

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой общей физики ФТИ

_____ А.М. Лидер

«_____» _____ 2017 г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СВЕТА ПРИ
НАБЛЮДЕНИИ КОЛЕЦ НЬЮТОНА**

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Общая физика» для студентов всех направлений и
специальностей

Томск - 2017

УДК 681.787(076.5)
ББК 32.87.я73

Исследование интерференции света при наблюдении колец Ньютона: методические указания к работе по курсу «Общей физики» для студентов всех направлений и специальностей / сост. Т.Н. Мельникова, Л.Ю. Немирович-Данченко. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 18 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СВЕТА ПРИ НАБЛЮДЕНИИ КОЛЕЦ НЬЮТОНА

Измерение длины волны и радиуса кривизны линзы с помощью колец Ньютона

В лабораторной работе исследуется интерференция световых волн в тонких плёнках на примере колец Ньютона. Рассматривается влияние на интерференционную картину размеров и спектра источника света.

Цель работы: ознакомление с явлением интерференции света на примере образования колец Ньютона, применение этого явления для определения длины световой волны и измерения радиуса кривизны линзы.

Приборы и принадлежности: микроскоп, светофильтры, источник белого света, плосковыпуклая линза на стеклянной пластине, помещенная в оправу.

КРАТКОЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Сложение двух или нескольких когерентных световых волн, в результате которого в одних точках пространства происходит увеличение, а в других – уменьшение амплитуды результирующей волны, называется *интерференцией света*.

Волны называются *когерентными*, если они имеют равные частоты и постоянную разность начальных фаз.

Источники когерентных волн называются когерентными источниками. Кроме того, для наблюдения интерференции необходимо, чтобы колебания вектора напряженности \vec{E} электромагнитных полей интерферирующих волн совершались вдоль одного и того же направления, т. е. чтобы интерферирующие волны были *поляризованы* в одной плоскости.

Существует несколько способов наблюдения интерференции света.

Рассмотрим интерференцию света при отражении от тонкой пластинки.

Пусть на прозрачную плоскопараллельную пластинку (пленку) толщиной d падает под углом α свет с длиной волны λ (рис. 1).

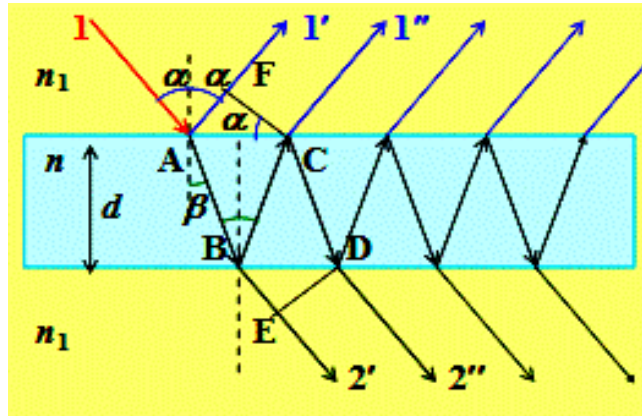


Рис. 1

Луч, падающий на границу раздела « $n_1 - n$ » после преломления в точке А отражается в точке В (луч 1'') и затем после преломления в точке С интерферирует с отраженным в точке А лучом 1', так как лучи 1' и 1'' являются когерентными. Интенсивность света при этом либо возрастает, либо уменьшается, что зависит от оптической разности хода лучей. Оптическая разность хода лучей Δ в отраженном свете будет равна

$$\Delta = (AB + BC) \cdot n - FC \cdot n_1 + \lambda/2, \quad (1)$$

где n – абсолютный показатель преломления вещества пластинки, n_1 – абсолютный показатель преломления воздуха, равный единице (если пластинка находится в воздухе). Добавление в формулу (1) $\lambda/2$ учитывает сдвиг по фазе на π при отражении света от оптически более плотной среды в точке А.

Как следует из рис. 1, разность хода лучей Δ можно выразить через толщину пластинки d и угол падения α

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

Если Δ будет равна четному числу полуволен, то световые колебания усиливаются, т.е. имеет место интерференционный максимум. При равенстве разности хода лучей Δ нечетному числу полуволен образуется интерференционный минимум. Следовательно, можно записать, что в отраженном свете

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2} = (2k)\frac{\lambda}{2}, \quad - \quad \text{условие max, (3)}$$

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}, \quad - \quad \text{условие min, (4)}$$

В приведенных формулах буквой k обозначен порядок интерференции, m может принимать значения 0, 1, 2

В проходящем свете оптическая разность хода Δ отличается от оптической разности хода для **отраженного света** на $\lambda/2$.

