

Группа Р3114 К работе допущен _____
Студент Патутин Владимир Михайлович Работа выполнена _____
Преподаватель Крылов Василий Александрович Отчет принят _____

**Рабочий протокол и отчет по
лабораторной работе № 4.03**

Исследования «Кольца Ньютона»
Вариант № 16

1. Цель работы.

Изучение интерференционной системы Кольца Ньютона
Вычисление радиуса кривизны линзы

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

Проведение измерений интенсивности отраженного света
Расчет кривизны линзы и точности измерения
Теор. расчет радиуса кривизны ρ и т.п.; сравнение с экспериментальным.

3. Объект исследования.

Оптическое явление «Кольца Ньютона»

4. Метод экспериментального исследования.

Компьютерное моделирование систем.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$n_1 = 1,70 \quad \lambda_1 = 555$$

$$n_2 = 1,35 \quad \lambda_2 = 597$$

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	<u>Ось расстояния</u>	<u>шмер.</u>	<u>2 мм</u>	<u>0,1 мм</u>
2	<u>Преключатель длины волны</u>	<u>цифровой</u>	<u>382-778 нм</u>	<u>1 нм</u>
3				
4				

① Вычисление радиуса кривизны линзы и его погрешности.

а) для измерения 1 ($n_1 = 1,70$; $\lambda_1 = 555$)

$$\text{Радиус кривизны } R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda_1}$$

r_m, r_n - радиус светлых колец.

$$\begin{matrix} m = 23 \\ n = 5 \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} r_m = 2,44 \text{ мм} \\ r_n = 1,17 \text{ мм} \end{matrix}$$

$$R = \frac{(2,44 \cdot 10^{-3})^2 - (1,17 \cdot 10^{-3})^2}{(23-5) \cdot 555 \cdot 10^{-9}} = 0,78 \text{ м}$$

$$\Delta R = \sqrt{\left(\frac{\partial}{\partial r_m} \Delta r_m\right)^2 + \left(\frac{\partial}{\partial r_n} \Delta r_n\right)^2 + \left(\frac{\partial}{\partial \lambda} \Delta \lambda\right)^2} = 0,07 \text{ м}$$

$$R_1 = (0,78 \pm 0,07) \text{ м} \quad \epsilon_R = 8\%$$

б) Аналогично для измерения 2 ($n_2 = 1,35$; $\lambda_1 = 555$)

$$R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda_1} = 0,81 \text{ м}$$

$$\begin{matrix} m = 23 \\ n = 2 \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} r_m = 2,51 \text{ мм} \\ r_n = 0,78 \text{ мм} \end{matrix}$$

ΔR - не изменяется

$$R_2 = (0,81 \pm 0,07) \text{ м} \quad \epsilon_R = 9\%$$

Результаты измерений равны в пределах погрешности:

$$R = (0,80 \pm 0,07) \text{ м} \quad \epsilon_R = 9\%$$

② Расчет видности V и Δ и $V_{\text{теор}}$:

Пример расчета для 1 пары значений для измерения 3:

$$r = \frac{r_{\min} + r_{\max}}{2} = \frac{0,6525 + 0,8}{2} = 0,7 \text{ мм}$$

$$(n_2 = 1,35; \lambda_1 = 555; \lambda_2 = 597)$$

$$\Delta_{\text{опт}} = \frac{r^2}{R} \cdot n = \frac{(0,7 \cdot 10^{-3})^2}{0,84} \cdot 1,35 = 786 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$V_{\text{эсп}} = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}} = \frac{0,9717 - 0,1306}{0,9717 + 0,1306} = 0,9734$$

Теоретическая видимость для бихроматического источника
(Взято из «Оптика» Гугинова Е.И. формула 5.19)

$$V_{\text{теор}}(\Delta_{\text{опт}}) = \left| \cos\left(\frac{\delta K \Delta_{\text{опт}}}{2}\right) \right|, \text{ где } \delta K = \left| \frac{\omega_2 - \omega_1}{c} \right| \Rightarrow \delta K = \left| 2\pi \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \right| =$$

$$= \left| 2 \cdot 3,14 \left(\frac{1}{555} - \frac{1}{597} \right) \right| = 7,964 \cdot 10^5 \frac{1}{\text{м}}$$

$$V_{\text{теор}} = \left| \cos\left(\frac{\delta K \cdot \Delta_{\text{опт}}}{2}\right) \right| = \left| \cos\left(\frac{7,964 \cdot 10^5 \cdot 786 \cdot 10^{-9}}{2}\right) \right| = 0,9464$$

③ Вывод:

$$R = (0,80 \pm 0,07) \text{ м} \quad \varepsilon_R = 9\%$$

В ходе данной лабораторной работы мною были выполнены прямые однократные измерения интенсивности "колец Ньютона" в отраженном свете для двух показателей преломления, а так же для бихроматического и полихроматического источников света, косвенные измерения радиуса кривизны линзы и видимости (экспериментальной и теоретической).

В результате обработки измерений я выяснил, что квадрат радиуса кольца Ньютона линейно зависит от его номера, а также нашел теоретическую зависимость видимости от оптической разности хода для бихроматического излучения.

Скрин удачной попытки вводного тестирования:

Владимир Патутин

Университет ИТМО

Оптика

Глобус

ВКонтакте

Facebook

Instagram

Главная

Мои курсы

Этот курс

Мои курсы > Физика для технических факультетов > Лабораторный практикум > Оптика > 4.03V Кольца Ньютона (виртуальная работа) > Тест по работе 4.03V

Тест по работе 4.03V

1. Прохождение данного теста является необходимым условием для проведения измерений
2. Проходная оценка: 7 баллов (70%)

Разрешено попыток: 7

Ограничение по времени: 1 ч.

Метод оценивания: Высшая оценка

Результаты ваших предыдущих попыток

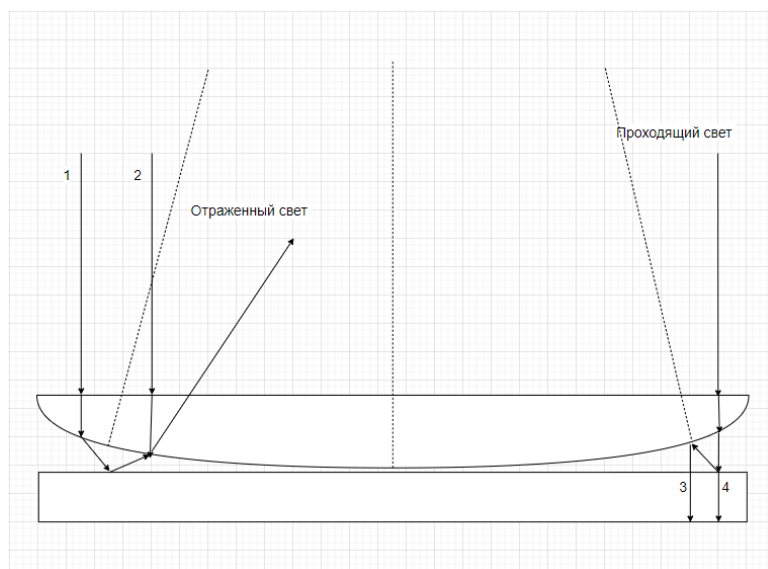
Попытка	Состояние	Оценка / 10,00	Просмотр
1	Завершённые Отправлено Пятница, 15 Май 2020, 12:02	5,00	Не разрешается
2	Завершённые Отправлено Среда, 27 Май 2020, 15:40	2,83	Не разрешается
3	Завершённые Отправлено Среда, 27 Май 2020, 18:18	8,00	Не разрешается

Высшая оценка: 8,00 / 10,00.

