

№3 Зертханалық жұмыс
**МАЛЮС ЗАҢЫН ТЕКСЕРУ ЖӘНЕ ЖАРЫҚ ПОЛЯРИЗАЦИЯСЫ
ДӘРЕЖЕСІН АНЫҚТАУ**

1 ЖҰМЫСТЫҢ МАҚСАТЫ

Сызықты поляризацияланған жарықты талдау әдісімен танысу және Малюс заңын тексеру.

2 ШАРТТЫ БЕЛГІЛЕР

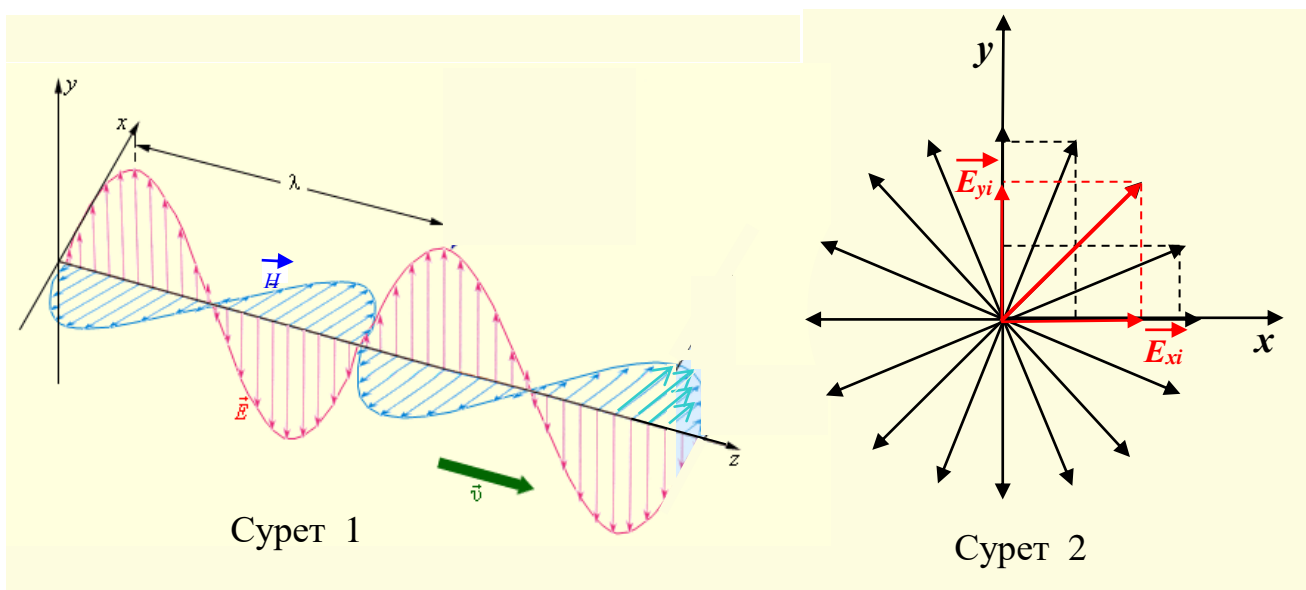
α – анализатор мен поляризатордың басты бағыттары арасындағы бұрыш;
 I – жарық интенсивтілігі;
 P – поляризация дәрежесі;
 i – фототок күші;
 i_ϕ – фототок күшінің фондық мәні;
 S – жарық көзі;
 D – диафрагма;
 K – конденсор;
 P_1 – поляризатор;
 P_2 – анализатор;
 $ДП$ – деполяризатор;
 $ФЭ$ – фотоэлемент;
 G – гальванометр