Следовательно, максимумам интерференции в отраженном свете соответствуют минимумы интерференции в проходящем свете и наоборот. Если первый наблюдатель (отраженный свет) видит пластинку окрашенной в цвет, соответствующий длине волны λ , то второй наблюдатель (в проходящем свете) видит пластинку затемненной, и наоборот.

Пусть пластинка (или пленка) имеет сечение клина с малым углом α . Разность хода лучей, определяемая формулой (2), применима и здесь, но только для определенной толщины клина d (рис. 2).

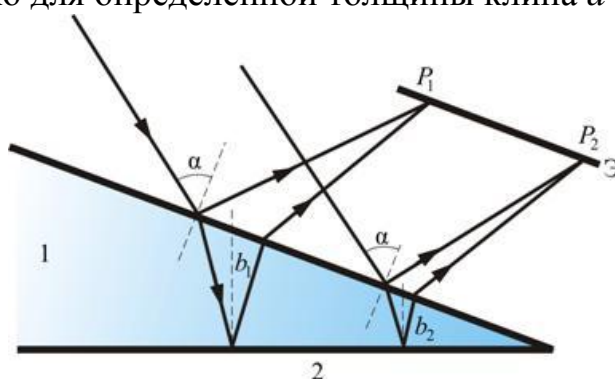


Рис.2

Пусть угол падения $\alpha = 0$, т.е. лучи падают нормально на клин (строго говоря, падают нормально на нижнюю поверхность клина), тогда разность хода Δ , и, следовательно, условие *max* и *min* будет определяться толщиной d . Интерференционная картина представляет собой чередование светлых и темных полос, локализованных на поверхности клина и параллельных ребру клина. Каждая интерференционная полоса соответствует определенной толщине клина d и называются они **полосами равной толщины** (рис. 3).

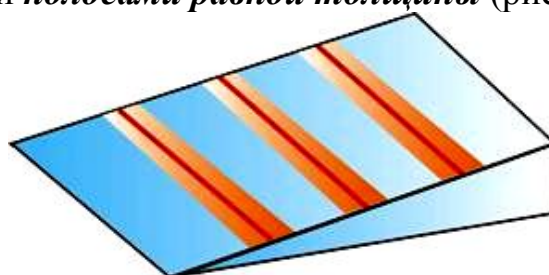


Рис.3

Наиболее интересным примером полос равной толщины являются **кольца Ньютона**.

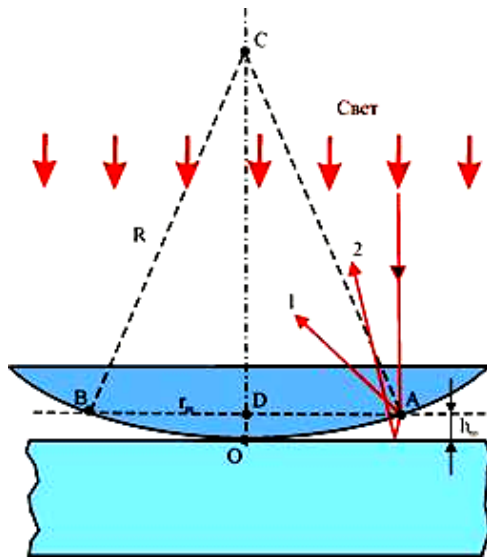


Рис.4

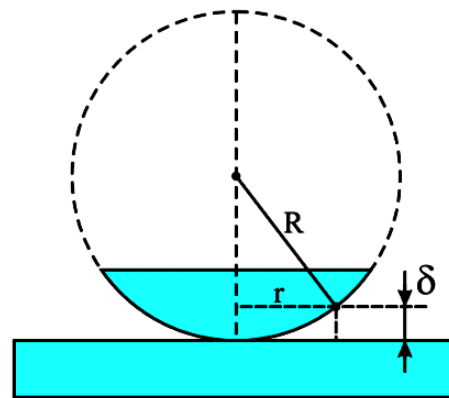


Рис.5

Радиус кривизны R в какой-либо точке — радиус окружности, по дуге которой точка движется в данный момент времени. При этом центр этой окружности называется центром кривизны. Т.е., радиус кривизны определяется для конкретной точки конкретной кривой и равняется радиусу соприкасающейся окружности.