Пройти тест заново

Ответы на контрольные вопросы:

1. Показать ход лучей через данную систему, дающих интерференционную картину колец в отраженном и проходящем свете. Сравнить выражения для оптической разности хода.



При наблюдении интерференционной картины в отраженном свете отражение от более оптически плотной среды приводит к потере полуволны, в отличие от случая с проходящим светом, где подобной потери не происходит. Таким образом, разности хода для темных и светлых колец на длину полуволны соответственно:

$$\Delta_{\text{отр}} = (2m+1) \cdot \lambda / 2$$

$$\Delta_{\text{отр}} = (2m+1) \cdot \lambda / 2$$

$$\Delta_{\text{пр}} = (2m+1) \cdot \lambda / 2$$

$$\Delta_{\text{пр}} = (2m+1) \cdot \lambda / 2$$

2. Как будут отличаться картины колец Ньютона в отраженном и в проходящем свете, полученные на данной интерференционной схеме?

В отраженном свете центр картины темный, в прошедшем – светлый. В прошедшем свете видность и контрастность ниже, поэтому наблюдать кольца предпочитают в отраженном.

3. Что понимают под временной когерентностью? Какие ограничения она накладывает на устройство интерференционной схемы?

Временная когерентность – это сохранение взаимности когерентности при медленном изменении разности фаз колебаний. Как результат, для получения четкой интерференционной картины интервал частот должен быть малым.

4. Почему выпуклая поверхность линзы, используемой в опыте, должна иметь большой радиус кривизны?

Чем больше радиус кривизны линзы – тем меньше зазор между поверхностью линзы и поверхностью плоскопараллельной пластинки, который должен быть соизмерим с длиной волны падающего света для того чтобы разность хода волн не была больше расстояния, при котором сохраняется интерференция с учетом разности фаз.

5. Что произойдет с картиной колец, если пространство между линзой и пластиной заполнить: а) водой; б) жидкостью с показателем преломления 1,67 (показатель преломления стекла, из которого изготовлены линза и пластина, - 1,52)?

а) водой

Радиусы колец уменьшатся, так как отражение происходит от более оптически плотной среды.

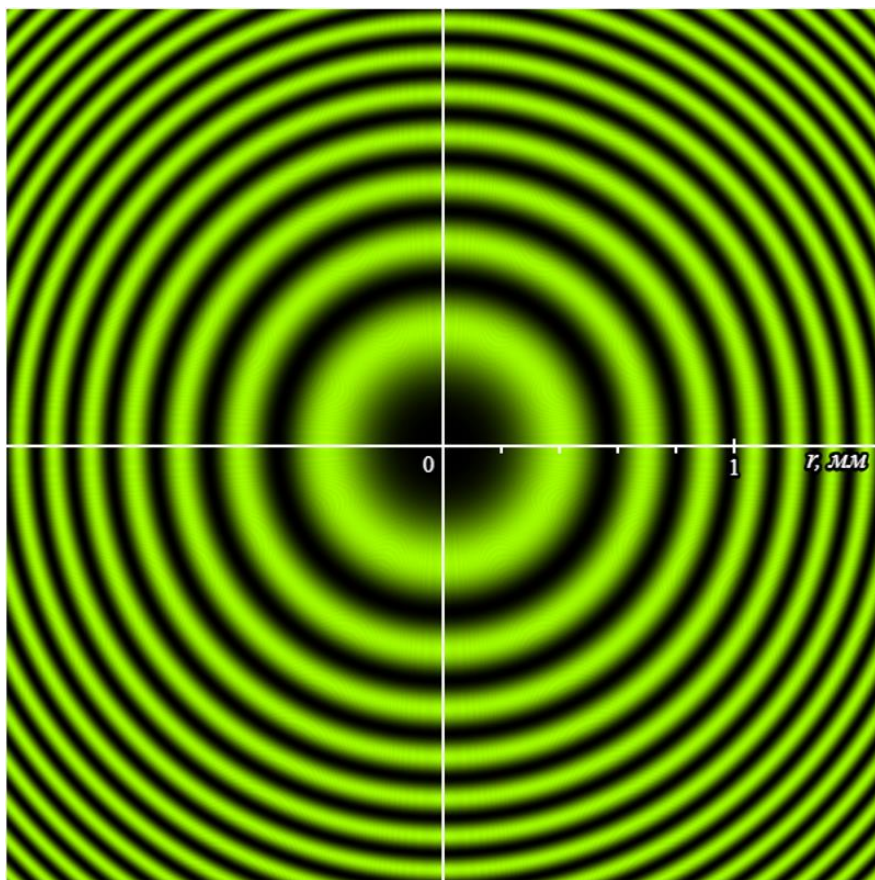
б) жидкостью с показателем преломления 1,67 (показатель преломления стекла, из которого изготовлены линза и пластина, - 1,52)?

6. Почему такую картину интерференции называют «полосами равной толщины»? Что в отличие от этого называют «полосами равного наклона»?

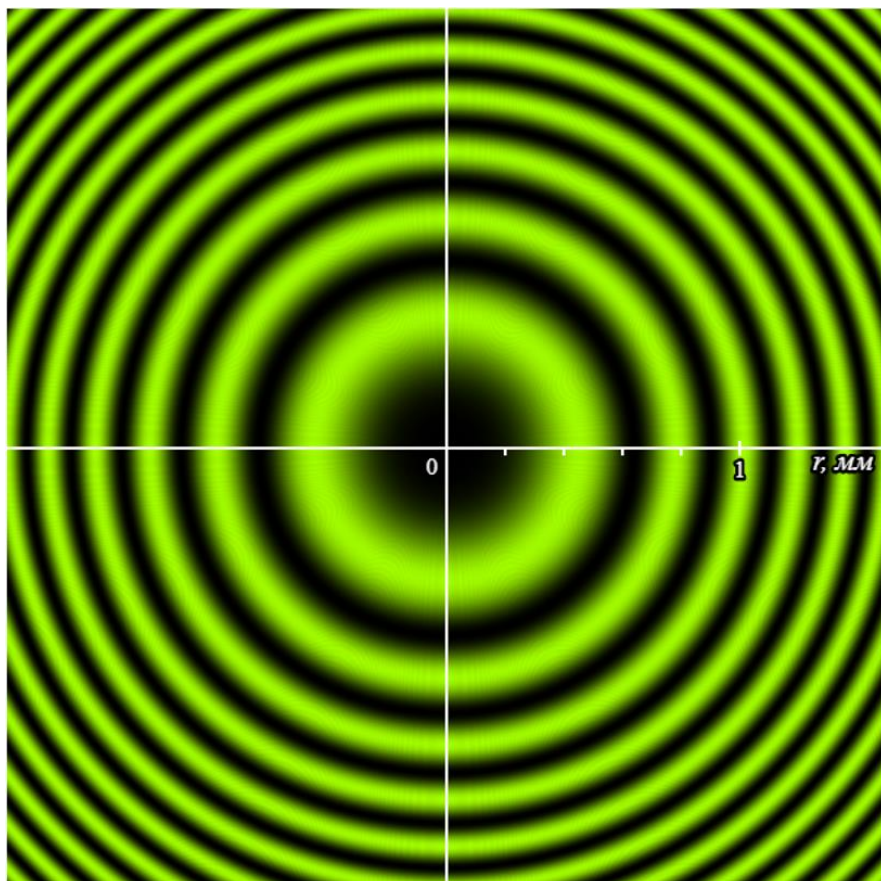
Интерференционная картина колец Ньютона состоит из колец равной толщины, т.к. постоянная по величине разность хода находится по окружностям (там, где неизменна толщина зазора между линзой и пластиной), а неизменна разность хода дает неизменную интерференцию. Если же мы уберем линзу, оставив только пластину, свет будет падать под одним и тем же углом, возникнет интерференция волн, отраженных от задней и передней границ плоскопараллельной пластины.

