



РАБОЧИЙ ПРОТОКОЛ И ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4.02
"Определение расстояния между двумя щелями интерференционным методом"

Группа: 1.1.1

Студенты: Стафеев И.А., Голованов Д.И.

Преподаватель: Середин А.А.

К работе допущен:

Работа выполнена:

Отчет принят:

1 Цель работы

Определение расстояния между двумя щелями по полученной от них интерференционной картине.

2 Задачи

Для достижения цели были поставлены следующие цели:

1. измерить координаты минимумов интерференционной картины при различных расстояниях до экрана;
2. рассчитать ширину интерференционной полосы;
3. построить график зависимости ширины интерференционной полосы от расстояния до экрана;
4. определить расстояние между щелями, используя экспериментальные данные;
5. оценить погрешность измерений и сравнить результат с теоретическим значением.

3 Объект исследования

Интерференционная картина, возникающая при прохождении когерентного света через две щели.

4 Метод экспериментального исследования

1. измерение координат минимумов интерференционной картины;
2. анализ зависимости ширины интерференционных полос от расстояния между экраном и объектом;
3. графический метод обработки экспериментальных данных.

5 Рабочие формулы и исходные данные

1. Длина волны лазера

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

(1)

2. Теоретическое расстояние между щелями

$$d_{\text{теор}} = (0.12 \pm 0.01) \text{ мм} \quad (2)$$

3. Разность хода волн:

$$\Delta \approx d \cdot \theta \approx d \frac{x}{L}, \quad (3)$$

где d — расстояние между щелями, x — координата минимума на экране, L — расстояние от щелей до экрана.

4. Условие максимума интерференции:

$$\Delta = m\lambda, \quad (4)$$

где m — целое число порядка максимума, λ — длина волны лазерного излучения.

5. Условие минимума интерференции:

$$\Delta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda. \quad (5)$$

6. Ширина интерференционной полосы:

$$\Delta x = \frac{\lambda}{d} L = K L = \frac{x_m - x_1}{m}, \quad (6)$$

где Δx — расстояние между соседними минимумами (или максимумами) интерференционной картины, K - коэффициент наклона графика, построенного по экспериментальным данным, x_1 , x_m - координаты крайнего левого и крайнего правого минимумов, m - количество измеренных минимумов

7. Расстояние между щелями;

$$d = \frac{\lambda}{K}, \quad (7)$$

где λ - длина волны лазерного излучения, K - коэффициент наклона аппроксимирующей прямой для зависимости Δx от L .

6 Измерительные приборы:

Таблица 1 — Измерительные приборы

№ п/п	Наименование	Предел измерения	Цена деления	Погрешность прибора $\Delta_{\text{ит}}$
1	Линейка на оптической скамье	1200 мм	1 мм/дел	0.05 мм
2	Линейка на экране	100 мм	1 мм/дел	0.05 мм

7 Схема установки

Вид лабораторной установки представлен на рис. 3. Источником света служит гелий-неоновый лазер 1. В роли вторичных источников выступают две щели на учебно-демонстрационном объекте 2. Для наблюдения интерференционной картины используется экран 3, закреплённый позади объекта на оптическом рельсе.

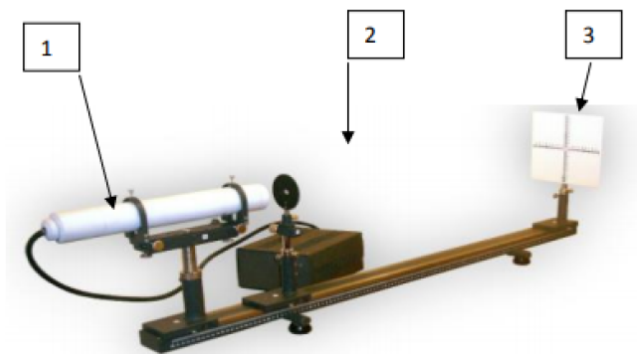


Рисунок 1 — Лабораторная установка

8 Прямые измерения

Таблица 2 — Результаты измерений (объект 33)