3 ТЕОРИЯЛЫҚ МӘЛІМЕТТЕР

Жарық аз толқын ұзындықтағы (0,4 - 0,76 мкм) көлденең электромагниттік толқын болып табылады. Жарық толқынындағы электрлік (\vec{E}) және магниттік (\vec{H}) өрістерінің кернеулік векторлары бір-біріне перпендикуляр және олардың екеуі де толқынның таралу жылдамдығы (\vec{v}) бағытына перпендикуляр болады. \vec{E} , \vec{H} және \vec{v} векторлары векторлардың оң бұрандалы үштігін құрайды (сурет 1). Жарық толқындары «дірілдеткіш» рөлін атқаратын атомдық және молекулалық жүйелерде ағатын процестердің нәтижесінде пайда болады. Әр, өлшемі өте аз, жарық көзінде осындай «дірілдеткіштердің» - жарық импульстері көздерінің үлкен жиынтығы болады. Осы «дірілдеткіштердің» «осьтері» кеістікте хаосты түрде орналасқан. Демек, табиғи жарықта электрлік (\vec{E}) және магниттік (\vec{H}) өрістерінің кернеулік векторлары барлық бағытта таралады. Өзара және жарық сәулесіне перпендикуляр болып қалатын \vec{E} және \vec{H} бағыттары үздіксіз өзгереді. Жарық толқынының тербелісі бағыты ретінде \vec{E} электр векторының тербелісі бағыты қабылданады. Электр өрісінің кернеулік (\vec{E}) векторын жарық векторы деп атайды. \vec{E} векторы және жарық сәулесі (v) бағыты арқылы өтетін жазықтық *тербеліс жазықтығы* деп атайды. \vec{H} векторы

және жарық сәулесінің таралу бағыты арқылы өтетін жазықтық *поляризация жазықтығы* деп аталады. Табиғи жарықта тербеліс жазықтықтары және соларға сәйкес поляризация жазықтықтары көп болады.

Табиғи жарықтан бір бағыттағы \vec{E} векторының тербелістерінің бөлініп шығу құбылысы *жарық поляризациясы* деп атайды, ал жарықтың өзін мұндай жағдайда *сызықты поляризацияланған* немесе *жазық поляризацияланған* деп атайды. Осылайша, сызықты поляризацияланған жарықта тек бір тербеліс жазықтығы ғана болады (сурет 1). Табиғи жарықта әр түрлі бағыттардағы тербелістерді өзара перпендикуляр x және y екі еркін бағыт бойынша жіктеуге болады (сурет 2). Тербелістер барлық бағытта тең мүмкіндікті болғандықтан, x және y осьтері бойынша \vec{E} векторының қорытынды құраушыларының амплитудалары тең:



Сурет 1

Сурет 2

$$\vec{E}_x = \vec{E}_y, \quad (1)$$

мұндағы

$$\vec{E}_x = \sum \vec{E}_{xi}, \quad \vec{E}_y = \sum \vec{E}_{yi}.$$

Толқын интенсивтілігі тербеліс амплитудасының квадратына пропорционал болғандықтан,

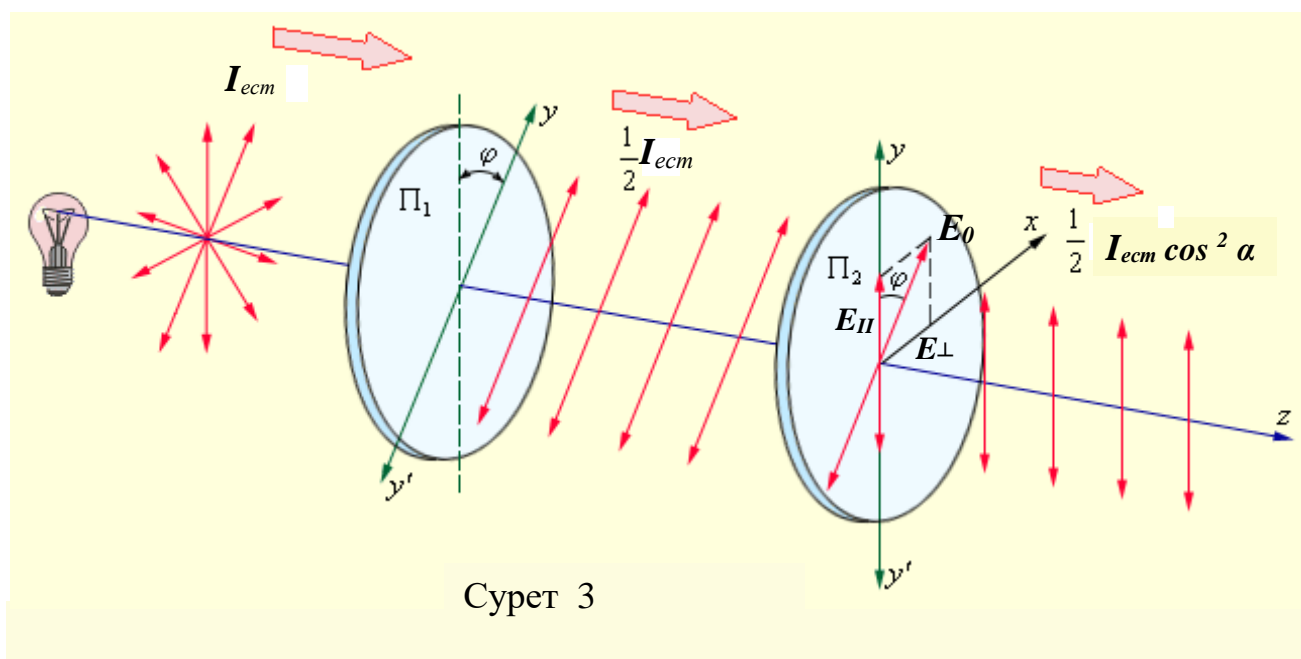
$$I \sim E^2, \quad I_x \sim E_x^2, \quad I_y \sim E_y^2;$$

