасқан **4 экранға** бағытталады.

Қондырғы ішінде қондырғының ток көзі блогына қосылған электр жүйесі орналасқан.

Электр жүйесінен СГ-5 типті 4 қосу нүктелері шығарылған, олардың екеуі қорап қабырғасының бүйір бетінде, ал қалған екеуі – артқы қабырғаға шығарылған.

Қосу контактілерінің міндеттері:

1 – фотоқабылдағыштың сигналы; 2 – жалпы; 3 – ток көзі "+12В" (лазер мен фототіркегіштің ток көзі); 4 – шалаөткізгішті-лазердің ток көзі (ток реттегішін қосу нүктесі); 5 – ток көзі "-15В".



1.2-сурет. Ток көзі блогы панелінің алдыңғы көрінісі

Ток көзі блогының тағы бір қосу нүктесі "ИСТ. ПИТ." каркас бетіне орналасқан. Қосу нүктесі бар байланыстар параллель жалғанған.

Қосу нүктелерінің біреуі шалаөткізгішті лазерге, ал екіншісі – фототіркегішке жалғанған.

Ток көзі блогын оптикалық орындықтың сол жағындағы астыңғы бөлікке (1.2-сурет) орналасқан.

Блоктың бетінде "ИСТ. ПИТ." деп белгіленген қосу нүктесі, "ТОК" деген белгіленуі бар реостат және полярлы нұсқауы бар "ФОНАРЬ" деп белгіленген фонарлардың ток көзінің екі ұяшығы орналасқан.

Реостат 0-80мА аралығындағы лазер тогын және фонарьлардың ток көзін ток реттейді, сонымен қатар лазер тогының максимум мәніне фонарьдың сәйкес ұяшығына қосылған токтың минимум мәні жауап береді.

Осы панельде 1А-да жүйелік сақтандырғыш және "СЕТЬ" ток көзін қосатын тумблер орналасқан.

Жүйелік ток көзі кабелі тесік арқылы қондырғының артқы қабырғасында орналастырылған және артқы қабырғасында қосу нүктесі бар.

Қондырғының оң жақ бөлігі, оптикалық орындықтың төменгі жағында газды лазердің ток көзі орналасады.

Лазерді басқару мүшесі – газды лазерді қосу тумблері.

Қондырғының артқы қабырғасында (1.1-сурет) **экран 4** орналасады.

Ол бөліктерінің құны **1 мм** ұзындықтағы **73 см** шкаладан тұрады.

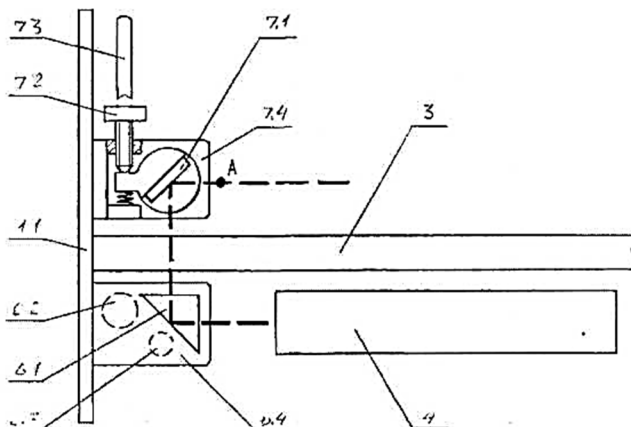
Экран шкаласының нөл нүктесі оптикалық орындық сызғышы нөлінің тұсына орналасқан (ауытқуы **1мм** аспайды).

Шкаланың жоғарғы жағында координаттары **13,0 см** және **70,0 см** екі крест пішіндегі белгілер көрсетілген, олар қондырғыны баптау кезінде қолданылады.

Бұл белгілердің центрлері қондырғының оптикалық осі деңгейінде болады.



1.3-сурет. Экран



1.4-сурет. Лазер сәулесінің қондырғының
оптикалық осіне шығу (қосу) сұлбасы

1.4-суретте лазер 4 сәулесінің қондырғының оптикалық осіне шығу (қосу) сұлбасы көрсетілген.

Сәуле шоғы алғашқыда 1-модульдің 6.1 призмасының бір жағынан, одан соң 2-модульдің 7.1 айнасынан шағылады.

Призма 6.1 айналатын 6.3 ілгекке (кронштейн) бекітілген, ол панельден шығатын 6.2 тұтқамен айналады (1.4-сурет).

Тұтқаны айналдыру кезінде (сыртқы шығып тұрған бөлігін жоғары-төмен қозғағанда) сәуле түсетін А нүктесі горизонталь бойымен оң және сол бағытта жылжиды.

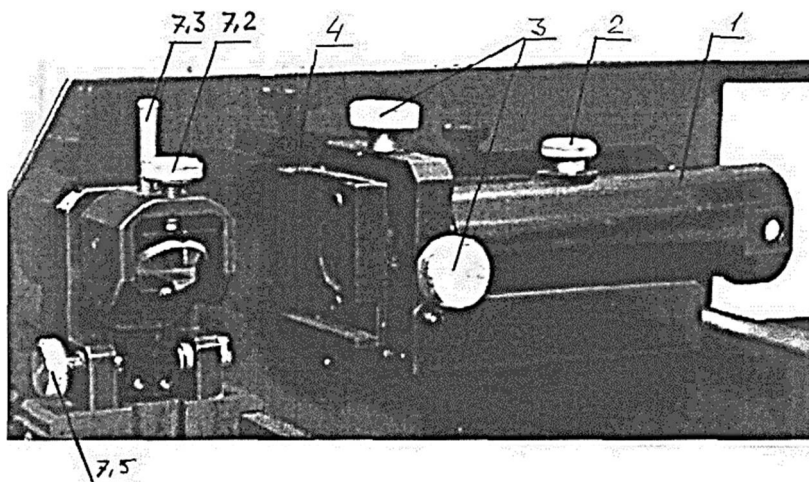
2-модуль орналастырылған рейтердің орын ауыстыруы кезінде оптикалық орындық бойымен сәуленің кіріс нүктесі А вертикаль бағытта жоғары және төмен орын ауыстырады.

7.2 бұранда көмегімен 7.1 айнаны бұрған кезде сәуле тік жазықтықта бұралады.

7.4 тұтқа көмегімен 7.3 кронштейннің бұрған кезде сәуле горизонталь жазықтықта бұрылады.

Осының нәтижесінде, сәуленің қажетті күйі мен бағыты анықталады.

7.3 тұтқаның аз дәлдіктегі қондырғыны тәжірибеге дайындау баптауы 7.5 бұранданың өте дәл баптауын нақтылайды (1.5-сурет).



1.5-сурет. 2-модуль "Жоғарғы айна" және модуль 21
"Жарықтандырғыш"

1 – жарықтандырғыш корпусы; 2 – фокустау кезінде шамды бұруға арналған бұранда; 3 – фонарьдан (шамнан) шығатын жарық шоғын бұратын бұрандалар; 4 – жарық сүзгілеріне арналған кассета

Қыздыратын қуатты (5-20 Вт) шамы бар жарықтандырғыш арнайы сұраныс бойынша әкелінеді және қондырғының қабырғасында орналастырылады (1.5-сурет).

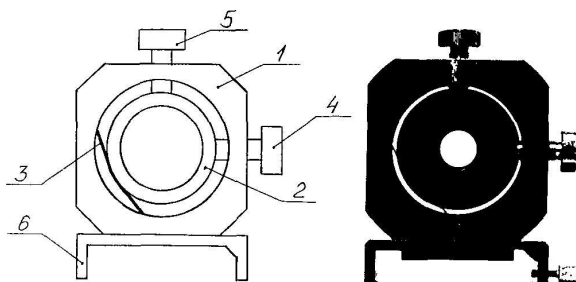
1.5-суретте жоғарғы айна қондырғының оптикалық осіне лазердің сәулесін бағыттау күйі көрсетілген.

Жарықтандырғыш сәулесін қондырғының оптикалық осіне бағыттау үшін жоғарғы айнаның (2-модуль) 7.3 тұтқасын горизонталь күйге бұру керек. 4 кассетасына 28-модуль "Жарық сүзгіштер блогы" орнатылады.

Қажетті тәжірибені жасау үшін оптикалық сұлбаны жинау керек, яғни оптикалық орындайтын оптикалық қондырғылары бар (модульдер) рейтерлер және кассеталарында оптикалық нысандар қойылған ұстағышты рейтерлер орнатылады.

Ұстағыштар

Кейбір модульдерде екікоординатты немесе айналмалы ұстағыштар бар.

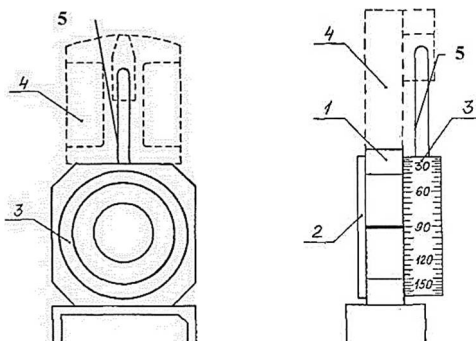


1.6-сурет. Екі координатты ұстағыш

Екікоординатты ұстағыш (1.6-сурет) **1** корпустан және **2** қораптан тұрады, қорап жазық серіппемен **3** бекітілген және тепе-теңдік күйден ± 2 мм аралығында горизонталь және вертикаль бойынша **4** пен **5** екі бұранда арқылы жылжиды. Корпус рейтерге **6** бекітілген.

Қорап горизонталь ось (қондырғының оптикалық осінде) бойымен кез келген еркін бұрышқа бұрылуы мүмкін.

Мұндай ұстағыштар **2, 6, 8-модульдерден** тұрады.



1.7- сурет. Айналмалы ұстағыш

Айналмалы ұстағыш (1.7-сурет) **1** корпустан және **2** қораптан тұрады, олар дөңгелек шкаламен **3** қосылған.

Корпуста шкалаға қарама-қарсы (риска) белгі жүргізілген. Қорапты **5** тұтқасының көмегімен горизонталь ось бойымен бұрады.

Бұрыштық координаттар және бұрылу бұрыштары бөліктерінің құны 5 градус шкала бойынша анықталады, сонда шкала бойынша есептелінген бұрыш шамасы 1 градус болатын қателікпен өлшенеді.

Мұндай ұстағыштар **10, 11 және 12-модульдерден** тұрады.

12-модульде бөліктерінің құны 1 градус болатын және қателіктері 0,5 градустан аспайтын 4 қосымша шкала бар.

Оптикалық қондырғылар (модульдер)

Оптикалық сұлба енгізу үшін оптикалық орындыққа сәйкес модульдерді орнатады.

Модуль рейтері оптикалық орындықта бұрандамен бекітіледі.

Рейтерлерге **белгілер (рисктер)** жүргізілген, олар оптикалық орындықтың шкаласы бойынша нысанды және фокальды жазықтықтардың орнын және координатын, сондай-ақ модульдер кассеталарындағы нысандардың орналасу жазықтықтарын анықтайды.

1.1-кесте

Модульдер белгілерінің орны

Модуль	Белгілер орны
M3 - Микропроектор	Микропроектор линзаларының нысандық жазықтығы кассетада нысандарды орналастыру жазықтығы (F жазықтығы, 1.9-сурет)
M5 - Конденсор	Линзаның фокустық жазықтығы, ол экранның жазықтығы
M6 - Объектив	Объективтің орналасу жазықтығы (жұқа линза)
M8, M10 - Кассеталар	Кассеталарда нысандардың орналасу жазықтығы
M13 - Айналмалы стол	Стол ортасының орны (нысандардың орналасу орны)

3-модуль. Микропроектор

1.8-суретте қондырғының экранында лазер шоғының зерттелетін нысандар арқылы өтуі кезіндегі лазер сәулесінің интенсивтіліктің кішімасштабты таралуын, сондай-ақ интенсивтіктің таралуы шамасын және нысандар өлшемін анықтауға арналған.

1.9-суретте оптикалық орындықта 2 қондырылған модульдің 3 жоғарыдан көрінісі берілген. 1 кассетасының F нысандық жазықтығында орналасқан нысандар немесе интенсивтіктің таралуы 6 экранда линза 3 арқылы көрсетіледі.

Жарық шоғының бұрылуы 9 кронштейнге бекітілген 8 айнадан шағылуы арқылы пайда болады. 4 белгісі (риски) F нысандық жазықтықтың орнын көрсетеді.

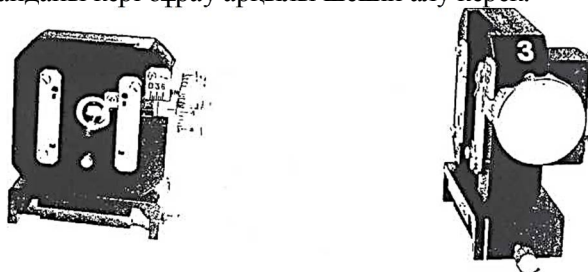
Линза қорабы (оправасы) 5 есептеу шкаласы бар барабанмен бұранда арқылы орын ауыстырады, осы кезде нысан көрінісі 6 экран бетімен орын ауыстырады.

Фотодатчиктің айнасының бойымен кескінді ауыстыра отырып, кескін интенсивтігінің таралуын анықтауға болады.

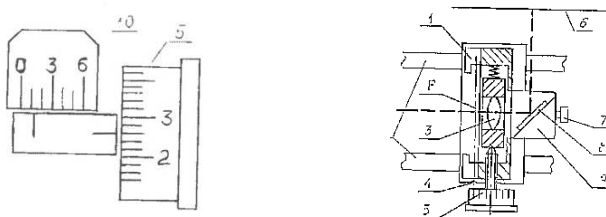
Ол үшін модульдің корпусындағы 10 шкала және есептеу барабанының 5 шкалалары (ондық және жүздік үлестерге дейін) бойынша шкала бөлігіндегі қажетті нүктенің координатын анықтаймыз. Есептеу әдісі 1.9-суретте көрсетілген.

Шкаланың құнын (жуықтағанда 1 мм) үлгілеу торы арқылы анықтайды.

Тік сәуледе тәжірибе жүргізу үшін айнасы бар 9 кронштейнді екі 7 бұранданы кері бұрау арқылы шешіп алу керек.

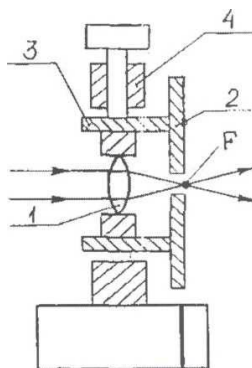
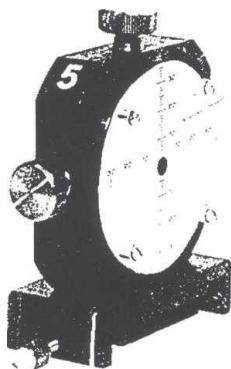


1.8-сурет. 3-модуль – микропроектор



1.9-сурет. Микропроектордың сұлбасы. Шкалалармен жұмыс жасау (1,26 бөлік бойынша есептеу)

5-модуль – Конденсор



1.10-сурет. 5-модуль – Конденсор

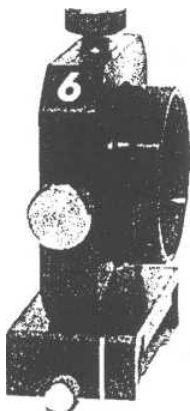
1.10-суретте 5-модуль (конденсор) көрсетілген, ол 1 қысқафокустық линзадан фокустық жазықтығында орналасқан 2 экраннан тұрады.

Олар 4 екі координатты ұстағышта 3 қораптың көмегімен орнатылған.

Экранда екі координатты 5 шкала сызылған.

Лазер сәулесінің шоғы экран екі жазықтығында «нүктелік жарық көзі» құра отырып линзаның фокусында F жиналады.

6-модуль – объектив

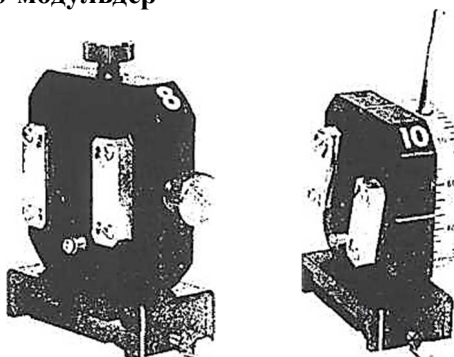


1.11-суретте 6-модуль (объектив) көрсетілген, ол екікоординатты ұстағышта орналасқан фокус аралығы 120 мм жұқа линзадан тұрады.

6-модуль 5-модульмен бірге геометриялық оптика бойынша тәжірибелер үшін лазерлік сәуле шоқтарын қалыптастырады.

1.11-сурет
6-модуль – объектив

8 және 10-модульдер

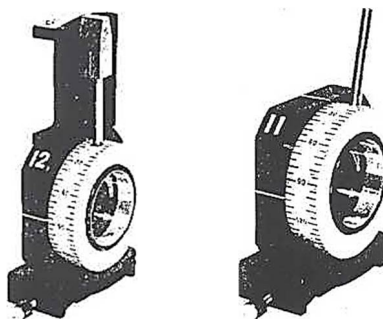


1.12-сурет. 8 және 10-модульдер

1.12-суретте 8 және 10-модульдер көрсетілген, олар оптикалық нысанды экрандар орнатуға арналған кассеталардан тұрады.

Тәжірибені жүргізу барысында нысанның орын ауыстыру мақсатына байланысты модуль таңдалады.

11 және 12-модульдер – поляризаторлар

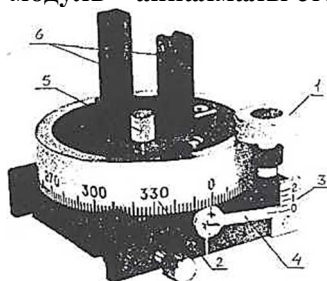


1.13-сурет. 11 және 12-модульдер. Поляризаторлар

Поляризаторлар жазықтықтары (поляризатор арқылы өткен сәуленің E векторының тербеліс жазықтығы) айналмалы ұстағыш барабандары тұтқасының бағытына параллель орнатылған.

11 және 12-модульдер (1.13-сурет) құрамында қондырғының оптикалық осінің бойымен бұрыла алатын поляризатордан бар.

13-модуль – айналмалы стол



1.14-сурет. 13-модуль – айналмалы стол

1.14-суретте 13-модуль – айналмалы стол көрсетілген.

13-модуль нысандарды орнату үшін қолданылады, олар вертикаль ось айналасында бұру, сондай-ақ бұрыштық координаттарды және бұрылу бұрыштарын есептеу үшін қажет.

Столдың бұрылуын тұтқамен 1 жүргізеді, бұрыштық координаттарды есептеу негізгі шкала 2 бойынша (бөлігінің құны 2°) және нониус 3 бойынша (бөлігінің құны: $0,5^\circ$) жүргізіледі.

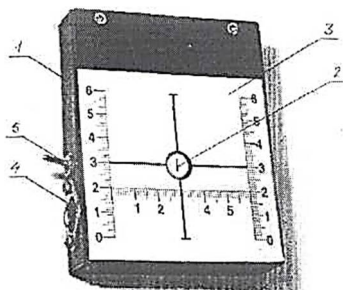
4 тұтқаны оның вертикаль белгісі негізгі шкаланың бір бөлігімен сәйкес келгенше бұрайды және негізгі шкала бойынша бұрылу бұрышын өлшейді.

Осыған нониус бойынша есепті қосады.

Бұрылу бұрышын бұрыштық координаттардың айырымы ретінде анықтайды.

Нысандардың 6 ұстағыштары мен айналмалы столдың көлбеулігі бұран 5 арқылы реттеледі.

4-модуль – фототіркегіш



1.15-сурет

4-модуль – фототіркегіш

1.15-суретте 4-модуль – фототіркегіш көрсетілген, ол лазер сәулесі интенсивтігінің таралуын өлшеу үшін қолданылады. Корпуста 1 фототокты күшейтетін және сандық вольтметрі бар фотодатчик орналасқан.

Аспаптың алғашқы 3 ортасындағы крест тәрізді белгінің (визир) центрінде фотодатчиктің саңылауы 2 (өлшемдері 0,3-0,4 мм) бар.

Аспаптың сол жақтауында СГ-5 типтегі ток көзін қосу нүктесі және жұмыс мақсатына байланысты реттегіш тумблер 5 орналастырылған.

Аспап ток көзінің айырғышына қондырғы бойында орналасқан СШ-5 екі ажыратқышы бар кабельмен жалғанады.

Фототіркегіш корпустың артқы қабырғасындағы штырлардың көмегімен қондырғы каркасының артқы қабырғасындағы тесікке қойылады.

Сонымен қатар фотодатчиктің саңылауы қондырғының оптикалық осінде орналасқан.

Әртүрлі мақсаттарды ауыстыратын тумблер 2 күйде болады.

Тұтқаның **жоғарғы күйінде** (фототіркегіштің режимі) фототіркегіштің сандық дисплейі бөлігінің 0,5 нА құны бар фотодатчиктің ток күшін көрсетеді.

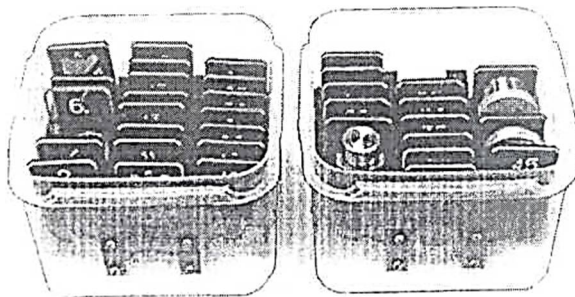
Ток күші датчиктің саңылауына түсетін жарық ағынына пропорционал.

Фотодатчиктің **коэффициенті 2мВ/нА** күшейтілген сигналы ажыратқыштың контакт «1» қосылады.

Тұтқаның **астыңғы күйінде** вольтметр фототіркегіші бөлігінің құны 1мВ ажыратқыштың контакт "1" кернеуді өлшейді.

Бұл контактқа қосымша фотодатчиктен немесе басқа сигнал көзінен кернеу беруге болады.

Оптикалық нысандар



1.16-сурет. Қорап-кассеталардағы нысандар жинағы

Зерттелетін нысандар жиыны қондырғының бойында орналасқан қорап-кассеталарда сақтайды.

Нысандар, әдетте өлшемдері 80*40*4мм экранға бекітілген, олар кассеталарға функционалды модульдерді орналастырады.

Оптикалық нысандар (кюветтер) экрансыз қолданылады.

Оптикалық нысандар нөмірлері экрандарға бекітілген. Барлығы 37 оптикалық нысандар бар.

2-нысан – Тікбұрышты шкала 1,00 мм

4-нысан – Жазықпараллельді шыны пластина, қалыңдығы 1,0 мм

5-нысан – Жазықпараллельді шыны пластина, қалыңдығы 4,0 мм

6-нысан – Пластмассалы пластина, қалыңдығы 3,85 мм

7-нысан – Шыны сына, бұрышы ($\alpha=2,0$ градус)

8-нысан – Призма крон 60°

9-нысан – Призма флинт 60°

11-нысан – Бипризма

12-нысан – Линза $i=+(300 - 500)$ мм

13-нысан – Линза $f=+(40 - 60)$ мм

14-нысан – Линза $f=-(150 - 300)$ мм

15-нысан – Диск 2,0 мм

16-нысан – Зоналы пластинка

17-нысан – Күрделі пішінді дене (фигура)

18-нысан – Дөңгелек тесік 1,0 мм

19-нысан – Дөңгелек тесік 2,0 мм

20-нысан – Квадрат тесік 2*2 мм

21-нысан – Тікбұрышты тесік 1*2 мм

22-нысан – Үшбұрышты тесік

23-нысан – Саңылау 0,5 мм

24-нысан – Саңылау 1,0 мм

25-нысан – Микрометрлік жылжымалы саңылау

26-нысан – Диафрагма 0,5-5 мм

27-нысан – Екі саңылау, қадам ($d=1,0$ мм)

28-нысан – Екі саңылау, қадам ($d=2,0$ мм)

29-нысан – Үш саңылау, қадам ($d=1,0$ мм)

30-нысан – Төрт саңылау, қадам ($d=1,0$ мм)

31-нысан – Сызықты дифракциялық тор, қадам ($d=0,3$ мм)

32-нысан – Сызықты дифракциялық тор, қадам ($d=0,6$ мм)

33-нысан – Квадрат пішінді дифракциялық тор

34-нысан – Тіктөртбұрышты дифракциялық тор

35-нысан – Қисықбұрышты дифракциялық тор

36-нысан – Ретсіз дифракциялық тор

37-нысан – Поляризатор

39-нысан – Кристалды пластина (слюда)

44-нысан – Сұйықтық үшін кювета 120 мм

45-нысан – Шкалалы еркін экран

Нысандардың көп бөлігі – жұқа пластиналар, пленкалар немесе линзалар, олар нысан экранының ортаңғы жазықтығында орналасқан.

Экранды функционалды модульдің кассетасына орнатқан кезде бұл жазықтық рейтердің белгісіне қарсы немесе модульдегі басқа сипаттамалық белгіде болады.

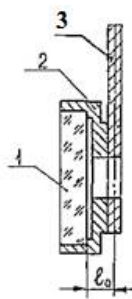
Белгі (риск) оптикалық орындықта нысан координатын анықтайды.

2-нысан – 1 мм қадамдағы тор, ол оптикалық аспаптардың үлкеюін үлгілеу үшін қолданылады.

5-нысан (1.17-сурет) – **4 мм** қалыңдықтағы жазық параллель шыны пластина.

Қалыңдығының нақты мәнін қондырғының паспортында береді немесе студент өзі анықтайды.

Пластина 1 кронштейнге 2 бекітілген.



1.17-сурет.

