

## Лабораторная работа №1.

### Определение увеличения микроскопа.

**Оборудование:** 1. Микроскоп, 2. Линейка, 3. Проволока толщиной 0,1 мм, 4. Предметное стекло, 5. Цифровой фотоаппарат.

**Теория:** Оптическая система микроскопа состоит из осветителя, объектива и окуляра. В простейшем микроскопе объективом может служить короткофокусная собирающая линза, которая даёт увеличенное, действительное, перевёрнутое изображение рассматриваемого предмета, когда его помещают между точками фокуса и двойного фокусного расстояния линзы.

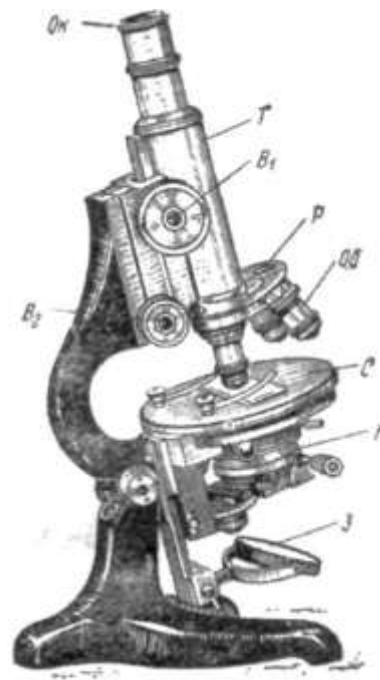
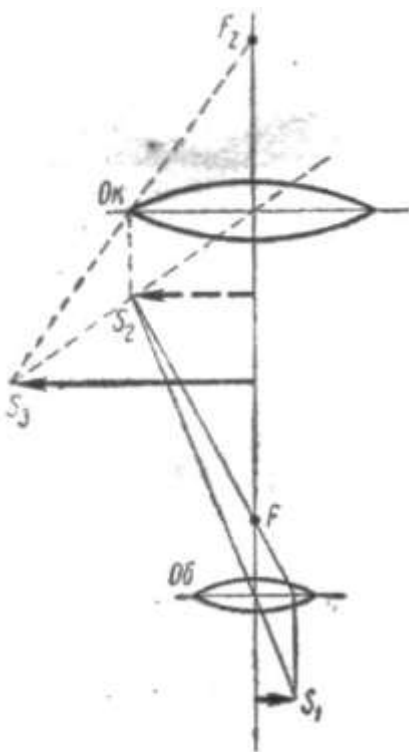


Рис. 2. Микроскоп:

Об — объектив, ОК — окуляр, Т — тубус, Э — осветительное зеркало, К — конденсатор, В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> — винты для перемещения тубуса, Р — револьвер для быстрой смены объектива, С — предметный столик

Это изображение располагают в главном фокусе второй короткофокусной линзы, действующей как лупа (рис. 1). Лучи, расходящиеся из любой точки указанного выше действительного изображения, пройдя через вторую линзу, выходят почти параллельным пучком и попадают в глаз наблюдателя. Эту линзу (или систему линз) называют окуляром. Фотография микроскопа приведена на рис.2, с указанием наименований основных частей микроскопа. Линейное увеличение, которое даёт микроскоп, равно произведению увеличений объектива  $\Gamma_1$  и окуляра  $\Gamma_2$ . Каждое из этих увеличений может быть найдено

$$\Gamma_1 = \frac{f}{d} \text{ и } \Gamma_2 = \frac{d_0}{F_2}, \text{ т.е. } \Gamma = \frac{f \cdot d_0}{d \cdot F_2}$$

где  $d$  - расстояние от предмета до объектива;  $f$ — расстояние от изображения до объектива;  $F_2$ - фокусное расстояние окуляра;  $d_0$  - расстояние наилучшего зрения, которое равно 25см;  $\Gamma$ - увеличение микроскопа.

### **Выполнение работы:**

Устанавливают у микроскопа: окуляр (15), объектив (8). На предметном стекле укрепляют несколько витков проволоки толщиной  $d_n = 0,1$  мм и устанавливают стекло на предметный столик, закрепив упорами. Вращая регулировочные винты, получают резкое изображение проволоки при его визуальном наблюдении в микроскопе. На цифровом фотоаппарате устанавливают указатель увеличения в позицию  $\Gamma$ . В таком состоянии фотоаппарат не вносит искажений в увеличение изображения, на дисплее фотоаппарата в сравнении с видимым изображением в микроскопе глазом с остротой зрения равной единице. Цифровой фотоаппарат устанавливают объективом на окуляр микроскопа и, выключив фотовспышку, фотографируют изображение проволоки. Затем измеряют, значение толщины проволоки на дисплее фотоаппарата  $d_u$  и определяют увеличение микроскопа

$\Gamma = \frac{d_u}{d_n}$ . Повторяют опыт с другим объективом (40) и определяют

увеличение микроскопа  $\Gamma_2$ .

**Выводы:** Записать.

### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте полную характеристику изображениям, получаемым в микроскопе.
2. Опишите содержание данной работы.
3. Применение оптических приборов в технике и науке.

## Лабораторная работа №2

### Определение показателя преломления

#### стекла при помощи микроскопа.

#### Теория:

В основе применяемого в данной работе метода лежит явление кажущегося уменьшения толщины стеклянной пластинки при рассматривании сквозь нее предмета – метки на нижней поверхности стекла. Схема прохождения пучка лучей через пластинку показана на рис.1

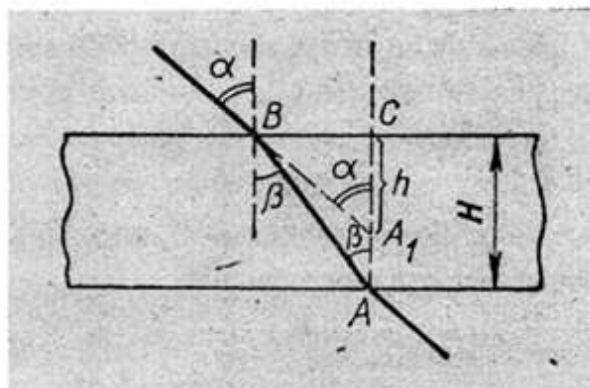


рис. 1

Узкий пучок лучей  $AB$  после преломления на границе двух сред выходит из пластинки в воздух и составляет с нормалью к ее поверхности угол  $\alpha$ .

Наблюдателю кажется, что рассматриваемый пучок лучей исходит не из точки  $A$ , а из точки  $A_1$ , приподнятой на некоторую высоту  $AA_1$ .

