

Группа ФИЗ-3 Э БИТ 1.3.1 **К работе допущен** _____

Студенты Бардышев Артём
Суханкулиев Мухаммет
Шегай Станислав

Работа выполнена _____

Преподаватель Бочкарев М. Э. **Отчет принят** _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №4.05

Изучение интерферометра Майкельсона

1. Цель работы.

Изучение работы интерферометра Майкельсона и определение по интерференционной картине длины волны и ширины спектральной линии источника света.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

1. Юстировка интерферометра;
2. Экспериментальное определение ширины пропускания фильтра;
3. Определение длины волны ртутной лампы в зеленой области спектра.

3. Объект исследования.

Световые волны, испущенные из ртутной лампы.

4. Метод экспериментального исследования.

Интерференционный метод.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

1. Смещение зеркала:

$$D = |d_1 - d_2|$$

2. Длина волны света:

$$\lambda = \frac{2D}{n}$$

- ### 3. Длина когерентности:

$$L_{coh} = 2 \cdot \overline{D_{coh}},$$

где $\overline{D_{coh}}$ – среднее смещения зеркала от положения, при котором разность хода равна нулю, до положения, при котором интерференционные кольца полностью исчезают.

- #### 4. Время когерентности:

$$\tau_{coh} = \frac{L_{coh}}{c}, \quad c \approx 299792458 \frac{\text{M}}{\text{s}}$$

5. Ширина линии спектра $\Delta\lambda$:

$$\Delta\lambda \leq \frac{\lambda^2}{\Delta}, \quad \Delta = L_{coh}$$

Длина световой волны, прошедшей через зеленый фильтр:

$$\lambda = 525 \text{ нм}$$

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Линейка	Измерительный инструмент	50 – 590 мм	± 2 мм
2	Микрометр	Винтовой	6 – 7.2 мм	± 0.001 мм

7. Схема установки.

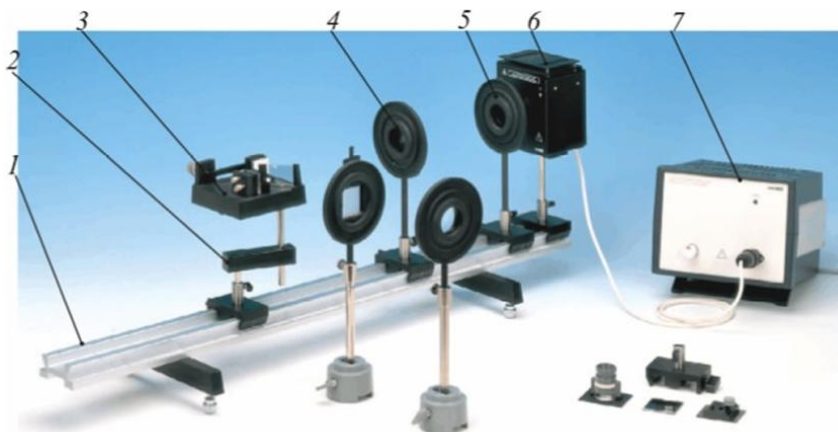


Рисунок 1 – Общий вид лабораторной установки

1 – Оптическая скамья, 2 – поворотный держатель, 3 – интерферометр Майкельсона, 4 – Линза с фокусным расстоянием 20 см и зеленый фильтр (525 нм), установленный на том же держателе, 5 – ирисовая диафрагма, 6 – источник света (ртутная лампа), 7 – источник питания, 8 – экран.



Рисунок 2 – Взаимное расположение оптической скамьи и экрана в лабораторной установке

8. Результаты прямых измерений и их обработки.

По формулам (1,2) вычислим длину волны света λ_N для каждого измерения.

№	d_1 , мкм	d_2 , мкм	D , мкм	n , шт	λ_N , мкм	λ , мкм	$\Delta\lambda_{\text{разб}}$, мкм
1	720	716	4	10	0,8000	0,6291	0,2803
2	660	654	6	12	1,0000		
3	626	623	3	11	0,5455		
4	600	602	2	15	0,2667		
5	700	704	4	15	0,5333		

После, вычислим среднее значение длины волны λ (среднее).