5-нысан – 4 мм қалыңдықтағы жазық параллель шыны пластина

Пластинаның экранға жақын қабаты экран 3 орта жазықтығынан $L_0 = 9$ мм арақашықтықта орналасқан (бұл арақашықтық оптикалық құбылыстарды есептеу барысында қажет болады).

15-24 және 27-36-нысандар – өткізу коэффициенттері белгілі бір тәртіптегі пленкалар.

Пленкалар сапасы голография талаптарына сай.

Пленкалар механикалық әсерлесуге сезімтал, оларды қолмен ұстауға болмайды!

1.18-суретте нысан 25М-жылжымалы саңылау көрсетілген.

25М саңылауының бөліктерінің құны 0,05 мм болатын шкаласы бар, осы бойынша "көзбен" шамамен 0,01 мм қателіктегі өлшемдерді алуға болады.



1.18-сурет.

Нысан 25М – жылжымалы саңылау

39-нысан. 30-60 мкм қалыңдықтағы слюда пластинасы (нақты мәні паспортта берілген немесе студенттің өзі анықтайды).

Пластина жазықтығында кристалдың екі бас осі орналасқан, сыну көрсеткіштері $n_1 = 1,590$, $n_2 = 1,594$.

44-нысан. Сұйықтыққа арналған кювета (ыдыс).

Жарықтың сұйық (су) арқылы өтуі кезінде оптикалық құбылыстарды зерттеуге арналған.

Сұйықпен толтыру үшін кюветаның (ыдыстың) қақпағын бұрап алады, қорғаныс шынысын алып сұйықпен толтырады, сұйық бетінде аз мөлшерде дөңес мениск болуы керек.

Содан кейін шыныны менискке қойып, қақпағын жабады.

Осындай тәсілмен кюветаны (ыдысты) көпіршіксіз толтыруға болады.

Сұйықтық бағанасының биіктігі – 120 мм.

45-нысан – бос экран, бұл студентке қажетті нысанды орналастыруға арналған.

Баптау және өлшеу әдістері. Қондырғыны баптау

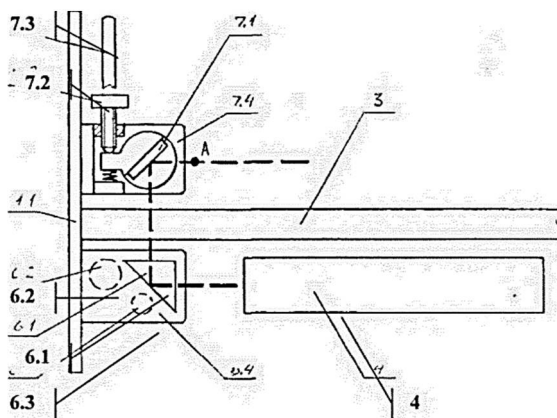
Баптау – қондырғының оптикалық осінде оптикалық элементтердің центрін және лазерлік сәулені анықтау болып табылады, олар рельстің жоғарғы қырынан 45 мм жоғарыда немесе рейтердің жоғарғы жазықтағынан 40 мм орналасқан.

Оптикалық элементтер тобының бірігіп баптауын дәлдеу деп аталады.

3-модуль. Микропроектор дәлдеу көрсеткіші деп саналады.

Дәлдеу алдында микропроектордың линзасы орталық орынға орнатылады (координаты 3 мм).

Дәлдеуден кейін оптикалық осьтің орны осы модульдің линзасының орталық нүктесінің орналасуымен анықталады.



Қайталау 1.4-сурет. Лазер сәулесі жолының сұлбасы

Лазерді қосқаннан кейін дәлдеудің **екі деңгейі жүргізіледі.**

Дәлдеу

Оқытушы жетекшілігімен орындалады.

Шамамен дәлдеу

6.2 тұтқасын (1.4-сурет) бұрап және **2 модульдің рейтерін** горизонталь бойымен солға немесе оңға жылжыту арқылы сәуле шоғын **7.1 айнасының** ортасына орналастырыңыз.

Содан кейін **7.3 тұтқасын және 7.2 бұрандасын** бұру арқылы шоқты оптикалық орындық бойымен бағыттаңыз.

Анық дәлдеу. Микропроекторды (**3-модуль**) белгінің (риски) **10,0 см** координатына орнатыңыз, осы кезде шоқтың шығу нүктесі айнадан шағылғаннан кейін **13,0 см** координатында болады және экранның сол жағындағы крест белгісіне қарсы орналасады. **6.2 тұтқасын** бұрау және **2-модуль** рейтерінің жылжыту арқылы лазердің сәуле дағының ортасын экрандағы крест белгісіне бағыттаңыз.

Микропроекторды белгінің (рискінің) **67,0 см** координатына ығыстырыңыз, осы кезде шоқтың шығу нүктесі айнадан шағылғаннан кейін **70,0 см** координатта болады және экран оң жақтағы крест белгісіне қарсы болады.

7.3 тұтқасын және **7.2** бұрандасын бұрау арқылы жарық дағының ортасын фототіркегіш шкаласының ортасымен қосыңыз.

Шоқтың орнын **7.5** бұранданың көмегімен анық баптау арқылы анықтаңыз (1.4-сурет).

Анық дәлдеу операциясын – жарық дағының номиналды ығысуы микропроектордың орын ауыстыруы кезінде осы дақтың радиусынан кіші болмағанға дейін **2-3 рет қайталаңыз**.

Рельске әрбір жаңа нысанды орнатқан кезде, алдымен нысанды ұстағыш бұрандалар арқылы экрандағы дақ ортасының бастапқы орынға қайтуына көз жеткізіңіз, яғни дақ лазерлік сәулені дәлдеу кезіндегі нүктеге орналасуы қажет.

Бұл оптикалық нысанның ортасы қондырғының оптикалық осінде жатқандығын білдіреді.

Енді тәжірибені жүргізуге немесе рельсте кезекті нысанды орнатуға болады.

Тәжірибе процесінде екікоординатты ұстағышты бұрандалар көмегімен нысандардың орнын ауыстыра отырып, экрандағы суретті бақылауға ыңғайлы немесе олардың орнын өлшеуге болатындай етіп жылжытамыз.

Мысалы, фототіркегіштің шкаласынан фотодатчиктің саңылауына дейін және керісінше.

Бойлық координаттарды және қашықтықтарды өлшеу

Мұнда оптикалық орындық бойында орналасқан сызғыш қолданылады.

Оптикалық элементтерді сипаттайтын нүктелер **координаттары рейтердегі белгілер (рискі)** көмегімен анықталады.

Кескіндер және толқынды фокустайтын нүктелер координаттары «айқындылыққа келтіру» әдісі арқылы анықталады: 3-модульдегі линзаның көмегімен фототіркегіштің экранында зерттелетін нүктенің анық қайталама кескіні алынады және 3-модульдегі рейтердегі белгі бойынша линзаның нысандық жазықтығының координаты есептеледі (1.9-сурет, F жазықтығы).

Қашықтықтар рейтердегі белгілер (риски) арасындағы координаттар айырымы бойынша анықталады.

Экран шкаласын қолдану кезінде микропроектордан сәуленің шоғының шығу нүктесі $b=30$ мм шамаға рейтердегі кескінге байланысты ауытқуын ескеру керек, сондай-ақ шоқтың шығу нүктесіне қарсы орналасқан экран нүктесі де ауытқиды.

3-модульдің жиі қолданылатын екі орны бар, бұл орындарда модульден шыққан жарық шоқтары қондырғы экранына тиісті элементтерге қарсы орналасады.

Бұл орындар:

Белгінің (рискінің) координатасы	экран элементі
100 мм	сол жақ крест тәрізді белгі
670 мм	оң жақ крест тәрізді белгі

Микропроекторды үлгілеу

Үлгілеудің негізгі мақсаты **3-модуль линзасының көлденең үлкейтуін** анықтау.

Үлгілеу үшін 3-модульді белгінің (риски) **670 мм** координатына жылжытамыз, ал оның алдыңғы жағына модуль 5 (немесе басқа элемент) орналастырамыз.

Бұл кезде лазер шоғы ұлғаюы (ені бойынша) керек және 3-модульдің нысандық жазықтығын диаметрі **5-10 мм** дақпен жарықтандырады және фототіркегіштің шкаласы толығымен көрінеді.

3-модульдің кассетасына әртүрлі нысандарды орналастыру нәтижесінде фототіркегіш экранында олардың кескінін анықтаймыз.

Кассетаға үлгілеу торымен бірге 2 нысанды орнатыңыз, оның бөліктерінің құны $h=1,00$ мм.

Фототіркегіштің шкаласы бойынша тордың бірнеше штрихтеріндегі кескіннің координаттарын анықтаңыз және тор сызығының көршілес кескіндерінің арасындағы H қашықтығын анықтаңыз.

Ескерту! Экран шкаласында зерттелетін кескіннің координатасының орталық нүктесі (центрі) оптикалық орындықтағы микропроектор белгісінің (рискінің) координатасынан 30 ± 10 мм артық болуы керек.

Бұл шарттың орындалмауы салдарынан өлшеу қателігі үлкейеді.

3-модуль – микропроектордың үлкеюі (проекциялық микроскоп)

$$\beta = H/h. \quad (1.1)$$

Көлденең өлшемдер және қашықтықтар

Егер өлшенетін өлшемдер бірнеше миллиметр шамасында болса, онда зерттелетін интенсивтіктің таралуын 5-модульдің шкаласы бар дөңгелек экранынға түсіреді.

Егер де анықталатын өлшемдер кіші шамалар болса, онда өлшеу үшін 3-модуль – микропроекторды қолданылады (проекциялық микроскоп).

Зерттелетін көрініс (мысалы, дифракциялық картина) немесе өлшенетін нысанды 3-модульдің нысандық жазықтығында орналастырады.

Үлкейтілген кескінді фотокабылдағыштың экранында бақылайды және кескіннің H өлшемін өлшейді. Нысан өлшемі

$$h = H/\beta, \quad (1.2)$$

мұндағы β – модуль 3 – микропроектордың көлденең үлкейту коэффициенті.

Ұзақ орналасқан нысандардың h_1 арақашықтығын өлшеу үшін микроскоптың (3-модуль) нысандық жазықтығында олардың кескінін алу керек, кескін арасындағы (1.2) бойынша h_2 арақашықтығын анықтап, h_1 есептеп алу керек.

Кескінді (6-модуль) объектив көмегімен немесе нысандар жинағындағы жинағыш линза арқылы алуға болады. h_1 анықтау әдістері «геометриялық оптиканың» кіріспе бөлімінде келтірілген.

Интенсивтіктің таралуы

Зерттелетін интенсивтіктің таралуын немесе нысан кескінін фототіркегіш саңылауына қажетті түрде беріледі және орналастырады (1.15-сурет).

Кескіннің орын ауыстыруы үшін оптикалық нысандардың екікоординатты ұстағышының дәлдеу бұрандалары қолданылады.

Кескіннің бағдарын өзгерту үшін екікоординатты ұстағыштың кез келген бұрышқа бұрылу мүмкіндігі қолданылады.

Интенсивтіктің таралуын өлшеу үшін кескінді **3-модульдегі** барабанды керекті бұрышқа бұра отырып ығыстырады және әр ығысудан кейін **кернеу шамасын есепке** алады.

Бір мезгілде микропроектордың шкаласы бойынша нысан нүктесіне сәйкес келетін координаттар анықталады.

Интенсивтіктің шамасы **шартты бірліктерде (милливольттарда) сандық вольтметр** арқылы анықталады.

Интенсивтіктің **абсолют мәнін** анықтау үшін **фототіркегішті үлгілеу** қажет (Фотометрия бөлімінде 2.2-тәжірибе).

Бірақ, тәжірибелердің басым көпшілігінде интенсивтіктің салыстырмалы мәнін анықтау жеткілікті.

Бұл кезде үлгілеу қажет емес, тек **интенсивтіктің милливольттағы шартты мәндері қолданылады.**

Ескерту!

1. Лазердің сәуле шығару қуаты 10-15 мин арасында баяу өседі.

Қызғаннан кейін 1-10 сек периоды бар қуат тербелістері және орташа қуаты 10 %-ға жуық амплитуда қалады.

Фототіркегіштің максимум көрсеткіштеріне сәйкес келетін нәтижелердің тұрақтылығы артады.

2. Поляризацияланбаған сәуле шығаратын лазерлердің нұрларында поляризацияның ретсіз өзгеруі байқалады.

Бұл жағдай поляризацияланған жарық арқылы өткізілетін тәжірибелерде интенсивтіктің тербелісі (өзгеруі) өте күшті болуы мүмкін, сондықтан тәжірибе нәтижелерін анықтау қиыншылыққа алып келеді.

Бірақ фотоқабылдағыштың максимум көрсеткішіне сәйкес келетін есептеулерді алсақ, алынған нәтижелер қанағаттанарлық болады.

Интенсивтіктің біршама тұрақталуы 1,9–2 сағ жұмыстан кейін байқалады.

Сәуле шығару көзі – монохроматты гелий-неонды лазер; толқын ұзындығы – 0,6328 мкм; қуаты – 1-3 мВт; ток көзінің кернеуі – 220 В, жиілігі – 50 Гц; пайдалану қуаты – 60 Вт; өлшемдері – 0.80*0,30*0,36 м; кешен салмағы – 40 кг.

№ 2 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС ЖҰҚА ЛИНЗАЛАРДЫҢ ФОКУС АРАЛЫҒЫ МЕН ҰЛҒАЙТУЫН АНЫҚТАУ

КІРІСПЕ

Линзалар – оптикалық жүйелердің әмбебап элементтері. Бинокулярларда, телескоптарда, теодолиттерде, микроскоптарда, т.б. құралдарда қолданады.

Геометриялық оптика дегеніміз – жарық сәулесін қолданатын оптиканың тарауы.

Жарық сәулесі – идеалданған түсінік. Оны шексіз жіңішке жарық шоғы деп есептеуге болады. Изотропты және біртекті ортада жарық сәулесі – толқындардың толқындық беттеріне нормаль бағытталған түзу сызық болып келеді. Жарық толқынның энергиясы осы сызықтардың бойымен таралады.

Жарық толқындардың интерференция және дифракция құбылыстарын ескермейтін жағдайларда, геометриялық оптиканы қолдануға болады (толқын ұзындығы өте қысқа болса). Бұл – жарық денеге немесе саңылауға түссе, олардың өлшемі толқын ұзындығынан өте үлкен болуы керек.

Геометриялық оптика – толқындық оптиканың шекті жағдайы болып саналады, яғни $\lambda \rightarrow 0$. Қарапайым оптикалық жүйенің бірі – жұқа линза. Жұқа линзалар негізінен көзілдіріктердің шынысы ретінде қолданылады. Линзаларды ұлғайтатын шыны ретінде де қолданады.

Проекциялық шамның, фотоаппараттың, т.б. оптикалық құралдардың жұмысын жұқа линзалар арқылы түсіндіруге болады.

Жұқа линзаның көмегімен айқын кескінді алу үшін жарық көзінен шыққан жіңішке жарық шоғы, бас оптикалық осьтің бойымен таралуы керек немесе оған өте үлкен бұрыш жасауы керек.

Жалпы жағдайда, мұндай шарттар орындалмағандықтан жұқа линза беретін кескін айқын болмайды. Сондықтан, көбіне күрделі оптикалық жүйелер қолданылады.

Жұмыс мақсаты: Жұқа линзалардың фокус аралығы мен ұлғайтуын анықтайтын тәсілдерді зерттеу.

Керекті құрал жабдықтар: ЛКО 1, **02-модуль, 05-модуль (қысқафокусты линза), 06-модуль (объектив), 03-модуль (Э2 проекциялық микроскоп), 08-модуль (екікоординатты ұстағыш),** экран Э3, фотоқабылдағыш, калибрлік тор (№ 2 объект), жинағыш линза (№ 12, 13 объект), шашыратқыш линза (№ 14 объект).

Теориялық кіріспе

Екі қисық бетпен шектелген біртекті мөлдір денені линза деп атайды.

Линзалар екі топқа бөлінеді. Олар: жинағыш (қос дөңес, жазық дөңес, ойыс дөңес) және шашыратқыш (қос ойыс, жазық ойыс, дөңес ойыс).

Жинағыш линзадан өткен жарық шоғының таралу бұрышы азаяды. Шашыратқыш линзадан өткен жарық шоғы шашырап таралады.

Бұл анықтамалар сәуле таралатын ортаның сыну көрсеткішінен линзаның сыну көрсеткіші артық болған жағдайда қолданылады.

Линзалар жұқа және қалың болып бөлінеді.

Шектеуші беттердің қисықтық радиусымен салыстырғанда линзаның қалыңдығы өте аз болса, мұндай линза **жұқа линза** деп аталады.

Жұқа жинағыш линзаны қарастырайық (2.1, а-сурет).

Сфералық шыны – екі сфералық бетпен шектелген қырналған шыны пластинасы.

Линзаның дәл ортасы жазық параллель пластина болып табылады.

Нөлден өзгеше бұрыш жасап түскен сәулелер осы пластинада түсу бағытқа қатысты ығысады.

Жұқа линзалардағы параксиал сәулелер үшін ығысу елемейтіндей аз.

Параксиал сәулелер линзаның геометриялық центрінен өткенде ауытқымайды.

Линзаның бұл нүктесі **оптикалық центр** деп аталады.

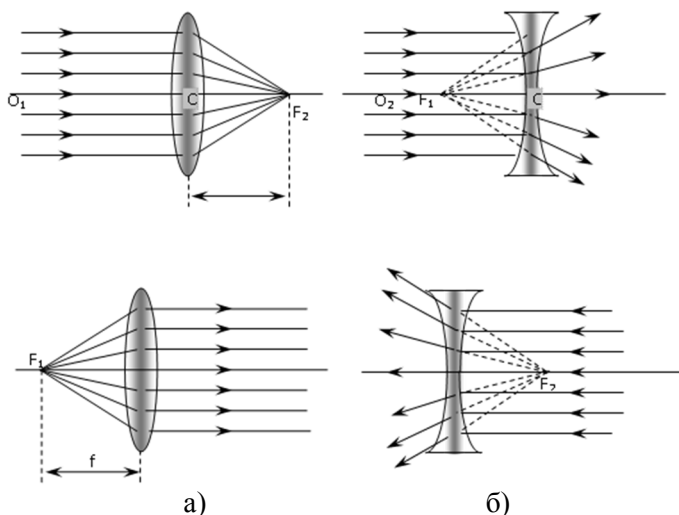
Оптикалық центр арқылы өтетін кез келген түзу **оптикалық ось** деп аталады.

Линзаның қисықтық радиус центрі (O_1 және O_2) арқылы өтетін түзу сызық **бас оптикалық ось** деп аталады.

Бас оське параллель линзаға түсетін сәулелер шоғы сынған соң бас осьтегі бір нүктеде қиылысады.

Бұл нүктені линзаның **бас фокусы** деп атайды.

Бас фокустар екеу, олар 2.1-суреттегі F_1 және F_2 нүктелер.



2.1-сурет. Бас оптикалық оське параллель сәулелер
(C – линзаның оптикалық центрі):

- а) жинағыш линзадан өткенде;
б) шашыратқыш линзадан өткенде

Бас фокустан линзаның оптикалық центріне дейінгі қашықтық (CF_1 және CF_2) линзаның **бас фокус аралығы** деп аталады.

Жинағыш линзалар үшін бас фокус аралығы оң шама, шашыратқыш линзалар үшін теріс.

Бұл анықтамалар біртекті ортамен қоршалған жұқа линзалар үшін және сәуле линзаға сырттан түскен кезде орындалады.

Линзаның фокус аралығына кері шама $D = 1/f$ линзаның **оптикалық күші** деп аталады да, диоптриймен өлшенеді.

1 диоптрий дегеніміз фокус аралығы 1 метрге тең линзаның оптикалық күші.

Шашыратқыш линзалар үшін бас фокус жалған болады, оларды табу үшін сәулелерді емес, олардың геометриялық жалғасын анықтайды (2.1, б-сурет.).

Жұқа линзалардың элементар теориясы линзаның f фокус аралығы мен линзаның затқа a және кескініне b дейінгі қашықтықтар арасында мынадай байланыс бар екендігін көрсетеді:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad (2.1)$$

Линзаның фокус аралығын беттердің қисықтық радиустары (R_1 R_2) және линзаның салыстырмалы сыну көрсеткіші n арқылы анықтауға болады:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (2.2)$$

Линза көмегімен зат кескінін салу үшін линза арқылы өтетін сәулелерді пайдаланады.

Әдетте төмендегі үш сәуленің екеуін тандап алады (2.2-сурет):

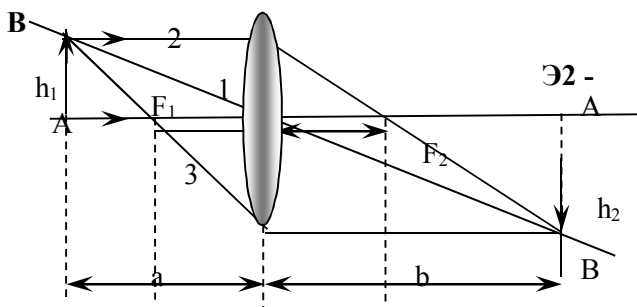
- оптикалық центр арқылы өтетін 1-сәуле (ол линзадан сынбай өтеді);

- линзаның бас оптикалық осіне параллель түсетін 2-сәуле (бұл сәуле линзадан шыққан кезде оның бас фокусы арқылы өтеді);

- линзаның бас фокусы арқылы өтетін 3-сәуле (линзада сынған соң оның бас оптикалық осіне параллель болып шығады).

- АВ дененің A^1B^1 кескіні оның линзадан қандай қашықтықта орналасқанына байланысты: ұлғайған не кішірейтілген, **шын** не **жалған** болуы мүмкін.

Дене кескіні сәулелердің өзінен емес, олардың жалғасынан пайда болса кескін **жалған** болды. Дене кескіні биіктігінің (h_2) оның нақты биіктігіне (h_1) қатынасы **сызықтық ұлғаю** деп аталады.



2.2-сурет. Жинағыш линзада заттың кескінін салу

Ұлғаю коэффициенті

$$\beta = \frac{A'B'}{AB} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{b}{a} \quad (2.3)$$

Осыдан дене биіктігі h_1 немесе екі нүкте аралығын анықтау әдістері шығады.

Бірінші әдіс: a , b және h_2 -ні өлшеп h_1 шаманы анықтаймыз:

$$h_1 = \frac{a}{b} \cdot h_2$$

Екінші әдіс. Линзадан b қашықтықта өлшемі h_2 кескінді тауып, кескінді сол нүктеде (заттан $l = a + b$ қашықтыққа) өлшемі h_2 кескін пайда болғанша линзаны жылжытамыз.

Шынында да жаңа a қашықтық бұрынғы b қашықтыққа тең болады, керісінше b қашықтық a қашықтыққа тең болады.

Сонда, (2.1) және (2.3) теңдеулерден:

$$h_1 = \sqrt{h_2 \cdot h_2'} \quad (2.4)$$

Үшінші әдіс. Алдыңғы әдістердегідей емес, линзаны да, кескін көрінетін Э2 экранды да жылжытамыз (2.2-сурет.) Егер де алғашқы кескіннің өлшемі h_2 , ал линзаны d қашықтыққа ауыстырғанда h_2' болса (Э2 экранының жаңа жазықтығында), онда (2.1) және (2.3) шығатыны:

$$h_1 = \frac{d}{f} \cdot \frac{h_2 \cdot h_2'}{|h_2 - h_2'|} \quad (2.6)$$

Екінші және үшінші әдістерді жүқа да, қалың да линзаларға қолдануға болады.

Бұл әдістер линзаның қалай орналасқанын талап етпейді.

Үшінші әдісте линзаның орын ауысуын білсек жеткілікті.

Кескін салған кезде, линзаның оптикалық осіне аз бұрыш құрайтын (параксиал) сәулелерді қолданумен шектелуге болады.

Линзалардың бас фокус аралығын анықтау үшін дененің, линзаның, экранның нентрлері оптикалық орындыққа параллель сызықта орналасатындай, экран жазықтығы оптикалық орындыққа перпендикуляр және линза осі оған параллель болатындай етіп орнатамыз.

Параллель сәулелердің шоғы линзадан өткен соң жиналатын немесе шашыраған болады.

Өткен шоқ сәулелерінің қиылысу нүктесі линзаның фокаль жазықтығында жатады (2.1, а, б-сурет).

Бұл нүктені **нүктелік жарық көзі** деп қарастыруға болады.

Линзаның фокаль жазықтығындағы нүктеден шыққан толқын, линзадан кейін жазық болады (паралель сәулелердің шоғыры – 2.1, а-сурет), осыдан фокус аралығын табуға болады.

Жұмысты орындау тәртібі

1-тапсырма. Жарық шоғын линзалармен өзгерту

(қондырғымен алғаш рет таныстыратын сынама тәжірибе)

Оптикалық орындықта орналасқан 02-модульдің (М2) көмегімен лазер шоғын оптикалық орындықтың бойымен бағыттаймыз.

Тәжірибелерді орындау әдістері

1-тәжірибе. Лазердің сәуле шоғының бойымен экранды (ақ қағазды) жылжытып, жолын қадағалаңыз.

Шоқ жолына қысқа фокусты – 05 модуль (М5) линзаны қойыңыз (05-і модульді 02-і модульге жақын орналастырыңыз).

Линзадан өткен шоқтың таралуын қадағалаңыз.

Линзаның фокаль жазықтығында (М5-тің экран жазықтығы) жарықтың "нүктелік көзі" қалыптасқанына көзіңізді жеткізіңіз.

2-тәжірибе. Объективті (06-модуль) линзадан кейін қойыңыз (оптикалық орындықтың координат осі де X_1 координатпен өлшенеді).

Объективтің әртүрлі орында орналасуына байланысты шыққан шоқты зерттеңіздер.

Шашыраған, жиналған және жазық толқын алуға тырысыңыздар.

