

**Санкт-Петербургский национальный исследовательский
институт информационных технологий, механики и
оптики**

Факультет фотоники и оптоинформатики

ИТМО

ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4.12

“Исследование поляризационных свойств стеклянной призмы”

Группа: V3203

Студент: Срывкин Н.А., Ганиева И.И.

Преподаватель: Сидельников А.А.

К работе допущен: _____

Работа выполнена: _____

К отчёту допущен: _____

1. Цель работы

- Овладеть основами эллипсометрии на примере призмы Дове.
- Исследовать поляризующую способность призмы Дове и проверить соответствие полученных экспериментальных данных рассчитанным по формуле Френеля.

2. Задачи

- Изучить поляризующую способность призмы Дове.
- Получить степень поляризации света, прошедшего через призму Дове.
- Исследовать зависимость эллипса поляризации от азимута поляризации.

3. Объект исследования

- Призма Дове.

4. Метод исследования

- Вращением анализатора и поляризатора добиваемся уменьшения или увеличения светового потока, проходящего через пластинку $\lambda/4$, где λ – длина волны.

5. Рабочие формулы и исходные данные

- Энергетические коэффициенты пропускания:

$$T_{1p} = \frac{4(\cos(i_1))^2(\sin(i_2))^2}{(\sin(i_1 + i_2))^2 + (\cos(i_1 - i_2))^2}, \quad (1)$$

$$T_{1s} = \frac{4(\cos(i_1))^2(\sin(i_2))^2}{((\sin(i_1 + i_2)))^2}. \quad (2)$$

- Суммарное пропускание призмы:

$$T_p = T_{1p}T_{2p} = T_{1p}^2, \quad (3)$$

$$T_s = T_{1s}T_{2s} = T_{1s}^2. \quad (4)$$

- Степень поляризации:

$$P = \frac{T_s - T_p}{T_s + T_p}. \quad (5)$$

- Разность фаз:

$$\operatorname{tg} \frac{\delta}{2} = \frac{\cos \varphi \sqrt{\sin^2 \varphi - n^2}}{\sin^2 \varphi}. \quad (6)$$

6. Схема установки

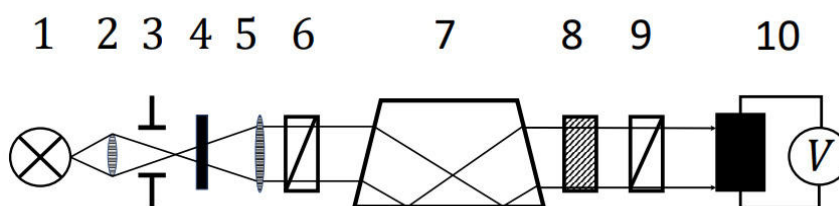


Figure 1: Схема экспериментальной установки. 1 – светодиодный источник, 2 – линза 50 мм, 3 – диафрагма, 4 – интерференционный светофильтр, 5 – линза 100 мм, 6 – поляризатор, 7 – призма Дове, 8 – пластинка $\frac{\lambda}{4}$, 9 – анализатор, 10 – фотодетектор

7. Результаты измерений и их обработки (таблицы, примеры расчётов):

- Результаты прямых измерений (пластинка $\frac{\lambda}{4}$):

Азимут α , °	Угол поворота анализатора, °	Комментарии
0	90	Поляризатор и анализатор скрещены. Темное поле. Минимум напряжения на вольтметре.
0	90	Установка $\frac{\lambda}{4}$. Увеличение напряжения на вольтметре.
0	90	Темное поле. Минимум напряжения.
15	98	Увеличение напряжения, темное поле, эллиптическая поляризация.
30	112	Увеличение напряжения, темное поле, эллиптическая поляризация.
45	129	Увеличение напряжения, темное поле, эллиптическая поляризация.

Азимут α , °	Угол поворота анализатора, °	Комментарии
60	164	Увеличение напряжения, темное поле, эллиптическая поляризация.
75	171	Увеличение напряжения, темное поле, эллиптическая поляризация.
90	180	Увеличение напряжения, светлое поле, линейная поляризация.

- Результаты прямых измерений (призма Дове):

Азимут поляризации, °	Угол поворота азимута, °	Комментарии
0	90	Поляризатор и анализатор скрещены. Темное поле. Минимум напряжения на вольтметре.
0	90	Установка призмы Дове.
0	90	Темное поле. Минимум напряжения.
25	100	Увеличение напряжения
45	132	Увеличение напряжения
65	156	Уменьшение напряжения
90	180	Уменьшение напряжения

- Результаты прямых измерений (степень поляризации):

Азимут поляризации, °	Угол поворота анализатора, °	Комментарии	Угол поворота пластинки $\frac{\lambda}{4}$, °
45	132	Пропускание минимальное	-
45	65	Установка пластинки	45
45	126	Установка призмы	40

8. Расчёт результатов измерений (для прямых и косвенных измерений)

