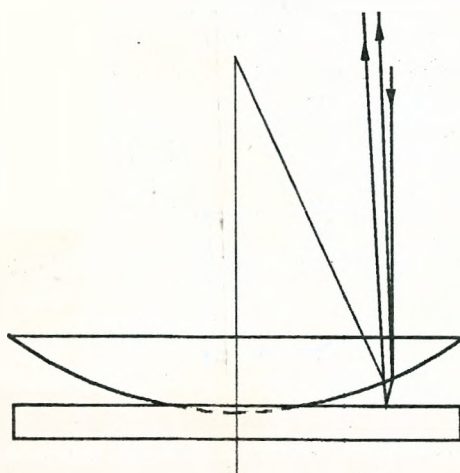


Министерство образования Республики Беларусь
Брестский политехнический институт
Кафедра физики

Лабораторные работы по оптике
и квантовой физике



**ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СВЕТА В
ТОНКИХ ПЛЕНКАХ НА ПРИМЕРЕ КОЛЕЦ НЬЮТОНА**

Лабораторная работа О6

Брест 1999

Методические указания по выполнению лабораторной работы «Об ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СВЕТА В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ НА ПРИМЕРЕ КОЛЕЦ НЬЮТОНА», Брест, ГПИ, 1999

В методических указаниях на примере колец Ньютона, получаемых в оптической схеме с двумя выпукло-вогнутыми линзами, рассмотрено явление интерференции света в тонких пленках.

Лабораторная работа предназначена для студентов всех инженерных специальностей и всех форм обучения в БПИ.

Авторы: К.И. Русаков, доцент, к.ф.-м.н.
А.С. Смаль, ассистент
Н.И. Чопчиц, доцент

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 06

“ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СВЕТА В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ НА ПРИМЕРЕ КОЛЕЦ НЬЮТОНА”

Цель работы: изучение явления интерференции света;
определение эффективного радиуса кривизны линзы с помощью колец Ньютона;
определение длин волн пропускания светофильтров.

Приборы и принадлежности: источник света; набор светофильтров;
установка для наблюдения колец Ньютона;
измерительный микроскоп МПБ-2.

1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.

Интерференцией волн называется наложение *когерентных волн*, приводящее к перераспределению светового потока в пространстве, т.е. образованию областей усиленных и ослабленных интенсивностей. Волны называются *когерентными* (согласованными), если разность фаз δ возбуждаемых ими колебаний в любой точке не изменяется за время наблюдения. Примером когерентных волн служат монохроматические волны одной частоты и одинаковой поляризации в предположении, что за время наблюдения условия распространения волн не изменяются.

Область, в которой перекрываются когерентные волны, называется **областью интерференции**. Если в область интерференции внести экран, то на нем будет видна **интерференционная картина** в виде чередующихся темных и светлых областей. Совокупность темной и светлой областей называют **интерференционной полосой**. В случае интерференции двух когерентных волн с интенсивностями I_1 и I_2 , соответственно, распределение интенсивности на экране определяется соотношением:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta. \quad (1.1)$$

В тех точках пространства, для которых разность фаз $\delta \in \left(-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right)$ (т.е. $\cos \delta > 0$), интенсивность I результирующего колебания будет превышать $I_1 + I_2$; в точках, для которых $\cos \delta < 0$, I будет меньше $I_1 + I_2$. Слагаемое $2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta$ в формуле (1.1) называется интерференционным членом. В частности, при $I_1 = I_2$, и разности фаз

$$\delta = 2\pi m \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots), \quad (1.2)$$

будет наблюдаться максимум интенсивности $I = 4I_1$, а когда

$$\delta = (2m+1)\pi \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots), \quad (1.3)$$

интенсивность будет минимальна, т.е. $I = 0$.

Выражения (1.2) и (1.3) называются **условиями интерференционного максимума и минимума**, соответственно. В случае *некогерентных* волн разность фаз δ изменяется со временем хаотичным образом, в результате интерференционный член в формуле (1.1) после усреднения по времени обращается в 0, и результирующая интенсивность получается всюду одинаковой $I = I_1 + I_2$.