3-тәжірибе. Объективтен (М6) кейін проекциялық микроскопты – 03-модульді орналастырыңыз (М3-тің координатасы x_2).

Объективті жылжытып 03-модульдің жазықтығында сәулені фокустаңыз (яғни, экранда нүкте пайда болады).

Фокустау орындалғанда, М6 объективтің бір орны үшін М3-тің координатасын (x_2) табыңыз.

Өлшеулерді 2.1-кестеге жазыңыз.

2.1-кесте

Айқын кескін беретін М3, М5, М6 модульдердің координаттары

Модуль 06-ның бір орны үшін айқын кескін

№	М5 координатасы x , см	М6 Координатасы x_1 , см	М3 координатасы x_2 , см
1	6	29,2	57

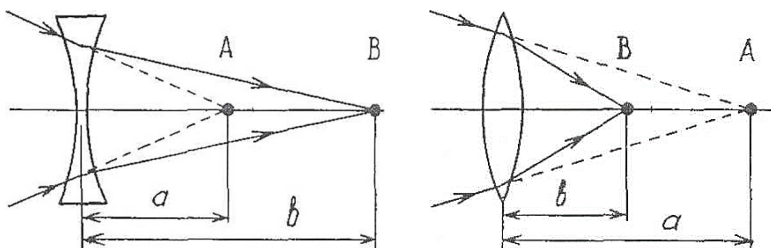
2.2-кесте

Сәуленің айқын кескінін беретін М6-ның екі орны үшін

М3 пен М5-тің координаттары

№	М5 координатасы X , см	М6 (бірінші координата) $(x_1)_1$, см	М6 (екінші координата) $(x_1)_2$, см	М3 координатасы x_2 , см
1	6	27,6	36,4	58
2	6	26,6	37,4	59
3	6	26	39,8	60
4	6	25,6	41,2	61
5	6	25,2	42,6	62
6	6	24,8	44,2	63
7	6	24,6	45,4	64
8	6	24,2	46,8	65
9	6	24,0	47,9	66
10	6	23,8	49,2	67

2-тапсырма. Линзалардың фокус аралығы және ұлғаюы

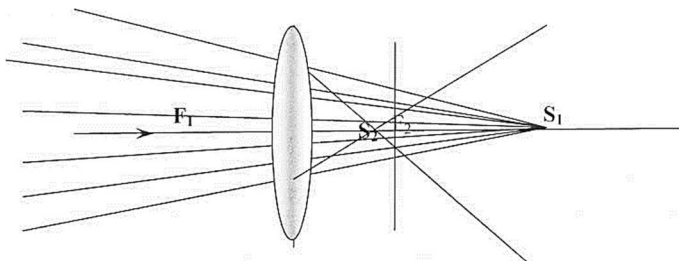


2.3-сурет. Жинағыш және шашыратқыш линзалардың көмегімен сәулелердің тоғысқан нүктесін өзгерту

Егер жинағыш линза заттың шын кескінін (2.2-сурет) беретін болса, оның фокус аралығын (2.2) формуламен немесе сызықтық ұлғаюын (2.5) формуламен анықтауға болады.

2.4-суретте төбесі S_1 нүктесінде болатын жарықтың тоғысатын шоғы көрсетілген.

Конус осін линзаның бас оптикалық осімен сәйкестіріп, жарық шоғы жолында жинағыш линза орнатылған.



2.4-сурет. S_1 нүктесінде тоғысатын жарық шоғы

Линзада сынған жарық сәулелері S_2 нүктеде қиылысады.

Егер де қондырғы аумағында кескінді алуға линза мүмкіндік туғызбаса, оның фокус аралығын тоғыстау толқынның фокустау нүктесінің ығысуынан анықтауға болады (2.3-сурет).

Тапсырманы орындау тәртібі

Линзаның бұрынғы фокустау нүктесінің A , жаңа фокустау нүктесінің B координаттарын өлшеп, линза формуласындағы a алдындағы белгіні өзгертіп, фокус аралығын анықтаймыз:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} - \frac{1}{a} \quad (2.7)$$

Жинағыш линза үшін $f > 0$, шашыратқыш линза үшін $f < 0$.

1-тәжірибе. Линзаның фокус аралығын анықтау.

1. Оптикалық орындыққа модульдерді келесі ретпен орнатыңыз:

02-модуль (M2) – айна; лазер сәуле көзінің жанында.

05-модуль (M5) – конденсор (линза $f=+12$ мм).

06-модуль (M6) – объектив ($f=+100$ мм).

03-модуль (M3) – микропроектор (линза $f=+15$ мм).

2. 06 мен 03 модульдерді жылжытып, экранда лазер сәулесінің фокусталған кескінін табыңыз. (Экранда айқын нүкте пайда болуы керек).

3. 2.3-кестеге M2, M5, M6, M3 модульдердің x_2 , x_5 , x_6 , x'_3 координаттарын жазыңыз.

4. 06 мен 03 модульдердің арасына 08 модульді (ұстағыш) қойып, оған № 13 объектіні (линза $f=+(25-30)$ мм) орнатыңыз.

5. 03 пен 08 модульдерді жылжытып, экранда фокусталған сәуленің кескінін табыңыз.

6. 2.3-кестеге 03 пен 08 модульдердің x''_3 және x_8 координаттарын жазыңыз.

7. a , b мәндерін есептеп (2.7) формуладан фокус аралығын табыңыз.

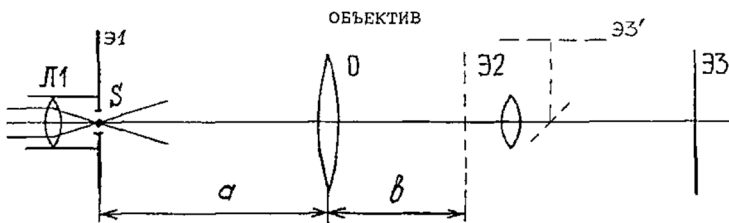
8. Осындай өлшеулерді № 12 (линза $f=+(300-500)$ мм) және № 14 (линза $f=-(150-300)$ мм) объектілермен орындаңыз.

2.3-кесте

02, 05, 06, 03, 08 модульдердің
координаттары және a , b , f мәндері

M2 x_2 , мм	M5 x_5 , мм	M6 x_6 , мм	M3		M8 x_8 , мм	$a =$ $x'_3 - x_8$ мм	$b =$ $x''_3 - x_8$ мм	f , мм
			x'_3 мм	x''_3 мм				

2-тәжірибе. Объективтің фокус аралығын анықтау



2.5-сурет. Қондырғы сұлбесі

Қондырғы сұлбесі 2.5-суретте көрсетілген.

Объектив – жұқа линза (06 модуль); S – нүктелік жарық көзі (05 модуль); Э3 – экран; Э2 – микропроектор (модуль 03); Э3 – фотоқабылдағыштағы экран.

1. Оптикалық орындыққа модульдерді келесі ретпен орнатыңыз: 02, 05, 06, 03.

2. Жұқа линзаны, яғни объективті (М6-ны) ары-бері жылжытып, сәуле көзінің кескінін экранда қалыптастырыңыз. (Экранда фокусталған нүкте пайда болуы керек).

3. Объективтің бір орны үшін x'_3 , x''_6 , x_5 координаттарды 2.4-кестеге жазыңыз. a_1 мен b_1 мәндерін есептеңіз.

4. Объективтің басқа орны үшін x''_3 , x''_6 , x_5 координаттарды 2.4-кестеге жазыңыз. a_2 мен b_2 мәндерін есептеңіз.

5. (2.1) формуламен f фокус аралығын есептеңіз.

Жұмыстың сапасын тексеріңіз.

Ол үшін объективті $a = f$ орынға орнатыңыз.

Ақ қағазды сәуле жолына қойып объективтен параллель сәуле шығатынын тексеріңіз.

2.4-кесте

02, 05, 06, 03, 08 модульдердің координаттары; a, b, f мәндері

М5 x_5 , мм	М6		М3		$a_1 =$ $x'_6 - x_5$ мм	$b_1 =$ $x'_3 - x'_6$ мм	f_1 мм	$a_2 =$ $x''_6 - x_5$ мм	$b_2 =$ $x''_3 - x''_6$ мм	f_2 мм
	x'_6 , мм	x''_6 , мм	x'_3 , мм	x''_3 , мм						

3-тәжірибе. Созылмалы сәуле көзінің көмегімен фокус аралығын анықтау

1. Оптикалық орындықта модульдерді жоғары тапсырмадағыдай орнатыңыз.

Нүктелік сәуле көзінің (М5) орнына созылмалы көзді орнатыңыз (08-ші модуль № 2 объектімен).

2. Экранда № 2 объектінің айқын кескінін табыңыз. $x'_{/3}$, $x'_{/6}$, x_8 координат мәндерін 2.5-кестеге жазыңыз.

3. Объективті басқа орынға жылжытып № 2 объектінің айқын кескінін табыңыз. $x''_{/3}$, $x''_{/6}$, x_8 координат мәндерін 2.5-кестеге жазыңыз.

4. a_1 , b_1 , a_2 , b_2 шамаларды есептеп, фокус аралығы f_1 мен f_2 есептеп кестеге жазыңыз.

2.5-кесте

02, 03, 06, 08 модульдердің координаттары
мен a , b , f мәндері

М ₂ X ₂ , мм	М ₈ X ₈ , мм	М ₆ 6		М ₃		$a_1 =$ $X'_{/6} - X_8$, мм	$b_1 =$ $X'_{/3} - X'_{/6}$ мм	f_1 мм	$a_2 =$ $X''_{/6} - X_8$ мм	$b_2 =$ $X''_{/3} - X''_{/6}$ мм	f_2 мм
		$X'_{/6}$ мм	$x'_{/6}$ мм	$X'_{/3}$ мм	$x'_{/3}$ мм						

4-тәжірибе. Объективтің ұлғаюын анықтау

1. Оптикалық орындықта модульдерді жоғары тапсырмадағыдай орнатыңыз.

2. Калибрлік торды (№ 2 объект) 03 модульдің кассетасына салыңыз.

3. Тордың кескінін экранда алыңыз.

4. ЭЗ экранда фотокабылдағыштың шкаласымен тордың H биіктігін өлшеңіз.'

5. Калибрлік торды 08 модульға салыңыз. Объективтің бір орны үшін (a_1) тордың H_1 биіктігін экранның шкаласымен өлшеңіз.

6. Объективті басқа орынға жылжытып (a_2) тордың H_2 биіктігін өлшеңіз.

7. Объективтің бірінші орны үшін β_1 ұлғаюын және екінші орны үшін β_2 ұлғаюын есептеңіз:

$$\beta_1 = \frac{H_1}{H} \quad \beta_2 = \frac{H_2}{H}$$

8. Барлық мәндерді 2.6-кестеге жазыңыз.

2.6-кесте

03, 06, 08 модульдердің координаттары
және a, b, H, β мәндері

М3 X ₃ , мм	М6		М8 X ₈ мм	a ₁ - X' ₆ - X ₈ , мм	b ₁ = X' ₃ - X' ₆ мм	a ₂ = x'' ₆ - X ₈ мм	b ₂ = x'' ₃ - x'' ₆ мм	H, мм	H ₁ мм	H ₂ , мм	β_1	β_2
	x' ₆ мм	x'' ₆ мм										

Бақылау сұрақтары

1. Қандай линзалар жұқа деп аталады?
2. Жинағыш линзадан өтетін сәулелердің жүрісін сызыңыздар.
3. Шашыратқыш линзадан өтетін сәулелердің жүрісін сызыңыздар.
4. Линза формуласын жазыңыздар.
5. Линзаның оптикалық күші дегеніміз не?

№ 3 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС ЖҰҚА ШЫНЫ СЫНАДА ЖАРЫҚТЫҢ СЫНУЫ ЖӘНЕ ШАҒЫЛУЫ

КІРІСПЕ

Сына дегеніміз – сындырушы бұрыш деп аталатын кіші екіқырлы бұрыш θ құрайтын, екі жазық сындырушы беттері бар оптикалық деталь.

Осы бұрыш сыну көрсеткішінен n тәуелді болғандықтан, сына арқылы жарық шоғының өтуі кезінде жарық дисперсиясы байқалады.

Дисперсияны азайту мақсатында түрлі жаққа бағытталған, екі қарапайым (крона және флинт) клейленген күрделі сыналар қолданылады.

Осы кезде берілген екі толқын ұзындықтары үшін ауытқу бұрыштарының теңдігіне қол жеткізуге болады.

Призмадағы жарық шоқтарының сынуы геометриялық оптикада қарастырылады. Геометриялық оптика (ГО) – жарық сәулесі туралы түсінікті қолданатын (жарық сәулесі шексіз тар жарық шоғы деп есептелінетін идеализация болып табылады) оптика бөлімі.

Изотропты және біртекті ортада сәулелер толқынның толқындық беттеріне нормаль түзу сызықтары болып табылады.

Осы сызықтар бойымен жарық толқындарының энергиялары тасымалданады.

ГО жарық толқындарының интерференциясы мен дифракциясын ескермеуге болатын жағдайда қолданылады (толқын ұзындықтары өте кіші жарық толқындарын қарастыру).

Яғни, жарық денеге немесе саңылауға түскен кезде олардың өлшемдері жарық толқын ұзындығымен салыстырғанда үлкен болуы керектігін көрсетеді.

Призмадағы сәулелердің сынуы практикада *рефрактометрлердің* кейбір түрлерінде қолданылады. Сыну көрсеткішін өлшеуге арналған оптикалық аспаптар осылай аталады. Зерттелетін зат тегіс сындырушы беттері бар призма формасына ие болуы керек.

Сұйықты жазық параллель қабырғалы призма формалы

кюветке құяды және гониометрдің орындығына орналастырылады. Ауытқу бұрышын θ өлшей отырып, призма затының сыну керсеткішін n есептейді.

Терезелі шыныда алыстатылған заттардың қос кескінінің пайда болуы жарық шоқтарының призмада кіші сыну бұрышының сынуымен түсіндіріледі.

Егер терезедегі шағылуға қарасақ, мысалы, алыстағы көше шамының немесе Айдың, онда осы шағылу жоқ болатынын байқаймыз. Бақылаушының қозғалысы кезінде шыныдағы екі кескін бір-біріне қатысты әрқалай орын ауыстырады.

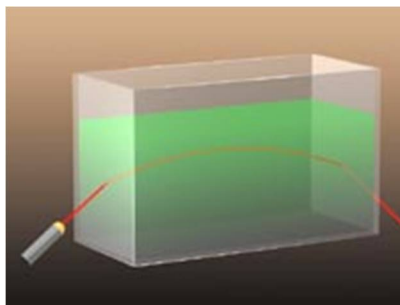
Кескіндердің қос болуы шыны пластинаның шамалы сыналығымен түсіндіріледі: кескіннің біреуі жарық шынының алдыңғы жазықтығынан, ал екіншісі – артқы жазықтығынан шағылу кезінде пайда болады

Жұмыстың мақсаты: жұқа сынаның сыну көрсеткіші мен сыну бұрышын анықтау.

Теориялық кіріспе. Жарықтың сынуы

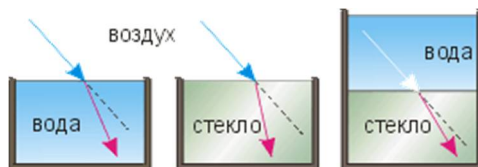
3.1-суретте лазерден шыққан сәуленің алғашқыда түзусызықты болғаны көрініп тұр. Бірақ-та, сәуле аквариумның шыны қабырғасынан өту кезінде бағытын өзгертті, яғни сынады.

Жарықтың сынуы деп жарық шоғы бағытының екі орта шекарасында өзгеру құбылысын айтады.



3.1-сурет. Лазер сәулесінің шыны және су арқылы өтуі

Екі орта беттесуінің үш түрлі жағдайын қарастырайық: ауа және су, ауа және шыны, су және шыны.



3.2-сурет. Лазер сәулесінің шыны және су арқылы өтуі

Оптикалық сәулеленулер үшін мөлдір әртүрлі заттар бірдей емес сындырушы қабілетіне ие болатынын 3.2-суреттен көруге болады.

Мысалы, шыны сәулені суға қарағанда күштірек сындырады. Әртүрлі ортаның сындырушы қабілеті 3.1-кестеде көрсетілген.

3.1-кесте

Кейбір орталардың сыну көрсеткіші

Вакуум	1	Су	1,33
Ауа	1.0003	Шыны	1.5-2.0
Мүз	1.31	Алмаз	2.42

3.1-кестеден шынының сыну көрсеткіші ауаның сыну көрсеткішінен, судың сыну көрсеткішіне қарағанда көбірек ерекшеленеді.

Сондықтан, ауадан шыныға өткен сәуле, ауадан суға өткен сәулеге, қарағанда көбірек сынады. Судан шыныға өткен сәуленің сыну бұрышы шама жағынан өте кіші.

3.1-кестеде ауаның сыну көрсеткіші бірге тең деп қабылданған. Ауаның сындырушы қабілеті вакуумнан өте аз мөлшерде бар болғаны.

03 %-ға ерекшеленетіндіктен, оптикалық қатынаста олардың арасында ерекшелік жасамауға болады. Кестеде келтірілген мәндер 20 °C кезінде сары жарық үшін өлшенген.

Жарықтың сыну заңы

Түскен сәуле және екі орта шекарасындағы сәуле түскен нүктеге тұрғызылған перпендикуляр арасындағы бұрыш α сәуленің **түсу бұрышы** деп аталады.

Сынған сәуле және екі орта шекарасындағы сәуле түскен нүктеге тұрғызылған перпендикуляр арасындағы бұрыш ү сәуленің **сыну бұрышы** деп аталады.

Жарықтың сыну кезінде барлық уақытта екі заңдылық орындалады:

1. Түскен сәуле, сынған сәуле және екі ортаны бөліп тұрған бетке жарық түскен нүктесінде тұрғызылған перпендикуляр барлық уақытта бір жазықтықта жатады.

2. Түсу бұрышы синусының сыну бұрышы синусына қатысы бар берілген екі орта үшін, сәуленің түсу бұрышына тәуелді болмайтын тұрақты шама болып табылады.

Осы тұжырымдар **жарықтың сыну заңын** береді:

n шамасы екінші ортаның бірінші ортаға қатысты **сыну көрсеткіші** деп аталады. Сол орта ретінде вакуум немесе ауа алынса, онда n мәндері 3.1-кестеден алынады.

Практикада жарықтың сыну заңы өрнегінің орнына оның дербес жағдайын қолданады:

жарық оптикалық тығыздығы аз n ортадан оптикалық тығыздығы көп n ортаға өткенде сыну бұрышы азайып, сынған сәуле екі ортаны бөліп тұрған жазықтыққа түсірілген перпендикулярға жақындайды. Кері жағдайда сынған сәуле перпендикулярдан алшақтап кетеді.

Егер жарық жазық параллель шыны пластинка арқылы өтсе, онда екі қайта сыну симметриялы болғандықтан, шыққан сәуле түскен сәулеге параллель болады.

Егер жарық пластинкаға нормаль бойымен түспесе, онда шыққан сәуле түскен сәулеге қатысты түсу бұрышынан, пластинка қалыңдығынан және сыну көрсеткішінен тәуелді болатын қашықтыққа ығысады.

Егер жарық шоғы призма арқылы өтсе (3.3-сурет), онда шығатын сәуленің бағыты өзгереді. Сонымен қатар шынының сыну көрсеткіші әртүрлі толқын ұзындықтары үшін бірдей емес, ол күлгін жарық үшін қызыл жарыққа қарағанда көбірек болады.

Сондықтан, призма арқылы ақ жарық өткенде оның әртүсті құраушылары спектрге жіктеле отырып, түрлі дәрежеде ауытқиды. Қызыл сәуле барлығынан аз ауытқиды, содан кейін қызыл сары, сары, жасыл, көк және ең соңғы көзге көрінетін түс күлгін сәулелері жайғасады.

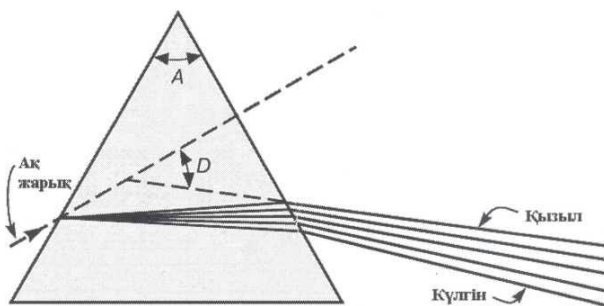
Сыну көрсеткішінің толқын ұзындығынан тәуелділігі дисперсия деп аталады. Дисперсия, сыну көрсеткіші сияқты материал қасиеттерінен көп тәуелді болады.

Бұрыштық ауытқу D (3.3-сурет) сәуленің призма арқылы симметриялы таралуы кезінде минималь болады, яғни сәуленің призмаға кіру кезіндегі түсу бұрышы, осы сәуленің призмадан шығу кезіндегі бұрышына тең болған кездегі осындай бұрыш минималь ауытқу бұрышы деп аталады.

Сындырушы бұрышы A (шыңдағы бұрышпен) және салыстырмалы сыну көрсеткіші n призма үшін, $n = \sin[(A+D)/2] / \sin(A/2)$ қатысы орынды, осы өрнек арқылы минималь ауытқу бұрышы анықталады.

3.3-суретте шын үшбұрышы ABC призмасының көлденең кимасы бейнеленген және ол арқылы жарық шоғының өтуі көрсетілген.

Призманың AB қырына ақ жарық шоғы түссін. Ол призманың бойымен екі рет сыну арқылы өтеді: бірінші ауадан шыныға өту кезінде және екінші рет шыныдан ауаға өту кезінде.



3.3-сурет. Шыны үшбұрышты призманың сындырушы әсері

Сынған жарық шоғы, бастапқы бағытынан ауытқи отырып жинақсыз болып қалады және оның жинақсыздығы AB қырына түскен жарық шоғының жинақсыздығымен салыстырғанда артады.

Жарық шоғының жинақсыздығы призмадан шығу кезінде:

- жарық көзінің призма алдындағы орнынан;

- призманың сындырушы бұрышы деп аталатын бұрышынан;

- призма затының тегінен;

- призмаға кіретін жарық шоғының түсінен тәуелді болады.

Мысалы, шыны және кварц призмалары көк түсті жарық шоғын қызыл түстіге қарағанда көбірек сындырады және ауыттырады.

Оптикалық сыналар

Сындыру бұрышы деп аталатын кіші екіқырлы бұрыш θ құрайтын, екі жазық сындырушы беттері бар оптикалық деталь сына деп аталады.

Кіші сындырушы бұрыш және кіші түсу бұрыштары кезінде сәуленің сынадан ауытқу бұрышы ω келесі өрнекпен анықталады:

$$\omega = (n - 1) \cdot \theta. \quad (31)$$

Осы бұрыш сыну көрсеткішінен n тәуелді болғандықтан, жарық шоғының сына арқылы өтуі кезінде жарық дисперсиясы байқалады. Дисперсияны азайту мақсатында әртүрлі бағытқа бағдарланған екі қарапайым (крон және флинт) жапсырылған күрделі сыналар қолданылады.

Осы кезде берілген екі толқын ұзындықтары үшін ауытқу бұрыштарының теңдігіне қол жеткізіледі.

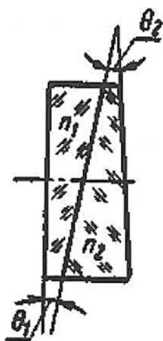
Мысалы, ω_F және ω_C . Осындай сына ахроматтық (3.4-сурет) деп аталады.

Сәуленің ахроматтық сынадан ауытқу бұрышы ω_1 және ω_2 бұрыштарының қосындысы $\omega_1 + \omega_2$ түрінде анықталады, мұндағы ω_1 – сәуленің бірінші сынадан ауытқу бұрышы, ω_2 – екінші сынадан ауытқу бұрышы.

ω_1 және ω_2 мәндерін (3.1) өрнегі арқылы өрнектеп, мынаны аламыз:

$$\omega = (n_1 - 1)\theta_1 + (n_2 - 1)\theta_2,$$

мұндағы, θ_1 және θ_2 – қарапайым сыналардың сындырушы бұрыштары, ал n_1 және n_2 – белгілі толқын ұзындықтары және сына материалы үшін сыну көрсеткіштері.



3.4-сурет. Ахроматтық сына

Өлшеу және дәлдеу мақсаттарында әр бағытқа бірдей бұрышқа φ (3.5, а-сурет) айналушы екі бірдей сына қолданылады.

Нәтижесінде айнымалы бұрышты сына құралады.

Сондай-ақ екі сына кескіннің жоғары дәрежелі дәлдікпен түзу сызықты қозғалысын қамтамасыз етеді.

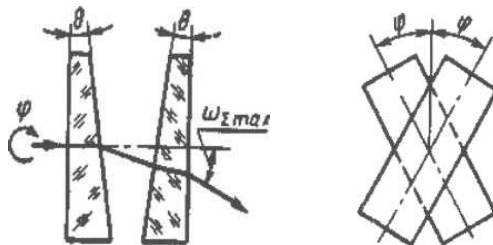
Сәуленің ауытқу бұрышы әрбір сынаның бұрылу бұрышынан тәуелді болады.

Ең жоғары қосынды ауытқу бұрышы $\omega_{\Sigma \max}$ сыналардың бас қималары бір жазықтықта жатқан кезде, ал сындырушы бұрыштары бір бағытқа бағытталған кезде (3.5, б-сурет) болады.