Измерения:

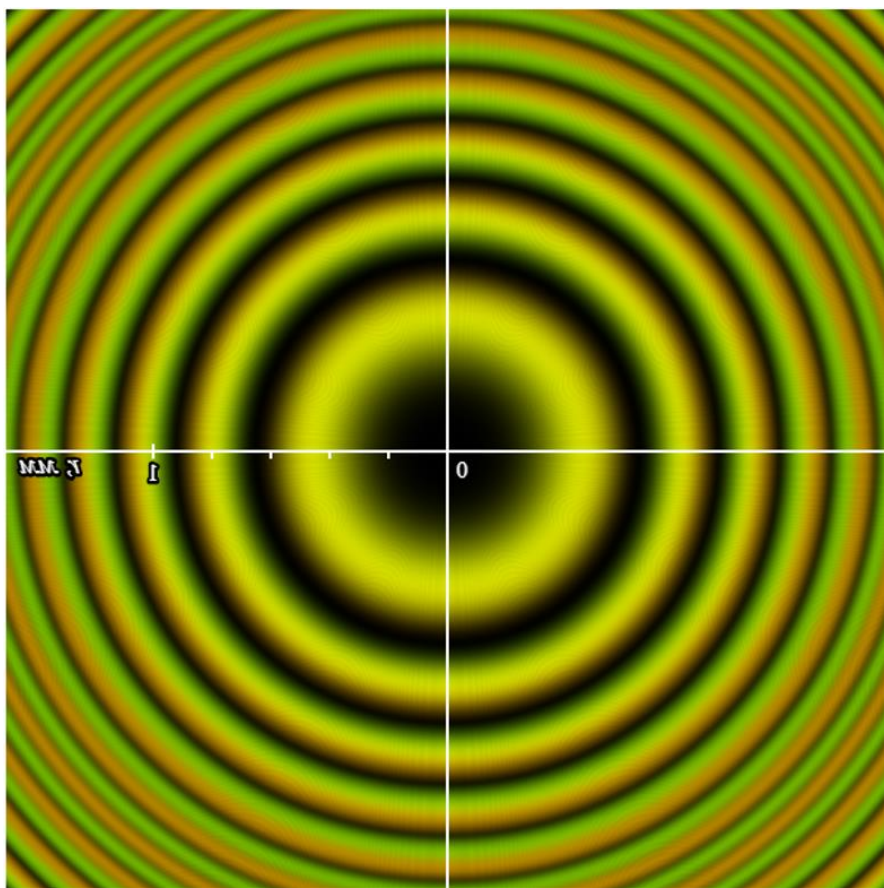
1. Длина волны $\lambda = 555$ нм. Показатель преломления – 1,70



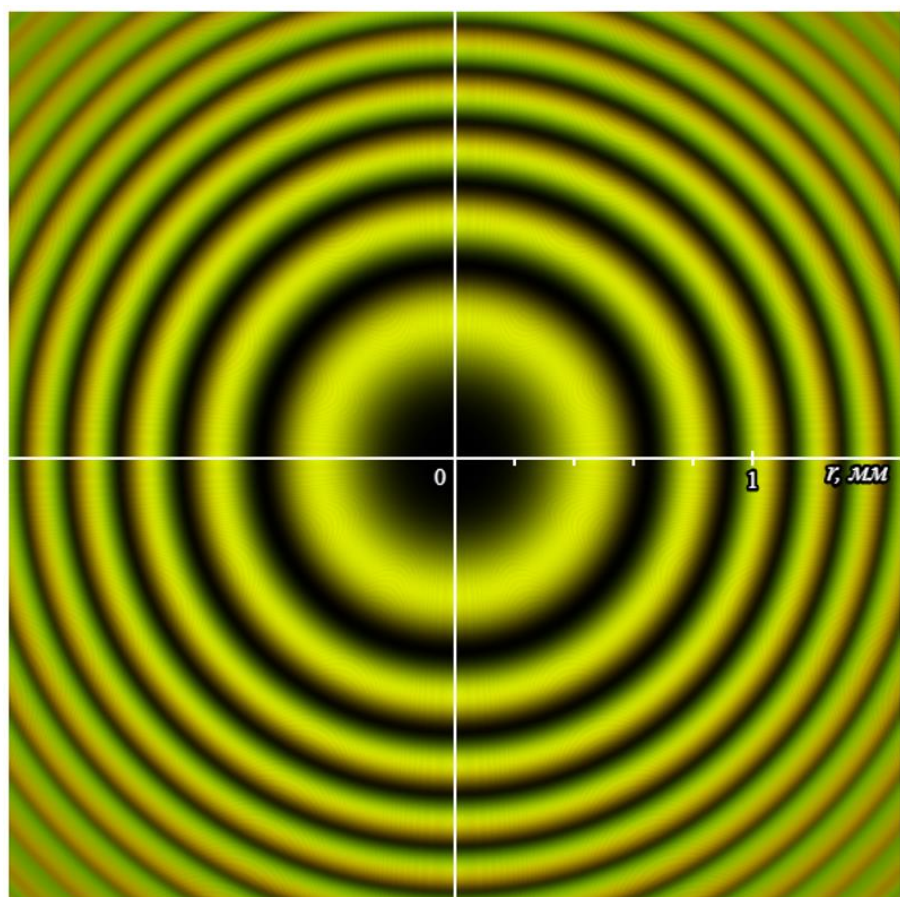
2. Длина волны $\lambda = 555$ нм. Показатель преломления – 1,35



3. Две длины волн: Длина волны 1: $\lambda_1 = 555$ нм, длина волны 2: $\lambda_2 = 597$ нм.
Показатель преломления – 1,35