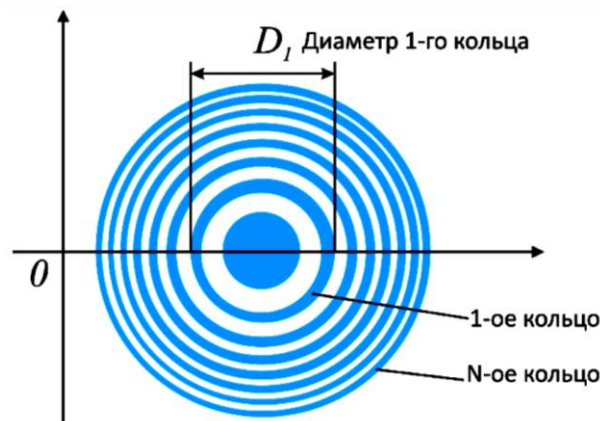


Рис.6

Если поместить линзу с очень малой кривизной на плоскую стеклянную пластину (рис. 4), то между линзой и пластиной около точки их соприкосновения O образуется воздушный клин. Линза освещается лучами, падающими **нормально** к поверхности воздушного клина. Отраженные лучи 1 и 2, являясь когерентными, будут интерферировать. (Лучи 1 и 2 разделены в пространстве для наглядности). Интерференционные полосы равной толщины, возникающие при этом, имеют вид концентрических окружностей в точке O (рис. 6). Их называют **кольцами Ньютона**. В центре находится **темное пятно** (это минимум нулевого порядка). Оно окружено системой чередующихся светлых и темных колец, ширина и

интенсивность которых постепенно убывает по мере удаления от центрального пятна.

В проходящем свете наблюдается дополнительная картина – центральное пятно светлое, следующее кольцо темное и т.д. (рис.7).



Рис. 7

Условие (2) для разности хода лучей Δ в этом случае запишется

$$\Delta = 2d + \lambda/2,$$

где показатель преломления воздуха принят равным единице, а член $\lambda/2$ учитывает сдвиг по фазе на π при отражении света от поверхности пластины. Светлые кольца соответствуют d , для которых

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

Для темных колец

$$2d + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (6)$$

Из рис. 4 видно, что радиус кольца Ньютона r_m , радиус кривизны линзы R и толщина воздушной прослойки d связаны соотношением

$$r_k^2 = R^2 - (R - d_k)^2, \quad \text{т.к. } d_k \ll R, \text{ то } d_k^2 \approx 0,$$

тогда получаем $r_k^2 \approx 2Rd_k$, т.е. $d_k = \frac{r_k^2}{2R}$.

Итак, подставив (6) в формулу (4), запишем условие для **максимума интерференции**

$$n \frac{r_k^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = 2k \frac{\lambda}{2} \quad \text{или} \quad n \frac{r_k^2}{R} = (2k - 1) \frac{\lambda}{2} \quad (7)$$

Тогда для радиусов светлых колец можно записать формулу

$$r_k = \sqrt{R(2k - 1) \frac{\lambda}{2}}. \quad (8)$$

Для m -го светлого кольца формула (7) запишется

$$\frac{r_m^2}{R} = (2m - 1) \frac{\lambda}{2} \quad (9)$$

Для n -го светлого кольца

$$\frac{r_n^2}{R} = (2n - 1) \frac{\lambda}{2} \quad (10)$$

Вычтя из (9) (10), получим

$$r_m^2 - r_n^2 = (m - n)\lambda R, \quad (11)$$

отсюда

$$\lambda = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m - n)R}. \quad (12)$$

Точно так же связаны радиусы m -го и n -го темных колец.

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Описанная методика может быть реализована с помощью экспериментальной установки, состоящей из микроскопа со шкалой в окуляре для измерения диаметров интерференционных колец, установки Ньютона, которая включает плосковыпуклую линзу с большим радиусом кривизны и плоскопараллельную пластинку, на которую эта линза помещается, светофильтров для получения света с известной и неизвестной длиной волны. С помощью специального устройства установка Ньютона освещается таким образом, что наблюдение колец ведется *в отраженном свете*.

В работе используется микроскоп ПОЛАМ-Р312 (рис. 8).