Егер ω_1 және ω_2 бұрыштары өзара тең болса, онда

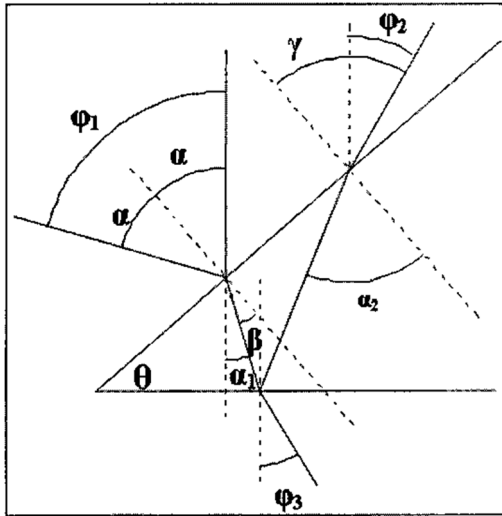
$$\omega_{\Sigma} = \omega_{\Sigma \max} \cos \varphi = 2(n - 1)\theta \cos \varphi.$$

Сыналардың айналуы кезінде қосынды ауытқу бұрышы азаяды және косинус заңы бойынша анықталады:



3.5-сурет. Сыналардың айналуы

Айналушы сыналарды сәулелердің параллель шоқтарында ғана орнатады.



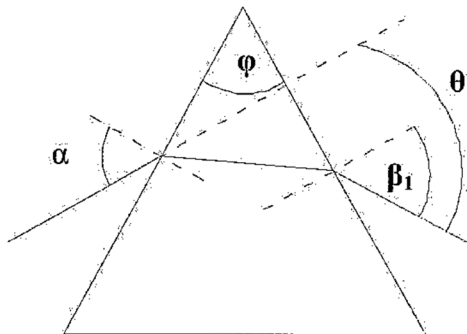
3.7-сурет. Шыны сынадағы сәулелердің шағылу және сыну сұлбасы

Сынаның бұрылуы нәтижесінде пайда болатын түсу бұрышының аздаған өзгерістерінде де ϕ мәні өзгермейді.

1-дәлелдеу. 3.7-суретте жарықтың сыну заңы бойынша аз түсу бұрышы кезінде, түсу және сыну бұрыштарының синустарын сол бұрыштардың шамасына алмастыруға болатындығын ескерсек:

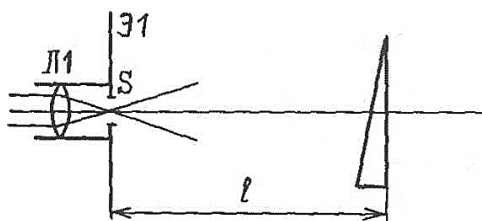
$$\begin{aligned} \angle \beta &= \angle \alpha / n; & \angle \alpha_1 &= \angle \alpha - \angle \beta = \angle \alpha - \angle (\alpha/n); \\ \angle 90 - \alpha_2 &= 180 - ((90 + \beta) + 2 \alpha_1) = 90 - \angle \alpha / n - 2\alpha + (2\alpha/n); \\ \alpha_2 &= 2\alpha - \alpha/n; & (\alpha_2/\gamma) &= (1/n), & \gamma &= \alpha_2 n = n(2\alpha - \alpha/n); \\ \phi_2 &= \gamma - \alpha = 2\alpha \cdot n - 2\alpha = 2\alpha(n-1) = (\alpha = \theta) = 2\theta(n-1); \\ \text{Сонымен,} & & \phi_2 &= 2\theta(n-1). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{2-дәлелдеу.} & & (\angle \alpha_1 / \angle \phi_3) &= (1/n); \\ \phi_3 &= n \alpha_1 = n(\angle \alpha - \angle (\alpha/n)) = n\alpha - (\alpha/n) = (n-1)\alpha = (n-1)\theta. \\ \text{Сонымен,} & & \phi_3 &= (n-1)\theta. \end{aligned}$$



3.8-сурет. Үшбұрышты призма арқылы лазерлік сәуленің өту сұлбасы

Тәжірибелерді орындау



3.9-сурет. Шыны сынаның сыну көрсеткішін анықтау үшін тәжірибе сұлбасы

Тәжірибе сұлбасы 3.9-суретте көрсетілген. Лазер сәулесі шоғының кірісінде орналасқан (**5-модульдің**) Л1 линзасы S нүктелік жарық көзін қалыптастырады.

1-тәжірибе

1. **5-модульден** $l \sim 40$ см қашықтықта екікоординатты ұстағыш арқылы (**10-модуль**) сынаны (**7-нысан**) орнатыңыз.

2. **5 және 10-модульдер** бұрандаларының көмегімен **5-модульдің** экранында екі бірқалыпты жарықталған кескін пайда болатындай етіп қозғаңыз.

(3.3) сәйкес бұл кескіндер бір-бірінен **h** қашықтықта пайда болады (дақтардың центрлерінің арасында):

$$h = 2n\theta \cdot l. \quad (3.4)$$

3. Экран шкаласы бойынша **h** және оптикалық орындық шкаласы бойынша **l** өлшеңіз.

4. Өлшеу нәтижелерін 3.2-кестеге жазыңыз.

Дақ диаметрі – 27 мм. Дақ радиусы – 13,5 мм.

Дақ центрлерінің арасындағы қашықтық – $13.5 + 10 + 7 + 13.5 = 44$ мм.

$$h_1 = 2n\theta l. \quad 2n\theta = h_1 / l = 44/400 = 0,11.$$

3.2-кесте

$2n\theta$ қосымша шаманың анықтамасы

№	$h_1(\text{мм})$	$l(\text{мм})$	$2n\theta$
1	44	400 /	0,11
2	-		

2-тәжірибе

1. Оптикалық орындықтан сынаны босатыңыз.

2. Оптикалық орындыққа нысанды (**6-модуль**) орнатыңыз және сәулені **3-модульдің F нысандық жазықтығындағы** кескінді фокустеңіз.

3. Нысаннан кейін сынаны орнатыңыз.

(3.2) сәйкес осы жазықтықтағы шоқ мынадай қашықтыққа орын ауыстырады:

$$h = (n-1)\theta l, \quad (3.5)$$

мұндағы l – сынадан F жазықтығына дейінгі **қашықтық**.

4. Сынаны орналастыру кезінде туындайтын кескіннің **H** ығысуы фотокабылдағыш шкаласы бойынша анық өлшенетіндей етіп l -ні таңдаңыз.

5. l және **$h=H/\beta$, ($\beta=20$)** өлшеңіз.

6. (3.4) және (3.5) бойынша **n** және **θ** анықтаңыз.

7. Өлшеу нәтижелерін 3.3-кестеге жазыңыз.

$$h_2 = (n-1)\theta l; \quad h_2 = H_2/\beta; \quad H_2/\beta = n\theta l_2 - \theta l = (0,11 l)/2 - \theta l;$$

$$l_2 = x_{м3} - x_{клина} = 670 - 634 = 36 \text{ мм};$$

$$\theta = ((0,11 \text{ л})/2 - H_2/\beta)/l; \quad H_2 = 15 \text{ мм};$$

$$\theta = 0,0342 \text{ рад}; \quad \theta = 1,96^0 = (1,96 \text{ градус});$$

$$8. n = (h_1 / 2\theta l) = (44 \text{ мм} / 2 \cdot 0,0342 \cdot 400 \text{ мм}) = 1,603.$$

3.3-кесте

Шыны линзаның сыну көрсеткішінің анықтамасы

№	l	H_2	$h_2(\text{мм})$	P	n	θ
	36	15	0,75	20	1,603	0,0342 рад.

Бақылау сұрақтары

1. Бірдей қалыңдық жолақтары.
2. 1-ші және 2-ші дәлелдеулердің ойжүгіртулер жолдарын қайталаңыз.
3. 3.8-суреттегі сәуле жүрісін түсіндіріңіз.
4. Жұқа сына үшін жарықтың сыну заңының ерекшелігі қандай?

№ 4 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС ШЫНЫ ПРИЗМА МЕН ЖАЗЫҚ ПАРАЛЛЕЛЬ ПЛАСТИНАДА ЖАРЫҚТЫҢ ШАҒЫЛУЫ МЕН СЫНУЫ

КІРІСПЕ

Жазық параллель пластина деп екі сындырушы параллель беттермен шектелген оптикалық детальды айтады. Жазық параллель пластинаны оптикалық жүйелерде басқа детальдармен бірге қолданады және оптикалық ось ретінде жүйе осін қабылдайды.

Жазық параллель пластиналарды оптикалық аспаптардың ішкі қуыстарын шаң және ылғалдан қорғау үшін қорғаушы шыны ретінде, шкала және анықтау белгілерін белгілеу үшін жарық фильтрлері ретінде қолданылады.

Геометриялық оптика – жарық сәулесі түсінігіне негізделген оптика бөлімі.

Жарық сәулесі идеализация болып табылады.

Шындығында жарық сәулесі ретінде шексіз *жіңішке* жарық шоғы қабылданады.

Изотропты және біртекті ортада сәулелер толқындардың толқындық беттеріне нормаль түзу сызықтар болып табылады.

Осы сызықтар бойымен жарық толқындарының энергиялары тасымалданады.

Геометриялық оптика, жарық толқындарының интерференция және дифракция құбылыстарын ескермеуге болатын (толқын ұзындығы өте қысқа жарық толқындарын қарастырғанда) жағдайда қолданылады.

Олай болса, жарық денеге немесе саңылауға түскен кезде олардың өлшемдері жарықтың толқын ұзындығымен салыстырғанда үлкен болуы керек.

Толқындық оптика геометриялық оптикаға $\lambda \rightarrow 0$ кезінде өтеді.

Жарықтың сынуын, сондай-ақ шағылуын да жарық көзі орнының «байқалатындай» өзгерісі ретінде қарастыруға болады.

Мысалы, су бетіне бұрышпен түсірілген түзу таяқтың байқалатындай иілуі.

Жарық көзінің жалған орны екі ортаны бөліп тұрған жазықтық шекарасына әртүрлі бұрыштармен түскен сәулелер үшін ерекшеленетін болады.

Сондықтан сыну кезінде жарық көзінің жорамал орны деген түсінік қолданылмайды.

Призма. Призмадан өткен жарықтың бұрылуын, призманың жазық қырларында, жарықтың призмаға кіруі кезіндегі және оның одан шығуы кезіндегі жарықтың қатар екі рет сынуы ретінде қарастыруға болады.

Төбесіндегі бұрышы өте кіші *жұқа призма* ерекше қызығушылық тудырады.

Жарық жұқа призмаға оның бетіне перпендикуляр түскен жағдайын қарастырайық.

Екі рет сыну нәтижесінде жарық сәулесі призма негізінің қысқа жағына, призманың бүйіріне перпендикуляр жазықтықта λ кіші бұрышқа бұрылады.

λ бұрышы жарықтың түсу бұрышы кіші болған кезде, түсу бұрышынан тәуелді болмайды, яғни, призма жарық көзінің «байқалатын» орнын призма бүйіріне перпендикуляр жазықтықта λ бұрышқа бұрады.

Френель бипризмасы екі жұқа призмадан тұрады. Нүктелік жарық көзінен таралған жарықты Френель бипризмасынан өткеннен кейін, екі нүктелік когерентті жарық көздерінен шыққан сәулелер ретінде қарастыруға болады.

Жұмыстың мақсаты: Үш жақты шыны призманың сыну көрсеткіші мен сыну бұрыштарын және жазық параллель пластинаның сыну көрсеткішін анықтау.

Теориялық кіріспе

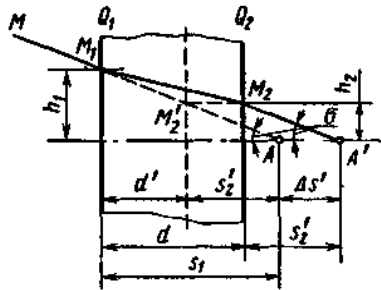
Жазық параллель пластиналар (ЖПП)

Жазық параллель пластина (ЖПП) деп екі сындырушы параллель беттермен шектелген оптикалық детальды айтады.

Жазық параллель пластиналарды оптикалық аспаптардың ішкі қуыстарын шаң және ылғалдан қорғау үшін, шкала және анықтау белгілерін белгілеу үшін жарық фильтрлері ретінде қолданылады.

Жинақсыз жарық шоғында орнатылған жазық параллель пластина кескіннің ұзаруы деп аталатын ΔS шамаға ығысуын көрсетеді.

Жазық параллель пластинамен оптикалық жүйелерді есептеу кезінде алмастыру (редуцирование) деп аталатын «пластинканың ауаға қатысты келтірілген қалыңдығы» әдісін қолданады.



4.1-сурет. Сәуленің жазық параллель пластинада сынуы (редуцирование)

Алмастыру қалыңдығы d жазық параллель пластинаны оптикалық қатынаста эквивалентті қалыңдығы d/n ауа пластинкамен алмастырудан тұрады.

Бұл жағдайда қырларындағы сынуды ескермейді. 4.1-суретте қалыңдығы d , сыну көрсеткіші n жазық параллель пластина арқылы өтетін еркін сәуленің жүру жолы көрсетілген.

Суретте осы сәуленің жолы M , M_1 , M_2 және A' нүктелері арқылы белгіленген, мұнда $MM_2'A$ $M_2'A$ -қа параллель.

Пластинканың Q_2 шығу қырын солға қарай, оның қалыңдығын азайта отырып, M_2 нүктесі MA сәулесінің жалғасына түскенге дейін жылжытамыз. M_2' жаңа нүктесін аламыз.

Осы кезде пластинканың шығу қыры жаңа орынды (штрихталған сызық) алады, ал пластинкадан шыққан M_2A' сәулесі – MA сәулесінің жалғасы $M_2'A$ сәулесімен дәл келеді.

Олай болса, M_2A' сәулесі жаңа пластинка арқылы сынуға ұшырамай өтеді, ол тек $n = 1$ жағдайында ғана мүмкін, яғни ауа.

Алмастырылған пластинканың d' қалыңдығын 4.1-суреттен табуға болады. Суреттен M_2M_2' ығысуы $\Delta S'$ ұзаруға тең.

$$\Delta S' = d \left(1 - \frac{\operatorname{tg} \varepsilon_1'}{\operatorname{tg} \varepsilon_1} \right), \quad (4.1)$$

екендігін оңай көрсетуге болады, мұндағы ε_1 -сәуленің түсу бұрышы; ε_1' -сәуленің пластинкадағы сыну бұрышы.

Түсу бұрышының кіші мәндерінде (4.1) өрнек қарапайым түрге айналады.

Тангенстердің қатынасын синустар және косинустар арқылы жазып, және $\sin \varepsilon_1 = n \cdot \sin \varepsilon_2$ екенін есепке ала отырып, келесі өрнекті жазамыз

$$\frac{\operatorname{tg} \varepsilon_1'}{\operatorname{tg} \varepsilon_1} = \frac{\sin \varepsilon_1' \cdot \cos \varepsilon_1}{\cos \varepsilon_1' \cdot \sin \varepsilon_1 \cdot n}, \quad (4.2)$$

$\varepsilon_1 \rightarrow 0$ кезде, $\cos \varepsilon_1 / \cos \varepsilon_1' \rightarrow 1$, яғни $\operatorname{tg} \varepsilon_1' / \operatorname{tg} \varepsilon_1 \rightarrow 1/n$, олай болса, шексіз кіші бұрыштар үшін қума ығысу

$$\Delta S_0 = d \cdot \frac{n-1}{n} \quad (4.3)$$

Сонда

$$d' = d - \Delta S_0 = \frac{d}{n}, \text{ т. е. } d' = \frac{d}{n} \quad (4.4)$$

Жазық параллель пластинканың алмастырылуы кезінде сәуле жолының барлық сыртқы элементтері шама жағынан өзгермейді, мысалы S_1 , S_2 кесінділері, h_1 , h_2 биіктіктері, т.б.

Алмастырылған пластинкалардан нақты пластинкаларға өткен кезде сәуле жолының ұзаруын есепке алуымыз керек, яғни d/n қалыңдығын d қалыңдыққа алмастыру керек.

Пластинка қалыңдығы оның дайындалу дәлдігіне қойылатын талапқа байланысты бекітіледі.

Дәл пластинкалардың қалыңдығы 1/8-1/10 диаметрді құрайды.

Шағылдырғыш призмалар және призмалар жүйесі.

Шағылдырғыш призмалардың негізгі қызметі:

- оптикалық ось бағытының өзгерісі, сонымен қатар жүйе осінің параллель ығысуы;
- кескінді айналдыру, сәуле шоқтарын бөлу және біріктіру;
- көздеу сызықтары бағыттарының өзгерісі;
- кескіннің айналуы немесе оның айналысының компенсациясы, бинокулярлық жүйелердегі окулярлар осьтерінің арасындағы қашықтықтың өзгерісі.

Айналармен салыстырғанда шағылдырғыш призмалар бірқатар басымдыққа ие:

- призманың шағылдырғыш беттерінің арасындағы бұрыштар өзгермейді, ал айналар арасындағы бұрыштар механикалық және термиялық әсерлер нәтижесінде өзгеруі мүмкін;
- бекітілуі қарапайым;
- қырларындағы толық ішкі шағылу жағдайында шығынның болмауы.

Призма ауытқу бұрышымен, сәуленің жол ұзындығы және кескінді айналдыру түрімен сипатталады.

Призмаларды есептеу кезінде, сәулелердің, оның басты кимасындағы жүру жолы қарастырылады, яғни призманың жақтарына перпендикуляр жазықтықтар.

Призмалардың өлшемдерін және сәулелердің жол ұзындығын табу үшін оптикалық жайма әдісі қолданылады, яғни, призма сәулелерді призма сияқты сындыратын жазық параллель пластинамен алмастырылады және онда сәулелердің шағылуы болмайды.

Призманы жазық параллель пластинаға жаймалау үшін призма қырларының айналық кескіндерін және әрбір шағылдырғыш беттен шағылған сәулені, шағылдырғыш қырлардан (сәуленің жүру жолы бойынша) сәулелердің шағылуы болатын ретпен тұрғызады.

Тұрғызылғаннан кейін шағылдырғыш қырлар есепке алынбайды, өйткені олар түзетілген сәулелер жүрісіне әсер етпейді.

Призмадағы сәуленің жүріс ұзындығының d сәулелер шоғының максимал диаметріне D қатынасы призма коэффициентін C анықтайды:

$$C = d/D.$$

Призмалар екі әріппен және санмен белгіленеді:

– бірінші әріп – шағылдыратын қырлар саны (A – 1 қыр; B – 2 қыр; V – 3 қыр).

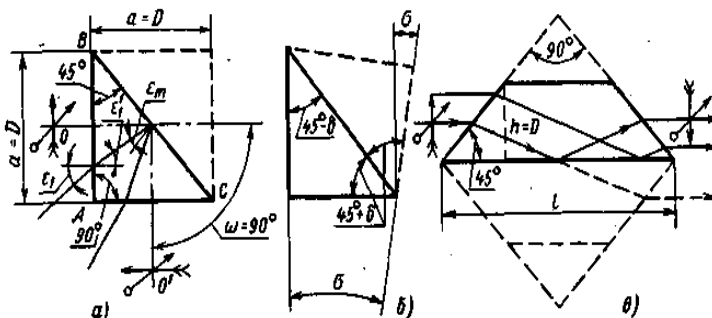
Төбесі бар призмалар K әріппен белгіленеді (A_K, B_K, V_K);

– екінші әріп – призманың құрастырылу сипаты (P – тең бүйірлі; Π – пентапризма; Y – жартылай пентапризма; C – ромбалық призма; M – ұзақ өлшемді түрі; T – Леман призмасы).

Сан осьтік сәуленің градуспен өлшенетін ауытқу бұрышын көрсетеді.

Ең көп тараған шағылдырғыш призмаларды қарастырайық.

Бір шағылдырғыш қыры бар призмалар



4.2-сурет. Бір шағылдырғыш қыры бар призмалар
 a – тікбұрышты $AP\ 90^\circ$; $б$ – тең емес сүйір бұрыштары бар $AP\ 90^\circ$ призманың жаймасы; $в$ – $AP\ 0^\circ$ Дове призмасы

$AP\ 90^\circ$ тікбұрышты призма (4.2, a -сурет) сәулені бастапқы бағытынан 90° -қа ауыттырады және айналық кескін береді.

Призманың басты қимасы – теңбүйірлі үшбұрыш.

Призма оптикалық оське перпендикуляр жазық параллель пластинада жаймаланады.

Жайма қабырғасы a тікбұрышты үшбұрыш катетінің шамасына тең болатын квадрат болып табылады.

Эквивалентті жазық параллель пластинаның қалыңдығы d және призмадағы сәуле жолының ұзындығы да катет шамасына тең.

Катет өлшемі призмаға түсетін сәулелер шоғының енін D анықтайды.

Осы жағдайда $d=D$ болғандықтан, призма коэффициенті $C=1$.

Егер, дайындау қателігінен, призманың сүйір бұрыштары 45° -қа тең болмаса, онда призма жаймада сүйір бұрыштардың айырымына тең, бұрышы a сынаны береді (4.2, б-сурет) яғни $a = (45^\circ + 8^\circ) - (45^\circ - 5^\circ) = 25^\circ$, мұндағы 5° – сәйкессіздік бұрышы.

Сәуленің призмаға түсу қырындағы АВ шекті түсу бұрышын ε_1 анықтайық, осы сәуле ВС шағылдырғыш қырына түскенде толық ішкі шағылу орын алады.

4.2-суреттен $\varepsilon_m = 45^\circ - \varepsilon_i$, $\varepsilon_i' = 45^\circ - \varepsilon_m$ екені көрініп тұр, сыну заңы бойынша

$$\sin \varepsilon_i' = n \cdot \sin(45^\circ - \varepsilon_m),$$

мұндағы ε_m – толық ішкі шағылудың шекті бұрышы

$$\sin \varepsilon_m = \frac{n'}{n}, \quad (4.5)$$

Көбінесе шыны және ауа $n' = 1$ шекарасындағы толық ішкі шағылу құбылысы қарастырылғандықтан, (4.5) келесі түрге ие болады:

$$\sin \varepsilon_m = \frac{1}{n}. \quad (4.6)$$

Егерде сыну көрсеткіші жоғары призманы жасау мүмкін болмаса, шағылдырғыш қырды күмістеу керек.

AP 0° Дове призмасы – ауытқу бұрышы 0° , тік көру призмасы.

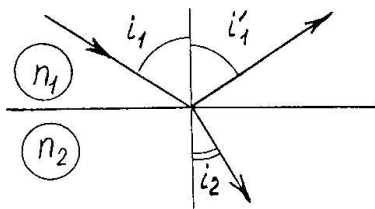
Дове призмасы айналыс кескін береді.

Оның кіру және шығу қырлары оптикалық оське қарай майысқан, сондықтан ол жазық параллель пластинада 45° көлбеулік бұрышымен жаймаланады (4.2, в-сурет).

Призманы сәулелердің параллель шоқтарына орналастырады.

Дове призмасы оптикалық ось маңында айналдырғанда, оның кескіні екі еселенген бұрыштық жылдамдықпен айналады, сондықтан оны кескін бұрылысының компенсаторы ретінде қолданады.

Шағылу және сыну заңдары (4.3-сурет):



4.3-сурет. Екі орта шекарасындағы шағылу және сыну

Жарықтың шағылу заңы: түскен сәуле, шағылған сәуле және екі ортаның шекаралығында сәуленің түскен нүктесінен тұрғызылған перпендикуляр бір жазықтықта жатады. Шағылу бұрышы түсу бұрышына тең:

$$i_1 = i'_1, \quad (4.3)$$

Жарықтың сыну заңы: түскен сәуле, сынған сәуле және екі ортаның шекарасындағы сәуленің түсу нүктесінің тұрғызылған перпендикуляр бір жазықтықта жатады.

Түсу бұрышының синусының сыну бұрышының синусына қатынасы екінші ортаның абсолют сыну көрсеткішінің бірінші ортаның абсолют сыну көрсеткішіне қатынасына тең немесе бірінші ортада жарықтың таралу жылдамдығының екінші ортада жарықтың таралу жылдамдығының қатынасына тең:

$$\frac{\sin i_2}{\sin i_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2},$$

$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ – өрнегі оптикалық инвариант деп аталады.

Аз түсу бұрыштары кезінде ($i_1 < 1$):

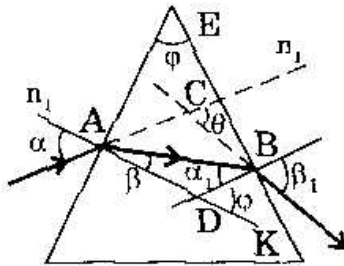
$$n_1 i_1 \approx n_2 i_2. \quad (4.8)$$

4.4-суретте сындыру бұрышы φ үш жақты призмада жарық сәулесінің ауытқуы көрсетілген.

Призмаға сәуленің түсу бұрышы α -ға тең, призма орналасқан ортаның сыну көрсеткіші n_1 , ал призма материалының сыну көрсеткіші n_2 .

