

Преподаватель Бочкарев М. Э. Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №4.04

1. Цель работы.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

- ### 3. Объект исследования.

4. Метод экспериментального исследования.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

- $$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_1} = (m + \Delta m)\lambda$$

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_2} = m\lambda$$

В данной лабораторной работе углы падения лучей на пластину настолько малы, что

можно считать $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{D}{4L}$. Тогда:

$$\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta} \approx \sqrt{n^2 - \frac{D^2}{16L^2}} \approx n - \frac{D^2}{32L^2n}$$

Упрощая, получим:

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

2. Уравнение для расчета порядка интерференции в центре интерференционной картины:

$$m = \frac{2dn}{\lambda}$$

Длина волны гелий-неонового лазера:

$$\lambda = 632.82 \pm 0.01 \text{ нм}$$

Расстояние L от экрана с микрообъективом до плоскопараллельной пластины:

$$L = 720 \pm 1 \text{ мм}$$

Толщина стеклянной пластины d :

$$d = 15.820 \pm 0.005 \text{ мм}$$

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Линейка	Измерительный инструмент	0 – 1000 мм	± 1 мм
2	Микрометр	Винтовой	0 – 20 мм	± 0.005 мм

7. Схема установки.

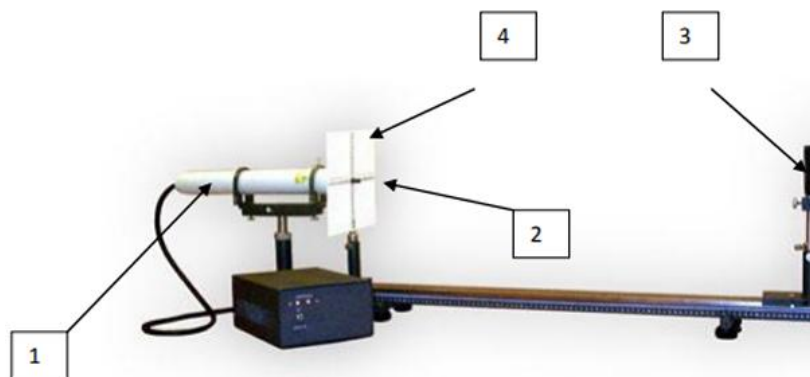


Рисунок 1 – Вид экспериментальной установки

1 – лазер, 2 – микрообъектив, 3 – плоскопараллельная пластина, 4 – экран.

8. Результаты прямых измерений и их обработки.

Координаты пересечения с вертикальной и горизонтальной шкалой на экране у 8 темных расположенных подряд интерференционных колец:

№ кольца	$x_{left}, \text{мм}$	$x_{right}, \text{мм}$	$y_{top}, \text{мм}$	$y_{bottom}, \text{мм}$
1	-12	9	10	-12
2	-17	14	15	-17
3	-21	17	19	-20
4	-24	20	22	-23
5	-27	24	24	-26
6	-29	26	27	-28
7	-31	28	29	-30
8	-34	30	31	-32

9. Расчет результатов косвенных измерений.

Рассчитаем диаметры колец и выберем три пары (1; 4), (4; 7), (5; 8), отличающихся по порядку интерференции на 3:

$$D_x = |x_{left} - x_{right}| = |-12\text{мм} - 9\text{мм}| = 21 \text{ мм} \dots (\text{аналогично для } D_y)$$

$$D = \frac{D_x + D_y}{2} = \frac{21\text{мм} + 22\text{мм}}{2} = 21.5 \text{ мм} \dots$$

№ кольца	$D_x, \text{мм}$	$D_y, \text{мм}$	$D, \text{мм}$
1	21	22	21,5
4	44	45	44,5
5	51	50	50,5
7	59	59	59
8	64	63	63,5

Затем найдем среднее значение разности квадратов для $\Delta m = 3$:

Для (1; 4):

$$D_2^2 - D_1^2 = 44.5^2\text{мм}^2 - 21.5^2\text{мм}^2 = 1518 \text{ мм}^2 \dots (\text{аналогично для остальных пар})$$

$$\overline{D^2} = \frac{1518\text{мм}^2 + 1500.75\text{мм}^2 + 1482\text{мм}^2}{3} = 1500.25 \text{ мм}^2$$

Пара колец	$D_2^2 - D_1^2, \text{мм}^2$	$\overline{D^2}, \text{мм}^2$
(1; 4)	1518	1500,25
(4; 7)	1500,75	
(5; 8)	1482	

Рассчитаем показатель преломления пластины n по формуле (1):

$$n = \frac{15.820\text{мм} \cdot 1500.25\text{мм}^2}{16 \cdot 720^2\text{мм}^2 \cdot 632.82\text{нм} \cdot 3} = \frac{15.820 \cdot 1500.25}{16 \cdot 720^2 \cdot 632.82 \cdot 10^{-6} \cdot 3} \approx 1.5072$$

Рассчитаем порядок интерференции m в центре картины по формуле (2):

$$m = \frac{2 \cdot 15.820_{\text{мм}} \cdot 1.5072}{632.82 \cdot 10^{-6}_{\text{мм}}} \approx 75358$$

10. Расчет погрешностей измерений.

Выведем формулу погрешности для показателя преломления n и рассчитаем ошибку Δn :

$$n = \frac{d\bar{D}^2}{16L^2\lambda\Delta m}$$

Используем формулу для относительной погрешности произведения и деления:

$$\varepsilon_n = \varepsilon_d + 2\varepsilon_{\bar{D}} + 2\varepsilon_L + \varepsilon_{\lambda} + \varepsilon_{\Delta m} = \frac{\Delta d}{d} + 2\frac{\Delta \bar{D}}{\bar{D}} + 2\frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta \lambda}{\lambda}$$

Для этого нужен $\Delta \bar{D}$. Так как для всех D применялась одинаковая измерительная шкала, то:

$$\Delta \bar{D} = \frac{\Delta D}{\sqrt{5}} = \frac{1_{\text{мм}}}{\sqrt{5}} \approx 0.4472 \text{ мм}$$

Тогда относительная погрешность:

$$\varepsilon_n = \frac{0.005}{15.820} + 2 \cdot \frac{0.4472}{\frac{21.5 + 44.5 + 50.5 + 59 + 63.5}{5}} + 2 \cdot \frac{1}{720} + \frac{0.01}{632.82} \approx 0.0218$$

И абсолютная погрешность:

$$\Delta n = n \cdot \varepsilon_n = 1.5072 \cdot 0.0218 \approx 0.0329$$

Выведем формулу погрешности для Δm (в центре картины) и рассчитаем ее:

$$m = \frac{2dn}{\lambda}$$

Относительная погрешность:

$$\varepsilon_m = \varepsilon_d + \varepsilon_n + \varepsilon_{\lambda} = \frac{0.005}{15.820} + 0.0218 + \frac{0.01}{632.82} \approx 0.0221$$

Абсолютная погрешность:

$$\Delta m = m \cdot \varepsilon_m = 75358 \cdot 0.0221 \approx 1668$$

11. Окончательные результаты.

Показатель преломления пластины:

$$n \approx 1.5072 \pm 0.0329, \quad \varepsilon_n \approx 2.18\%$$

Порядок интерференции в центре картины:

$$m \approx 75358 \pm 1668, \quad \varepsilon_m \approx 2.21\%$$

12. Выводы и анализ результатов работы.

В ходе лабораторной работы было определено значение показателя преломления стеклянной пластины с использованием интерференционной картины. Рассчитан порядок интерференции в центре картины.

Большое значение порядка интерференции объясняется большой толщиной пластины, что расширяет картину интерференции.

Полученные результаты подтверждают теоретические ожидания и демонстрируют, что интерференционный метод эффективен для измерений.