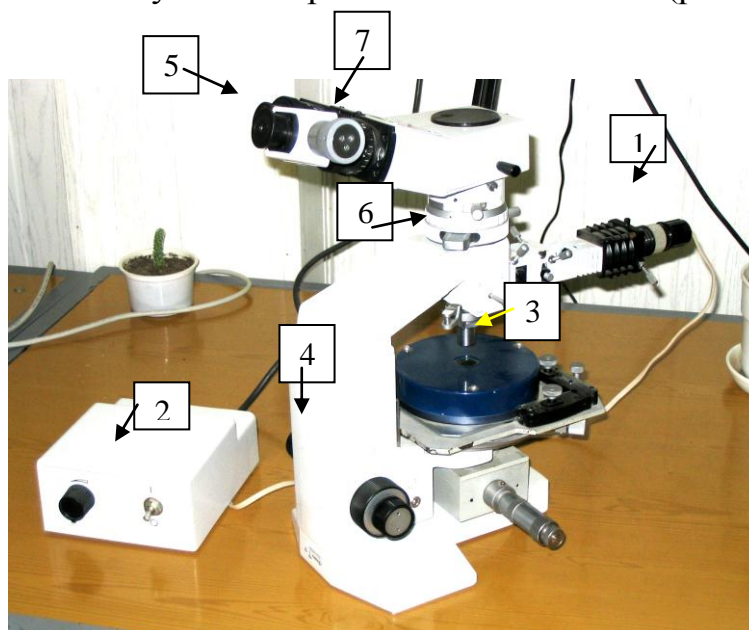


Рис. 8

Микроскоп имеет следующие основные элементы, необходимые для проведения лабораторной работы: осветитель отраженного света (1) с блоком питания (2) для лампы осветителя; предметный столик (3) для размещения ячейки для получения колец Ньютона, состоящей из плосковыпуклой линзы и плоскопараллельной пластинки; штатив (4) с механизмом фокусировки; окуляр (5) со шкалой для измерения диаметра (или радиуса) интерференционных колец; светофильтры (6), который предназначен для выделения из белого света квазимонохроматического излучения. Через окуляр микроскопа наблюдаются: интерференционная картина, шкала окуляра, указатель шкалы (в виде двух вертикальных линий над шкалой), крест прицельных нитей.

На рис. 9 представлена схема установки.

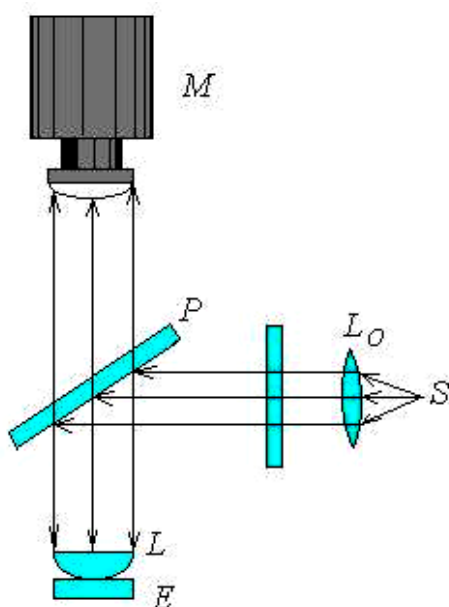


Рис. 9

Лучи света, идущие от источника S , пройдя линзу L_0 и световой фильтр, параллельным пучком падают на полупрозрачную пластинку P . Отражившись от последней, световые лучи падают на плоско-выпуклую линзу L , лежащую на стеклянной пластинке E (линза и пластинка помещены в металлическую оправу). Интерференционные полосы в увеличенном виде наблюдаются через микроскоп M . Диаметры (или радиусы) колец измеряются с помощью окулярной шкалы, цена деления которой указана на микроскопе.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ ВОЛНЫ СВЕТА И РАДИУСА КРИВИЗНЫ ЛИНЗЫ НА ОСНОВЕ НАБЛЮДЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ КОЛЕЦ В УСТАНОВКЕ НЬЮТОНА

Для определения длины волны света с помощью интерференционных колец Ньютона можно использовать следующую методику:

1. Наблюдение колец Ньютона при использовании света с известной длиной волны λ_ε . Измерение радиусов этих колец (светлых или темных).

2. Наблюдение колец Ньютона при использовании света с неизвестной длиной волны λ_x . Измерение радиусов колец того же порядка, что и в первом случае.

3. Определение по формуле $\lambda_x = \lambda_\varepsilon \frac{(D'_m + D'_n)(D'_m - D'_n)}{(D_m + D_n)(D_m - D_n)}$, полученной на основании формул (11) и (12), неизвестную длину волны. Или через радиусы колец $\lambda_x = \lambda_\varepsilon \frac{(r'_m + r'_n)(r'_m - r'_n)}{(r_m + r_n)(r_m - r_n)}$. Здесь D'_m, D'_n, r'_m, r'_n – диаметры и радиусы колец, измеренные для неизвестной длины волны, D_m, D_n, r_m, r_n – диаметры и радиусы колец, измеренные для известной длины волны.

