

Группа P3130

Студент Неграш А. В.

Работа выполнена 11.06.20 10:00

Преподаватель Соловьёв Д.П.

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 4.03V «Кольца Ньютона»

Вариант 1

1. Цель работы.

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

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

- 1) Построение интерференционной картины колец Ньютона.
- 2) Расчёт радиуса кривизны линзы.
- 3) Сравнение теоретической и экспериментальной функций видности.

3. Объект исследования.

Кольца Ньютона

4. Метод экспериментального исследования.

Симуляция

5. Рабочие формулы и исходные данные.

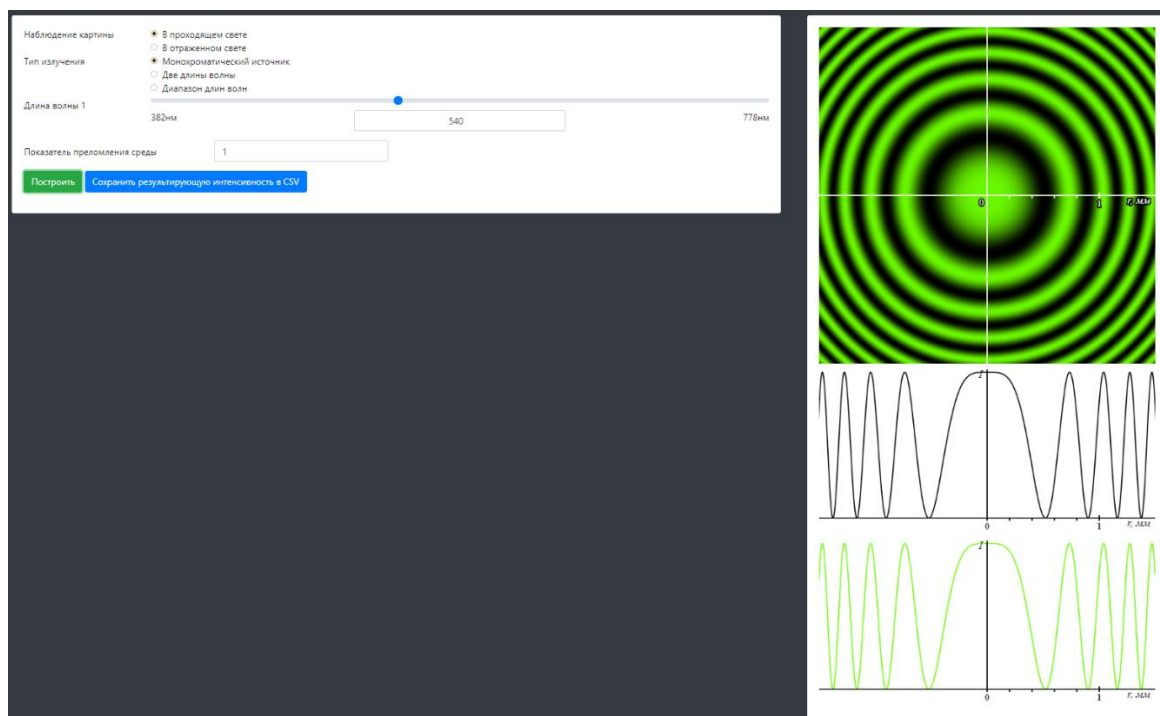
$$L_{coh} = c\tau, \quad \Delta \leq L_{coh}, \quad \Delta \leq L_{coh} = c\tau = \frac{c}{\Delta\nu}, \quad \frac{c}{\Delta\nu} \cdot \frac{\nu}{\nu} = \lambda \cdot \frac{\nu}{\Delta\nu},$$
$$|\Delta\nu| = \left| \Delta\left(\frac{c}{\lambda}\right) \right| = \frac{c}{\lambda^2} \Delta\lambda, \quad \frac{\nu}{\Delta\nu} = \frac{c/\lambda}{c \cdot \Delta\lambda/\lambda^2} = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}, \quad \Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{\Delta} = \frac{2\lambda^2 R}{2r_{disappear}^2 + R\lambda},$$
$$V = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}, \quad I_0 = \int_{\omega_1}^{\omega_2} J(\omega) d\omega = J_0 \Delta\omega, \quad I(r) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos\left[\frac{\omega}{c} \Delta_{opt}\right],$$
$$V(r) = a \left| \text{sinc}\left[\frac{\Delta\omega}{2c} \Delta_{opt}\right] \right|, \quad \Delta_{opt} = \frac{r^2}{R_{lens}} + \frac{\lambda}{2} \approx \frac{r^2}{R_{lens}}, \quad R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda}$$

Согласно варианту №1 $n_1 = 1$; $n_2 = 1,3$; $\lambda_1 = 775$ нм; $\lambda_2 = 730$ нм

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Ось графика расстояния	Электронный	0-2 мм	0,1 мм
2	Шкала длины волн	Электронный	380-780 нм	0,5 нм

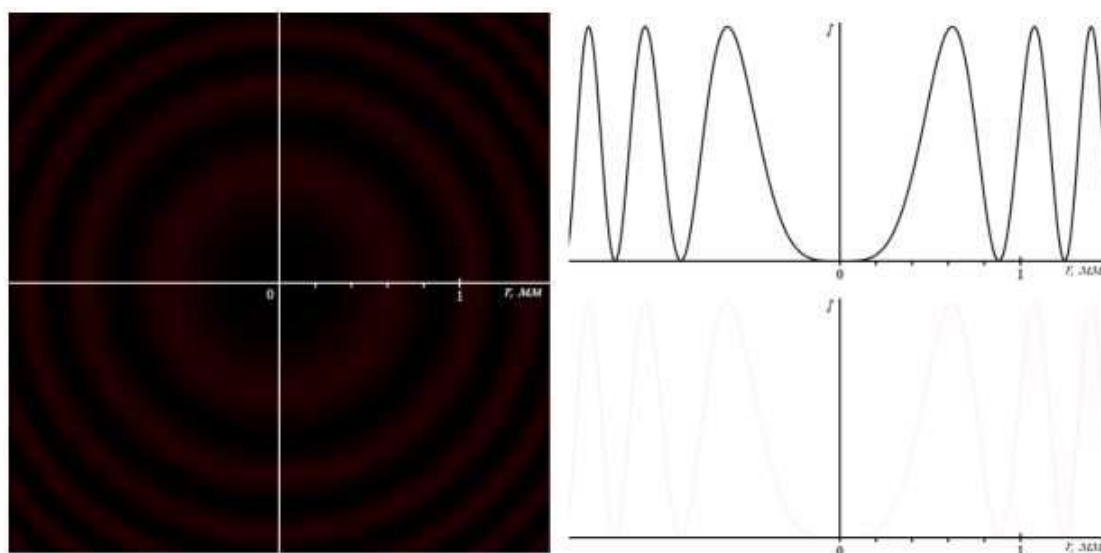
7. Схема установки (виртуальная).



