

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4.3

Определение радиуса кривизны линзы с помощью колец Ньютона

Ознакомьтесь с теорией в конспекте и в учебниках: 1. Трофимова Т.И. Курс физики. Гл. 22, §174; 2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. Гл. 31, § 31.3. Запустите программу «Открытая физика 1.1». Выберите «Оптика» и «Кольца Ньютона». Нажмите вверху внутреннего окна кнопку с изображением страницы. Прочитайте краткие теоретические сведения. Необходимое запишите в свой конспект. (Если вы забыли, как работать с системой компьютерного моделирования, прочитайте ВВЕДЕНИЕ еще раз.)

Цель работы

- Знакомство с моделированием явления интерференции света в тонких пленках.
- Изучение интерференции полос равной толщины в схеме колец Ньютона.
- Определение радиуса кривизны линзы.

Краткая теория

Классическим примером полос равной толщины являются кольца Ньютона. Они наблюдаются при отражении света от воздушного зазора, образованного плоскопараллельной пластинкой и соприкасающейся с ней плосковыпуклой линзой с большим радиусом кривизны (рис.1).

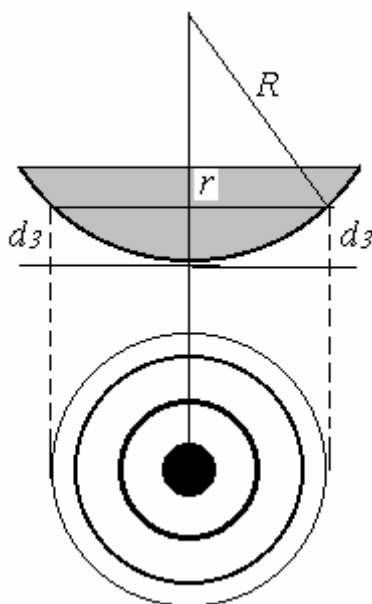


Рис. 1

Если на линзу падает пучок монохроматического света, то световые волны, отраженные от верхней и нижней поверхностей воздушной прослойки, будут интерферировать между собой. При этом образуются интерференционные полосы, имеющие форму концентрических светлых и темных колец убывающей ширины.

В отраженном свете оптическая разность хода с учетом потери полуволны будет равна

$$\Delta = 2d + \frac{\lambda}{2}, \quad (1)$$

где d – толщина воздушного зазора.

Из рис. 1 следует, что

$$r^2 = R^2 - (R - d)^2 = 2Rd - d^2. \quad (2)$$

Учитывая, что d^2 является величиной второго порядка малости, то из (2) получим

$$d = \frac{r^2}{2R}. \quad (3)$$

Следовательно,

$$\Delta = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2}. \quad (4)$$

В точках, для которых оптическая разность хода равна

$$\Delta = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}, \quad (5)$$

возникают темные кольца. Из формул (4) и (5) радиус k -го темного кольца будет равен

$$r_k^2 = kR\lambda. \quad (6)$$

Формула (6) позволяет определить радиус кривизны линзы

$$R = \frac{r^2}{k\lambda}.$$

Вследствие деформации стекла, а также наличия на стекле пылинок невозможно добиться плотного примыкания линзы и пластины в одной точке. Поэтому при определении радиуса кривизны линзы пользуются другой формулой, в которую входит комбинация из двух значений радиусов интерференционных

колец r_m и r_n , что позволяет исключить возможный зазор в точке контакта линзы и стеклянной пластины

$$R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m - n)\lambda}. \quad (7)$$

Методика и порядок измерений

1. Внимательно рассмотрите окно опыта, показанное на рис. 2, и зарисуйте необходимое в свой конспект лабораторной работы.

2. Зацепите мышью движок регулятора длины волны монохроматического света и установите первое значение длины волны из табл. 1 для вашей бригады. Аналогичным образом установите первое значение радиуса кривизны линзы R .

Цель работы – проверить соответствие измеренного значения радиуса кривизны линзы и рассчитанного по формуле (7).

