

Группа РЗ114 К работе допущен \_\_\_\_\_  
Студент Миндронов Е.Ю Работа выполнена \_\_\_\_\_  
Преподаватель Кушов В.А. Отчет принят \_\_\_\_\_

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 4.03

Исследование "Кольца Ньютона"  
вариант № 14

### 1. Цель работы.

Изучение интерференционной системы Кольца Ньютона.  
Вычисление радиуса кривизмы линзы

### 2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

Проведение измерений интенсивности отраженного света  
Расчет кривизмы линзы и погрешности измерения.

### 3. Объект исследования.

Теор. расчет радиусов выности max и min, сравнение с  
экспериментальными.

### 4. Метод экспериментального исследования.

Компьютерное моделирование системы

### 5. Рабочие формулы и исходные данные.

Вариант 14:

$$n_1 = 1,5 \quad n_2 = 1,25$$

$$\lambda_1 = 585 \quad \lambda_2 = 544$$

### 6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	<u>Ось рисования</u>	<u>измер.</u>	<u>2мм.</u>	<u>0,1мм.</u>
2	<u>переключатель длины волны</u>	<u>цифровой</u>	<u>382 - 778nm</u>	<u>1nm.</u>
3				
4				

① Вычисление радиуса кривизны линзы с помощью

а) Для измерения 1 ( $n=1,6 \quad \lambda_1=585$ )

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

$r_{m,n}$  - радиусы менисков  
колец.

$$m=3, n=1 \Rightarrow$$

$$R = \frac{(1 \cdot 10^{-3})^2 - (0,6 \cdot 10^{-3})^2}{(3-1) \cdot 585 \cdot 10^{-9}} = 0,62 \mu$$

$$r_m = 1 \mu$$

$$r_n = 0,6 \mu$$

погрешность:

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

$\swarrow$                        $\downarrow$                        $\downarrow$   
 $\frac{2r_m}{(m-n)\lambda}$                $\frac{2r_n}{(m-n)\lambda}$                $-\frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda^2}$

$$\Delta r = \frac{2}{3} \cdot \Delta r_{\text{менск}} =$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 0,1 \mu$$

$$\Delta \lambda = \frac{2}{3} \cdot \Delta \lambda_{\text{менск}} =$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 1 \mu$$

$$R_1 = (0,62 \pm 0,07) \mu \quad \varepsilon_R = 12\%$$

б) Аналогично для измерения 2 ( $n=1,25 \quad \lambda_1=585$ )  $m=3, n=1$

$$R = \frac{(1,2 \cdot 10^{-3})^2 - (0,7 \cdot 10^{-3})^2}{(3-1) \cdot 585 \cdot 10^{-9}} = 0,69 \mu$$

$$r_m = 1,2 \mu$$

$$r_n = 0,7 \mu$$

$\Delta R$  не изменяется

$$R_2 = (0,69 \pm 0,07) \mu \quad \varepsilon_R = 10\%$$

Результаты измерений равны в пределах погрешности:

$$R = (0,65 \pm 0,07) \mu \quad \varepsilon_R = 12\%$$

② Расчет величины  $V$  и  $\Delta$ , и  $V_{\text{теор.}}$

а) Пример расчета для двух значений  $\lambda$  и угла  $\alpha$   
 $n = 1,25$     $\lambda_1 = 585$     $\lambda_2 = 544$

$$r = \frac{r_{\min} + r_{\max}}{2} = \frac{0,64 + 0,62}{2} = 0,74 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{\text{опт.}} = \frac{r^2}{R} \cdot n = \frac{(0,74 \cdot 10^{-3})^2}{0,65} \cdot 1,25 = 820 \cdot 10^{-9} \text{ м.}$$

$$V_{\text{факт.}} = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \frac{0,97 - 0,01}{0,97 + 0,01} = 0,97(\Delta)$$

б) Теор. величина для интерференционного источника

$$V_{\text{теор.}}(\Delta_{\text{опт.}}) = \left| \cos\left(\frac{\delta k \Delta_{\text{опт.}}}{2}\right) \right|, \quad \delta k = \left| \frac{\omega_2 - \omega_1}{c} \right|, \quad \omega = \frac{2\pi c}{\lambda}$$

$$\delta k = \frac{\Delta \omega}{c} = \frac{2\pi \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) c}{c} = 8,2 \cdot 10^{15} \text{ (1/м)}$$

$$V_{\text{теор.}} = \left| \cos\left(\frac{\delta k \Delta_{\text{опт.}}}{2}\right) \right| = \left| \cos\left(\frac{8,2 \cdot 10^{15} \cdot 820 \cdot 10^{-9}}{2}\right) \right| = \left| \cos(0,3362) \right| = 0,98(\Delta)$$

