

Московский Физико-Технический Институт  
(государственный университет)

---

## Работа 4.2.1

---

Сибгатуллин Булат, ФРКТ

**Цель работы:**

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

**В работе используются:**

измерительный микроскоп с опак-иллюминатором; плоско-выпуклая линза; пластинка из черного стекла; ртутная лампа типа ДРШ; щель; линзы; призма прямого зрения; объектная шкала.

**Экспериментальная установка**

На рис. 1. представлена схема наблюдения колец Ньютона. Найти радиус кривизны сферической поверхности такой линзы можно зная формулы для радиусов темных и светлых колец. Радиус темных колец:

$$r_m = \sqrt{m\lambda R} \quad (1)$$

Радиус светлых колец:

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

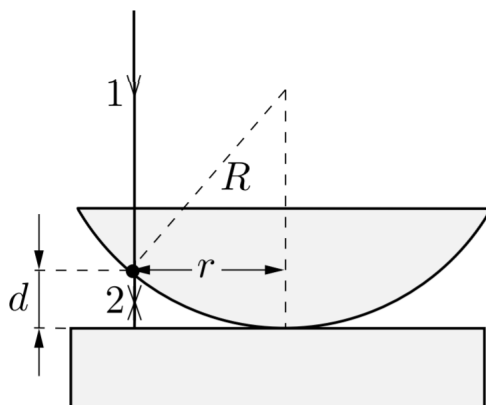


Рис. 1: Схема наблюдения колец Ньютона

В нашей установке кольца Ньютона образуются при интерференции световых волн отраженных от границ тонкой воздушной прослойки заключенной между выпуклой поверхностью линзы и плоской стеклянной пластинкой.

Линии постоянной разности хода представляют собой концентрические кольца с центром в точке соприкосновения. Для протяженного источника линии равной толщины локализованы на поверхности линзы, если пластинка лежит на линзе, и вблизи поверхности линзы, если линза лежит на пластинке, как в нашем случае.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Опыт выполняется с помощью измерительного микроскопа. На столике микроскопа помещается держатель с пластинкой черного стекла, на которой находится исследуемая линза.

Источником света служит ртутная лампа. Монохроматический свет получается в результате применения монохроматора, состоящий из конденсатора К, коллиматора (щель S

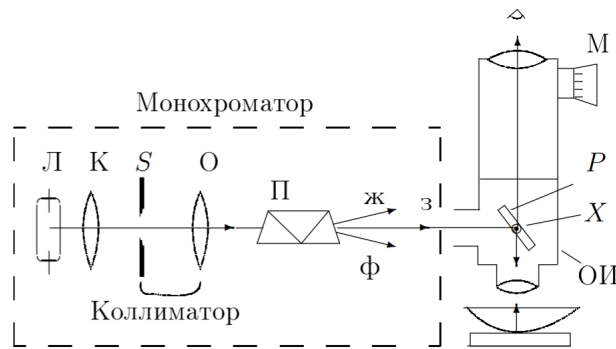


Рис. 2: Схема установки для наблюдения колец Ньютона

и объектив О) и призмы прямого зрения П. Свет от монохроматора попадает на расположенный между объективом и окуляром микроскопа опак-иллюминатор (ОИ). Внутри опак-иллюминатора находится полупрозрачная стеклянная пластинка Р, наклоненная под углом  $45^\circ$  к оптической оси микроскопа. Свет частично отражается от этой пластинки, проходит через объектив и попадает на исследуемый объект.

Столик микроскопа может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью винтов преперетоводителя. Отсчетный крест окулярной шкалы перемещается перпендикулярно оптической оси с помощью микроскопического винта М. Пластинка в опак-иллюминаторе может поворачиваться вокруг горизонтальной оси Х, сам опак-иллюминатор – вокруг вертикальной оси.

## Выполнение работы

1. Настроим микроскоп и монохроматор так, чтобы в микроскоп было видно чередующиеся темные и светлые кольца. Вращая окулярный микрометрический винт убедимся, что перекрестие проходит через середину достаточно удаленного, но все еще отчетливо видимого темного кольца.
2. Перемещая перекрестие, будем последовательно устанавливать его на середины темных и светлых колец и записывать соответствующие показания окулярной шкалы и микрометра в таблицу:

Темные кольца			Светлые кольца		
$m_{\text{тм}}$	$l_{\text{ок}}$	$l_{\text{мкм}}$	$m_{\text{св}}$	$l_{\text{ок}}$	$l_{\text{мкм}}$
0	3	61	1	2	84
1	2	45	2	2	18
2	1	94	3	1	75
3	1	55	4	1	38
4	1	26	5	1	11
5	0	91	6	0	84
6	0	71	7	0	60