Погрешность разброса вычислим через стандартное отклонение (позже вычислим с помощью относительной погрешности, чтобы учесть $\Delta d = \pm 0.001$ мм):

$$\Delta\lambda_{\text{разб}} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\lambda_i - \bar{\lambda})^2} \approx \mathbf{0.2803 \text{ мкм}}$$

Далее, замеряем положение зеркала, при котором разность хода равна нулю. Поворачивая микрометрический винт в обе стороны от этого положения, определим положение зеркала, при котором интерференционные кольца полностью исчезают:

$$D_{coh} = 660 \text{ мкм}, D_{coh^+} = 818 \text{ мкм}, D_{coh^-} = 500 \text{ мкм}$$

Возьмем среднее от разности между D_{coh} и D_{coh^+}, D_{coh^-} :

$$\overline{D_{coh}} = \frac{(D_{coh} - D_{coh^-}) + (D_{coh^+} - D_{coh})}{2} \approx 159 \text{ мкм}$$

Тогда, по формуле (3):

$$L_{coh} = 2 \cdot 159 \text{ мкм} = \mathbf{318 \text{ мкм}}$$

Время когерентности (4):

$$\tau_{coh} \approx \frac{318 \text{ мкм}}{2.9979 \cdot 10^{14} \frac{\text{мкм}}{\text{с}}} \approx 1.0607 \cdot 10^{-12} \text{ с} \approx \mathbf{1.0607 \text{ пс}}$$

Оценка значения ширины линии спектра (5):

$$\Delta\lambda \leq \frac{0,6291^2 \text{ мкм}^2}{318 \text{ мкм}} \approx 0.0012 \text{ мкм} \approx \mathbf{1.2445 \text{ нм}}$$

9. Расчет погрешностей измерений.

Погрешность расчета длины волны λ ($\Delta d = 0.001$ мм):

$$\Delta D = \sqrt{(\Delta d_1)^2 + (\Delta d_2)^2} \approx 0.0014 \text{ мм}$$

Погрешность длины волны оценивается по формуле для относительной погрешности:

$$\varepsilon(\lambda) = \varepsilon(\overline{D}) + \varepsilon(n)$$

Но n — это целое число, и мы считаем его без ошибки:

$$\varepsilon(\lambda) = \varepsilon(\overline{D}) = \frac{\Delta D}{D} \approx 0.3722$$

$$\Delta\lambda = \lambda \cdot \varepsilon(\lambda) \approx 0.2342 \text{ мкм}$$

Погрешность определения D_{coh} аналогична, поскольку измерения производятся тем же микрометром, значит $\Delta D_{coh} \approx 0.0014 \text{ мм}$:

$$\Delta L_{coh} = 2 \cdot \Delta D_{coh} \approx 0.0028 \text{ мм}$$

$$\varepsilon(L_{coh}) = \frac{\Delta L_{coh}}{L_{coh}} \approx 0.0088$$

Погрешность времени когерентности определяется только через погрешность L_{coh} :

$$\varepsilon(\tau_{coh}) = \varepsilon(L_{coh}) \approx 0.0088$$

$$\Delta\tau_{coh} = \varepsilon(\tau_{coh}) \cdot \tau_{coh} \approx 0.0093 \text{ пс}$$

Погрешность ширины линии спектра (*здесь обозначим как $\delta\lambda$*) связана с λ и L_{coh} :

$$\varepsilon(\delta\lambda) = 2\varepsilon(\Delta\lambda) + \varepsilon(L_{coh}) \approx 0.7532$$

$$\Delta\delta\lambda = \delta\lambda \cdot \varepsilon(\delta\lambda) \approx 0.9373 \text{ нм}$$

10. Окончательные результаты.

Длина волны зеленой линии ртути с погрешностью:

$$\lambda \approx 629.1 \pm 234.2 \text{ нм}, \quad \varepsilon_{\lambda} \approx 37.22\%$$

Табличное значение: $\lambda = 546 \text{ нм}$.

Длина когерентности:

$$L_{coh} \approx 318 \pm 3 \text{ мкм}, \quad \varepsilon_{L_{coh}} \approx 0.88\%$$

Время когерентности:

$$\tau_{coh} \approx 1.06 \pm 0.01 \text{ пс}, \quad \varepsilon_{\tau_{coh}} \approx 0.88\%$$

Ширина линии спектра:

$$\Delta\lambda \approx 1.2445 \pm 0.9373 \text{ нм}, \quad \varepsilon_{\Delta\lambda} \approx 75.32\%$$

11. Выводы и анализ результатов работы.

В ходе выполнения лабораторной работы была исследована работа интерферометра Майкельсона, что позволило экспериментально определить длину волны света и ширину спектральной линии источника. Полученные значения длины волны и ширины спектра в целом соответствуют реальности, но имеют значительные погрешности – это связано с погрешностями измерений и методическими особенностями работы интерферометра.