

Группа: R3137 К работе допущен: .

Студент: Нестеров И.А. Работа выполнена:

Преподаватель: Крылов В.А. Отчет принят:

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 4.10. *«Поляризация света. Законы Малюса и Брюстера».*

### 1. Цель работы.

1. Изучить поляризацию света, проверить экспериментально законы Малюса и Брюстера

### 2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

Исследование характера поляризации лазерного излучения  
Экспериментальная проверка законов Малюса и Брюстера

### 3. Объект исследования.

Лазерное излучение

### 4. Метод экспериментального исследования.

Наблюдение

### 5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$\text{Степень поляризации: } P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, P = \frac{(n^2 - 1)^2}{2 \cdot (n^2 + 1)^2 - (n^2 - 1)^2}$$

$$\text{Относительная интенсивность: } I_{\text{отн}} = \frac{I_{\text{ср}}}{I_{\max}}$$

$$\text{Коэффициенты пропускания: } k_{\parallel} = \frac{I_{\max}}{I_0}, k_{\perp} = \frac{I_{\min}}{I_0}$$

$$\text{Показатель преломления: } n_{21} = \tan \alpha_{\text{Бр}} = \frac{n_2}{n_1}$$

### 6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Цена деления	Предел измерений	$\Delta_{\text{и}}$
1	Шкала измерения угла	$5^\circ$	$150^\circ$	$2,5^\circ$
2	Датчик относительной интенсивности	$0,001 \text{ Вт/м}^2$	$2 \text{ Вт/м}^2$	$0,0005 \text{ Вт/м}^2$

## 7. Схема установки

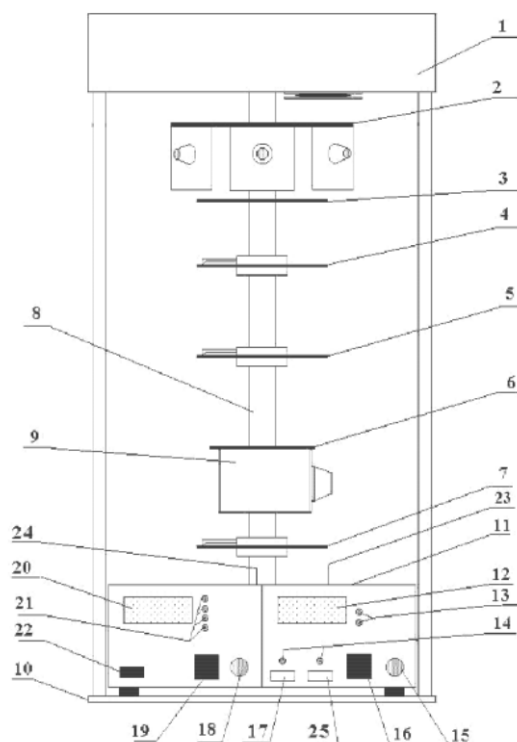


Рис. 4. Схема экспериментальной установки

1. Блок осветителей
2. Турель, на которой смонтированы объекты исследования для работ по интерференции и дифракции.
3. Защитный экран
4. Поляризатор
5. Двулучепреломляющий одноосный образец
6. Блок для измерения угла Брюстера
7. Анализатор
8. Стойка
9. Стеклянная пластинка с поворотным устройством и отсчетной вертикальной шкалой
10. Основание блока
11. Электронный блок
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.

# 8. Результаты прямых измерений и их обработки.

Таблица 1	Таблица 2
$I_0 = 1,530 \text{ Вт/м}^2$	$I_0' = 1,550 \text{ Вт/м}^2$

# 9. Результаты косвенных измерений и их обработки:

## 1) Опыт Малюса

Таблица 1. Проверка закона Малюса, лазер

№ п.п	$\varphi, ^\circ$	$I_{\text{ср}}, \text{Вт/м}^2$	$I_{\text{отн}}$	$\cos^2(\varphi - \varphi_m)$
1	150	0,836	0,727	0,750
2	140	0,625	0,543	0,587
3	130	0,462	0,401	0,413
4	120	0,277	0,241	0,250
5	110	0,123	0,107	0,117
6	100	0,039	0,033	0,030
7	90	0,007	0,006	0,000
8	80	0,040	0,034	0,030
9	70	0,127	0,110	0,117
10	60	0,294	0,255	0,250
11	50	0,509	0,442	0,413
12	40	0,742	0,645	0,587
13	30	0,919	0,799	0,750
14	20	1,086	0,944	0,883
15	10	1,127	0,980	0,970
16	0	1,150	1,000	1,000