Получить интерференционную картину, пользуясь независимыми источниками света, практически невозможно, поскольку колебания в этом случае некогерентны (если не использовать источники лазерного излучения). Поэтому на практике для наблюдения и исследования явления интерференции применяют методы, позволяющие разделить волну от одного источника света на две части. Эти две волны являются когерентными и, следовательно, могут интерферировать. Интерференционная картина в результате наложения полученных волн будет наблюдаться, если до попадания на экран (в точку наблюдения) они пройдут различные *оптические пути*, благодаря чему между интерферирующими волнами возникнет некоторая *разность хода* Δ .

Оптическая длина пути L в однородной среде равна произведению геометрической длины пути l , пройденного волной, на абсолютный показатель преломления n среды:

$$L = n l.$$

Оптическая разность хода (разность хода) Δ равна разности оптических путей L_1 и L_2 волн, прошедших геометрические пути l_1 и l_2 в средах с показателями преломления n_1 и n_2 , соответственно:

$$\Delta = L_1 - L_2 = n_1 l_1 - n_2 l_2.$$

При этом оптическая разность хода Δ волн связана с разностью фаз δ , возбуждаемых колебаний, следующим соотношением:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta \quad (1.4)$$

где λ_0 — длина волны света в вакууме. С учетом соотношения (1.4) можно записать **условия интерференционного максимума и минимума**, используя выражения (1.2) и (1.3):

$$\text{условие интерференционного максимума} - \Delta = m \lambda_0 \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots), \quad (1.5)$$

$$\text{условие интерференционного минимума} - \Delta = (m + \frac{1}{2}) \lambda_0 \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots). \quad (1.6)$$

Не следует думать, что интерференцию света можно наблюдать только в лабораторных условиях, применяя для этого специальные оптические устройства (например, бипризму Френеля (см. Лабораторную работу О7)). Явление интерференции проявляется и при отражении света от тонких прозрачных пленок одинаковой толщины (плоскопараллельной пластинки), а также пленок со слабо изменяющейся толщиной (клина). При-

мером интерференции света, наблюдающейся в естественных условиях, может служить радужная окраска таких тонких пленок (мыльных пузырей, пленок нефти или нефтепродуктов на поверхности воды, прозрачных пленок оксидов на поверхностях закаленных металлических деталей и т.п.). В этом случае разделение падающей волны на две происходит при ее отражении от передней и задней поверхностей пленки. Результат интерференции зависит от разности хода между этими волнами, приобретаемой накладывающимися волнами в пленке.

Рассматривая интерференцию света в тонких пленках, различают интерференционные полосы *равного наклона* и *равной толщины*.

Полосы равного наклона наблюдаются в тех случаях, когда на тонкую плоскопараллельную пленку падает под разными углами расходящийся (или сходящийся) пучок света. Таковы, например, условия освещения пленки протяженным источником или рассеянным солнечным светом. Оптическая разность хода лучей определяется углом падения света на пленку. Помещая на пути отраженного пучка света линзу, на экране наблюдают интерференционные полосы, каждой из которых соответствует определенное значение угла падения, поэтому они и называются полосами равного наклона.

Полосы равной толщины наблюдаются при отражении параллельного или почти параллельного пучка лучей света от тонкой прозрачной пленки с переменной толщиной d . Оптическая разность хода интерферирующих волн изменяется при переходе от одних точек на поверхности пленки к другим в соответствии с изменением толщины d , так что условия интерференции одинаковы в точках, соответствующих одинаковым толщинам d . Поэтому рассматриваемая интерференционная картина и называется полосами равной толщины. Если свет интерферирует в тонком прозрачном клине с малым углом при вершине, то полосы равной толщины параллельны ребру клина.

