

Лабораторная работа №4.2.1  
Кольца Ньютона

Гёлецын А.Г.

7 мая 2023 г.

**Цель работы:** познакомиться с явлением интерференции в тонких пленках на примере колец Ньютона и с методикой интерференционных измерений кривизны стеклянной поверхности.

## 1 Теоретическая часть

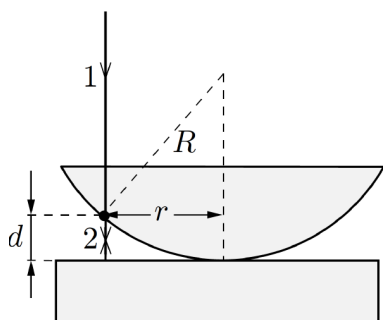


Рис. 1: Экспериментальная установка

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 (рис. 1).

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  $r_m$ , а из аналогичного условия максимума  $\Delta = m\lambda$  радиусы светлых  $r'_m$ :

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

## 2 Ход работы

### 2.1 Калибровка шкалы микроскопа

На рис. 2 видно, что 6 делениям микроскопа соответствуют 5.9 делений откалиброванной шкалы. Следовательно, 1 деление микроскопа  $\approx 98.3$  мкм.

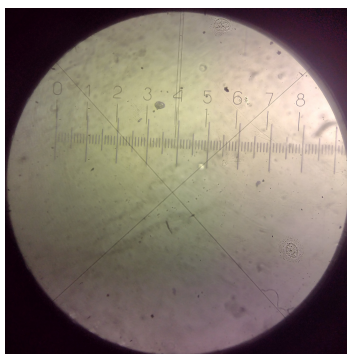


Рис. 2: Калибровка шкалы микроскопа

## 2.2 Измерение радиуса кривизны линзы

m	$r_m$ , МКМ	m	$r'_m$ , МКМ
1	87.5	1	62.4
2	120.9	2	107.6
3	148.9	3	135.7
4	171.5	4	160.2
5	190.7	5	180.9
6	209.4	6	199.5
7	225.6	7	216.8
8	240.8	8	233.5
9	255.6	9	247.7
10	269.8	10	262.0
11	281.1	11	275.7

Таблица 1: Радиусы темных ( $r_m$ ) и светлых ( $r'_m$ ) колец

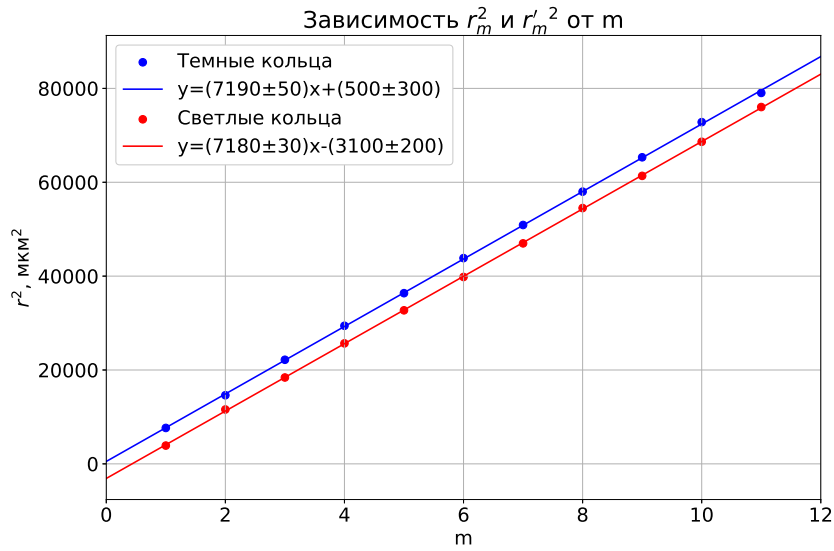


Рис. 3: Линеаризованные графики радиусов колец

Как видим, наклоны прямых практически равны, поэтому для простоты возьмем среднее значение  $(7185 \pm 40)$  мкм<sup>2</sup>. Согласно формулам (1) и (2) наклоны прямых равны  $\lambda \cdot R$ . Длины волн компонент желтого дуплета ртутной лампы  $577 \pm 10$  нм. Отсюда можем найти радиус кривизны линзы

$$R = (1.25 \pm 0.02) \text{ см} \quad (3)$$

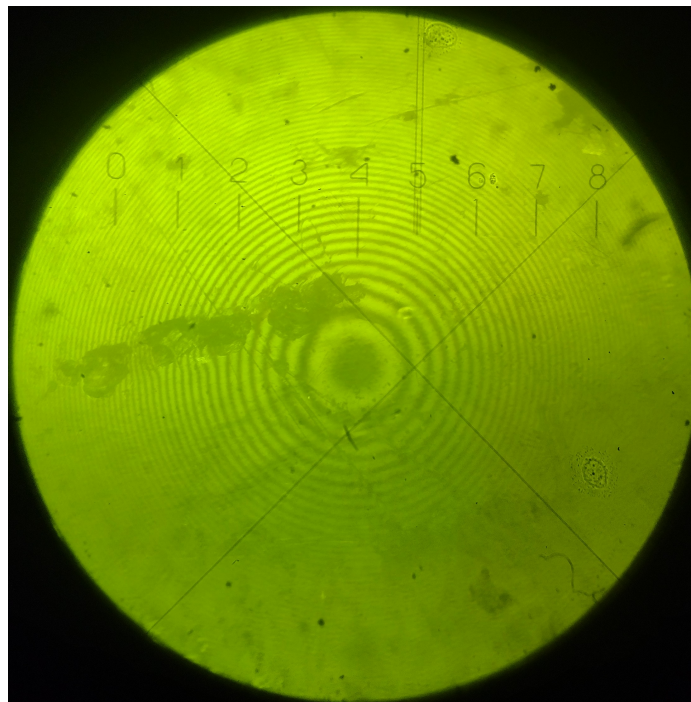


Рис. 4: Кольца Ньютона

### 2.3 Биения

При пропускании света с двумя компонентами монохроматичности возникают биения вследствие наложения двух систем колец. Когда максимумы одной системы ложатся на минимумы другой системы, четкость картинке теряется. Период границ четкости (в кольцах) приблизительно равен  $\Delta m = \lambda / \Delta \lambda$ . Визуальными измерениями получили период границ четкости в 18 полос.  $\lambda \approx 577 \text{ нм} \implies \Delta \lambda \approx 32 \text{ нм}$ . Из данных про спектр ртутной лампы имеем  $\lambda_1 = 577 \text{ нм}$ ,  $\lambda_2 = 546 \text{ нм}$ ,  $\Delta \lambda_{\text{табл}} = 33 \text{ нм}$ .

## 3 Выводы

Успешно наблюдали кольца Ньютона, которые появляются вследствие многолучевой интерференции в зазоре между линзой и черным стеклом. Радиусы светлых и темных колец с хорошей точностью описываются теоретической формулой.

Пронаблюдали биения интерференционной картины вследствие немонохроматичности света. Оценка разности длин волн спектральных компонент в световой смеси достаточно близко к табличным значениям, однако это ни о чем не говорит, потому что оценка строится на не совсем точных принципах, а погрешность измерения границ четкости сильно большая из-за незоркого зрения наблюдателя.