Рассматривая треугольники  $ABC$  и  $A_1BC$ , можно написать, что

$$BC = H \operatorname{tg} \beta, \quad BC = h \operatorname{tg} \alpha, \text{ или}$$

$$H \operatorname{tg} \beta = h \operatorname{tg} \alpha, \text{ откуда } \frac{H}{h} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}$$

Принимая во внимание, что углы  $\alpha$  и  $\beta$  малы, можно отношение тангенсов заменить отношением синусов этих углов, т. е. получить выражение:

$$\frac{H}{h} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$$

Где  $n$  – показатель преломления стекла.

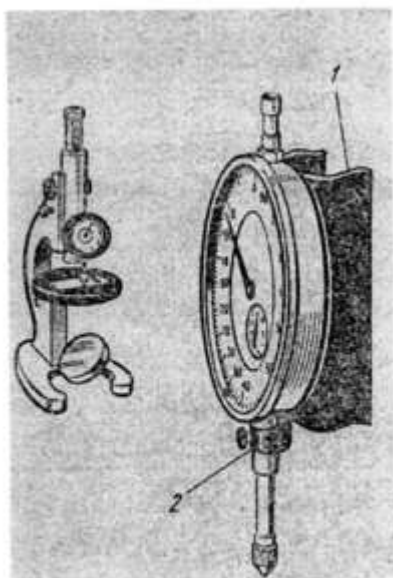
Таким образом, изменив толщину пластинки  $H$  и кажущуюся толщину  $h$ , можно найти показатель преломления стекла относительно воздуха.

Действительную и кажущуюся толщину пластинки измеряют при помощи индикатора, прикрепленного к тубусу микроскопа (рис.2). Пружинистая насадка – скоба 1 с муфтой 2 и индикатором показаны на рисунке отдельно.

## Выполнение работы

**Оборудование:** 1) микроскоп биологический МБР-1 (объектив 8х, окуляр 15х) с индикатором часового типа на тубусе; 2) пластинка стеклянная (стекло предметное для микроскопа) – 2 шт.

1. Измерьте толщину стеклянной пластинки. Для этого с помощью кремальеры микроскопа опустите индикатор так, чтобы его наконечник касался предметного столика микроскопа, и запишите показания индикатора. Затем приподнимите наконечник и под него положите на столик исследуемую стеклянную пластинку. Запишите новые показания индикатора. Разность показаний соответствует действительной толщине  $h$  пластинки. Измерение повторите 2 – 3 раза и вычислите среднее значение.



2. Определите кажущуюся толщину  $h$  стеклянной пластинки, обратив предварительно внимание, что на ней с двух сторон нанесены метки (штрихи). Установите пластинку на столике микроскопа так, чтобы одна из меток была против объектива. Наблюдайте в микроскоп и, перемещая медленно тубус, добейтесь сначала четкого изображения метки, нанесенной на нижней поверхности пластинки. Запишите показания индикатора. Затем, приподнимая тубус, получите четкое изображение метки, находящейся на верхней поверхности, и вновь запишите показания

Рис. 2 индикатора. Разность показаний будет равна расстоянию, на которое переместили тубус, т. е. равна кажущейся толщине  $h$  пластинки. Измерение повторите 2 – 3 раза и определите среднее значение.

3. Вычислите показатель преломления стекла.

4. Повторите опыт с другой пластинкой.

**Выводы:** Написать.

### Контрольные вопросы:

1. Содержание настоящей работы.
2. Законы отражения и преломления света.
3. Полное внутреннее отражение.
4. Оптические явления в атмосфере: радуга, миражи.

## Лабораторная работа №3.

### Определение радиуса кривизны линзы по кольцам Ньютона.

**Принадлежности:** 1. Прибор «Кольца Ньютона», 2. Измерительная линейка, 3. Светофильтры.

**Цель работы:** Определить радиус кривизны выпуклой линзы прибора «Кольца Ньютона» с использованием 1) красного и 2) зелёного лучей света.

**Теория:** Кольца Ньютона образуются при интерференции световых волн, отраженных от границ в тонкой воздушной прослойке, заключённой между выпуклой поверхностью линзы (1) и плоской стеклянной пластинкой (2) (рис. 1). Наблюдение проводится в отражённом свете через светофильтр (3) - красный и зелёный. При вычислении разности хода можно пренебречь небольшими неизбежными наклонами лучей, проходящих в тонком воздушном зазоре. Геометрическая разность хода между интерферирующими лучами равна, очевидно (рис.1),  $2\delta$ , где  $\delta$  - толщина воздушного зазора в данном месте. Выразим зависимость  $\delta$  от расстояния ( $r$ ) до точки соприкосновения линзы и плоскости (O). Из рис.1 имеем:

$$r^2 = R^2 - (R - \delta)^2 = 2R\delta - \delta^2,$$

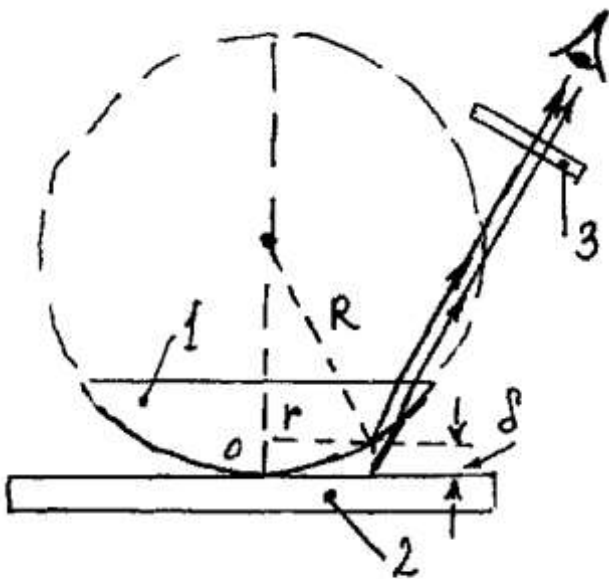


Рис. 1

где  $R$  - радиус кривизны выпуклой линзы.

Принимая во внимание, что  $2R \gg \delta$ , получим:  $\delta = r^2 / 2R$  (1). При вычислении полной разности хода нужно учесть изменение фазы световой волны при отражении от границ стекло - воздух и воздух - стекло. Как известно, для электрического вектора первое отражение происходит без изменения фазы, а второе - с изменением фазы на  $\pi$ ; фаза магнитного вектора, наоборот, меняется только при первом отражении

(также на  $\pi$ ). Свет, отражённый от границы стекло - воздух по сравнению со светом, отражённым от поверхности воздух - стекло, приобретает, таким образом, дополнительный фазовый сдвиг на  $\pi$ , что соответствует разности хода  $\lambda/2$ .