№ п.п	$\varphi, ^\circ$	$I_{\text{ср}}, \text{Вт/м}^2$	$I_{\text{отн}}$	$\cos^2(\varphi - \varphi_m)$
17	-10	0,932	0,810	0,970
18	-20	0,683	0,594	0,883
19	-30	0,416	0,362	0,750
20	-40	0,3	0,261	0,587
21	-50	0,148	0,129	0,413
22	-60	0,058	0,050	0,250
23	-70	0,008	0,006	0,117
24	-80	0,026	0,022	0,030
25	-90	0,112	0,097	0,000
26	-100	0,206	0,179	0,030
27	-110	0,387	0,337	0,117
28	-120	0,597	0,519	0,250
29	-130	0,787	0,684	0,413
30	-140	0,957	0,832	0,587
31	-150	1,067	0,928	0,750

$$I_{\text{max}} = 1,150 \text{ Вт/м}^2 \text{ (при угле } \varphi_m = 0^\circ), : I_{\text{min}} = 0,008 \text{ Вт/м}^2$$

**Таблица 2.** Проверка закона Малюса, белый свет

№ п. п	$\varphi, ^\circ$	$I_1, \text{Вт/м}^2$	$I_2, \text{Вт/м}^2$	$I_{\text{ср}}, \text{Вт/м}^2$	$I_{\text{отн}}$	№ п.п	$\varphi, ^\circ$	$I_1, \text{Вт/м}^2$	$I_2, \text{Вт/м}^2$	$I_{\text{ср}}, \text{Вт/м}^2$	$I_{\text{отн}}$
1	150	0,369	0,367	0,3680	0,3680	16	0	0,405	0,404	0,4045	0,9746
2	140	0,370	0,368	0,3690	0,3690	17	-10	0,414	0,416	0,4150	1
3	130	0,377	0,376	0,3765	0,3765	18	-20	0,411	0,412	0,4115	0,9915
4	120	0,384	0,383	0,3835	0,3835	19	-30	0,401	0,400	0,4005	0,9650
5	110	0,365	0,364	0,3645	0,3645	20	-40	0,389	0,391	0,3900	0,9397
6	100	0,366	0,365	0,3655	0,3655	21	-50	0,324	0,326	0,3250	0,7831
7	90	0,355	0,355	0,3550	0,3550	22	-60	0,353	0,351	0,3520	0,8481
8	80	0,350	0,350	0,3500	0,3500	23	-70	0,335	0,334	0,3345	0,8060
9	70	0,356	0,352	0,3540	0,3540	24	-80	0,332	0,333	0,3325	0,8012
10	60	0,345	0,343	0,3440	0,3440	25	-90	0,343	0,344	0,3435	0,8277
11	50	0,362	0,362	0,3620	0,3620	26	-100	0,364	0,364	0,3640	0,8771
12	40	0,397	0,396	0,3965	0,3965	27	-110	0,380	0,380	0,3800	0,9156
13	30	0,409	0,407	0,4080	0,4080	28	-120	0,391	0,392	0,3915	0,9433
14	20	0,413	0,415	0,4140	0,4140	29	-130	0,404	0,404	0,4040	0,9734
15	10	0,388	0,390	0,3890	0,3890	30	-140	0,408	0,409	0,4085	0,9843
						31	-150	0,400	0,400	0,4000	0,9638

$$I_{\min} = 0,3250 \text{ Вт/м}^2, \quad I_{\max} = 0,4150 \text{ Вт/м}^2$$

Расчёт средней интенсивности:

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_1 + I_2}{2} = \frac{0,836 + 0,625}{2} = 0,7305 \text{ Вт/м}^2$$

Расчёт относительной интенсивности для занесения соответствующих значений в таблицу:

$$I_{\text{отн}} = \frac{I_{\text{ср}}}{I_{\text{max}}} = \frac{0,7305}{1,150} = 0,6352$$

Расчёт косинуса для занесения соответствующих значений в таблицу:

$$\cos^2(\varphi - \varphi_m) = \cos^2(150 - 0) = 0,750$$

Расчёт степени поляризации лазерного излучения:

$$P = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}} = \frac{1,150 - 0,008}{1,150 + 0,008} = 0,9861$$

