

Группа М3205

К работе допущен _____

Студент Степанюк Аврора, Тросько
Виктория

Работа выполнена _____

Преподаватель Шоев В.И.

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №4.03

Определение радиуса кривизны линзы по интерференционной картине колец Ньютона

1. Цель работы.

1. Изучение интерференционной картины Колец Ньютона

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

1. Определение радиуса кривизны плоско-выпуклой линзы с помощью интерференционной картины колец Ньютона.

2. Оценка спектральной полосы пропуска оптических фильтров.

3. Объект исследования.

Интерференционная картина колец Ньютона, радиус кривизны плоско-выпуклой линзы, пропускная способность линзы.

4. Метод экспериментального исследования.

Лабораторный эксперимент.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Исходные данные:

$\lambda_1 = 546 \text{ нм}, \lambda_2 = 578 \text{ нм}, \lambda_3 = 435 \text{ нм}$

Рабочие формулы:

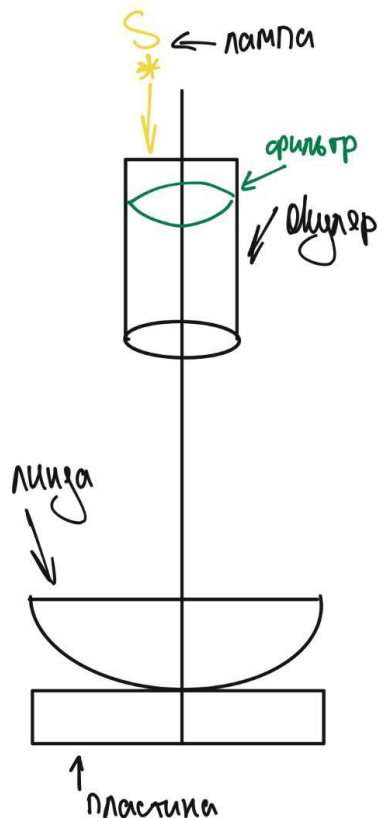
$R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda}$ – формула радиуса кривизны линзы. r_m, r_n – радиусы двух темных колец с различными порядками интерференции m, n .

$\Delta\lambda = \frac{2\lambda^2 R}{2r_{disappear}^2 + R\lambda}$ – формула пропускной способности линзы. λ – длина волны, $r_{disappear}$ – радиус, при котором видность интерференционной картины равна 0, R – радиус линзы.

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Микроскоп МБС-10	10x – 100x	$\pm 1 \text{ мкм}$
2	Камера	5МП	$\pm 1 \text{ мкм}$

7. Схема установки



8. Результаты прямых измерений и их обработки.

Таблица 1:

λ , нм	N пары	R , мм	$R_{\text{сред}}$, мм
546	1	1139,495	1141,272
	2	1143,049	
578	1	1048,419	1044,682
	2	1040,946	
435	1	1255,172	1160,458
	2	1065,744	

1. Расчет радиуса кривизны линзы.

$$R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda}$$

$$R_1 = \frac{r_2^2 - r_1^2}{(2-1)\lambda} = \frac{1,258^2 - 0,98^2}{546 \times 10^{-6}} = 1139,495 \text{ мм}$$

$$R_{\text{сред}} = 1141,272 \text{ мм}$$

2. Расчет среднего значения радиуса, при котором видность интерференционной картины равна 0.

$$r_{\text{disappear}} = \frac{3,9+3,9+3,88+3,92+4+4,1+4,07}{7} = 3,967 \text{ мм}$$

Найдем доверительный интервал:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = 0,089 \text{ мм}$$

При уровне доверия $\alpha = 0,95$ и 6 степенях свободы, $t_{\text{крит}} = 2,447$.

$$SE = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$SE = 0,033 \text{ мм}$$

$$O: [r_{\text{disappear}} - t \times SE; r_{\text{disappear}} + t \times SE]$$

$O: [3,886\text{мм}; 4,048\text{мм}]$

9. Расчет результатов косвенных измерений.

