

## 12. ГОНИОМЕТР-СПЕКТРОМЕТР КӨМЕГІМЕН ПРИЗМАНЫҢ СЫНУ КӨРСЕТКІШІН, ДИСПЕРСИЯСЫН ЖӘНЕ АЖЫРАТУ ҚАБІЛЕТІН АНЫҚТАУ

### 12.1. Жұмыстың мақсаты

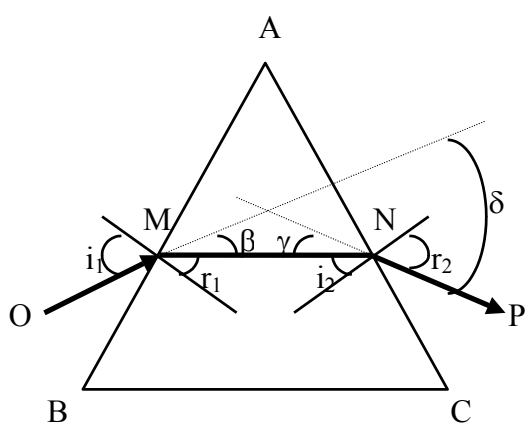
Гониометр-спектрометр көмегімен призма материалының дисперсиясын зерттеу.

Призманың негізгі сипаттамаларын (сындыру бұрышы, орташа дисперсия, ажырату қабілеті) есептеуді және өлшеу әдісін игеру.

Теория бойынша есептеуден табылған призманың ажырату қабілетін оның эксперименттен табылған мәндерімен салыстыру. Гониометрдің өлшеу мүмкіншіліктерін бағалау. Өлшеудің қолайлы, ұтымды жағдайларын таңдап алу.

**12.2. Қысқаша теориялық кіріспе** (қосымша 2 10 жұмыстағы 10.2.1 және 10.2.2 пункттерді қараңыз).

12.2.1. Монохроматты  $OM$  сәулені призманың  $AB$  қырына  $i_1$  бұрышпен бағытталық (12.1-сурет).



12.1-сурет. Призмадағы сәулелер жолы.

Сәуле призманың ішінде  $r_1$  бұрышпен сынып,  $MN$  бағытта жүре отырып,  $i_2$  бұрышпен  $AC$  қырына келіп түседі.  $N$  нүкте-сінде сынғаннан кейін ол призмадан ( $NP$  бағытпен)  $r_2$  бұрышпен және бастапқы  $OM$  сәулесіне қатысты  $\delta$  ауытқу бұрышпен шығады.

$A$  шыңы бар екі жақты бұрышты призманың сындыру бұрышы  $\alpha$  деп белгілейік;  $BC$ -призманың негізі (табаны). 12.1-суреттен:  $\delta = \beta + \gamma$ ,

$$\beta = i_1 - r_1, \quad \gamma = r_2 - i_2 .$$

$$\text{Демек } \delta = i_1 - r_1 + r_2 - i_2 = i_1 + r_2 - (r_1 + i_2).$$

$$\text{Бірақ } r_1 + i_2 = \alpha \text{ болғандықтан } \delta = i_1 + r_2 - \alpha .$$

$$\text{Сыну заңы бойынша } \sin i_1 / \sin r_1 = n \text{ және } \frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \frac{1}{n} .$$

$$\text{Осыдан } \sin i_1 = n \cdot \sin r_1, \quad \sin r_2 = n \sin(\alpha - r_1) \text{ және}$$

$$\alpha, \quad r_2 = \arcsin[n \sin(\alpha - r_1)]. \text{ Сонда}$$

$$\delta = \arcsin(n \sin r_1) + \arcsin[n \sin(\alpha - r_1)] - \alpha \quad (12.1)$$

Призманың сыну көрсеткішін ең аз бұрылу бұрышы  $\delta_0$ -мен жеңіл анықтауға болады. Ол үшін  $\delta$  функциясының (12.1 өрнек) экстремумдарын сараптауымыз қажет:

$$\frac{d\delta}{dr_1} = \frac{n \cdot \cos r_1}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 r_1}} - \frac{n \cos(\alpha - r_1)}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2(\alpha - r_1)}} = 0$$

Соңғы теңдеуді қанағаттандыру үшін  $r_1 = \alpha / 2$  болуы керек. Сонда  $i_2 = \alpha - r_1 = \alpha / 2 = r_1$ .