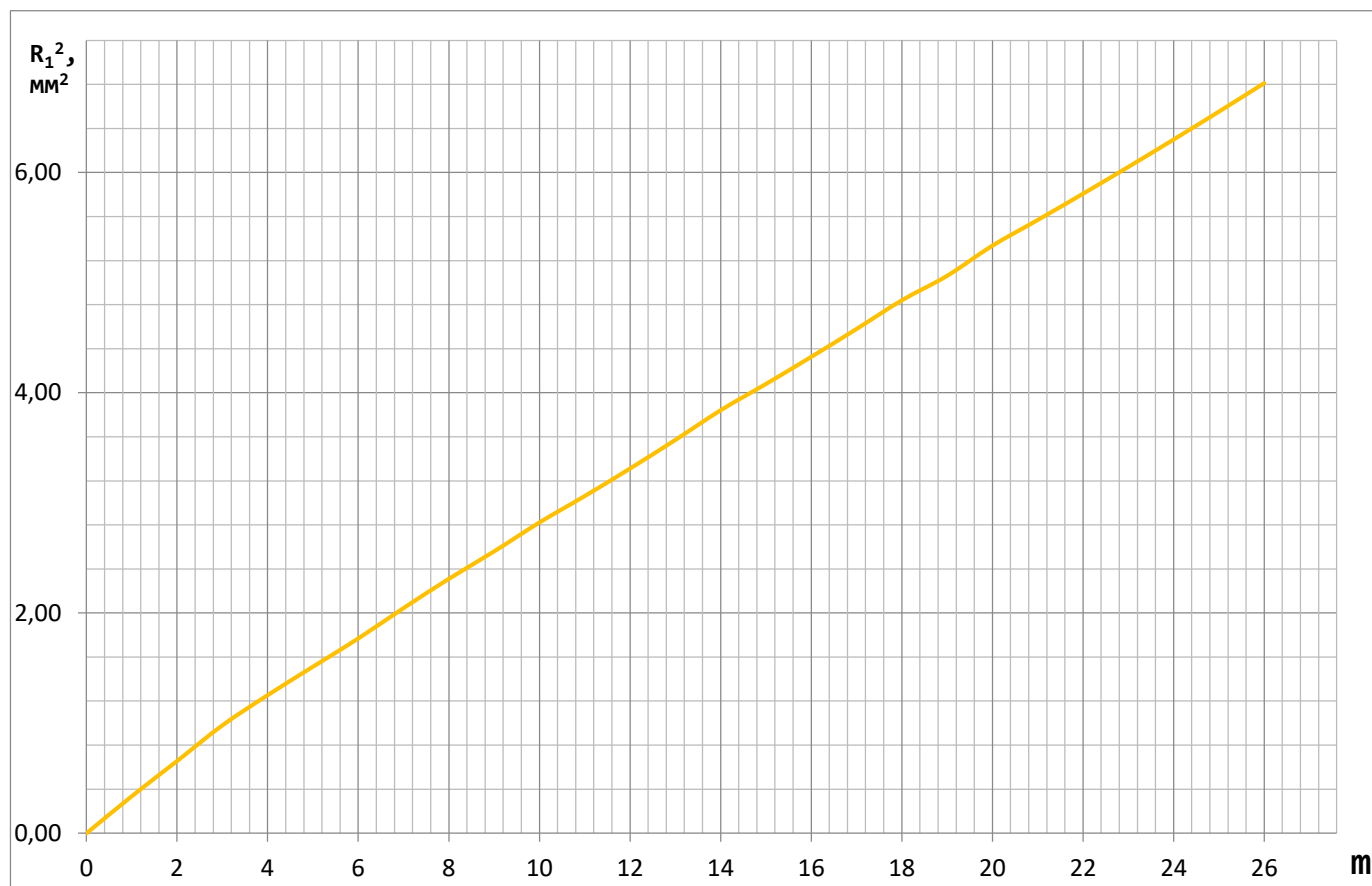
4. Две длины волн: Длина волны 1: $\lambda_1 = 555$ нм, длина волны 2: $\lambda_2 = 597$ нм.
Показатель преломления – 1,35



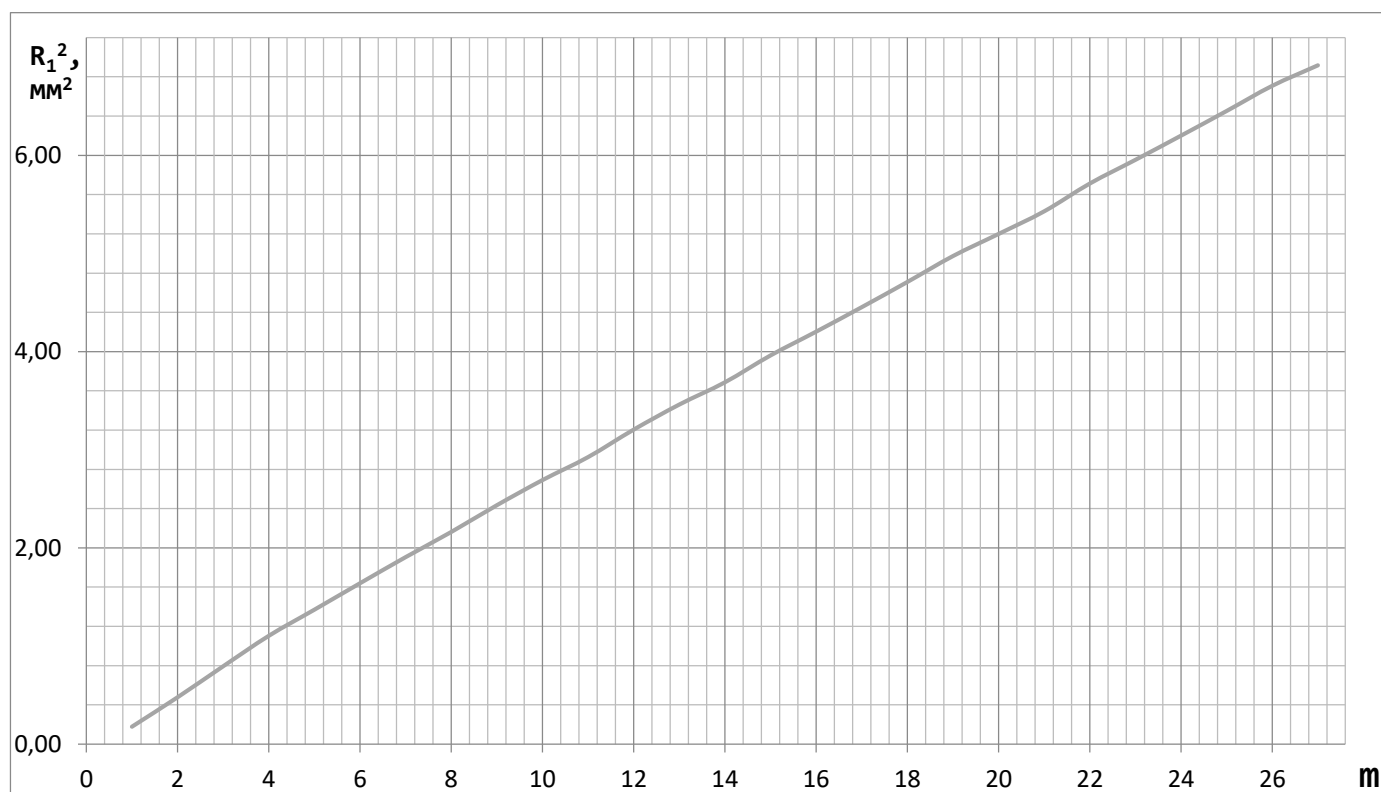
Графики зависимостей

1) Для первого измерения:

1. Для $R_{\min}^2(m)$:

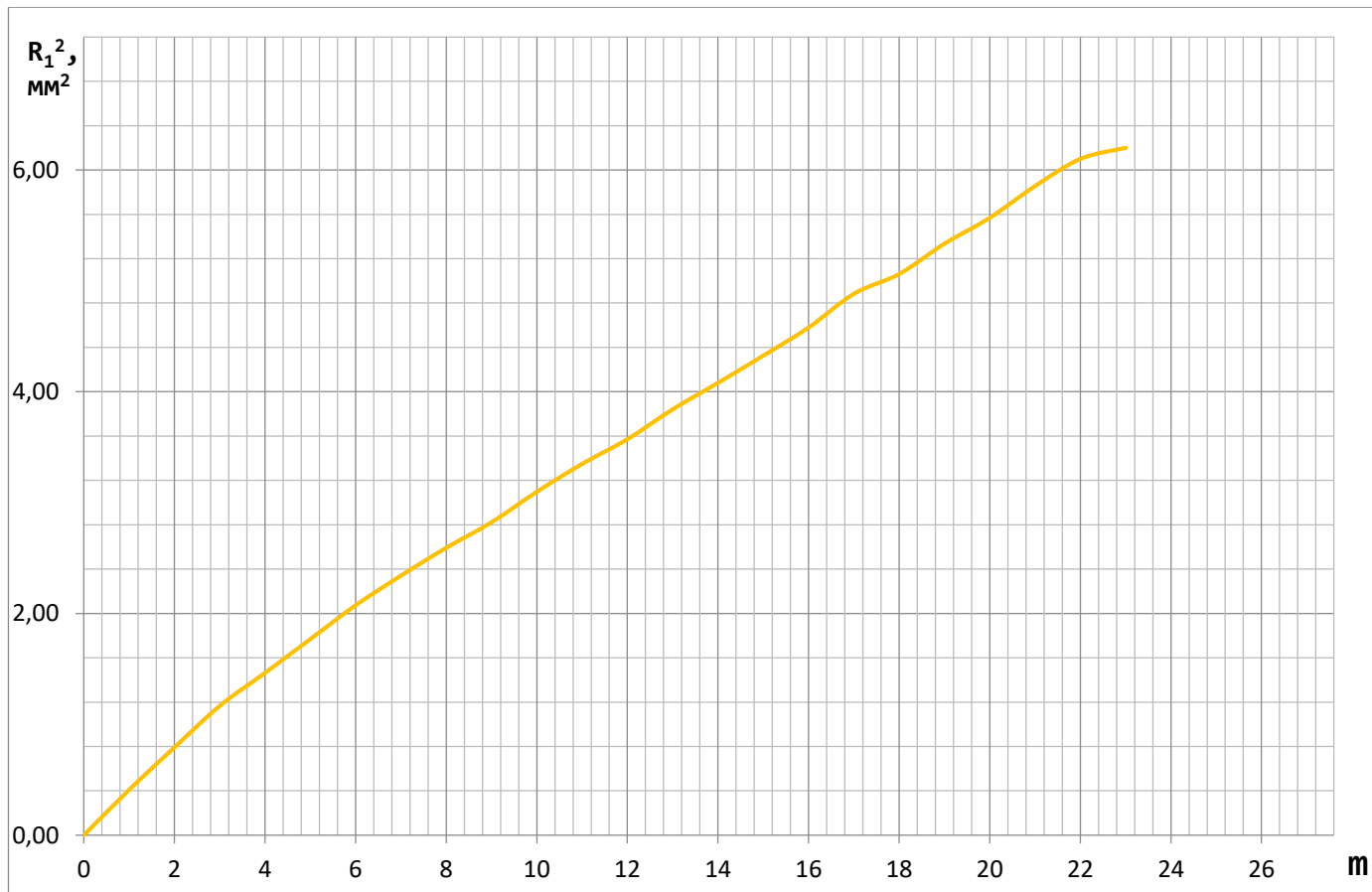


2. Для $R_{\max}^2(m)$:

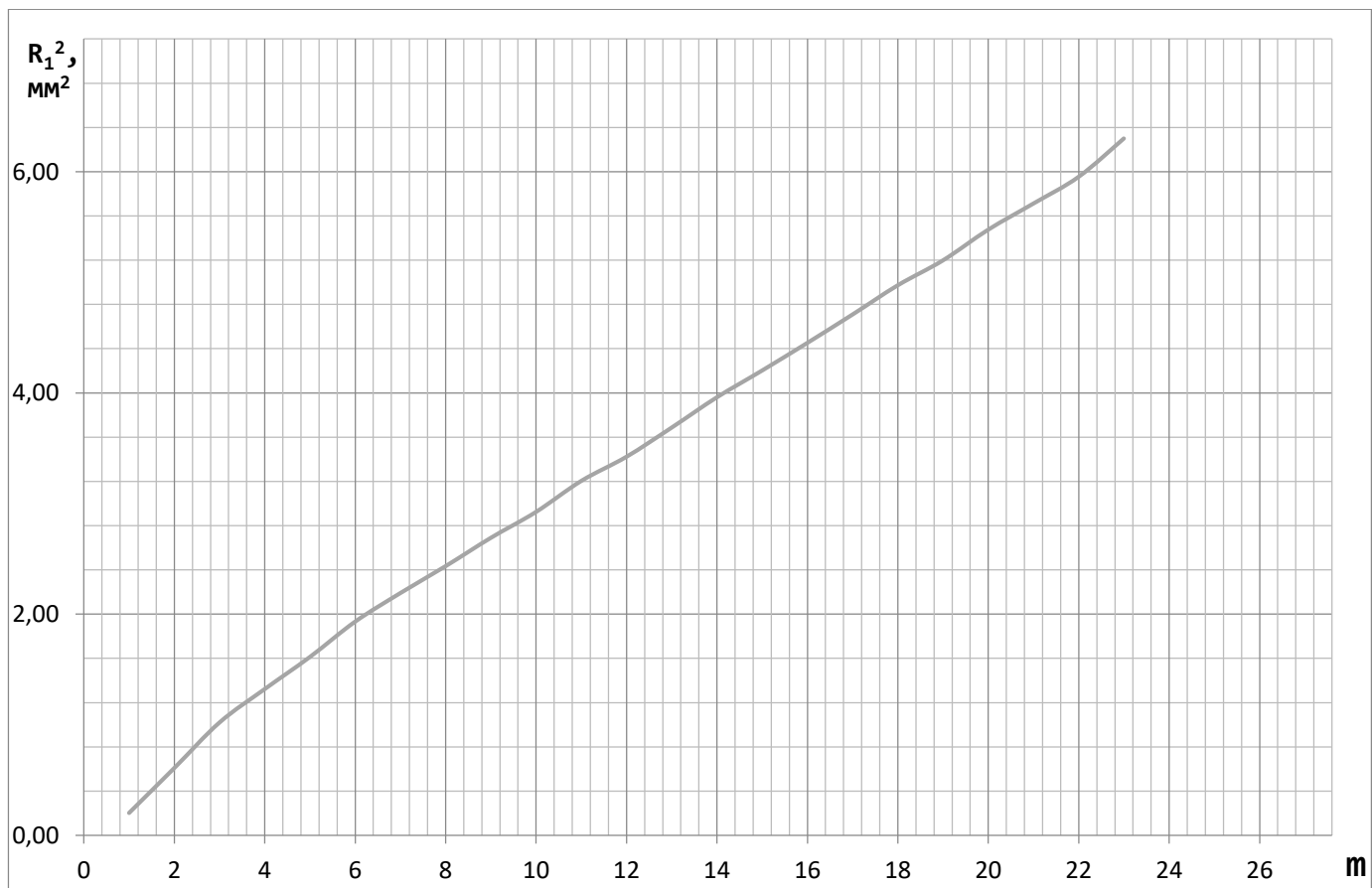


2) Для второго измерения:

1. Для $R_{\min}^2(m)$:

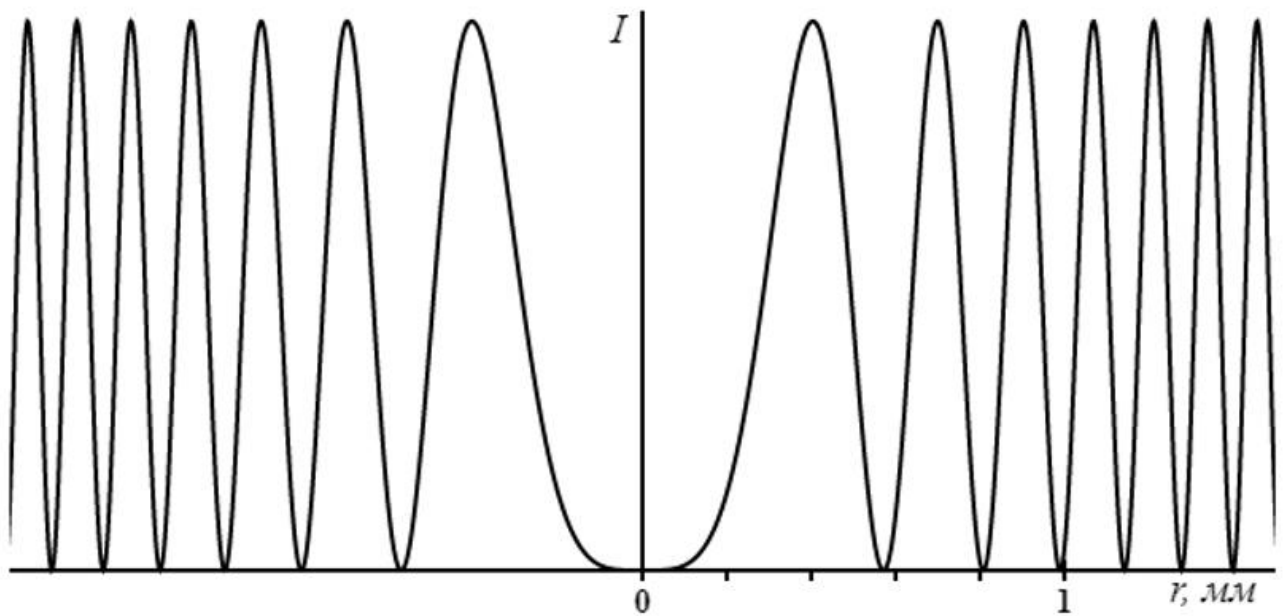


2. Для $R_{\max}^2(m)$:

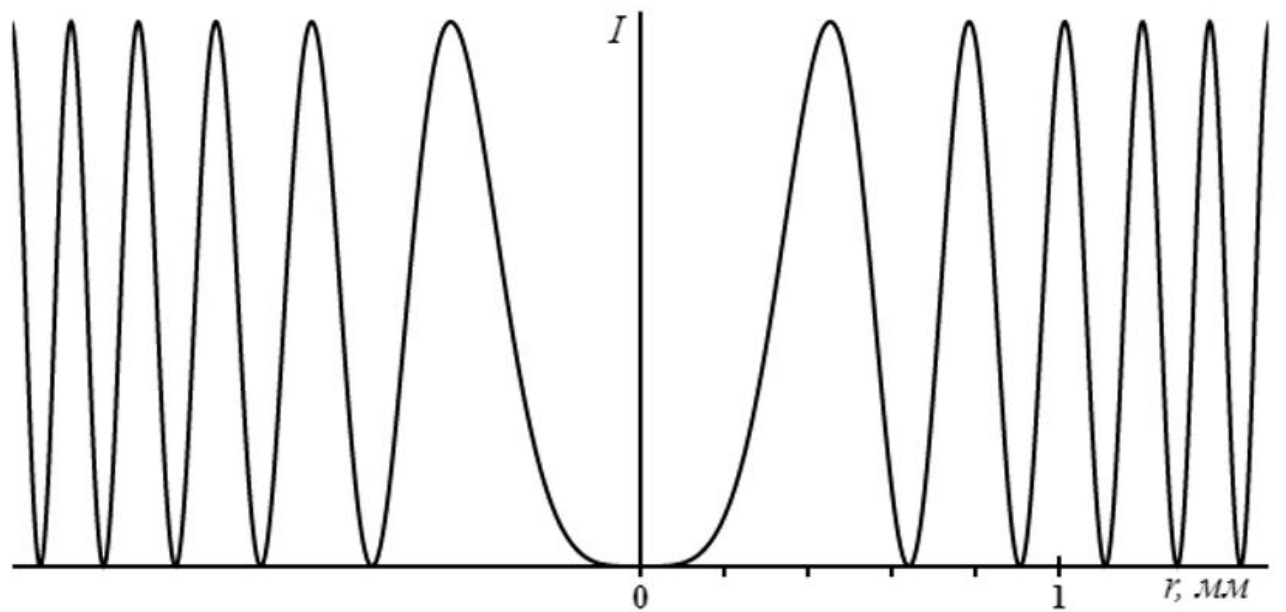


Графики зависимостей

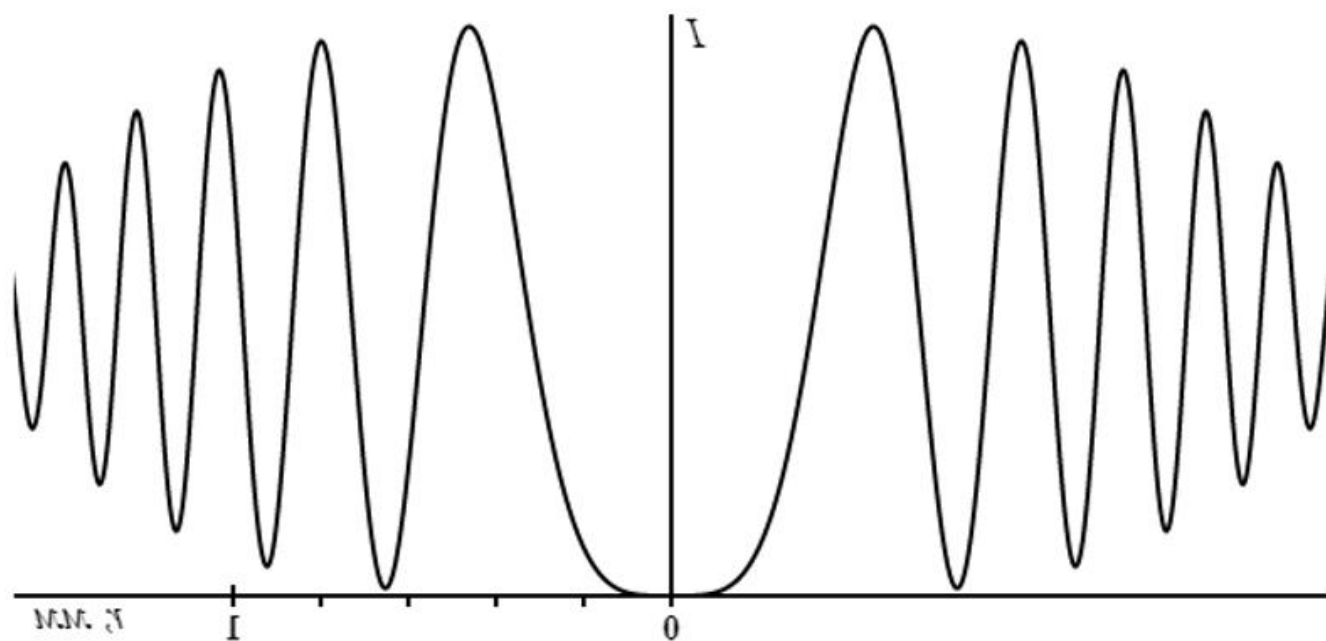
1. Зависимость интенсивности от координаты измерения 1