Классическим примером полос равной толщины являются **кольца Ньютона**. Они наблюдаются при отражении света от соприкасающихся друг с другом толстой плоскопараллельной стеклянной пластинки и плоско-выпуклой линзы малой кривизны, лежащей на пластинке выпуклой стороной (Рис.1). Роль тонкой пленки играет воздушный зазор между пластинкой и линзой переменной толщины (воздушный клин). Если луч монохроматического света **S** падает на плоскую поверхность плосковыпуклой линзы, тогда часть света, пройдя линзу, отразится от верхней границы воздушного клина и выйдет наружу (луч **1**). Другая часть света пройдет сквозь линзу и воздушный клин, отразится от нижней грани воздушного клина и также выйдет наружу (луч **2**). Поскольку световые колебания в лучах **1** и **2** являются когерентными, эти лучи будут давать интерференционную картину на сферической поверхности линзы (из-за большой толщины

линзы и пластинки интерференционные полосы за счет отражений от других поверхностей не возникают). При нормальном падении света на плоскую поверхность линзы интерференционная картина представляет собой систему концентрических светлых и темных колец, чередующихся между собой. Это обусловлено тем, что места равной толщины в воздушной прослойке имеют форму окружностей, концентрических относительно вершины линзы, а разность хода лучей **1** и **2** определяется толщиной воздушной прослойки h (Рис.1). Радиус r_0 центрального пятна определяется величиной упругой деформации линзы и стеклянной пластинки, a – высота деформированного участка.

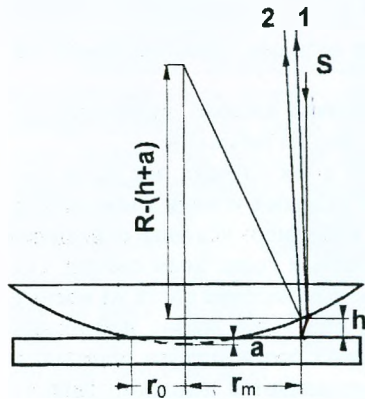


Рис. 1

Установим зависимость между радиусом m -го темного кольца r_m , длиной волны λ и радиусом линзы R . Для этого определим разность хода интерферирующих лучей **1** и **2** (Рис.1), полагая, что показатель преломления воздушной прослойки $n=1$. Так как толщина h воздушного клина вблизи вершины линзы мала по сравнению с радиусом кривизны линзы, можно считать, что точки отражения луча **1** и преломления луча **2** на поверхности линзы совпадают. В этом случае оптическая разность хода равна удвоенной толщине воздушного клина. Кроме того, луч **2**, отражаясь от оптически более плотной среды (показатель преломления стеклянной пластинки больше показателя преломления воздуха), изменяет фазу световых колебаний на π . Это равносильно дополнительному увеличению оптического пути луча **2** на половину длины световой волны $\frac{\lambda}{2}$. Таким образом, оптическая разность хода между лучами **1** и **2** равна

$$\Delta = 2h + \frac{\lambda}{2}. \quad (1.7)$$

Величину h легко найти из геометрических соображений (Рис.1). Для того, чтобы учесть величину деформации линзы и пластинки, предположим, что на вершине линзы имеется сошлифованный плоский участок радиуса r_0 . Тогда из Рис.1 следует, что

$$R^2 = (R - (h + a))^2 + r_m^2, \quad (1.8)$$

где R – радиус кривизны линзы, r_m – радиус окружности, всем точкам которой соответствует одинаковая толщина h воздушного клина, a – высота сошлифованной части линзы. Раскрывая скобки в (1.8) получаем

$$R^2 = R^2 - 2R(h+a) + (h+a)^2 + r_m^2 \approx R^2 - 2R(h+a) + r_m^2.$$

Ввиду того, что $\frac{(h+a)}{R} \ll 1$, величиной $(h+a)^2$ по сравнению с $2R(h+a)$ можно пренебречь. После соответствующих преобразований находим