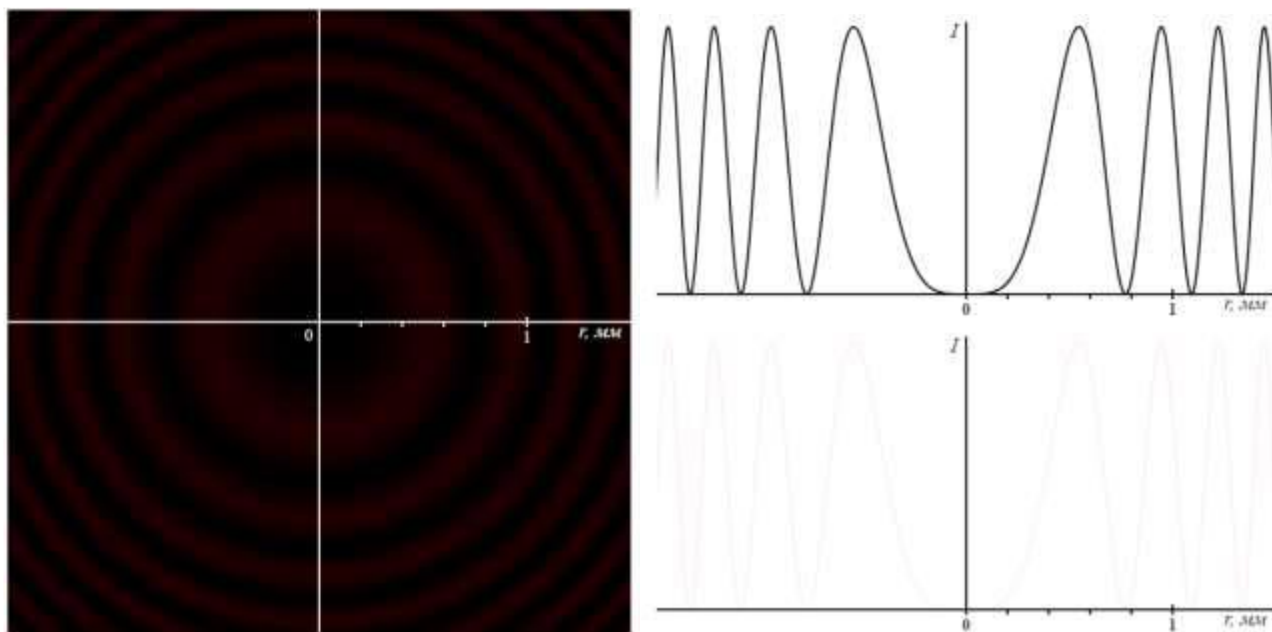
8. Результаты прямых измерений и их обработки.

Вариант	1						
№ опыта	1	2	3	4			
Наблюдение картины	отраженный свет	отраженный свет	отраженный свет	отраженный свет			
Тип излучения	монохроматический источник	монохроматический источник	бихроматический источник	сплошной спектр			
$\lambda_1, \mu\text{m}$	775,0	775,0	775,0	775,0			
$\lambda_2, \mu\text{m}$	-	-	730,0	730,0	Δ_n	0,005	
n_1	1,00	-	-	-	$\Delta_\lambda, \mu\text{m}$	0,5	
n_2	-	1,30	1,30	1,30	Δ_{nr}, mm	0,1	