Сәуленің призмадағы ауытқу бұрышы $\angle ABC$ үшбұрышының сыртқы бұрышы сияқты анықталады

$$\theta = (\alpha - \beta) + (\beta_1 - \alpha_1). \quad (4.9)$$



4.4-сурет. Үшбұрышты призмадағы сәуле жолы

Сонымен қатар, өзара перпендикуляр қабырғалардың бұрыштары ретінде

$$\angle AEB = \angle BDK = \varphi.$$

$\angle BDK$ бұрышы $\angle ABD$ үшбұрышының сыртқы бұрышы болғандықтан

$$\varphi = \beta + \alpha_1. \quad (4.10)$$

(4.7) және (4.8) өрнектерден ығысу бұрышы мына шамаға тең болады

$$\theta = \alpha - \varphi + \beta_1. \quad (4.11)$$

Жарықтың сыну заңын пайдалана отырып, былай жазуға болады:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}, \quad \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = \frac{n_1}{n_2}. \quad (4.12)$$

Осыдан

$$\sin \beta = \frac{n_1 \sin \alpha}{n_2}, \quad \sin \beta_1 = \frac{n_2 \sin \alpha_1}{n_1}.$$

(4.10) өрнектен $\alpha_1 = \varphi - \beta$ екендігін ескерсек,

$$\sin \beta_1 = \frac{n_2}{n_1} \sin(\varphi - \beta) = \frac{n_2}{n_1} (\sin \varphi \cdot \cos \beta - \cos \varphi \cdot \sin \beta).$$

Осы формулаға $\sin \beta$ мәнін қоя отырып, мына өрнекті аламыз:

$$\begin{aligned} \sin \beta_1 &= \frac{n_2}{n_1} \left[(\sin \varphi) \sqrt{1 - \frac{n_1^2 \cdot \sin^2 \alpha}{n_2^2}} - \cos \varphi \frac{n_1}{n_2} \sin \alpha \right] = \\ &= \frac{n_2}{n_1} (\sin \varphi) \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \sin^2 \alpha} - \cos \varphi \sin \alpha \end{aligned} \quad (4.13)$$

(4.11) және (4.13) теңдіктерін ескере отырып, призмада сәуленің θ ауытқу бұрышының мәнін аламыз:

$$\theta = \alpha - \varphi +$$

$$+ \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} (\sin \varphi) \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \sin^2 \alpha} - \cos \varphi \sin \alpha \right) \quad (4.14)$$

Сыну бұрышы φ (жұқа призма) мен түсу бұрышы α өте кіші болса ығысу бұрышына θ арналған теңдік қарапайым түрде болады.

Бұл жағдайда, (4.12) өрнектегі бұрыштардың синустарын олардың мәндерімен (радиан) алмастыра отырып, мынаны аламыз:

$$\alpha = \frac{n_2}{n_1} \beta, \quad \beta_1 = \frac{n_2}{n_1} \alpha_1. \quad (4.15)$$

Осы мәндерді (4.11) өрнекке қоя отырып және (4.12) өрнекті ескерсек,

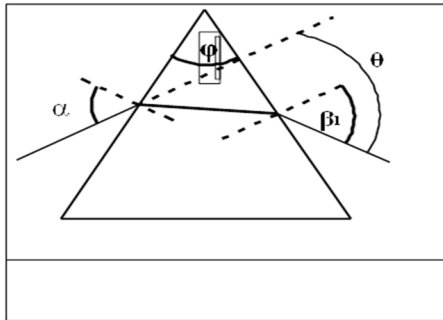
$$\theta = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \varphi. \quad (4.16)$$

Бұл өрнек өте кіші φ және α кезіндегі (4.14) өрнектің дербес жағдайы болып табылады.

Егер (4.14) өрнектегі φ және α бұрыштарының синустарын радиандардағы шамалармен алмастырсақ және φ^2 және α^2 -қа пропорционал мүшелерді ескермесек (4.14) өрнек келіп шығады.

Призманың сыну бұрышы үлкен болған сайын ығысу бұрышы үлкен болатыны (4.16) өрнектен көрініп тұр.

Сондықтан, жарық сәулелерінің ығысуларын үлкейту үшін сындыру бұрышы үлкен бар призмалар қолданылады.



4.5-сурет. Жарық шоғының үшбұрышты призма арқылы өтуі

Сәуленің ауытқу бұрышы θ призманың φ сындыру бұрышынан, сәуленің призма қырына α түсу бұрышынан және n сыну көрсеткішінен тәуелді болады.

Жарық сәулесі призма ішінде оның φ сындыру бұрышының биссектрисасына перпендикуляр болса ауытқу бұрышы θ ең кіші мәнге ие болады.

Бұл жағдайда $\alpha = \beta_1$.

Бұл жағдайда $\triangle AEB$ тең бүйірлі болады және үшбұрыштың табанындағы бұрыштары мына мәнге тең болады: $(90^\circ - (\varphi/2))$. $\varphi = \beta + \alpha_1$ болғандықтан және A нүктесінде $(90^\circ - (\varphi/2)) + \beta = 90^\circ$ теңдігі орындалады, онда $\beta = \varphi/2$.

Осылайша, $\alpha_1 = \varphi/2$.

(4.3) өрнектен мынаны аламыз: $\theta = \alpha - \beta + (\beta_1 - \alpha_1) = \alpha - \varphi/2 + (\beta_1 - \varphi/2) = \alpha + \beta_1 - \varphi = \alpha + \alpha - \varphi = 2\alpha - \varphi$.

Сонда $(\theta + \varphi)/2 = \alpha$ және $\beta = \varphi/2$ (4.12) формулаға қоя отырып, (4.17) өрнекті аламыз.

Жарық шоғы призма арқылы өткенде (4.5-сурет) шоктың ауытқуы бастапқыдан минимал болатын түсу бұрышы болады.

Сонымен қатар, түсетін және сынған шоктардың сәулелері призманың сындырушы жақтарына қатысты симметриялы болады.

Минимал ауытқу бұрышы θ призманың сыну бұрышымен φ мына қатынас арқылы байланысты

$$\sin[(\theta + \varphi)/2] = n \sin(\varphi/2), \quad (4.17)$$

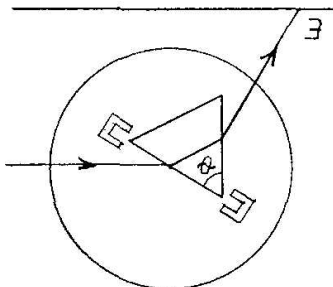
сонымен бірге, α түсу бұрышы сыну заңымен анықталады:

$$\sin \alpha = n \sin \varphi/2 \quad (4.18)$$

Тәжірибелерді орындау

Жарықтың шыны призма және жазық параллель пластинадағы шағылуы және сынуы.

1-тәжірибе. Сындыру бұрыштарын анықтау



4.6-сурет. Лазер сәулесінің призмадағы жүру жолы

1. Оптикалық орындықта 02, 13, 03 модульдерін орнатыңыз.
2. Айналу столына (13-модуль) нысан 8 (призма крон) қойыңыз.

3. Столды бұра отырып (13-модуль), қондырғының экранында призманың қырларынан шағылған және сынған шоқтардың бағытын бақылаңыз.

4. Столды бұра отырып, 02-модульдің айнасында сәйкес шоқтардың іздерін біріктіре отырып, қырлардан шағылған сәулені түсетін сәулеге бағыттаңыз.

Осы жағдайда призма қырына түсірілген нормаль орны φ_0 анықталады.

5. Призманың барлық үш қырына түсірілген нормальды анықтай отырып, бұрылыс столының шкаласы бойынша φ_{01} , φ_{02} , φ_{03} бұрыштарын өлшеп, 4.1-кестеге жазыңыз.

6. Осы берілгендер бойынша призманың сындыру бұрыштарын анықтаңыз және 4.1-кестеге жазыңыз.

$$\varphi_1 = \varphi_{02} - \varphi_{01} / 2, \varphi_2 = \varphi_{03} - \varphi_{02} / 2, \varphi_3 = \varphi_{03} - \varphi_{01} / 2,$$

7. Жоғарыда келтірілген өлшеулерді екінші призма – нысан 9 (призма флинт) үшін орындаңыз.

4.1-кесте

Призманың сындыру бұрыштарының мәндері

φ_{01}	φ_{02}	φ_{03}	φ_1	φ_2	φ_3

2-тәжірибе. Призманың сыну көрсеткішін анықтау

1. Оптикалық орындықта 02,13, 03 модульдерін орнатыңыз.

13-модульдің айналу столына призманы – 8-нысанды орнатыңыз.

2. АВ қырына нормаль күйін орнатыңыз (4.6-сурет) және φ_0 бұрышының мәнін 4.2-кестеге жазыңыз.

3. Сынған сәуленің минималь ауытқуын табыңыз.

Ол үшін айналу столының айналысымен, сәуленің АВ қырына түсу бұрышын, сынған сәуле (ВС қырынан шыққан сәуле) өзінің бағытын өзгертпегенге дейін арттырамыз.

Яғни, α бұрышын ары қарай арттыру кезінде шыққан сәуле ығыспайды (ВС қырына қағаз парағын қоятын болсақ, сәуленің қозғалмайтынын көруге болады).

4. Айналу столының шкаласы бойынша қозғалмайтын сынған сәулеге сәйкес келетін φ_1 бұрышының мәнін 4.2-кестеге жазыңыз.

Осы өлшеулерді үш рет орындаңыз.

5. $\alpha = (\varphi_1 - \varphi_0)$ түсу бұрышын анықтаңыз.

6. $\sin \alpha = n \sin \varphi/2$ қатысы бойынша n сыну көрсеткішін есептеңіз (мұндағы φ 1-жаттығуда анықталған призманың сындыру бұрышы).

Табылған мәндері 4.2-кестеге жазыңыз.

7. 1-6 пункттерді призма (9-нысан) үшін орындаңыз.

4.2-кесте

Екі зерттелетін призмалар үшін φ_0 , φ_1 , α , n шамаларының мәндері

Призма – 8-нысан					Призма – 9-нысан				
	φ_0	φ_1	α	n		φ_0	φ_1	α	n

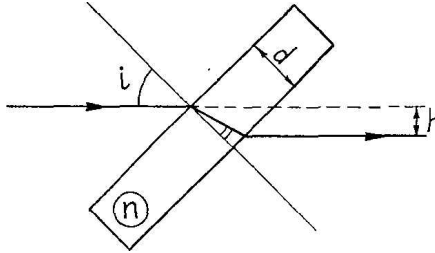
3-тәжірибе. Сыну бұрышын анықтау

2-жаттығудағы мәндерді қолдана отырып, екі призма үшін сыну бұрышын анықтаңыз.

4-тәжірибе. Пластинаның сыну көрсеткішін анықтау

1. Оптикалық орындықта 02, 05, 06, 03 модульдерін орнатыңыз.

06 модулін қозғалта отырып, экранда тоғысқан (дақ) кескінін алыңыз және оны фототіркегіш терезесінің ортасына қойыңыз.



4.7-сурет. Лазер сәулесінің жазық параллель пластинадағы жолы

2. 03 модуліне айналу столын (13 модуль) тиістіріп орнатып және оған 4-нысанды шыны жазық параллель пластинаны қойыңыз.

3. Столды бұра отырып, дақты сол жаққа, толық жоқ болғанға дейін ығыстырыңыз және 4.3-кестеге фототіркегіш шкаласы бойынша x_1 ауытқуын және айналу столының шкаласы бойынша φ_1 ауытқу бұрышын жазыңыз.

4. 3-пункттегі дақты оң жаққа қарай ығыстырумен орындаңыз. x_2 және φ_2 мәндерін 4.3-кестеге жазыңыз.

5. Өлшеулерді 3 реттен жүргізіңіз.

6. Түсу бұрышын және сәуле ығысуын

$$i = |(\varphi_2 - \varphi_1)|/2, \quad h = N/\beta = |x_2 - x_1|/(2\beta), \quad (4.19)$$

өрнектерімен есептеңіз, мұндағы β – микропроектордың үлкейтуі.

7. Ортаның сыну көрсеткішін (4.20) өрнегінен анықтаңыз. i -дің кіші мәндерінде ($i < \pi/6$ кезінде) $d = 4$ мм.

$$n = \frac{d \sin i \cdot \cos i}{d \sin i - h} \quad (4.20)$$

8. Өлшеулер нәтижелерін 4.3-кестеге жазыңыз.

4.3-кесте

Пластина үшін x_1 , x_2 , φ , φ_2 , h , n , $n_{орт}$ шамаларының мәндері

№	x_1 , мм	x_2 , мм	φ солға	φ_2 оңға		h , мм	n	$n_{орт}$

Бақылау сұрақтары

1. Сәуленің призмадан ауытқу бұрышына арналған өрнекті қорытыңыз.

2. Өлшеулерден призманың сыну бұрыштарын қалай анықтайды?

3. Сәуленің қалыңдығы d мөлдір пластина арқылы өту кезіндегі ығысу мәнін анықтау формуласын қорытыңыз.

4. Жұқа сынаға арналған жарықтың сыну заңының ерекшеліктері қандай?

5. Пластинаның сыну көрсеткішінің кестелік және өлшенген мәндері мен тәжірибедегі өлшеулердің дәлдігін салыстырыңыз.

№ 5 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС ФОТОМЕТРИЯ

КІРІСПЕ

Жарық энергиясын және оған байланысты физикалық шамаларды анықтау мен өлшеу тәсілдерін қарастыратын оптика бөлімі **фотометрия** деп аталады.

Жарық толқындары тасымалдайтын энергия жарық энергиясы немесе сәулелік энергия деп аталады.

Егер жарық таралған кеңістікте ауданша бар болса, одан үздіксіз сәулелік энергия ағып жатады.

Жұмыстың мақсаты: Лазер сәулесі шоғының шашырауын, лазер сәулесінің күшін анықтау және жарық күшін линзаның көмегімен түрлендіру.

Құрал-жабдықтар мен қондарғылар: ЛКО-1 оптикадан лабораториялық кешен.

Теориялық кіріспе

Жарық энергиясын және оған байланысты физикалық шамаларды анықтау мен өлшеу тәсілдерін қарастыратын оптика бөлімі **фотометрия** деп аталады.

1. Жарық энергиясы. Жарық ағыны.

Жарық толқындары тасымалдайтын энергия жарық энергиясы немесе сәулелік энергия деп аталады.

Егер жарық таралған кеңістікте ауданша бар болса, одан үздіксіз сәулелік энергия ағып жатады.

Берілген ауданнан уақыт бірлігі ішінде өтетін энергия мөлшері **сәулелік энергия ағыны** (Φ_s) деп аталады, оны қуат өлшеу бірлігімен (Вт) өлшеуге болады

$$\Phi_s = \frac{dW}{dt}, \quad (5.1)$$

Сәулелік энергия ағынының көзге әсер етіп, көру сезімін туғызатын бөлігі жарық ағыны (Φ) деп аталады.

Сәулелік интенсивтілігі

$$I_{\vartheta} = \frac{d\Phi_{\vartheta}}{ds}, \quad (5.2)$$

мұндағы берілген dS ауданның бірлігі ішінде $d\Phi_{\vartheta}$ сәулелік ағыны өтеді.

Электромагниттік толқындардың бәрі бірдей көру сезімін оята бермейді, тек толқын ұзындықтары, шамамен, 0,4 мкм-ден 0,76 мкм-ге дейінгі түсті сәулелер ғана көру сезімін туғызады.

Көз толқынының ұзындығы 555 нм-ге тең жасыл сәулені өте сезгіш, ал оған жапсарлас қысқа және ұзын толқынды түсті сәулелерді нашарлау сезеді.

Сонымен, көздің түрлі-түсті сәулелерді сезгіштігі сәуленің толқын ұзындығына тәуелді.

Адам көзінің электромагниттік толқын ұзындықтарына сезгіштігін сипаттайтын шаманы көріну функциясы (v_{λ}) деп атайды.

Жарық ағыны (Φ) көріну функциясы (v_{λ}) мен сәулелік энергия ағынының $d\Phi$ көбейтіндісіне тең:

$$d\Phi = \frac{1}{A} v_{\lambda} d\Phi_{\vartheta}. \quad (5.3)$$

Көрінетін спектрге келетін толық жарық ағыны мынаған тең:

$$\Phi = \frac{1}{A} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} v_{\lambda} d\Phi_{\vartheta}, \quad (5.4)$$

мұндағы λ_1 және λ_2 көрінетін спектрдің екі шетіне тән жарық толқын ұзындықтары, $A=1,6$ мВт/Лм – тұрақты шама.

Максимум мәні $V=1$, $\lambda=0.55$ мкм болғанда болады. Біздің жұмысымызда лазер сәулесінің толқын ұзындығы

$$\lambda = 0.6328 \text{ мкм.} \quad v_{\lambda} = 0,2.$$

Жарық ағыны жарық көзінен барлық бағытта таралады.

2. Жарық күші. Егер нүктелік жарық көзінен шыққан көрінетін жарық барлық жаққа бірқалыпты таралса, толық денелік (кеңістіктік) бұрышты (4π стерадиан) қамтитын барлық жарық ағыны Φ болса, онда бір стерадианға тең денелік бұрыштан шығатын жарық ағыны жарық күші болады:

$$J = \frac{\Phi}{4\pi}.$$

Берілген бағыттағы орташа сфералық жарық күші осы бағыт бойынша элементар денелік бұрышқа ($d\Omega$) келетін жарық ағыны ($d\Phi$) арқылы анықталады.

$$J = \frac{d\Phi}{d\Omega}, \quad (5.5)$$

Жарық күшінің бірлігі – кандела (кд) халықаралық бірліктер жүйесінде (ХБЖ) негізгі өлшем бірлік болып енгізілген.

Кандела дегеніміз қалыпты қысымда ($1,04 \cdot 10^5 \text{ Па}$) пластинаның қату температурасында толық сәуле шығарғыштық $1/600000 \text{ м}^2$ ауданынан перпендикуляр бағытта шығатын жарық күшіне тең шама.

Жарық ағынының бірлігі – люмен (лм). Люмен дегеніміз – жарық күші 1кд-ға тең нүктелік жарық көзінен шығып, 1 стерадиан денелік бұрыш ішінде таралатын жарық ағыны.

$$1 \text{ лм} = 1 \text{ кд} \cdot 1 \text{ стер.}$$

3. Жарықталыну. Өздері жарық шығармайтын денелер оларға жарық түссе ғана көрінеді.

Дененің жарық болу дәрежесін сипаттау үшін жарықталыну деген шама енгізілген.

Жарықталыну (E) деп жарық түскен dS беттің бірлік ауданына түсетін жарық ағынына айтылады

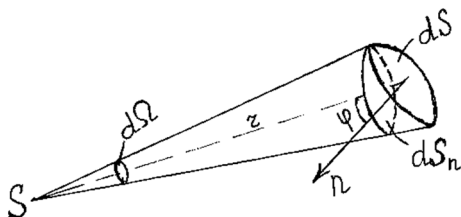
$$E = d\Phi_{\text{св}} / dS_{\perp}, \quad (5.6)$$

Жарықталыну бірлігі – люкс (лк). Люкс дегеніміз 1 квадрат метр бетке 1 люмен жарық ағыны түсетін беттің жарықталынуы.

$$I_{\text{лк}} = \frac{I_{\text{лм}}}{I_{\text{м}}^2}$$

Өлшемдері бақылау нүктесіне дейінгі қашықтықтан өте кіші көздерін нүктелік жарық көзі деп атайды.

Нүктелік жарық көзінен r қашықтықтағы беттің жарықталыну заңдылығын анықтайық. Нүктелік жарық көзінен dS бетке жарық ағыны $d\Omega$ денелік бұрыш арқылы түседі.



5.1-сурет Нүктелік жарық көзінен dS бетке жарық ағыны $d\Omega$ денелік бұрыш арқылы түседі

Жарық таралатын орта біртекті деп есептесек, жарық ағыны барлық бағытқа бірдей таралады, яғни нүктелік жарық көзінен сфералық толқын таралады. Жарық көзінің күші J болса, dS ауданға түсетін жарық ағыны:

$$d\Phi = J d\Omega$$

Денелік бұрыш $d\Omega$ мен таралу бағытына перпендикуляр бет dS_n арасындағы байланыс мына түрде болады:

$$d\Omega = \frac{dS_n}{r^2} = \frac{dS \cos \varphi}{r^2},$$

мұндағы φ бұрышы dS және dS_n беттер арасындағы бұрыш. Демек, dS беттің жарықталынуы

$$E = \frac{d\Phi}{dS} = \frac{J d\Omega}{dS} = \frac{J dS \cos \varphi}{dS \cdot r^2} = \frac{J \cdot \cos \varphi}{r^2}. \quad (5.7)$$

Бұл өрнек жарықталыну заңы деп аталады.

4. Жарқырау. Табиғатта кездесетін жарық көздері аумақты болады, немесе, белгілі өлшемдері бар.

Осындай жарық көзінің dS бетінің бір жағына (жарық көзі арқылы өтетін жазықтықтың), яғни 2π -ға тең денелік бұрыш ішінде таралған жарық ағынының сол бетке қатынасы, яғни жарық көзі бетінің әрбір бірлік ауданынан шығатын жарық ағыны **жарқырау** деп аталады:

$$R = \frac{d\Phi}{dS}. \quad (5.8)$$

5. Жарықтылық. Беттен шығатын жарық ағынының беттік-кеңістіктің тығыздығы немесе жарықтылық жарық ағынының нормаль бойынша бірлік денелік бұрыш бойынша бірлік бетке тура келетін шамасына тең:

$$B = \frac{d\Phi}{d\Omega \cdot dS \cos\varphi}, \quad (5.9)$$

мұндағы $d\Omega$ – сәуле таралатын денелік бұрыш, dS – сәуле шығаратын немесе қабылдайтын бет ауданы, φ – осы ауданға нормаль мен сәуленің таралу бағыты арасындағы бұрыш.

Жарықтылықтың жалпы анықтамасынан тәжірибеде қолданылатын екі түсінік келіп шығады:

1) Жарықтылық берілген бағыт бойынша көрінетін жарық көзінің (нормаль бағытта) жарық күші арқылы анықталады:

$$B = \frac{d\Phi}{d\Omega \cdot dS \cos\varphi} = \frac{dJ}{dS \cos\varphi}; \quad (5.10)$$

2) Жарықтылық – жарық түсетін беттің жарық көзіне нормаль бағытта жарықталынуының (dE) осы бағыт бойынша ағын түсетін денелік бұрышқа қатынасы арқылы анықталады:

$$B = \frac{d\Phi}{d\Omega \cdot dS \cos\varphi} = \frac{dE}{d\Omega \cos\varphi}; \quad (5.11)$$

Жарықтылықтың бірлігі кД/м^2 (нить) деп аталады.

Кеңістіктің барлық бағыты бойынша жарықтылығы бірдей жарық көздері ламберттік көздер деп аталады. Ламберт заңы бойынша жарқырау мен жарықтылық арасында мынадай байланыс бар:

$$R=\pi B. \quad (5.12)$$

Тәжірибенің орындалуы

1-жаттығу. Лазер шоғының интенсивтігін зерттеу

1. Оптикалық орындыққа **2-модуль** және **3-модуль** орнатып, қондырғыны дәлдеңіз.

2. **3-модульді жылжыта отырып, 2-модульден қашықтық** артқан сайын лазер шоғының диаметрі өсуіне көз жеткізіңіз.

3. **Фотоқабылдағышты** іске қосыңыз. Микропроектор (**3-модуль**) барабанында вертикальды риск – 3 мм, горизонтальды – 0 мм белгілеріне тура келуі керек.

Оптикалық ось бойына **x=650 мм** координатқа **3-модульді** және фотоқабылдағыш саңылауының ортасына жарық дағын бағыттаңыз.

4. Фонның (**I_{фон}=0,02**) интенсивтігін және лазер сәулесінің (**I_{max}=I₀=797**) максимал интенсивтігін анықтаңыз. Фотоқабылдағыштағы жарық дағын 0,1 мм горизонтальды интервалмен жылжыта отырып (микропроектор барабанын сағат тілімен айналдырыңыз) фототіркегіш шкаласындағы **I** интенсивтігін жазыңыз.

Өлшеуді фон интенсивті болғанға дейін жасау қажет.

5. Микропроектор барабанының ығысуы **I(x)** интенсивтігінің x-қа тәуелділік графигін тұрғызыңыз.

(Лазерді сөндірген кездегі басқа сәуле фототіркегіштің интенсивтігінің шамасын фон дейміз).

6. Жарық шоғына перпендикуляр шашыраған сфералық жарықтың Гаусс үлестірілуі:

$$I(x) = I_0 \exp(-x^2/\rho^2), \quad (5.13)$$

мұндағы **I₀** – координаты **x=0** шоқтың ортасының интенсивтігі, бұл нүкте **I(x)** максимумына сәйкес болады.

Параметр ρ I_0 салыстырғанда I е рет азайған координат мәніне сай.

7. (5.13) өрнегімен интенсивтік мәнін есептеңіз және алынған мәндерді тәжірибеде алынған мәндермен салыстырыңыз.

8. $d \sim 2\rho$ лазер сәуле шоғырының диаметрін есептеңіз.

9. Мына өрнекпен $I_{cp} = P/(\pi \rho^2)$ лазер сәуле шоғының интенсивтігін есептеңіз, мұндағы $P \sim 2\text{мВт}$ белгілі сәуленің қуаты және ρ -өлшенген нәтиже.

10. Алынған нәтижелерді Жер бетіндегі Күннің интенсивтігімен салыстырыңыз.

$$I_{\text{күн}} \sim 1,4 \text{ кВт/м}^2.$$

1-кесте

X, мм	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
I, мВ сағат тілімен айналды- рыңыз														
I, мВ сағат тіліне қарсы айналды- рыңыз														

Фототіркегішті үлгілеу

2-жаттығу

1. Фотодатчикке түскен сәуленің интенсивтігі Вт/м^2 өлшенеді.

2. Фотоқабылдағыш шкаласы бойынша сәуле шоғының диаметрін d «көзбен» шамалап бақылаңыз (β проекциялық микроскоптың үлкейтуі 20-тең).

3. Мына өрнек бойынша сәуленің интенсивтігін есептеңіз (толық сәуленің қуаты $P = 2\text{мВт}$)

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (5.14)$$

4. Мына өрнекпен фототіркегіштің сезімталдылығын S анықтаңыз:

$$S_{\text{эН}} = U / I_{\text{эН}}, \text{ В / Вт / м}^2$$

$$S_{\text{св}} = U / E_{\text{св}}, \text{ В / Лк}$$

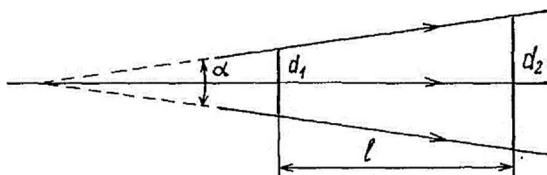
мұндағы U – жарық дағының ортасына сай вольтметр көрсеткіші.

