

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

---

## Кольца Ньютона

---

Хомутов Андрей, Б06-903  
ФБМФ, 2021

# Цели работы

Познакомиться с явлением интерференции в тонких плёнках (полосы равной толщины) на примере колец Ньютона и с методикой интерференционных измерений кривизны стеклянной поверхности.

## 1 Теоретическая часть

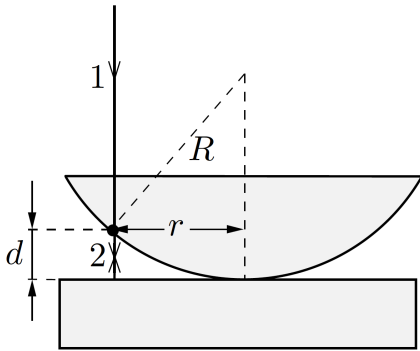


Рис. 1: Ход лучей в линзе

Этот классический опыт используется для определения радиуса кривизны сферических поверхностей линз. В этом опыте наблюдается интерференция волн, отражённых от границ тонкой воздушной прослойки, образованной сферической поверхностью линзы и плоской стеклянной пластиной. При нормальном падении света (рис. 1) интерференционные полосы локализованы на сферической поверхности и являются полосами равной толщины.

Геометрическая разность хода между интерферирующими лучами равна удвоенной толщине воздушного зазора  $2d$  в данном месте. Для точки на сферической поверхности, находящейся на расстоянии  $r$  от оси системы, имеем

$r^2 = R^2 - (R - d)^2 = 2Rd - d^2$ , где  $R$  — радиус кривизны сферической поверхности.

При  $R \gg d$  получим  $d = r^2/2R$ . С учётом изменения фазы на  $\pi$  при отражении волны от оптически более плотной среды (на границе воздух-стекло) получим *оптическую разность хода интерферирующих лучей*:

$$\Delta = \frac{\lambda}{2} + 2d = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

Из условия интерференционного минимума  $\Delta = \frac{(2m+1)\lambda}{2}$ ,  $m = 0, 1, 2, \dots$  получим радиусы темных колец  $r_m$ :

$$r_m = \sqrt{m\lambda R}. \quad (2)$$

Из аналогичного условия максимума  $\Delta = m\lambda$  радиусы светлых  $r'_m$

$$r'_m = \sqrt{\frac{(2m-1)\lambda R}{2}}. \quad (3)$$

## 2 Практическая часть

Были измерены координаты колец слева и справа от центра. Погрешность измерения  $\delta_x = 2$  ед. измерения шкалы (по 1 на погрешность шкалы и "визуальную" ошибку определения положения кольца). Результаты с расчетом квадрата радиуса представлены в таблице 1.

Из формул 2 и 3 следует что по наклону зависимости квадрата радиуса колец от их номера (рис. 3) можно определить радиус кривизны линзы  $R = \frac{k}{\lambda}$ . Учитывая  $\lambda_g = 546$  нм, получаем  $R = 1.45 \pm 0.14$  см.

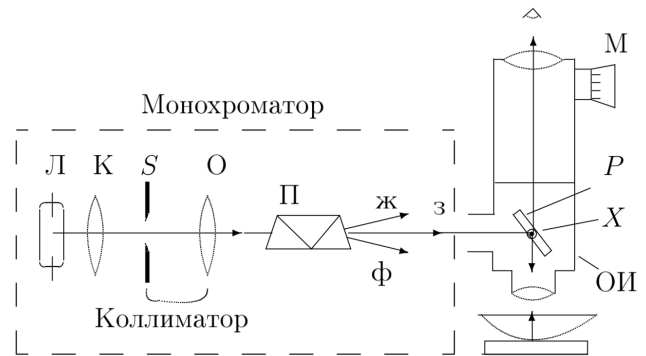


Рис. 2: Экспериментальная установка

Таблица 1: Радиусы колец Ньютона

№	Темные кольца			$\delta_{r^2} \cdot 10^3, \text{ мм}^2$	Светлые кольца			
	x1, мм	x2, мм	$r^2 \cdot 10^3, \text{ мм}^2$		x1	x2	$r'^2 \cdot 10^3, \text{ мм}^2$	$\delta_{r'^2} \cdot 10^3, \text{ мм}^2$
0	0,36	0,445	1,81	0,04	-	-	-	-
1	0,318	0,496	7,92	0,16	0,342	0,473	4,29	0,09
2	0,281	0,533	15,9	0,3	0,3	0,516	11,66	0,25
3	0,248	0,561	24,5	0,6	0,266	0,547	19,7	0,4
4	0,227	0,587	32,4	0,8	0,239	0,573	27,9	0,7
5	0,206	0,606	40,0	1,0	0,217	0,597	36,1	0,9
6	0,187	0,625	48,0	1,3	0,201	0,614	42,6	1,1
7	0,168	0,641	55,9	1,7	0,178	0,633	51,8	1,5
8	0,15	0,656	64,0	2,1	0,16	0,649	59,8	1,9
9	0,136	0,674	72,4	2,6	0,143	0,666	68,4	2,3
10	0,123	0,688	80	3	0,129	0,68	75,9	2,8