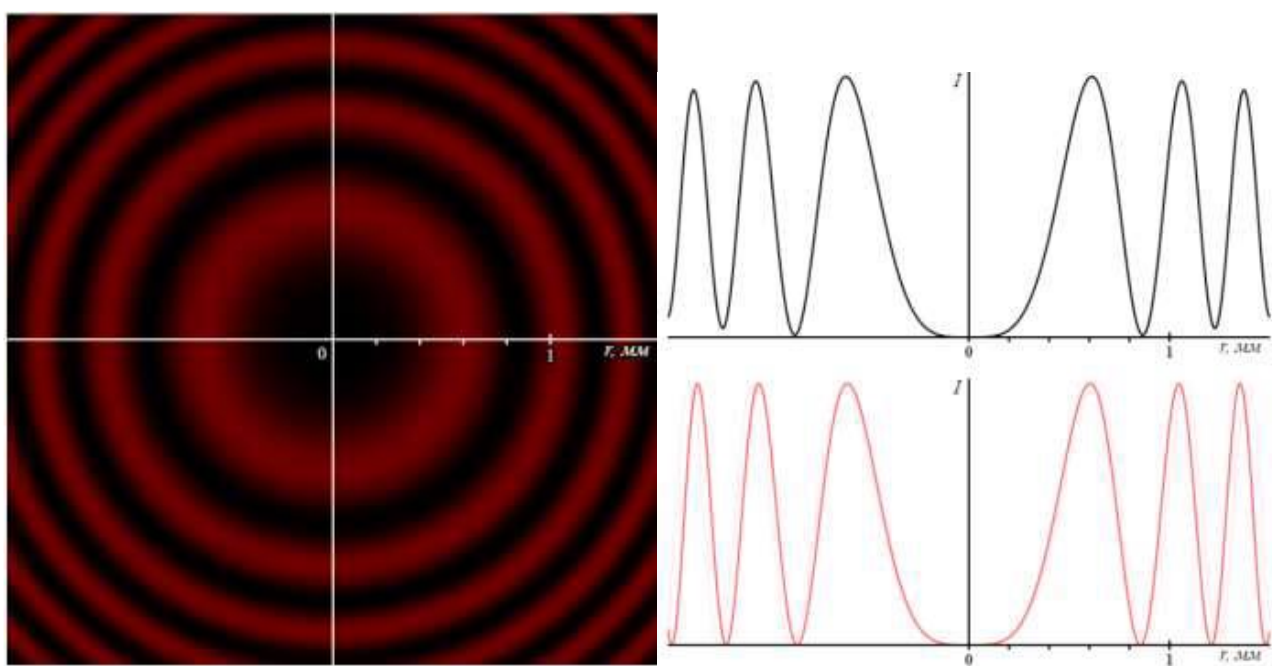
Опыт 1



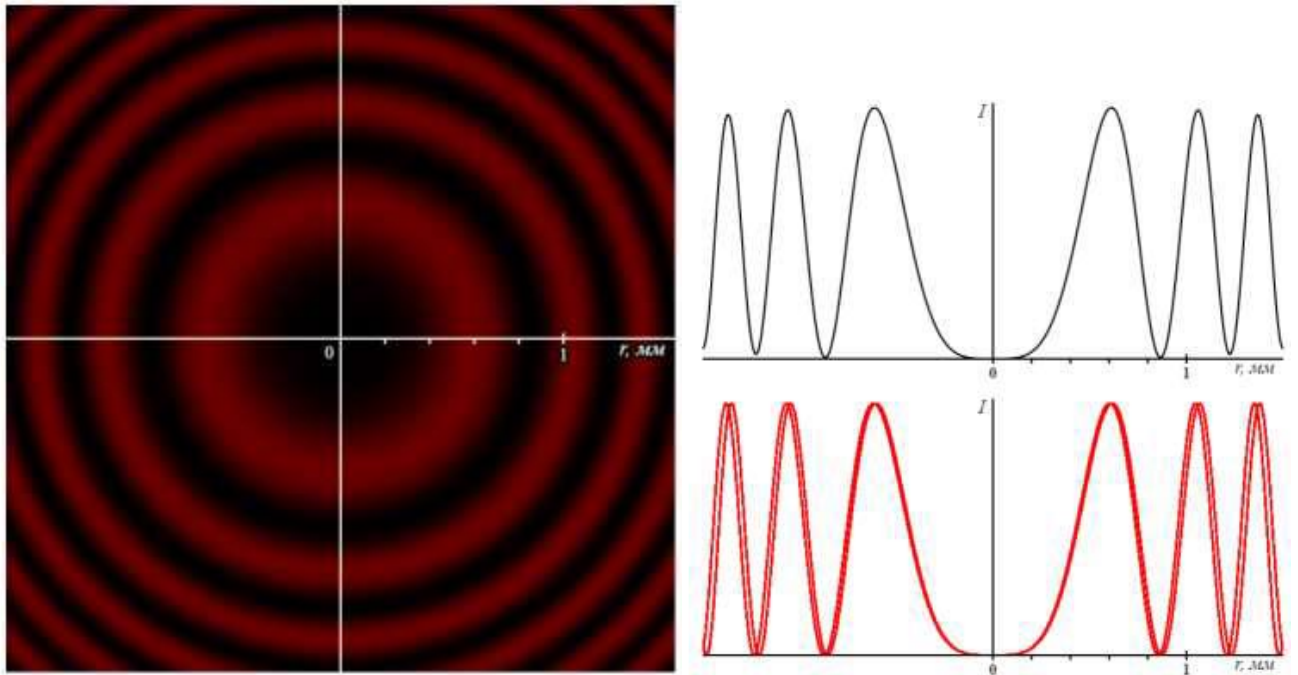
Опыт 2



Опыт 3



Опыт 4



9. Расчет результатов косвенных измерений.

Опыт 1

Порядок m	Радиусы колец, r , мм		Квадраты радиусов, r^2 , мм^2	
	Темные	Светлые	Темные	Светлые
0	0,0	-	0,0	-
1	0,9	0,6	0,8	0,4
2	1,2	1,1	1,6	1,2
3	1,5	1,4	2,3	1,9
4	1,8	1,6	3,1	2,7
5	2,0	1,9	4	3,5
6	2,2	2,1	5	4
7	2,3	2,2	5	5
8	2,5	2,4	6	6

Порядки	Кв. Радиуса кольца		Радиус кривизны линзы, $R_{\text{линз}}$, м		Результат R, м:	1,0
	Темного	Светлого	Отн. Темных	Отн. Светлых		
8	6	6	1,0	1,0	<div></div>	
5	3,9	3,5				
Оценка погрешности кривизны линзы						
Относительная погрешность						
Темное, ϵ_R , %		Светлое, ϵ_R , %				
27%		26%				
Абсолютная погрешность						
Темное, Δ_R , м		Светлое, Δ_R , м				
0,27		0,26				
Абсолютная погрешность результата, Δ_R , м						
0,19						
Относительная погрешность результата, ϵ_R , %						
19%						

Опыт 2

Порядок	Радиусы колец, r, mm		Квадраты радиусов, r^2 , mm ²	
	Темные	Светлые	Темные	Светлые
0	0	-	0,0	-
1	0,8	0,5	0,6	0,3
2	1,1	0,9	1,2	0,9
3	1,3	1,2	1,8	1,5
4	1,5	1,4	2,4	2,1
5	1,7	1,6	3,0	2,7
6	1,9	1,8	3,6	3,3
7	2,0	2,0	4	3,9
8	2,2	2,1	5	4
9	2,3	2,3	5	5
10	2,4	2,4	6	6

Порядки	Кв. Радиуса кольца		Радиус кривизны линзы, $R_{\text{линз}}$, м		Результат R, м:	0,8
	Темного	Светлого	Отн. Темных	Отн. Светлых		
10	6	6	0,8	0,8		
1	0,6	0,30				
Оценка погрешности кривизны линзы						
Относительная погрешность						
Темное, ϵ_R , %		Светлое, ϵ_R , %				
0,10		0,09				
Абсолютная погрешность						
Темное, Δ_R , м		Светлое, Δ_R , м				
0,07		0,07				
Абсолютная погрешность результата, Δ_R , м						
0,05						
Относительная погрешность результата, ϵ_R , %						
0,07						

Опыт 3

Порядок	Темное		Светлое	
m	r, mm	I, отн. ед.	r, mm	I, отн. ед.
0	0,0	0,0	-	-
1	0,8	0,0	0,5	1,0
2	1,1	0,0	0,9	1,0
3	1,3	0,1	1,2	0,9
4	1,5	0,1	1,4	0,9
5	1,7	0,2	1,6	0,8
6	1,9	0,3	1,8	0,8
7	2,0	0,4	1,9	0,7
8	2,1	0,5	2,1	0,6
9	2,2	0,5	2,2	0,5
10	2,3	0,4	2,3	0,6
11	2,5	0,3	2,4	0,7

Расчет для функции видности						
$r, \text{ mm}$	$\Delta_{opt}, \mu\text{m}$	x	$\text{sinc}(x)$	$V_{\text{эксп}}$	$V_{\text{теор}}$	
0,6	0,7	-0,18	1,0	1,0	1,0	
1,0	1,7	-0,4	1,0	0,9	0,9	
1,3	2,7	-0,7	0,9	0,8	0,8	
1,5	3,7	-0,9	0,9	0,7	0,6	
1,7	5	-1,2	0,8	0,6	0,4	
1,8	6	-1,4	0,7	0,5	0,2	
2,0	7	-1,6	0,6	0,29	0,1	
2,1	8	-1,9	0,5	0,11	0,3	
2,2	8	-2,1	0,4	0,02	0,5	
2,3	9	-2,3	0,34	0,18	0,6	
2,4	10	-2,5	0,24	0,4	0,8	

Опыт 4

Порядок	Темное		Светлое	
m	$r, \text{ mm}$	$I, \text{ отн. ед.}$	$r, \text{ mm}$	$I, \text{ отн. ед.}$
0	0,0	0,00	-	-
1	0,9	0,009	0,6	1,0
2	1,2	0,035	1,1	1,0
3	1,5	0,08	1,4	0,9
4	1,7	0,13	1,6	0,9
5	1,9	0,21	1,8	0,8
6	2,1	0,29	2,0	0,8
7	2,3	0,4	2,2	0,7
8	2,4	0,5	2,4	0,6
9	-	-	2,5	0,5

Расчет для функции видности						
$r, \text{ mm}$	$\Delta_{opt}, \mu\text{m}$	x	$\text{sinc}(x)$	$V_{\text{эксп}}$	$V_{\text{теор}}$	
0,31	0,16	0,0	1,0	1,0	1,0	
1,0	1,6	-0,4	1,0	1,0	1,0	
1,3	2,8	-0,7	0,9	0,9	0,9	
1,6	4	-1,0	0,8	0,8	0,8	
1,8	5	-1,3	0,7	0,7	0,7	
2,0	7	-1,7	0,6	0,6	0,6	
2,2	8	-2,0	0,5	0,4	0,5	
2,3	9	-2,3	0,33	0,22	0,33	
2,5	10	-2,6	0,21	0,04	0,21	

10. Расчет погрешностей измерений.