$S_{\text{эН}}$ және $S_{\text{св}}$ -ді алу үшін келесі шамаларды қолданыңыз:

$\Delta\Phi_{\text{эН}}=2$ мВт, $A=1,6$ мВт/лм, сонымен қатар: (5.2), (5.3), (5.4) және (5.6).

$$U=I_{\text{max}}, \quad S=\frac{\pi d^2}{4}.$$

3-жаттығу. Лазер жарығының күшін анықтау



5.2-сурет

1. Микропроектордың екі орынында сәйкес (**модуль 3**) d_2 және d_1 лазер шоғының диаметрін анықтаңыз.

2. (5.15) және (5.16) өрнектермен шашырау бұрышы α және денелік бұрыш Ω есептеңіз.

$$\alpha = \frac{d_1 - d_2}{x_1 - x_2} \quad (5.15)$$

$$\Omega = \frac{\pi \alpha^2}{4} \quad (5.16)$$

3. Мына формуламен кандела бойынша жарық күшін есепте:

$$I_{\text{св}} = \Phi_{\text{св}} / \Omega = \frac{V}{A} P / \Omega \quad (5.17)$$

мұнда $V(\lambda) = 0.2$; $A = 1,6 \cdot 10^{-3}$ Вт/лм; $P = 2$ мВ.

3. Алынған нәтижелерді таблица түрінде жасаңыз.

2-кесте

$I_{\text{экспер}}$	$I_{\text{теор}}$	$I_{\text{оцен}}$	$d_{\text{теор}}$ мм	$d_{\text{оцен}}$ мм	Φ , лм	E , лк	J , кд

Тәжірибе

Екікоординатты ұстағышқа (**8-модуль**) орналасқан **13-нысанның линзасымен осындай** тәжірибе жасаңыз.

Линзаны нысан жазықтығына **3-модуль** жақынырақ жылжытыңыз. (Ол үшін 8модульді бұрып, нысан кассетасы 3-модульге бұрылуы керек).

Фотоқабылдағыш экранында фокустау нүктесін алу керек және оптикалық орындықтағы g мәнін анықтаңыз.

Фотоқабылдағыш шкаласы аймағында интенсивтік дағының диаметрі **5 – 10 мм-ден аспауы керек**.

Линзадан өткен лазер сәулесінің жарық күшін анықтаңыз (ол үшін линзадан өткен жарық шоғының шашырауын анықтаңыз – **2.3 п. кара**).

Әр түрлі линзалармен алынған нәтижелерді салыстырыңыз.

Лазер сәулесінің жарық күшін де салыстырыңыз.

Уақытыңыз болса басқа да линзалармен жұмыс жасаңыз.

Бақылау сұрақтары

1. Фотометриялық шамалар және олардың өлшем бірліктері.

2. Жарықталу заңы.
3. Фотометриялық өлшеу барысында микропроектор қандай рөл атқарады?

«Фотометрия» жұмысын орындау барысындағы тәжірибелерге мысал

1. **2-модуль** және **3-модуль** қондырғыға орнатылған қондырғы үлгіленген.

2. **3-модульді жылжытқан кезде, оның 2-модульден қашықтығына байланысты лазер шоғы диаметірінің ұлғаюына көз жеткізіңіз.**

3. Фотоқабылдағышты іске қосыңыз. Микропроектор барабаны (**3-модуль**) вертикальды белгі (риск) – 3, горизонталдағы белгі – 0 болуы керек.

3-модульді координаты $x=676$ мм болған оптикалық орындыққа, ал жарық дағын фотоқабылдағыш саңылауына орналастырыңыз.

4. Фонның интенсивтігін ($I_{\text{фон}}=0,02$) және лазер шоғының максимум интенсивтігін ($I_{\text{max}}=I_0=797$) есептеңіз.

Фотоқабылдағыштағы жарық шоғын горизонталь бойынша 0,1 мм интервалмен (микропроектор барабанын сағат тілімен бағыттас айналдыр) жылжытып, фотоқабылдағыш шкаласындағы **I** интенсивтігін жазыңыз.

Фон интенсивтігіне жеткенше өлшеңіз.

3-кесте

I, мВ	X, мм	I, мВ	X, мм	I, мВ	X, мм
780	0,1	229	0,6	10	11
595	0,2	160	0,7	5	12
547	0,3	106	0,8	4	13
444	0,4	64	0,9		
323	0,5	37	10		

Содан кейін дақты ортасынан солға қарай ығыстырамыз.

4-кесте

I, мВ	X, мм	I, мВ	X, мм	I, мВ	X, мм
779	0,1	272	0,6	18	11
693	0,2	199	0,7	8	12
603	0,3	126	0,8	6	13
530	0,4	61	0,9	5	14
409	0,5	36	10	4	15

Тәжірибеде алынған үлестіру мен Гаусс қисығы сәйкестігін тексерейік.

$$I(x) = I_0 \exp(-x^2/\rho^2), \quad (5.13)$$

$I(x)$ функциясындағы $I_{\max}$ максимумына сай координата нүктесі $x=0$ болатын I_0 интенсивтілігіне көңіл аударайық.

Параметр ρ I_0 салыстырғанда I е рет кішірейген координата мәніне сай. Сондықтан $e=2,73$, ал $I_{\max}/e=I$, осыдан, $I=291,4$, $x=0,42$ мм тең.

$$(5.13)\text{-ден} \quad I/I_0 = \exp(-x^2/\rho^2), \\ \ln I/I_0 = -x^2/\rho^2,$$

$$\rho^2 = \frac{x^2}{\ln \frac{I}{I_0}}, \quad \text{немесе} \quad \rho = \sqrt{\frac{x^2}{\ln \frac{I}{I_0}}}, \quad \text{немесе} \quad \rho = \sqrt{\frac{x^2}{\ln \frac{1}{e}}},$$

$\rho=x=0,42$ мм, шығады.

$d \sim 2\rho$ лазер сәуле шоғының диаметрін бағалаңыз.

Дақтың интенсивтігі Гаусс заңымен өзгереді: дақтың ортасында – интенсивтік максимум, дақтың шегіне қарай интенсивтік азаяды.

Лазер сәуле шоғының оғаш есептеу үшін $P \sim 2$ мВт сәуленің қуатын және ρ өлшенген мәнін аламыз.

Сонда:

$$I_{cp} = P/(\pi\rho^2) = \frac{0.002}{3.14 \cdot 0.42^2} = 3.6 \text{ мВт/м}^2.$$

Алынған нәтижелерді Жер бетіндегі Күннің интенсивтігімен салыстырыңыз:

$$I_{\text{күн}} \sim 1,4 \text{ кВт/м}^2.$$

2. Фототіркегішті үлгілеу

1. Фотодатчикке түскен сәуленің интенсивтігі **Вт/м²** өлшенеді.

2. Фотоқабылдағыш шкаласы бойынша сәуле шоғының диаметрін **d** «көзбен» шамалап бақылаңыз (**β** проекциялық микроскоптың үлкейтуі 20-тең).

3. Мына өрнек бойынша сәуленің интенсивтігін есептеңіз (сәуленің толық қуаты **P = 2мВт**)

$$I = P / (\pi d^2 / 4),$$

$$I = P / (\pi d^2 / 4) = \frac{0.002}{(3.14 \cdot \left(\frac{0.04}{20}\right)^2 / 4)} = 1.5 \text{ Вт/м}^2,$$

фототіркегіштің сезімталдылығын **S** анықтаймыз:

$$S_{\text{эн}} = U / I_{\text{эн}}, \text{ В / Вт / м}^2$$

$$S_{\text{св}} = U / E_{\text{св}}, \text{ В / Лк}$$

мұндағы **U** – жарық дағының ортасына сай вольтметр көрсеткіші

$$U = I_{\text{max}} = 797, P = \Delta \Phi_{\text{эн}} = 2 \text{ мВт}, S = \frac{\pi d^2}{4} = 1,2 \text{ мм}^2.$$

$$I_{\text{эн}} = \frac{\Delta \Phi_{\text{эн}}}{\Delta S} = 1.6 \text{ Вт/м}, \quad S_{\text{эн}} = 797 / 1,6 = 498 \text{ Вт/м}.$$

$$E_{\text{св}} = \Delta \Phi_{\text{св}} / \Delta S, \text{ Лк}$$

$$\varphi_{\text{св}} = \frac{V(\lambda)}{A} \Phi_{\text{эн}}, \text{ ЛМ}$$

мұндағы $A = 1,6 \text{ мВт/Лм}$ – тұрақтысы, $V(\lambda)$ – адам көзінің сезгіштігімен анықталатын әртүрлі толқын ұзындығына сай көру функциясы,

$V = 1$ максимум мәні $\lambda = 0,55 \text{ мкм}$ жетеді. ЛКО1 лазер сәулесін қолдану үшін:

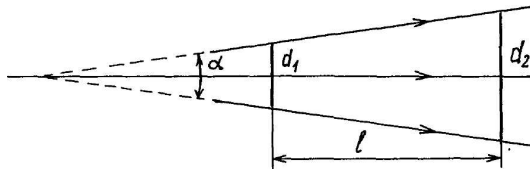
$$\lambda = 0,632 \text{ мкм}; \quad v(\lambda) = 0,2.$$

$$\Phi_{\text{св}} = (0,2/1,6 \cdot 10^{-3}) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,25 \text{ Лм},$$

$$E_{\text{св}} = 0,25/1,2 \cdot 10^{-3} = 208 \text{ Лк}$$

болады. Бұл тұрақтылар өте оғаш, себебі көрінетін шоқтың интенсивтігі әрдайым өзгеріп тұрады.

3. Лазер жарығының күші



5.2-сурет (қайталау)

1. Микропроектордың (3-модуль) екі орны үшін лазер шоғының **d_2 және d_1** диаметрін анықтаңыз:

а) $d_1=4\text{см}$ $d_2=4,5\text{см}$, $x_2=675 \text{ мм}$ координата белгісімен (рискімен) (Сәуле дағы фотоқабылдағыш шкаласының дәл ортасында)

б) Белгі (риск) координаты **$x_1=660 \text{ мм}$ болса**, дақ қосымша шкаланың бетінде байқалады.

в) **$l = x_2 - x_1=15\text{мм}$** анықтаймыз.

2. Өте аз шашырау бұрышы α және денелік бұрышын Ω , канделамен өлшенген жарық күшін анықтаймыз.

$$\alpha = \frac{d_2 - d_1}{I} \quad \alpha = 3,3,$$

$$\Omega = \frac{\pi \alpha^2}{4}, \quad \Omega = 8,5,$$

$$I_{cb} = \Phi_{cb} / \Omega = \frac{V}{A} P / \Omega, \text{ кД}$$

$$I_{cb} = \frac{0.2}{1.6 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3}}{3.3} = 0,075 \text{ кД.}$$

№ 6 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС ЛАЗЕРЛІК СӘУЛЕЛЕНУ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯСЫН ЮНГ ТӘЖІРИБЕСІНДЕ ЗЕРТТЕУ

КІРІСПЕ

Жұмыстың мақсаты: Тоғысатын толқында екі саңылаудағы лазерлік сәулеленудің интерференция құбылысын зерттеу.

6.1. Теориялық кіріспе

6.1.1. Жарық толқындарының когеренттілігі және монохроматтылығы

Бірнеше тербелмелі немесе толқындық процестердің кеңістікте және уақыт өтуімен келісілген таралуын – **когеренттілік** деп атайды.

Жиіліктері бірдей және фазалар айырымы уақыт өтуімен тұрақты болып қалатын толқындарды – **когерентті толқындар** деп атайды.

Когерентті жарық толқындары түйіскенде, олардың интенсивтіліктері қосылмайды.

Осы толқындардың кеңістіктің бір нүктелерінде өзара күшеюі мен басқа нүктелерінде әлсіреуі жүреді.

Толқындар интерференциясының қажетті шарты – олардың когеренттілігі.

Осы шартты **монохроматты** толқындар қанағаттандырады, олар кеңістіктегі бежілі бір анықталған және тұрақты жиіліктегі толқындар.

Бірде-бір нақты жарық көзі, тұрақты монохроматты жарықты бермейтіндіктен, кез келген тәуелсіз жарық көздері шығаратын толқындар, барлық уақытта когерентті емес.

Сондықтан, тәжірибеде тәуелсіз жарық көздерінен жарық интерференциясын бақылау мүмкін емес, мысалы, екі электр лампысынан.

Жанып тұрған лампылар санының ұлғаюы, бөлменің барлық нүктелеріндегі жарықталынудың өсуіне алып келеді.

Тәуелсіз екі жарық көздері шығаратын толқындардың монохроматты еместігі осыдан және когерентті еместігінің себебі – атомдардың жарық шығару механизмінде болып табылады.

Екі жеке жарық көздеріндегі атомдар, бір-бірінен тәуелсіз жарық шығарады.

Осындай атомдардың әрқайсысында сәулелену процесі өте қысқа уақытқа созылады ($\tau \ll 10^{-8}\text{с}$).

Осы уақыт аралығында қозған атом өзінің артық энергиясын жұмсап, қалыңғы күйіне оралады да. олардың сәуле шығаруы тоқтайды.

Белгілі бір уақыт өткен соң, атом қайта көзді, бастапқы фазасы басқа жарық толқындарын шығара бастайды.

Осындай екі тәуелсіз атомдар шығаратын толқындар арасындағы фазалар айырымы – шығарудың әрбір жаңа актісінде өзгереді, сондықтан осы толқындар когерентті емес.

Атомдардың жарықты, қысқа импульстар түрінде үздік-үздік шығаруы – **толқындық шоқ (цуг)** деп аталады.

Кәдімгі жарық көздерінің атомдары да бір-бірінен тәуелсіз жарық шығарады.

Бұл дегеніміз, оларға сәйкес толқындық шоқтардың (цуг) бастапқы фазалары өзара байланысты емес.

Сондай-ақ, бір ғана атом үшін әртүрлі шоқтардың бастапқы фазалары, сәулеленудің келесі екі актісі үшін бей-берекет өзгереді.

Олай болса, макроскопиялық жарық көзінің шығаратын жарығы ~ когерентті емес.

Кез келген монохроматты емес жарықты, бірін-бірі алмастыратын тәуелсіз гармоникалық шоқтардың жиынтығы түрінде көрсетуге болады.

Бір шоқтың орташа ұзақтылығы $\tau_{\text{ког}}$ **когеренттілік уақыты** деп аталады.

Когеренттілік тек бір шоқ шегінде ғана болады және когеренттілік уақыты – сәулелену уақытынан аспайды, яғни $\tau_{\text{ког}} < \tau$.

Аспап нақты интерференциялық, бейнені аспапты айырғыштың уақыты беттесетін жарық толқындарының когеренттілік уақытынан кем болғанда ғана байқайды.

Егер толқын біртекті ортада таралатын болса, онда кеңістіктің белгілі бір нүктесіндегі тербеліс фазасы, когеренттілік уақыты $\tau_{\text{ког}}$ ішінде ғана сақталады.

Осы уақыт ішінде толқын вакуумда $l_{\text{ког}} = c \tau_{\text{ког}}$ қашықтығына таралады.

Ол қашықтық – **когеренттілік ұзындығы** (немесе **шок ұзындығы**) деп аталады. Олай болса, когеренттілік ұзындығы дегеніміз – екі немесе бірнеше толқындар таралу кезінде когеренттілігін жоғалтатын қашықтық.

Осыдан, қолданылатын жарық көзі үшін жарық интерференциясы, когеренттілік ұзындығынан кем оптикалық жол айырымдары кезінде ғана мүмкін.

Толқын монохроматты толқынға жақын болған сайын, оның жиіліктері спектрінің ені $\Delta\omega$ соғұрлым кем және оны когеренттілік уақыты $\tau_{\text{ког}}$, олай болса когеренттілік ұзындығы да $l_{\text{ког}}$ соғұрлым артық.

Кеңістіктің белгілі бір нүктесінде ғана орынды болатын, толқындардың монохроматтылық дәрежесімен анықталатын тербеліс когеренттілігі – **уақыттық когеренттілік** деп аталады.

Толқындардың таралу бағытына перпендикуляр жазықтығы, толқындардың когеренттік қасиеттерін сипаттау үшін уақыттық когеренттілікпен қатар, **кеңістіктік когеренттілік** түсінігі енгізіледі.

Өлшемдері мен өзара орналасулары интерференцияны бақылауға мүмкіндік беретін (жарықтың қажетті дәрежедегі монохроматтылығы кезінде) екі жарық көзі **кеңістікті-когерентті** деп аталады.

Когеренттілік радиусы (немесе **кеңістіктік когеренттілік ұзындығы**) деп – толқынның таралу бағытына максимал көлденең қашықтықты айтамыз.

Олай болса, кеңістіктік когеренттілік когеренттілік радиусымен анықталады.

Когеренттілік радиусы $r_{\text{ког}} \sim \lambda/\alpha$, мұндағы λ – жарықтың толқын ұзындығы, α – жарық көзінің бұрыштық өлшемі.

Күн сәулелері үшін мүмкін болатын минималь когеренттілік радиусы (Күннің Жердегі бұрыштық өлшемі $\alpha \sim 10^{-2}$ рад және 0,5 мкм кезіндегі) – 0,005 мм-ді құрайды.

Осындай кіші когеренттілік радиусы кезінде күн сәулесінің интерференциясын тікелей таңдау мүмкін емес.

Өйткені, адам көзінің ең жақсы көру қашықтығындағы айыру қабілеті 0,1 мм-ді ғана құрайды.

Интерференцияны күн сәулесімен алғашқы бақылауды 1802 жылы Т. Юнг жүргізген.

Ол үшін алдын ала күн сәулелерін мөлдір емес экранда өте кіші саңылау арқылы өткізген (осы кезде жарық көзінің бұрыштық өлшемі бірнеше дәрежеге азайып, нәтижесінде когеренттілік радиусы (немесе кеңістіктік когеренттіліктің ұзындығы) бірден көбейген).

6.1.2. Жарық интерференциясы

Екі монохромат жарық толқындары бір-біріне беттесіп, кеңістіктің белгілі бір нүктесінде, бір бағыттағы тербелістерді қоздырады деп есептейік:

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1) \text{ и } x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2).$$

Мұндағы x – толқынның электр $\vec{E}$ немесе магнит $\vec{H}$ өрісінің кернеулігі деп түсіну керек: $\vec{E}$ және $\vec{H}$ векторлары – өзара перпендикуляр жазықтықтарда тербеледі.

Электр және магнит өрістерінің кернеуліктері суперпозиция принципіне бағынады.

Берілген нүктедегі қорытқы тербелістің амплитудасы

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1).$$

Толқындар когерентті болғандықтан, $\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$ уақыт өтуімен тұрақты мәнге ие болады.

Сондықтан, қорытқы толқынның интенсивтілігі ($I \sim A^2$)

$$I = I_1 + I_2 + \sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1), \quad (6.1)$$

$\cos(\varphi_2 - \varphi_1) < 0$ кеңістік нүктелерінде интенсивтілік $I < I_1 + I_2$, ал $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) > 0$, нүктелерде интенсивтілік $I > I_1 + I_2$.

Олай болса, екі (немесе бірнеше) когерентті жарық толқындары қабаттасқан кезде, жарық ағыны кеңістік бойынша таралып жүреді.

Нәтижесінде бір жерлерде интенсивтіктің максимумдары, ал басқа жерлерде – минимумдары туындайды.

Осы құбылыс – жарық интерференциясы деп аталады.

Когерентті емес толқындар үшін ($\varphi_2 - \varphi_1$) айырмасы үзіліссіз өзгеріп отырады, сондықтан $\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$ -дің уақыт бойынша орташа мәні нөлге тең, әрі қорытқы тербелістің интенсивтілігі барлық жерде бірдей және $I = I_1 + I_2$ тең.

Когерентті жарық толқындарын алу үшін толқындарды бөлу әдісі қолданылады.

Яғни, бір жарық көзінен шыққан сәулелер екі бөлікке бөлініп, олар әртүрлі **оптикалық жолдарды** жүріп өткеннен кейін бір-бірімен беттесіп, нәтижесінде интерференциялық бейне (картина) байқалады.

Екі когерентті толқындарға бөлу белгілі бір О нүктесінде жүрсін.

Интерференциялық бейне байқалатын M_1 , нүктесіне дейін бір толқын сыну көрсеткіші n_1 , ортада жол жүріп өтсін, екінші толқын сыну көрсеткіші n_2 ортада S_2 жол жүріп өтсін.

Егер О нүктесінде тербеліс фазасы ωt -ға тең болса, онда М нүктесінде бірінші толқын $x_1 = A_1 \cos \omega(t + S_1 / v_1)$ тербелісті, екінші толқын $x_2 = A_2 \cos \omega(t + S_2 / v_2)$ қоздырады, мұндағы $v_1 = c_1 / n_1$, $v_2 = c_2 / n_2$ – бірінші және екінші толқындардың сәйкес фазалық жылдамдықтары.

М нүктесінде толқындар қоздырған тербелістердің фазалар айырымы:

$$\delta = \omega \left(\frac{S_2}{v_2} - \frac{S_1}{v_1} \right) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (s_2 n_2 - s_1 n_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (L_2 - L_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta \quad (6.2)$$

тең, мұндағы $\omega/c = 2\pi v/c = 2\pi / \lambda_0$. λ_0 – вакуумдағы толқын ұзындығы.

Берілген ортадағы жарық толқынының геометриялық s жол ұзындығының, осы ортаның сыну көрсеткішісіне n көбейтіндісі – **оптикалық жол ұзындығы** $L = sn$ деп аталады, ал $\Delta = L_2 - L_1 = s_2 n_2 - s_1 n_1$ – **оптикалық жол айырымы** деп аталады.

Интерференциялық максимум шарты мына түрде жазылады:

$$\Delta = \pm m \lambda_0, \quad \delta = \pm 2 m \pi. \quad (6.3)$$

М нүктесінде екі толқын да қоздырған тербелістер бірдей фазада болып, бірін-бірі күшейтеді.

Интерференциялық минимум шарты:

$$\Delta = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2}, \delta = \pm (2m + 1)\pi. \quad (6.4)$$

Бұл жағдайда М нүктесінде екі толқын қоздырған тербелістер қарама- қарсы фазада болып, бірін-бірін әлсіретеді.

6.1.3. Юнг интерференциясын бақылау әдісі

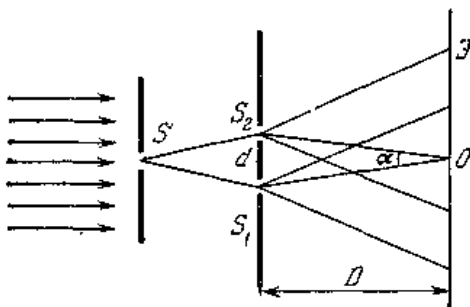
Интерференция құбылысын алғашқы болып байқаған – Т. Юнг.

Лазерлер пайда болғанға дейін барлық аспаптарда жарық интерференциясын бақылауға қажет когерентті жарық шоқтары, бір ғана жарық көзінен таралған жарық сәулелерін бөлу арқылы алынды.

Жарықталынған саңылау S (6.1-сурет) жарық көзі болып табылады, одан жарық толқыны 2 саңылауына параллель, бірдей қашықтықтағы тар S₁ және S₂ саңылауларға түседі.

Олай болса, S₁ және S₂ саңылаулары когерентті жарық көздерінің рөлін атқарады.

Интерференциялық бейне (BC аймағы) белгілі бір қашықтықта орналасқан экранда (Э) байқалады.



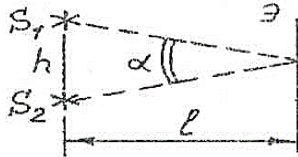
6.1-сурет. Юнг тәжірибесі

6.1.4. Интерференциялық жолақ ені

S_1 және S_2 саңылаулары бір-бірінен h қашықтықта орналасқан және когерентті жарық көздері болып табылады (6.2-сурет).

Жеткілікті дәрежеде қашықталған, S_1 және S_2 нүктелік жарық көздерінен экранға (Э) келген толқындарды, экран арасында жазық толқындар деп есептеуге болады.

Екі жазық толқындар бір-біріне параллель, жарық және кара-қоңыр жолақтар кезектесіп орналасқан интерференциялық бейнені береді.



6.2-сурет. Екі саңылаудағы интерференция құбылысы

Интерференция екі саңылауға да параллель және олардан l қашықтықта орналасқан ($l \gg h$) экранның еркін нүктесінде байқалады.

Интерференцияның жолақ ені деп аталатын ені – көп максимумдар (немесе минимумдар) арасындағы қашықтық мына өрнекпен анықталады:

$$\Delta x = \lambda_0 / a.$$

$a = h / l$ екенін есепке ала отырып, $\Delta x = \lambda_0 l / h$ өрнегін аламыз.

Δx интерференция ретінен (m шамасының) тәуелді емес және l , h және λ_0 . Берілген мәндері үшін тұрақты болады.

(6.6) өрнегіне сәйкес, Δx h -ка кері пропорционал, олай болса жарық көздерінің арасындағы қашықтық үлкен болған жағдайда, $h \approx l$ кезінде, кейбір жолақтарды ажыратуға болмайды.

Көрінетін жарық үшін ($\lambda_0 \approx 10^{-7}$) анық интерференциялық бейне $l \gg h$ кезінде орын алады.

6.1.5. Жарық интерференциясын қолдану

Интерференция құбылысы жарықтың толқындық табиғатын дәлелдеу үшін, толқын ұзындықтарын өлшеуге (интерференциялық спектроскопия), сондай-ақ жоғары шағылғыш қабатты алумен оптикалық аспаптардың сапасын арттыру үшін (оптиканың «жарқындауы») қолданылады.

Жарық әйнек — ауа шекарасында, әйнек линзаның сындырушы беті арқылы өткенде бетке түсетін ағынның — 4 %-ға жуығы шағылады (әйнектің сыну көрсеткіші — 1.5). Қазіргі заманғы объективтерде линзалар саны көп болғандықтан, олардағы шашырау саны үлкен, ал сәйкес жарық ағынының шығыны жоғары.