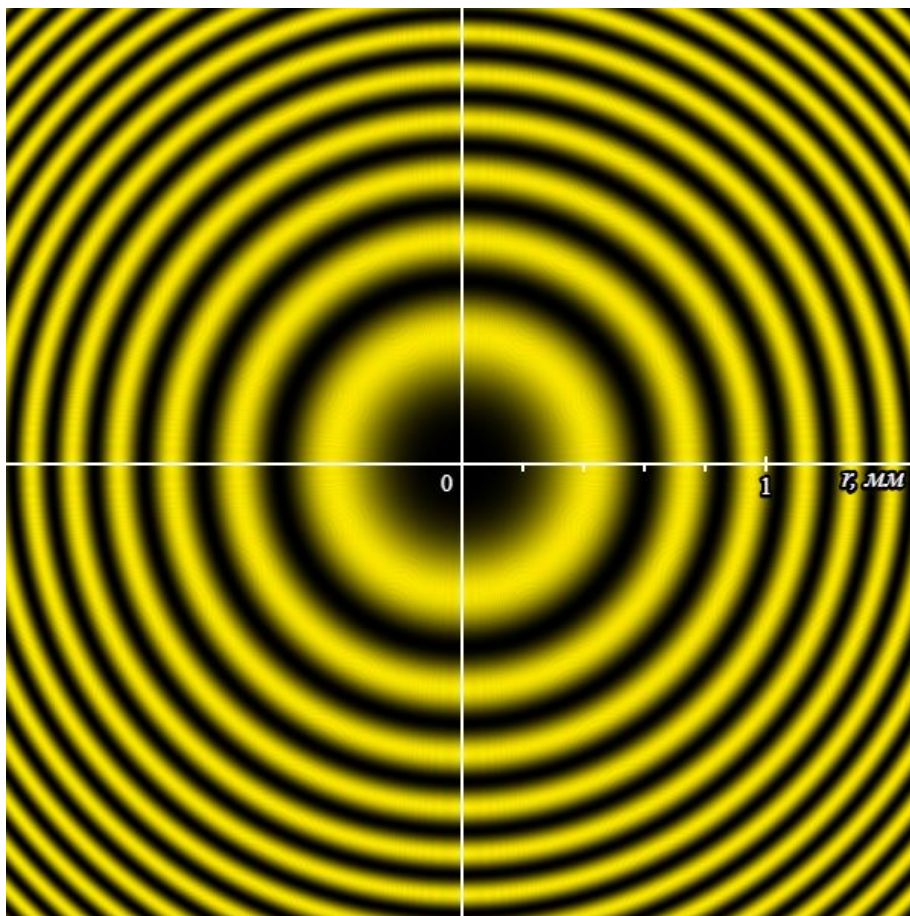


### ③ Вывод

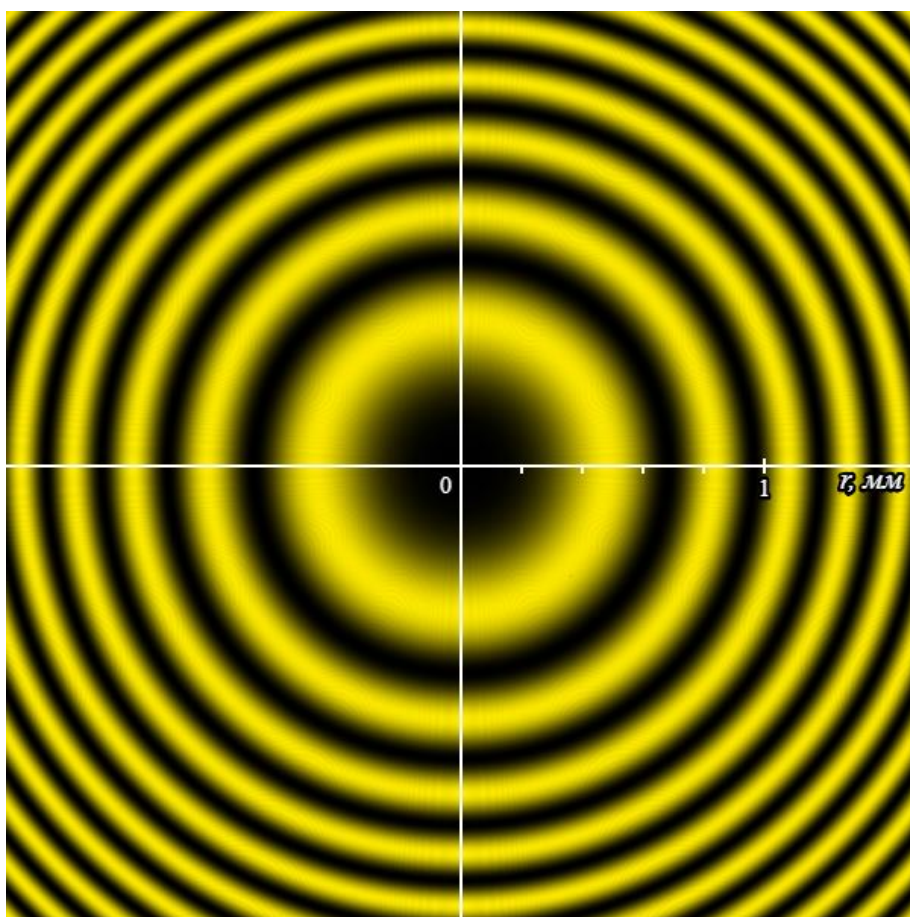
- 1) Траектории квадратов радиусов от <sup>центра</sup> колец имеют ~~линейную зависимость~~  
линейный характер
- 2) Результаты измерений радиуса могут попадать в пределы погрешности.
- 3)  $R = (0,65 \pm 0,04) \text{ м}$   $\varepsilon_R = 12\%$
- 4) Зависимости  $V_{\text{экст}}$  и  $V_{\text{инт}}$ . более сложны при однородном сплошном спектре, чем при дифракционном излучении
- 5) Можно сделать вывод, что зависимость радиуса от оптической разности хода не описывает оба разности излучения

