

Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №82

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИУСА КРИВИЗНЫ ЛИНЗЫ И
ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ КОЛЕЦ НЬЮТОНА

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа №82

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИУСА КРИВИЗНЫ ЛИНЗЫ И ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ КОЛЕЦ НЬЮТОНА

Цель работы – ознакомиться с явлением интерференции света в тонких плёнках на примере колец Ньютона, определить радиус кривизны линзы, определить длину световой волны.

Приборы и принадлежности; плоская стеклянная пластинка, плосковыпуклая линза, осветитель, микрометрический винт, светофильтры.

Общие положения

Интерференция – это процесс наложения когерентных волн, в результате которого происходит перераспределение энергии волнового поля, т.е. образуются чередующиеся светлые (максимумы) и тёмные (минимумы) участки интерференционной картины.

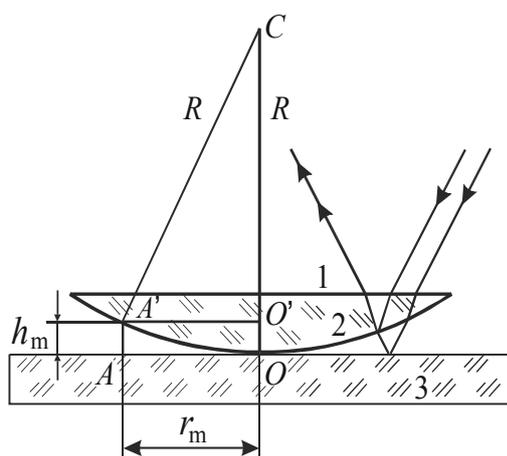


Рисунок 1

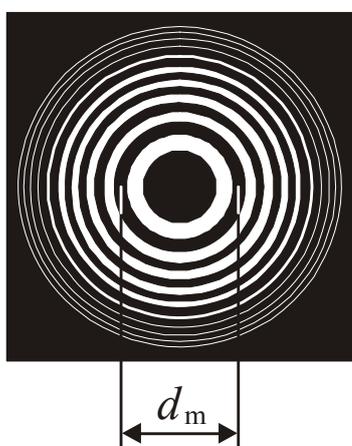


Рисунок 2

Когерентные волны – это волны, имеющие одинаковую частоту и проходящие в данную точку пространства с постоянной разностью фаз.

Интерференцию можно наблюдать при падении световой волны на тонкую прозрачную пластинку (или плёнку). При отражении света от обеих поверхностей пластинки возникают две когерентные световые волны, которые могут интерферировать. Примером интерференции в тонких плёнках являются кольца Ньютона.

В нашей установке кольца Ньютона образуются при интерференции световых волн, отражённых от границ тонкой воздушной прослойки, заключенной между выпуклой поверхностью линзы и плоской стеклянной пластинкой (рис. 1). Если на линзу падает пучок монохроматического света, то световые волны, отражённые от верхней и нижней границ воздушной прослойки, будут интерферировать между собой. При этом получается следующая картина: в центре – тёмное пятно, окру-

жённое светлыми и тёмными concentрическими кольцами убывающей ширины (рис. 2).

Рассчитаем размеры колец Ньютона в отражённом свете. Интерференция происходит между волнами, отражёнными от верхней и нижней поверхностей воздушной прослойки. Для вычисления разности фаз надо учитывать не только разность хода внутри воздушной прослойки, но также и изменение фазы вектора напряжённости электрического поля при отражении от оптически более плотной среды, т.е. на границе воздух – стекло. Это изменение приводит к появлению дополнительной разности фаз π . В результате приобретает дополнительную разность хода $\lambda/2$.

Оптическая разность хода лучей, отражённых от двух поверхностей, в соответствии с формулой тонкой плёнки будет равна

$$\Delta = 2h_m \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2}, \quad (1)$$

где h_m – толщина плёнки (толщина воздушного зазора) там, где наблюдается кольцо с номером m ;

n – показатель преломления плёнки ($n=1$, т.к. прослойка воздушная);

α – угол падения лучей ($\alpha=0$, т.к. свет направлен перпендикулярно поверхности линзы).

Из треугольника $A'O'C$ (см. рис. 1) найдем величину h_m , используя теорему Пифагора (выполните это самостоятельно):

$$h_m = \frac{r_m^2}{2R}, \quad (2)$$

где r_m – радиус кольца, имеющего номер m ;

R – радиус кривизны линзы.

Тёмное кольцо (минимум интерференции) наблюдается, если выполняется следующее условие:

$$\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}. \quad (3)$$

Из формул (1), (2), (3) получим:

$$r_m = \sqrt{mR\lambda}. \quad (4)$$

Из формулы (4) можно определить R (или λ), но, так как вследствие упругой деформации стекла невозможно добиться идеального соприкосновения сферической линзы и плоской пластинки в одной точке, то правильный результат получится, если вычислять R (или λ) по разности радиусов двух колец r_m и r_n . Окончательная формула будет иметь следующий вид:

$$R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m - n)\lambda}. \quad (5)$$

Для расчётов это выражение удобнее переписать так:

$$R = \frac{(d_m - d_n)(d_m + d_n)}{4(m - n)\lambda}, \quad (6)$$

где d_m и d_n – диаметры колец, m и n – соответствующие им номера колец.

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Запишите формулу, по которой Вы будете рассчитывать радиус линзы. Поясните смысл обозначений.
4. Запишите формулу, по которой Вы будете рассчитывать длину световой волны. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

Задание 1

Определение радиуса кривизны линзы

1. Включить осветитель в сеть. Установить красный светофильтр ($\lambda=660$ нм).
2. Перемещая линзу, добиться хорошей видимости колец Ньютона. В центре должно наблюдаться тёмное пятно.
3. Измерить диаметр первого тёмного кольца. Для этого указатель поочередно навести на диаметрально противоположные точки кольца (см. рис. 2) и снять отсчёты N_1 и N_2 по микрометрическому винту.
4. Измерить диаметры пяти тёмных колец согласно п. 3.

Задание 2

Определение длины световой волны

1. Заменить красный светофильтр на зелёный.
2. Измерить диаметры пяти тёмных колец согласно п. 2, 3 упражнения 1.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Рассчитать диаметр кольца равен как разность отсчётов:

$$d = |N_1 - N_2|.$$

2. Рассчитать радиус кривизны линзы по формуле (6) пять раз. Найти среднее значение радиуса.
3. Рассчитать пять раз длину световой волны, используя найденное значение радиуса кривизны линзы и формулу (6). Найти среднее значение длины волны.
4. Рассчитать абсолютную погрешность как для прямых измерений.
5. Найти относительную погрешность измерений. Результат представить в стандартном виде:

$$\lambda = \lambda_{\text{ср}} \pm \Delta\lambda$$

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какое явление изучалось в данной работе? В чём оно заключается?
2. Какие волны называются когерентными?
3. Запишите формулу тонкой плёнки. Поясните смысл обозначений.
4. Поясните рисунком, какие лучи интерferируют.
5. Сравните полученное экспериментально значение длины волны с табличным значением и сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 82

Выполнил(а) _____

Группа _____

Задание 1

Длина волны красного светофильтра $\lambda =$ _____

№ п/п	Номер кольца	N_1	N_2	d , мм	R , м
1					
2					
3					
4					
5					
среднее					

Задание 2

Цвет светофильтра _____

№ п/п	Номер кольца	N_1	N_2	d , мм	λ , нм
1					
2					
3					
4					
5					
среднее					

Дата _____

Подпись преподавателя _____