Полная разность хода ( $\Delta$ ) равна:  $\Delta = 2\delta + \frac{\lambda}{2} = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2}$

(2).

Линии постоянной разности хода представляют собой концентрические кольца (не точно) с центром в точке соприкосновения пластины и линзы. Запишем условие минимума освещенности в интерференционной картине:

$$\Delta = (2m+1)\frac{\lambda}{2}, \text{ где } m=0,1,2\dots$$

(3).

Принимая во внимание (2), получим для радиусов  $r_m$  тёмных колец:

$$r_m = \sqrt{mR\lambda}$$

(4).

Аналогично для радиусов  $r'_m$  светлых колец найдем:

$$r'_m = \sqrt{(2m-1)\frac{R\lambda}{2}}$$

(5).

Измерения:



Используя линейку, выполняют измерения радиусов светлых и темных колец  $r_m$  и  $r'_m$ , используя красный и зелёный светофильтры. Для красного  $\lambda_k = 700\text{нм}$ , для зелёного  $\lambda_\zeta = 500\text{ нм}$ . При обработке результатов измерений пользуются графическим методом. 1.Строят графики зависимости  $r_m^2$  и  $(r'_m)^2$  от номера кольца ( $m$ ). Согласно (4) и (5) эти графики должны представлять собой

прямые линии, первая из которых проходит через начало координат. Наклон прямых определяется радиусом ( $R$ ) кривизны линзы и длиной волны ( $\lambda$ ). Деформация линзы и стеклянной пластины в месте их соприкосновения может привести к отклонению линий от окружностей и отступлению от формул (4) и(5) при малых ( $m$ ), поэтому к точкам, полученным при малых  $m$  следует относиться с осторожностью. Менее всего искажены деформацией кольца с большими номерами. При проведении прямой на них следует поэтому обращать основное внимание.

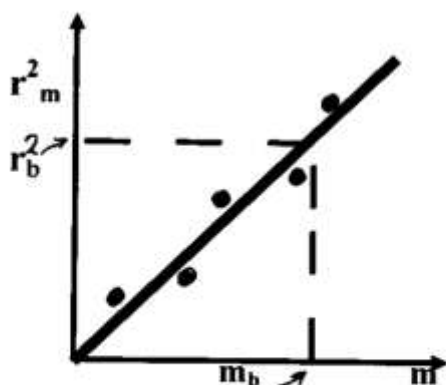


рис. 3

2. По графикам определяют радиус кривизны линзы. С этой целью из графика ( $r_m$  от  $m$ ) принимают произвольные значения  $r_b$  и  $m_b$  для вычисления  $R_1$  из формулы (4):

$$R_1 = \frac{r_b^2}{m_b \lambda} \quad (6).$$

А из формулы (5), по второму графику ( $r'_m$  от  $m$ ), вычисляют  $R_2$ :

$$R_2 = \frac{2(r'_b)^2}{(2m-1)\lambda} \quad (7).$$

Из (6) и (7) находят среднее значение  $R$ :

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2}{2} \quad (8).$$

Попытайтесь оценить погрешность измерений  $R$  и записать результат в форме:

$$R = \bar{R} \pm \Delta R$$

### Выводы:

### Контрольные вопросы:

1. Содержание настоящей работы.
2. Явление интерференции. Условия максимумов и минимумов.
3. Примеры интерференции. Применение интерференционных приборов.



## Лабораторная работа № 4.

### Изучение явления дифракции Фраунгофера и определение длины световой волны с помощью узкой щели

**Цель работы:** 1) Наблюдение интерференционной картины, получаемой вследствие дифракции световых волн на узкой щели.

2) Измерение длины световой волны полупроводникового лазера.

**Оборудование:** 1. Прибор, состоящий из 1) металлического основания, 2) источника света – полупроводникового лазера, 3) щели, шириной 0,1 мм на пластинке, 4) экрана с масштабной линейкой.

2. Металлическая масштабная линейка длиной 1 м.

Теория. Сначала рассмотрим классическую теорию образования дифракционной картины от одной щели шириной АВ (рис. 1). Согласно принципу Гюйгенса каждая из освещенных точек щели становится источником колебаний – центром новых элементарных волн. В точку D экрана будут попадать лучи от разных точек щели АВ, если они будут иметь разность хода и, следовательно, интерферировать. Если в точке D наблюдается минимум, то ширину щели АВ следует разбить на два участка ( две зоны Френеля). Разность хода  $\Delta$  между лучами 1 и 1' равна  $\frac{\lambda}{2}$ . Для любого луча 2 левой зоны будет существовать луч 2' правой зоны, такой, что разность хода между ними будет равна  $\frac{\lambda}{2}$ . Таким образом, все лучи левой зоны погасятся лучами правой зоны. Соответствующее место на экране будет темным – минимум, а для всей высоты щели на экране получится темная полоса. Из треугольника ABC получим условие возникновения первого минимума:  $\Delta = AC = d \sin \varphi = \lambda$ . Для последующих минимумов  $AC = k\lambda$ , т.е.  $d \sin \varphi = k\lambda$ , где  $k=1,2,3\dots$  (1)

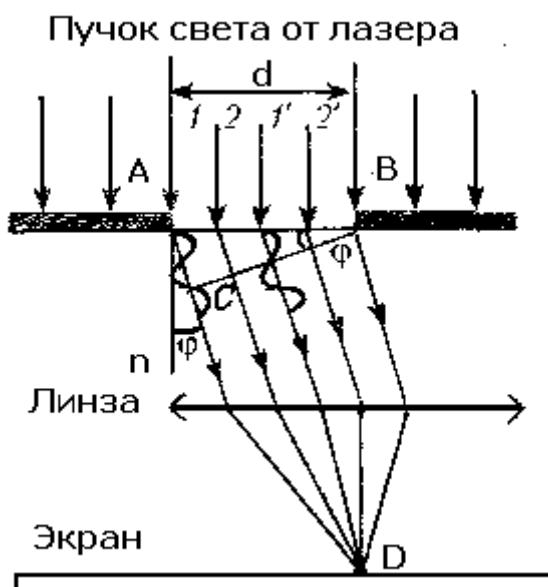


Рис.1



В промежутках между минимумами будут максимумы. В этом случае ширину щели АВ следует разбить на три зоны Френеля (рис.2). При этом  $2/3$  светового пучка по-прежнему будут гаситься (разность хода  $\lambda/2$ , зоны а и с), а  $1/3$  пучка останется непогашенной. Соответствующее место на экране будет светлым, а на плоскости экрана – светлая полоса (максимум). Условие первого максимума:  $\Delta = d \sin \varphi = (3/2)\lambda$ . Для всех максимумов  $d \sin \varphi = (2k+1)\lambda/2$ . (2)