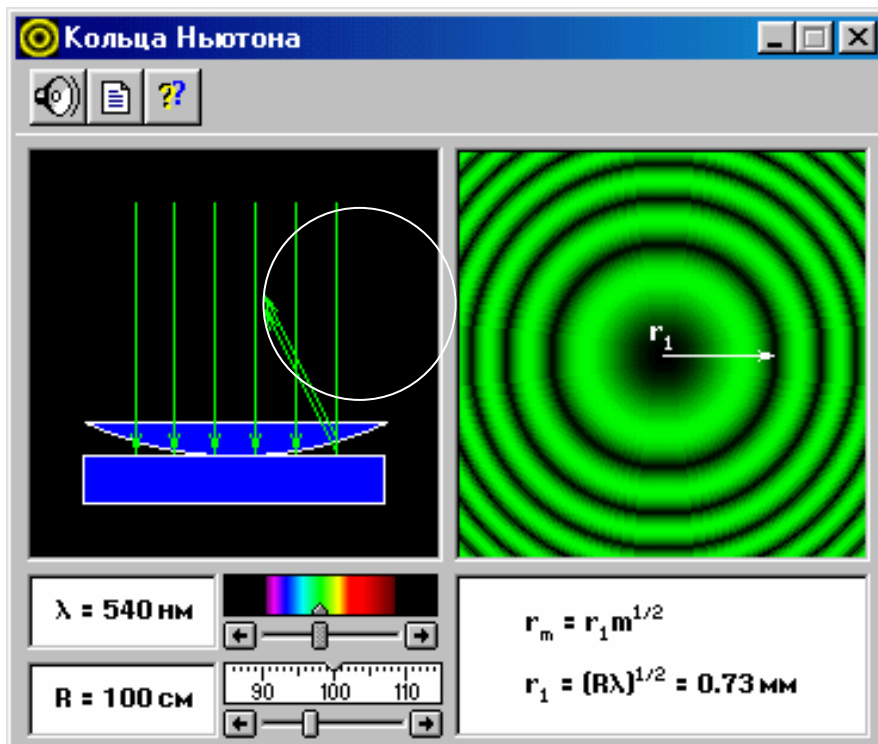


Рис. 2

3. По формуле $r_m = r_1 m^{\frac{1}{2}}$ и указанному значению r_1 в правом нижнем прямоугольнике окна опыта рассчитайте значения радиусов 3, 4, 5 и 6-го темных колец Ньютона и запишите эти значения в табл. 2.

4. По формуле (7) для $m_1 = 3$ и $n_1 = 5$ и $m_2 = 4$ и $n_2 = 6$ рассчитайте радиусы кривизны линзы R_1^* и R_2^* и запишите эти значения в таблицу по форме 1.

5. Установите мышью вторые значения радиуса кривизны линзы и длины волны из табл. 1 и выполните измерения пп. 3 и 4.

6. Проанализируйте полученные результаты и оцените погрешность проведенных измерений.

Таблица 1

Значения длины волны и радиуса кривизны линзы

Бригады	λ_1 , нм	λ_2 , нм	R_1 , см	R_2 , см
1,5	400	640	50	180
2,6	460	680	70	160
3,7	520	730	90	140
4,8	560	760	110	120

Форма 1

Результаты измерений и расчетов.

$\lambda_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$				$\lambda_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$			
r_3	r_5	r_4	r_6	r_3	r_5	r_4	r_6
$R_1^* =$		$R_2^* =$		$R_3^* =$		$R_4^* =$	

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое полосы равной толщины и равного наклона? Где они локализованы?
2. Проведите расчет интерференционной картины в тонкой пленке.
3. Что называется временем когерентности некогерентной волны?
4. Что называется длиной когерентности?
5. Почему для некогерентного света число видимых интерференционных колец будет ограниченным? От чего будет зависеть это число?
6. Объясните, почему расстояние между кольцами изменяется с изменением радиуса кривизны линзы при неизменной длине волны?
7. Как изменится картина колец Ньютона, если воздушный зазор между линзой и пластиной заполнить водой?
8. Почему в отраженном свете в центре наблюдается темное кольцо?
9. Как изменится картина колец Ньютона, если наблюдение проводить в проходящем свете?
10. Почему масляное пятно на поверхности жидкости имеет радужную окраску?
11. Объясните, как явление интерференции света в тонких пленках используется для просветления оптики?