Опыт 1

$$R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m - n)\lambda} \approx 1,0 \text{ м}$$

Тёмное

$$\Delta r_m = 0,1 \text{ м}; \Delta r = 0,07 \text{ м}; \Delta \lambda = 0,5 \text{ нм}; \Delta n = 0,005$$

$$\varepsilon_{R_T} = \sqrt{\left(\frac{\delta \ln R}{\delta r_m} \Delta r_m\right)^2 + \left(\frac{\delta \ln R}{\delta r_n} \Delta r_m\right)^2 + \left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{\Delta n}{n}\right)^2} \approx 0,27 = 27\%$$

$$\Delta R_T = 0,27 \text{ м}$$

Светлое

$$\varepsilon_{R_C} = \sqrt{\left(\frac{\delta \ln R}{\delta r_m} \Delta r_m\right)^2 + \left(\frac{\delta \ln R}{\delta r_n} \Delta r_m\right)^2 + \left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{\Delta n}{n}\right)^2} \approx 0,26 = 26\%$$

$$\Delta R_C = 0,26 \text{ м}$$

$$\Delta R = \sqrt{\Delta R_C^2 + \Delta R_T^2} = 0,19 \text{ м}; \varepsilon_R = 0,19 = 19\%$$

Опыт 2

Аналогично Опыту 1

$$R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m - n)\lambda} \approx 0,8 \text{ м}$$

Тёмное

$$\varepsilon_{R_T} = \sqrt{\left(\frac{\delta \ln R}{\delta r_m} \Delta r_m\right)^2 + \left(\frac{\delta \ln R}{\delta r_n} \Delta r_m\right)^2 + \left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{\Delta n}{n}\right)^2} \approx 0,10 = 10\%$$

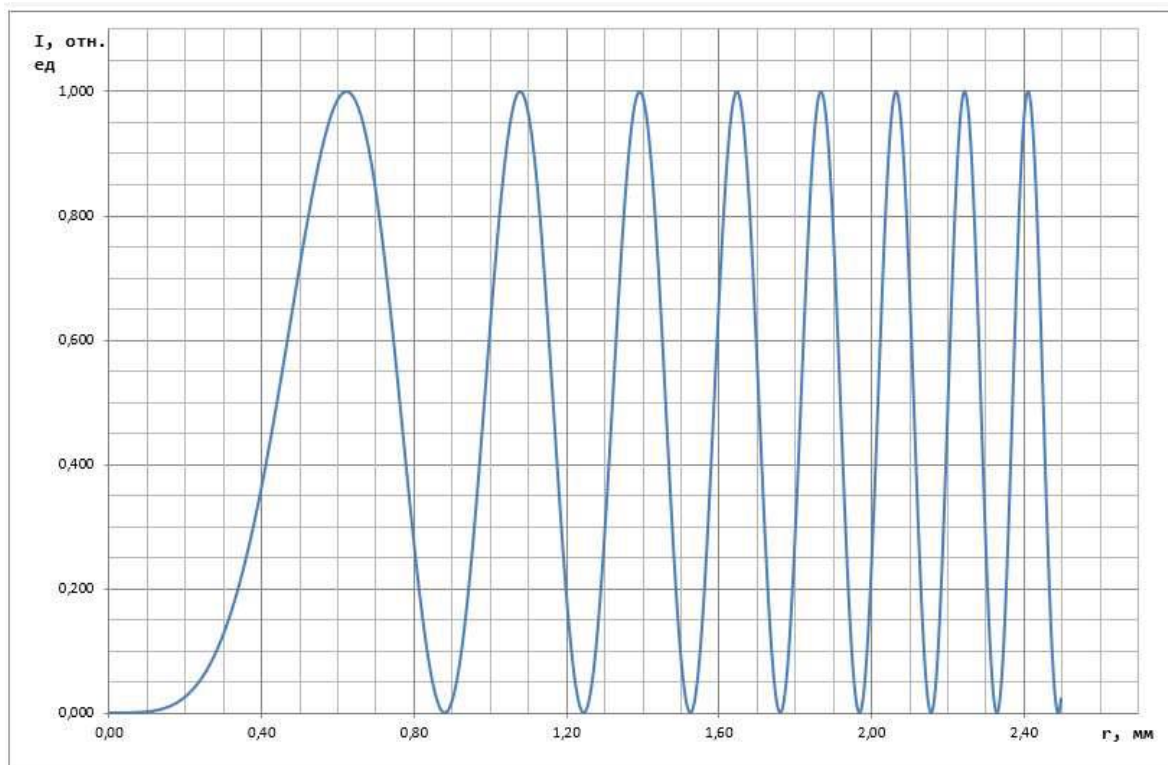
Светлое

$$\varepsilon_{R_C} = \sqrt{\left(\frac{\delta \ln R}{\delta r_m} \Delta r_m\right)^2 + \left(\frac{\delta \ln R}{\delta r_n} \Delta r_m\right)^2 + \left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{\Delta n}{n}\right)^2} \approx 0,09 = 9\%$$