Сондықтан әйнектен өткен сәулелің интенсивтілігі әлсірейді де, оптикалық аспаптың жарық күші азаяды.

Көрсетілген кемшіліктерді жою үшін *оптиканың жарқындауын* қолданамыз. Ол үшін линзалардың еркін беттеріне сыну көрсеткіші линза материалының сыну көрсеткішінен кем, жұқа (пленка) қапталады.

Жарық ауа — пленка және пленка-шыны бөлімдерінің шекараларынан шағылған кезде 1' және 2' когерентті сәулелерінің интерференциясы пайда болады (6.3-сурет).

Пленка қалыңдығын d шынының n_e және пленканың n сыну көрсеткіштерін, пленканың екі беттерінен шағылған толқындар бірін-бірі өшіретіндей етіп тандап алуға болады.

Ол үшін олардың амплитудалары тең болуы керек, ал оптикалық жол айырымы — минимум шартын қанағаттандыру керек (жарық нормаль бойымен түседі деп есептейік):

$$\Delta = 2nd = (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2},$$

мұндағы, nd — пленканың оптикалық қалыңдығы.

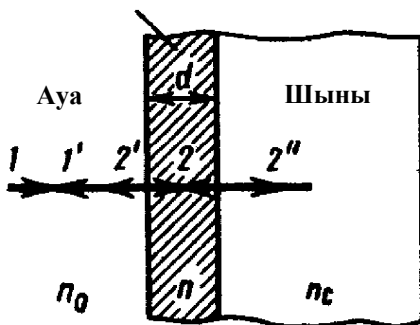
Егер $m=0$ мәнін қабылдаса, онда: $nd = \lambda_0 / 4$,

n_c , n және сыну көрсеткіші n_0 $n_c > n > n_0$ шартын қанағаттандыратындықтан, жарты толқын ысырабы екі бетте де болады. Есептеулер көрсеткендей, шағылған сәулелердің амплитудалары тең болады, егер:

$$n = \sqrt{n_c} . \quad (6.7)$$

Егер (6.7) орындадып, пленканың оптикалық қалыңдығы $\lambda_0/4$ тең болса, онда интерференция нәтижесінде шағылған сәулелердің өшуі байқалады.

Жарық болу қабаты



6.3 - сурет. Жарық болу қабаты

Барлық толқын ұзындықтарын бір мезгілде өшіру мүмкін болмағандықтан, бұл көз ең жақсы қабылдайды $\lambda_0 = 0,55$ мкм толқын ұзындығы үшін жасалынады.

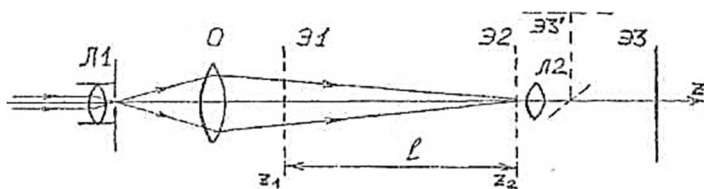
Сондықтан, жарқынданған оптикалық объективтер көкшіл-қызыл түсті болады.

6.1.6. Тәжірибенің типтік сұлбасы

Оптикалық орындықта (6.4-сурет):

- сәулелену шоғы құралатын қоңдырғы;
- Э1 жазықтығындағы зерттелетін нысан;
- зерттелетін интерференциялық немесе дифракциялық бейне құрылатын Э2 жазықтың.

Осы бейне бақылау және өлшеу үшін Л2 микропроектор линзасымен үйкетіліп Э3 экранға көшіріледі.



6.4-сурет. Тәжірибе сұлбасы



6.5-сурет. Параллель және жинақталған шоқтардағы дифракция

Толқын көздері ретінде лазер сәулелерімен жарықталынатын, екі саңылау қолданылады.

Дифракция нәтижесінен сәулелер шоғы, саңылаулардан кейін бір бағытта жинақталмай, өзара қапталып интерференциялық суретті береді (6.5, а-сурет).

Бірақ, саңылауларды жазық толқынмен жарықтандырғанда, жарық шоқтары қондырғы өлшемі l төңірегінде қиылысып үлгермейді.

Сондықтан, саңылауларды қысқа фокусты линза және объектив көмегімен алынған жинақталатын толқынмен (6.5, б-сурет) жарықтандырады.

Тәжірибе сұлбасы 6.4-суретте келтірілген.

Лазер шоғы Л1 линза және О объектив көмегімен микропроектордың (3 модуль) Л2 линзасының Э2 объективті жазықтығында тоғысқан $z_2=670$ мм координаталы толқынға айналады.

Фотокабылдағыштың Э3 экранында кіші өлшемді жарық нүкте көрінеді.

Зерттелетін нысандар (саңылаулар, саңылаулар жұбы) экрандар үшін (8 модуль) арналған кассетада Э1 жазықтықта z_1 координатамен орнатылады.

Сонда Э2 жазықтығында интерференциялық немесе дифракциялық сурет құралады, ол ұлғайтылған түрде Э3 экранда байқалады.

Нысандардың өздерінің параметрлері бақылау, өлшеу үшін оларды Э2 линзаның нысанды жазықтығында кассетаға орнатады.

Ал объективті О толқын тоғысып, нысанның бүкіл беттік жарықтандыратындай етіп ығыстырады.

Фотоқабылдағыштың Э3 экранында нысандардың үлкейтілген кескіндері пайда болады.

6.4-суреттегі сұлбада және кейінгі суреттерде пунктирмен көрсетілген Э3 экранның нақты орнының орнына, микропроектор айнасымен сәулелердің сынуы ескерілмейтін Э3 орны көрсетілген.

Берілген жұмыста қолданылатын модульдер:

- 02 – лазер сәулесін қажетті бағытқа бұратын айна.
- 03 – микропроектор ($f=+15$ мм линза) сканерлеу түйінімен экранда ұсақ масштабты нысандарды өлшеуге және бақылауға арналған.
- 05 – конденсор ($f=+12$ мм линза) шкаласы бар экранмен экран жазықтығында лазерлік сәулеленудің «нүктелік көзін» құрастырады.
- 06 – объектив ($f=+120$ мм линза) сәулелену шоқтарын құрастыруға арналған (05-модульмен бірге).
- 08 – екікоординаталы ұстағыштағы кассета, зерттелетін объектілері бар экрандарды орнатуға арналған.

Интерференцияны зерттеу үшін № 25М, 27, 28 нысандарын қолданады.

25М нысан – жылжымалы саңылау, нысан 27 – екі саңылау (қадам 1,0 мм-ге тең), нысан 28 – екі саңылау (қадам 2,0 мм-ге тең).

6.2. Тәжірибені жүргізу реті және өлшеулер нәтижелерін өңдеу

1-жаттығу: $\Theta_d \approx \lambda / d$ қатынасын тексеру.

1. 02, 05, 06, 03-модульдерін орнатыңыз.

ЭЗ экранда жарық тоғысқан нүктені алыңыз (06-модуль – ~26 см координатасында, 05-модуль – ~8 см, модуль 03 – 67 см).

2. 08-модульді ЭІ жазықтығында 03 және 06 модульдерінің арасында – 37 см координатада орналастырыңыз, 08-модульді козғалмалы саңылауды бар экран – 25М нысанын қойыңыз.

3. 25М нысанында барабанды сағат тілімен бұрай отырып, саңылауды ашыңыз.

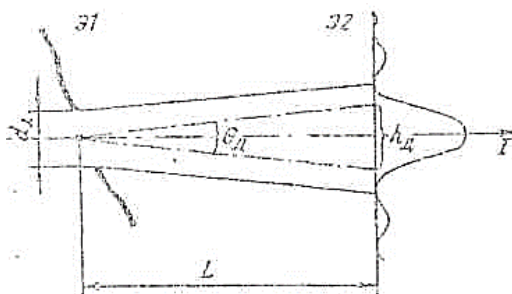
Барабанның толық бір айналысы 10 сандық бөліндіге сәйкес келеді, осы кезде саңылау өлшемі 1 мм-ге артады.

Сандық бөліндінің құны 0,1 мм-ге тең. Саңылау өлшемін анықтаңыз (егер барабан нониусы 6,5 бөліндіні керсетсе, онда саңылау ені $6,5 \cdot 0,1 \text{ мм} = 0,65 \text{ мм}$).

4. Экрандағы ЭЗ жарық нүктенің орнына орталық максимум мен орталық максимумның екі жағында орналасқан бірнеше қосалқы максимумдардан құралған интерференциялық бейне пайда болады.

5. Орталық дақтың өлшемі ~ дифракцияның фундаментальды қатысымен анықталады: егер толқын ұзындығы λ сәуле елшемі – d саңылау арқылы ететін болса, онда Θ_d дифракция бұрышымен анықталатын дифракциялық таралулар пайда болады, ол шаманың реті:

$$\Theta_d \sim \lambda / d. \quad (6.8)$$



6.6-сурет. Бір саңылаудағы дифракциялық бейне

(6,8) қатысы дифракциялық эффектілердің реттік бағалауға мүмкіндік береді.

6. Орталық максимумның өлшемін h_d өлшеңіз. Микропроектордық ұлғаюы $\beta = 20$ екенін есепке ала отырып, саңылаудың өлшемін есептеңіз.

$$d = h_d / 2\beta.$$

7. 08-модульден 03-модульге дейінгі / қашықтықты өлшеңіз.

8. 6-пунктте d -ның мәні табиғи жүзінде анықталған.

$\Theta_d = d / l$, өрнегі бойынша дифракция бұрышын есептеңіз.

9. (6.8) өрнегі бойынша дифракция ретін анықтаңыз.

Мұндағы $\lambda = 0,632 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, d – 3-ші пунктте микропроектор барабаны бойынша орнатылған саңылау өлшемі.

10. 8-пунктте және 9-пунктте алынған сандардың реті бірдей болуы керек.

2-жаттығу. Интенсивтіліктің таралуын сапалы зерттеу

1. 02, 05, 06, 03-модульдерін орнатыңыз.

ЭЗ экранда жарық тоғысқан нүктені алыңыз.

2. 03 және 06-модульдер арасына **Э1** жазықтығында 08-модулін (6.4-сурет) – 40 см координатасында орналастырыңыз.

08-модуліне екі саңылаулы экранды (27 немесе 28 нысан) орналастырыңыз.

3. Экранда екі саңылаудағы интерференциялық бейнені бақылаңыз.

4. Саңылаулардың бірін қағаз парағының шетімен жабыңыз.

ЭЗ экранда бір саңылаудағы интенсивтіліктің таралу бейнесі байқалады.

5. Қағаз парағының шетімен саңылаудың басқасын жабыңыз.

ЭЗ экранда 4-пункттегі сияқты бейне байқалады.

Бөлек-бөлек ашық тұрған бірінші және екінші саңылаулар максимум ені (6.8)-ге сәйкес интенсивтіліктің бірдей таралуын береді.

6. Саңылаудың екеуін де ашыңыз.

3, 4, 5-пункттеріндегі экранда алынған интерференциялық бейнелерді салыстырыңыздар.

Айырмашылықтарын түсіндіріңіз.

Екі саңылаудағы бейне, интерференциялық жолақтармен «кесілген» болады.

Ені саңылаудағы сәулелену интенсивтігі қосылмайды – интерференция құбылысы дегеніміз осы.

3-жаттығу $\Delta x = \lambda l / h$ қатысын тексеру

1. Алдыңғы жаттығудағы 1 және 2-пункттерді қайталаңыз.

2. 08-модульге 2 саңылаулы экранды – нысан 27 орнатыңыз h (саңылаулар арасындағы қашықтық) 1 мм-ге тең.

3. 08-модульді қозғалта отырып, соған сәйкес l -ді өзгертеміз (6.4-сурет), интерференциялық жолақ ені Δx , (6.6) өрнегіне сәйкес өзгеретініне көз жеткізіңіз.

Ол үшін интерференциялық жолақтың енін Δx , Э3 экранда әртүрлі l -дер үшін өлшеңіз (l – 08 және 03-модульдерінің арасындағы қашықтық).

4. Нәтижелерді 1-кестеге енгізіңіз.

5. l -дің берілген мәндері үшін Δx_m -нің теориялық мәндерін есептеңіз;

$$h = 1 \text{ мм}, \lambda = 0,632 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

6. 3-пункт анықталған Δx_3 -нің 5-пунктте есептелінген Δx_m –нің теориялық мәнімен салыстырыңыз.

1-кесте

l , мм				
Δx_3 , мм				
Δx_m , мм				

7, 08-модульге 2 саңылаулы экранды – нысан 28 орнатыңыз, h (саңылаулар арасындағы қашықтық) 2 мм-ге тең.

3–6-пункттерін саңылаулар арасындағы қашықтығы басқа жаңа нысанмен қайталаңыз. Нәтижелерді 2-кестеге енгізіңіз.

$I, \text{ мм}$				
$\Delta x, \text{ мм}$				
$\Delta x_m, \text{ мм}$				

4-жаттығу. Толқын ұзындықты өлшеу

1. 1-жаттығудың 1-пунктін қайталаңыз.

2. 08-модульді -31 см координатада 06-модульге жақын орнатыңыз.

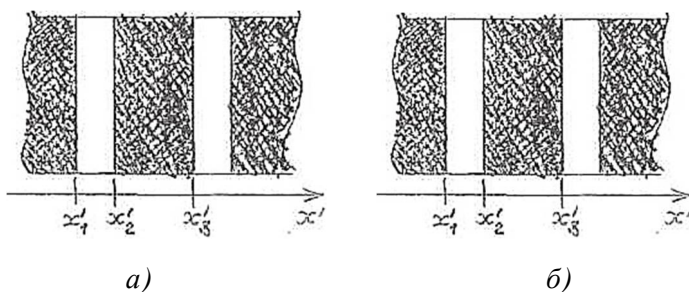
Сонда l қашықтық максималь мәнге $l = 35 \text{ см}$ ие болады.

08 модульге нысан 28 қойыңыз ($h = 2 \text{ мм}$). Экранда екі саңылаудағы интерференциялық бейнені көресіз.

Интерференцияның жолақ енін өлшеңіз. Ол үшін 3 – оң, және 3 – сол минимумдар арасындағы қашықтықты өлшеп, оны олардың арасындағы жолақтар санына бөліңіз (берілген жағдайда 5).

Егер 4 – оң және сол минимумдар арасындағы қашықтықты алсаңыз, онда олардың арасындағы жолақтар саны 7 болады.

6.7, а-суретте ЭЗ экранда интерференциялық жолағы енін өлшеу көрсетілген.



6.7-сурет. Интерференциялық жолақ енін анықтау

Э2 жазықтығында микропроектордың ұлғаюын есепке ала отырып,

$$\Delta x = \frac{x'_2 - x'_1}{\beta N},$$

мұндағы x'_2 , x'_1 – сәйкес минимумдардың координаталары, N – жолақтар саны, $\beta = 20$ – микропроектордың ұлғаюы.

06 қозғалта отырып, сол арқылы микропроектордың нысанды жазықтығын жарықтандыра отырып, қондырғыны тоғыстаңыз (08-модульді қозғалтпаңыз).

06-модуль -17-18 см-де орналасқанда Э3 экранда саңылаулардың үлкейтілген бейнесі байқалады.

1. 6.7, б-суретте саңылаулар арасындағы қашықтық пен саңылау енін өлшеу көрсетілген.

Э3 экранда: $x'_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ мм, $x'_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ мм, $x'_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

Саңылаулар арасындағы қашықтық; $h = (x'_3 - x'_2) / \beta = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

Саңылау ені; $d = (x'_2 - x'_1) / \beta = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

2. (10) өрнектен сәуленің толқын ұзындығын анықтаңыз.

$\lambda = \Delta x \cdot h / l = \underline{\hspace{2cm}}$ нм.

Сіз $\lambda \approx 632,8$ нм мәнін алуыңыз қажет.

5-жаттығу. Интенсивтіліктің таралуы

1. Екі саңылаудағы интерференциялық бейнені алып (2-жаттығудағы сияқты), фотодатчик терезесінің ортасында орталық максимум орналасатындай етіп қозғалтыңыз. Орталық максимум интенсивтілігін өлшеңіз.

2. Фотодатчик ортасына кезекпен оң 1 - минимум, содан соң оң 1 - максимумды орнатыңыз, әр жолы интенсивтілік шамасы мен орталық максимумнан L қашықтығын өлшеңіз.

3. Дәл осылай фотодатчик ортасына кезекпен келесі оң минимумдар мен максимумдарды орнатып, әр жолы интенсивтілік шамасы мен орталық максимумнан L қашықтықты өлшеп отырыңыз.

4. 2 және 3-пункттерді сол минимумдар мен максимумдар үшін қайталаңыз.

5. Барлық нәтижелер 3, 4-кестелерге енгізіңіз де, интенсивтіліктің өзгеру графигін тұрғызыңыз.

6. Осы өлшеулерді бір саңылаулы экран үшін жасап шығыңыз. Графиктер тұрғызып, нәтижелерді салыстырыңыз.

3-кесте

	0 max	1 min	1 max	2 min	2 max	3 min	3 max	және т.б.
L (мм)								
Интенсивтілік								

4-кесте

	0 max	1 min	1 max	2 min	2 max	3 min	3 max	және т.б.
L (мм)								
Интенсивтілік								

Бақылау сұрақтары

1. Когеренттілік. Жол айырымы. Фазалар айырымы. Интерференция.
2. Интерференциялық максимум, минимум шарттары, Жолақ ені.
3. Юнг тәжірибесі.
4. Интерференцияның қолданылуы.

№ 7 ЛАБОРАТОРИЯЛЫҚ ЖҰМЫС
ЖАЗЫҚ ЖӘНЕ СФЕРАЛЫҚ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ШЫНЫ
ПЛАСТИНАДАН ШАҒЫЛУЫ КЕЗІНДЕГІ ЛАЗЕР
СӘУЛЕСІНІҢ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

КІРІСПЕ

Жұмыстың мақсаты: Шыны пластинаның сыну көрсеткішін интерференциялық әдіспен анықтау.

7.1. Теориялық кіріспе

Жазық толқын деп толқындық беттері бір-біріне параллель болып келетін жазықтықтардан тұратын толқынды атаймыз.

Энергия жұтпайтын ортада, ОХ осі бойымен оң бағытта таралып бара жатқан гармониялық жазық толқынның теңдеуі, жалпы жағдайда, келесі түрде жазылады:

$$E(x, t) = E_0 \cos \left[\omega \left(t - \frac{x}{v} \right) + \varphi_0 \right], \quad (7.1)$$

мұндағы $E_0 = \text{const}$ – толқынның амплитудасы; ω – циклдік жиілік; φ_0 – жалпы жағдайда x пен t -нің санақ басын таңдау арқылы анықталатын бастапқы фаза; $\left[\omega \left(t - \frac{x}{v} \right) + \varphi_0 \right]$ – жазық толқын фазасы; v – толқынның таралу жылдамдығы (фазалық жылдамдық).

Гармониялық толқындар толқындық санмен сипатталады:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}. \quad (7.2)$$

Онда гармониялық жазық толқынның теңдеуі келесі түрде жазылады:

$$E(x, t) = E_0 \cos (\omega t - kx + \varphi_0). \quad (7.3)$$

Комплекс сандар арқылы жазылатын Эйлер формуласын жазатын болсақ:

$$e^{i\alpha} = \cos \alpha + i \sin \alpha, \quad (7.4)$$

мұндағы $i = \sqrt{-1}$ – жорамал бірлік. Сондықтан жазық толқынның теңдеуін экспоненциалды түрде былай жазуға болады:

$$E(x, t) = E_0 e^{i(\omega t - kx + \varphi_0)}. \quad (7.5)$$

Тербелістер теориясы бойынша тербелетін $E(x, t)$ шамасы комплексті өрнектің оң жағында тұрған нақты бөлігіне тең болады.

Жарықтың интерференциясы деп электромагниттік толқындардың қосылуы (суперпозициясы) нәтижесінде кеңістікте жарық энергиясы ағынының қайта үлестірілуіне алып келетін құбылысты айтамыз.

Егер бақылау үшін жеткілікті τ уақыты ішінде екі тербелістің фазалар айырымы тұрақты болса ($\Delta\varphi = \text{const}$), мұндай тербелістерді когерентті деп атайды.

Нағыз когерентті болып табылатын тек монохроматты толқындар ғана, себебі олардың амплитудалары, жиілігі және бастапқы фазалары уақыт бойынша тұрақты болып қалады.

Әрине, қарапайым жарық көздері беретін жарықтың мұндай қасиеттері жоқ. Бірақ сәуле монохроматты болса, интерференциялық көріністегі максимум және минимум интенсивтіктерді табу қолайлы болады.

Жарық толқынының монохроматты еместігінің (когерентті еместігінің) физикалық табиғаты, атомдардың сәуле шығару процестеріне байланысты.

Жарық шығарып тұрған дененің сәулесі зат құрамына кіретін атомдар шығаратын толқындардан тұрады. Атом жарықты қысқа импульстер (толқын цугтары) түрінде өте қысқа уақыт ($\tau \approx 10^{-8} \text{ с}$) ішінде шығарады.

Жеке импульстер (цугтар) арасында ешқандай байланыс жоқ, сондықтан бұл импульстер бір-бірімен когерентті болмайды. Монохроматты емес жарықты бір-біріне тәуелсіз гармониялық цугтардың жиіні ретінде қарастыруға болады.

Когеренттік уақыты τ_c толқын цугының орташа шығу ұзақтығымен анықталады.

Екіге бөлінген сәуле шоқтарының бірі уақыт бойынша «кешігетін» болса (кешігу уақыты цугтың пайда болу уақытынан артық болса), екіге бөлінген сәуле шоқтары когерентті болмайды, демек олар интерференциялық көрініс бере алмайды.

Сонымен, толқынның когеренттігі цугтың пайда болу уақытына тәуелді, яғни когеренттік уақыты атомның сәуле шығару уақытынан кіші болуы керек $\tau_c < \tau$.

Осы когеренттік уақыт ішінде толқын вакуумда $L_c = c\tau_c$ қашықтыққа таралады, бұл қашықтық когеренттік ұзындығы деп аталады.

Демек, берілген жарық көзі үшін интерференциялық құбылыс бақыланатын оптикалық жол айырымы когеренттік ұзындықтан артық болмауы керек ($\Delta = |r_i - r_j| < c\tau_c$).

Когеренттік уақыты мен спектрдің жиілік бойынша ені келесі қатынаспен байланысқан:

$$\tau_c = \frac{1}{\Delta\nu}, \quad (7.6)$$

бұдан $\lambda = \frac{c}{\nu}$ екендігін ескеріп, жарық көзінің сәуле шығаруының толқын ұзындығы бойынша спектрлік енін келесі түрде жазамыз:

$$|\Delta\lambda| = \frac{c \Delta \nu}{\nu^2} = \Delta\nu \frac{\lambda^2}{c}.$$

Қарастырылып отырған толқын ұзындықтар ауқымындағы орташа толқын ұзындықты $\langle\lambda\rangle$ деп белгілеп, келесі өрнекті аламыз

$$\tau_c = \frac{\langle\lambda^2\rangle}{c\Delta\lambda} \quad \text{және} \quad L_c = \frac{c}{\Delta\nu} = \frac{\langle\lambda^2\rangle}{\Delta\lambda}. \quad (7.7)$$

Демек, жарық көзі шығаратын спектрлік аралық $\Delta\lambda$ неғұрлым кіші болса (яғни толқын монохроматтыққа жақын болса), соғұрлым когеренттік уақыты τ_c көп болады, сәйкесінше когеренттік ұзындығы L_c да үлкен болады.

Атап айтсақ, күн жарығының көрінетін аумағы үшін (жиілігі $4 \cdot 10^4 \div 8 \cdot 10^{14}$ Гц тұтас спектр үшін) $\tau_c \approx 10^{-14}$ с, лазер үшін (спектрлік сызық ені 10^2 Гц болатын) $\tau_c \approx 10^{-2}$ с.

Когеренттік уақыттық және кеңістіктік болып екі түрге бөлінеді. Лазер жарығы осы когеренттіктердің екеуіне де ие.

Монохромат нүктелік жарық көзі – абсолют когерент жарық көзі болып табылады. Бірақ шын мәнінде табиғатта монохромат және нүктелік жарық көздері болмайды.

Сонда жарық көзінің монохроматтықтан ауытқу дәрежесі оның уақыттық когеренттік дәрежесімен, ал жарық көзінің мөлшерінің нүктеліктен ауытқуы кеңістіктік когеренттік дәрежесімен сипатталады.

Атомдар толқындық импульстер (цугтар) түрінде жарық шығарады.

Шығарылған толқын цугының ұзындығы мен сәуле шығару спектрі өзара байланысты. Сонда толқын цугы неғұрлым ұзын болса, сәуле шығарудың спектрлік сызығы соғұрлым жіңішке болады, тек толқынның цугы ұзын болғанда ғана жиілігі V_0 монохромат сәуле алынады.

Уақыттық когеренттікті бір нүктеден шыққан екі толқынның интерференциялануы кезінде байқалатын интерференциялық көріністің айқындығымен байланыстырады.

Ол осы сәулелердің бір-біріне қатысты уақыт бойынша кешігуі кезінде өзара айқындықты сақтап қалуын сипаттайды. Уақыттық когеренттіктің өлшемі – τ_c когеренттік уақыты болып табылады.

Ол – бір сәуленің екінші сәуледен мүмкін болатын максималды уақытқа кешігуі кезінде олардың өзара когеренттігі сақталатын уақыт.

Егер кешігу уақыты әрбір толқын цугы ұзақтығынан көп кіші болса, онда толқын цугтары іс жүзінде бір-бірімен беттесіп өте айқын интерференциялық көрініс береді. Бұл жағдайда, осы қарастырылған тербелістер арасында уақыттық когеренттік бар деп есептеледі.

Жарық көзі көптеген нүктелік көздерден, мысалы, сәуле шығарушы зат атомдарынан тұрады.