Яғни призмадағы сәуле (ауытқу бұрышы минимал болғандағы)  $\alpha$  сындыру бұрышының биссектрисасына перпендикуляр (дұрыс симметриялы призмадағы ВС табанына параллель) болып таралады.

Бұл жағдайда  $\beta = \gamma$ ,  $\delta_0 = 2\beta$  және түсу бұрышы

$$i_1 = \beta + r_1 = \frac{\delta_0}{2} + \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha + \delta_0}{2} .$$

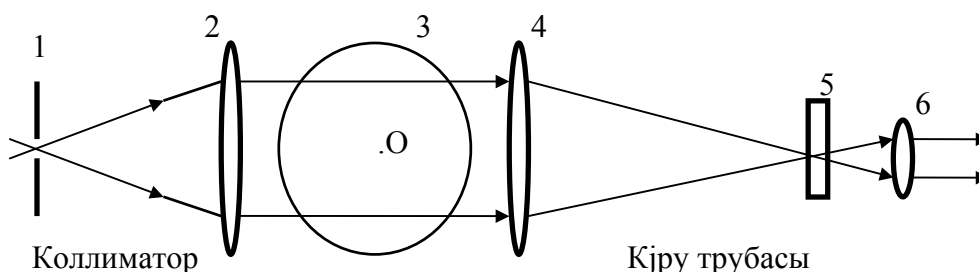
Демек, призма жасалынған шынының сыну көрсеткішін өте аз бұрылу бұрышы  $\delta_0$  мен призманың сындыру бұрышы  $\alpha$  арқылы оңай есептеп табуға болады:

$$n = (\sin i_1 / \sin r_1) = [\sin 0,5(\alpha + \delta_0)] / \sin 0,5\alpha . \quad (12.2)$$

12.2.2. Призманың сындыру бұрышы мен өте аз ауытқу бұрышын

өлшеуді *гониометр-спектрометр* көмегімен іске асыруға болады. Оның принциптік оптикалық схемасы 12.2-суретте көрсетілген. Прибордың негізгі бөліктері: саңылау 1 және объектив 2 ден тұратын коллиматор, зат (нәрсе) қойылатын орындықша 3, құрамына объектив 4 кіретін көру трубасы, есеп алуға бейімделген визир 5 және окуляр 6. Коллиматор прибор негізіне қозғалмайтын етіп бекітілген және ол сәулелердің параллель шоғын алу үшін қолданылады (коллиматордың саңылауы оның объективінің фокаль жазықтығына орналасуы қажет). Көру трубасы прибор орындықшасының 0 нүктесі арқылы өтетін (суретке перпендикуляр) осьтің айналасында бұрыла алады.

Оське дөңгелек нониусты лимб бекітілген. Ол коллиматорға қатысты оптикалық трубаның орнын анықтауға мүмкіндік береді. Демек, призманың қырларынан шағылатын және призма арқылы өтетін (сынатын) сәулелердің іздестіріліп отырған бұрылу бұрыштарын бағалауға болады. 12.2 - суретте коллиматор мен көру трубасы центрленген ортақ оптикалық осьті жүйе түзейді.



12.2-сурет. Гониометрдегі сәулелер жолының принциптік схемасы

12.2.3 Егер көру трубасын Гаусстың автоколлимациялық окулярмен қамтамасыз ететін болсақ, онда призманың сындыру бұрыштарын өлшеуге (жарық көзі ретінде прибордың негізгі коллиматорын пайдаланбай-ақ) мүмкіндік туады.

Шамның 4 жарығы күңгірт пластинкадан 5 өтіп жазық-параллель пластинкадан 6 шағылады. Одан кейін жарық 5 окулярдың фокаль жазықтығына жақын жатқан, бетінде кесе-көлденең бір-біріне перпендикуляр сызықтары (визир) бар 2 пластинкадан өтеді. Ары қарай оптикалық трубаның 1

объективінен өтіп, гониометр орындықшасына орнатылған объектің жазық айналы бетіне (призманың АС қыры) келіп түседі.