4. Расчёт с использованием формулы (11), где в качестве λ_ε берут известную длину волны, радиуса кривизны линзы

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

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ДИАМЕТРА (РАДИУСА) КОЛЬЦА

В фокальной плоскости окулярного винтового микрометра расположена неподвижная шкала (рис. 10, 11), по которой перемещается двойная риска. Синхронно с ней перемещается и крест нитей, находящийся в центре поля зрения. Смещение двойной риски на одно деление шкалы соответствует 100 делениям барабана окулярного микрометра, что соответствует одному полному обороту.

Цена деления шкалы барабана окулярного микрометра, используемого в данной лабораторной работе, 0,0015 мм.

Для измерения диаметра (или радиуса) необходимо (рис. 8): наблюдая в окуляр (5) и одновременно вращая *микрометрический винт* (7), установить двойную визирную линию (рис. 10) слева на измеряемое кольцо. Определить цифру на *неподвижной шкале* слева от двойной риски. Аналогично провести измерения справа – для диаметра и в центре – для радиуса.

Отсчет положения перекрестия нитей окулярного микрометра снимается так: сотни делений – по неподвижной шкале (по положению

двойной риски, ближайшее левое число), десятки и единицы – по делению шкалы барабана, приходящемуся против отсчетного индекса на винте микрометра. (Каждое измерение провести три раза).

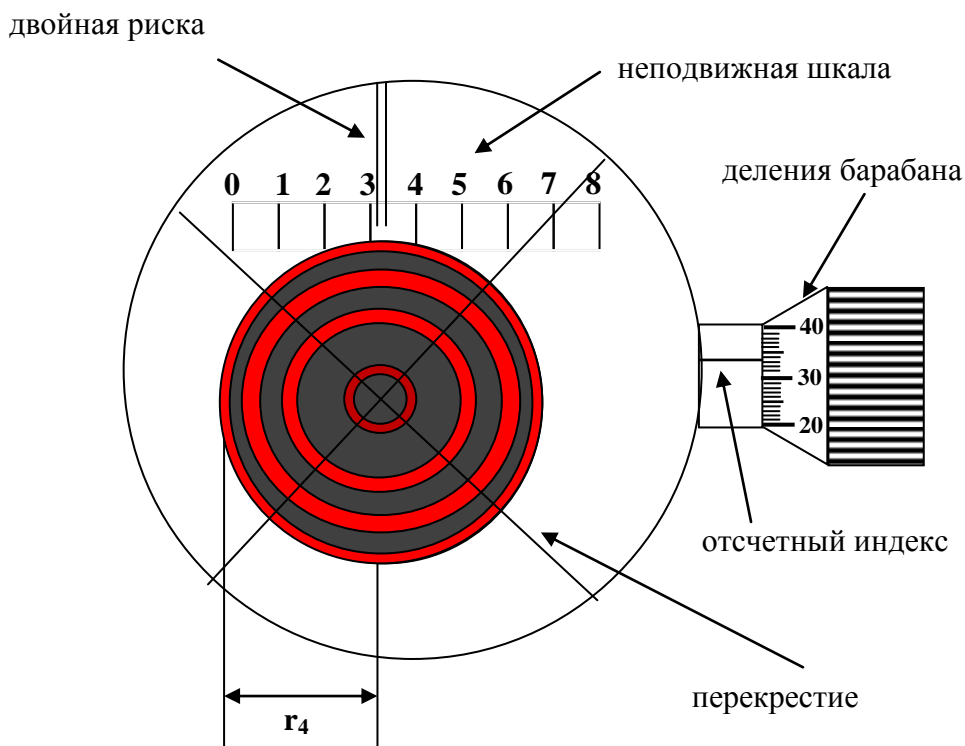


Рис. 10

Для определения диаметра (радиуса) необходимо вычесть из большего значения меньшее. Полученное значение измерено в делениях микровинта. Посчитать среднее значение.

Измерения провести для колец и светофильтров, номера которых соответствуют вашему варианту.

Для положения перекрестия показанного на рис. 10, координата центра колец равна 334 деления барабана.