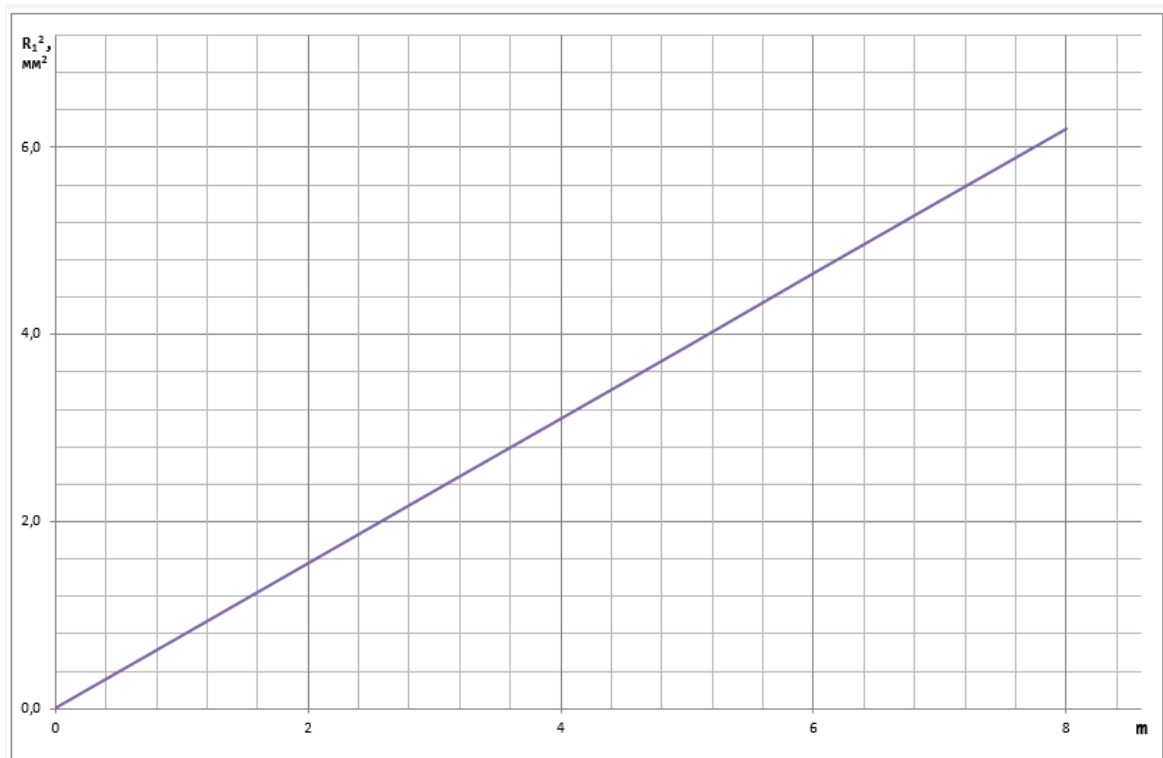
$$\Delta R = \sqrt{\Delta R_C^2 + \Delta R_T^2} = 0,05 \text{ м}; \varepsilon_R = 0,07 = 7\%$$

11. Графики.