X_0 , 1005 мм	$X_{\text{Э}}$, 0 мм	$X_{\text{Э}}$, 100 мм	$X_{\text{Э}}$, 200 мм	$X_{\text{Э}}$, 300 мм	$X_{\text{Э}}$, 400 мм	$X_{\text{Э}}$, 500 мм
left1, мм	-6	-5	-5	-4	-3	-2
left2, мм	-10	-8	-8	-6	-5	-4
left3, мм	-14	-12	-11	-9	-7	-6
left4, мм	-17	-16	-14	-12	-10	-8
left5, мм	-21	-19	-17	-15	-12	-10
right1, мм	6	6	5	5	4	2
right2, мм	9	9	8	7	6	4
right3, мм	14	13	11	10	9	6
right4, мм	17	16	14	13	11	8
right5, мм	20	20	17	15	13	11
L , мм	1005	905	805	705	605	505

9 Расчёт результатов косвенных измерений

По формуле 6 при каждом расстоянии L была найдена ширина интерференционной полосы. Поскольку были измерены координаты 10 минимумов (5 слева и 5 справа), то $m = 10$. Пример расчета для расстояния $L = 1005$ мм: $\Delta x = \frac{20 - (-21)}{10} = 4.1$ мм. В таблице 3 приведены все измеренные значения ширины при различных значениях расстояния L .

Таблица 3 — Ширина интерференционной полосы при различных значениях L

L , мм	1005	905	805	705	605	505
Δx , мм	4.1	3.9	3.4	3.0	2.5	2.1

При помощи МНК было найдено уравнение аппроксимирующей прямой $y = 0.0042x + 0.017$, откуда $K = 0.0042$. По формуле 7 было получено значение $d = \frac{632.82 \text{ нм}}{0.0042} \approx 0.151$ мм.

10 Расчет погрешностей

$$\Delta K = 2S_K = 2 \cdot 0.0002 = 0.0004; \varepsilon_K = \frac{0.0004}{0.0042} = 9.5\%; \alpha = 0.95$$

$$\Delta \lambda = 0.01 \text{ нм (по начальным данным)}$$

$$\Delta d = \sqrt{\left(\frac{\lambda \cdot \Delta K}{K^2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \lambda}{K}\right)^2} = 0.015 \text{ мм}; \varepsilon_d = \frac{0.015}{0.151} = 9.9\%; \alpha = 0.95$$

