 



**Группа**  M32101 **К работе допущены**

**Студенты** Петров Сергей, **Работа выполнена** Левин Алексей, Тарасенко Настя **Отчет принят** **Преподаватель** Хуснутдинова Н.

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 4.04:

«Определение показателя преломления стеклянной пластины интерференционным методом».

# Цель работы:

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

# Задачи, решаемые при выполнении работы:

* Определение координат минимумов интерференционных колец;
* Определение показателя преломления пластины;
* Измерение толщины пластины;

# Объект исследования:

Интерференционная картина, ставшая результатом проделанной интерференционной схемы, построенной на методе деления амплитуд. Поведение лазерного излучения в условиях эксперимента.

# Метод экспериментального исследования:

Предварительный лабораторный эксперимент, основанный на исследовании поведения лазерного излучения, претерпевшего интерференцию, проходящего через искусственно созданные условия реализации схемы, построенной на методе деления амплитуд.

# Рабочие формулы и исходные данные:

λ = (632,82 ± 0,01)нм − длина волны лазерного излучения ;

𝐷𝑖 = 𝑥𝑖 + 𝑦𝑖 – диаметр интерференционных колец;

Показатель преломления пластины: 𝑛 = 𝑑∗𝐷ср ;

16∗𝐿2∗𝜆∗∆𝑚

𝑚 = 2∗𝑑∗𝑛 – уравнение, позволяющее рассчитать порядок интерференции в

𝜆

центре интерференционной картины;

Микрометром измерили толщину стеклянной пластины 𝑑 = 16,1мм.

Записали инструментальную погрешность микрометра: ∆𝑑 = ±0,005мм.

Также использовались формулы для расчета погрешностей из методического пособия: «Обработка экспериментальных данных» (метод наименьших квадратов для расчёта К и погрешность отношения двух величин).

# Измерительные приборы:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Тип прибора* | *Используемый диапазон* | *Погрешность прибора* |
| *1* | Линейка на оптической скамье и шкала на экране | Вычислительный | (0; 1)м | 1мм=10−3м |
| *2* | Ученическая линейка | Вычислительный | (0;0,2)м | 1мм=10−3м |

1. **Схема установки (*перечень схем, которые составляют Приложение 1*).**



## Обработка измерений:

* 1. Определим диаметр темных колец, для этого мы определили и записали в таблицу (таблица №1) результаты прямых измерений координат пересечения с вертикальной и горизонтальной шкалой на экране у 7 – 8 темных расположенных подряд интерференционных колец:

Таблица №1:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| координата | 1  кольцо | 2  кольцо | 3  кольцо | 4  кольцо | 5  кольцо | 6  кольцо | 7  кольцо | 8  кольцо |
| 𝑥 см | 1,2 | 1,7 | 2,2 | 2,5 | 2,8 | 3,0 | 3,3 | 4,0 |
| 𝑦 см | 1,2 | 1,7 | 2,1 | 2,4 | 2,7 | 3,05 | 3,3 | 4,0 |

𝐷𝑖 = 𝑥𝑖 + 𝑦𝑖 – диаметр интерференционных колец;

𝐷1 = 𝑥1 + 𝑦1 = 1,2см + 1,2см = 2,4см;

𝐷2 = 𝑥2 + 𝑦2 = 1,7см + 1,7см = 3,4см;

𝐷3 = 𝑥3 + 𝑦3 = 2,2см + 2,1см = 4,3см;

𝐷4 = 𝑥4 + 𝑦4 = 2,5см + 2,4см = 4,9см;

𝐷5 = 𝑥5 + 𝑦5 = 2,8см + 2,7см = 5,5см;

𝐷6 = 𝑥6 + 𝑦6 = 3,0см + 3,05см = 6,05см;

𝐷7 = 𝑥7 + 𝑦7 = 3,3см + 3,3см = 6,6см;

𝐷8 = 𝑥8 + 𝑦8 = 4,0см + 4,0см = 8,0см;

* 1. Из рассчитанных диаметров колец выберем три пары, отличающиеся по порядку интерференции на три. Для каждой пары колец рассчитаем 𝐷22 −

𝐷12. Полученные результаты усредним. Среднее значение разности квадратов для ∆𝑚 = 3 используем при расчете показателя преломления стеклянной пластины.

𝐷42 − 𝐷12 = (4,9см)2 − (2,4см)2 = 18,25см2;

𝐷52 − 𝐷22 = (5,5см)2 − (3,4см)2 = 18,69см2;

𝐷62 − 𝐷32 = (6,05см)2 − (4,3см)2 = 18,1125см2;

𝐷ср =

𝐷42 − 𝐷12 + 𝐷52 − 𝐷22 + 𝐷62 − 𝐷32

=

3

= 18,35см2.

18,25см + 18,69см + 18,1125см

3

* 1. Микрометром измерили толщину стеклянной пластины 𝑑 = 16,1мм.