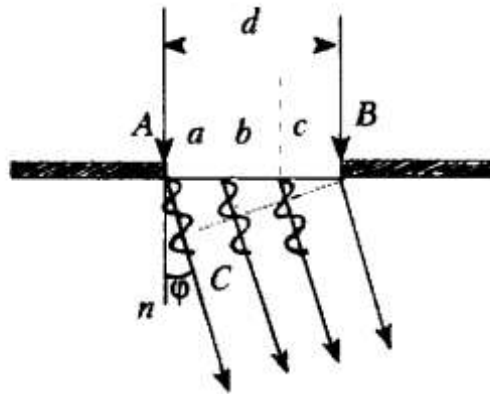


Рис.2

Таким образом, для углов  $\varphi$ , удовлетворяющих уравнению  $d \cdot \sin \varphi = (2k + 1) \lambda/2$ , (3) в фокальной плоскости линзы будут наблюдаться светлые полосы – максимумы. Дифракционная картина будет иметь следующий вид: в центре экрана – максимум, образованный не отклоненными лучами, идущими от щели, а по обе стороны от главного максимума – чередующиеся темные и светлые полосы убывающей интенсивности.

Рассмотренный вид дифракции, при которой фронт волны АВ является плоским, называется *дифракцией Фраунгофера*. Если же фронт волны сферический, то это – *дифракция Френеля*.

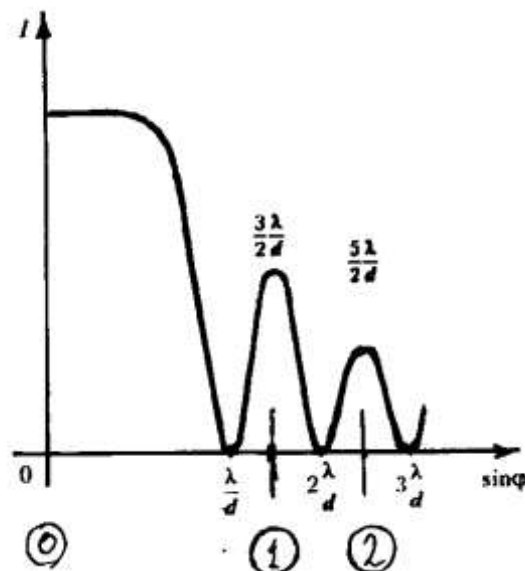


Рис.3

Распределение интенсивности света в фокальной плоскости показано на рис.3. Ввиду того, что интенсивность света в максимумах убывает по мере

увеличения их номера (1,2,3...), при проведении опыта будут наблюдаться только несколько минимумов и максимумов.

### Экспериментальная установка

Функциональная схема установки приведена на рис.4. Полупроводниковый лазер (1), излучающий красный свет длиной волны 760 нм, снабжен блоком питания (2). Свет от лазера проходит через щель (3) шириной 0,1мм и попадает на экран (4), снабженный миллиметровой шкалой, по которой определяют расстояние между максимумами и минимумами. Для измерения расстояния между щелью (3) и экраном (4) используется линейка (5). Установка смонтирована на оптической скамье (6). На рис.4 показано прохождение света через щель лишь для нулевого максимума.

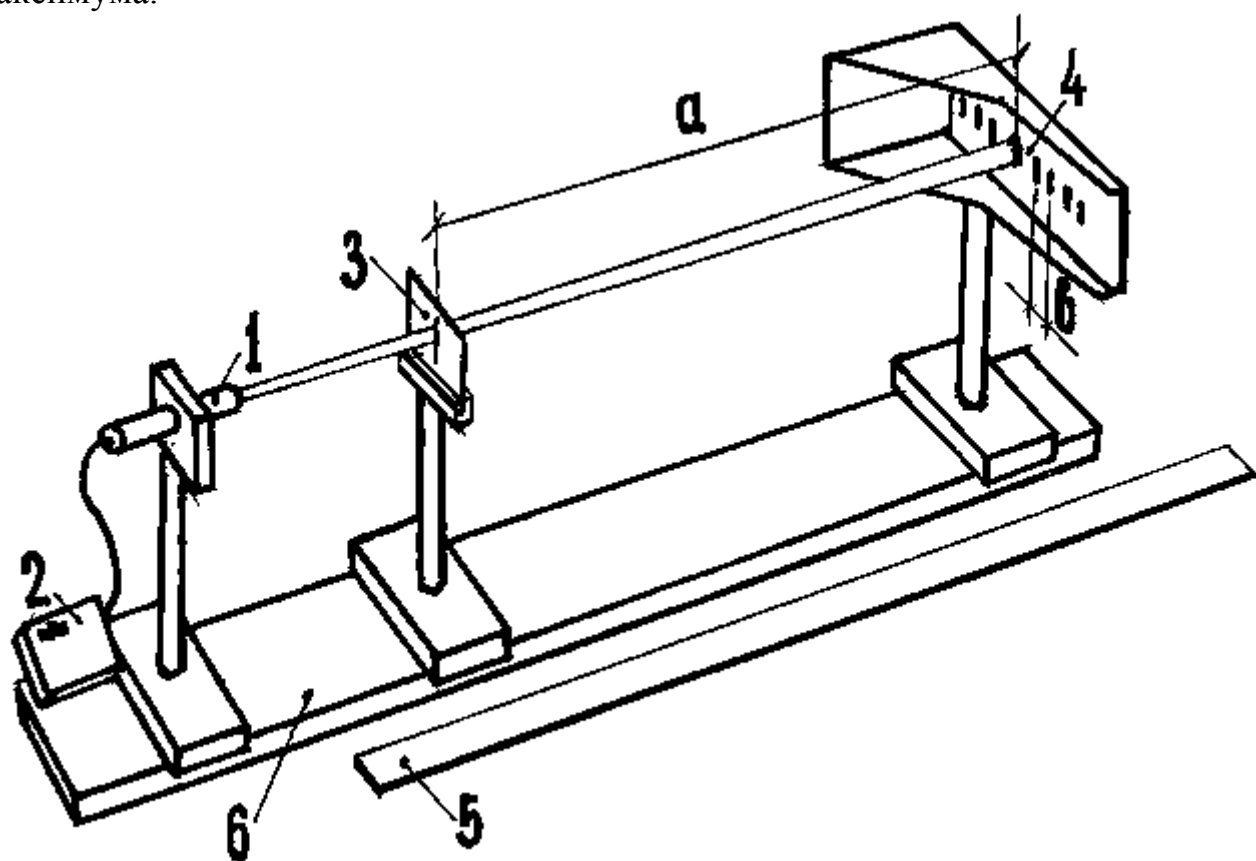
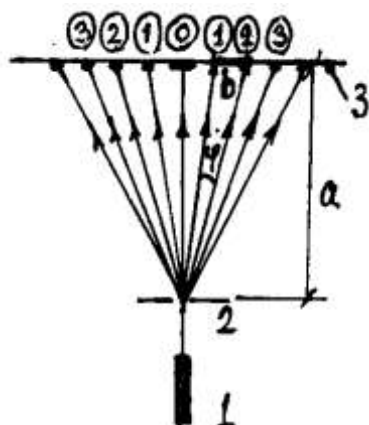