Егер айналы бет (АС қыры) оған түсетін сәулеге перпендикуляр және көру трубасы шексіздікке орнатылған болса, онда окулярдың көріну өрісінде, бірмезетте, визирдің санауға бейімделген сызықтарының кресті мен оның шағылған бейнесі көрінетін болады. Осындай қалыпта прибордың орындықшасын (көру трубасын) бекітіп лимб  $E^0$  бойынша санақ жүргізуге болады.

Орындықшаны айналдыра отырып, призманы басқа АВ жағымен трубаға қарай бұрайды (көру трубасын АВ қырына қарама-қарсы орналастырады) және жоғарыда қарастырылғандай орнықтырады. Призманың көру трубасына қатысты осы алатын орнын  $H^0$  бойынша есептейді.

Сонда призманың сындыру бұрышы (егер нониустағы лимб бөліктері  $E$  - ден  $H$ -қа қарай кемігенде) төмендегіше анықталады:

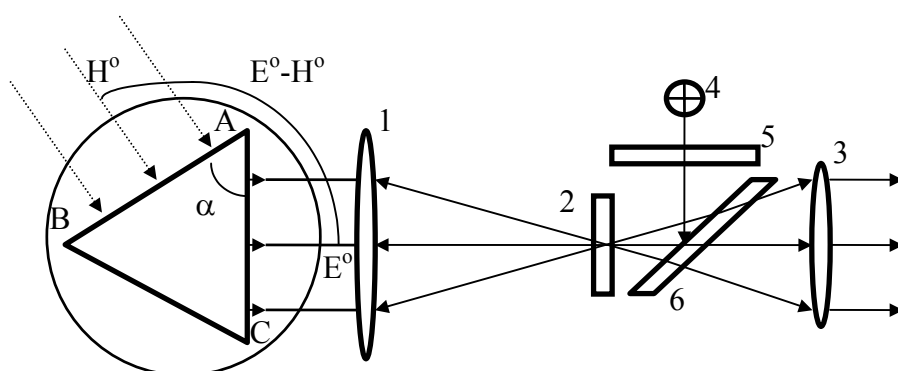
$$\alpha = 180^0 - (E^0 - H^0) \quad (12.3)$$

немесе

$$\alpha = 180^0 - [E^0 + (360^0 - H^0)] = H^0 - (180^0 - E^0) \quad (12.4)$$

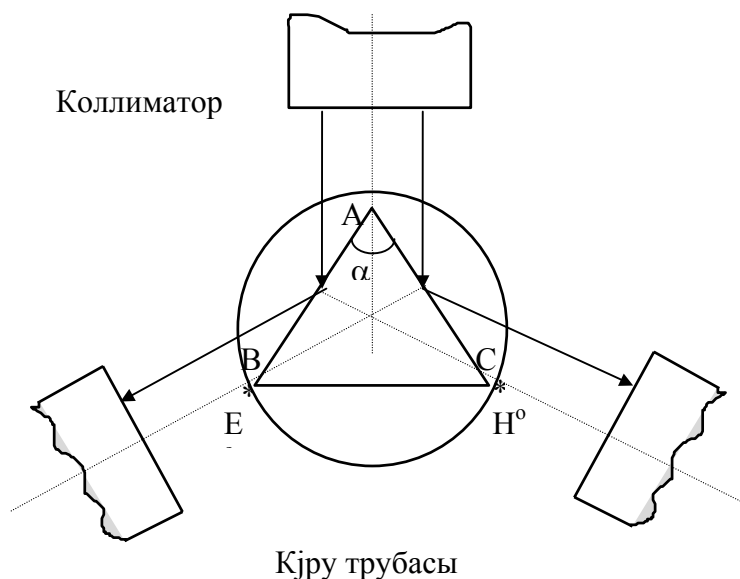
болады (егер  $E$ -ден  $H$ -қа лимб нолі бөлігі арқылы өтетін болсақ).

12.2.4. Гониометрдің негізгі коллиматорын пайдалана отырып *призманың сындыру бұрышын* анықтауға болады. Прибор коллиматорының саңылауын жарықтандырып, призманы орындықшаға орналастырады. Бұл жағдайда коллиматордан шыққан сәуле призмаға анықталатын бұрыш биссектрисасы бойымен түсуі қажет.