$$E^2 = E_x^2 + E_y^2 \text{ болғандықтан, } I_x = I_y = \frac{1}{2} I. \text{ болады.} \quad (2)$$

Сонымен, табиғи жарықты өзара перпендикуляр бағыттарда поляризацияланған, интенсивтілігі бірдей екі жарық толқындарының қосындысы ретінде елестетуге болады.

Егер жарық толқынында тербелістің бағыттары әр түрлі болса, бірақ бір бағыттағы тербелістер басқа бағыттардағы тербелістерден басым болса ($E_x \neq E_y$), онда жарық жартылай поляризацияланған болады. Оны табиғи жарық пен сызқты поляризацияланған жарықтың қабаттасуы нәтижесі ретінде қарастыруға болады.

Табиғи жарықты сызқты поляризацияланған жарыққа айналдыруға қабілетті құралдарды поляризаторлар деп аталады. Поляризаторлардың негізгі қасиеті, олар тек қана бір бағытта анықталған тербелістері бар жарық толқындарын өткізеді. Бұл бағытты *негізгі бағыт* деп атайды. Жарық поляризацияланған жарық екенін көз жеткізу үшін поляризатордан кейін *анализатор* деп аталатын тағы бір поляризатор орналастырады. Егер поляризатор мен анализатордың негізгі бағыттары параллель болса, онда анализатор поляризатордан өткен жарықты толығымен өткізіп жібереді. Егер де поляризатор мен анализатордың негізгі бағыттары өзара перпендикуляр болса, онда анализатор сызқты поляризацияланған жарықты толығымен өткізбейді.



Сурет 3

Егер поляризатор мен анализатордың негізгі бағыттары арасындағы α бұрышы қандай да бір мәнге ($0 < \alpha < 90^\circ$) ие болса, онда анализатордан өткен жарық интенсивтілігінің I мәні әр бұрыш үшін белгілі бір мәнге ие болады: $0 < I < I_{\max}$, мұндағы I_{\max} – поляризатордан өткен жарық интенсивтілігі. Бұл жағдайды толық қарастырайық. Интенсивтілігі $I_{\text{таб}}$ болатын табиғи жарық yy' негізгі бағыттағы Π_1 поляризатордан өткенде, тербеліс амплитудасы E_0 және интенсивтілігі I_0 поляризаторға дейінгі жарық интенсивтілігінің жартысына тең $I_0 = 0,5 I_{\text{таб}}$ болатын сызқты поляризацияланған жарыққа айналады (сурет 3). Анализатордың (Π_2) негізгі бағыты поляризатордың негізгі бағытымен α бұрыш құрайды (3 суретте Π_2 анализатордың негізгі бағыты Π_1 поляризаторда

үзік сызықпен көрсетілген). E_0 -ді екі құраушыға: оның біреуі (E_{\parallel}) анализатордың негізгі бағытына параллель, ал екіншісі E_{\perp} – оған перпендикуляр жіктейік. Анализатор E_{\parallel} амплитудалы тербелістерді толығымен өткізеді, ал E_{\perp} амплитудалы тербелістерді толығымен өшіреді. Осылайша, анализатор арқылы өткен жарық толқындары тербелістерінің амплитудалары мынаған тең:

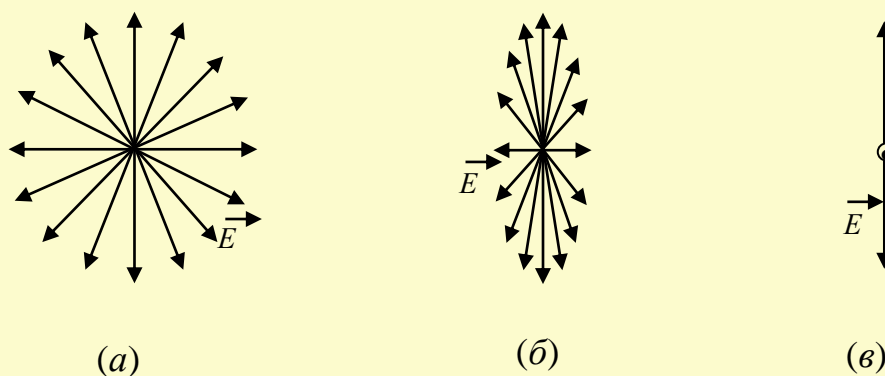
$$E_{\parallel} = E_0 \cos \alpha . \quad (3)$$

Жарық интенсивтілігі жарық толқыны тербелістерінің амплитудаларының квадратына пропорционал болғандықтан, анализатор арқылы өткен жарық интенсивтілігі (I) мынаған тең болады:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha . \quad (4)$$

(4) өрнек Малюс заңы деп аталады: анализатордан өткен жарық интенсивтілігі, анализаторға түскен жарық интенсивтілігін анализатор мен поляризатордың негізгі бағыттары арасындағы бұрыштың косинусының квадратына көбейтіндісіне тең.

Осылайша, егер анализаторға сызықты поляризацияланған жарық түссе, жарық сәулесіне сәйкес келетін ось бойымен анализаторды айналдыру кезінде, экранда анализатордан өткен жарық интенсивтілігі $I_0 = I_{\max}$ -ден 0-ге дейін өзгереді. Егер анализаторды айналдыру кезінде экрандағы жарық интенсивтілігі I_{\max} -нен $I_{\min} \neq 0$ -ге дейін өзгерсе, онда анализаторға түскен жарық жартылай поляризацияланған болып табылады. Жарық поляризациясының дәрежесі келесі шаманы айтады:



Сурет 4

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \cdot 100\% \quad (5)$$

Табиғи жарық үшін $I_{\max} = I_{\min}$ және $P = 0$. Сызықты поляризацияланған (толық поляризацияланған) жарық үшін $I_{\min} = 0$ и $P = 1$. Жартылай поляризацияланған үшін $0 < P < 100\%$. 4 суретте сызба жазықтығына перпендикуляр таралатын табиғи (а), жартылай поляризацияланған (б) және сызықты поляризацияланған (в) жарық сәулелері үшін электр өрісінің кернеуліктері \vec{E} векторлары суреттелген.