Опыт 1

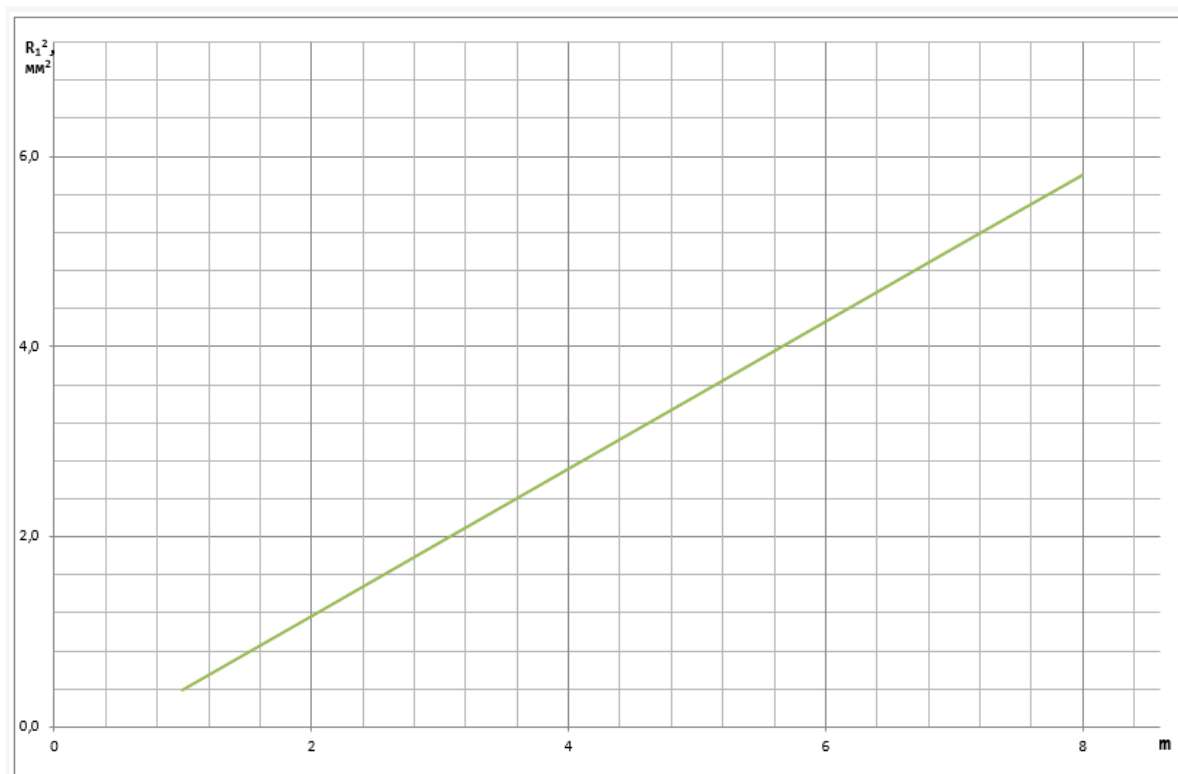


Темные кольца



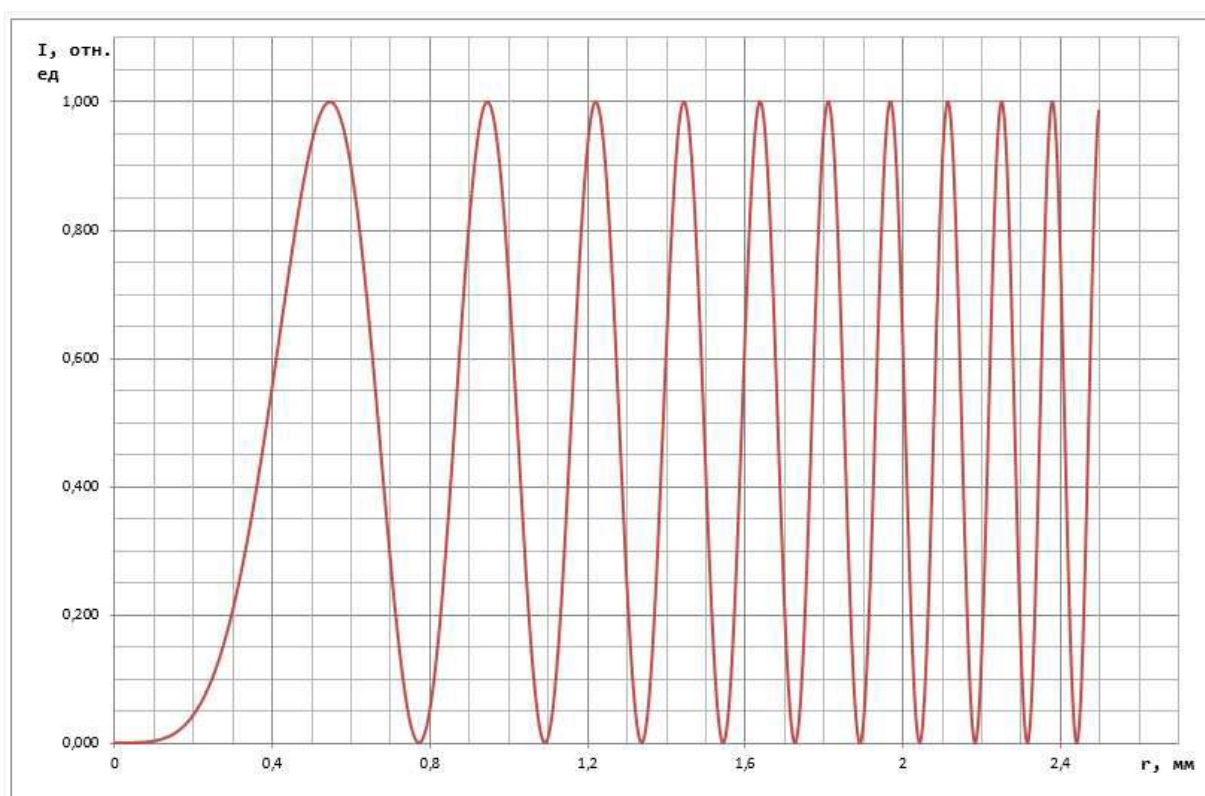
Характер зависимости: линейная

Светлые кольца

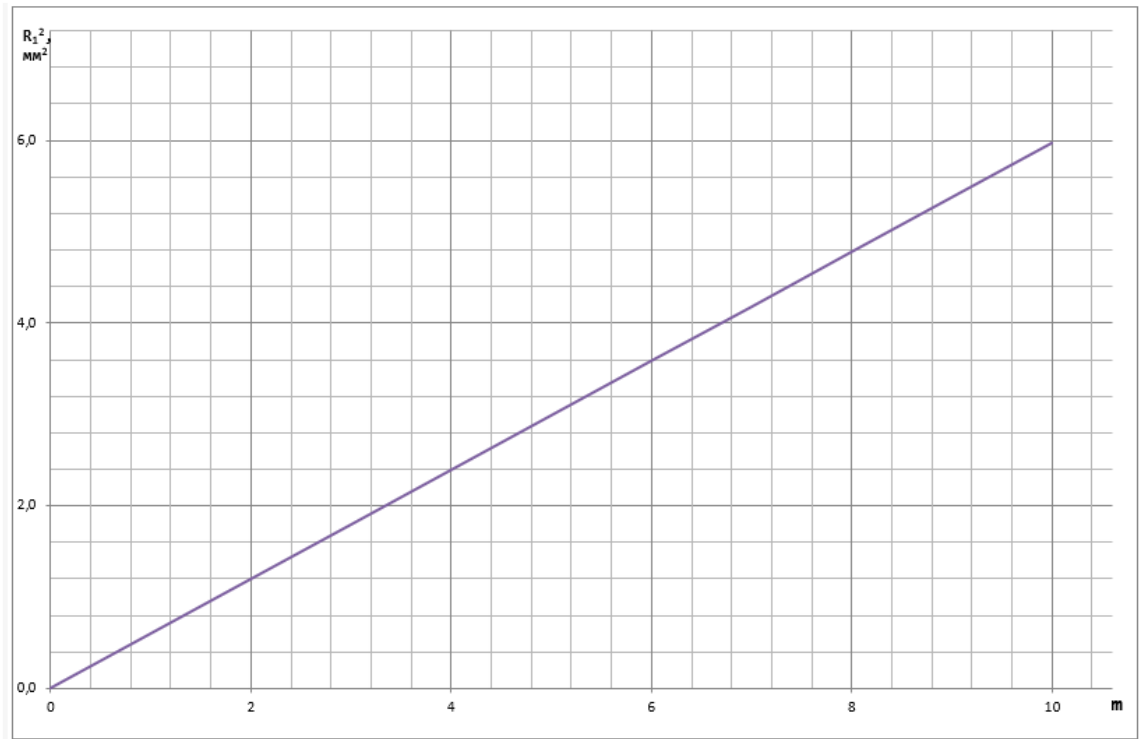