## Измерения

1. Длина волны  $\lambda = 585$  нм. Показатель преломления – 1.6

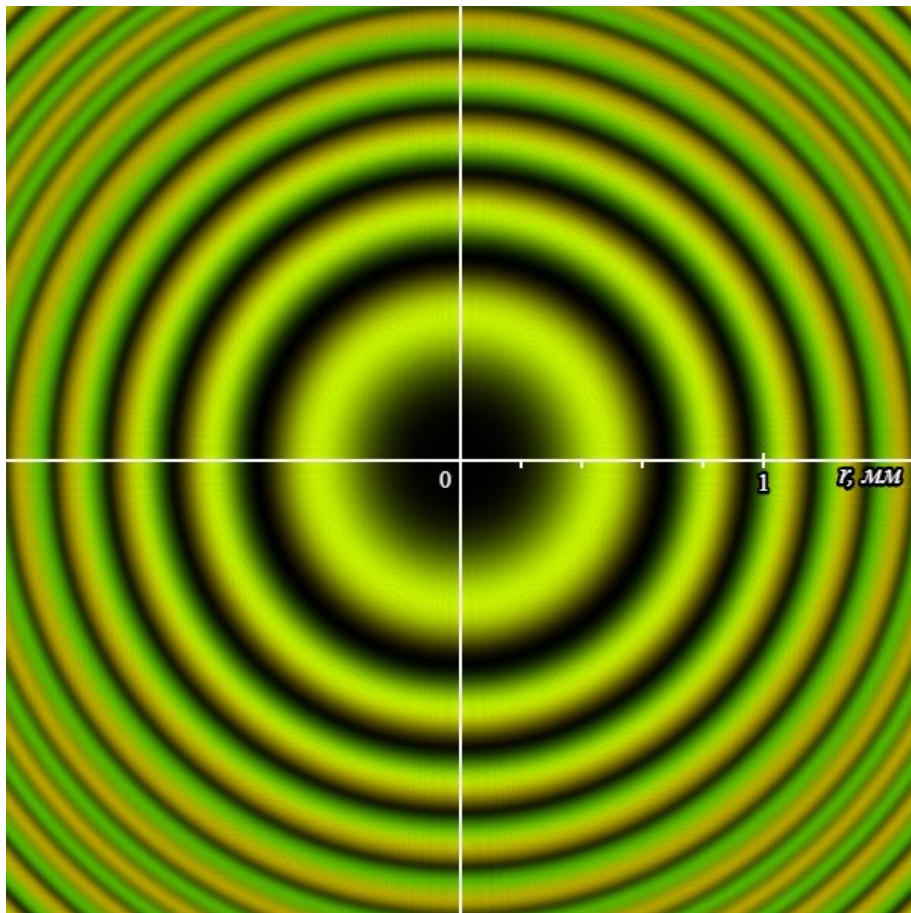


2. Длина волны  $\lambda = 585$  нм. Показатель преломления – 1.25

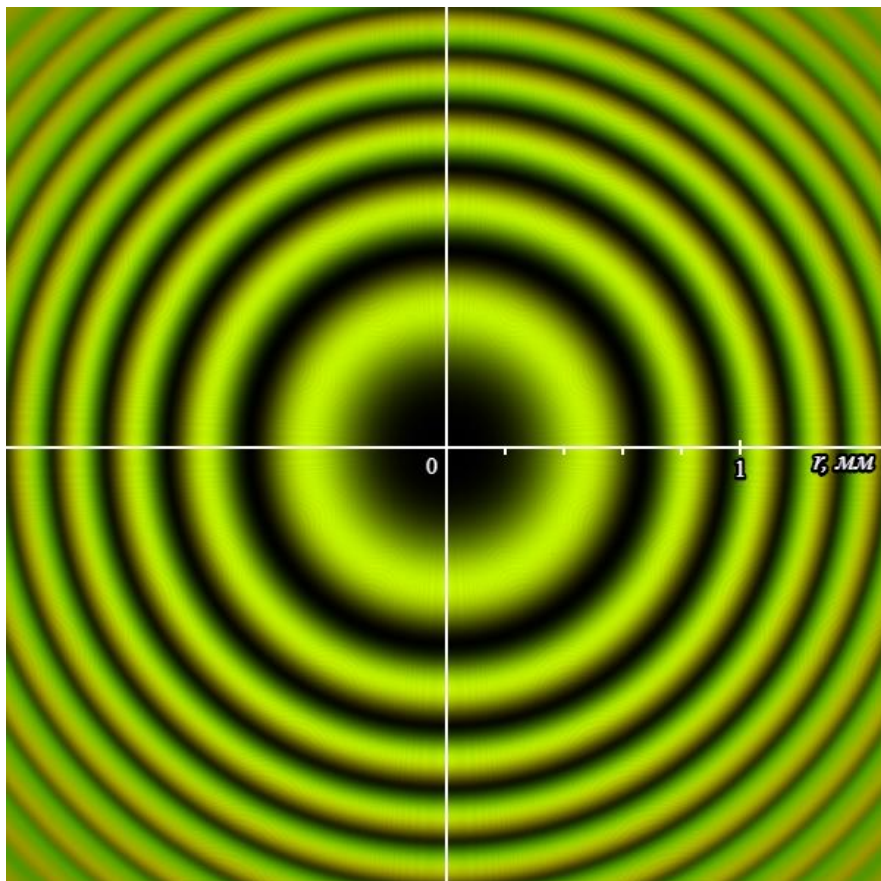




3. Две длины волн: Длина волны 1:  $\lambda_1 = 585$  нм, длина волны 2:  $\lambda_2 = 544$  нм. Показатель преломления – 1.25

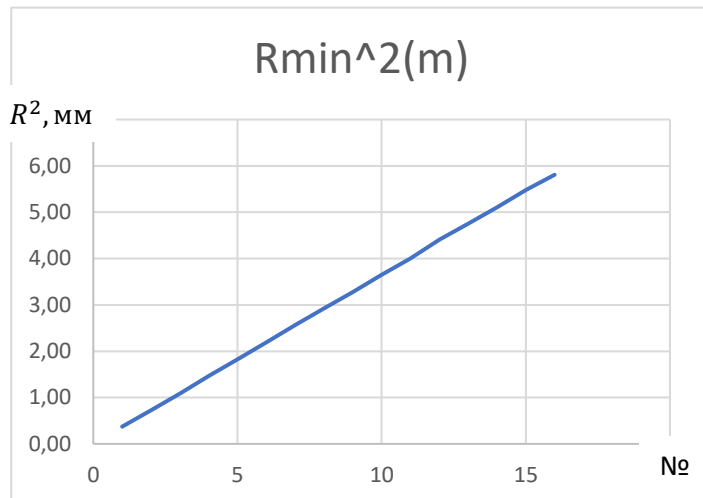
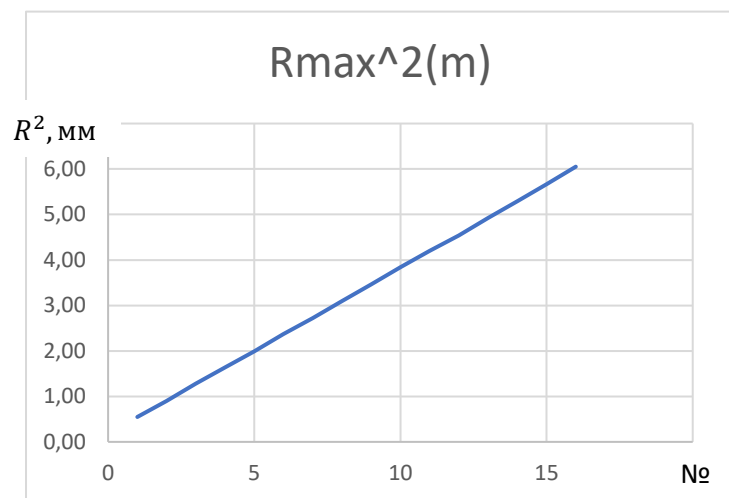