- По рисунку из методички определим углы падения i_1 и преломления i_2 , а также угол падения на основание призмы φ
- Угол падения $i_1 = 45^\circ$
- По закону Снеллиуса угол $i_2 = \arcsin \frac{\sin(i_1)}{n} = \arcsin\left(\frac{\sin 45^\circ}{1.52}\right) = 27.72^\circ$.
- По формулам (1) рассчитаем Энергетические коэффициенты пропускания:

$$T_{1p} = \frac{4 \cos^2(45^\circ) \sin^2(27.72^\circ)}{\sin^2(45^\circ + 27.72^\circ) \cos^2(45^\circ - 27.72^\circ)} = 0.52, \quad (7)$$

$$T_{1s} = \frac{4 \cos^2(45^\circ) \sin^2(27.72^\circ)}{\sin^2(45^\circ + 27.72^\circ)} = 0.47. \quad (8)$$

- Суммарное пропускание призмы найдем по формулам (3) - (4):

$$T_p = 0.52^2 = 0.27, \quad (9)$$

$$T_s = 0.47^2 = 0.22. \quad (10)$$

- Теоретическое значение степени поляризации рассчитаем по формуле (5):

$$P = \frac{0.22 - 0.27}{0.22 + 0.27} = -0.10. \quad (11)$$

- Угол поворота плоскости поляризации:

$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1}(\cos^2(i_1 - i_2)) = \operatorname{tg}^{-1}(\cos^2(45^\circ - 27.72^\circ)) = 42.36, \quad (12)$$

$$\Delta\alpha_{\text{теор}} = 45^\circ - \alpha = 45^\circ - 42.36^\circ = 2.64^\circ. \quad (13)$$

- Из третьей таблицы найдем экспериментальное значение угла $\Delta\alpha$: $\Delta\alpha_{\text{эксп}} = 45^\circ - 40^\circ = 5^\circ$.
- Экспериментальная степень поляризации, прошедшая через призму таким образом равна:

$$P_{\text{эксп}} = \frac{\operatorname{tg}(45^\circ - \Delta\alpha) - 1}{\operatorname{tg}(45^\circ - \Delta\alpha) + 1} = \frac{\operatorname{tg}(45^\circ - 5^\circ) - 1}{\operatorname{tg}(45^\circ - 5^\circ) + 1} = -0.09. \quad (14)$$

- Теоретическую разность фаз найдем по формуле (6):

$$\delta_{\text{теор}} = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{\cos(72.72^\circ) \sqrt{\sin^2(72.72^\circ) - \left(\frac{1}{1.52}\right)^2}}{\sin^2(72.72^\circ)} \right) = 12.71^\circ \quad (15)$$

- Экспериментальная разность фаз между s- и p- поляризацией:

$$\psi = 132^\circ - 126^\circ = 6^\circ, \quad (16)$$

$$\delta_{\text{эксп}} = 2\psi = 2 \cdot 6^\circ = 12^\circ. \quad (17)$$

9. Расчёт погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений)

- Погрешность $\Delta\alpha$:

$$\Delta\alpha_{\text{эксп}} = 2\Delta\alpha = 2 \cdot 1^\circ = 2^\circ, \quad (18)$$

$$\varepsilon_{\Delta\alpha_{\text{эксп}}} = \frac{\Delta(\Delta\delta_{\text{эксп}})}{\Delta\delta_{\text{эксп}}} \cdot 100\% = \frac{2^\circ}{12^\circ} \cdot 100\% = 17\%. \quad (19)$$

- Погрешность степени поляризации:

$$\Delta P_{\text{эксп}} = \frac{2\Delta\alpha}{(\operatorname{tg}(45^\circ - \Delta\alpha_{\text{эксп}}) + 1)^2 \cos^2(45^\circ - \Delta\alpha_{\text{эксп}})}, \quad (20)$$

$$\Delta P_{\text{эксп}} = \frac{2^\circ}{(\operatorname{tg}(40^\circ) + 1)^2 \cos^2(40^\circ)} = 0.018. \quad (21)$$

$$\varepsilon_{\Delta P_{\text{эксп}}} = \frac{\Delta P_{\text{эксп}}}{P_{\text{эксп}}} = \frac{0.018}{0.090} \cdot 100\% = 20\% \quad (22)$$

10. Окончательные результаты

- $P_{\text{эксп}} = (-0.090 \pm 0.018)$, $\varepsilon_{\Delta P_{\text{эксп}}} = 20\%$,
- $P_{\text{теор}} = -0.10$,
- $\delta_{\text{эксп}} = (12 \pm 2)^\circ$, $\varepsilon_{\Delta\varphi_{\text{эксп}}} = 17\%$,
- $\delta_{\text{теор}} = 12.71^\circ$.

11. Выводы и анализ результатов работы

- В ходе лабораторной работы были изучены поляризационные свойства призмы Дове. Экспериментально было подтверждено, что после прохождения света через призму, меняются его поляризационные свойства. Например, теоретическое значение степени поляризации, которая была получена из формул Френеля равна $P_{\text{теор}} = -0.10$, тогда как экспериментальное значение равно $P_{\text{эксп}} = (-0.090 \pm 0.018)$, что согласуется с теоретическим. Также был изучен фазовый сдвиг при полном внутреннем отражении в призме. Теоретическое значение – $\delta_{\text{теор}} = 12.71^\circ$, экспериментальное же равно $\delta_{\text{эксп}} = (12 \pm 2)^\circ$, что также согласуется с теоретическим.