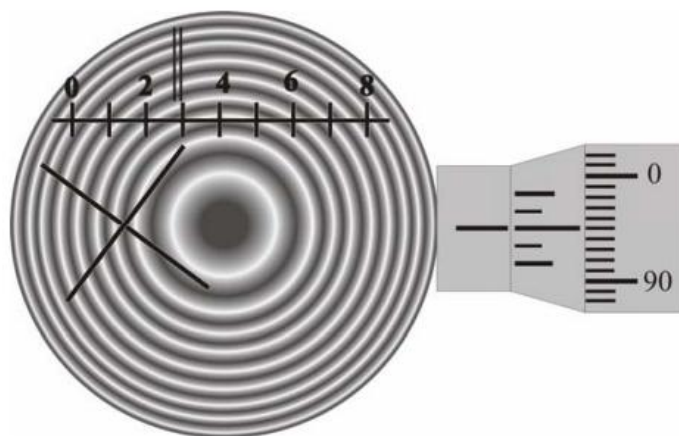


Рис. 11

На рис. 11 показан отсчет микрометра (левый) для второго темного кольца. Два деления на шкале окуляра и 95 делений на шкале барабана. Всего 295 делений.

ЗАДАНИЕ

1. Определите неизвестную длину волны света λ_x .
2. Определите радиус кривизны линзы R в установке Ньютона.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Ознакомьтесь с описанием установки.
2. Включите осветитель.
3. Поместите на пути светового пучка от осветителя светофильтр, который дает свет с известной длиной волны λ_3 .
4. Посмотрите в окуляр микроскопа. В поле зрения микроскопа вы увидите на цветном фоне концентрические окружности – это кольца Ньютона (рис.10 и 11).
5. Измерьте радиусы темных (или светлых) колец. Для этого воспользуйтесь приведенной выше методикой. Прделайте эти измерения три раза для каждого кольца. Этим уменьшается ошибка, связанная с отступлением от формы колец от правильной формы. Данные измерений занесите в таблицу.
6. Поместите на пути светового пучка светофильтр, который дает свет с неизвестной длиной волны. Проведите аналогичные измерения.

Таблица

| Цвет светофильтра и его λ , нм | Номер кольца <i>Укажите для вашего варианта</i> | Номер измерения | Отсчеты по шкале | | | | Среднее значение диаметра кольца, $D_{\text{ср}}$, м <i>Не заполнять, если измеряли радиусы</i> | Среднее значение радиуса кольца, $r_{\text{ср}}$, м |
|---|--|-----------------|------------------|--|----------------------------|---|---|--|
| | | | слева | справа (для D), в центре (для r) | D или r кольца, в дел. | Среднее значение D или r кольца, в дел. | | |
| Светофильтр с известной длиной волны (эталонный) $\lambda_3 =$ <i>впишите для вашего варианта</i> нм | | 1 | | | | | | |
| | | 2 | | | | | | |
| | | 3 | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | |
| | | 2 | | | | | | |
| | | 3 | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | |
| | | 2 | | | | | | |

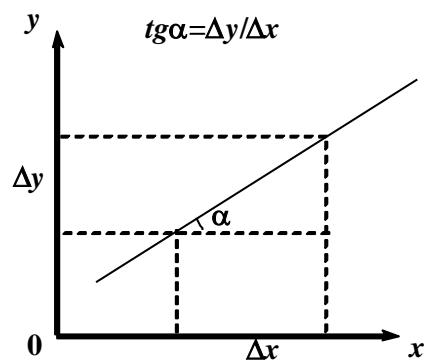
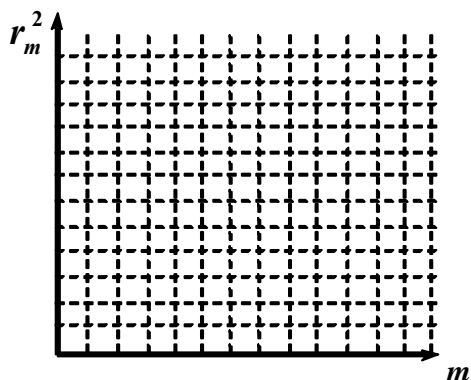
| | | | | | | | | |
|---|--|---|--|--|--|--|--|--|
| | | 3 | | | | | | |
| Светофильтр с неизвестной длиной волны $\lambda_x =$ нм | | 1 | | | | | | |
| | | 2 | | | | | | |
| | | 3 | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | |
| | | 2 | | | | | | |
| | | 3 | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | |
| | | 2 | | | | | | |
| | | 3 | | | | | | |

7. Рассчитайте по формулам $\lambda_x = \lambda_{\text{э}} \frac{(D'_m + D'_n)(D'_m - D'_n)}{(D_m + D_n)(D_m - D_n)}$ или $\lambda_x = \lambda_{\text{э}} \frac{(r'_m + r'_n)(r'_m - r'_n)}{(r_m + r_n)(r_m - r_n)}$ неизвестную длину волны λ_x . В формуле $\lambda_{\text{э}}$ – длина волны, которая считается известной.

