

## 4.2.1. Кольца Ньютона.

Береснева А. П. (Б04-901)

Март 2021 года

### Цель работы:

ознакомление 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; плосковыпуклая линза; пластинка из черного стекла; ртутная лампа ПРК-4; щель; линзы; призма прямого зрения; объектная шкала.

### Экспериментальная установка:

Опыт выполняется с помощью измерительного микроскопа. На столике микроскопа помещается держатель с полированной пластинкой из черного стекла, на котором лежит исследуемая линза.

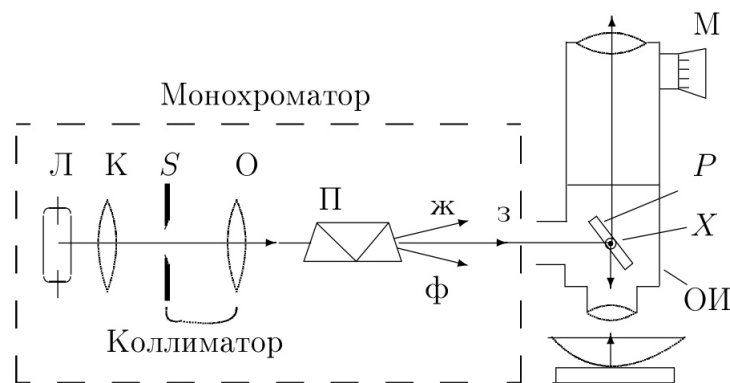


Рис. 1: Схема установки для наблюдения колец Ньютона.

Между окуляром и объективом микроскопа расположен опак-иллюминатор — устройство для освещения объекта при работе в отраженном свете. Внутри опак-иллюминатора находится полупрозрачная стеклянная пластинка  $P$ , наклоненная под углом  $45^\circ$  к оптической оси микроскопа. Свет от расположенного сбоку источника частично отражается от этой пластинки, проходит через объектив микроскопа и попадает на объект. Окуляр перемещается перпендикулярно оптической оси микроскопа метрическим винтом.

Для монохроматизации света применяется призмный монохроматор, состоящий из конденсора  $K$ , щели  $S$ , объектива  $O$  и призмы прямого зрения  $\Pi$ .

Оптическая схема позволяет получить в плоскости входного окна опак-иллюминатора достаточно хорошо разделённые линии спектра ртутной лампы.

## Теоретическое введение:

Кольца Ньютона образуются при интерференции световых волн, отраженных от границ тонкой воздушной прослойки, заключенной между выпуклой поверхностью линзы и плоской стеклянной пластинкой.

$$\Delta = 2d + \frac{\lambda}{2} = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2}$$

Запишем условие минимума освещенности в интерференционной картине:

$$\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$

получаем для радиусов темных колец:

$$r_m = \sqrt{m\lambda R}$$

Аналогично для радиусов светлых колец:

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

## Ход работы:

В работе предлагается определить радиус кривизны линзы, измерив диаметры колец Ньютона; исследовать картину биений и рассчитать разность длин волн между желтой и зеленой спектральными линиями ртути.

### Определение радиуса кривизны линзы.

После настройки микроскопа проведем измерения диаметров колец Ньютона. Измерения проводим в безразмерных единицах окулярной шкалы, переведенной затем в реальную величину с помощью калиброванной объектной шкалы.

Определим цену деления: 0,1 мм эталонной шкалы = 103 дел. ЦД =  $0,97 \cdot 10^{-6} \pm 0,009 \cdot 10^{-6}$  м.

Определим по наклону прямых графика (Рис.2.)  $R$  — радиус кривизны линзы.

$$k_{min} = 7,05 \cdot 10^{-9} \pm 0,04 \cdot 10^{-9}$$

$$k_{max} = 7 \cdot 10^{-9} \pm 0,04 \cdot 10^{-9}$$

$$r_{min}^2 = m\lambda R \rightarrow R_1 = \frac{k_{min}}{\lambda} = 0,01225\text{м} \rightarrow 6R_1 = \frac{6k_{min}}{\lambda} = 6 \cdot 10^{-5}\text{м}$$

$$r_{max}^2 = (2m - 1) \frac{\lambda R}{2} \rightarrow R_2 = \frac{k_{max}}{\lambda} = 0,01215\text{м} \rightarrow 6R_2 = \frac{6k_{max}}{\lambda} = 7 \cdot 10^{-5}\text{м}$$