4 КЕРЕКТІ ҚҰРАЛ-ЖАБДЫҚТАР ЖӘНЕ ҚҰРЫЛҒЫ СИПАТТАМАСЫ

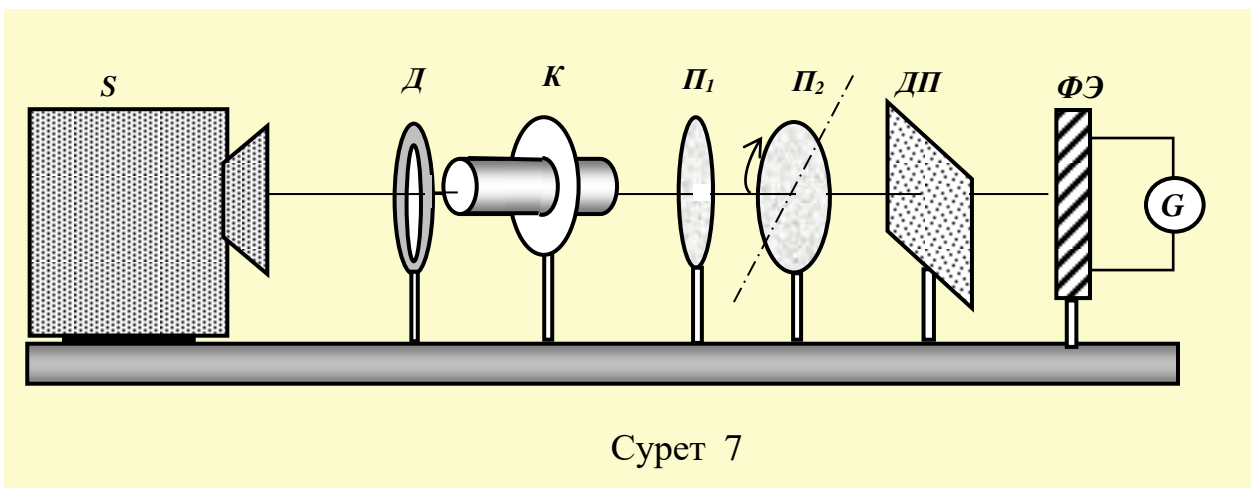
4.1 Құрал-жабдықтар

Бұл жұмыста: оптикалық сәкісі бар проекциялық аппарат, диафрагмалы экран; конденсор, екі поляриод (поляризатор и анализатор), фотоэлемент, гальванометр қолданылады.

4.2 Құрылғы және өлшеу әдістері сипаттамасы

Осы жұмыста сызықты поляризацияланған жарықты алу және зерттеу үшін поляризатор және анализатор ретінде поляриодтар қолданылады. Олар турмалин немесе герпатиттің (күкірт қышқылды йодты хинин) өте ұсақ кристаллдармен дақталған целлулоидты жұқа қабықша болып табылады. Барлық кристаллдардың оптикалық осьтерін арнайы тәсілмен бір бағытқа бағдарлайды. Герпатиттің кристаллары оптикалық оське перпендикуляр болатын жарық тербелістерін толығымен жұтады, ал оптикалық оське параллель тербелістерді толығымен өткізеді. Осылайша, поляриод арқылы өткен табиғи жарық сызықты поляризацияланған болады.

Берілген жұмыста құрылғының сұлбасы 5 суретте көрсетілген. Табиғи жарықтың көзі проекциялық фонарь (S) болып табылады. Диафрагма (D) көмегімен жарықтың жіңішке шоғын алуға болады. Конденсор (K) әлсіз жинақталған жарық шоғын алуға мүмкіндік береді. Поляризатор Π_1 және анализатор Π_2 арқылы өткен жарық G гальванометрге тұйықталған ФЭ фотоэлементке барады.



Сурет 7

Сондықтан фототоктың өзгерісі бойынша анализатор арқылы өткен жарық интенсивтілігінің өзгерісі туралы айтуға болады. Анализаторды айналдырғанда анализатордан өткен интенсивтілігі Малюс заңы (формула 4) бойынша өзгеруі тиіс, демек, фототок анализатор және поляризатордың негізгі бағыттары арасындағы бұрыштың косинусының квадратына тәуелді қандай да бір функция болуы тиіс:

$$i = f(\cos^2 \alpha) \quad (6)$$

$$\frac{i}{i_{\max}} = \cos^2 \alpha, \quad (7)$$

мұндағы $i_{\max} \sim I_0$.

Фототок шамасы тек жарық интенсивтілігіне ғана тәуелді емес, сол сияқты фотоэлементке түсетін жарықтың \vec{E} векторының тербелісі жазықтығының бағытына да тәуелді болғандықтан, фотоэлементтің алдына ДП деполяризаторды (мөлдір емес пластина) орнату қажет.

5 ЖҰМЫСТЫҢ ОРЫНДАЛУ РЕТІ

5.1 Өлшеу құралдарының техникалық сипаттамалары

Қолданылатын өлшеу құралдары туралы техникалық мәліметтерді 1 кестеге енгізу.