$$h = \frac{r_m^2}{2R} - a. \quad (1.9)$$

Значение a можно найти из выражения, аналогичному (1.8) (см. Рис.1):

$$R^2 = (R-a)^2 + r_0^2,$$

откуда $a \approx \frac{r_0^2}{2R}$. Подставим последнее выражение в (1.9), а затем в (1.7), окончательно имеем

$$\Delta = \frac{r_m^2 - r_0^2}{R} + \frac{\lambda}{2}. \quad (1.10)$$

Приравняем (1.10) к условиям максимума (1.5) и минимума (1.6):

$$\frac{r_m^2 - r_0^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = m\lambda,$$

$$\frac{r_m^2 - r_0^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = (m + \frac{1}{2})\lambda.$$

Решая эти уравнения относительно r_m , получим выражения для радиусов m -го светлого кольца и m -го темного кольца в отраженном свете, соответственно:

$$r_m = \sqrt{(m - \frac{1}{2})\lambda R + r_0^2} \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots), \quad (1.11)$$

$$r_m = \sqrt{m\lambda R + r_0^2} \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots). \quad (1.12)$$

Если в формулах (1.11) и (1.12) положить $r_0 = 0$ (т.е. упругая деформация линзы и стеклянной пластинки отсутствует), то мы получим известные выражения для радиусов темных и светлых колец Ньютона в отраженном свете:

$$r_m = \sqrt{(m - \frac{1}{2})\lambda R} \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots), \quad (1.13)$$

$$r_m = \sqrt{m\lambda R} \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots). \quad (1.14)$$

Кольца Ньютона можно наблюдать и в случае, когда линза соприкасается не с плоской, а со сферической поверхностью, например, с другой линзой. На Рис.2, для примера взята менiscoвая линза. В данном случае, выполняя соответствующие геометрические построения (см. Рис.1 и Рис.2) и алгебраические преобразования, аналогичные описанным выше, можно показать, что толщина воздушного зазора h между двумя сферическими поверхностями равна

$$h = \frac{1}{2}(r_m^2 - r_0^2)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right), \quad (1.15)$$

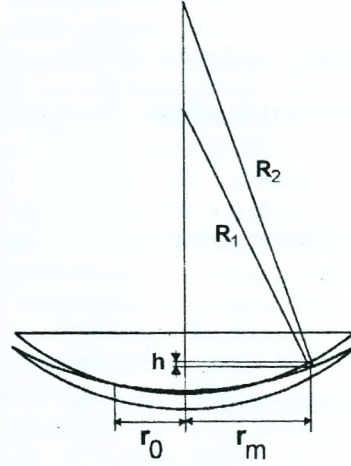


Рис 2

где r_m – радиус окружности, всем точкам которой соответствует одинаковая толщина h воздушного клина, r_0 – радиус центрального темного пятна, R_1 – радиус кривизны выпуклой поверхности верхней линзы, R_2 – радиус кривизны вогнутой поверхности менiscoвой линзы. Подставляя выражение (1.15) в (1.7), находим разность хода

$$\Delta = (r_m^2 - r_0^2)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) + \frac{\lambda}{2}. \quad (1.16)$$

Подставляя в (1.16) вместо Δ условие минимума (1.6), после преобразований получаем для радиуса m -го темного кольца в отраженном свете

$$r_m = \sqrt{m\lambda R_{\text{эфф}} + r_0^2}, \quad (1.17)$$

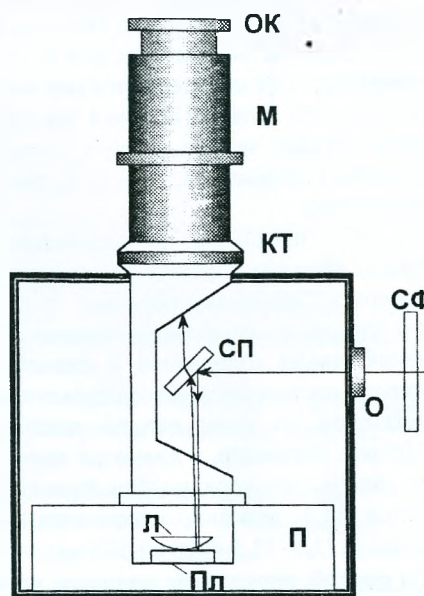
где $R_{\text{эфф}} = \frac{1}{1/R_1 - 1/R_2}$ – некий эффективный радиус кривизны плосковы-