3. Произведем калибровку окулярной шкалы и рассчитаем цену ее деления. Получим, что цена деления окулярной шкалы равняется  $\Delta l_{\text{ок}} \simeq 0,1 \text{ мм}$ . Пользуясь полученным значением рассчитаем радиусы темных колец по формуле

$$r_m = |l_{ок0} - l_{окm} + \frac{l_{мкм0} - l_{мкмm}}{100}| \cdot \Delta l_{ок},$$

аналогично рассчитаем радиусы светлых колец  $r'_m$ . Запишем получившиеся данные в таблицу:

	Темные кольца		Светлые кольца
$m_{\text{тм}}$	$l_{\text{тм}}, \text{ мм}$	$m_{\text{св}}$	$l_{\text{св}}, \text{ мм}$
0	0	1	0,077
1	0,116	2	0,143
2	0,167	3	0,186
3	0,206	4	0,223
4	0,235	5	0,250
5	0,270	6	0,277
6	0,290	7	0,301

Погрешность цены деления будем считать равной половине цены деления микрометра, то есть  $\Delta l = 0,0005 \text{ мм}$ .

4. Построим график зависимости квадратов радиусов колец от их номера.

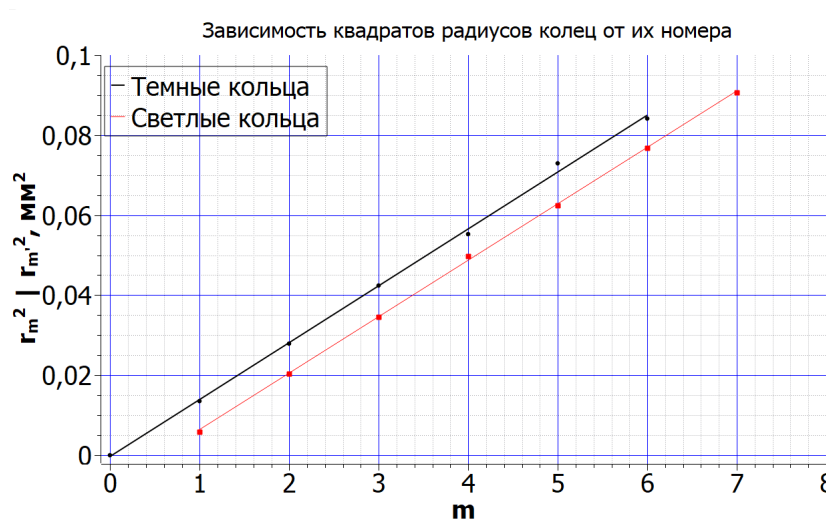


Рис. 3: График зависимости темных и светлых пятен от их номера

Получим зависимость вида  $y = a \cdot x + b$ :

	Темные кольца	Светлые кольца
a	$0,0142 \pm 0,0002$	$0,0141 \pm 0,0001$
b	$-0,0004 \pm 0,0008$	$-0,0077 \pm 0,0004$

5. Расфокусируем монохроматор и получим в микроскопе изображение биений. Посчитаем количество темных полос от центра одной четкой системы полос, до другой:  $\Delta m = 14$ . Оценим разность длины волн по формуле:

$$(\Delta m + 1)\lambda_3 = \Delta m\lambda_{\text{ж}} \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{\lambda_3}{\Delta m} \simeq 39 \text{ нм},$$

здесь  $\lambda_3 = 546 \text{ нм}$ . Теперь, подтвердив, что разность длин волн желтого и зеленого цвета:  $\lambda_{\text{ж}} - \lambda_3 \simeq 580 - 546 = 34$  примерно равны полученному нами значению, можем из графика посчитать радиус кривизны линзы  $R$  по формуле (1):

$$a_{\text{св}} = \lambda \cdot R$$

Наконец получим значение для  $R$ :

$$R = \frac{a_{\text{св}}}{\lambda_3} = 2,60 \pm 0,04 \text{ см}$$

## Вывод

Таким образом, мы подтвердили, что лампа излучает свет зеленого цвета. В результате определения того, что разница длин волн желтого и зеленого света ртутной лампы примерно равна  $\Delta\lambda = 39$ , в то время как табличный результат — 34 нм. Это может быть объяснено небольшой неточностью определения числа  $\Delta m$  из-за подрагиваний линзы, что осложняло подсчет колец с малой толщиной.

Также мы построили графики зависимости радиусов колец Ньютона от их номеров. Полученный результат позволил нам рассчитать радиус линзы —  $R = (2,60 \pm 0,04)$ .