Рис.4

### Проведение эксперимента. Вычисления.



Обозначения : Для проведения эксперимента линзу  
 1 – лазер по рис.1 не используем, при этом  
 2 – щель расчет значительно упрощается.  
 3 – экран Поскольку нулевой максимум очень широкий, для расчетов используем расстояние  $b$  (см. рис 5) между соседними максимумами, отличающимися от нулевого. При этом  $k$  считаем равным 1.

Рис.5

Поскольку углы, под которыми наблюдаются максимумы и минимумы небольшие, можно вместо  $\sin\varphi$  использовать  $\operatorname{tg}\varphi$ . Из рис.5 видно, что  $\operatorname{tg}\varphi = \frac{b}{a}$ , поэтому формулу (1) преобразуем:  $d \cdot \operatorname{tg}\varphi = k\lambda$ , или  $d \frac{b}{a} = k\lambda$ , откуда  $\lambda = \frac{db}{ka}$  (4).

Для расчетов длины волны использовать формулу (4). Расстояние  $a$  устанавливать около 0,5 м. Ширина щели является заданной и равна  $d = 0,1$  мм. Измерить расстояние  $b$  между соседними максимумами, тогда  $k = 1$ . Все величины в формуле (4) выражаем в метрах (в «СИ»).

Провести 7-10 измерений и вычислений длины волны красного света, даваемого лазером, рассчитать дисперсию и абсолютную погрешность измерений. Результат представить в виде  $\lambda = \bar{\lambda} \pm \Delta\lambda$  (5)

Данные занести в составленную таблицу. Результат сравнить с паспортным значением волны используемого лазера:  $\lambda_n = 760$  нм. Если паспортное значение укладывается в доверительный интервал формулы (5), значит, опыт проведен правильно. Показать этот вывод на рисунке.

### Контрольные вопросы:

1. Содержание настоящей работы.
2. Что называется дифракцией света?
3. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
4. В чем состоит метод зон Френеля?
5. В чем отличие дифракции Френеля от дифракции Фраунгофера?
6. В каких случаях при дифракции Френеля на небольшом круглом отверстии на экране за отверстием получается темное пятно? Как оно называется?
7. В каких случаях дифракция наблюдается на больших отверстиях и дисках?
8. Что произойдет с дифракционной картиной от щели при уменьшении ширины щели?

### Литература.

1. Борисов Ю.А. Исследование дифракции света. Сайт: [Vorisov.3dn.ru](http://Vorisov.3dn.ru).
2. Трофимова Т.И. Курс физики.- М.: Высшая школа, 2003. Глава 23, с. 265...278.
3. Савельев В.И. Курс общей физики. Книга 4. Волны. Оптика. – М.: Наука, 2003. Глава 13, с. 378...413.
4. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. – М.: Высшая школа, 1999. Глава 32, с 436...452.
5. Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. Физика. Книга 2. Электродинамика. Оптика. – М.: Физматлит, 2000. Глава VI., с.276...297.
6. Бутиков Е.И. Оптика. – Санкт-Петербург: 2003. Глава 6, с. 252...310.

## Лабораторная работа №5.

### Градуирование спектроскопа

#### и определение длины световой волны

#### по градуированной кривой.

#### Теория:

Эту работу выполняют с помощью спектроскопа, изображенного на рисунке 1, где 1 - окуляр; 2 - зрительная трубка; 3 - объективы; 4 - коллиматор; 5 - щель; 6 - микрометрический винт. Схема спектроскопа и ход лучей в нем показаны на рисунке 2.

Расходящийся световой пучок, идущий от источника света, расположенного близ щели коллиматора, проходит через щель находящуюся в главном корпусе линзы (объектива коллиматора), и после линзы параллельным пучком падает на грань стеклянной призмы. В призме этот пучок отклоняется к её основанию и разлагается на составные цветные пучки, так как разным частотам соответствуют различные показатели

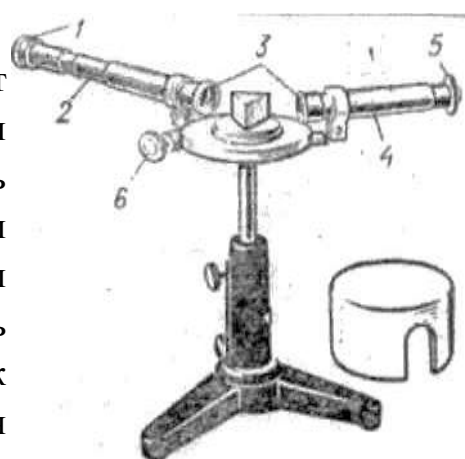


рис. 1

преломления. По выходе из призмы эти пучки ещё раз отклоняются к основанию призмы и направляются в объектив зрительной трубы.

