

Группа Р3217 К работе допущен _____

Студент Григорьев Георгий Работа выполнена _____

Преподаватель Самолётов В. А. Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 23

ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА. ЗАКОНЫ МАЛЮСА И БРЮСТЕРА

1. Цель работы.

Исследование характера поляризации лазерного излучения и экспериментальная проверка законов Малюса и Брюстера.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

- Снятие эксперимент. данных показателей интенсивности прошедшего света при различных условиях и эксперимент. измерение угла Брюстера
- Обработка полученных данных, проверка законов Малюса и Брюстера

3. Объект исследования.

Лазерное излучение.

4. Метод экспериментального исследования.

Эмпирический: снятие показаний, их обработка, формулировка выводов

5. Рабочие формулы и исходные данные

$$I_{\text{отн}} = \frac{I}{I_{\text{max}}} \quad P = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}} \quad I_{\text{пр}} = k I_{\text{п}} \cos^2 \phi$$

$$k_{\parallel} = \frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{п}}} \quad P = \frac{(n^2 - 1)^2}{2(n^2 + 1)^2 - (n^2 - 1)^2}$$

$$k_{\perp} = \frac{I_{\text{min}}}{I_{\text{п}}} \quad \text{tg} \alpha_{\text{Бр}} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемые диапазоны	Погрешность прибора
1	Модульный комплекс МУК-ОВ		–150°..150°	0.5°
2	Транспортир		–180°..180°	1°
3				
4				

7. Схема установки (перечень схем, которые составляют *Приложение 1*).

[1] — описание лабораторной установки МУК-ОВ

8. Результаты прямых измерений и их обработки.

Упражнение 1. Проверка закона Малюса

№ изм.	Угол (положение поляроида), °	I				I/I'			
		Изм. 1 (I ₁)	Изм. 2 (I ₂)	Изм.3 (I ₃)	Усредн. (I _{ср})	Изм. 1 (I' ₁)	Изм. 2 (I' ₂)	Изм.3 (I' ₃)	Усредн. (I' _{ср})
1	150	1,250	1,250	1,250	1,250	0,485	0,486	0,484	0,485
2	140	1,046	1,033	1,030	1,036	0,459	0,460	0,460	0,460
3	130	0,783	0,783	0,780	0,782	0,422	0,425	0,426	0,424
4	120	0,502	0,504	0,510	0,505	0,396	0,394	0,396	0,395
5	110	0,291	0,290	0,289	0,290	0,371	0,370	0,365	0,369
6	100	0,102	0,101	0,102	0,102	0,356	0,357	0,358	0,357
7	90	0,025	0,025	0,025	0,025	0,360	0,354	0,360	0,358
8	80	0,012	0,011	0,011	0,011	0,380	0,368	0,367	0,372
9	70	0,123	0,122	0,125	0,123	0,384	0,386	0,380	0,383
10	60	0,300	0,300	0,300	0,300	0,400	0,402	0,401	0,401
11	50	0,532	0,534	0,532	0,533	0,433	0,432	0,436	0,434
12	40	0,852	0,851	0,852	0,852	0,462	0,461	0,461	0,461
13	30	1,143	1,140	1,144	1,142	0,487	0,485	0,486	0,486
14	20	1,363	1,380	1,340	1,361	0,509	0,510	0,509	0,509
15	10	1,546	1,533	1,562	1,547	0,524	0,525	0,525	0,525
16	0	1,660	1,650	1,660	1,657	0,543	0,547	0,550	0,547
17	10	1,637	1,626	1,635	1,633	0,521	0,519	0,520	0,520
18	20	1,475	1,476	1,473	1,475	0,510	0,509	0,509	0,509
19	30	1,337	1,336	1,335	1,336	0,484	0,484	0,484	0,484
20	40	1,063	1,066	1,061	1,063	0,442	0,443	0,443	0,443
21	50	0,799	0,801	0,799	0,800	0,414	0,411	0,410	0,412
22	60	0,500	0,499	0,499	0,499	0,387	0,388	0,389	0,388
23	70	0,273	0,272	0,273	0,273	0,368	0,368	0,367	0,368
24	80	0,091	0,091	0,091	0,091	0,359	0,359	0,360	0,359
25	90	0,016	0,017	0,016	0,016	0,354	0,353	0,352	0,353
26	100	0,024	0,023	0,024	0,024	0,373	0,371	0,375	0,373