12.3-сурет. Автоколлимациялық әдіспен призманың сындыру бұрышын өлшеу

Орындықшаны бекітеді. Призманың АВ қыры жағынан шағылған коллиматор саңылауының трубадағы кескінін алу үшін оптикалық трубаны (мысалы, сол жаққа қарай) айналдырады (12.4-сурет). Осы кескінді окулярдың визирлік крестімен беттестіріп және оптикалық трубаны бекіте отырып,  $E^0$  лимб шкаланың нониусымен санақ жүргізіледі. Содан кейін оптикалық трубаны қарсы бағытта айналдырады (мысалы, оң жаққа қарай). Тағы да АС жақтан



12.4-сурет. Призманың сындыру бұрышын анықтау (көру трубасы Е (сол жақта) және Н (оң жақта) қалыпта көрсетілген).

шағылған коллиматор саңылауының кескінін тауып алып, оны окулярдың визирімен тұспа-тұс келтіреді. Есеп-санақ нониустағы лимб  $H^0$  - бөлігінен жүргізіледі.

Жүйенің (системаның) геометриясынан призманың сындыру  $\alpha$  бұрышының мәнін есеп-теп табады.

### 12.3. Өлшеу жүргізілетін қондырғы

Жұмыс тапсырмаларын орындаудағы негізгі аспап - гониометр-спектрометр ГС-5. Гониометрді құрастыру, жұмыс істеу принципі және онымен өлшеу жүргізу 12.2.2-12.2.4. пункттерде айтылды. ГС-5-тің құрылымы осы оқу құралының N3 лабораториялық жұмысында, прибор жасалынған заводтың инструкциясында тиянақты баяндалған және олармен толық танысуға болады.

Жарық көзі ретінде сынапты-кварцтық лампа ПРК-8 пайдаланылады; оның құрылымы және іске қосу схемасы N3 лабораториялық жұмыста айтылған.

### 12.4. Гониометр-спектрометрді жұмысқа дайындау

Гониометр негізінің астыңғы жағында орналасқан арнаулы винттердің

көмегімен прибор горизонталь деңгейде орналастырылады. Гониометрді тиянақты орнықтыру үшін оптикалық труба мен коллиматорды, төменде көрсетілетіндей, жеке-жеке юстировкалау қажет.

#### 12.4.1. *Оптикалық трубаны шексіздікке бағдарлау.*

Оптикалық труба мен орындықшаны көзбен қарап горизонталь орналастырады. Трубаның венчигі көмегімен бүйіріндегі терезеге тубустағы қозғалмайтын шкаланың ``О`` белгісін (метка) қозғалатын шкаладағы ``∞`` белгісімен, бірінің тұсына екіншісі дәл келетіндей етіп, сәйкестендіреді. Окулярдың жарықтандырғышын қосып, визирлік крестің айқын көрінетіндігіне көз жеткізу керек.

Арнаулы жазық-параллель шыны пластинканы орындықшаның екі орнықтыратын винттің орналасу бұрышының биссектрисасына параллель етіп орындықшаға қояды. Орындықшаны бұра отырып және оның қисаюын өзгерте немесе трубаны еңкейте отырып пластинканың алдыңғы қырынан, окуляр визирінің крестін жарықтандыратын сәуле шоғының шағылуын байқап ұстау керек. Егер шағылған шоқта бейне бұлыңғыр болып көрінсе, онда трубаның фокустайтын венчигімен оның айқын көрінетіндігіне қол жеткізу керек. Осы жағдайда оптикалық труба шексіздікке жеткілікті түрде қатаң бағдарланып қойылады.

#### 12.4.2. *Прибордың айналу осіне перпендикуляр етіп трубаның оптикалық (визирлік) осін юстировкалау.*

Жазық-параллель пластинка қойылған орындықшаны бұра отырып және оны немесе трубаны қисайту арқылы визирлік кресті оның шағылысуымен, бірінің тұсына екіншісі дәл келетіндей етіп, сәйкестендіреді. Содан кейін орындықшаны (алидаданы трубамен қоса)  $180^0$  - қа бұрып, кресті өзінің, пластинканың екінші қырынан, шағылысуымен дәл келуін тексереді. Орындықшаны (алидаданы трубамен қоса)  $180^0$ -қа бұрып, крест пен оның жазық-параллель пластинканың екі қырынан да шағылысы дәл тұспа-тұс келгенше тексеру жүргізіледі. Осыдан кейін ғана жазық-параллель пластинканы

прибордың орындықшасының үстінен алып қояды.