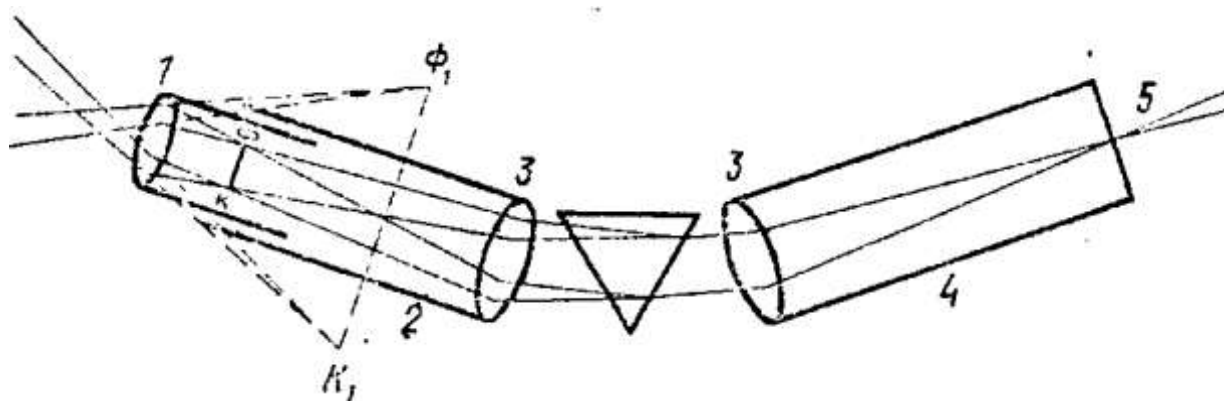


рис. 2

Пройдя объектив, каждый пучок одноцветных лучей образует в фокальной плоскости объектива действительное цветное изображение щели коллиматора. Из множества таких изображений получается спектр, красная

область которого обращена в сторону вершины призмы, а фиолетовая – в сторону основания. Для фиксации зрительной трубы на определённой линии спектра служит тонкая вертикальная нить, натянутая внутри трубы в той же плоскости, в которой образуется спектр. При рассматривании действительного изображения спектра (и нити) через окуляр, как через лупу, видна только часть спектра. Для рассматривания отдельных участков спектра зрительную трубу надо поворачивать. Для этого служит микрометрический винт, устроенный подобно микрометру (рис. 1,б). Чтобы определять по расположению линий в спектре наличие в источнике излучения тех или иных химических элементов, спектроскоп необходимо градуировать. Градуировку производят, наблюдая уже известный спектр какого либо светящегося газа. Длину волны, соответствующей каждой из наблюдаемых линий, берут из справочника. Затем совмещают нить зрительной трубы с каждой из спектральных линий, снимают показания отсчётного приспособления и строят градуировочную кривую. Для этого по вертикальной оси откладывают известные длины волн, а по горизонтальной – соответствующие им показания микрометра, снятые во время опыта. После градуировки, наблюдая линейчатый спектр неизвестного вещества и нанеся на ту же кривую показания микрометра, можно для каждой новой спектральной линии по градуировочной кривой определить длину волны, а затем по справочнику узнать, спектру какого элемента принадлежат эти линии.

### **Выполнение работы:**

#### **Оборудование:**

- 1) Спектроскоп двухтрубный с отсчётным микрометрическим винтом;
- 2) Трубки спектральные;
- 3) Генератор высоковольтный «Спектр»;
- 4) Выпрямитель;
- 5) Ключ замыкания тока;
- 6) Комплект проводов соединительных.

#### **Задание 1.** Построение градуировочной кривой спектроскопа ,

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений.
2. Ознакомьтесь с устройством и основными узлами спектроскопа
3. Вставьте трубку с гелием в держатель прибора для зажигания спектральных трубок и присоедините прибор через выключатель к источнику постоянного тока напряжением около 6В. Щель

коллиматора подведите в плотную к спектральной трубке и включите ток.

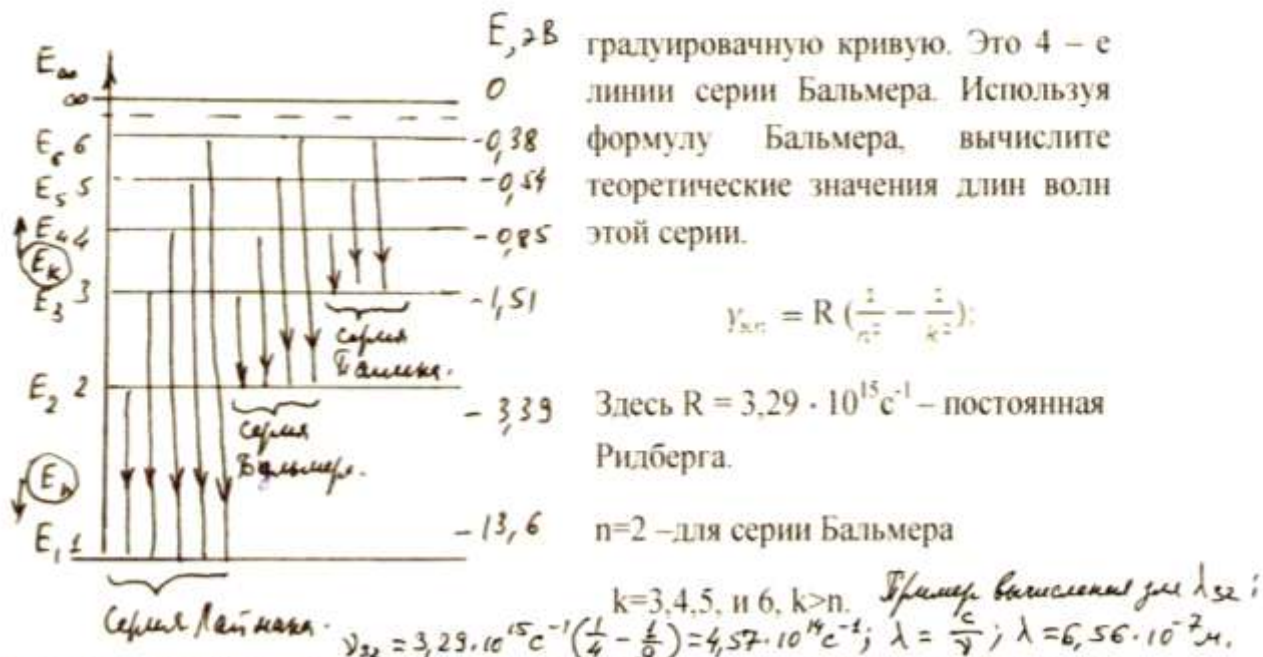
Цвет линий	Показания микрометра, мм	Длина волны по справочнику, нм
Красная		728
Красная		668
Жёлтая		588
Зелёная		502
Зелёная		492
Голубая		471
Синяя		447