Расчёт коэффициентов пропускания:

$$k_{\parallel} = \frac{I_{\text{max}}}{I_0} = \frac{1,150}{1,530} = 0,7516 = 0,75$$

$$k_{\perp} = \frac{I_{\text{min}}}{I_0} = \frac{0,008}{1,530} = 0,005138 = 0,0051$$

Расчёт степени поляризации белого источника:

$$P_{11} = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}} = \frac{0,415 - 0,325}{0,415 + 0,325} = 0,121 = 0,12$$

## 2) Опыт Брюстера

**Таблица 3.** Проверка закона Брюстера

№ п.п	$\varphi, ^\circ$	$I_1, \text{Вт/м}^2$	$I_2, \text{Вт/м}^2$	$I_{\text{ср}}, \text{Вт/м}^2$	№ п.п	$\varphi, ^\circ$	$I_1, \text{Вт/м}^2$	$I_2, \text{Вт/м}^2$	$I_{\text{ср}}, \text{Вт/м}^2$
1	30	0,369	0,367	0,3680	10	48	0,233	0,234	0,2335
2	32	0,370	0,365	0,3675	11	50	0,228	0,227	0,2275
3	34	0,365	0,363	0,3640	12	52	0,222	0,222	0,2220
4	36	0,356	0,357	0,3565	13	54	0,178	0,176	0,1770
5	38	0,350	0,350	0,3500	14	56	0,069	0,068	0,0685
6	40	0,337	0,334	0,3355	15	58	0,029	0,028	0,0285
7	42	0,315	0,314	0,3145	16	60	0,022	0,022	0,0220
8	44	0,275	0,274	0,2745	17	62	0,018	0,018	0,0180
9	46	0,251	0,253	0,2520	18	64	0,013	0,012	0,0125

$$\alpha_{\text{Бр}} = 55^\circ$$

Максимальная интенсивность:  $I_{\text{max}} = 0,3680 \text{ Вт/м}^2$

Минимальная интенсивность:  $I_{\text{min}} = 0,0125 \text{ Вт/м}^2$

Расчёт показателя преломления стекла:

$$n = \tan \alpha_{\text{Бр}} = \tan(55^\circ) = 1,428 \approx n_{\text{табл}}, \quad n_{\text{табл}} = 1,5$$

Расчёт степени поляризации света:

$$P_0 = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}} = \frac{0,3680 - 0,0125}{0,3680 + 0,0125} = 0,934297 = 0,934$$

Расчёт степени поляризации белого света:

$$P_1 = \frac{(n^2 - 1)^2}{2 \cdot (n^2 + 1)^2 - (n^2 - 1)^2} = \frac{(1,428^2 - 1)^2}{2 \cdot (1,428^2 + 1)^2 - (1,428^2 - 1)^2} = 0,0620871 = 0,6$$

$$P_2 = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}} = \frac{0,125 - 0,005}{0,125 + 0,005} = 0,923 = 0,9$$

$$P_{11} = P_1 \approx P_2$$

#### 10. Окончательные результаты.

Степень поляризации лазера:  $P = 1,0$

Показатель преломления стекла:  $n = 1,4$

Степень поляризации белого света:  $P = 0,6$

Коэффициенты пропускания:  $k_{\parallel} = 0,7, k_{\perp} = 0,005$

#### 11. Выводы и анализ результатов работы.

В ходе выполнения данной лабораторной работы был проведен опыт Малюса, в результате которого были получены графики  $I(\varphi)$  и  $\cos^2(\varphi - \varphi_m)(\varphi)$  в полярных координатах. Кроме того, были рассчитаны коэффициенты пропускания ( $k_{\parallel}, k_{\perp}$ ), являющиеся показателями степени поляризации. Проведенный же опыт Брюстера дал показатель преломления стекла  $n = 1,4$ . Однако же табличное значение  $n_{\text{табл}} = 1,5$ . нет точного совпадения, на мой взгляд, в силу человеческого фактора, к примеру, сложно было точно менять угол  $\varphi$  ровно на 10 градусов при проведении измерений. Не способствует повышению точности и проведение измерений в темноте, а также опаска за соседствующие с лазером глаза. Совокупность всех этих факторов, на мой взгляд, и привела к искажению табличного значения на  $\sim 0.1$ .