№ изм.	Угол (положение поляроида), °	I				I/I'			
		Изм. 1 (I ₁)	Изм. 2 (I ₂)	Изм.3 (I ₃)	Усредн. (I _{ср})	Изм. 1 (I' ₁)	Изм. 2 (I' ₂)	Изм.3 (I' ₃)	Усредн. (I' _{ср})
27	110	0,121	0,120	0,121	0,121	0,399	0,400	0,400	0,400
28	120	0,292	0,293	0,292	0,292	0,425	0,424	0,425	0,425
29	130	0,543	0,544	0,543	0,543	0,466	0,462	0,460	0,463
30	140	0,813	0,814	0,813	0,813	0,490	0,490	0,489	0,490
31	150	1,050	1,053	1,055	1,053	0,521	0,520	0,518	0,520
I_0					1,632				
I'_0					0,838				
I'					0,550				
I_{max}					1,657				
I_{min}					0,011				

Расчет усредненного значения интенсивности луча $I_{ср}$ лазера в п. 1.3 упражнения 1 производился по формуле:

$$I_{ср} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$$

Расчет усредненного значения интенсивности $(\frac{I}{I'})_{ср}$ белого света в п. 1.8 упражнения 1 производился по аналогичной формуле:

$$(\frac{I}{I'})_{ср} = \frac{(\frac{I}{I'})_1 + (\frac{I}{I'})_2 + (\frac{I}{I'})_3}{3}$$

9. Расчет результатов косвенных измерений

Найдено максимальное значение интенсивности излучения I_{max} , прошедшего сквозь поляризатор, соответствующее углу ϕ_{max} :

$$I_{max} = 1,657 \quad \phi_{max} = 0^\circ$$

По следующей формуле вычислены нормированные значения относительной интенсивности, а также значения $(\frac{I}{I'})_{ср}$:

$$I_{отн} = \frac{I}{I_{max}} \quad (\frac{I}{I'})_{ср} = \frac{(\frac{I}{I'})_1 + (\frac{I}{I'})_2 + (\frac{I}{I'})_3}{3}$$

Результаты представлены в таблице 9.1 ($I_{\text{ср}}$ в таблице 9.1 — это значение $I_{\text{ср}}$ из таблицы "Упражнения 1. Проверка закона Малюса").

Таблица 9.1

№ изм.	Угол (положение поляроида), °	$I_{\text{ср}}$	$I_{\text{отн}}$	$I'_{\text{ср}}$	$(\frac{I}{I'})_{\text{ср}}$
1	150	1,250	0,754	0,485	2,577
2	140	1,036	0,625	0,460	2,255
3	130	0,782	0,472	0,424	1,843
4	120	0,505	0,305	0,395	1,278
5	110	0,290	0,175	0,369	0,787
6	100	0,102	0,061	0,357	0,285
7	90	0,025	0,015	0,358	0,070
8	80	0,011	0,007	0,372	0,030
9	70	0,123	0,074	0,383	0,322
10	60	0,300	0,181	0,401	0,748
11	50	0,533	0,321	0,434	1,228
12	40	0,852	0,514	0,461	1,846
13	30	1,142	0,689	0,486	2,350
14	20	1,361	0,821	0,509	2,672
15	10	1,547	0,934	0,525	2,949
16	0	1,657	1,000	0,547	3,030
17	10	1,633	0,985	0,520	3,140
18	20	1,475	0,890	0,509	2,895
19	30	1,336	0,806	0,484	2,760
20	40	1,063	0,642	0,443	2,402
21	50	0,800	0,483	0,412	1,943
22	60	0,499	0,301	0,388	1,287
23	70	0,273	0,165	0,368	0,742
24	80	0,091	0,055	0,359	0,253
25	90	0,016	0,010	0,353	0,046
26	100	0,024	0,014	0,373	0,063
27	110	0,121	0,073	0,400	0,302

№ изм.	Угол (положение поляроида), °	$I_{\text{ср}}$	$I_{\text{отн}}$	$I'_{\text{ср}}$	$(\frac{I}{I'})_{\text{ср}}$
28	120	0,292	0,176	0,425	0,688
29	130	0,543	0,328	0,463	1,174
30	140	0,813	0,491	0,490	1,661
31	150	1,053	0,641	0,520	2,026

Найдены коэффициенты пропускания использованного поляроида для параллельной и перпендикулярной ориентации его плоскости пропускания по отношению к направлению колебаний вектора \vec{E} в излучении лазера:

$$k_{\parallel} = \frac{I_{\max}}{I_{\Pi}} = \frac{0,838}{1,632} = 0,513$$

$$k_{\perp} = \frac{I_{\min}}{I_{\Pi}} = \frac{0,011}{1,632} = 0,007$$

где $I_{\Pi} = I_0$, установленной в п. 1.2 упражнения 1.