#### 12.4.3. Коллиматорды орнықтыру

Жоғарыда айтылғандай, саңылау коллиматор объективінің фокальдық жазықтығында болуы қажет. Осы мақсатпен саңылауды жарықтандырып, оның кескінін трубаның көру өрісінде табады және трубаның бұрынғы фокусталуын бұзбай коллиматордың фокустауыш венчигінің көмегімен саңылаудың айқын кескінін табу керек.

Коллиматордың оптикалық осін орындықшаның айналыс осіне перпендикуляр етіп орнықтыру үшін саңылаудың вертикаль өлшемін, оған үшбұрышты қиылымы («қарлығаш құйрығы») бар пластинканы ендіре отырып, кемітеді. Осыдан кейін коллиматордың қисаюын өзгерте отырып, окулярдың көру өрісіндегі саңылаудың кескіні визирлік крестің горизонталь қылымен екі жартыға бөлінуі керек.

#### 12.4.4. Призманы орнықтыру.

Призманы орындықшаға, оның сындыратын қабырғасы орындықшаның айналыс осіне параллель (трубаның оптикалық осіне перпендикуляр) болатындай етіп орналастыру қажет. Орнықтыруды 12.2.3., 12.2.2 пунктердегі әдістерді қолданып және орындықшаны қисайту арқылы іске асыруға болады (бұл жағдайда реттегіш винттердің біреуі призманың жұмыс қырының біреуіне перпендикуляр бағыттталынуы керек).

### 12.5. Жұмыс тапсырмалары және эксперимент әдістемесі

12.5.1. ГС-5 гониометр-спектрометрдің құрылысымен, жұмыс істеу принципімен және оның көмегімен өлшеу жүргізудің әдісімен танысыңыздар

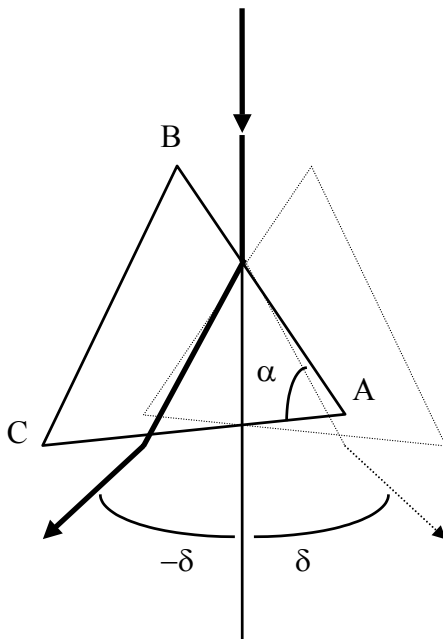
12.5.2. Қондырғыны өлшеулер жүргізуге дайындаңыз.

12.5.3. Үш қырлы призманың  $\alpha$  сындыру бұрышын автоколлимациялық (12.2.3 пункт) немесе қалыпты (12.2.4) әдіспен өлшеңіз.

12.5.4. Сынапты-кварц лампаның шығару спектріндегі төмендегі көрсетілген толқын ұзындықтары үшін ең аз бұрылу бұрыштарын

анықтаңыздар:  $\lambda_{c1} = 579,1\text{нм}$ ;  $\lambda_{c2} = 576,9\text{нм}$ ;  $\lambda_{ж} = 546,1\text{нм}$ ;  
 $\lambda_k = 491,6\text{нм}$ ;  $\lambda_k = 435,8\text{нм}$ .

Осы мақсатпен призманы оның сындыру бұрышының биссектрисасы коллиматор осімен тік бұрышқа таяу сүйір бұрыш түзейтін етіп орнықтыру қажет (12.5-сурет). Бұл жағдайда призманың негізі бақылаушының оң немесе сол жағында жатуы мүмкін (кез келген жағдай үшін өлшеулер жүргізіледі). Сынап буының кейбір сәуле шығару сызығы көрінгенше көру трубасын призманың негізіне қарай айналдыру керек. Оған труба окулярының визирлік крестін орнатып, орындықшаны призмамен қоса жан-жаққа бұрып, спектрлік сызықтың орын ауыстыруын (оның ауытқуының өсетінін немесе кемітінін) бақылайды. Орындықшаны призмамен қоса сәуле шығару сызығы ауытқымаған сәуле бағытына жақындағанша айналдыру қажет. Егер сызық трубаның көру өрісінен шығып кететін болса, онда соңынан трубаны ілестіре, орындықшаны сол бағытта айналдыра беру керек. Сызық кеңістікте біраз жол жүріп, содан кейін кері қайтып орала бастайды.