Записали инструментальную погрешность микрометра: ∆𝑑 = ±0,005мм.

* 1. Рассчитаем показатель преломления пластины 𝑛 по формуле 𝑛 = 𝑑∗𝐷ср ,

16∗𝐿2∗𝜆∗∆𝑚

используя известные значения толщины пластины (𝑑 = 16,1мм) и длину волны излучения лазера (длина волны 𝜆 = 632.82 ± 0.01нм).

𝑑 ∗ 𝐷ср 16,1 ∗ 10−3м ∗ 18,351 ∗ 10−4м2

𝑛 = 16 ∗ 𝐿2 ∗ 𝜆 ∗ ∆𝑚 = 16 ∗ (0,8м)2 ∗ 632,82 ∗ 10−9м ∗ 3 = 1,51979.

* 1. Выведем формулу погрешности для показателя преломления 𝑛 и рассчитаем ошибку ∆𝑛 для данного метода определения показателя преломления.

- Сначала рассчитаем погрешность среднего значения разности квадратов

𝐷ср и расстояния от плоскопараллельной пластины до экрана 𝐿: Учитывая, что погрешности шкалы на экране и линейки на оптической скамье, равны друг другу и составляют: ∆и𝑙 = 0,001м.

Чтобы вычислить погрешность 𝐷𝑖 = 𝑥𝑖 + 𝑦𝑖 , воспользуемся формулой погрешности суммы двух величин и получим:

Пересчитаем абсолютную погрешность величины 𝑙 к доверительной вероятности 𝛼 = 0,95:

2 2

∆𝑦𝑖 = ∆𝑥𝑖 = ∆𝑙 = ∆и𝑙 ∗ 3 = 0,001м ∗ 3 = 0,0006м.

Получим:

∆𝐷1 = ∆𝐷2 = ∆𝐷3 = ∆𝐷4 = ∆𝐷5 = ∆𝐷6 = ∆𝐷7 = ∆𝐷8

= √ 𝜕𝐷𝑖

(

𝜕𝑥𝑖

2

∗ ∆𝑥𝑖)

𝜕𝐷𝑖

+ (

𝜕𝑦𝑖

2

∗ ∆𝑦𝑖)

∆𝐷𝑖 = √(1 ∗ ∆𝑥𝑖)2 + (1 ∗ ∆𝑦𝑖)2 = √(0,0006м)2 + (0,0006м)2

= 0,000848528м.

Найдем погрешность произведения двух величин 𝐷𝑖 2:

∆𝐷𝑖 2

= √(

𝛛𝐷𝑖2

𝛛𝐷𝑖

2

∗ ∆𝐷𝑖)

+ (𝛛𝐷𝑖2

𝛛𝐷𝑖

2

∗ ∆𝐷𝑖)

= √(2𝐷𝑖 ∗ ∆𝐷𝑖)2

+ (2𝐷𝑖 ∗ ∆𝐷𝑖)2 =>

∆𝐷12 = √(2𝐷1 ∗ ∆𝐷1)2 + (2𝐷1 ∗ ∆𝐷1)2

= √(2 ∗ 2,4 ∗ 10−2м ∗ 0,00085м)2 + (2 ∗ 2,4 ∗ 10−2м ∗ 0,00085м)2

= 0,0000577м.

∆𝐷22 = √(2𝐷2 ∗ ∆𝐷2)2 + (2𝐷2 ∗ ∆𝐷2)2

= √(2 ∗ 3,4 ∗ 10−2м ∗ 0,00085м)2 + (2 ∗ 3,4 ∗ 10−2м ∗ 0,00085м)2

= 0,0000817м.

∆𝐷32 = √(2𝐷3 ∗ ∆𝐷3)2 + (2𝐷3 ∗ ∆𝐷3)2

= √(2 ∗ 4,3 ∗ 10−2м ∗ 0,00085м)2 + (2 ∗ 4,3 ∗ 10−2м ∗ 0,00085м)2

= 0,0001м.

∆𝐷42 = √(2𝐷4 ∗ ∆𝐷4)2 + (2𝐷4 ∗ ∆𝐷4)2

= √(2 ∗ 4,9 ∗ 10−2м ∗ 0,00085м)2 + (2 ∗ 4,9 ∗ 10−2м ∗ 0,00085м)2

= 0,00012м.

∆𝐷52 = √(2𝐷5 ∗ ∆𝐷5)2 + (2𝐷5 ∗ ∆𝐷5)2

= √(2 ∗ 5,5 ∗ 10−2м ∗ 0,00085м)2 + (2 ∗ 5,5 ∗ 10−2м ∗ 0,00085м)2

= 0,00013м.

∆𝐷62 = √(2𝐷6 ∗ ∆𝐷6)2 + (2𝐷6 ∗ ∆𝐷6)2

= √(2 ∗ 6,05 ∗ 10−2м ∗ 0,00085м)2 + (2 ∗ 6,05 ∗ 10−2м ∗ 0,00085м)2

= 0,000145м.