пуклой линзы, положенной на плоскопараллельную пластинку, которыми можно эквивалентно заменить систему из двух линз, изображенную на Рис.2. Заметим, что при $R_2 \rightarrow \infty$, $R_{\text{эфф}} = R_1$, и мы получаем уравнение (1.12). Аналогично, подставляя в (1.16) условие максимума (1.5), можно получить выражение и для радиусов светлых колец Ньютона в отраженном свете.

2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ.

Схема установки для наблюдения интерференционных колец в отраженном свете изображена на Рис.3.

Лабораторная установка представляет собой коробку с боковым отверстием **О** и укрепленным сверху микроскопом **М**. Внутри коробки на подставке **П** помещена плоскопараллельная стеклянная пластинка **Пл** и плосковыпуклая линза **Л**. Над линзой и пластинкой установлен измерительный микроскоп **М**. Лучи монохроматического света, проходя через отверстие **О**, падают на стеклянную пластинку **СП**, поставленную под углом 45° . Отражаясь от нее под тем же углом, пучок монохроматических лучей падает на плосковыпуклую линзу **Л** и пластинку **Пл** под ней. Отраженный от этой системы пучок попадает в микроскоп. В окуляре микроскопа можно наблюдать интерференционную картину (темные и светлые кольца), а, пользуясь измерительной шкалой микроскопа, можно измерить диаметры этих колец (Рис.4).



В данной работе используется отсчетный микроскоп типа МПБ-2, дающий 24-кратное увеличение. Цена самого малого деления измерительной шкалы $0,05$ мм. Расстояние между оцифрованными штрихами измерительной шкалы равно 1 мм (20 делений $\times 0,05$ мм = 1 мм) (см. Рис.4). Резкое изображение делений измерительной шкалы достигается вращением окулярного кольца **ОК**, резкость интерференционной картины – перемещением тубуса микроскопа вдоль вертикального направления с помощью кольца **КТ**.

В качестве источника света в работе используется осветитель для биологических микроскопов (на рисунке не изображен). Монохроматизация света осуществляется светофильтром **СФ**.

При работе с осветителем не забывайте, что кожух осветителя нагревается, поэтому для изменения положения осветителя следует пользоваться пластмассовой ручкой, укрепленной на кожухе.

3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ.

На Рис.4 приведена примерная картина наблюдаемых в окуляр отсчетного микроскопа колец Ньютона и измерительная шкала.

Порядок темного кольца m отсчитывается от центрального (нулевого) темного пятна. На Рис.4 изображена первые четыре темных кольца отмечены цифрами 1, 2, 3 и 4, соответственно.

С помощью измерительной шкалы диаметры темных колец можно измерить следующим образом:

1-й способ: подсчитываем сколько делений шкалы содержится в диаметре кольца соответствующего порядка и умножаем на цену одного деления 0,05 мм. Например, в диаметре темного кольца 3-го порядка (Рис.4) содержится 31,5 делений, следовательно, диаметр $D_3 = 31,5 \times 0,05 = 1,575$ мм;

2-й способ: определяем по шкале положения (координаты) начала и конца горизонтального диаметра (относительно измерительной шкалы) X_1 и X_2 темного кольца соответствующего порядка, тогда его диаметр D найдется как разность между координатами $D = X_2 - X_1$. Например, для темного кольца третьего порядка координата начала диаметра $X_1 = 1,175$ мм, конца $- X_2 = 2,75$ мм, и диаметр $D_3 = 2,75 - 1,175 = 1,575$ мм (см. Рис.4).