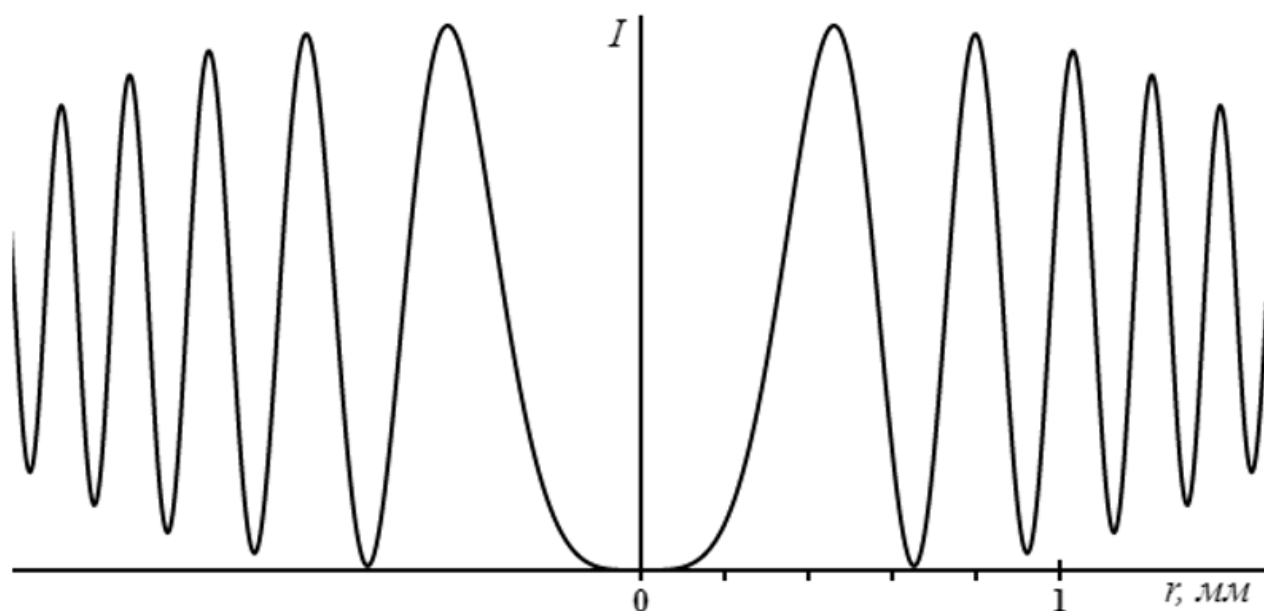
2. Зависимость интенсивности от координаты измерения 2