Найден коэффициент поляризации лазера P_1, P_2

$$P_1 = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \frac{1,660 - 0,010}{1,660 + 0,010} = 0,988$$

$$P_2 = \frac{I'_{\max} - I'_{\min}}{I'_{\max} + I'_{\min}} = \frac{0,547 - 0,354}{0,547 + 0,354} = 0,214$$

10. Расчет погрешностей измерений

Расчет погрешностей прямых измерений

$$t = \frac{|\bar{x} - \mu|}{se}, \quad se = \frac{\sigma_I}{\sqrt{n}} \Rightarrow |\bar{x} - \mu| = \Delta x = t \frac{\sigma_I}{\sqrt{n}} = \sum_{i=1}^{31} \sqrt{\frac{(I_i - \bar{I})^2}{n(n-1)}} t$$

t-значение берется из таблицы значений Т-распределения, но в нашем конкретном случае при кол-ве измерений более 30 считаем его за 1.

$$\Delta x = \sum_{i=1}^{31} \sqrt{\frac{(I_i - 0.70)^2}{30 \times 29}} \approx 0.097$$

$$\Delta x' = \sum_{i=1}^{31} \sqrt{\frac{(I_i - 0.43)^2}{30 \times 29}} \approx 0.010$$

В результате однократных измерений получены значения:

$$\bar{I}_0 = 1.570$$

$$\bar{I}'_0 = 1,545$$

$$\bar{I}' = 0.838$$

Расчет погрешностей косвенных измерений

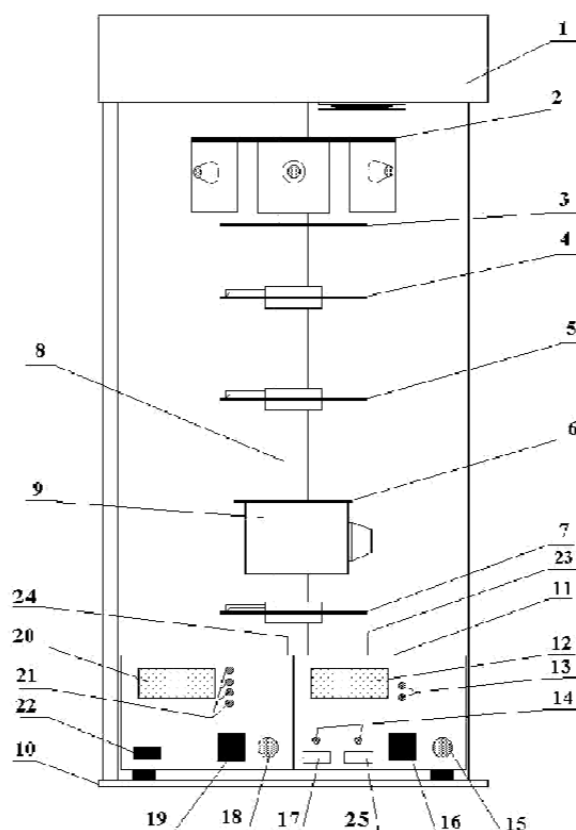
11. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2)

- график $I_{\text{отн}}(\phi)$
- график $\cos^2(\phi - \phi_{\max})$
- график $\frac{I}{I'}(\phi)$

12. Окончательные результаты

13. Выводы и анализ результатов работы.

На графиках заметна похожая форма трех зависимостей, а также вычислена степень поляризации лазера, которая составила 0,988 и степень поляризации белого света – 0,214. Заметно большое различие в характере поляризации лазера и белого света. Проверен закон Малюса.



Механический блок состоит из основания 10, на котором установлены и закреплены электронный блок 11, стойка 8, служащая вертикальной оптической скамьей и блок осветителей 1. Источниками освещения служат полупроводниковый лазер и лампа накаливания. На стойке смонтированы следующие оптические узлы:

Турель 2, на которой смонтированы объекты исследования для работ по интерференции и дифракции.

Защитный экран 3 предназначен для защиты от отраженного от дифракционного элемента лазерного луча.

Поляризатор 4 закреплен на турели во вращающейся обойме со стрелкой-указателем и транспортиром.

Анализатор 7, выполнен аналогично 4.

Двулучепреломляющий одноосный образец 5, используемый в работах по поляризации света, конструктивно выполнен аналогично 4.

Блок 6 для измерения угла Брюстера состоит из стеклянной пластинки с поворотным устройством и отсчетной вертикальной шкалой 9, закрепленной на стойке 8.

Электронный блок содержит следующие органы управления, коммутации и индикации:

- 12 – индикатор измерений блока амперметра-вольтметра
- 13 – индикатор режима измерений блока амперметра-вольтметра
- 14 – индикаторы включенного источника;
- 15 – регулятор накала белого осветителя;
- 16 – кнопка переключения режима измерений блока амперметра-вольтметра; 17 – кнопка включения лазера;
- 18 – ручка установки относительной интенсивности « J/J_0 »;
- 19 – кнопка переключения фотоприемников;
- 20 – индикатор относительной интенсивности излучения;
- 21 – индикаторы включенного фотоприемника;
- 22 – кнопка «Сеть»;
- 23 – окно фотоприемников белого осветителя;
- 24 – окно фотоприемника лазерного излучения;
- 25 – кнопка включения лампы.