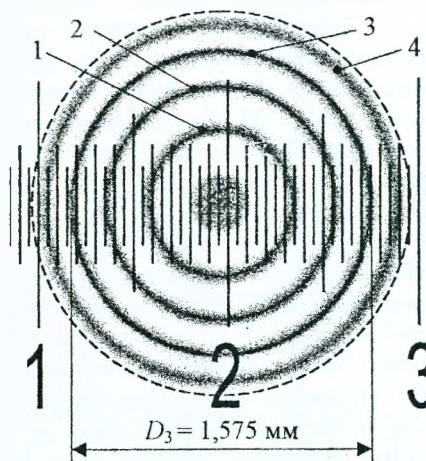


Рис.4

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

Задание 1. Определение эффективного радиуса кривизны линзы.

1. Включите осветитель и установите на пути его лучей светофильтр, длина волны пропускания которого известна.

2. Установите осветитель так, чтобы прошедший через светофильтр свет попадал в отверстие **О** установки (см. Рис.3). При этом в поле зрения микроскопа должны быть видны кольца Ньютона. Перемещая трубу осветителя, добейтесь наиболее четкой и яркой интерференционной картины.

3. Вращая микроскоп, добейтесь того, чтобы интерференционные кольца были симметрично расположены относительно измерительной шкалы микроскопа.

4. Согласовав с преподавателем количество и порядки темных колец (не менее 5-ти), измерьте их диаметры одним из способов, изложенных в разделе ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ.

5. Измеренные величины и соответствующие порядки темных колец занесите в Таблицу 1.

Таблица 1.

№ пп	Порядок кольца m	Диаметр кольца D_m , (мм)	$y_m = \frac{D_m^2}{4}$	$x_m = m\lambda$	x_m^2	$x_m \cdot y_m$
1						
...						
N						
Результаты суммирования						

6. Используя формулы (5.6), (5.4) (см. ниже) вычислите все величины, указанные в Таблице 1, для колец, диаметры которых были измерены.

7. По формулам (5.3) и (5.6) найдите эффективный радиус кривизны линзы $R_{эфф}$ и r_0 , а также по формулам (5.5) погрешности их определения.

Задание 2. Определение длины волны пропускания светофильтра.

1. По указанию преподавателя установите на пути лучей осветителя светофильтр, длина волны пропускания которого не известна.

2. При необходимости повторите пп. 2 – 3 Задания 1.

3. Согласовав с преподавателем количество и порядки темных колец (не менее 5-ти), измерьте их диаметры одним из способов, изложенных в разделе ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ.

4. Измеренные величины и соответствующие порядки темных колец занесите в Таблицу 2.

Таблица 2.

№ пп	Порядок кольца m	Диаметр кольца D_m , (мм)	$y_m = \frac{D_m^2}{4}$	$x_m = mR_{эфф}$	x_m^2	$x_m \cdot y_m$
1						
...						
N						
Результаты суммирования						

5. Используя формулы (5.7), (5.4) (см. ниже) вычислите все величины, указанные в Таблице 1, для колец, диаметры которых были измерены.

6. По формулам (5.3) и (5.6) найдите длину волны λ пропускания светофильтра и r_0 , а также по формулам (5.5) погрешности их определения.

7*. Повторите пп. 1 – 6 для другого светофильтра. (По указанию преподавателя).

5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ.

Перепишем формулу (1.17) в виде

$$r_m^2 = m\lambda R_{\text{эфф}} + r_0^2. \quad (5.1)$$

Как следует из последнего выражения квадрат радиуса кольца Ньютона линейно зависит от эффективного радиуса линзы $R_{\text{эфф}}$ и длины волны λ пропускания светофильтра. Следовательно, полагая $y = r_m^2$, можно рассмотреть выражение (5.1), как линейную функцию относительно $R_{\text{эфф}}$ либо λ с неизвестными постоянными коэффициентами.

