

Лабораторная работа №4.2.1

Кольца Ньютона

Цель работы

Познакомиться с явлением интерференции в тонких пленках на примере колец Ньютона и с методикой интерференционных измерений кривизны стеклянной поверхности.

Теория

Найдем толщину зазора между пластинкой и линзой из теоремы Пифагора:

$$R^2 = r^2 + (R - d)^2 \Rightarrow d \approx \frac{r^2}{2R} \quad (1)$$

Разность хода между интерферирующими лучами равна

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

Условие интерференционных минимумов (темных колец):

$$\Delta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda \Rightarrow r = \sqrt{m\lambda R} \quad (3)$$

В этом уравнении при целых m наблюдаются темные кольца, при полуцелых - светлые.

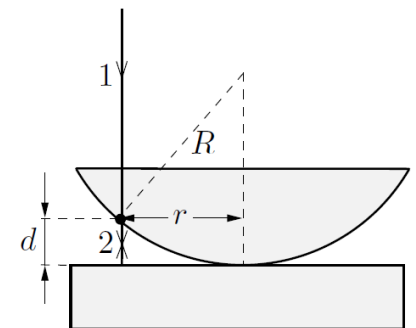


Рис. 1: Схема для наблюдения колец Ньютона в отраженном свете

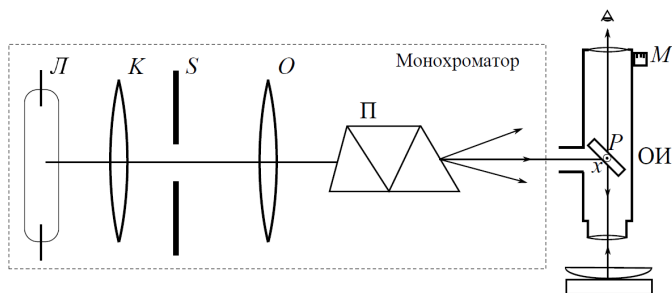


Рис. 2: Схема установки

Если входящий пучок состоит из 2 близких линий, то наблюдаются биения - размывание видности интерференционной картины. Условие биения - наложение максимума для одной длины волны на минимум для другой:

$$m\lambda_1 = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda_2 \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{\lambda}{2m} \quad (4)$$

Измерения

Основная часть

Снимем зависимость радиуса темных и светлых колец от номера Построим график зависимости $r^2(m)$. Угловой

n	−8.0	−7.5	−7.0	−6.5	−6.0	−5.5	−5.0	−4.5	−4.0	−3.5
x , дел	0.87	0.96	1.06	1.17	1.23	1.31	1.4	1.51	1.63	1.74
r , мм	−0.228	−0.220	−0.211	−0.202	−0.196	−0.189	−0.181	−0.171	−0.160	−0.151
r^2 , мм ²	0.052	0.049	0.045	0.041	0.039	0.036	0.033	0.029	0.026	0.023
$ n $	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5
n	−3.0	−2.5	−2.0	−1.5	−1.0	−0.5	0.0	0.5	1.0	1.5
x , дел	1.86	2.01	2.17	2.34	2.51	2.84	3.42	4.02	4.31	4.52
r , мм	−0.140	−0.126	−0.112	−0.097	−0.082	−0.052	0.000	0.054	0.080	0.099
r^2 , мм ²	0.020	0.016	0.013	0.009	0.007	0.003	0.000	0.003	0.006	0.010
$ n $	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	0.5	1.0	1.5
n	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
x , дел	4.71	4.91	5.05	5.18	5.29	5.39	5.49	5.61	5.69	5.79
r , мм	0.116	0.134	0.146	0.158	0.168	0.177	0.185	0.196	0.203	0.212
r^2 , мм ²	0.013	0.018	0.021	0.025	0.028	0.031	0.034	0.039	0.041	0.045
$ n $	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
n	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5
x , дел	5.88	5.98	6.04	6.12	6.21	6.27	6.33	6.4	6.46	6.52
r , мм	0.220	0.229	0.235	0.242	0.250	0.255	0.261	0.267	0.272	0.278
r^2 , мм ²	0.049	0.053	0.055	0.059	0.062	0.065	0.068	0.071	0.074	0.077
$ n $	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5
n	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
x , дел	6.61	6.68	6.75	6.82	6.91	6.95	7.02	7.08	7.14	7.18
r , мм	0.286	0.292	0.298	0.305	0.313	0.316	0.323	0.328	0.333	0.337
r^2 , мм ²	0.082	0.085	0.089	0.093	0.098	0.100	0.104	0.108	0.111	0.113
$ n $	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5
n	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0			
x , дел	7.23	7.29	7.34	7.37	7.41	7.45	7.49			
r , мм	0.341	0.347	0.351	0.354	0.358	0.361	0.365			
r^2 , мм ²	0.117	0.120	0.123	0.125	0.128	0.130	0.133			
$ n $	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0			