4. Диапазон длины волн. Длина волны 1:  $\lambda_1 = 585$  нм, длина волны 2:  $\lambda_2 = 544$  нм. Показатель преломления – 1.25

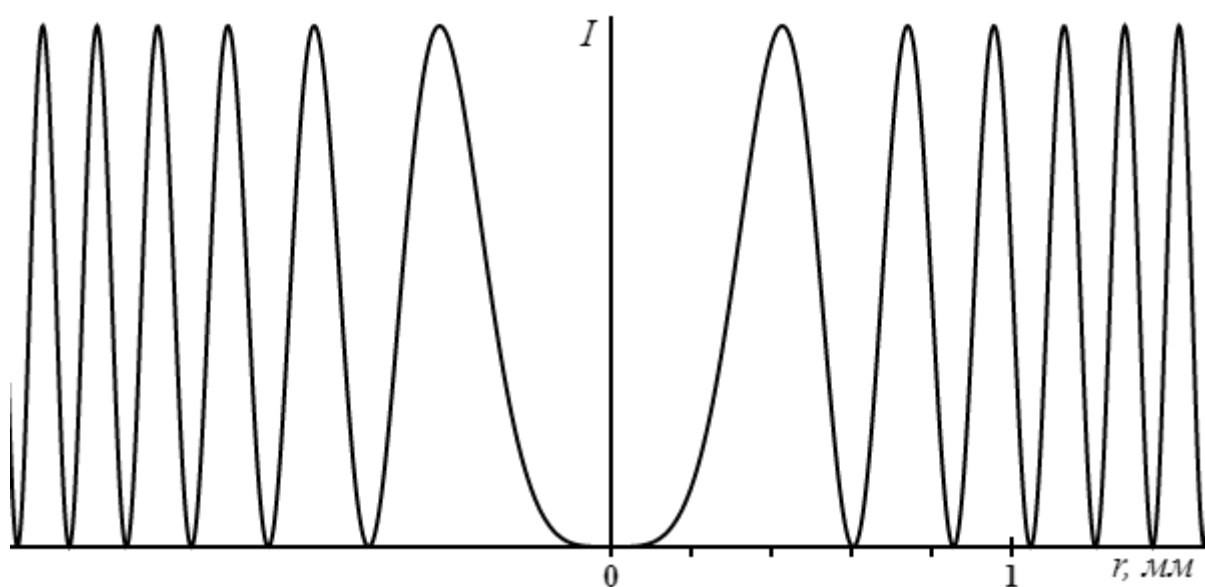


# Графики зависимостей и радиусы колец

Для первого измерения



Зависимость интенсивности от координаты измерения 1



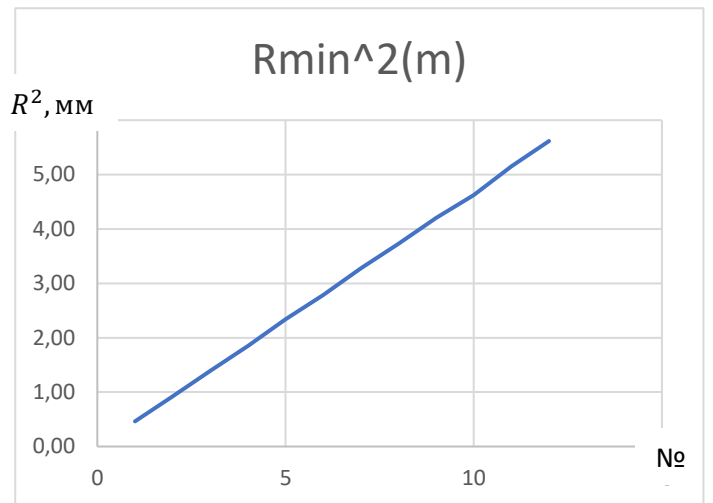
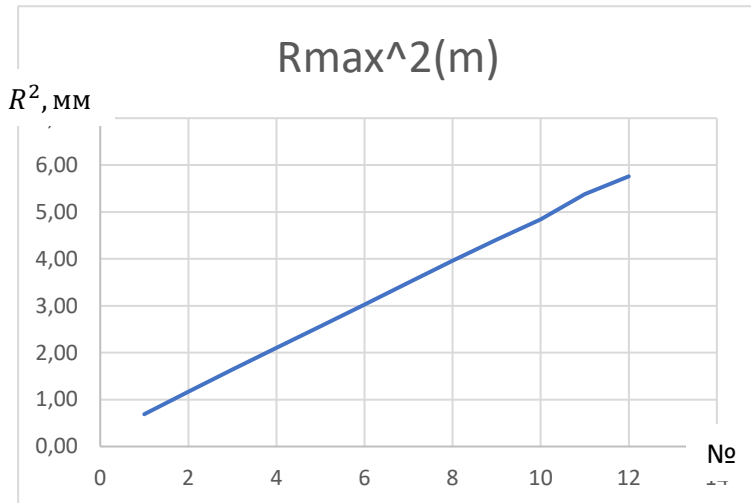
Для темных колец:

№	$R, \text{мм}$
1	0,61
2	0,85
3	1,04
4	1,21
5	1,35
6	1,48
7	1,60
8	1,71
9	1,81
10	1,91
11	2,00
12	2,10
13	2,18
14	2,26
15	2,34
16	2,41

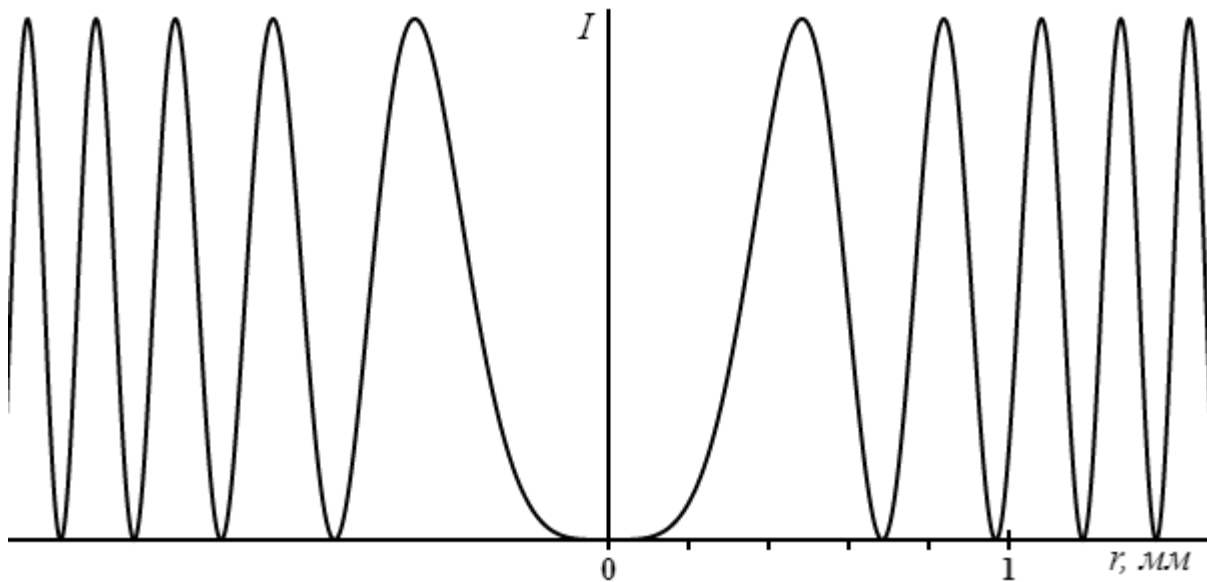
Для светлых колец:

№	$R, \text{мм}$
1	0,74
2	0,95
3	1,13
4	1,28
5	1,41
6	1,54
7	1,65
8	1,76
9	1,86
10	1,96
11	2,05
12	2,13
13	2,22
14	2,30
15	2,38
16	2,46

### Для второго измерения



### Зависимость интенсивности от координаты измерения 2



### Для темных колец:

№	R, мм
1	0,68
2	0,96
3	1,18
4	1,36
5	1,53
6	1,67
7	1,81
8	1,93
9	2,05
10	2,15
11	2,27
12	2,37

### Для светлых колец:

№	R, мм
1	0,83
2	1,08
3	1,28
4	1,45
5	1,60
6	1,74
7	1,87
8	1,99
9	2,10
10	2,20
11	2,32
12	2,40