Рассмотрим следующую линейную функцию:

$$y = Ax + B. \quad (5.2)$$

Согласно методу наименьших квадратов (МНК) постоянные A и B можно аналитически найти по следующим формулам:

$$A = \frac{\langle x \cdot y \rangle - \langle x \rangle \cdot \langle y \rangle}{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle \cdot \langle x \rangle}; \quad B = \langle y \rangle - A \langle x \rangle, \quad (5.3)$$

где

$$\langle x \rangle = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N x_m; \quad \langle y \rangle = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N y_m; \quad (5.4)$$

$$\langle x^2 \rangle = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N x_m^2; \quad \langle x \cdot y \rangle = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N x_m \cdot y_m.$$

Погрешности величин A и B вычисляются по формулам

$$\Delta A = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^N (A \cdot x_m + B - y_m)^2}{N(N-2)(\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle \langle x \rangle)}}; \quad \Delta B = \Delta A \sqrt{\langle x^2 \rangle}. \quad (5.5)$$

Для определения эффективного радиуса кривизны линзы необходимо знать длину волны пропускания светофильтра.

Тогда, обозначая

$$y_m = \frac{D_m^2}{4}, \quad x_m = m\lambda, \quad A = R_{\text{эфф}}, \quad B = r_0^2, \quad (5.6)$$

используя выражения (5.3) – (5.4), можно найти эффективный радиус линзы $R_{\text{эфф}}$ и погрешность его определения по формуле (5.5)

Зная эффективный радиус кривизны линзы $R_{\text{эфф}}$ находим длину волны λ пропускания светофильтра по формулам (5.3) – (5.4), обозначая

$$y_m = \frac{D_m^2}{4}, \quad x_m = mR_{\text{эфф}}, \quad A = \lambda, \quad B = r_0^2, \quad (5.7)$$

и погрешность ее определения по формуле (5.5).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. В чем состоит явление интерференции света?
2. Какие колебания называются когерентными?
3. Как зависит результат интерференции когерентных лучей от разности их хода?
4. Нарисуйте ход интерферирующих лучей при получении колец Ньютона в системе линз.
5. Выведите формулу (1.12) для радиусов темных колец Ньютона в отраженном свете.
6. Получите формулу (1.15) для толщины воздушного зазора h между двумя сферическими поверхностями.
7. Почему при наблюдении колец Ньютона в отраженном свете в центре наблюдается темное пятно? Что будет, если наблюдения проводятся в проходящем свете? Почему?
8. Как изменятся выражения (1.11), (1.12) для радиусов светлых и темных колец Ньютона, если их наблюдать в проходящем свете? Почему?
9. Как изменятся радиусы светлых и темных колец Ньютона, если пространство между линзой и пластинкой заполнить жидкостью с показателем преломления большим, чем у пластинки, но меньшим, чем у линзы? Почему? Как в этом случае изменятся выражения (1.11), (1.12)?
10. Оцените по наблюдаемой картине колец Ньютона полосу пропускания светофильтра.

ЛИТЕРАТУРА.

1. А.А.Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики, §31.3, 1989.
2. И.В.Савельев. Курс общей физики, Т. 2, §122, 1988.
3. Д.В.Сивухин. Общий курс физики, Т. 4, Оптика, §33, 1985.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители: Русаков Константин Иванович
Смаль Александр Сергеевич
Чопчиц Николай Игнатьевич

"ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СВЕТА В
ТОНКИХ ПЛЕНКАХ НА ПРИМЕРЕ КОЛЕЦ НЬЮТОНА"

Методические указания по выполнению лабораторной работы Об

Ответственный за выпуск Русаков К.И.
Редактор Строкач Т.В.

Подписано к печати 5.07.99. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 0,9. Уч. изд. л. 1,0. Заказ № 628. Тираж 200 экз. Бесплатно.
Отпечатано на ризографе Брестского политехнического института,
224017, г. Брест, ул. Московская, 267