8. Сравните значение полученной в эксперименте длины волны λ_x с длиной волны соответствующего цвета в спектре ртути. Таблица основных спектральных линий спектра ртути приведена в справочных данных.

9. Вычислите по формуле $R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m - n)\lambda}$ радиус кривизны линзы, используя в качестве λ известную длину волны.

10. Определите радиус кривизны линзы **графическим методом**. Для этого необходимо построить график зависимости квадратов радиусов темных (или светлых) колец r_m от их номеров m . Согласно (11) график имеет вид прямой, угловой коэффициент которой равен $R\lambda$. Зная значения $\lambda_{\text{э}}$, определите R .



11. Сравните значение радиуса кривизны линзы, рассчитанное по формуле со значением, полученным графически.

12. Сделайте вывод по работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики Т-4 Оптика. Уч. пос. для вузов.- М.: Физматлит, 2002.
2. Савельев И.В. Курс общей физики в 3-х тт. Т.2 Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. Учебник. 4-е изд. - СПб.: Лань, 2004. - 496 с.
3. Трофимова Т. И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. — 7-е изд., стер. — М.: Высш. шк., 2001. — 542 с.: ил.
4. Микроскопы поляризационные «ПОЛАМ Р-311» и «ПОЛАМ Р-312». Техническое описание и инструкция по эксплуатации, 1989.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Что такое интерференция?
2. Какие волны называются когерентными?
3. Оптическая длина пути и оптическая разность хода.
4. Условия максимумов и минимумов при интерференции.
5. Явления, происходящие при отражении: а) от среды, оптически более плотной; б) от среды, оптически менее плотной.
6. Линии равной толщины и равного наклона.
7. Объясните, почему интерференционные картины, наблюдаемые в лучах отраженных и проходящих, оказываются обратными.
8. Как выглядит интерференционная картина при освещении линзы с пластинкой белым светом?
9. Как уменьшаются радиусы колец Ньютона, если наблюдение производят сначала в фиолетовых лучах, а потом – в красных?
10. Как подсчитывают радиусы колец Ньютона, если пространство между линзой и пластинкой заполнено жидкостью? Что происходит с радиусами колец Ньютона в этом случае?
11. Почему рекомендуется измерять диаметры колец Ньютона в нескольких направлениях?
12. Если линза едва касается пластинки, то в отраженном свете в центре интерференционной картины будет максимум или минимум? Почему?
13. Как соотносятся условия минимумов и максимумов в отраженном и проходящем свете?
14. Где локализованы кольца Ньютона?
15. Кольца Ньютона – это полосы «равной толщины» или полосы «равного наклона»?

16. Почему в центре наблюдаемых в данном эксперименте колец Ньютона темное пятно?
17. Увеличиваются или уменьшаются диаметры колец, если источник монохроматического света с длиной волны 600 нм заменить на источник монохроматического света с длиной волны 450 нм?
18. Как будет изменяться интерференционная картина в центре, если линзу постепенно поднимать над пластинкой?
19. Почему интерференционная картина, получаемая на установке Ньютона, имеет вид концентрических колец?
20. Какие отличия в интерференционной картине можно наблюдать, если вести наблюдение в отраженном свете, а затем в проходящем?
21. Если воздух между линзой и пластинкой заменить водой с большим показателем преломления, чем у воздуха, то, что изменится в интерференционной картине?
22. Как изменяются кольца Ньютона при изменении радиуса кривизны линзы, показателя преломления материала линзы, показателя преломления материала плоскопараллельной пластинки?
23. Как соотносятся условия минимумов и максимумов в отраженном и проходящем свете?
24. От чего зависит контрастность колец Ньютона?
25. Если линза едва касается пластинки, то, что наблюдается в отраженном (проходящем) свете в центре интерференционной картины – максимум или минимум? Что необходимо сделать, чтобы в центре интерференционной картины в отраженном свете поочередно наблюдать минимум и максимум?
26. Если установка для наблюдения колец Ньютона освещается белым светом, то, как будут выглядеть кольца?
27. Какова связь оптической разности хода интерферирующих лучей с их разностью фаз?
28. Чему равна разность хода интерферирующих лучей при наблюдении колец Ньютона в отраженном свете? Почему в нее включена $\lambda/2$?
29. В чем заключается метод получения когерентных волн от одного источника света?
30. Почему при выполнении работы не рекомендуется измерять диаметры колец, близких к центру?

