

Санкт-Петербургский национальный исследовательский институт

информационных технологий, механики и оптики

Факультет фотоники и оптоинформатики

ИТМО

ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4.04

“Определение показателя преломления стеклянной пластины интерференционным методом”

Группа: V3203

Студент: Срывкин Н.А., Ганиева И.И.

Преподаватель: Сидельников А.А.

К работе допущен: _____

Работа выполнена: _____

К отчёту допущен: _____

1. Цель работы

- Определение показателя преломления стеклянной пластины с помощью интерференционной картины полос равного наклона и расчет порядка интерференции для центра картины

2. Задачи

- Определение координат минимумов интерференционных колец
- Определение показателя преломления пластины
- Измерение толщины пластины

3. Объект исследования

- Плоскопараллельная стеклянная пластина

4. Метод исследования

- При изменении положения стеклянной пластины наблюдается картина интерференции. Далее, при помощи измеренных диаметров интерференционных колец, находится показатель преломления пластины

5. Рабочие формулы и исходные данные

- Показатель преломления пластины n :

$$n = \frac{d(D_2^2 - D_1^2)}{16L^2 \Delta m \lambda} \quad (1)$$

где d – толщина пластины, L – расстояние от пластины до экрана, D – диаметр колец, λ – длина волны

- Порядок интерференции в центре интерференционной картины:

$$m = \frac{2dn}{\lambda} \quad (2)$$

- Относительная погрешность для величины вида: $z = K a^\alpha b^\beta \dots$, где K – постоянная величина; a, b – символы прямо измеренных величин; α, β – показатели степени, выраженные целыми, дробными, отрицательными или положительными числами:

$$\varepsilon_z = \sqrt{\left(\alpha \frac{1}{a} \Delta_a\right)^2 + \left(\beta \frac{1}{b} \Delta_b\right)^2 + \dots} \cdot 100\% \quad (3)$$

- Абсолютная погрешность:

$$\Delta_z = \frac{\hat{Z} \varepsilon_z}{100} \quad (4)$$

- Абсолютная погрешность функции вида $z = z(a, b)$:

$$\Delta_z = \sqrt{\left(\frac{\delta f}{\delta a} \Delta_a\right)^2 + \left(\frac{\delta f}{\delta b} \Delta_b\right)^2} \quad (5)$$

- Среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x})^2}{n(n-1)}} \quad (6)$$

- Доверительный интервал случайной погрешности:

$$\Delta_x = t_{a,n} S_x \quad (7)$$

- $d = 15.610 \pm 0.005$ мм
- $L = 53.00 \pm 0.01$ см
- $\lambda = 632.82 \pm 0.01$ нм

6. Измерительные приборы

№	Наименование	Используемый диапазон	Погрешность
1	Линейка	70 см	0.01 см

7. Экспериментальная установка (перечень схем, которые составляют Приложение 1):

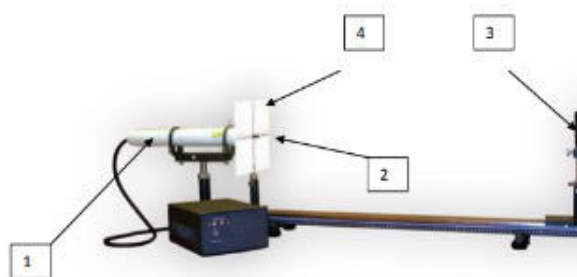


Figure 1: Схема экспериментальной установки. 1 – лазер, 2 – микрообъектив, 3 – плоскопараллельная пластина, 4 – экран

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

№	X, мм	Y, мм	L, мм	d, мм	D, мм	D^2 , мм ²
1	6	6	530	15.61	12	144
2	10	11			21	441
3	13	14.5			27.5	756.25
4	15	16			31	961
5	17	18			35	1225
6	19	20			39	1521
7	20	21			41	1681
8	22	22			44	1936