Таблица 2:

λ , нм	$\Delta\lambda$, нм
546	21,195
578	21,175
435	13,728

1. Расчет ширины полосы пропускания.

$$\Delta\lambda = \frac{2\lambda^2 R}{2r_{\text{disappear}}^2 + R\lambda}$$

$$\Delta\lambda = \frac{2 \times (546 \times 10^{-9})^2 \times 1,141}{2 \times 0,003967^2 + 1,141 \times 546 \times 10^{-9}} = 21,195 \text{ нм}$$

10. Расчет погрешностей измерений.

λ , нм	Δ_R , мм	$\Delta_{\Delta\lambda}$, нм
546	5,841	0,11
578	5,518	0,11
435	7,332	0,09

1. Погрешность радиуса кривизны линзы.

$$\Delta_R = \sqrt{\left(\frac{\Delta_R}{\Delta_{r_m}} \Delta_{r_m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_R}{\Delta_{r_n}} \Delta_{r_n}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_R}{\Delta_\lambda} \Delta_\lambda\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2r_m}{(m-n)\lambda} \Delta_{r_m}\right)^2 + \left(\frac{-2r_n}{(m-n)\lambda} \Delta_{r_n}\right)^2 + \left(\frac{-(r_m^2 - r_n^2)}{(m-n)\lambda^2} \Delta_\lambda\right)^2}$$

$$\Delta_R = \sqrt{\left(\frac{2 \times 1,258}{546 \times 10^{-6}} \times 0,001\right)^2 + \left(\frac{-2 \times 0,98}{546 \times 10^{-6}} \times 0,001\right)^2 + \left(\frac{-(1,258 - 0,98)^2}{(546 \times 10^{-6})^2} \times 0\right)^2} = 5,841 \text{ мм}$$

2. Погрешность ширины полосы пропускания.

$$\Delta_{\Delta\lambda} = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta\lambda}{\partial R} \Delta_R\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta\lambda}{\partial r_{\text{disappear}}} \Delta_{r_{\text{disappear}}}\right)^2} =$$