Кесте 1

Құрал	Құрал тегі	Өлшеу шегі	Бөлік құны	Дәлдік класы	Құрал қателігі
Гальванометр					
Анализатордың айналу бұрышын өлшегіш					

5.2 Өлшеулер жүргізу

5.2.1 Жұмысты орындау барысында фотоэлементтің жарық сезгіш беті қорғау қалпағымен жабулы болуын еске сақтаған жөн. Қалпақты тек өлшеу кезінде ғана ашу керек.

5.2.2 Проекциялық фонарьды іске қоспастан бұрын, фотоэлементті ашу және гальванометр көрсеткіштері бойынша токтың фондық мәнін анықтау.

5.2.3 Жарық көзін іске қосу, және анализаторды айналдыру арқылы гальванометрдің тілінің максимал ауытқуын жүзеге асыру. Анализатор лимбасының сәйкес бөлігі анализатордың айналу бұрышын өлшеуінің басы ретінде қабылданады ($\alpha=0$). Гальванометр i' көрсеткішін 2 кестеге жазып алады.

5.2.4 Әр 20^0 сайын 360^0 -қа дейін өлшеуді қайталау.

5.3 Өлшеу нәтижелерін өңдеу

5.3.1 Бұрыштың әр мәні үшін фонды шегеріп, гальванометр көрсеткіштерін анықтау: $i = i' - i_{\phi}$

5.3.2 Бұрыштың α әр мәні үшін i / i_{\max} қатынасын есептеу, мұндағы $i_{\max} = i'_{\max} - i_{\phi}$

5.3.3 I / I_0 қатынасына пропорционал болатын, анализатордың айналу бұрышына тәуелді болатын i / i_{\max} қатынасының тәуелділік графигін, (7) функцияны тұрғызу.

5.3.4 Графикте әр нүкте үшін $\Delta(i/i_{\max})$ және $\Delta\alpha$ өлшеу қателіктерін көрсету.

5.3.5 Сол графикте $\cos^2\alpha=f(\alpha)$ теориялық қисығын тұрғызу. Эксперименттік және теориялық қисықтарды салыстыру және қорытынды жасау.

5.5.6 $I_{\max} \sim i_{\max}$, $I_{\min} \sim i_{\min}$, $i_{\min} = i'_{\min} - i_{\phi}$ екенін ескере отырып, (5) формула бойынша жарық поляризациясы дәрежесін анықтау.

5.5.7 Есепті /7/, /8/ МЖОС талаптарына сай рәсімдеу.

Кесте 2

α	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	...	300	320	340	360
$\cos^2\alpha$															
i'															
i															
i/i_{\max}															

6 БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

6.1 Табиғи жарықтың поляризацияланған жарықтан айырмашылығы қандай?

6.2 Поляризацияланған жарықтың түрлері. Берілген жұмыста поляризацияланған жарықтың қандай түрі зерттелді?

6.3 Поляризацияланған жарықты алу әдістері. Берілген жұмыста қай әдіс қолданылды?

6.4 Поляризацияланған жарық бағынатын заңдар тұжырымдау. Берілген жұмыста Малюс заңының әсерін түсіндіру.

6.5 Жарық поляризациясы дәрежесін сандық түрде қай анықтайды?

6.6 Жарықтың поляризацияланғанын немесе поляризацияланбағанын, толығымен поляризацияланғанын немесе жартылай поляризацияланғанын эксперименттік түрде қалай анықтауға болады?

6.7 Жарық поляризациясын қолдану туралы айтып беру: серпімді кернеулерді талдау, Керр әсері, поляризация жазықтығының айналуы және т.с.с.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики, - М.: Высшая школа, 1989. С.387 – 392, 395 – 398.

2 Трофимова Т.А. Курс физики. – М.: Высшая школа, 1985. С.284 – 292.

3 Савельев И. В. Курс общей физики. – М.: Наука, 1977, Т. 3, §§ 28-31.

4 Кортнев А. В. И др. Практикум по физике. – М: Высшая школа, 1963. С. 383-389.

5 Майсова Н.Н. Практикум по курсу общей физики. – М.: Высшая школа, 1970. С. 348 – 355, 354 – 355 .

6 Кузнецов В. П. Методические указания по лабораторному практикуму по общей физике (обработка результатов наблюдений). – Алма - Ата, Минвуз Каз.ССР. 1983.

7 ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

8 ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.