## Для третьего измерения

Зависимость  $V$  от  $\Delta$  для измерения 3

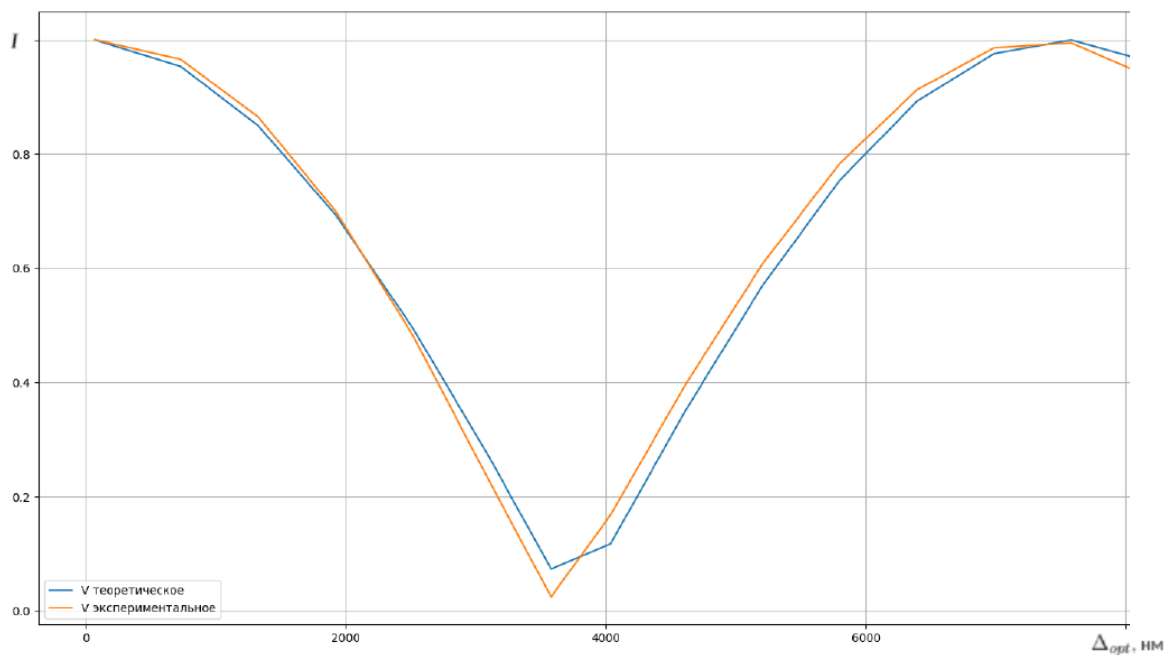
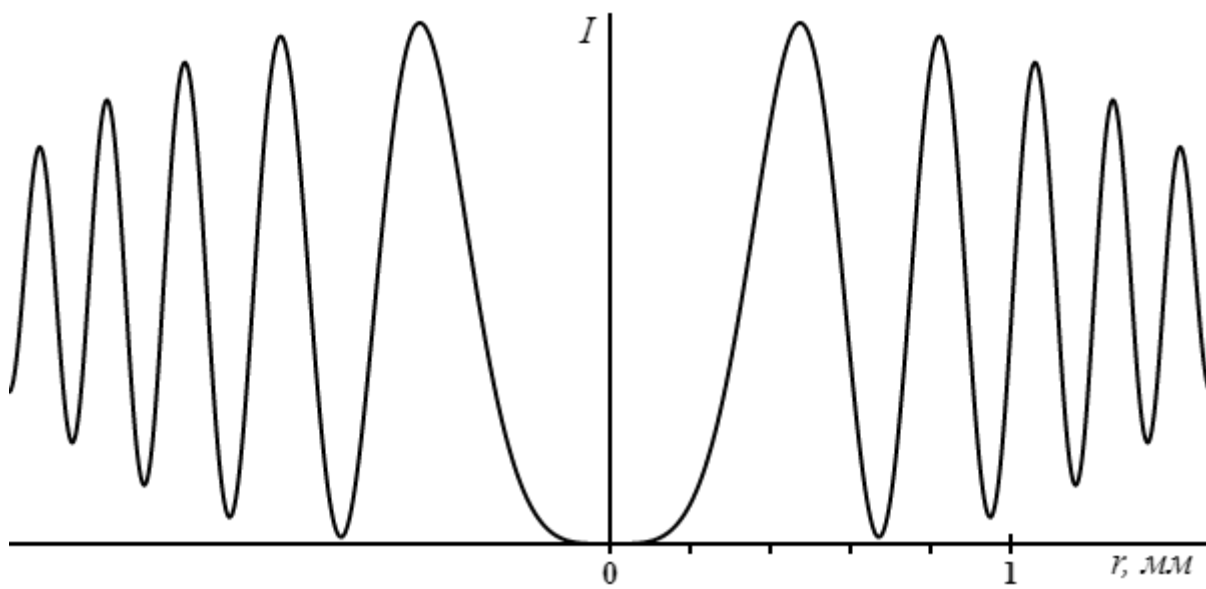


Таблица с расчетами  $\min$  и  $\max$  для измерения 3

Минимум, мм	Максимум, мм	$I_{max}$	$I_{min}$	$r$ , мм	$\Delta_{opt}$ , нм	$V_{эксп}(\Delta)$	$V_{теор}(\Delta)$
0,00	0,48	1,00	0,00	0,24	83	1,00	1,00
0,67	0,82	0,97	0,01	0,75	823	0,97	0,98
0,95	1,06	0,92	0,05	1,01	1493	0,89	0,94
1,16	1,26	0,85	0,11	1,21	2160	0,77	0,87
1,34	1,42	0,76	0,19	1,38	2826	0,59	0,78
1,50	1,57	0,66	0,29	1,54	3490	0,39	0,68
1,64	1,71	0,55	0,40	1,67	4143	0,16	0,57
1,75	1,79	0,52	0,50	1,77	4639	0,02	0,48
1,85	1,90	0,63	0,43	1,87	5192	0,19	0,38
1,96	2,02	0,73	0,32	1,99	5841	0,39	0,26
2,07	2,13	0,83	0,22	2,10	6506	0,58	0,15
2,18	2,23	0,91	0,13	2,20	7174	0,74	0,05
2,28	2,33	0,96	0,07	2,30	7840	0,87	0,04