4. Ведя наблюдение через окуляр зрительной трубы, вращайте микрометрический, чтобы постепенно увидеть все спектральные линии гелия. Перемещением окуляра добейтесь резкого их изображения.
5. Микрометрическим винтом поверните зрительную трубу вправо так, чтобы в поле зрения появилась крайняя красная спектральная линия. Совместите изображение вертикальной нити с этой спектральной линией и запишите показания микрометра в таблицу. Микрометрический винт имеет шаг 1 мм, а головка его разделена на 50 равных частей, следовательно, цена деления на головке 0,02 мм. Отсчёт целых миллиметров производите по неподвижной шкале на цилиндре, а сотых долей – по шкале на головки винта.
6. Вращая микрометрический винт, передвигайте зрительную трубу до совмещения нити с каждой из последующих спектральных линий. Для каждой линии снимите показания микрометра и занесите их в таблицу против указанных длин волн гелия, взятых из справочника.
7. По записям показаний микрометрического винта и длинам волн, соответствующим этим показаниям, постройте на клетчатой бумаге градуировочную кривую. Для этого по оси абсцисс отложите показания микрометра, а по оси ординат длину световых волн, выбрав соответствующий масштаб. По найденным точкам приведите плавную кривую.

**Задание 2:** Определение длин волн, соответствующих спектральным линиям водорода, по градуировочной кривой.

1. Трубку с гелием в приборе для зажигания спектральных трубок замените трубкой с водородом. Определите длины волн линий видимого участка спектра водорода, используя полученную вами





Полученные значения сравнить между собой составив таблицу. В третий столбец этой таблицы включить, определив на глаз, значения длин волн линий водорода из рис. 4

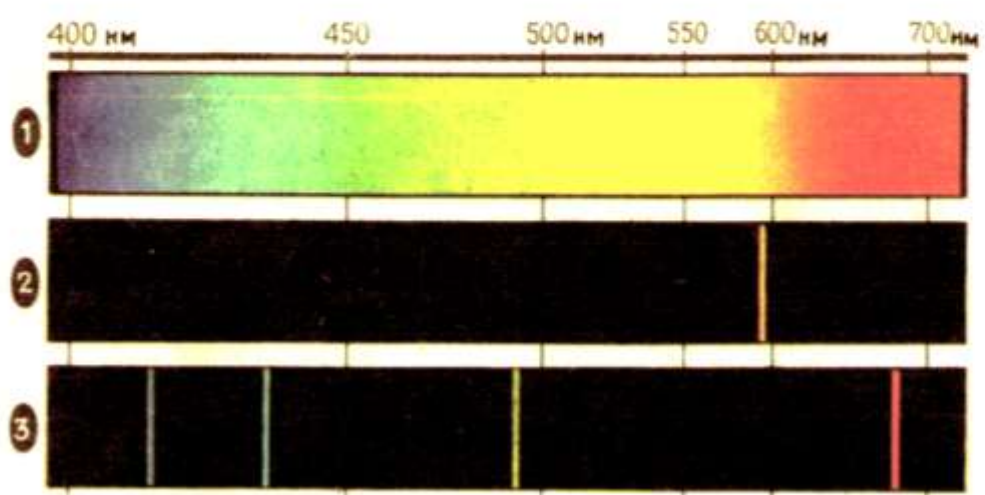


Рис. 4 Спектры испускания: 1 – сплошной, 2 – натрия, 3 – водорода.

**Выводы:** Написать.

**Контрольные вопросы:**

1. Содержание работы
2. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома.
3. Постулаты Бора. Спектры излучения и поглощения света атомами. Виды спектров.
4. Объясните устройства спектроскопа и нарисуйте ход световых лучей в нём.
5. Как изменится линейчатый спектр, если увеличить ширину щели.



## Лабораторная работа № 6.

### Определение угловой скорости вращения пропеллера и диска.

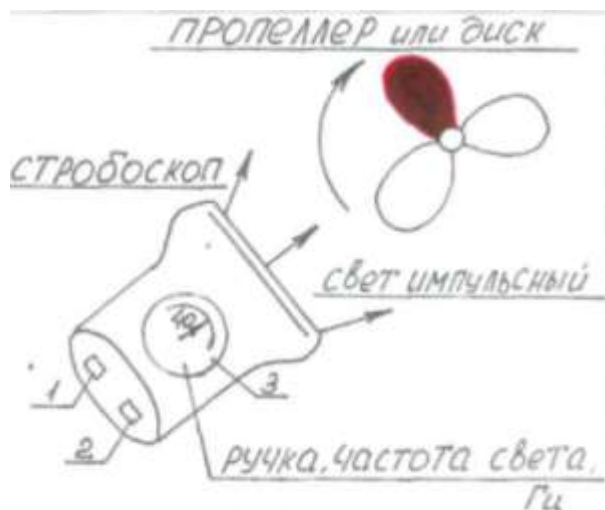
**Оборудование:** Пропеллер , диск с делениями , электродвигатель с двумя конденсаторами, штатив, стробоскоп.

**Цель работы:** Используя стробоскопический эффект, определить частоту вращения пропеллера (два опыта) и диска (один опыт).

Для определения угловой скорости вращения пропеллера и диска используется стробоскопический эффект. Одна из лопастей пропеллера выкрашивается в красный цвет. Приводят во вращение пропеллер , включая его электродвигатель в **сеть**.

1-й опыт - с одним конденсатором  $C = 2\text{мкФ}$ . Вращение ручки частоты света и переключением кнопок 1 и 2 стробоскопа добиваются кажущейся остановки пропеллера. По шкале 3 определяют частоту вращения пропеллера **(1 -й опыт)**.

Увеличивают частоту вращения пропеллера, подключая второй конденсатор параллельно первому (общая емкость 3 мкФ), и также определяют частоту вращения пропеллера, добиваясь кажущейся его остановки **(2-й опыт)**. Затем вместо пропеллера устанавливают диск и при одной из частот импульсного света определяют по значениям на кажущейся "остановленной" дуге диска частоту его вращения **(3-й опыт)**.



**Выводы :** записать.

### Контрольные вопросы:

- а) Параметры вращательного и колебательного движения и их единицы :  
1. Мгновенное значение 2. Амплитуда 3. Частота 4. Циклическая частота 5. Фаза 6. Разность фаз б) Содержание настоящей работы.

## Лабораторная работа №7.

### Определение главного фокусного расстояния рассеивающей линзы.

Вследствие того что рассеивающая линза образует только мнимые изображения, которые нельзя получить непосредственно на экране, целесообразно прибегнуть к косвенному методу при определении её главного фокусного расстояния, применив вспомогательную собирающую линзу.