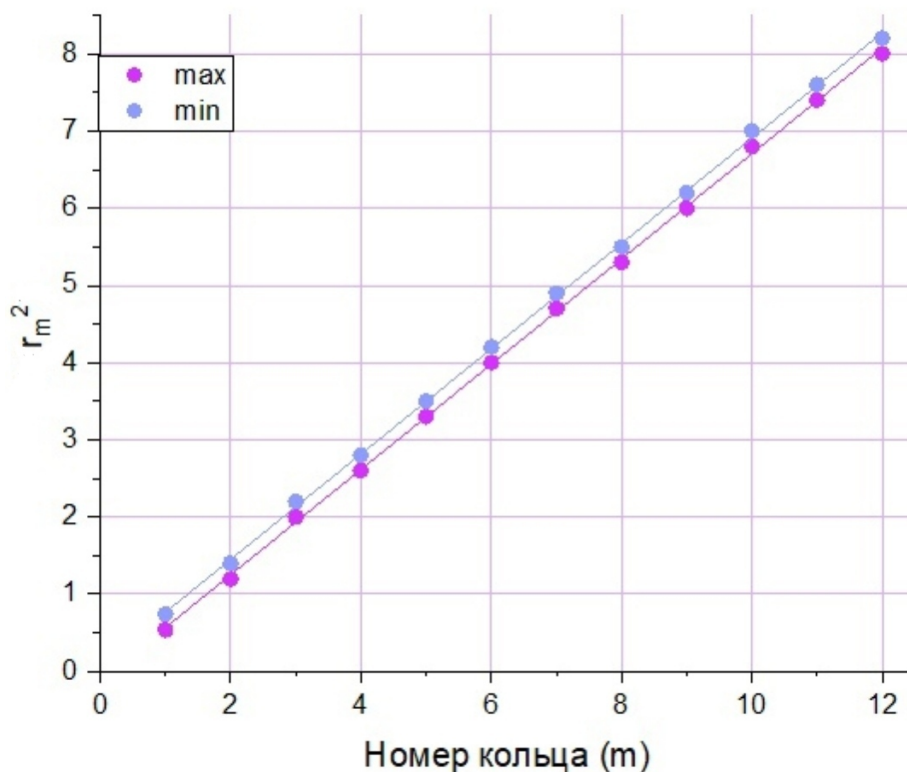


Рис. 2: График зависимости радиусов колец от их номера.

### Наблюдение «биений».

Убираем монохроматор. В опак-иллюминатор поступает свет от ртутной лампы, в спектре которой преобладают желтый и зеленый цвета. Из-за того, что волны желтого и зеленого лучей имеют разную длину, мы видим картину биений — череду четких систем колец и нечетких.

Посчитаем количество темных полос между соседними четкими системами:  $\Delta m = 16$ . Зная длину волны зеленого света, мы можем определить длину волны желтого и разность длин волн желтого и зеленого света ртутной лампы:

$$\lambda_1 m = \lambda_2 (m + 1) \rightarrow m = \frac{\lambda_2}{\Delta \lambda}$$

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda_2}{m} = \frac{576}{16} = 36 \text{ нм}$$

Табличное значение:  $\lambda = (565 - 590) \text{ нм}$ .

### Вывод:

В данной работе было зафиксировано явление интерференции в тонких пленках — кольца Ньютона, получено значение радиуса кривизны линзы:

$$R = 0,01220 \pm 0,00006 \text{ м}$$

Определили из экспериментального периода биений разницу длин волн зеленого и желтого света ртутной лампы, которая оказалась равна примерно  $\Delta \lambda = 36 \text{ нм}$ , табличное значение — 33 нм.

Приложение:

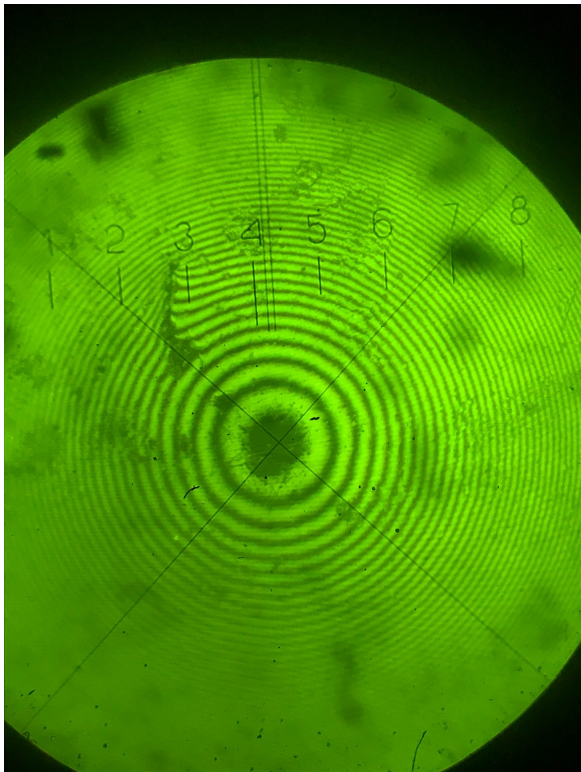


Рис. 3: Кольца Ньютона

0	max	300	u	78	мкм
12	min	1		83	
11	max	1		86	
11	min	1		90	
10	max	1		98	
10	min	1		5	
9	max	1		12	
9	min	1		19	
8	M	1		26	
8	m	1		32	
7	M	1		42	
7	m	1		52	
6	M	1		55	
6	m	1		65	
5	M	1		75	
5	m	1		83	
4	M	2		92	
4	m	2		3	
3	M	2		17	
3	m	2		29	
2	M	2		39	
2	m	2		53	
1	M	2		69	
1	m	3		81	
0	M	3		18,5	
Средняя толщина 70 1 максимум				79	
центр:					

Рис. 4: Полученные в работе значения