## Для четвертого измерения

Зависимость  $V$  от  $\Delta$  для измерения 4

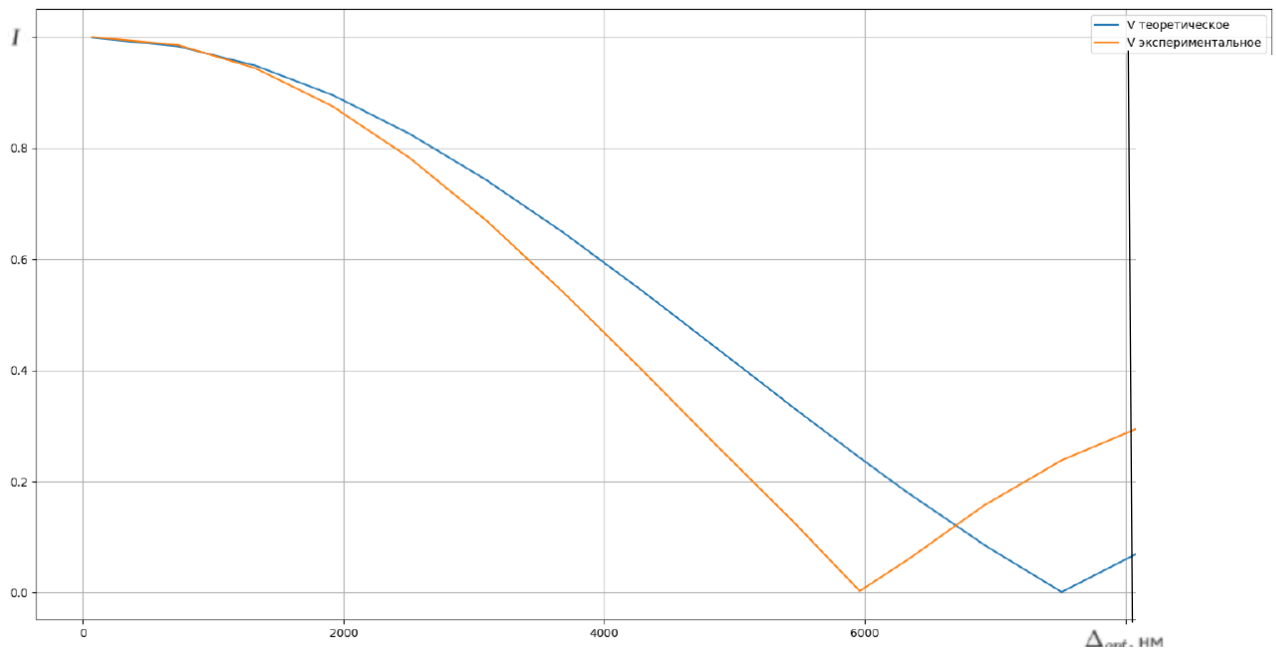
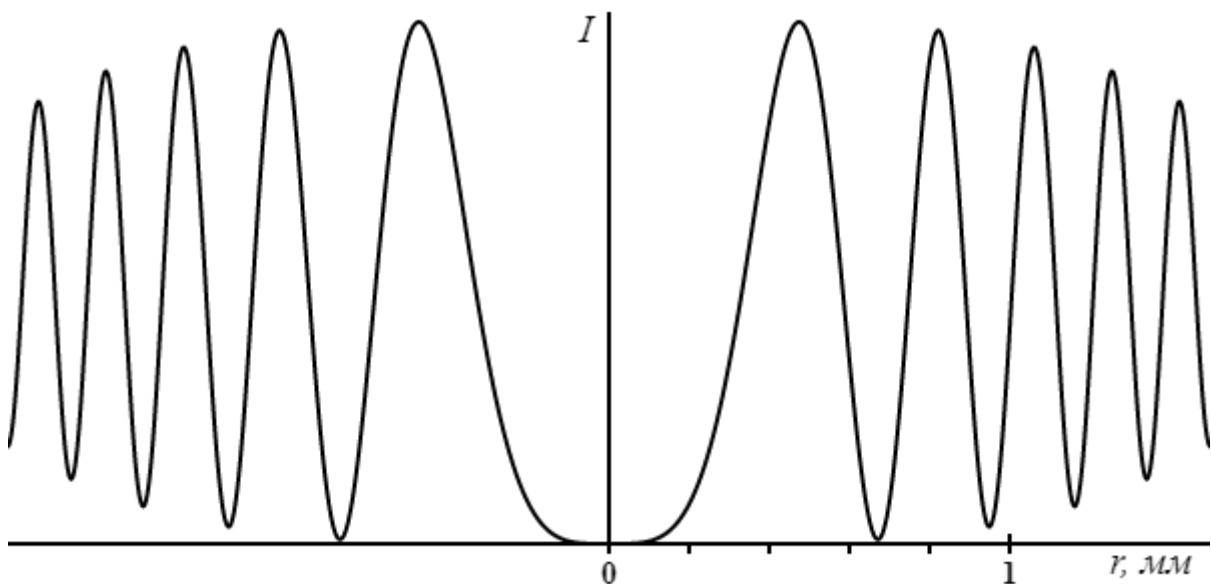
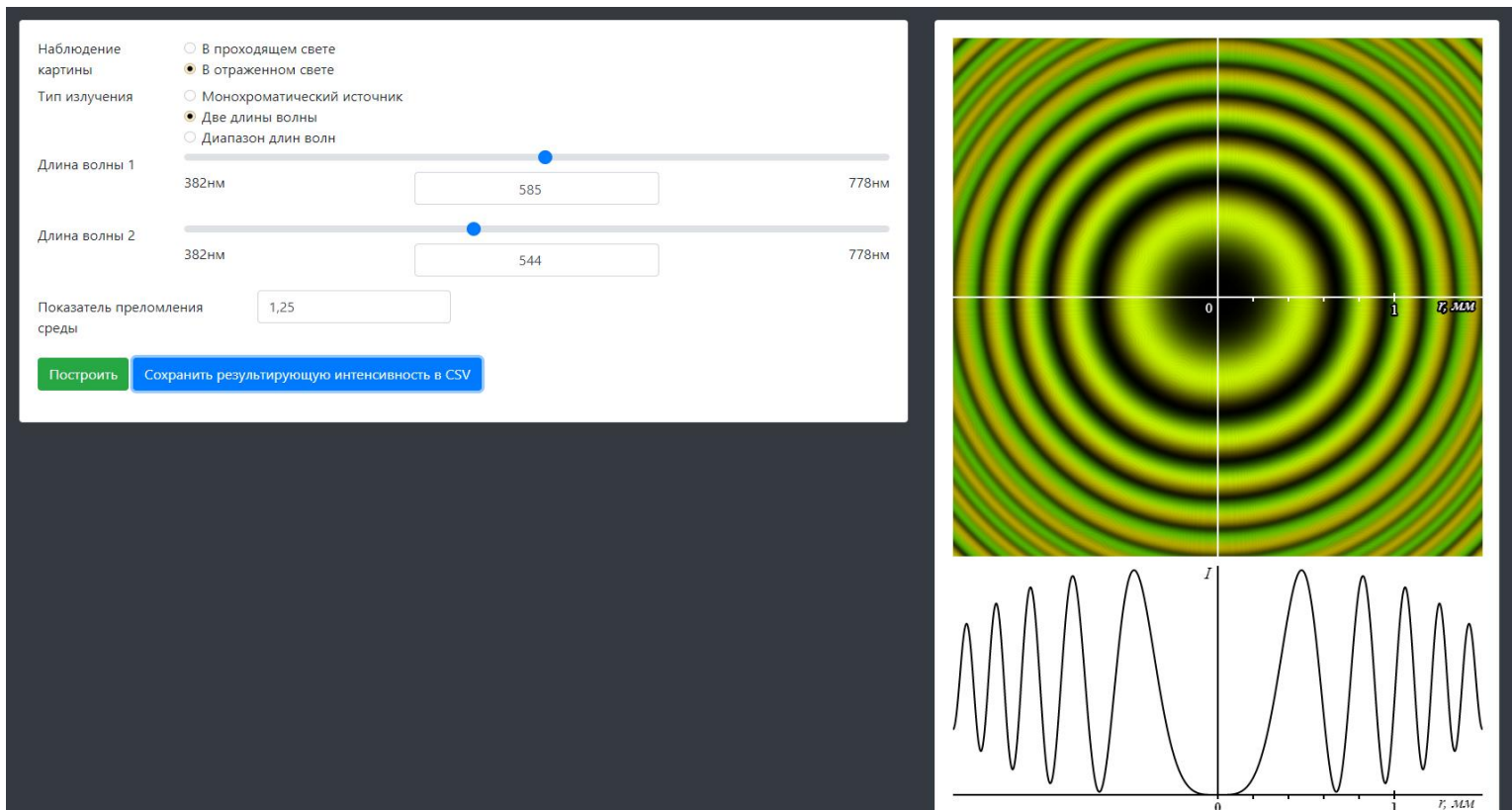