#### Выполнение работы:

**Оборудование:** 1) Лента измерительная с сантиметровыми делениями; 2) Батарея аккумуляторов, или источник питания лабораторный ЛИП - 90; 3) Лампа накаливания МН 3,5 В; 0,28 А на подставке; 4) Ключ замыкания тока; 5) Комплект проводов соединительных; 6) Экран со щелью; 7) Линза выпуклая  $P + 65$ ; 8) Линза вогнутая  $P - 90$ ; 9) Желоб лабораторный Ж - 140 (рис. 1).

1. Расставьте вдоль направляющей рейки желоба по порядку слева направо: экран, собирающую линзу и лампу. Если окна слева, то при таком расположении на экран не будет падать свет от окна. Соберите цепь из источника тока ключа и лампы, замкните её и разместите приборы так, чтобы на экране образовалось резкое изображение нити лампы.
2. Попробуйте то же сделать с рассеивающей линзой. Получить изображение на экране вам не удастся, так как рассеивающая линза даёт только мнимые изображения, которые можно видеть непосредственно, но нельзя получить их на экране. Где надо поместить глаз, чтобы увидеть мнимое изображение лампы? Проверьте это на опыте.

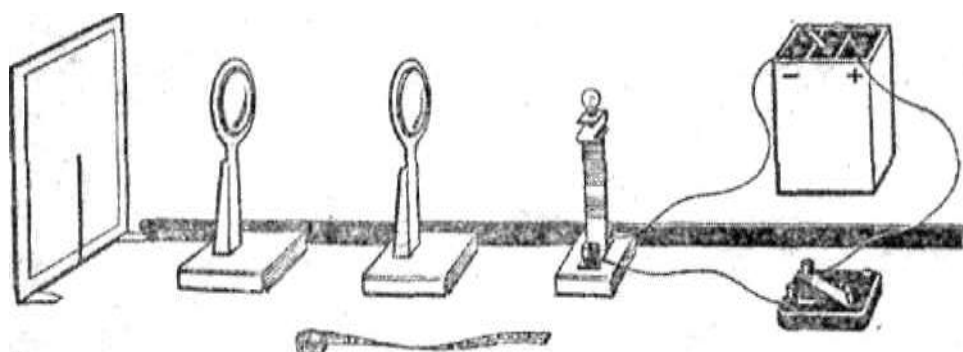


Рис. 1

3. Поставьте рассеивающую линзу между лампой и экраном так, чтобы на экране получилось круглое светлое пятно. Поставьте между рассеивающей линзой и экраном собирающую линзу и найдите для неё такое место, чтобы на экране появилось изображение лампы.

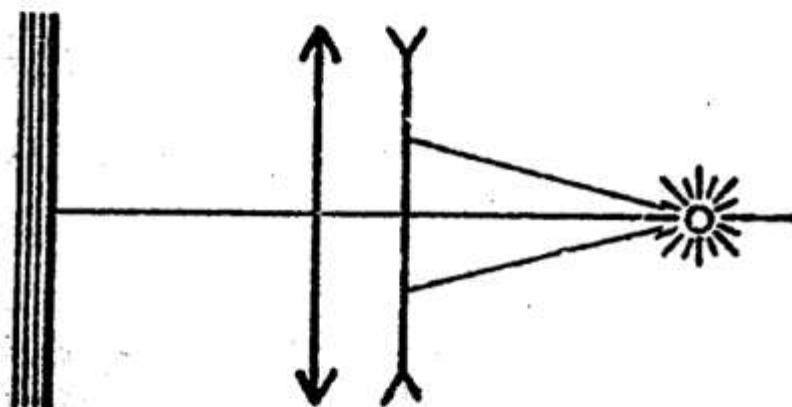


Рис. 2

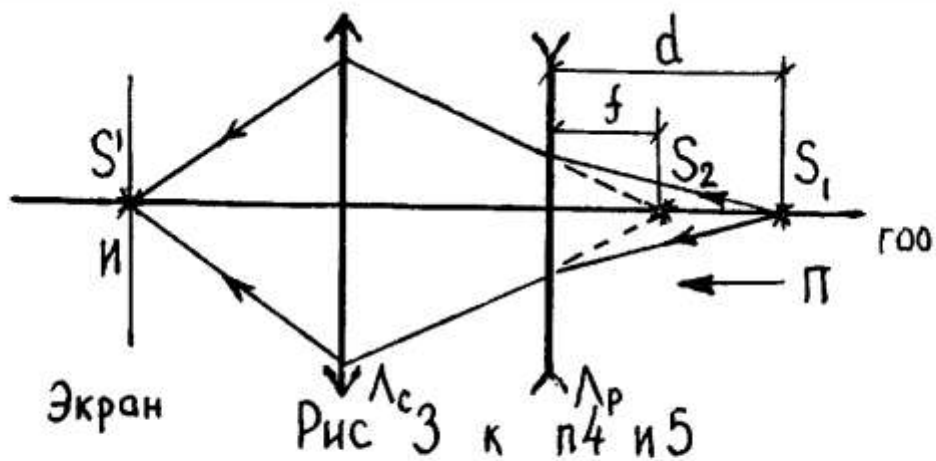
4. Начертите схему установки с пучками лучей, падающих от лампы на рассеивающую линзу (рис.2), и покажите на схеме их дальнейший ход. Покажите на этой же схеме мнимое изображение лампы в рассеивающей линзе.
5. Уберите рассеивающую линзу и, не сдвигая собирающей линзы, передвиньте лампу так, чтобы на экране вновь возникло её изображение.
6. Внимательно рассмотрите начерченную схему и сделайте заключение, какие два измерения надо выполнить, чтобы вычислить главное фокусное расстояние рассеивающей линзы по формуле:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$$

7. Повторите сборку оптической системы, сделайте нужные измерения и вычислите главное фокусное расстояние рассеивающей линзы.

Примечание. Пользуясь формулой линзы, надо все числовые значения расстояний от мнимых точек брать со знаком минус. Искомое фокусное расстояние рассеивающей линзы должно получиться отрицательным.

8. Считая, что все измерения выполнены с точностью до 0,25 см, найдите максимальную относительную погрешность результата.



Выводы: Написать.

Контрольные вопросы:

1. Содержание настоящей работы.
2. Построение изображений в линзах: собирающей и рассеивающей.
3. Формула линзы, единицы фокусного расстояния и оптической силы линзы.
4. Построение изображений в собирающей и рассеивающей линзах.