Далее применим формулу для погрешности разности величин, а затем полученный результат получим на три, учитывая исходную формулу для среднего значения разности квадратов 𝐷ср:

2

∆𝐷

= √(

𝜕𝐷ср ∗ ∆𝐷 2)

+ ⋯ + (

𝜕𝐷ср 2

∗ ∆𝐷 )

2

6

ср1

𝜕𝐷12

𝜕𝐷62

= √(−1 ∗ ∆𝐷 2)2 + ⋯ + (1 ∗ ∆𝐷 2)2 = 0,00027м.

1

∆𝐷ср1

1 6

0,00027м

∆𝐷ср = 3 =

= 0,00009м.

3

Найдем погрешность расстояния от плоскопараллельной пластины до экрана

𝐿:

∆𝐿 = √(

𝜕𝐿

2

∗ ∆𝑙) + (

𝜕𝐿

2

∗ ∆𝑙)

= √(1 ∗ ∆𝑙)2 + (−1 ∗ ∆𝑙)2

𝜕𝐿пластина 𝜕𝐿экрана

= √(0,0006м)2 + (0,0006м)2 = 0,000848528м.

∆𝐿2 = √(

𝜕𝐿2

𝜕𝐿

2

∗ ∆𝐿)

𝜕𝐿2

+ (

𝜕𝐿

2

∗ ∆𝐿)

= √2 ∗ (2𝐿 ∗ ∆𝐿)2 = 0,00192м.

*РАССЧИТАЕМ АБСОЛЮТНУЮ ПОГРЕШНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ВЫВЕДЯ ФОРМУЛУ:*

𝜕𝑛

2 𝜕𝑛

2 𝜕𝑛

2 𝜕𝑛 2

∆𝑛 = √(

∗ ∆𝑑) + (

∗ ∆𝐷ср) + (

∗ ∆𝜆) + ( 2 ∗ ∆𝐿2)

⎡

𝐷ср

( 2

𝜕𝑑

2

∗ ∆𝑑) + (

𝜕𝐷ср

𝑑

2

𝜕𝜆

2

∗ ∆𝐷ср) + ( 2

𝜕𝐿

−𝑑 ∗ 𝐷ср

2

2

∗ ∆𝜆) +

𝐿 ∗ 𝜆 ∗ 3 ∗ 16

=

𝐿 ∗ 𝜆 ∗ 3 ∗ 16

𝐿 ∗ 𝜆

2

∗ 3 ∗ 16

−𝑑 ∗ 𝐷ср

√ + (𝐿4 ∗ 𝜆 ∗ 3 ∗ 16

∗ ∆𝐿2)

∆𝑛 = 0,0747.

Относительная погрешность показателя преломления:

0,0747

𝜀𝑛 = 1,51979 ∗ 100% = 4,9%

* 1. Рассчитаем порядок интерференции 𝑚 в центре картины по формуле:

𝑚 =

2 ∗ 𝑑 ∗ 𝑛

=

𝜆

2 ∗ 16,1 ∗ 10−3м ∗ 1,51979

632,82 ∗ 10−9м

= 77332.

* 1. Выведем формулу погрешности для ∆𝑚 и рассчитаем ее.

∆𝑚 = √(

𝜕𝑚

𝜕𝑑

2

∗ ∆𝑑)

+ + (

𝜕𝑚

𝜕𝜆

2

∗ ∆𝜆)

𝜕𝑚

+ (

𝜕𝑛

2

∗ ∆𝑛)

= √ 2 ∗ 𝑛

(

𝜆

= 3801.

2

∗ ∆𝑑)

+ + (

−2 ∗ 𝑑 ∗ 𝑛

𝜆2

2

∗ ∆𝜆)

2 ∗ 𝑑

+ (

𝜆

2

∗ ∆𝑛)

Относительная погрешность показателя преломления:

3801

𝜀𝑚 = 77332 ∗ 100% = 4,9%

1. ***Итоговые результаты:***

# Доверительный интервал для показателя преломления:

𝑛 = (1,519 ± 0,075) для доверительной вероятности 𝛼 = 0,95,

𝜀𝑛 = 4,9%.

# Доверительный интервал для порядка интерференции 𝒎 в центре картины:

𝑚 = (77332 ± 3801) для доверительной вероятности 𝛼 = 0,95,

𝜀𝑚 = 4,9%.

## ВЫВОД:

В результате данной лабораторной работы мы определили показатель преломления стеклянной пластины с помощью интерференционной картины полос равного наклона и рассчитали порядок интерференции для центра картины, получив следующий результат:

𝑛 = (1,519 ± 0,075) – доверительный интервал для показателя преломления и 𝑚 = (77332 ± 3801) - доверительный интервал для порядка интерференции 𝑚 в центре картины.

Однако на результат расчета искомой величины повлияли личные и инструментальные погрешности, а также погрешности метода измерения.