Егер жарық көзінің мөлшері кіші болса, онда атомдардың барлығы бірдей интерференциялық көрініс береді де, жалпы көрініс жеке атомдардікіндей, бірақ өте айқын болады. Бұл кеңістіктік когеренттік жағдайы.

Жарық көзінің диаметрін үлкейткенде әртүрлі атомдардың беретін интерференциялық жолақтарының ара қашықтықтары, толқындардың жолдар айырымы әртүрлі болғандықтан (кеңістікте тербеліс фазаларының үйлесушілігі болмағандықтан) бірдей болмайды.

Сонда интерференциялық көріністің максимумдары бір-бірімен сәйкес келмейді, жолақтар бұлыңғырланады, көріністің айқындылығы кемиді.

Бұл жағдайда жарық көзінің кеңістіктік когеренттігі жартылай болады.

Жарық көзінің мөлшерін одан үлкейткенде оның кеңістіктік когеренттігі жойылады. Демек, сәуленің кеңістіктік когеренттігі жарық көзінің мөлшеріне тәуелді.

Жылулық жарық көздері шығаратын толқындардың кеңістіктік когеренттік диаметрі

$$D_c \approx 0,32 \frac{\lambda}{\alpha},$$

мұндағы λ – толқын ұзындықтар аралығынан жарық сүзгіштің көмегімен бөлініп алынған толқын ұзындық; α – қарастырылып отырған толқындық шоқ қимасы арқылы жарық көзі көрінетін бұрыш (берілген қимадан көрінетін жарық көзінің бұрыштық радиусы).

Интерференциялық көрініске қарапайым жарық көздерінің нүктелік еместігі (протяженность) қалай әсер ететінін білу үшін олардың шығарған жарығын монохроматты деп санайды.

Мұндай жарық көзін ойша көптеген нүктелік жарық көздеріне бөлуге болады.

Әрине, мұндай элементар жарық көздері когерентті болмайды. Онда кез-келген жердегі интенсивтік жекелеген элементар жарық көздерінен алынған интерференциялық көріністегі интенсивтіктердің қосындысына тең болады.

Мұндай нүктелік емес жарық көзінің әртүрлі элементтерінен алынған интерференциялық көрініс бір-біріне қатысты ығысқан болады да, олардың қабаттасуы нәтижесінде интерференциялық жолақтар бұлыңғыр болады.

Оларды тәжірибенің геометриясына қойылатын белгілі бір шарттарды орындаған жағдайда ғана бақылауға болады.

Монохроматты жарық жағдайында жуықталған келесі шарт орындалғанда интерференциялық көрініс барынша айқын болады:

$$a \sin \omega \leq \frac{\lambda}{4},$$

мұндағы a – жарық көзінің өлшемі (мысалы, саңылау ені); 2ω – жарық көзінен шыққан шеткі сәулелердің арасындағы бұрыш, оны интерференция апертурасы деп атайды.

Демек, неғұрлым интерференция апертурасы кіші болса, соғұрлым жарық көзінің өлшемі үлкен болады екен.

Егер толқынның толқындық беттері концентрлі сфера түрінде болып келсе, онда сфералық толқын деп атайды. Осы сфераның центрі толқынның центрі деп аталады.

Гармониялық сфералық толқынның теңдеуі мына түрде жазылады:

$$E(r, t) = \frac{E_0}{r} \cos(\omega t - kr + \varphi_0) \quad (7.8)$$

мұндағы r – толқынның центрінен басталатын арақашықтық, E_0 – толқынның амплитудасы, φ_0 – толқын центріндегі тербелістің бастапқы фазасы, ω – циклдік жиілік, k – толқындық сан, $(\omega t - kr + \varphi_0)$ – сфералық толқынның фазасы.

Сфералық толқын жағдайында, тіпті энергия жұтпайтын ортада да, тербеліс амплитудасы тұрақты болмайды, ол арақашықтық артқан сайын $\frac{1}{r}$ заңымен кеміп отырады.

(7.8) теңдеуді жарық көзінің өлшемдерінен әлдеқайда үлкен арақашықтықтар үшін қолдануға болады (жарық тербелісін бұл кезде нүктелік деп санауға болады).

Гармониялық сфералық жарық толқыны жағдайында $(\omega t - kr + \varphi_0) = \text{const}$ шартынан, фазалық жылдамдық

$$V = \frac{dr}{dt} = \frac{\omega}{k} \text{ анықталатындығы шығады.}$$

Гармониялық сфералық толқынның теңдеуі экспоненциалды түрде былай жазылады:

$$E(r, t) = E_0(r) e^{i(\omega t - kr + \varphi_0)}, \quad (7.9)$$

мұндағы $i = \sqrt{-1}$ – жорамал бірлік. r -дің үлкен мәндерінде толқындық беттің кез-келген кіші бөліктерін жазық бет деп қарастыруға болады.

Бірдей жиіліктегі екі толқын кеңістіктің берілген нүктесінде қосылатын болса, бұл тербелістердің қосылу нәтижелері тербеліс фазаларының қатынастарына тәуелді болады.

Егер екі тербелістің фазалары сәйкес келсе, тербелістер бір-бірін күшейтеді, ал фазалары қарама-қарсы болса тербелістер бір-бірін әлсіретеді.

Сонымен қатар, фазалары сәйкес келгенде қорытқы тербеліс энергиясы жеке тербелістердің энергияларының қосындысынан екі есе артық болады (егер толқындардың амплитудалары бірдей болса).

Бұл құбылыс тербелістердің фазалары уақыт бойынша бей-берекет өзгерсе байқалмайды.

Сонымен бірдей жиіліктегі екі тербелістің қосылуы келесі екі жағдайда өтуі мүмкін:

1) Бақылау кезінде тербелістердің фазалар айырымы уақыт бойынша өзгермейді. Кеңістіктің кез келген нүктесіндегі

қорытқы тербелістің орташа энергиясы бастапқы тербелістердің орташа энергияларының қосындысынан өзгеше болады.

Қорытқы тербеліс энергиясы фазалар айырымына байланысты одан артық немесе кем болуы мүмкін. Мұндай тербелістерді когерентті тербелістер деп атайды.

Кеңістікте тербелістердің энергиялары ағынының қайта үлестірілуіне алып келетін осындай когерентті тербелістердің (толқындардың) қосылуын интерференция құбылысы деп атайды.

2) Егер бақылау кезінде тербелістердің фазалар айырымы уақыт бойынша бей-берекет өзгертін болса және қорытқы тербелістің орташа энергиясы бастапқы тербелістердің орташа энергияларының қосындысына тең болса, ол тербелістерді когерентті емес тербелістер деп атайды.

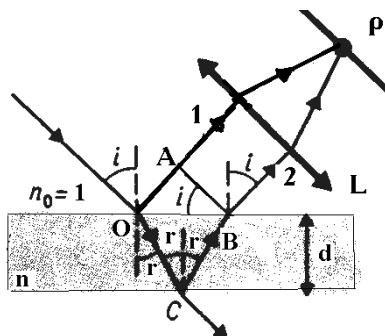
Мұндай тербелістер қосылған кезде интерференция құбылысы анық байқалмайды. Интерференция құбылысы толқындардың табиғатына тәуелсіз кез-келген толқындарда, соның ішінде жарық толқындарында байқалады.

Жарық толқындарын заттың атомдары мен молекулалары шығаратындықтан, мұндай когерентті толқындарды алу қосымша қиындықтар туғызады. Бірақ когерентті жарық толқындарын алудың көптеген әдістері бар.

Бұл жұмыста бірдей көлбеуліктегі интерференциялық жолақтардың пайда болуы қарастырылады.

Лазер сәулесінің кеңістіктік және уақыттық когеренттілігі нәтижесінде қуаты бірнеше мВт жарық шоғымен қалың жазықпараллель пластинадағы интерференциялық жолақтарды бақылауға болады. Бірдей көлбеуліктегі интерференциялық жолақтарды келесі жағдайда бақылауға болады.

Мөлдір жазықпараллель пластинаға бір сәуледен шыққан параллель жарық шоғы түссін делік (7.1-сурет).



7.1-сурет. Жазықпараллель пластинадағы сәулелердің жолы

Пластинка екі параллель жарық шоқтарын шашыратады, оның біріншісі – пластинаның жоғарғы жазықтығынан шағылады (1-сәуле), ал екіншісі – төменгі жазықтықтан шағылу нәтижесінде пайда болады (2-сәуле).

1-ші және 2-ші сәулелердің оптикалық жол айырымы мына түрде жазылады:

$$\Delta = n(OC + CB) - \left(OA + \frac{\lambda}{2}\right),$$

мұндағы λ – қарастырылып отырған сәуленің толқын ұзындығы.

Бұл жердегі $\frac{\lambda}{2}$ шамасы 1-ші сәуленің ауа мен шынының шекарасында шағылуы кезінде пайда болған қосымша жол айырымын көрсетеді. 7.1-суретке сәйкес

$$OC = CB = \frac{d}{\cos r}, OA = OB \cdot \sin i = 2d \cdot \operatorname{tgr} \cdot \sin i,$$

мұндағы i – түсу бұрышы, r – сыну бұрышы.

Жарықтың сыну заңына сәйкес және ауа үшін $n_0 = 1$ екенін ескере отырып, $\sin i = n \cdot \sin r$ теңдігін аламыз, мұндағы n – шынының сыну көрсеткіші.

Жарты толқынды жоғалтуды ескере отырып, оптикалық жол айырымы үшін келесі өрнекті аламыз:

$$\Delta = 2d \cdot n \cdot \cos r - \frac{\lambda}{2} = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda}{2}, \quad (7.10)$$

мұндағы i – түсу бұрышы, r – сыну бұрышы, n – шыны пластинаның сыну көрсеткіші.

Осы шағылған толқындардың қосылуы барысында интерференция құбылысы байқалады, сонымен қатар шағылған қорытқы толқынның интенсивтігі тек қана түсу бұрышына тәуелді болады.

Егер осы 1-ші және 2-ші жарық шоқтарының жолына жинағыш линза қойсақ, онда олар линзаның фокустық жазықтығының бір нүктесінде интерференцияланады.

Жол айырымы $\Delta = m\lambda$ болғанда интенсивтіктің максимумы байқалады, ал $\Delta = (2m+1)\frac{\lambda}{2}$ болған жағдайда интенсивтіктің минимумы байқалады, мұндағы $m = 0, 1, 2, \dots$

Сөйтіп, L линзаның фокустық жазықтығында интерференциялық жолақтар жүйесі пайда болады.

Әрбір жолақ i бұрышының мәндеріне, яғни ОН жазықтығына бірдей көлбеулікке сәйкес келеді, сондықтан бұларды бірдей көлбеуліктегі интерференциялық жолақтар деп атайды. i бұрышының өте үлкен емес мәндері үшін ($i < \pi/6$) оптикалық жол айырымы келесі өрнекпен анықталады:

$$\Delta \approx 2dn \left(1 - \frac{\sin^2 i}{2n^2} \right) - \frac{\lambda}{2} = 2dn - \frac{d}{n} \cdot \sin^2 i - \frac{\lambda}{2}.$$

Өрнектен көрініп тұрғандай, m – интерференциялық жолақтар реті $\sin^2 i$ -дан сызықты түрде тәуелді болады:

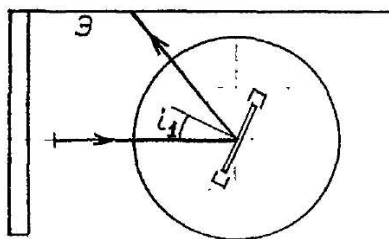
$$m = \frac{\Delta}{\lambda} = \text{const} - \frac{d}{n\lambda} \cdot \sin^2 i. \quad (7.11)$$

Интерференциялық жолақтар нөмірі N -нің $\sin^2 i$ -дан (нөмірлеуді кез-келген жолақтан бастауға болады) тәуелділік графигін тұрғызып, $d/n\lambda$ мәнін графиктің бұрыштық коэффициенті $K = \frac{\Delta N}{\Delta(\sin^2 i)}$ түрінде табуға болады, бұдан шыны пластинаның сыну көрсеткіші

$$n = \frac{d}{\lambda K}. \quad (7.12)$$

7.2. 1-тәжірибе қондырғысы

Оптикалық орындықтың оң жақ бөлігіндегі бұрымалы үстелге жұқа шыны пластинаны (4-ші нысан) орнатып, оны лазер сәулесімен жарықтандырыңыз (7.2-сурет).



7.2-сурет. Жазық толқынның шыны пластинадан шағылуы кезіндегі лазер сәулесінің интерференциясының оптикалық сұлбасы

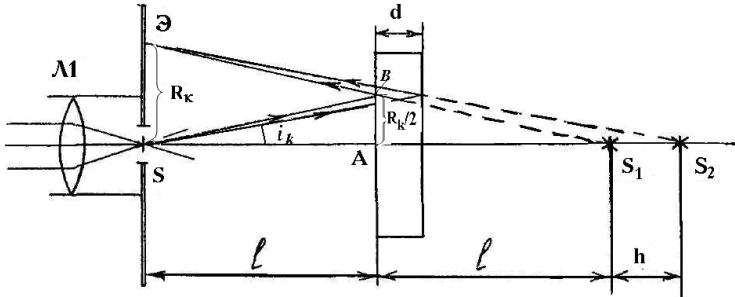
Үстелді бұра отырып сол жақ қабырғадағы және фронталды экрандағы пластинадан шашыраған жарық шоғын бақылаңыз.

Пластинаны бұрған кездегі жарық шоғының интенсивтігінің өзгерісін бақылаңыз (интерференциялық минимумдарда жарық шоғы қараңғы жолақтармен қиылысқандай көрінеді).

Түскен жарық шоғына жақын (оның нөмірі $N=0$ болсын делік) қараңғы жолақтан бастап санай отырып, үстелдің бұрыштық координаттарын бірнеше жолақ сайын анықтаңыз (мысалы, $N = 0, 5, 10$ және 20 -шы жолақтар үшін).

Пластинаға түсетін нормальдың орнын анықтаңыз (яғни пластинадан шағылған жарық шоғы түскен шоққа қарама-қарсы бағытталған жағдайдағы үстелдің координатын анықтау керек).

7.2.1. 2-тәжірибе қондырғысы



7.3-сурет. Сфералық толқынның шыны пластинадан шағылуы кезіндегі лазер сәулесінің интерференциясының оптикалық сұлбасы

Айталық, **S** нүктелік жарық көзінен шыққан сәуле **Л** линзадан өтіп **П** жазықпараллель пластинадан шағылсын делік (7.3-сурет).

Пластинаның алдыңғы және ішкі жақ беттерінен шағылған толқындар **Э** экранда ортасы жарық шоғының осінде жатқан қараңғы және жарық сақиналар түріндегі интерференциялық көріністі береді.

Бұл көріністі **S** жарық көзінің кескіні болып табылатын пластинаның алдыңғы және ішкі беттерінен шағылу барысында пайда болған **S₁** және **S₂** жарық көздерінен шыққан толқындардың қосылу нәтижесі деп қарастыруға болады.

Жазықпараллель пластинадан шағылған сәулелердің интерференциясының k -шы минимум шартын келесі түрде жазуға болады:

$$2d \cdot n \cdot \cos i_k = k\lambda, \quad (7.13)$$

мұндағы r_k – k -шы сәуленің пластинадан сыну бұрышы, k – интерференция реті, n – шыны пластинаның сыну көрсеткіші, λ – жарықтың толқын ұзындығы.

r_k бұрышының өте аз мәндерінде $\cos r_k$ функциясын Тейлор қатарына жіктеп, бірінші жуықтаумен шектеле отырып келесі өрнекті аламыз

$$|\cos r_k| = 1 - \frac{r_k^2}{2}. \quad (7.14)$$

Жарықтың сыну заңы бойынша өте кіші бұрыштар үшін шыны пластинаның сыну көрсеткіші мына түрде жазылады

$$n = \frac{\sin i_k}{\sin r_k} \approx \frac{i_k}{r_k}. \quad (7.15)$$

7.3-суреттегі ΔSAB үшбұрышынан түсу бұрышы былай анықталады

$$i_k = \frac{R_k}{2\ell}, \quad (7.16)$$

мұндағы R_k – k -шы ретті қараңғы сақинаның радиусы, ℓ – пластинадан экранға дейінгі қашықтық.

(7.15) және (7.16) қатынастардан сыну бұрышы үшін

$$r_k = \frac{i_k}{n} = \frac{R_k}{2\ell \cdot n} \quad (7.17)$$

өрнегін аламыз.

(7.14) және (7.17)-ші қатынастарды ескере отырып (7.13) формуланы түрлендіріп келесі түрде жазуға болады:

$$2\text{dn}\left(\ell - \frac{r_k^2}{2}\right) = k\lambda \quad \text{немесе} \quad 2\text{dn}\left(\ell - \frac{R_k^2}{8\ell^2 n^2}\right) = k\lambda.$$

Бұдан k -шы ретке сәйкес келетін сақинаның R_k -шы радиусы:

$$R_k^2 = \ell^2 \left(8n^2 - k \frac{4n\lambda}{d} \right). \quad (7.18)$$

(7.18) формуладан көрініп тұрғандай, R_k^2 сақинаның радиусы мен k сақинаның реті арасында сызықтық тәуелділік бар екен.

Сақиналарды рет-ретімен нөмірлей отырып, R_N^2 пен сақина нөмірі N арасындағы сызықтық тәуелділікті аламыз. R_N^2 -тың N -нан тәуелділік графигінің бұрыштық коэффициенті келесі түрде анықталады:

$$\frac{\Delta R_N^2}{\Delta N} = \frac{4n\lambda_0 \ell^2}{h}, \quad (7.19)$$

бұдан шыны пластинаның сыну көрсеткіші келесі түрде анықталады

$$n = \frac{Kd}{4\lambda l^2}. \quad (7.20)$$

7.3. Тәжірибенің орындалу реті және өлшеу нәтижелерін өңдеу

1-жаттығу. Жазық толқынның шағылуы барысында шыны пластинаның сыну көрсеткішін анықтау.

1. Оптикалық орындыққа модульдерді келесі ретпен орналастырыңыз: 02, 05, 13, 03.

2. Бұрылмалы үстелшеге (13-модуль) шыны пластинаны орнатыңыз (4-нысан).

3. Қондырғыны юстирлеңіз.

4. Бұрылмалы үстелшені бұра отырып (13-модуль) экранның сол жақ бортында айқын интерференциялық көрініс алыңыз.

5. $N = 5$ -ші қараңғы жолаққа орналастырып бұрылмалы үстелшенің шкаласы бойынша i түсу бұрышын тіркеңіз. Өлшеу нәтижесін 7.1-кестеге енгізіңіз.

6. $N = 10, 15, 20$ -шы қараңғы интерференциялық жолақтар үшін 5-ші пункттегідей өлшеулер жүргізіңіз.

7. Интеференциялық жолақтар нөмірі N -нің $\sin^2 i$ -ден тәуелділік графигін тұрғызыңыз.

8. Графиктен $k = \frac{\Delta N}{\Delta \sin^2 i}$ бұрыштық коэффициентін анықтаңыз.

9. $n = \frac{d}{\lambda k}$ сыну көрсеткішін анықтаңыз, мұндағы $d = 2$ мм,

$\lambda = 632,8$ нм.

10. Δn , $< \Delta n >$, ε өлшеу қателіктерін анықтаңыз, нәтижені 7.1-кестеге енгізіңіз.

7.1-кесте

N-қараңғы жолақтар саны	i -түсу бұрышы	$\sin i$	$\sin^2 i$	n	$< n >$	Δn	$< \Delta n >$	$n = < n > \pm < \Delta n >$
5								
10								
15								
20								

2-жаттығу. Сфералық толқынның шағылуы кезінде шыны пластинаның сыну көрсеткішін анықтау.

1. Оптикалық орындыққа модульдерді келесі ретпен орналастырыңыз: 13, 05 (1-нысанды 05-модульге орнатыңыз).

2. Бұрылмалы үстелшеге (13-модуль) шыны пластинаны орнатыңыз (5-нысан).

3. Үстелшенің бұру тұтқасы мен көлбеулік винті (винт наклона) көмегімен 05-модульдің Э экранының ортасында шағылған лазер сәулесінің жарық дағын алыңыз.

4. Оптикалық орындық бойымен пластинаны (05-нысан) жылжыта отырып, экранда интерференциялық сақиналар радиусының айқын көрінісін алыңыз.

5. Пластинадан экранға дейінгі өлшеуге ыңғайлы l қашықтықты таңдап алыңыз. l қашықтықты анықтау барысында 5-нысанның құрылысын ескеру қажет және үстелдегі белгілердің (риск) орнына қарай пластинаның шағылдырушы беттерін анықтау керек.

6. Экрандағы барлық көрінетін қараңғы жолақтардың радиусын өлшеніз.

Әрбір қараңғы жолақтың радиусын өлшеу үшін экранның шкаласы бойынша 4 рет өлшеу жүргізіңіз (экранның ортасынан жоғары, төмен, оң және сол жақтары бойынша), нәтижелердің орташа мәнін алыңыз. Барлық мәндерді 7.2-кестеге енгізіңіз.

7. Сақиналардың орташа радиустарының квадратын R_N^2 есептеңіз және R_N^2 -тың сақиналардың нөмірі N -нен тәуелділік графигін тұрғызыңыз.

График түзу сызық түрінде болу керек. Масштабты түзу сызық осьтермен 45° -қа жуық бұрыш жасайтындай етіп таңдап алу керек.

8. Графиктен $K = \frac{\Delta R_N^2}{\Delta N}$ бұрыштық коэффициентін анықтаңыз.

9. Шынының сыну көрсеткішін есептеңіз $n = \frac{Kd}{4\lambda \ell^2}$, мұндағы $d=4$ мм, $\lambda = 632,8$ нм.

10. Сыну көрсеткішінің $\Delta n, \langle \Delta n \rangle, \varepsilon$ өлшеу қателіктерін есептеңіз. Есептеу нәтижелерін 7.2-кестеге енгізіңіз.

N – сақина нөмірі	R_N сол жақ	R_N оң жақ	R_N жоғары	R_N Төмен	$\langle R_N \rangle$	$\langle R_N \rangle^2$	n	Δn	ε
1									
2									
3									
4									
							$\langle n \rangle$	$\langle \Delta n \rangle$	

Бақылау сұрақтары

1. Жазық толқын. Жазық толқынның теңдеуі.
2. Кеңістіктік және уақыттық когеренттік.
3. Жазық параллель пластинадағы жарық интерференциясы.
4. Бірдей көлбеуліктегі интерференциялық жолақтар.
5. Сфералық толқын. Сфералық толқынның теңдеуі.
6. Берілген қондырғының экранында интерференциялық көріністің пайда болу себептерін түсіндіріңіз.
7. Неліктен пластинаның қалыңдығы үлкен болған кезде айқын интерференциялық көрініс байқалады?
8. Жұмыстың орындалу барысы. Жұмыстағы шыны пластинаның сыну көрсеткішін анықтау әдістері.

БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики, т. IV. Оптика. – М.: Наука, 1989. – 752 с.
2. Светозаров В. В. Модульный оптический практикум: Учебное пособие. – М.: ВЛАДИС, 1998. – 85 с.
3. Савельев И. В. Курс общей физики. Книга 4. Волны. Оптика, изд. 4-е, перераб. – М: Наука, 1998. 256 с.
4. Савельев И. В. Курс общей физики. Книга 5. Квантовая оптика, изд. 4-е, перераб. – М.: Наука, 1998. – 368 с.
5. Матвеев А. Н. Оптика. – М.: Высшая школа, 1985. – 385 с.
6. Бутиков Е. И. Оптика. – М. Высшая школа, 1986. – 512 с.
7. Детлаф А. А., Яворский Б. М. Курс физики: Учебное пособие для втузов. изд. 4-е, исп. – М.: Высшая Школа, 2002. – 718 с.
8. Трофимова Т. И. Оптика и атомная физика: Законы, проблемы, задачи: Учебное пособие для втузов. – М.: Высшая Школа, 1999. – 288 с.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе.....	3
№1 зертханалық жұмыс. "Когерентті оптика" лабораториялық кешенінің құрамындағы оптикалық құрылғылар және нысандар.	5
Міндеттері және қолданылуы.....	5
№ 2 зертханалық жұмыс. Жұқа линзалардың фокус аралығы мен ұлғайтуын анықтау.....	27
№ 3 зертханалық жұмыс. Жұқа шыны сынада жарықтың сынуы және шағылуы.....	39
№ 4 зертханалық жұмыс. Шыны призма мен жазық параллель пластинада жарықтың шағылуы мен сынуы.....	51
№ 5 зертханалық жұмыс. Фотометрия.....	67
№ 6 зертханалық жұмыс. Лазерлік сәулелену интерференциясын Юнг тәжірибесінде зерттеу.....	81
№ 7 зертханалық жұмыс. Жазық және сфералық толқындардың шыны пластинадан шағылуы кезіндегі лазер сәулесінің интерференциясын зерттеу.....	98
БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ.....	115

Оқулық басылым

Амантай Шайхыұлы Иркегулов
Мейрамхан Зікірұлы Қоканбаев
Гүлжан Қапасқызы Тұрлыбекова

КОГЕРЕНТТІК ОПТИКА

I бөлім

Оқу құралы

ОБО РБ бастығы
Редакторы
Компьютерде беттеген

З. А. Ғұбайдулина
Т. С. Жақсыбаева
Д. Ш. Тажиева

Басуға қол қойылды 25.08.2016 ж.
Таралымы 300 дана. Пішімі 60x84x 1/16.
№ 1 баспаханалық қағаз.
Е.-б.т. 7,5. Ш.б.т. 7,0. Тапсырыс № 724. Бағасы келісімді.

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу
техникалық университеті басылымы
Оқу-баспа орталығы,
Алматы қ., Сәтбаев көшесі, 22

ISBN 978-601-323-017-7