3. Зависимость интенсивности от координаты измерения 3

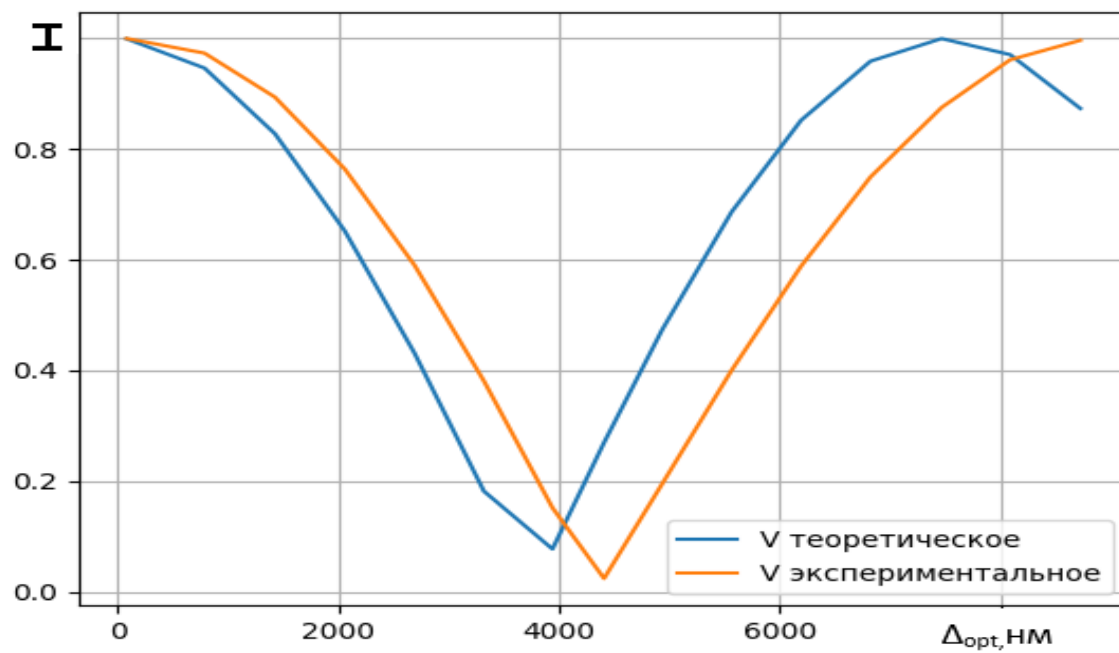


4. Зависимость интенсивности от координаты измерения 4



Графики зависимостей

1. Зависимость V от Δ для измерения 3



2. Зависимость V от Δ для измерения 4

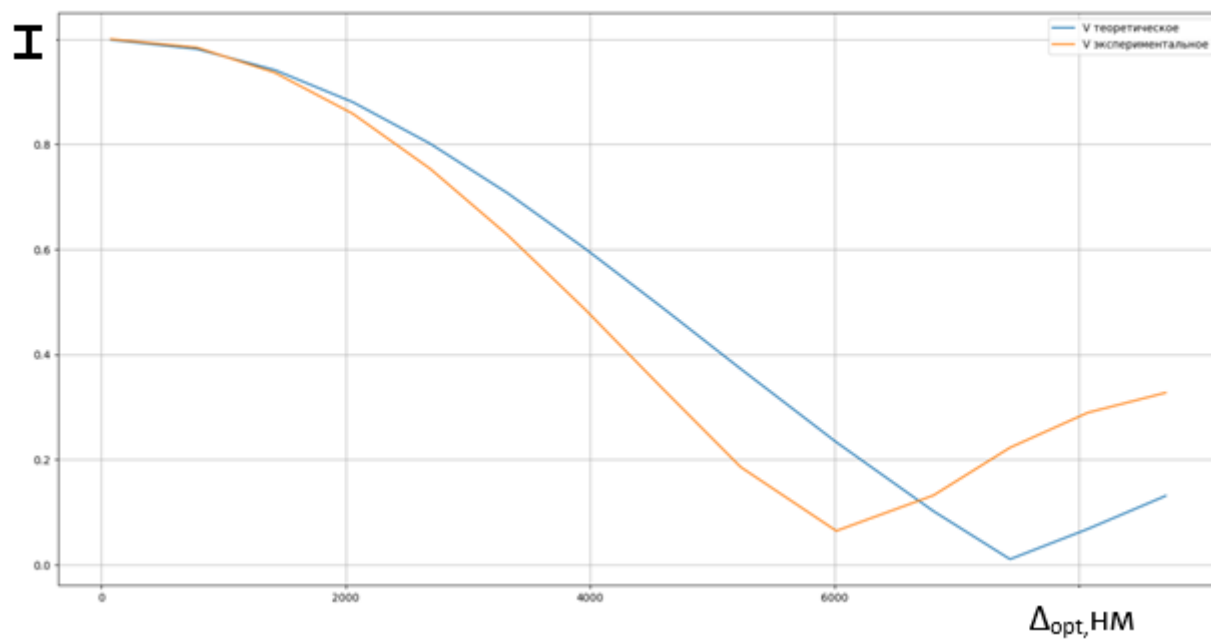


Схема установки

Наблюдение картины: ☐ В проходящем свете ☒ В отраженном свете

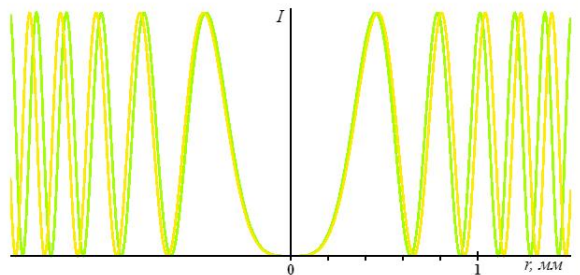
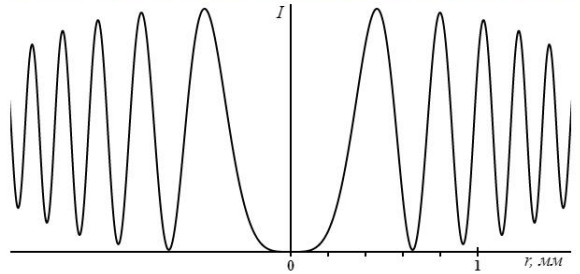
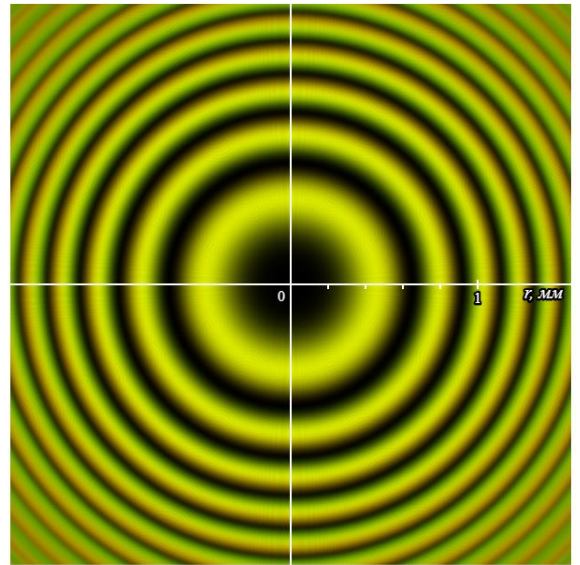
Тип излучения: ☐ Монохроматический источник ☐ Две длины волн ☒ Диапазон длин волн

Длина волны 1: 382нм 778нм

Длина волны 2: 555нм 778нм

Показатель преломления среды:

[Построить](#) [Сохранить результирующую интенсивность в CSV](#)



1. Таблица для расчета \min и \max для измерения 3

r , mm	r , mm	I , отн. ед.	I , отн. ед.	r , mm	Δ_{opt} , μm	$V_{\text{эксп}}$	$V_{\text{теор}}$
0	0.4625	0.99774	0	0.23125	79	1.0	0.99945
0.6525	0.8	0.97171	0.013061	0.72625	786	0.97347	0.94646
0.9225	1.0325	0.92108	0.051547	0.9775	1424	0.894	0.82787
1.13	1.22	0.84888	0.11346	1.175	2057	0.7642	0.65227
1.305	1.3825	0.75823	0.1956	1.3438	2691	0.58986	0.43086
1.4575	1.5275	0.65451	0.29332	1.4925	3319	0.38107	0.18181
1.595	1.6575	0.54492	0.40131	1.6262	3941	0.15177	0.077214
1.7025	1.7375	0.52302	0.49851	1.72	4409	0.023993	0.26963
1.7925	1.8475	0.63097	0.42502	1.82	4936	0.19503	0.47361
1.905	1.96	0.73693	0.31583	1.9325	5565	0.4	0.68633
2.0125	2.065	0.83085	0.21535	2.0388	6195	0.58832	0.85205
2.115	2.165	0.90743	0.12984	2.14	6825	0.74965	0.95897
2.215	2.2625	0.96193	0.063991	2.2388	7470	0.87525	0.99984
2.3075	2.3525	0.99282	0.019514	2.33	8091	0.96145	0.97086
2.3975	2.4425	1.0	0.0016837	2.42	8728	0.99664	0.87354

2. Таблица для расчета \min и \max для измерения 4

r , mm	r , mm	I , отн. ед.	I , отн. ед.	r , mm	Δ_{opt} , μm	$V_{\text{эксп}}$	$V_{\text{теор}}$
0	0.46	1.0	0	0.23	78	1.0	0.99869
0.6525	0.7975	0.98407	0.0079626	0.725	783	0.98395	0.98113
0.9225	1.03	0.95316	0.03143	0.97625	1420	0.93616	0.94124
1.13	1.22	0.90896	0.069352	1.175	2057	0.85822	0.88026
1.305	1.3825	0.85285	0.11994	1.3438	2691	0.75341	0.80116
1.4575	1.53	0.78819	0.18057	1.4938	3325	0.62721	0.70695
1.5975	1.6625	0.71785	0.24846	1.63	3959	0.48576	0.60146
1.725	1.785	0.6448	0.32058	1.755	4590	0.33585	0.48944
1.845	1.9025	0.57307	0.39335	1.8738	5232	0.18596	0.37274
1.9575	2.06	0.5273	0.46329	2.0088	6014	0.064618	0.23337
2.1125	2.1625	0.582	0.44609	2.1375	6809	0.1322	0.10218
2.21	2.2575	0.62493	0.39699	2.2337	7436	0.22305	0.010714
2.305	2.35	0.65436	0.36048	2.3275	8073	0.28958	0.068324
2.395	2.44	0.6683	0.33856	2.4175	8710	0.32749	0.13134

Радиусы колец для измерения 1

Темные	Светлые
0,00	-
0,58	0,42
0,81	0,69
0,99	0,89
1,12	1,05
1,23	1,17
1,33	1,28
1,43	1,38
1,52	1,47
1,60	1,56
1,68	1,64
1,75	1,71
1,82	1,79
1,89	1,86
1,96	1,92
2,02	1,99
2,08	2,05
2,14	2,11
2,20	2,17
2,25	2,23
2,31	2,28
2,36	2,33
2,41	2,39
2,46	2,44
2,51	2,49
2,56	2,54

Радиусы колец для измерения 2

0,00	-
0,64	0,45
0,89	0,78
1,08	1,01
1,21	1,15
1,33	1,27
1,44	1,39
1,53	1,48
1,61	1,56
1,68	1,64
1,76	1,71
1,83	1,79
1,89	1,85
1,96	1,92
2,02	1,99
2,08	2,05
2,14	2,11
2,21	2,17
2,25	2,23
2,31	2,28
2,36	2,34
2,42	2,39
2,47	2,44
2,49	2,51