Характер зависимости: линейная

Опыт 2

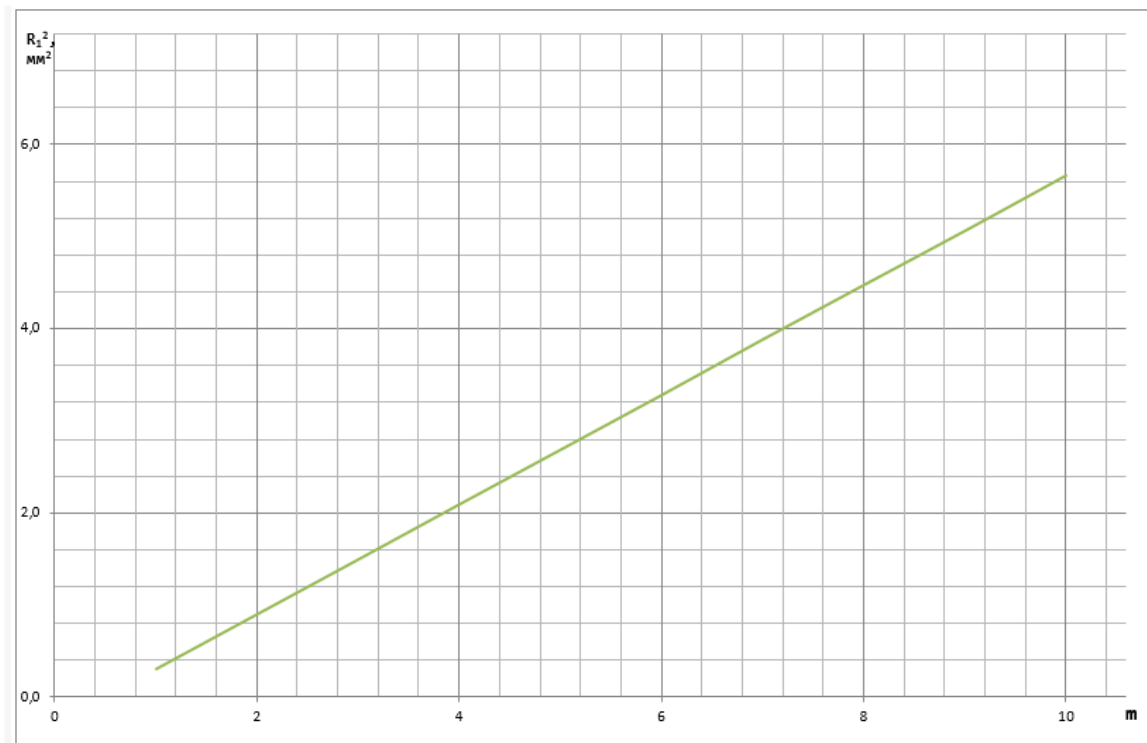


Темные кольца



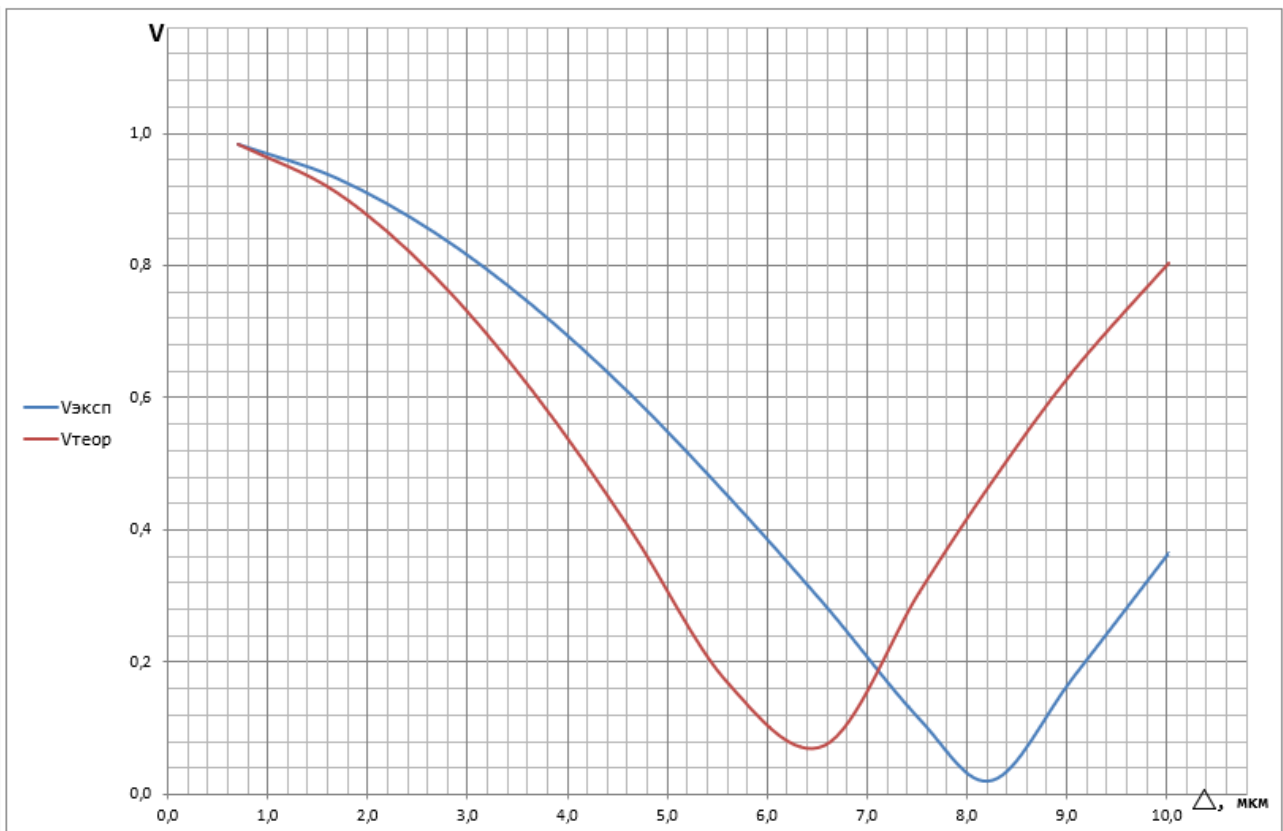
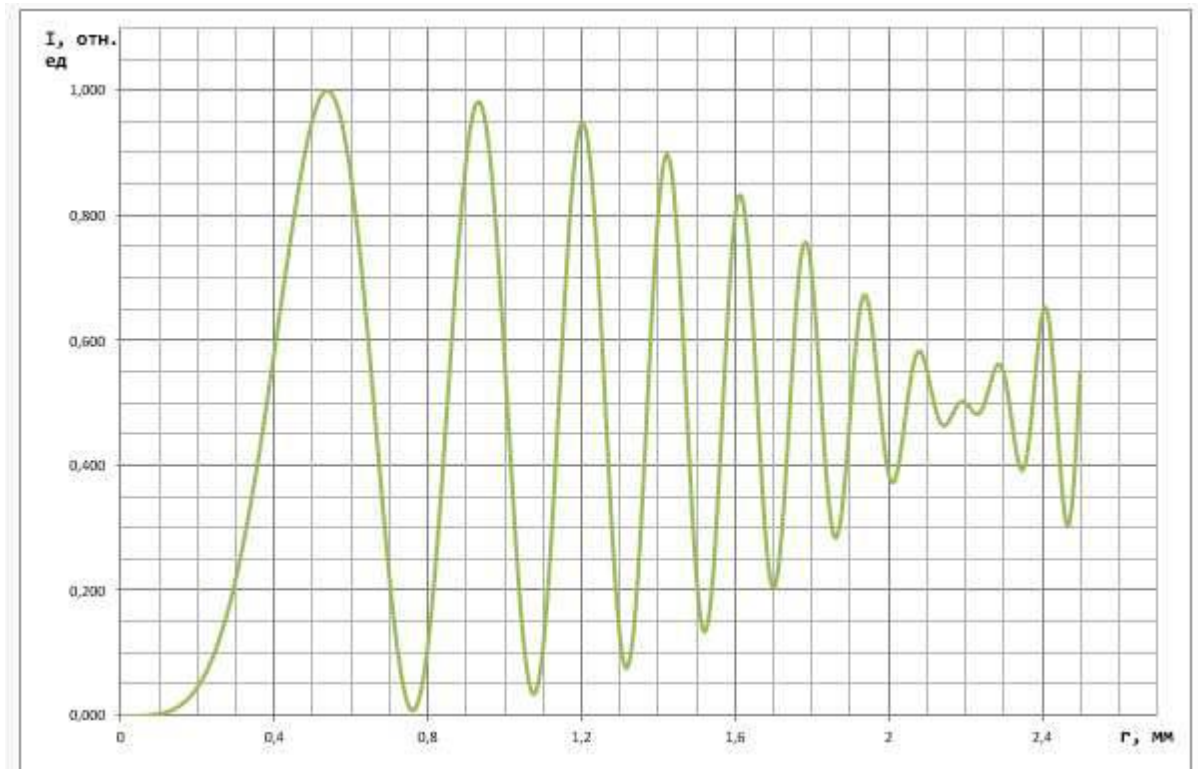
Характер зависимости: линейная