- Диаметры колец могут быть получены с помощью суммы координат X и Y
- Пример расчёта для кольца №1: $D_1 = 6 + 6 \text{ мм} = 12 \text{ мм}$
- Для расчета показателя преломления стеклянной пластины были выбраны три пары колец, отличающихся на по порядку интерференции на 3, а именно: (1, 4), (3, 6), (5, 8)
- Разность квадратов диаметров колец:

Пара (1, 4): $D_2^2 - D_1^2 = (961 - 144) \text{ мм}^2 = 817 \text{ мм}^2$

Пара (3, 6): $D_6^2 - D_3^2 = (1521 - 765.25) \text{ мм}^2 = 755.75 \text{ мм}^2$

Пара (5, 8): $D_8^2 - D_5^2 = (1936 - 1225) \text{ мм}^2 = 711 \text{ мм}^2$

- Среднее значение разности квадратов:

$$\hat{D} = \frac{D_{1,4} + D_{3,6} + D_{5,8}}{3} = \frac{817 + 755.75 + 711}{3} \text{ мм}^2 = 761.25 \text{ мм}^2 \quad (8)$$

- По формуле (1) рассчитаем показатель преломления пластины:

$$n = \frac{15.61 \cdot 761.25}{16 \cdot 530^2 \cdot 632.82 \cdot 10^{-6} \cdot 3} = 1.39 \quad (9)$$

- По формуле (2) рассчитаем порядок интерференции в центре:

$$m = \frac{2 \cdot 15.61 \cdot 1.39}{632.82 \cdot 10^{-6}} = 68575 \quad (10)$$

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

- Абсолютная погрешность диаметра колец может быть найдена по формуле:

$$\Delta_D = 2.36 \cdot \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{n=1}^8 (D_n - \hat{D})^2} = 9.3 \text{ мм}^2 \quad (11)$$

- По формуле (3) найдем относительную погрешность для показателя преломления:

$$\varepsilon_n = \sqrt{\left(\frac{1}{d} \Delta_d\right)^2 + \left(-2 \cdot \frac{1}{L} \Delta_L\right)^2 + \left(-\frac{1}{\lambda} \Delta_\lambda\right)^2 + \left(\frac{1}{D} \Delta_D\right)^2} \cdot 100\% = \quad (12)$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{15.61} \cdot 0.1\right)^2 + \left(-2 \cdot \frac{1}{530} \cdot 0.1\right)^2 + \left(-\frac{1}{632.82} \cdot 0.01\right)^2 + \left(\frac{1}{761.25} \cdot 9.3\right)^2} \cdot 100\% = 1.26\%$$

- По формуле (4) абсолютная погрешность равна:

$$\Delta_n = \frac{1.26 \cdot 1}{100} = 0.013 \quad (13)$$

- Аналогично найдем погрешность для порядка интерференции:

$$\varepsilon_m = \sqrt{\left(\frac{1}{d}\Delta_d\right)^2 + \left(-\frac{1}{\lambda}\Delta_\lambda\right)^2 + \left(\frac{1}{n}\Delta_n\right)^2} \cdot 100\% \quad (14)$$

$$\varepsilon_m = \sqrt{\left(\frac{1}{15.61} \cdot 0.1\right)^2 + \left(-\frac{1}{632.82} \cdot 0.01\right)^2 + \left(\frac{1}{1.39} \cdot 0.013\right)^2} \cdot 100\% = 1.134\% \quad (15)$$

$$\Delta_m = \frac{68575 \cdot 1.134}{100} = 777.64 \quad (16)$$

10. Окончательные результаты

- Показатель преломления: $n = (1390 \pm 13) \cdot 10^{-3}$
- Порядок интерференции: $m = (68.6 \pm 0.8) \cdot 10^3$

11. Выводы и анализ результатов работы

- В ходе лабораторной работы был определен показатель преломления стеклянной пластины и порядок интерференции в центре картины с помощью интерференционного метода. Порядок интерференции $m = (68.6 \pm 0.8) \cdot 10^3$. Показатель преломления: $n = (139 \pm 13) \cdot 10^{-3}$, что не совсем совпадает с $n_{\text{табл}} = 1.50$ из-за трудностей измерения радиусов колец, так как их размер очень маленький.