11 Графики

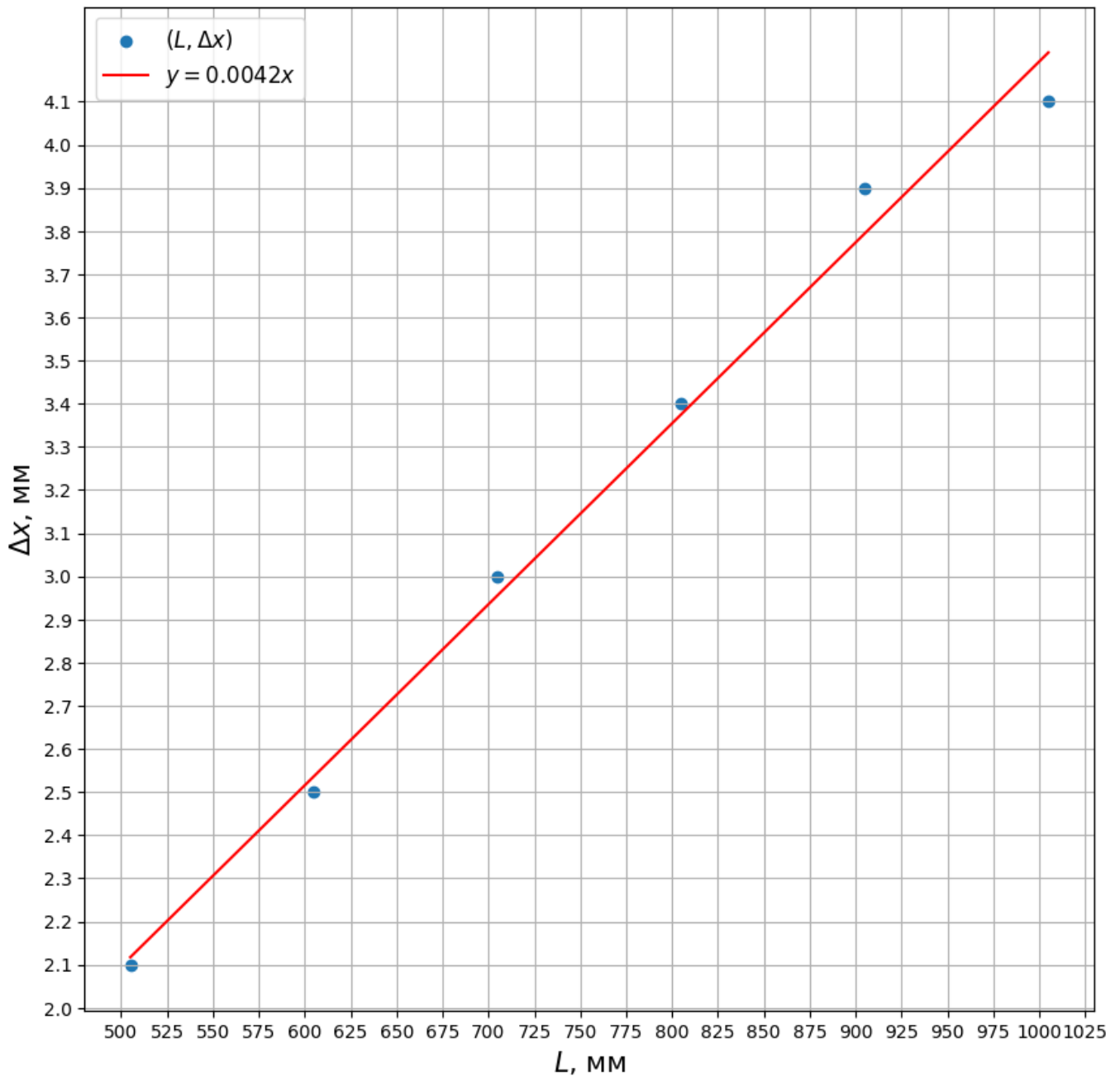


Рисунок 2 — График зависимости Δx от L с аппроксимирующей прямой

12 Окончательные результаты

$$d = (0.151 \pm 0.015) \text{ мм};$$

Для сравнения теоретического и экспериментального значений расстояния между щелями была применена *Zeta*-оценка.

$$Zeta\text{-score} = \frac{d_{\text{теор}} - d_{\text{экс}}}{\sqrt{(\Delta d_{\text{теор}})^2 + (\Delta d_{\text{экс}})^2}} = \frac{0.12 - 0.151}{\sqrt{(0.01)^2 + (0.015)^2}} = -1.72$$

Так как $|Zeta\text{-score}| < 2$, то на уровне значимости 0.05 отклонение не является статистически значимым (вероятность случайного возникновения такого отклонения составляет 8.5%). Относительная погрешность измерений составляет $\frac{|0.12 - 0.151|}{0.12} \cdot 100\% = 26\%$.

13 Выводы и анализ результатов работы

В ходе данной лабораторной работы была получена интерференционная картина, по которой были определены координаты минимумов картины и экспериментально посчитано расстояние между щелями в изучаемом объекте. Полученные экспериментальные данные $d = (0.151 \pm 0.015) \text{ мм}$ отличаются от теоретических $d_{\text{теор}} = (0.12 \pm 0.01) \text{ мм}$. Поскольку $|Zeta\text{-score}| < 2$ и относительная погрешность составляет 26%, можно говорить об умеренном отклонении экспериментальной и теоретической оценки. Причиной несовпадения значений может быть человеческий фактор, а также неидеальная настройка оборудования в экспериментальной установке.