Светлые кольца

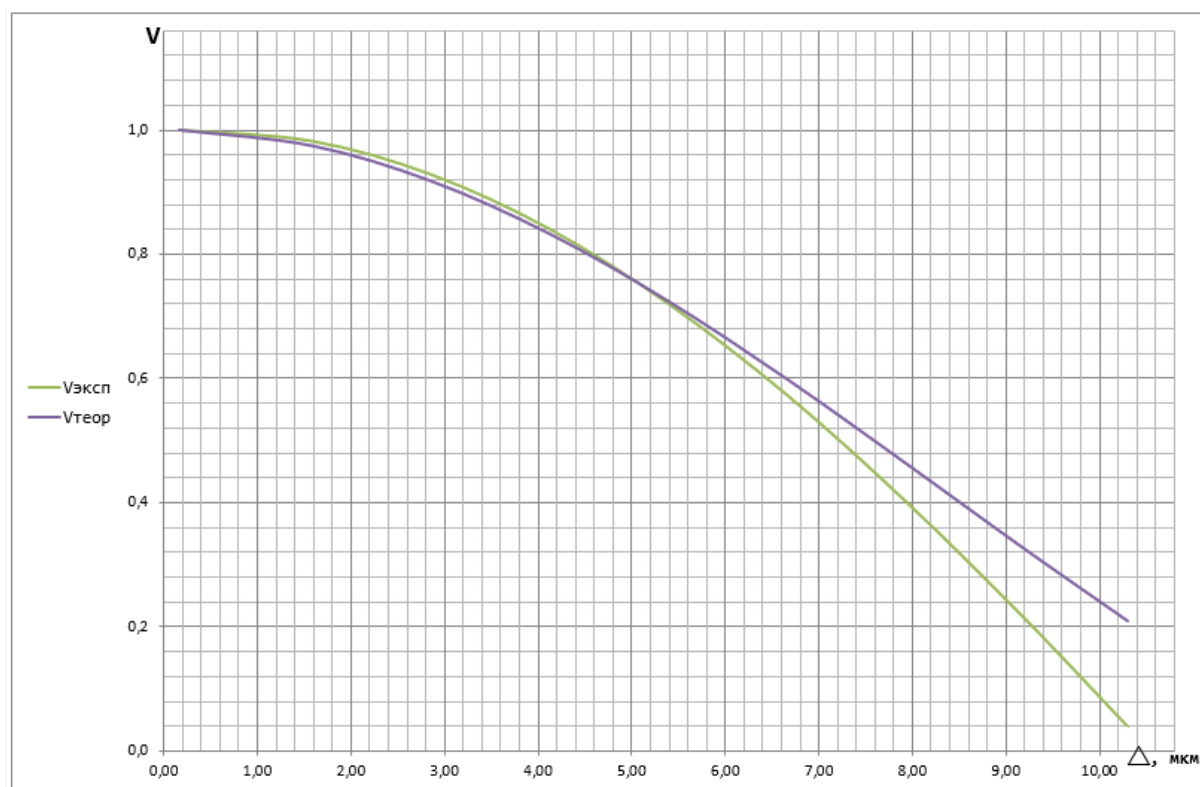
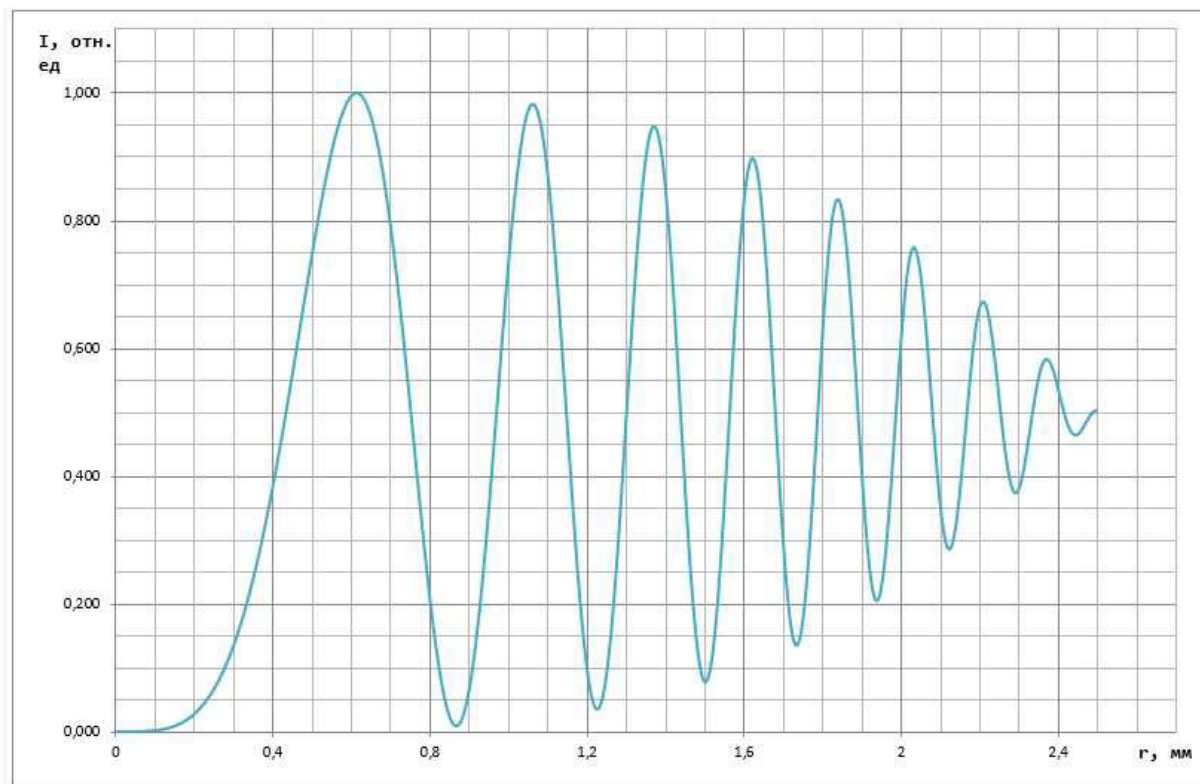


Характер зависимости: линейная

Опыт 3



Опыт 4



12. Окончательные результаты.

Опыт 1: $R = (1,00 \pm 0,19)\text{м}$; $\varepsilon_R = 19\%$; $\alpha = 0,95$

Опыт 2: $R = (0,80 \pm 0,05)\text{м}$; $\varepsilon_R = 7\%$; $\alpha = 0,95$

13. Выводы и анализ результатов работы.

Итак, в ходе выполнения данной лабораторной работы я изучил интерференционную картину колец Ньютона. Определил радиус кривизны плоско-выпуклой линзы с помощью интерференционной картины колец Ньютона.