Освещая установку зеленым и желтым светом ( $\lambda_y = 578$  нм) можно было наблюдать периодическое ухудшение видимости интерференционной картины (биения). Между двумя соседними центрами четких систем уложилось  $\Delta m = 19$  колец. Таким образом, разность длин волн можно рассчитать как:

$$(\Delta m + 1)\lambda_g = \Delta m\lambda_y \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{\lambda_g}{\Delta m} \simeq 29 \text{ нм.}$$

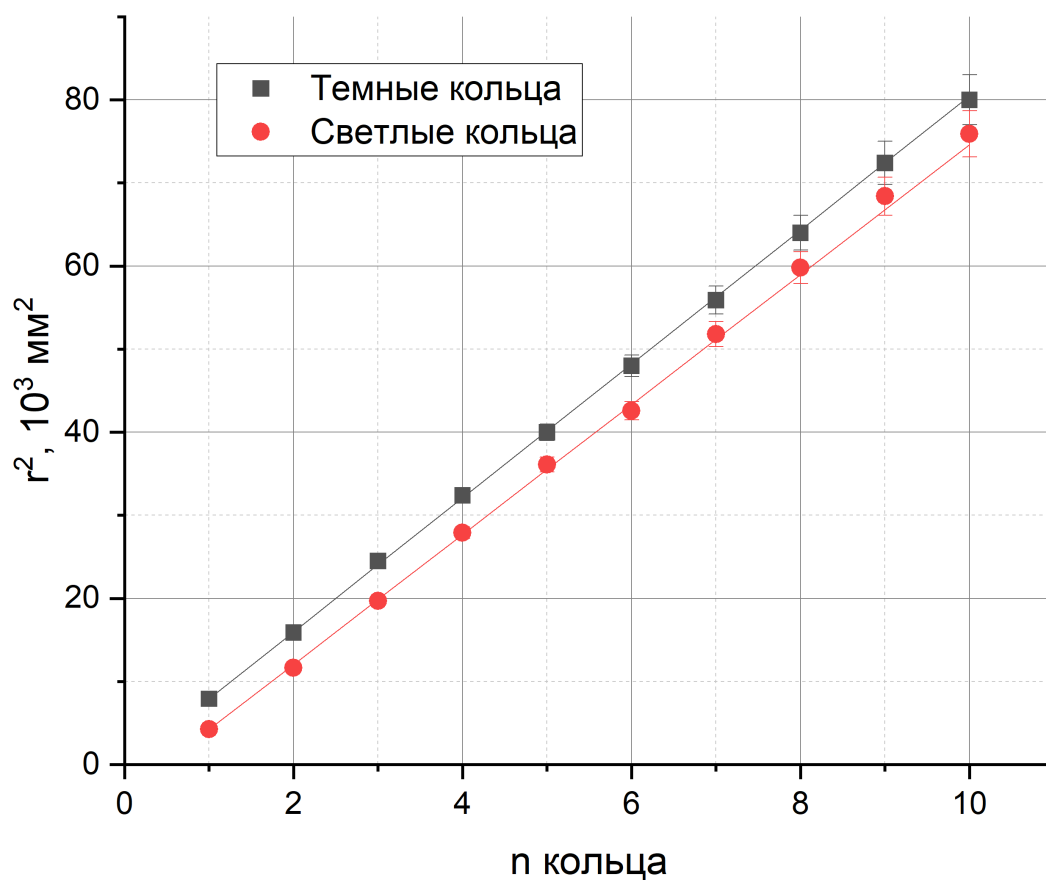


Рис. 3: Зависимость квадрата радиуса от номера кольца

### 3 Выводы

1. Была получена интерференционная картина колец Ньютона. По зависимости радиуса колец от их номера был вычислен радиус кривизны линзы из установки
2. Были получены биения. По периоду изменения видности была оценена разность длин волн, получившееся равно 29 нм. Одидаемая - 32 нм.