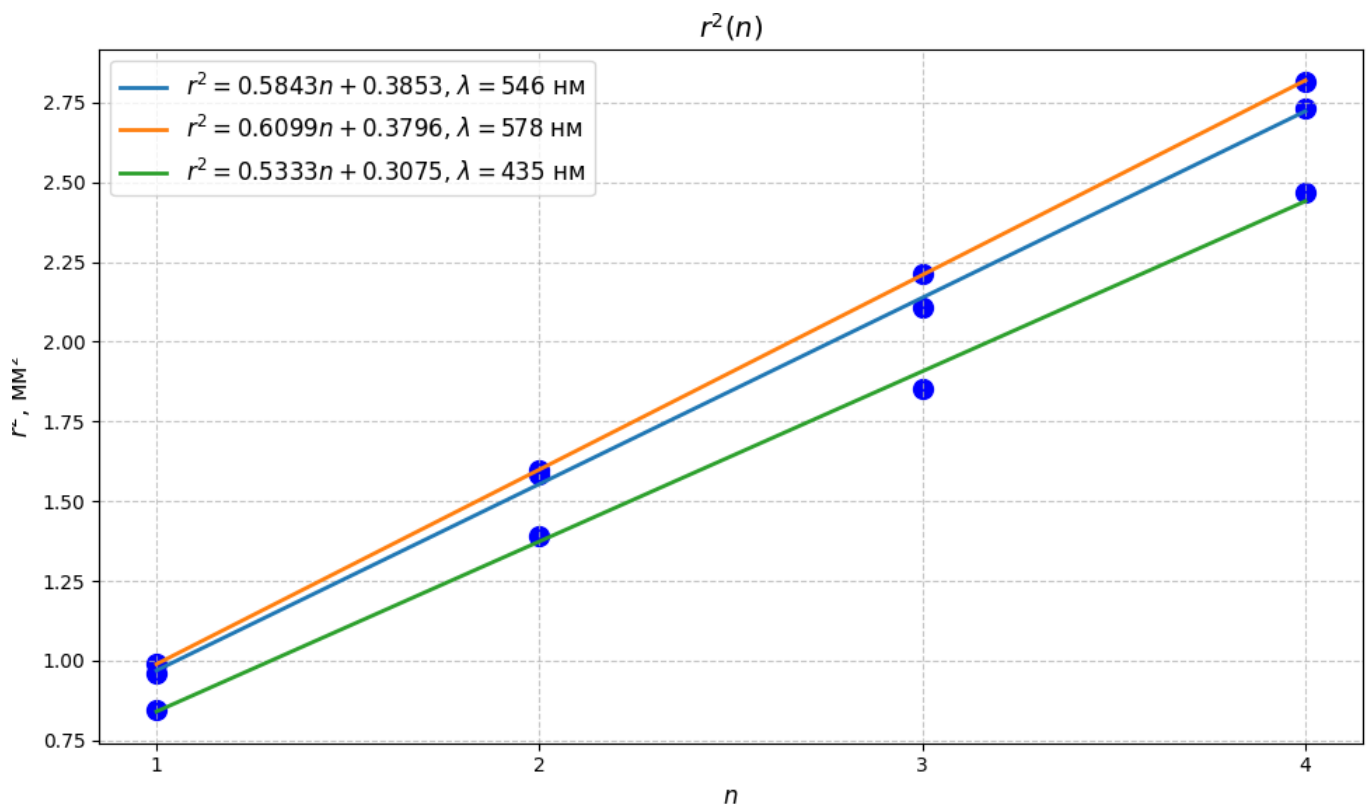
$$\sqrt{\left(\frac{2\lambda^2 \times 2r_{\text{disappear}}^2}{(2r_{\text{disappear}}^2 + R\lambda)^2} \Delta_R\right)^2 + \left(\frac{-4\lambda^2 R r_{\text{disappear}}}{(2r_{\text{disappear}}^2 + R\lambda)^2} \Delta_{r_{\text{disappear}}}\right)^2}$$

$$\Delta_{\Delta\lambda} = \sqrt{\left(\frac{2 \times (546 \times 10^{-9})^2 \times 2 \times 0,003967^2}{(2 \times 0,003967^2 + 1,141 \times 546 \times 10^{-9})^2} \times 5,841\right)^2 + \left(\frac{-4 \times (546 \times 10^{-9})^2 \times 1,141 \times 0,003967}{(2 \times 0,003967^2 + 1,141 \times 546 \times 10^{-9})^2} \times 0,001\right)^2} =$$

0,11 нм

11. Графики.

График 1: Зависимость $r^2(n)$ для каждой длины волны λ .



12. Окончательные результаты.

Радиус кривизны линзы:

$$R_{\text{сред}} = (1115,471 \pm 6,23) \text{ мм}$$

Ширина полосы пропускания:

$$\Delta\lambda_{\text{сред}} = (18,699 \pm 0,1) \text{ нм}$$

13. Выводы и анализ результатов работы.

В ходе работы изучена интерференционная картина колец Ньютона, возникающая в системе из плоско-выпуклой линзы и плоскопараллельной пластины. По измеренным радиусам тёмных колец для разных длин волн рассчитан радиус кривизны линзы: $R_{\text{сред}} = (1115,471 \pm 6,23) \text{ мм}$. Ширина полосы пропускания равна $\Delta\lambda_{\text{сред}} = (18,699 \pm 0,1) \text{ нм}$. Результаты подтверждают применимость метода колец Ньютона для определения геометрических параметров линзы. Погрешности измерений находятся в пределах ожидаемых, что свидетельствует о корректности проведённого эксперимента.

14. Замечания преподавателя (исправления, вызванные замечаниями преподавателя, также помещают в этот пункт).

1. Объединить R для каждой длины волны в $R_{\text{сред}}$.
2. Объединить $\Delta\lambda$ для каждой длины волны в $\Delta\lambda_{\text{сред}}$.
3. Объединить три графика в один.
4. Исправить схему микроскопа.