Таблица 1: Зависимость радиуса кольца от его номера

коэффициент прямой $\alpha = (6.85 \pm 0.03) \cdot 10^{-3}$ мм². Найдем радиус кривизны линзы:

$$R = \frac{\alpha}{\lambda} = (11.8 \pm 0.1) \text{ мм} \quad (5)$$

Биения

Получим биения. Для этого направим на установку 2 линии – зеленого и желтого цвета с длинами волны $\lambda_1 = 546$ нм и $\lambda_2 = 577$ нм. Количество полос между наиболее четким и наиболее размытым кольцом $\Delta m = 9 \pm 0.5$. Тогда по формуле (4) получаем $\Delta \lambda = (31 \pm 2)$ нм.

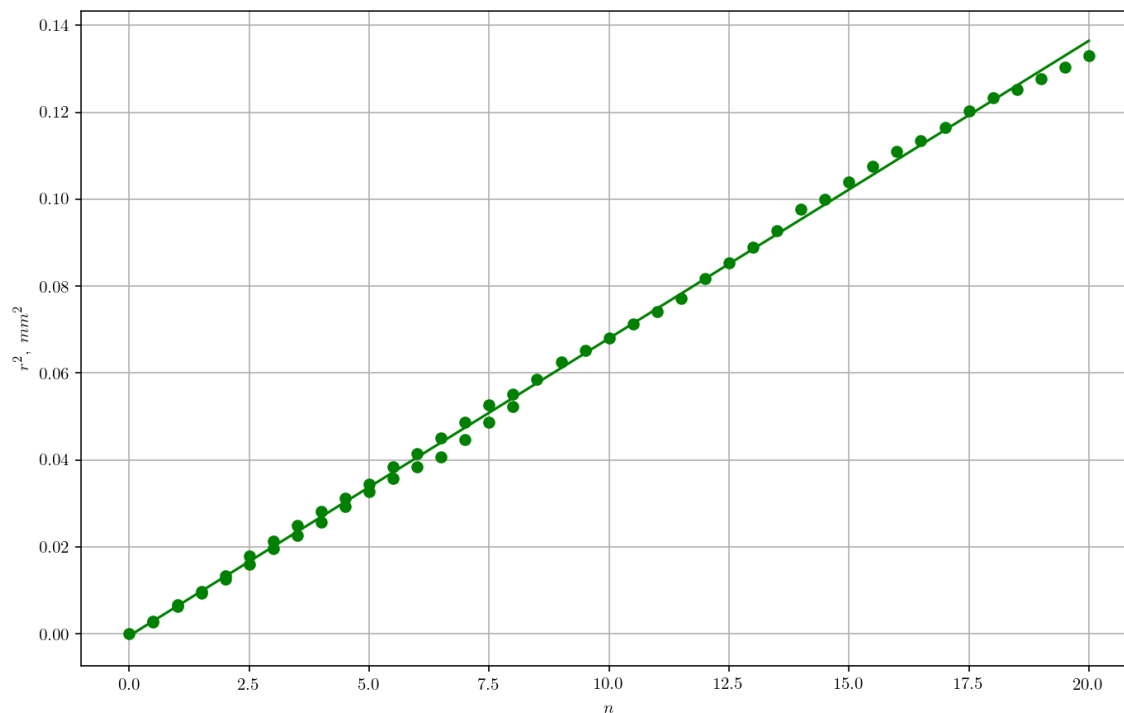


Рис. 3: График зависимости радиуса колец от их номера

Калибровка

0 деление шкалы видно при $x_1 = 0.17$ дел, 75 – при $x_2 = 8.54$ дел. Отсюда с учетом того, что у шкалы 100 дел = 1 мм, получаем 1 дел = 89.6 мкм.

Выводы

- Получена интерференционная картина колец Ньютона
- Измерена зависимость радиуса колец от их номеров
- Вычислен радиус кривизны линзы $R = (11.8 \pm 0.1)$ мм
- Получена картина биений для двух близких длин волн, вычислена разность $\Delta\lambda = (31 \pm 2)$ нм. У ртутной лампы зеленая линия имеет длину волны $\lambda_1 = 546$ нм, желтая – $\lambda_2 = 577$ нм $\Rightarrow \lambda_2 - \lambda_1 = 31$ нм. Таким образом полученные данные находятся в согласии с теорией.