ГЛОССАРИЙ

1. **Абсолютный показатель преломления вещества n** — величина, равная отношению фазовых скоростей света (электромагнитных волн) в вакууме и в данной среде $n = \frac{c}{v}$.
2. **Волновая оптика** — раздел оптики, изучающий явления, в которых проявляется волновые свойства света.
3. **Длина волны** — расстояние между двумя ближайшими друг к другу точками в пространстве, в которых колебания происходят в одинаковой фазе.
4. **Интенсивность света** — скалярная физическая величина, количественно характеризующая мощность, переносимую волной в направлении распространения. Это величина, пропорциональная квадрату амплитуды вектора электрической напряжённости световой волны.
5. **Интерференция света** — оптическое явление, возникающее при сложении двух или нескольких когерентных световых волн, линейно поляризованных в одной плоскости и представляющее собой устойчивую во времени картину усиления или ослабления результирующих световых колебаний в различных точках пространства.
6. **Когерентность** — «согласованность». Волны называются когерентными, если разность фаз возбуждаемых ими колебаний в любой точке пространства остается постоянной в течение времени наблюдения.
7. **Кольца Ньютона** — интерференционная картина, возникающая в проходящем или отраженном свете в окрестности точки соприкосновения выпуклой поверхности с плоскостью. После отражения лучей на границах раздела стекло-воздух и воздух-стекло лучи интерферируют, образуют интерференционную картину в виде концентрических колец.
8. **Монохроматическое излучение** — электромагнитное излучение, обладающее очень малым разбросом частот, в идеале — одной частотой (длиной волны).
9. **Оптическая длина пути** — произведение пути светового луча на показатель преломления среды. Оптическая длина пути численно равна пути, который проходит световой луч за то же время в вакууме.
10. **Плосковыпуклая линза** — деталь из прозрачного однородного

материала, ограниченная двумя полированными преломляющими поверхностями вращения, сферической и плоской.

11. **Полосы равной толщины** – интерференционные полосы, наблюдаемые при освещении тонких оптически прозрачных слоев (плёнок) переменной толщины пучком параллельных лучей и обрисовывающие линии равной оптической толщины.
12. **Поляризованность** – ориентированность. Свет с преимущественным направлением колебаний вектора \vec{E} называют поляризованным светом.
13. **Радиус кривизны R** в какой-либо точке — радиус окружности, по дуге которой точка движется в данный момент времени.
14. **Светофильтр** — оптическое устройство, которое служит для подавления (выделения) части спектра электромагнитного излучения.
15. **Спектр** — распределение значений физической величины (обычно энергии, частоты или массы). Электромагнитный спектр — распределение энергии электромагнитного излучения по частотам или по длинам волн.
16. **Шкала электромагнитных волн.** Свойства *электромагнитных волн* сильно зависят от длины волны (частоты). Шкала электромагнитных волн включает волны разных диапазонов, от радиоволн до γ -лучей, испускаемых радиоактивными ядрами. По мере увеличения частоты (уменьшения длины волны) усиливаются квантовые свойства электромагнитного излучения, так как энергия и импульс фотона пропорциональны частоте.

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Оптическое излучение (Видимое излучение)

Излучение оптического диапазона (видимый свет и ближнее инфракрасное излучение) свободно проходит сквозь атмосферу, может быть легко отражено и преломлено в оптических системах. Источники: тепловое излучение (в том числе Солнце), флюоресценция, химические реакции, светодиоды.

Цвета видимого излучения, соответствующие монохроматическому излучению, называются спектральными. Спектр и спектральные цвета можно увидеть при прохождении узкого светового луча через призму или какую-либо другую преломляющую среду.

Традиционно, видимый спектр делится, в свою очередь, на диапазоны цветов:

| Цвет | Диапазон длин волн, нм | Диапазон частот, ТГц | Диапазон энергии фотонов, эВ |
|-------------------|------------------------|----------------------|------------------------------|
| <u>Фиолетовый</u> | 380—440 | 790—680 | 2,82—3,26 |
| <u>Синий</u> | 440—485 | 680—620 | 2,56—2,82 |
| <u>Голубой</u> | 485—500 | 620—600 | 2,48—2,56 |
| <u>Зелёный</u> | 500—565 | 600—530 | 2,19—2,48 |
| <u>Жёлтый</u> | 565—590 | 530—510 | 2,10—2,19 |
| <u>Оранжевый</u> | 590—625 | 510—480 | 1,98—2,10 |
| <u>Красный</u> | 625—740 | 480—405 | 1,68—1,98 |