12.5-сурет. Гониометр орындықшасындағы призманың екі түрлі қалыптағы жағдайы бойынша ең аз бұрылу бұрышын анықтау.

Бұл жағдайда призма, берілген сәуле шығару сызығы  $\lambda_i$  үшін, өте аз бұрылу  $\delta_0$  бұрышы қалпын-да орналастырылған болады. Осы қалыпты  $\varphi_i^0$  есепке алу керек.

Ең аз бұрылу бұрышты екі санақтың (коллиматор осінің оң және сол жағынан) жартылай айырымы ретінде анықтауға болады, яғни



$$\delta_{oi} = 0,5(\varphi_{i \text{ сол}}^0 - \varphi_{i \text{ он}}^0).$$

12.5.5. 12.5.4-пункте көрсетілген сынап спектріндегі барлық толқын ұзындықтарына тән  $n_i$  сыну көрсеткіштерін төмендегі формула бойынша, 12.5.3 және 12.5.4 пункттер бойынша жүргізілген (қосымша 12.2 пунктіне қараңыз) өлшеудің берілгендеріне сай есептеп табыңыздар:

$$n_i = \left[ \sin 0,5(\alpha + \delta_{oi}) \right] / \sin 0,5\alpha .$$

12.5.6.  $n = f(\lambda)$  графигін тұрғызыңыз.

12.5.7. 12.5.6-пунктегі алынған графиктің орта бөлігіндегі толқын ұзындығы үшін призма жасалынған материалдың  $(dn/d\lambda)$  дисперсиясын анықтаңыз.

12.5.8. Зерттелінетін призманың ажырату қабілетін  $R = v (dn/d\lambda)$  бағалаңыздар. Мұндағы  $v$ -призма негізінің (табаны) ұзындығы. Егер жарық шоғы призманы түгелдей толтырмаса, онда оның ажырату қабілеті  $R=(v_2-v_1)(dn/d\lambda)$  формуласымен есептелінеді ( $v_1$ -жоғарғы, ал  $v_2$ -шоқтың төменгі бөлігінің призмадағы жолының ұзындығы). Шоқтың енін оның жолына ақ қағаз бетін тосып та бағалауға болады.

12.5.9. Сынап спектріндегі сары сызықтардың дублетін ажыратудағы қажетті, анықтамаға сай,  $R = \lambda / \Delta\lambda$  -ді есептеп табыңыздар.

12.5.10 Дисперсия коэффициентін (Аббе санын)  $v$  анықтаңыздар:  $v = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$ ; ( $n_F$  жұмыстағы (10.5) және (10.6) формулаларды қараңыз).  $v$ -ді есептеуге қажетті  $n_D$ ,  $n_F$ ,  $n_C$  мәндерін 12.5.6-пунктегі алынған графиктен, дисперсиялық қисықты экстраполяциялау арқылы анықтаңыз.

12.5.11. ГС-5-тің өлшейтін мүмкіншіліктерін бағалаңыз.

## 12.6. Бақылау сұрақтары

12.6.1. ГС-5 гониометр-спектрометр құрылысының принциптік схемасын және ондағы сәулелер жолын түсіндіріңіз.

12.6.2. Абсолют және салыстырмалы сыну көрсеткіші дегеніміз не?

12.6.3. Дисперсияның түрлері және оның физикалық мағынасы қандай?

12.6.4. Призманың сындыру бұрышы мен ең аз бұрылу бұрышын анықтаудағы есептеу формулаларын түсіндіріңіз.

12.6.5. Призманың ажырату қабілетін табудағы есептеу формуласын түсіндіріңіз.

## **12.7. Әдебиет**

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

12.7.2. Калитеевский Н.И. Волновая оптика. -М.: Наука, 1971.

12.7.3. Физический практикум. Электричество и оптика. Под редакцией В.И. Ивероной. -М.: Наука, 1968.