Таблица с расчетами  $\min$  и  $\max$  для измерения 4

Минимум, мм	Максимум, мм	$I_{max}$	$I_{min}$	$r$ , мм	$\Delta_{орт}$ , нм	$V_{эксп}(\Delta)$	$V_{теор}(\Delta)$
0,00	0,47	1,00	0,00	0,24	81	1,00	1,00
0,67	0,82	0,99	0,00	0,74	809	0,99	0,98
0,94	1,05	0,98	0,01	1,00	1471	0,97	0,94
1,15	1,25	0,96	0,03	1,20	2125	0,94	0,87
1,33	1,41	0,94	0,05	1,37	2785	0,90	0,79
1,49	1,56	0,91	0,08	1,53	3445	0,84	0,69
1,63	1,70	0,87	0,11	1,67	4099	0,77	0,58
1,76	1,83	0,83	0,15	1,79	4758	0,70	0,46
1,89	1,94	0,79	0,19	1,91	5416	0,61	0,34
2,00	2,05	0,74	0,24	2,03	6064	0,51	0,22
2,11	2,16	0,69	0,29	2,13	6717	0,41	0,12
2,21	2,26	0,63	0,34	2,23	7378	0,30	0,02
2,31	2,36	0,58	0,39	2,33	8036	0,19	0,06



## Схема установки



## Результат тестирования

Онтика  
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

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 Четверг, 7 Май 2020, 21:04	8,00	Не разрешается

Высшая оценка: 8,00 / 10,00.

[Пройти тест заново](#)

ПРЕДЫДУЩИЙ АКТ. ЭЛЕМЕНТ  
Видео по лабораторной работе

ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ (4.03V)

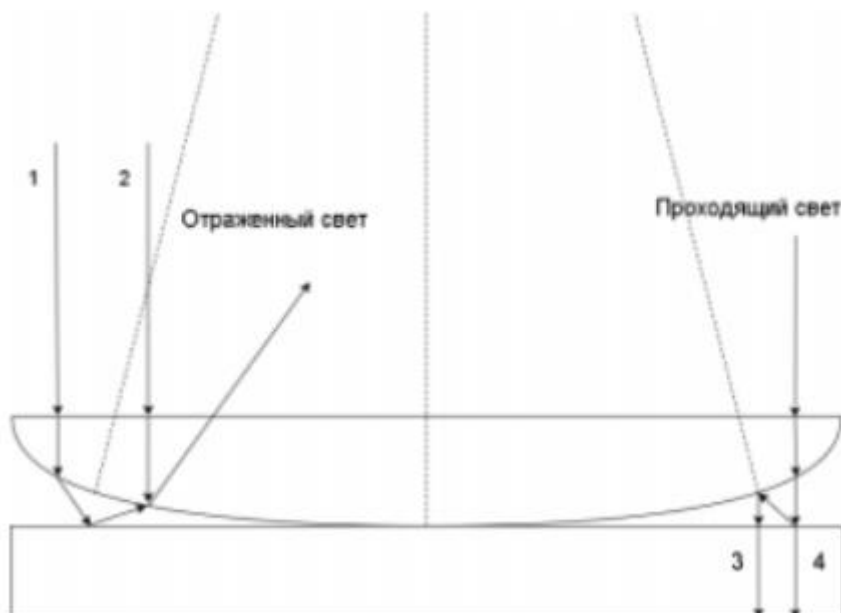
СЛЕДУЮЩИЙ АКТ. ЭЛЕМЕНТ  
Проведение измерений (4.03V)

<https://studphysicsofmo.ru/mod/resource/view.php?id=3193&forceview=1>



## Контрольные вопросы

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



В отраженном свете отражение от более оптически плотной среды приводит к потере полуволны, в отличие от случая с проходящим светом. Разности хода для темных и светлых колец отличаются на длину полуволны:

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

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

В отраженном свете центр картины - темный, а в проходящем – светлый. В проходящем свете видность и контрастность ниже, поэтому кольца наблюдают преимущественно в отраженном.

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

Временная когерентность – это сохранение взаимной когерентности при медленном изменении разности фаз колебаний. 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 пластины, который должен быть соизмерим с длиной волны падающего света. Это необходимо для того чтобы разность хода волн не была больше расстояния, при котором сохраняется интерференция за счёт разности фаз.

5. Что произойдет с картиной колец, если пространство между линзой и пластиной заполнить:

а) водой

Отражение будет происходить от более плотной среды, поэтому радиусы колец уменьшатся

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

Отражение будет происходить от менее плотной среды, причем фаза колебаний волны не поменяется, поэтому светлые и темные кольца поменяются местами.

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

Постоянная по величине разность хода находится по окружностям, где неизменна толщина зазора между линзой и пластиной, а неизменная разность хода дает неизменную интерференцию. Поэтому интерференционная картина состоит из колец Ньютона равной толщины. Если убрать линзу, оставив только пластину, свет будет падать под одним и тем же углом и возникнет интерференция волн, отраженных от задней и передней границ плоскопараллельной пластины.